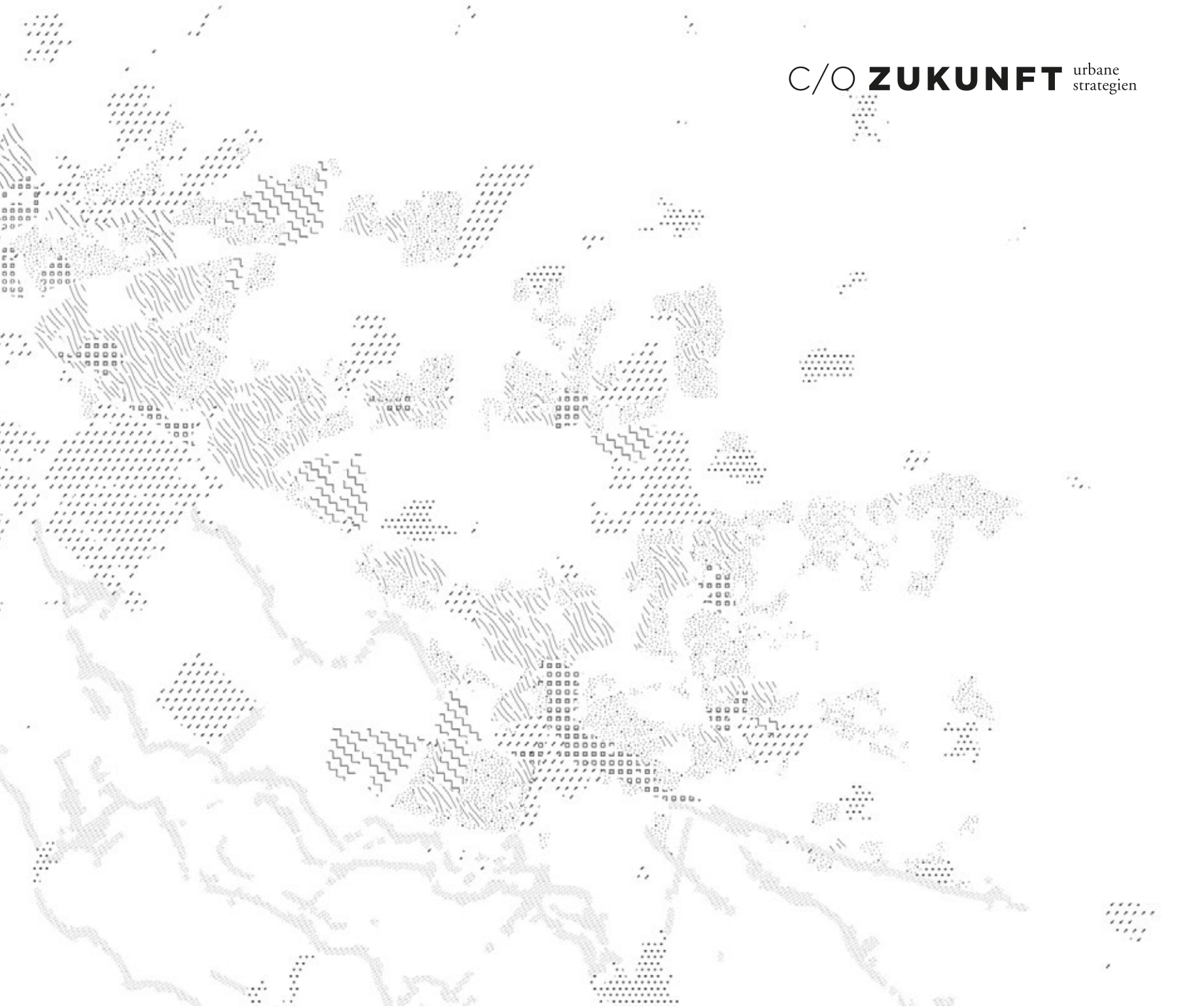
C/O ZUKUNFT urbane strategien



Empower the Region

Szenarien einer energieeffizienten Stadtlandschaft

Diplomarbeit
im Studiengang Stadtplanung
an der HafenCity Universität Hamburg

Verfasser
Malte Pill malte.pill@co-zukunft.de
Philipp Hachenberg philipp.hachenberg@co-zukunft.de

Gutachter
Prof. Dr. Michael Koch
Dipl. Ing. Architektin M.Sc. Korinna Thielen

Hamburg im November 2012

überarbeitete Version

C/O ZUKUNFT urbane strategien

Empower the Region -

Szenarien einer energieeffizienten Stadtlandschaft

Abkürzungen

BHKW - Blockheizkraftwerk
EE - Erneuerbare Energien
E-Auto - Elektroauto
E-Fahrrad - Elektrofahrrad
E-Mobilität - Elektromobilität
EnEV - Energieeinsparverordnung
ha - Hektar
kV - Kilovolt
kW - Kilowatt
kWh - Kilowattstunde
KWK - Kraft-Wärme-Kopplung
MIV - Mobiler Individualverkehr
MW - Megawatt
ÖPNV - Öffentlicher Personennahverkehr
PRT - Personal Rapid Transit
V - Volt
W - Watt

Inhalt

1	Einleitung	6
1a	Intro: Raum ist Energie	6
1b	Ziel und Fragestellung der Arbeit	7
1c	Inhaltliches und methodisches Vorgehen	9
2	Stadtregion als Handlungsfeld der Energieversorgung	11
2a	Energie im Wandel	13
2b	Der Wandel als Perspektive für Stadtregionen	16
3	Raumentwicklung im Kontext der Energiesysteme	21
3a	Der Untersuchungsraum Hamburg-Ost	23
3b	Hamburg-Ost – auf Energie gebaut	29
3c	Raumentwicklung und Energiesysteme zwischen Zentralität und Dezentralität	46
4	Zwischenfazit	51
5	Raumstruktur als Energieressource	55
5a	Geostruktur	57
5b	Landschaftsstruktur	61
5c	Siedlungsstruktur	65
5d	Verkehrsinfrastruktur	71
6	Generatoren, Speicher, Netze - Bausteine der Energieeffizienz	77
6a	Generatoren erneuerbare Energien	79
6b	Speicher	93
6c	Netze	99
6d	Visionen und Innovationen	103
7	Raumcharaktere: Szenarien einer energieeffizienten Stadtlandschaft	108
	Sprenkel	113
	Kontainer	117
	Schwarm	121
	Satellit	125
	Pol	129
	Archipel	129
	Modul	131
	Lamelle	131
	Kette	135
8	Hamburg-Ost als dynamischer Energieverbund - Ein Raumbild	143
9	Resümee und Ausblick	148
10	Anhang	151
	Literatur	151
	Abbildungen	154

1 Einleitung

1a Intro: Raum ist Energie

Raumentwicklung und Energieversorgung sind zusammen zu denken und zu konzipieren. Es besteht ein immanenter Zusammenhang zwischen den jeweiligen Formen der Energienutzung und den Ausprägungen räumlicher Siedlungsmuster und Kulturlandschaften. Im Zuge des energiepolitischen Paradigmenwechsels einer regenerativen Energieerzeugung und dem zunehmenden Bewusstsein der Notwendigkeit ressourcenschonender Arbeits- und Lebensweisen steht der Bereich der Energieversorgung erneut vor einem systemischen Wandel. Die Integration technischer Innovationen im Bereich der erneuerbaren Energien sowie die Prämisse, Energie näher am Verbraucher zu erzeugen, führen zu einer zunehmenden räumlichen Dezentralisierung und Pluralisierung der Energieversorgung. In diesem Zusammenhang gewinnt die Region als Standort der Produktion, Speicherung und Distribution von Energie an Relevanz. Somit wird sich der regionale Energiefluss in Zukunft weiter ausdifferenzieren.

Vor dem Hintergrund der Energieeffizienz unterliegen bislang meist einzelne Gebäude und seltener Stadtteile oder ganze Stadtregionen einer räumlich-energetischen Betrachtung. Energie macht jedoch weder an Gebäuden noch an Gemeinde- oder Ländergrenzen halt. Energie breitet sich vielmehr netzartig aus und steht in komplexen Wechselwirkungen mit dem Raum. Dabei stellt sich die Frage, ob und wie weit die Energiewende, basierend auf den in der Region vorhandenen Ressourcen und dem Einsatz technischer und organisatorischer Innovationen die Entwicklung der regionalen Siedlungsstruktur beeinflusst bzw. bisherige Leitbilder einer achsen- und zentrenorientierten Regionalplanung unterstützt oder konterkariert.

Da die Stadtregion weitgehend gebaut ist, aber – zumindest unter energetischen Gesichtspunkten – heutigen Anforderungen nicht mehr genügen kann, ist es erforderlich den Bestand zu qualifizieren. Das bedeutet, v.a. privates und kommunales Eigentum nachträglich energieeffizienter zu gestalten. Daher kann der Umbau der Energiesysteme nur in Kooperation mit den verschiedenen Akteuren vor Ort gelingen. Insofern bedingt die Transformation v.a. den Aufbau neuer Akteurs- und Organisationsmodelle.

Soll dies gelingen, muss das Thema zunächst allgemein und vor Ort – dort, wo die Zukunftsfragen entschieden werden – öffentlich vermittelt und umworben werden. Diese Vermittlung bedarf zum einen der Sensibilisierung für die Notwendigkeit des Wandels der Energieversorgung, hin zu effizienteren Nutzungsformen, dezentraleren Systemen und der Integration erneuerbarer Energiequellen. Zum anderen gilt es, die vielfältigen räumlichen Zusammenhänge und organisatorischen Erfordernisse, die mit der regionalen Energiewende einhergehen, verständlich darzustellen. Insbesondere ist es notwendig, eine Haltung zu entwickeln, die v.a. eins vermitteln kann: Es geht nur gemeinsam. Der Umbau der Energiesysteme kann somit einen neuen Impuls geben und einen dauerhaften Beitrag zu einer stärkeren (inner-)regionalen Kooperation leisten.

Im Zuge des Transformationsprozesses bieten sich darüber hinaus neue Gestaltungs- und Qualifizierungsperspektiven für künftige Bautätigkeiten und regionale Wohn- und Produktionslandschaften. Im urbanen Kontext sind dabei v.a. Potenziale einer effizienteren Nutzung und die Erschließung energetischer Nutzflächen zu beachten. Im Umland der metropolitanen Zentren ergeben sich neben der Erschließung energetischer Potenziale, Möglichkeiten für eine Qualifizierung des suburbanen Raums. Dabei sind Konzepte der baulichen Transformation und Weiterentwicklung gefordert, die sich „an der eigenen Struktur und Charakteristik dieser oft verstreuten und heterogenen Siedlungsgebilde orientieren“.[1]

Schließlich sollte die Rolle der Stadt- und Regionalplanung reflektiert werden; Ihre Aufgaben, Qualifikationen und fachliches Repertoire in der „Begleitung" der Region in dem Transformationsprozess. In dieser Arbeit wird dies durch einen explorativen und experimentellen Zutritt erprobt.

1b Ziel und Fragestellung der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es zum einen, die integrative Konzeption von Belangen der Energieversorgung und der räumlichen Entwicklung als eine neue Perspektive in die Planung sowie die Diskussion um eine energieeffiziente Stadtregion einzubringen. Dies folgt der Erkenntnis, Handlungserfordernisse einer zukünftigen Energieversorgung über den Status der Fachplanung hinaus, stärker als integratives und gestalterisches Element der Stadt- und Regionalplanung zu verstehen.
Darüber hinaus verfolgt die Arbeit das Ziel, die potenziellen Akteure des Wandels zu adressieren. Diese sind sowohl direkt gestaltende Akteure – die letztendlich den Wechsel vollziehen und die Maßnahmen umsetzen – wie Immobilienbesitzer, Unternehmen und Wohnungsbaugenossenschaften, als auch Kommunen, Körperschaften, planende Institutionen und Behörden, welche die Rahmenbedingungen für die Flächennutzung setzen und den Umbauprozess mitgestalten.
Anhand von Szenarien und einem Raumbild werden Geschichten und Bilder einer Transformation der Energieversorgung und die daraus resultierenden räumlichen Auswirkungen auf die Stadtregion skizziert, die als Anregung zu verstehen sind. So soll aufgezeigt werden, welche Chancen für die Akteure als auch für die Qualifikation der Stadtregion in dem Umbau liegen.
Im Mittelpunkt steht dabei die Wahrnehmung des Untersuchungsraums – Teil der östlichen Hamburger Stadtregion – als energetisches Verbundsystem. Dabei wird ein Blickwinkel auf den Untersuchungsraum eingenommen, der das Bewusstsein für die Teilräume hinsichtlich ihrer energetischen Potenziale und räumlichen Qualitäten schärft.

Die Arbeit orientiert sich an folgenden Fragen:

- Welche räumlichen Wechselwirkungen und Zusammenhänge bestehen zwischen Energieerzeugung und Nutzung?
- Wie kann die Stadtregion durch die räumliche Organisation von Funktionen und Nutzungen energieeffizienter gestaltet werden?
- Welche Möglichkeiten zur Qualifizierung der Stadtregion liegen in der Transformation der Energiesysteme hin zu einer auf erneuerbaren Energien basierenden dezentraleren Energieversorgung?

[1] Robert Kaltenbrunner 2004, S.67

5. Raumstruktur als Energieressource

3. Raumentwicklung im Kontext der Energiesysteme

Szenario
Schwarmstadt

Szenario
Erneuerbare-Energien-
Cluster-Kontainer

Szenario
Energietransfer-
Lamelle

Szenario
Wärmeverbund-
Satellit

8. Hamburg-Ost als dynamischer Energieverbund
Ein Raumbild

Szenario
Energie-Dorfgemeinschaft

Szenario
Bioenergie-
Kette

6. Generatoren, Speicher, Netze – Bausteine der Energieeffizienz

7. Raumcharaktere: Szenarien einer
energieeffizienten Stadtlandschaft

1c Inhaltliches und methodisches Vorgehen

Die Arbeit beginnt mit einer Einführung in das Thema der Energieversorgung in der Stadtregion. Ausgehend von den treibenden Kräften des Wandels im Energiesektor beschreibt das zweite Kapitel Auswirkungen und Chancen für Stadtregionen.
Im dritten Kapitel wird der Untersuchungsraum vorgestellt. Dabei erfolgt eine räumliche Fokussierung auf randstädtische und suburbane Räume, die anhand des Betrachtungsraums Hamburg-Ost exemplarisch untersucht werden. Das Kapitel beschreibt raumstrukturelle Merkmale sowie die regionalplanerischen Ziele. Ein Zeitstrahl verfolgt dabei das Ziel, die Wechselwirkungen zwischen Systemen der Energieversorgung und der Entwicklung der Stadtregion zu veranschaulichen und lokale bis globale Einflussfaktoren zu verdeutlichen. Aus einer theoretischen Auseinandersetzung mit den räumlichen Auswirkungen zentraler und dezentraler Energieversorgungssystemen erfolgt in einem weiteren Schritt die inhaltliche Fokussierung auf dezentralere Versorgungsstrukturen.
Das vierte Kapitel ist als Zwischenfazit angelegt. Es führt die vorangegangenen Ergebnisse zusammen und definiert Zielkriterien einer energieeffizienten Stadt- und Regionalentwicklung. In diesem Rahmen erfolgt ein Abgleich mit den generellen Zielen der Regionalentwicklung im Kontext der Stadtregion Hamburg.
Die Fokussierung auf dezentralere Versorgungsstrukturen bedingt die weitere räumliche Analyse des Untersuchungsraums. Anhand thematischer Karten und deren Interpretation werden im fünften Kapitel die immanenten energetischen Potenziale der Raumstruktur herausgearbeitet.
Im sechsten Kapitel werden Techniken der Nutzbarmachung, Speicherung und Distribution von Energie in Form eines Katalogs beschrieben. Dabei wird besonderen Augenmerk auf deren Wechselwirkungen mit der räumlichen Struktur gelegt und ein Ausblick auf innovative Techniken und Entwicklungen gegeben.
Das siebte Kapitel beginnt mit einer räumlichen Systematisierung des Betrachtungsraums in prototypische Raumcharaktere. Dieser Schritt dient der Reduktion der Komplexität anhand wiederkehrender städtebaulich-energetischer Muster des randstädtischen und suburbanen Raums. Als Fallbeispiele werden die Raumcharaktere auf Grundlage ihrer energetischen Potenziale und räumlichen Qualitäten in Szenarien fortgeschrieben. Sie verfolgen dabei bewusst einen freien und narrativen Schreibstil. Angelehnt an die Methode des Storytellings sollen dem Leser die Herausforderungen der beteiligten Akteure erfahrbar gemacht werden. Die Szenarien bewegen sich zwischen technischen Fragestellungen und organisatorischen Prozessen und reagieren auf die Herausforderungen der Energiewende sowie der räumlichen Implementation von Innovationen. Deutlich werden dabei insbesondere Synergieeffekte und Chancen eines kooperativen Handelns. Einem induktiven Ansatz folgend, werden aus den Szenarien generelle Erkenntnisse für eine regionale Entwicklung abgeleitet.
Im achten Kapitel werden Erkenntnisse aus den vorangehenden Analysen und Szenarien gesamträumlich dargestellt. Das „EnergieStrömungsbild“ steht dabei für die Intensivierung der Vernetzung und des Austauschs im Untersuchungsraum. Das folgende „Raumbild“ zeigt eine mögliche räumliche Entwicklung des Gesamtraums. Der Plan wendet sich an verschiedene Adressaten, ist weder technischer Plan noch Stadtkarte, ist spekulativ, anregend und provokant. Er soll, gemeinsam mit den Szenarien der Raumcharaktere, Impulse für die Diskussion über eine energieeffizientere Zukunft der Stadtregion liefern.

Windkraftanlage nahe Neuengamme / Hamburg

2 Stadtregion als Handlungsfeld der Energieversorgung

„Der Klimawandel wurde und wird in Städten produziert, und zwar von den Städten des Industriezeitalters, der sogenannten Petropolis, die fossile Rohstoffe verbrennt und aus endlichen Ressourcen ihren Reichtum schöpft.“[1]

In den Städten und ihrem Umland wird global gesehen schon heute über zwei Drittel aller genutzten Energie verbraucht. Dabei basiert die Energieversorgung hauptsächlich auf der Umwandlung importierter fossiler Brennstoffe. Städte haben einen Anteil von 76 Prozent am Kohlen-, 63 Prozent am Öl- und 82 Prozent am weltweiten Erdgas-Verbrauch[2] und gehören damit zu den größten direkten Kohlenstoffdioxid-Emittenten. Dabei entscheidet v.a. die städtische Dichte über die energetische Bilanz von Stadtregionen. Gegenüber Hongkong, der am höchsten verdichteten Stadt der Welt, ist der Ölverbrauch in Berlin dreimal so hoch, in Paris, Hamburg und Zürich sechsmal, in Melbourne 12-mal und in Los Angeles 18-mal so hoch.[3] Zudem schlägt sich die Versorgung von Städten mit Gütern, die Zunahme tangentialer Verkehre in der Stadtregion und die veränderten Bodennutzungen durch Urbanisierungsprozesse in der energetischen Bilanz nieder. Vor dem Hintergrund des Trends einer fortschreitenden globalen Verstädterung wird deutlich, dass die Zukunft einer effizienteren Energienutzung in den Stadtregionen entschieden wird. Dies legt jedoch auch nahe, dass hier die größten Einsparmöglichkeiten liegen.

Ansatzpunkte eines sparsameren Energieverbrauchs sind vielfältig. Die wichtigsten Stellschrauben liegen in der Reduzierung des gebäudebezogenen Energieverbrauchs, dem Konsumverhalten der Bewohner, der Effizienzsteigerung des Kraftwerkparks, dem Einsatz eines effizienten regionalen Nahverkehrssystems, der Ausweitung regionalwirtschaftlicher Stoffkreisläufe und dem Ausbau kompakter Baustrukturen. Mit der Debatte über die Endlichkeit fossiler Energieressourcen und einem generellen Paradigmenwechsel hin zu einer nachhaltigeren Entwicklung sind erneuerbare Energien zu einem entscheidenden gesellschaftlichen Thema geworden. Immer mehr Städte und Regionen streben eine völlige Selbstversorgung durch erneuerbare Energien an, während Andere sich in regionale Strategien zur Förderung erneuerbarer Energie integrieren und wieder andere neue, regionale Wirtschaftsräume aufbauen, die überschüssige Energie exportieren.[4]

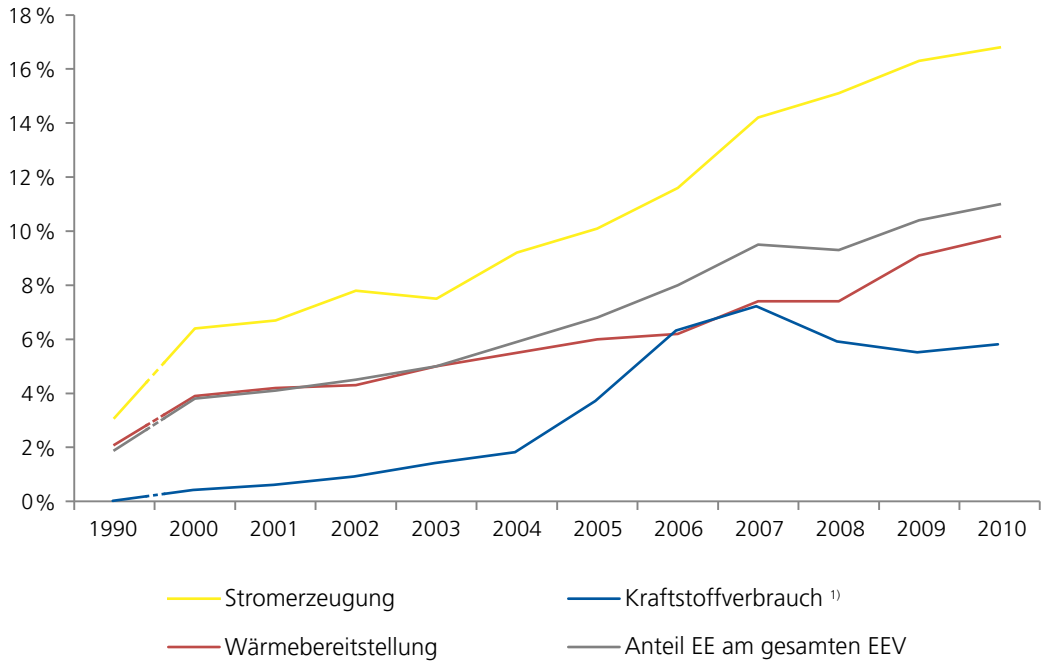
Die nachhaltige Entwicklung der Stadtregion ist maßgeblich von der Entwicklung einer effizienten Energieversorgung abhängig.

Windkraftanlagen und Biomasseanbau nahe Cruas / Frankreich

2a Energie im Wandel

Generell hat sich der Ausbau erneuerbarer Energien zu einer unumkehrbar verankerten Realität im gesellschaftlichen und ökonomischen Gefüge entwickelt. Dies bedeutet qualitativ eine Professionalisierung der entsprechenden Institutionen sowie des Unternehmertums. Quantitativ führt dies zu einer kontinuierlichen Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromversorgung in der Bundesrepublik. Dieser Anteil, bezogen auf den Endenergieverbrauch, lag 2010 bei knapp 11,3 Prozent gegenüber 3,2 Prozent im Jahr 1998. Bezogen auf den Bruttostromverbrauch lag der Anteil 2010 sogar bei 17,1 Prozent.[5] Trotz dieser dynamischen Entwicklung wird immer noch rund 90 Prozent des Endenergieverbrauchs mittels fossiler Energieträger sichergestellt.

Die Antriebskräfte des Wandels sind vielfältig. Im September 2010 formulierte die Bundesregierung das politische Ziel der Reduktion der CO_2-Emmissionen bis 2020 um 40 Prozent gegenüber 1990 und gemäß der Zielformulierung der Industriestaaten bis 2050 um mindestens 80 Prozent. Um diese Maßgaben zu erreichen, soll der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch bis 2020 bereits auf 18 Prozent und bis 2050 auf 60 Prozent steigen. Gleichzeitig wird eine Minderung des Primärenergieverbrauchs gegenüber 2008 um 20 Prozent bis 2020 und um 50 Prozent bis 2050 angestrebt.[6] Die nukleare Katastrophe in Fukushima und der politisch forcierte Ausstieg aus der Atomenergie beschleunigen diesen Prozess. Analysen und Studien[7] der Potenziale erneuerbarer Energieträger in Deutschland stellen eine Stromversorgung in Aussicht, die bis 2050 komplett auf erneuerbaren Energien basiert (siehe Abbildung „Langfristiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien“).



1) Bis 2002 Bezugsgröße Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr; ab 2003 der gesamte Verbrauch an Motorkraftstoff, ohne Flugbenzin;

Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland

	Nutzung 2009	realisierbare Potenziale Ertrag
Stromerzeugung [TWh]		
Wasserkraft [1)]	19	25
Windenergie (an Land) [2)]	37,8	110
Windenergie (Offshore) [3)]	0,037	300
Biomasse [4)]	30,5	60
Photovoltaik [5)]	6,2	115 [6)]
Geothermie [7)]	0,02	90
Anteil bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2009	*16,1%*	*120,2%*
Wärmerzeugung [TWh]		
Biomasse [8)]	105,3	160
Geothermie [9)]	5,0	300
Solarthermie [10)]	4,7	350
Anteil bezogen auf Endenergieverbrauch für Wärme 2009 [11)]	*8,8%*	*61,9%*
Kraftstoffe [TWh]		
Biomasse [12)]	33,8	90
Anteil bezogen auf den Kraftstoffverbrauch 2009	*5,5%*	*14,7%*

1) Laufwasser und natürlicher Zufluss zu Speichern, ohne Meeresenergie
2) Leistung berechnet auf Basis des Durchschnittswerts 2.200 h/a
3) Leistung berechnet auf Basis des Durchschnittswerts 3.750 h/a
4) einschließlich des biogenen Abfalls, Erzeugung teilw. in KWK
5) nur geeignete Dach-, Fassaden- und Siedlungsflächen
6) Leistungsangabe bezogen auf die Modul-leistung (MWp),
7) Bandbreite 66 – 290 TWh je nach Anforderungenan eine Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopp
8) einschließlich Nutzwärme aus KWK
9) nur Energiebereitstellung aus hydrothermalen Quellen
10) nur geeignete Dach- und Siedlungsflächen
11) Raumwärme, Warmwasser- und sonstige Prozesswärme
12) 2,35 Mio. ha Anbaufläche für Energiepflanzen (von insgesamt 4,2 Mio. ha Anbaufläche)

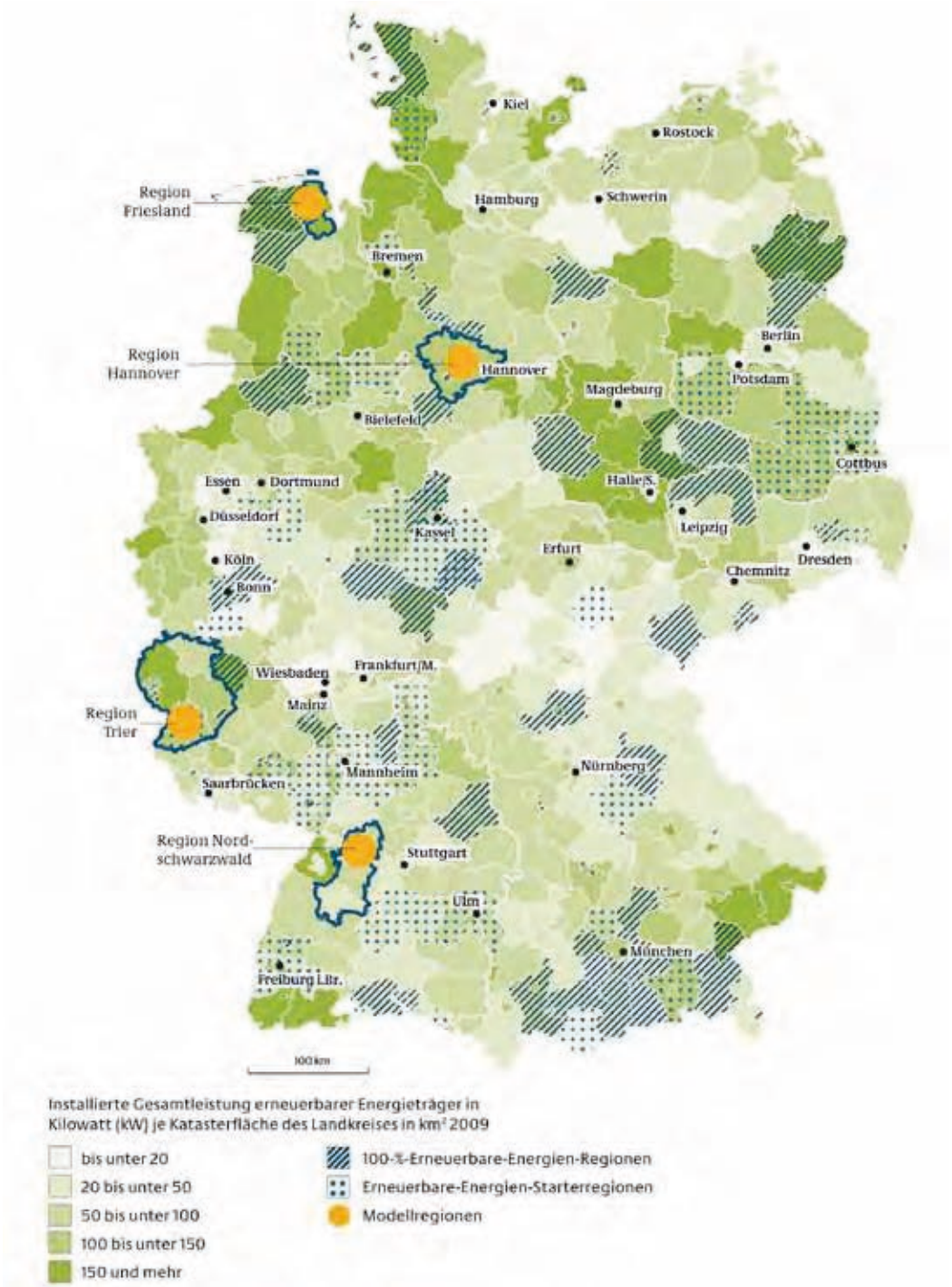
Langfristiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien

Eine gemeinsame Basis dieser Energiewende ist vorhanden: Sie besteht aus dem gesellschaftlichen Konsens, die Energieversorgung zukünftig radikal umzustellen; lediglich der Weg und dessen Etappen stehen noch zur Debatte. Dieser Konsens manifestiert sich individuell in dem wachsenden ökologischen Bewusstsein in der Bevölkerung. Um daraus resultierende private Investitionen anzukurbeln, wurden politische Rahmenbedingen bzw. rechtliche Vorgaben erlassen, wie bspw. das EEWärmeG[8] und die EnEV[9], sowie finanzielle Fördersysteme wie das MAP[10] und das EEG[11] aufgebaut. Auch auf der städtebaulichen Ebene wurde im Baugesetzbuch der Ausbau erneuerbarer Energien als Belang in der Abwägung gestärkt.[12]

In der Umsetzung der Energie- und Klimaschutzpolitik sind Regionen als vermittelnde Ebene zwischen allgemeinen Zielvorgaben von EU, Bund und Ländern sowie konkreten Maßnahmen und Projekten vor Ort in besonderer Weise gefordert.[13] Viele Kommunen und Regionen in Deutschland haben diese Herausforderungen mit der Formulierung des Ziels einer Selbstversorgung aus erneuerbaren Quellen angenommen.[14] Eine zusammenfassende Übersicht leistet das Projekt „Entwicklungsperspektiven für nachhaltige 100%-Erneuerbare-Energie-Regionen in Deutschland". Bereits 2010 partizipierten 110 Regionen, die 13,6 Prozent der Fläche des Bundesgebietes mit 7,8 Mio. Einwohnern umfassten. Diese regionalen energiepolitischen Initiativen sind äußerst heterogen. Neben Planungsregionen, interkommunalen Kooperationen oder Gebietskörperschaften mit Regionalplanungskompetenz, die sich als institutionalisierte Zusammenschlüsse von Gemeinden bilden, stellen sie vielfach auch informelle Kooperationsformen dar, deren räumliche Abgrenzung eher selten mit den Grenzen der Regionalplanung korreliert.[15]

Neben dem Ausbau erneuerbarer Energien, kommt der Reduzierung des Energieverbrauchs und der Erhöhung der Energieeffizienz eine maßgebliche Rolle zu. Ob Energieeinsparungen realisiert werden, hängt von den vielfältigen Einzelentscheidungen und unterschiedlichen Verhaltensweisen einer Vielzahl von Akteuren ab.[16] Die absehbare Verknappung fossiler Energieträger sowie unkalkulierbare mittel- und langfristige Kostensteigerungen fossiler Energieimporte - ablesbar an der gegenwärtigen Entwicklung des Ölpreises – zeichnen sich bereits heute in einem Umdenken der Verbraucher ab.

Eine weitere Triebkraft des Wandels liegt in der Altersstruktur des bestehenden Kraftwerkparks. Eine kostenintensive Modernisierung vieler Großkraftwerke bzw. der Neubau von neuen Anlagen steht unmittelbar bevor, zudem ist der Kraftwerkspark weitgehend effizienzmaximiert. Ein Bestandteil der politischen Förderung ist der Ausbau großer Offshore-Windparks und nationaler Verteilungssysteme, um die großen Ballungszentren mit Energie versorgen zu können. Darin besteht jedoch eine Fortführung des bisherigen Systems, mit der Folge eines weiteren Netzausbaus und zunehmender gesellschaftlicher Kritik. Dies verdeutlicht daher mittel- bis langfristig die Notwendigkeit eines grundlegenden Systemwechsels im großtechnischen Maßstab der Kraftwerks- und Anbieterstruktur. Dieser liegt einerseits in der Abkehr von einem unidirektionalen Versorgungssystem auf der Basis zentraler, fossiler und nuklearer Großkraftwerke, hin zu einer dezentralen Energieerzeugungsstruktur, die sich aus erneuerbaren Quellen speist. Andererseits liegt eine Effizienzsteigerung in dem Aufbau eines bidirektionalen Energiemanagements mittels sogenannter Smart Grids, das die Markt-, Netz- und Systemintegration neuer Anbieter mit einschließt. Stadtregionen stehen somit vor einer systemischen Transformation der Energiesysteme zu einer dezentraleren, auf erneuerbaren Energien basierenden Energieversorgung.



Regionale Verteilung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

2b Der Wandel als Perspektive für Stadtregionen

Das flächenhafte Stadtwachstum der letzten Jahrzehnte führte in einem hohen Maße zu einer Auslagerung ehemals kernstädtischer Funktionen in den suburbanen Raum. Als treibende Kraft wird die Suburbanisierung der Wohnfunktion gesehen, die nach einer Phase der Verdichtung und Konsolidierung die Suburbanisierung der Arbeitsplätze und Konsumversorgung nach sich zieht.[17] Diese Tendenzen der Eigenständigkeit im Rahmen stadtregionaler Nutzungsverteilung führen zu einer stärkeren Unabhängigkeit von der Kernstadt.
Folge dieser Siedlungsentwicklung ist eine wachsende Komplexität der Verflechtungen zwischen Kernstadt und Umland.[18] Die althergebrachte Dichotomie zwischen städtisch-industriellen und ländlich-landwirtschaftlichen Leben in Bezug auf Infrastrukturausstattung, Lebensstile sowie Wirtschafts- und Wohnformen hat sich heute weitestgehend zugunsten eines „Stadt-Land-Kontinuum" aufgelöst.[19] Als Ursache für die zunehmende Komplexität gelten Metatrends, wie die räumliche Ausdehnung ökonomischer und sozialer Netzwerke, neue Produktions- und Kommunikationstechniken, die demografische Entwicklung sowie Änderungen im Konsum- und Mobilitätsverhalten.
Planerische und städtebauliche Leitbilder der Moderne haben sich in diesen übergeordneten Prozessen ebenso wie Infrastrukturbauten in der Regel als Fragmente in das verstädterte Territorium eingeschrieben.[20] Dabei überwiegt eine räumlich isolierte Optimierung einzelner Nutzungen. Der suburbane Raum stellt sich somit gegenwärtig häufig als „räumlich disperses Patchwork aus in sich überwiegend homogenen Strukturen" dar.[21] Stadtregionen werden demnach heute eher als ein komplexes, weitgehend hierarchiearmes Netz, als durch klassische Stadt-Umland-Beziehungen charakterisiert (Zwischenstadt- und Netzstadtdebatte). Stadtplanung ist somit ohne ein Verständnis dieses „stadtregionalen Kontinuums" kaum möglich, vielmehr lassen sich „Funktionale urbane Verflechtungsräume sinnvoll nur im regionalen Maßstab abbilden und bearbeiten".[22]
Dabei verbildlicht die Metapher des Netzes ein Paradoxon: Auf der einen Seite steht die Entflechtung des vormaligen Nukleus der Stadt in großräumlichere Funktionseinheiten auf stadtregionaler Ebene. Auf der anderen Seite führt diese Tendenz zu einer Intensivierung des Beziehungsgeflechts zwischen diesen Einheiten. Vor diesem Hintergrund sind die Energiesysteme als ein weiterer Baustein der Stadtregion einzuordnen, zwar autark aber dennoch – im Zuge der voranschreitenden systemischen Dezentralisierung – immer intensiver verknüpft und integriert.

Die Stadt ist in der Region aufgegangen, die sich heute in einer fragmentierten Struktur darstellt.

In Zuge des Umbaus der Energiesysteme stehen Stadtregionen vor zahlreichen neuen Herausforderungen und Perspektiven. Der Ausbau und die effiziente Integration von erneuerbaren Energien erfordern eine Neuausrichtung der bestehenden Energieinfrastrukturen. Es gilt, neue Systeme und Organisationsmodelle zu implementieren, Netze anzupassen und neue Produktions- und Speicherstandorte aufzubauen. Gleichzeitig liegen in einer dezentraleren Organisation auf Basis der erneuerbaren Energien bedeutende gestalterische Chancen in vieler Hinsicht, sofern die erwähnte Integration des Stadtbausteins Energieversorgung vor dem Hintergrund gegenwärtiger Dynamiken verstanden wird.

Die Transformation der Energieversorgung wirkt als Motor der Zukunftsgestaltung in der Stadtregion.

So könnte...
...die gegenwärtige räumliche Dynamik im randstädtischen und suburbanen Raum aufgegriffen werden.
Denn hier steht der erste große Erneuerungszyklus der Infrastruktur - bspw. Verkehrswege, Klärwerke, Krankenhäuser etc. - an. Zudem ist der Sanierungszyklus von Wohngebieten zu beachten, also der Umbau und die Anpassung an veränderte soziale und demografische Bedingungen. Neben Großwohnsiedlungen stehen hier auch Einfamilienhausgebiete im Fokus.[23]

…auf neue wirtschaftliche Perspektiven gebaut werden.
Der energetische Strukturwandel bietet das Potenzial wirtschaftlicher Impulse durch die Schaffung lokaler Arbeitsplätze und neuer Wertschöpfungspotenziale in der Region.[24] In Deutschland wurden 2009 im Bereich der erneuerbaren Energien Investitionen von 20 Mrd. Euro getätigt und durch den Anlagenbetrieb rund 16 Mrd. Euro Wertschöpfung erzielt. Mit insgesamt rund 36 Mrd. Euro Inlandsumsatz konnte sich die Branche dem Sog der Wirtschaftskrise entziehen; über 300.000 Menschen waren im Jahr 2009 in diesem Bereich beschäftigt.[25] Hinzu kommen neue wirtschaftliche Perspektiven für Landwirte, indem die Produktion von Energie, die Produktion von Lebensmitteln ergänzen kann.

...Gestaltungspotenziale auf der Akteursebene gehoben werden.
Gesamtgesellschaftlich ist festzustellen, dass sich die Zahl und Vielfalt der raumrelevanten Akteure mit der Liberalisierung und Deregulierung der staatlichen Institutionen erhöht hat.[26] Deren Gestaltungskraft und damit auch Verantwortung steigt (Stichwort Bürgergesellschaft). Verbraucher werden zu Erzeugern und neue kollektive Organisationsformen entstehen (bspw. Bürgerwindparks). In diesem Zusammenhang ist auch die gegenwärtige Tendenz der Rekommunalisierung der Versorgungssysteme zu erwähnen. Diese korreliert mit der sich verbreitenden Zielsetzung von Kommunen, die Energieversorgung mit erneuerbaren Energien eigenständig zu betreiben. Folglich finden Entscheidungsprozesse zunehmend in den Kommunen statt. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Möglichkeiten einer sozialen Modernisierung sich dadurch eröffnen.

...kooperative Dynamiken angestoßen werden.
Die Transformation der Energiesysteme bietet Chancen für neue Formen der Zusammenarbeit und Kooperationen in Stadtregionen. Denn der Umbau ist notwendigerweise ein Handlungsfeld regionaler Kooperation und interkommunaler Zusammenarbeit. Dem Umland wird in diesem Zusammenhang eine erweiterte Versorgungsfunktion zukommen. Großstädte gehen schon heute Kooperationen mit dem Umland ein, um bspw. vom Umland Energie zu beziehen und im Gegenzug Überschüsse aus dem Umland zu speichern.

Der Umbau der Energiesysteme ist ein langwieriger Prozess, der in den Lebens- und Handlungsbereich der verschiedenen Akteure in der Stadtregion eingreift.[27] Es wird auf den nachfolgend skizzierten Maßstabsebenen wirksam:

- Gebäude: z.B. technische Einbauten zur Energiegewinnung; Energieeffizienzmaßnahmen.
- Quartier: z.B. Aufbau dezentraler Produktionseinheiten; kompakte Quartiere; Nahwärmenetze.
- Stadtteil und Stadt: z.B. Aufbau effizienter ÖPNV-Systeme; Smart Grids; Aufstellung von Energienutzungsplänen.
- Stadtregion: z.B. Aufbau regionaler Kooperationen; Energielandschaft (Windparks, Solarfelder, Energiepflanzen).

Insofern bedarf die Steuerung des Transformationsprozesses einer gemeinsamen regional ausgerichteten Linie und erfordert perspektivisches Handeln der räumlich handelnden Disziplinen. Zuständigkeiten und Ziele müssen über administrative Grenzen aufeinander abgestimmt und eine Vielzahl von Interessen an den Raum ausgehandelt werden. Die Stadt- und Regionalplanung versteht sich in diesem Prozess als Moderator, indem sie vermittelnd und koordinierend zwischen den Disziplinen auftritt und einen Rahmen für das Handeln der verschiedenen Akteure erarbeitet.
Dabei besteht die Notwendigkeit, das Thema der Energieversorgung über den Status der Fachplanung hinaus, gestalterisch und integrativ in Konzepte der regionalen Siedlungsentwicklung einzubeziehen. Demgegenüber steht jedoch eine Regionalplanung, die aufgrund der raumordnungspolitischen Aufgabenstellung und dem engen administrativen Ressortbezug einen Mangel an gestaltungsbezogener Kompetenz aufweist.[28] Neue – kommunale Grenzen überschreitende – Ansätze auf Ebene der Metropolregion konzentrieren sich zudem bislang hauptsächlich auf politisch-administratives Handeln. Zudem entzieht sich der Transformationsprozess weitestgehend den klassischen Steuerungsmöglichkeiten der regionalen Planung. Es stellt sich somit die Frage nach geeigneten Instrumenten und Methoden regionale Transformationsprozesse zu initiieren und zu gestalten.
Als eine Herangehensweise gelten dabei gestalterische und visionäre Konzeptionen, die informell kommuniziert werden. Diese bildhaften Visionen dienen als gemeinsame Wissens- und Diskussionsgrundlage und können zwischen den verschiedenen Akteuren vermitteln, einen Transformationsprozess räumlich strukturieren und raumwirksame Projekte anstoßen. Dabei werden keine starren Regeln aufgestellt, sondern der Blick auf das gemeinsam Mögliche und Notwendige geschärft. So schafft das Bild Bewusstsein für kooperatives Handeln und produziert nach außen ein imagesteigerndes, einprägsames Leitbild.[29]

[1] Sabine Drewes 2011, S.1

[2] vgl. Brigitte Schultz 2011, S.18

[3] vgl. www.welt.de, Zugriff: 17.11.2011

[4] vgl. Herbert Girardet und Miguel Mendonca 2010, S.209

[5] vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2011, S.6

[6] vgl. Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung - Beschluss des Bundeskabinetts vom 28. September 2010, S.4

[7] bspw. Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2011

[8] Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz verpflichtet Eigentümer von Gebäuden, die seit dem 1. Januar 2009 neu gebaut wer den, einen bestimmten Mindestanteil erneuerbarer Energien für ihre Wärmeversorgung zu nutzen.

[9] Energieeinsparverordnung

[10] Mit dem Marktanreizprogramm werden Investitionen für die Errichtung von Anlagen zur Erzeugung von Wärme aus erneuerba ren Energien angestoßen.

[11] Das Erneuerbare-Energien-Gesetz finanziert mittels einer Umlage auf die Stromverbraucher die Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energien.

[12] BauGB Novelle Klimawandel 2011, § 1 Abs. 5 BauGB, § 9 Abs. 1 BauGB, § 9 Abs. 5 BauGB

[13] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2011(a), S.18

[14] Astrid Aretz et al. 2009, S.47

[15] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2011(b), S.103

[16] Astrid Aretz et al. 2009, S.47

[17] vgl. Thomas Sieverts 1997, S.16

[18] vgl. Dieter Läpple 2003, S.161 f.

[19] vgl. Till Jessen 2010, S.42 f.; vgl. Dieter Läpple 2003, S.148 f.

[20] vgl. Michael Koch 2009, S.205

[21] vgl. Thomas Sieverts 2003, S.85

[22] Michael Koch 2009, S.208

[23] vgl. Thomas Sieverts et al. 2005, S.159 f.

[24] vgl. www.bine.info, Zugriff: 29.06.2011; vgl. Aretz 2009, S.47

[25] vgl Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2010, S.8

[26] vgl. Alain Thierstein 2003, S.48

[27] Eigentümer, Politische Entscheidungsträger, Interessensverbände, Wohnungsbaugenossenschaften, Träger öffentlicher Belange, Behörden etc.

[28] vgl. Heinz Tibbe 2009, S.217

[29] vgl. Stein, Ursula: Die „Raumvision“ in der interkommunalen Planungsarbeit, in: RaumPlanung 134, Nr. 10 (2007), S.220

Fabrikszenerie Wilhelmsburg / Hamburg

3 Raumentwicklung im Kontext der Energiesysteme

Ausgangspunkt des Kapitels ist die These, dass der Modus der Nutzung verschiedener Energieträger die Entwicklung der Landschafts- und Siedlungsstruktur beeinflusst hat. Die Nutzbarmachung von Energie hat seit jeher Einfluss auf das Wirtschaften der Menschen im Raum, auf die Organisation und Nutzung des Raums. Bis heute sind fossile Energieträger ein relevanter Treiber der wirtschaftlichen und räumlichen Entwicklung. Die Zunahme des Verbrauchs steigt global bislang ungebrochen. Mit ihren epochalen Leitbildern, wie der funktional getrennten Stadt der Moderne bis hin zur autogerechten Stadt, hat die Stadtplanung diesen Verbrauch multipliziert; exponentiell gesteigert wird er durch Wohnwünsche, Konsum- und Wirtschaftsweisen der Menschen. Mit der Notwendigkeit der Erschließung neuer Energieträger diversifizieren sich die Ressourcen zur energetischen Nutzung und verfeinern sich die Techniken zur Energiegewinnung. So wird sich das bislang vorherrschende, jeweils auf wenige Parameter ausgelegte Stadtmodell (z.B. Erdöl > autogerechte Stadt) zukünftig differenzierter entwickeln. Die Transformation der Energieversorgung wird somit erneut einen Einfluss auf die Weiterentwicklung der Landschafts- und Siedlungsstruktur nehmen.

Metropolregion Hamburg

3a Der Untersuchungsraum Hamburg-Ost

Als Untersuchungsraum wurde bewusst ein administrative Grenzen überschreitender Teilbereich der Metropolregion Hamburg gewählt, der ein hohes Maß an Vielfältigkeit hinsichtlich seiner baulichen Strukturen, der Landschaftsräume und den räumlichen Nutzungsmustern aufweist. So lassen sich die Interdependenzen zwischen Energiesystemen und den physischen und strukturellen Gegebenheiten des Raumes in einem breiten Spektrum darstellen. Diese Zusammenhänge gehen über die Grenzen mehrerer Gemeinden, Kreise oder Bundesländer hinaus. Sven Stremke beschreibt hierzu treffend: „Jede Region ist ein offenes System; Energie, Material und Informationen werden mit anderen Systemen ausgetauscht".[1] Somit werden die Begrenzungen des Gebiets als fließende Grenzen angesehen, an denen die Betrachtung nicht zwangsläufig endet.

Der Untersuchungsraum ist Teil der 1997 gegründeten Metropolregion Hamburg und erstreckt sich über die Bundesländer Hamburg und Schleswig Holstein, die Hamburger Bezirke Mitte, Wandsbek und Bergedorf, sowie die Landkreise Herzogtum Lauenburg und Stormarn. Als östliche Begrenzung dient der Sachsenwald, als südliche und westliche die Elbe. Im Nordwesten ist das Gebiet durch den Verlauf des Tiefstackkanals und der Bahntrasse zum Horner Kreisel sowie im Norden durch den Verlauf der Autobahn 24 eingegrenzt.

Das Gebiet umfasst städtisch geprägte Räume, kleinteilige Umlandgemeinden des Stadtstaates Hamburg, sowie ländliche Straßendörfer und Streusiedlungen. Die Städte und Gemeinden im Untersuchungsraum blicken zum großen Teil auf eine lange Geschichte zurück und haben sich weitestgehend eigenständig entwickelt. Insofern weist das Gebiet eine große bauliche Vielfalt auf, die sich in den Bebauungsstrukturen und -stilen der verschiedenen Epochen ausdrückt. Höhere Bebauungsdichten sind vorwiegend entlang der Infrastrukturachsen, sowie in Bergedorf, Glinde und Reinbek und in Richtung des westlich angrenzenden Bezirks Wandsbek ablesbar. Durch die anhaltende Suburbanisierung hat der Raum eine grundlegende Transformation erfahren. Abseits des zentralen Bezugspunkts der Hamburger Kernstadt haben sich weitere Zentren gebildet. Der Raum weist somit eine Tendenz zu einer polyzentralen Entwicklung auf. Das Gebiet wird über die S-Bahnlinie 21, Regionalbahnen, die U-Bahnlinie 3 sowie ein dichtes Busnetz vom Hamburger Stadtzentrum erschlossen. Die Autobahnen 1, 24 und 25 sowie die Bundesstraßen 5, 207 und 404 bilden den Anschluss an das regionale Straßennetz.

Das prägnanteste naturräumliche Merkmal ist die Herausbildung von Geest und Marsch, welche starken Einfluss auf die Besiedelung und die heutige Nutzungsstruktur haben. Das Marschland, geformt durch das Urstromtal der Elbe, erstreckt sich südlich der Geestkante und wird heute vorwiegend landwirtschaftlich genutzt. Es ist durchzogen von den Nebenarmen Dove Elbe und Gose Elbe und zahlreichen Deichanlagen. Das als Vier- und Marschlande bezeichnete Gebiet wurde lange aufgrund der Nahrungsmittelproduktion als Warenkorb Hamburgs bezeichnet und gilt heute als herausragende Kulturlandschaft. Zudem befinden sich hier die Hamburger Naherholungsgebiete Boberger Dünen und Dove Elbe.

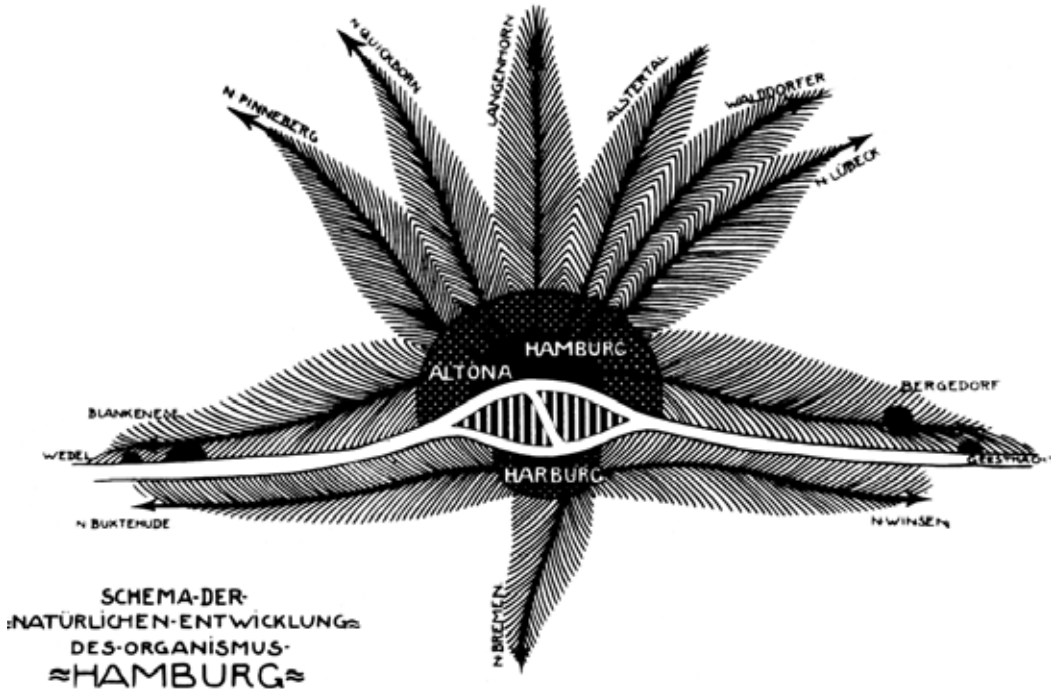
Im Nordwesten durchziehen die Verkehrstrassen der S-Bahn, Bundesbahn und Autobahn 25 das Marschland. Entlang der Trassen sind seit den 1970er Jahren mehrere Großwohnsiedlungen und großflächige Gewerbegebiete entstanden. Darunter die Gewerbegebiete Allermöhe und Moorfleet. Im westlich angrenzenden Billbrook befindet sich das Heizkraftwerk Tiefstack, das zurzeit etwa die Hälfte der innerstädtischen Fernwärmeversorgung deckt.[2] Zwischen der Autobahn 25 und den Gleisanlagen befindet sich zudem mit der Boberger Niederung eines der größten Naturschutzgebiete Hamburgs.

Großraum Hamburg

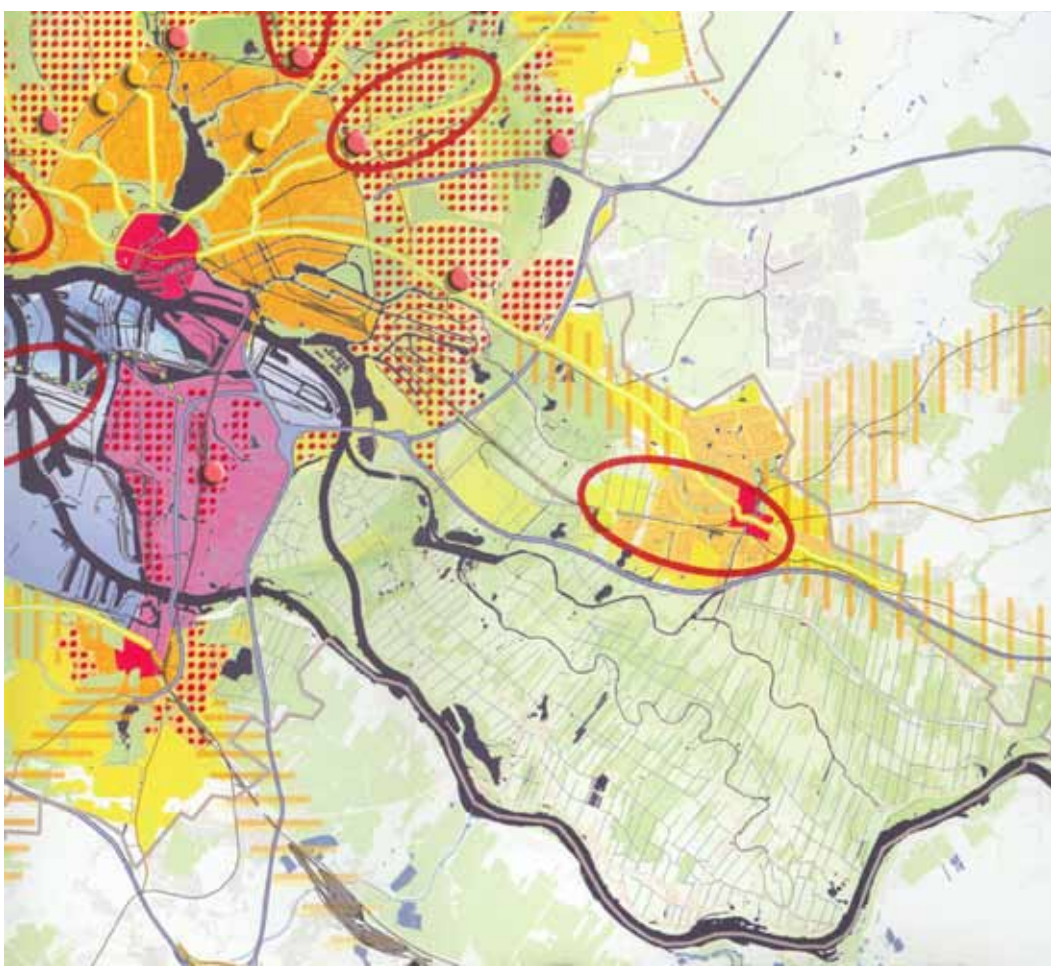
Verwaltungsgrenzen: Bundesländer und Kreise

Verwaltungsgrenzen: Stadtteile und Gemeinden

Zentral im Untersuchungsraum liegt der Stadtteil Bergedorf, der bis 1937 politisch selbstständig war und heute Oberzentrumsfunktionen erfüllt. Weiter östlich erstrecken sich entlang der Autobahn 25 und der Geestkante die Gemeinden Börnsen und Escheburg. Entlang der S-Bahnlinie und dem Billetal streuen sich die Gemeinden Wentorf, Wohltorf und Aumühle, die sich schon früh als wohlhabende Vororte entwickelt haben. Im östlich an den Untersuchungsraum angrenzenden Geesthacht, befindet sich das Pumpspeicherkraftwerk Geesthacht und das abgeschaltete Atomkraftwerk Krümmel. Nordöstlich schließt der gemeindefreie Sachsenwald an, der mit knapp 70 km² das größte zusammenhängende Waldgebiet Schleswig Holsteins darstellt und gemeinsam mit dem Oberlauf des Billetals als Naherholungsgebiet genutzt wird. Nördlich von Bergedorf grenzen die Städte Glinde, Reinbek und Oststeinbek an, die eigene Zentrumsfunktionen erfüllen und seit den 1970er Jahren stark angewachsen sind. Zwischen den Gemeinden befinden sich Agrar- und Forstflächen sowie mehrere Golfplätze. In westlicher Richtung erstreckt sich der Untersuchungsraum bis zur Norderelbe sowie zum nordwestlich angrenzenden Hamburger Bezirk Wandsbek.



Fritz Schumachers „Federplan" für Hamburg aus dem Jahr 1909



Räumliches Leitbild Hamburg (Entwurf): Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt 2007

Räumliche Leitbilder – Ziele der Regionalentwicklung

Der räumliche Entwicklungsprozess des Untersuchungsraums ist vor dem Hintergrund des langfristig angelegten Siedlungsstrukturmodells (Federplan) für die Stadtregion Hamburg zu betrachten. Das sternförmig ausgerichtete Konzept entlang weniger Entwicklungsachsen ist – wenn auch durch den Prozess der Suburbanisierung stark überformt – heute noch ablesbar. Die auf das Zentrum ausgerichtete Struktur hat sich zu einem polyzentralen System weiterentwickelt. Das von Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein Mitte der 1990 er Jahre gemeinsam erarbeitete Regionale Entwicklungskonzept (REK) und das Hamburger Stadtentwicklungskonzept von 1996 (STEK) gingen davon aus, dass die Region Hamburg stagniert bzw. schrumpft. Diese Annahme ist aufgrund der neuen Lagegunst im europäischen Kontext als „Große Metropole von internationaler Bedeutung“[3] auch faktisch widerlegt und wurde durch das neue Leitbild „Wachsende Stadt – Grüne Metropole am Wasser“ abgelöst.[4] Derzeit ist von einem Bevölkerungswachstum von 5 Prozent bis zum Jahr 2020 auszugehen.[5]
Die bereits im STEK formulierten Zielsetzungen sind wesentliche Bestandteile des neuen Leitbilds:

- Konzept der Siedlungs- und Landschaftsachsen als räumliche Entwicklungsleitlinie,
- Erhaltung und Stärkung der polyzentralen Stadtstruktur (dezentrale Konzentration),
- Sonderstandorte für Dienstleistungsgewerbe entlang einzelner Knoten der Hauptachsen,
- Priorisierung der Innen- vor Außenentwicklung in Zentren und entlang der Magistralen,
- Stärkere räumliche Verflechtung von Wohnen und Arbeiten,
- Weiterentwicklung der „Grünen Metropole“/ Freiraumverbundsystem von Stadt und Region,
- Stärkung des Hafens und der Verkehrsinfrastruktur,
- Stärkung lokaler Identitäten, sozialer Ausgleich.

Es stellt sich die Frage, inwieweit die beschriebenen Ziele der Entwicklung der Metropolregion Hamburg sich mit den Zielen einer zukunftsorientierten energieeffizienten Entwicklung der Region decken können. Ob also die regionale Energiewende die Ziele der nachhaltigen Regional- und Stadtentwicklung im Untersuchungsraum unter Wachstumsbedingungen fördert oder konterkariert.

„Landtcarte des Fürstenthumbe Stormarn", 1650

3b Hamburg-Ost – auf Energie gebaut

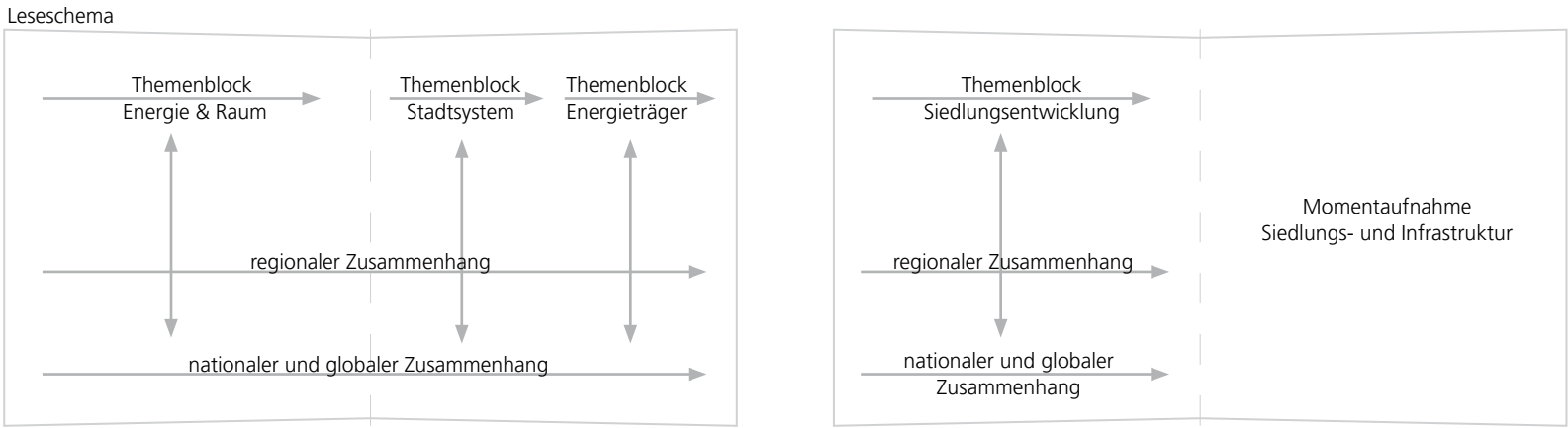
Importierte Energie frisst Raum. Das bisherige Energiesystem hat die Stadtentwicklung in die Fläche mitgetragen.

Das Unterkapitel analysiert die Wechselwirkungen und Zusammenhänge zwischen der Siedlungsentwicklung und Energiesystemen anhand der historischen Entwicklung des Untersuchungsraums. Dabei liegt der Fokus auf dem Einfluss der Gegebenheiten der Nutzbarmachung und Bereitstellung von Energie auf die Entwicklung der Stadt- und Kulturlandschaft. Das Unterkapitel verfolgt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es soll vielmehr zum Entdecken des Themenfeldes und seinen vielfältigen Zusammenhängen einladen. Anhaltspunkte der Analyse sind:

- der Einfluss energetischer Nutzungsmuster auf die räumliche und infrastrukturelle Entwicklung der Region,
- Prinzipien der Organisation von Energienutzung im Raum, im Zusammenhang mit den Akteuren (Einflüsse der Kommunen, privater Versorgungsunternehmen, Nutzer),
- der Einfluss (energie-)technischer Innovationen sowie baulicher, gesellschaftlicher und politischer Impulse auf die Entwicklung der Siedlungsstruktur,
- die Rolle von Mobilitätskonzepten und des Transport- und Verkehrswesens,
- der Zusammenhang zwischen der Nutzbarmachung der unterschiedlichen Energieträger und den daraus resultierenden Einflüssen auf den Raum,
- strukturelle Gegebenheiten der Landschaft und Siedlungen im Zusammenhang mit deren inhärenten Energiepotenzialen.

Das Unterkapitel steht als eigene Grafik, die über vier Zeitschnitte jeweils mit einer Momentaufnahme der regionalen Siedlungs- und Infrastruktur endet. Die Grafik ist in verschiedenen Leserichtungen erfahrbar. Die oberen Texte stellen die eigenständigen Themenblöcke „Energie und Raum“, „Stadtsystem“, „Energieträger“ und „Siedlungsentwicklung“ vor dem Hintergrund der verschiedenen Energienutzungsmuster dar. Diese werden mit Karten, Skizzen und Bildern veranschaulicht. Der Zeitstrahl gibt eine chronologische Abfolge verschiedener Ereignisse und Entwicklungen im regionalen Zusammenhang des Untersuchungsraums sowie im nationalen und globalen Zusammenhang wieder.

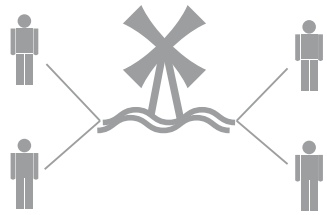
Leseschema



Energie und Raum: Räumliche Kopplung von Energieerzeugung und Verbrauch

In der vorindustriellen Zeit entstanden energieintensive Betriebe v.a. an Standorten, welche die Nutzung von Energie vor Ort ermöglichten. In der Region befanden sich zahlreiche Wassermühlen entlang den Flussläufen der Geest. Neben dem Mahlen von Korn wurden mit Wasserkraft auch andere Werke (Farbholz-, Fell-, Kupfer-, Loh-, Öl-, Pulver- und Sägemühlen) und später Turbinen angetrieben. Die Gewässer wurden durch Mühlteiche reguliert, die heute noch existieren. Dörfer und Städte entstanden im Mittelalter vorwiegend an Orten, in deren Nähe man Mühlen betreiben konnte. In der frühen Neuzeit waren diese Standorte häufig Keimzellen der modernen Industrie. Mit der Installation von Maschinen wurden aus den bestehenden Mühlen, Manufakturen und Handwerksbetrieben Fabriken, die sich schnell erheblich vergrößerten.

Windmühlen waren dispers in der Region verteilt. Konzentrationen zeigten sich an den windreichen Standorten der Vier- und Marschlande. Hier wurden ab dem 17. Jahrhundert eine Vielzahl von Feldentwässerungsmühlen eingesetzt. Diese Windmühlen zogen mithilfe von angekoppelten Wasserschnecken Wasser aus den tief liegenden Feldgräben und leiteten es über Entwässerungsgräben in die Bille, Dove und Gose Elbe. Die höhere Leistungsfähigkeit dieser Entwässerungstechnik ermöglichte eine Ausweitung der Anbaufläche und Ertragssteigerung des Getreideanbaus.



Prinzip Selbstversorgung:
Nutzer betreiben Feldentwässerungsmühle in Eigenorganisation

Mühlen- und Fabrikstandorte, 1880

Anfang 13. Jhdt.: Die Aufstauung der Bille ermöglicht die Nutzbarmachung der Wasserkraft. Errichtung von Wassermühlen am Bergedorfer Billedamm und am Reinbeker Mühlenteich.

1443-45: Der Bau des Schleusengrabens zwischen Bille und Dove Elbe verbindet Bergedorf mit dem Hamburger Hafen und lässt den Holzhandel (Holz aus dem Sachsenwald) aufblühen. Bis in die 1960er-Jahre landen hier Schuten mit Kohle, Holz und Baustoffen.

1556: Bau der Ochsenwerder Windmühle. Aufgrund des Mühlenzwangs lassen die Bauern von Ochsenwerder, Moorwerder, Tatenberg und Spadenland hier ihr Korn mahlen.

Ab 1675: Einsatz von Entwässerungsmühlen in den Vier- und Marschlanden. Damit wird das Weideland zu Kornland und die Vier- und Marschlande zur Kornkammer Hamburgs.

Um 1750: Erste Manufakturen entstehen in Bergedorf.

1822: Bau der Bergedorfer Lohmühle (Wassermühle) mit Gerberei.

1828-1831: Bau der Bergedorfer und Riepenburger Windmühlen als Loh- bzw. Kornmühle.

1830er: Der Ausbau des regionalen Landstraßennetzes (Chausseen) bewirkt eine entscheidende Verbesserung des Verkehrs über Land.

1839: Neubau der Bergedorfer Kornwassermühle.

19. Jhdt.: Die wirtschaftliche Bedeutung (Getreide- und Gemüseanbau) der Vier- und Marschlande nimmt beständig zu.

1500

16. Jhdt.: Zunehmende Nutzung der Wasserkraft für den Antrieb von Mühlen und Manufakturen. Der Ausbau der Wasserkraftnutzung ist kennzeichnend für das Berg- und Hüttenwesen der Renaissance.

1700

1713: In der Forstwirtschaft wird der Begriff der Nachhaltigkeit geprägt. Der exzessive Holzverbrauch in der Eisenherstellung führt im 18. Jhdt. zur ersten menschlich verursachten Ressourcenknappheit, in der Folge entsteht der Nachhaltigkeitsgedanke.

Um 1760: Erste Kokshochöfen in England. Steinkohle ersetzt die Holzkohle und revolutioniert die Eisengewinnung.

Ab 1769: Die Dampfmaschine ermöglicht neuartige Produktionsweisen in mechanisierten Fabriken. Damit ist eine Reorganisation von Kapital und Raum verbunden.

1800

Ab 1803: Entwicklung von Dampfantriebstechnologien.

1820er: Die Gasversorgung verbreitet sich in Europa. In Gasfabriken wird Gas durch Verbrennung von Steinkohle erzeugt.

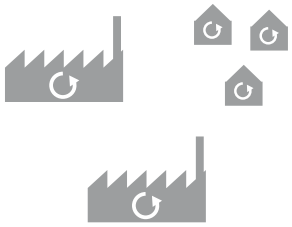
1825: Erste Zugverbindung (Güterverkehr) der Welt zwischen Stockton und Darlington.

1838: Entdeckung des Prinzips der Brennstoffzelle, welches auf der Umwandlung chemischer Reaktionsenergie in elektrische Energie basiert.

- (energie-)technische Innovationen
- gesellschaftliche und politische Impulse
- bauliche Impulse

Stadtsystem: Selbstversorgung und private Initiative

Bis ins 19. Jahrhundert betrieben die Menschen größtenteils Subsistenzwirtschaft, ihre Erwerbsquellen lagen hauptsächlich in der Land- und Viehwirtschaft. Auch die Städte versorgten sich über die umliegenden Felder selbst bzw. mit landwirtschaftlichen Produkten aus der Region. Das Trink- und Brauchwasser wurde den Flüssen entnommen oder über öffentliche Pumpbrunnen gewonnen und in die Häuser getragen. Die anfallenden Abwässer wurden auf der Straße entsorgt und flossen über Rinnsteine in die Flüsse zurück.



Die hauptsächlich organischen Abfälle wurden auf den Straßen gesammelt und zum Düngen der Felder verwendet.
Ab den 1830er Jahren begann der Aufbau der Gas- und Wasserversorgung in Europa. Kleinräumige Systeme versorgten zunächst nur wenige Haushalte und Betriebe. Das Auftreten von Epidemien wie Cholera und Typhus führte in den rasant wachsenden Städten zu einer allmählichen Trennung von Wasser und Abwasser. Ab den 1850er Jahren wurden großmaßstäbliche Infrastruktursysteme (Wasserver- und entsorgung sowie Gas- und später Stromversorgung) errichtet. Der Ausbau der städtischen Infrastruktur wurde zunächst v.a. von privaten Unternehmen durchgeführt. Die längeren Arbeitszeiten aufgrund des künstlichen Lichts (Gasbeleuchtung) brachten betriebswirtschaftliche Erfolge mit sich und steigerten die Gasnachfrage.

Energieträger: Von regenerativen zu fossilen Energiequellen

Die Sonne war der Hauptenergieträger der vorindustriellen Landwirtschaft. Als traditionelle Wärme- und Energiequelle diente neben Torf und Dung v.a. Holz.
Die beginnende Industrialisierung führte zur Nutzung fossiler Energieträger und ersetzte zunehmend Wind-, Wasser- und Muskelkraft als Antriebsmittel für Maschinen. Der enorme Energiebedarf der Dampfmaschinen in den industriellen Fertigungsprozessen wurde v.a. durch den Einsatz von Steinkohle gedeckt.
Mit der fortschreitenden Industrialisierung stieg der Energiebedarf rasant und wurde ab der Mitte des 19. Jahrhundert zunehmend durch Gas und Erdöl gedeckt.

Ab 1841: Bis 1961 sind im Bezirk Bergedorf 14 Ziegeleien in Betrieb. Zur Befeuerung der Öfen wird minderwertige Kohle verwendet.

Ab 1844: Die Stadt Hamburg schließt mit der Gas-Compagnie, dem Vorläufer von HEIN GAS, einen Vertrag über die öffentliche Gasversorgung.

1856: Bau des Bergedorfer Gaswerks durch die „Bergedorfer Gas-Compagnie". Zunächst wird v.a. die Beleuchtung von Straßen, Häusern und Geschäften mit Gas betrieben.

1842: Die Hamburg-Bergedorfer Eisenbahn wird in Betrieb genommen.

1846: Die Weiterführung der Eisenbahnlinie Hamburg-Bergedorf nach Berlin löst ab 1850 einen Entwicklungsschub in den Gemeinden entlang der Strecke aus.

1859: Neubau der Bergedorfer Lohmühle. Die Turbine nutzt Wasserkraft. Ab 1864 arbeitet auch die Bergedorfer Kornwassermühle mit Turbinen statt Mühlrädern.

Um 1850: Die Gerberei gehört zu den stärksten Erwerbszweigen in Bergedorf.

1840

Um 1844: Dezentrale Wasserreservoirs auf Hausdächern dienen der Wasserversorgung.

1844: Erste WC-Anlagen. Fäkalien werden gesammelt und als Dünger auf die Felder und Gärten aufgetragen.

1850

Ab 1850: Ölförderung in Polen und Nordamerika. Der Bau von Pipelines und Öltankschiffen fördert den weltweiten Ölhandel.

1851: Crystal Palace London. Ab 1814 entstehen erste Gewächshäuser als Glasstahlkonstruktion, die als Vorbild passiver Solarheizsysteme gelten.

1859: Entwicklung des ersten wiederaufladbaren Blei-Akkumulators.

Siedlungsentwicklung in der ausgehenden Industrialisierung

Das vorindustrielle Landschafts- und Siedlungsbild der Region war spätmittelalterlich geprägt. Die Menschen lebten in kleinen Dörfern, die inmitten weitläufiger Feldfluren dispers in der Geestlandschaft verteilt waren. Außerhalb der geschlossenen Dörfer gab es einzelne Güter, Höfe, Krughäuser und Vorwerke. In den Vier- und Marschlanden erstreckten sich aufgelockerte Siedlungsbänder als Straßendörfer entlang der Elbarme (Dove, Gose und Stromelbe). Bergedorf als historisch wichtige Stadt in der Region hatte um 1830 noch den Charakter eines mittelalterlichen Landstädtchens. Die zahlreichen Handwerksbetriebe der Stadt waren in Zünften organisiert.

Die industrielle Revolution war eng mit dem Ausbau flächendeckender Verkehrsnetze verknüpft. Die Zunahme des Handels erforderte leistungsfähige Verkehrswege zwischen den Wirtschaftsregionen. Neben Straßen waren Gewässer wichtige Transportwege. Damit waren zunächst Standorte an Flüssen begünstigt, auf denen Rohstoffe zu den Fabriken gebracht und ihre Erzeugnisse verschifft werden konnten. Zu Beginn der Industrialisierung siedelten sich erste Fabriken v.a. in Bergedorf, Sande, Schiffbek und Billwerder entlang den Wasserstraßen Schleusengraben – Dove Elbe bzw. Bille an.

Der intensive Einsatz der Kohle war der Motor der rasanten Industrialisierung im 19. Jahrhundert und Träger der Stahl- und Eisenbahnindustrie. Diese bewirkten ein sprunghaftes Wachstum und hatten eine konzentrierende Wirkung auf die Siedlungsentwicklung. Der Ausbau der Eisenbahnnetze (neue Transportmöglichkeiten) förderte die Entstehung von Fabriken abseits der Flüsse. So hatte der Bau der Berlin-Hamburg-Eisenbahn einen wesentlichen Einfluss auf die Entstehung von Industriearealen und war die entscheidende Ursache für die Attraktivität Bergedorfs als Produktionsstandort. Mit der folgenden Ansiedlung industrieller Betriebe am Schleusengraben und auf dem Kamp setzte ein weiterer Zuzug von Arbeitern ein. Zudem entstanden neue Villenviertel. Mit der Eisenbahn begann auch in Reinbek und Wentorf ein Entwicklungsschub. Die Nähe zum Wirtschafts- und Handelszentrum Hamburg brachte einen Aufschwung im Gastgewerbe, Handel und Handwerk. Die Orte entwickelten sich zu bevorzugten Wohnorten im Grünen.

Bahnhof und Schloss in Reinbek, Stich um 1850

1862: Die Erfindung des Verbrennungsmotors legt den Grundstein der im 20. Jhdt. einsetzenden Massenmobilität.

1864: Ansiedlung des Bergedorfer Eisenwerks/Alfa-Laval in Sande-Lohbrügge.

1864: Schleswig-Holstein wird preußisch. Einführung der Gewerbefreiheit, Aufhebung des Mahlzwangs.

Um 1860: Die steigende Gasnachfrage in Deutschland erfordert neue Produktionsbedingungen, erste Gasometer werden gebaut.

Ölpreis in $ / Barrel
Quelle: Energy Information Administration

Ab 1865: Beginn des Dampfschiffverkehrs auf der Dove Elbe.

Ab 1865: Begünstigt durch eine leistungsfähige Verkehrs- und Transportinfrastruktur, den Mangel an Flächen für Industriebetriebe in Hamburg und die ausreichende Verfügbarkeit preiswerter Flächen lassen sich zahlreiche Industriebetriebe in Bergedorf und Sande (heute Teil von Lohbrügge) nieder.

1866: Erste Dynamomaschine. Mit dem Bau des Stromgenerators steigt die Nachfrage nach Möglichkeiten der Speicherung des entwickelten Stroms.

1868: Mit der Aufnahme Bergedorfs in den Zollverein fallen die Zollschranken. In der Folge entstehen weitere Industriebetriebe am Schleusengraben und auf dem Kamp.

1869: Bau der ersten Glashütte westlich des Schleusengrabens. In den folgenden Jahrzehnten erfolgt der Ausbau und die Ansiedlung weiterer Glashütten.

1870: Bau der Windmühle in Reitbrook.

1873: Die Norddeutsche Affinerie AG in Hamburg setzt mit der ersten dynamoelektrischen Maschine Gleichstrom zur Metallgewinnung ein.

1876: Bau der Borghorster Windmühle in Altengamme.

1877: Erste deutsche Dampfstraßenbahn in Kassel.

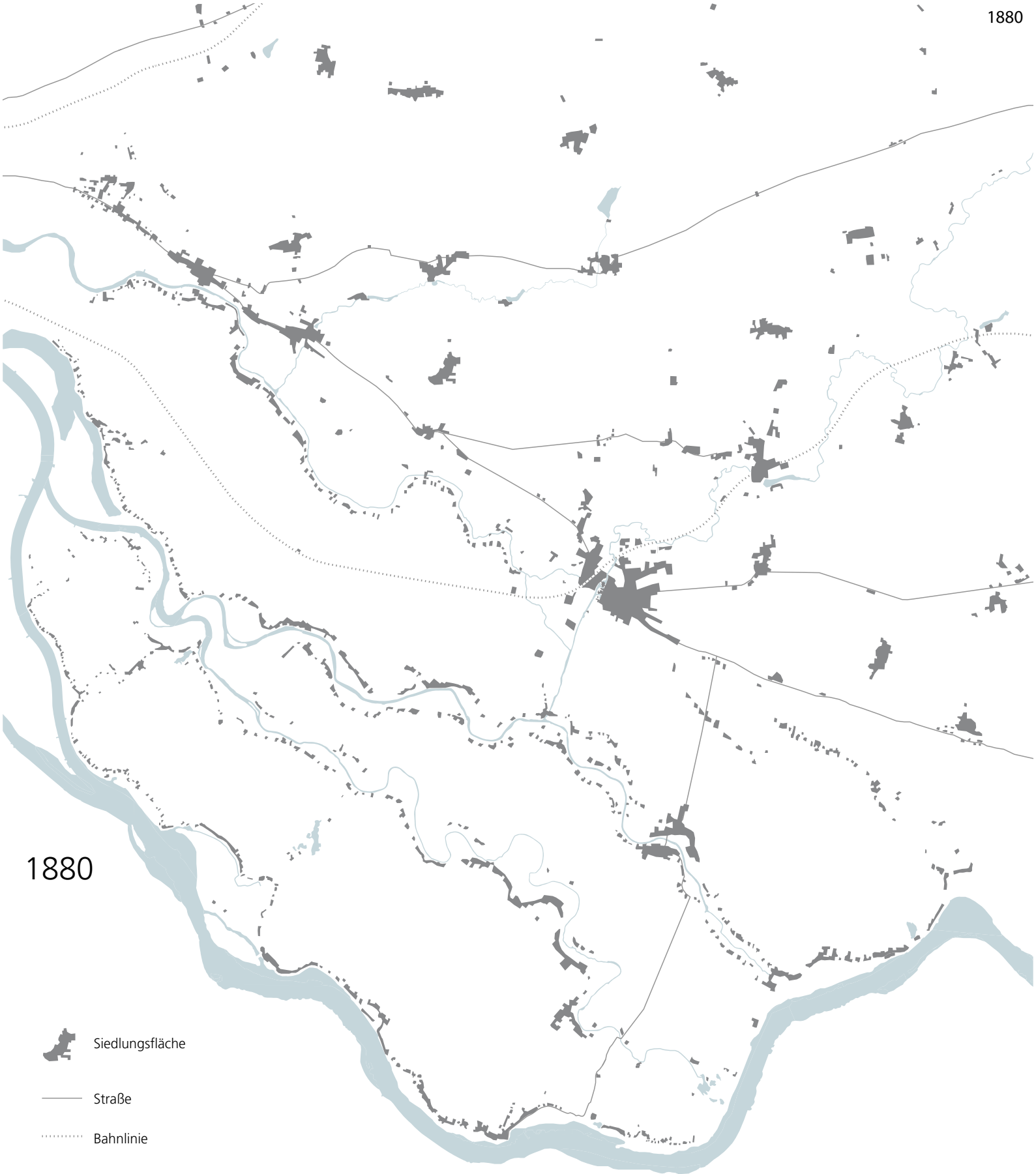
$78

$37

$17

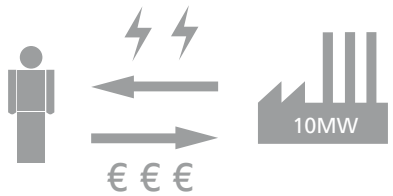
1860 1870 1880

Weltweiter Primärenergieverbrauch in Mtoe
(Millionen Tonnen Öl-Aquivalent)
Quelle: BP Statistical Review of World Energy

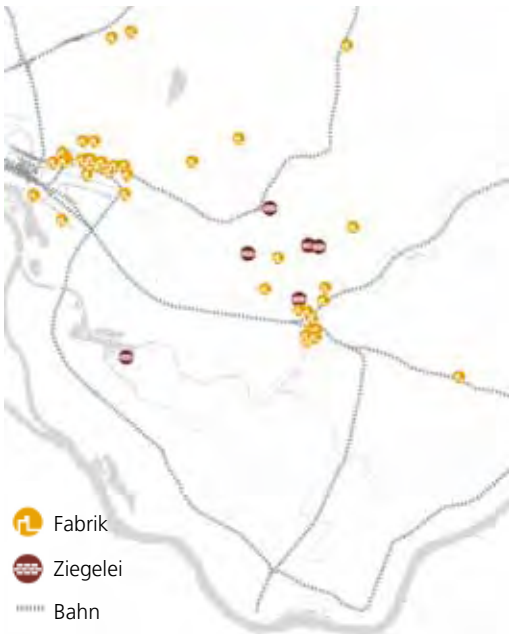

1880
Siedlungsfläche
Straße
Bahnlinie

Energie und Raum: Räumliche Entkopplung von Energieerzeugung und Verbrauch

Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts ermöglichten technische Innovationen, allen voran die Dampfmaschine, eine räumliche Entkopplung von Energieerzeugung und Verbrauch. Die Ansiedlung von Fabriken unterlag damit einer relativen Standortunabhängigkeit. Der Energieträger wurde dorthin transportiert, wo die Energie im Produktionsprozess benötigt wurde. In den neuen industriellen Zentren entstanden Produktionshallen mit Arbeitersiedlungen in unmittelbarer Nähe, die erst allmählich netzartig zusammenwuchsen.
Bevor erste Elektrizitätswerke entstanden, versorgten sich einzelne Gebäudegruppen oder Fabriken mit Eigenanlagen, die von Dampfmaschinen, Gasmotoren oder Wasserrädern angetrieben wurden. Diese dezentrale Systemstruktur wandelte sich zunächst nur langsam. Die Versorgung durch Elektrizitätszentralen war innerstädtischen Bereichen vorbehalten, da aufgrund der geringen Reichweite von Gleichstrom nur kleine Gebiete versorgt werden konnten. Später wurden einzelne innerstädtische Kraftwerke gekoppelt, um Stromschwankungen besser ausgleichen zu können.
Die zunehmende Etablierung von Dreh- und Wechselstrom erhöhte die Transportreichweiten und ermöglichte die Versorgung durch größere außerstädtische Kraftwerke. Die kleinräumige, dezentral organisierte Versorgung wurde zunehmend durch eine Tendenz zur Zentralisierung abgelöst. Erste regionale Verbundsysteme wurden aufgebaut, Versorgungskapazitäten erhöht und größerer Gebiete versorgt. Ab den 1930er Jahren begann der Ausbau regionaler Verbundnetze durch große Gesellschaften.



Prinzip Fremdversorgung:
Nutzer beziehen Energie von lokalen Produzenten



Produktionsstandorte, 1939

Ab 1884: Bau der ersten Kanalisation in Bergedorf.

Ab 1885: Gütertransport zwischen Bergedorf und Hamburger Hafen mittels Schleppdampfern und Schuten.

1885: Bau des privaten Bergedorfer Wasserwerks, welches Bergedorfer Haushalte mit Billewasser versorgt.

Ab 1888: Mit der Dampfentwässerung und dem Bau eines neuen, über elektrische Pumpwerke regulierbaren Be- und Entwässerungsgrabensystems werden ab 1926 die Feldentwässerungsmühlen in den Hamburger Vier- und Marschlanden abgebrochen.

Im Zuge der Industrialisierung werden Ziegel für den Bau von Fabriken und Wohngebäuden benötigt. Die immer tieferen Tongruben sind teilweise heute noch als Teiche im Landschaftsbild erkennbar.

1894: Gründung der Hamburgischen Electricitäts-Werke (HEW).

1896: Bau des Elektrizitätswerks Bergedorf, Ausbau und Umstellung der Straßenbeleuchtung auf Strom sowie Anschluß privater Abnehmer entlang der Hauptleitung. In den folgenden Jahren wächst die Zahl der Anschlüsse rasant, um 1912 ist die Leistungsgrenze erreicht.

1899: Kommunalisierung und Ausbau der Wasserver- und Abwasserentsorgung in Bergedorf.

1880

1881: Erste elektrische Straßenbahn in Lichterfelde bei Berlin.

Ab 1881: Kommerzieller Bau von Elektroautos. Ab 1885 erste benzinbetriebene Autos.

1884: Erstes elektrisches Kraftwerk in Berlin. Mit der Elektrizitätszentrale beginnt die öffentliche Energieversorgung.

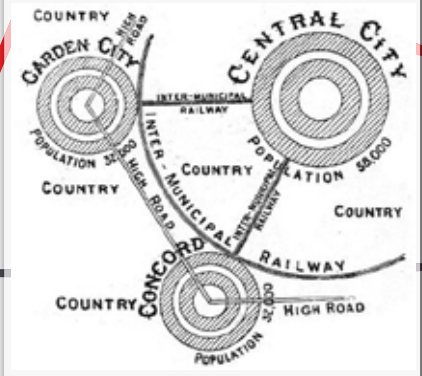
1890

1890er: Gründung von Energieversorgungsunternehmen durch Kommunen und Private unter Beteiligung von Bankenkapital.

1895: Erstes Großkraftwerk Deutschlands in Rheinfelden. Das Wasserkraftwerk mit 10 MW elektrischer Leistung erzeugt erstmals Drehstrom im großtechnischen Maßstab. Großkraftwerke fördern die Ansiedlung energieintensiver Industrien.

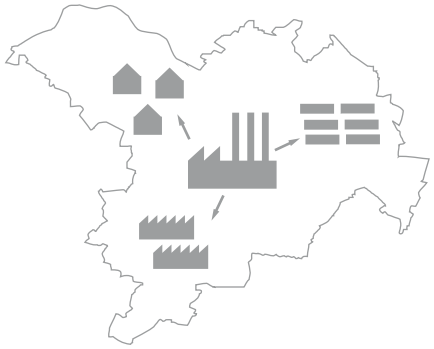
Ab 1899: Kabelverlegung. Gleichstromkabel werden unter den Gehsteigen verlegt.

1898: Garden City (E. Howard). In der Folge entsteht die Gartenstadtbewegung, die als Gegenentwurf zur industriellen Großstadt, ein Leben im Grünen propagiert.



Stadtsystem: Kommunalisierung städtischer Infrastruktur und Aufbau einer flächendeckenden Versorgung

Das enorme Städtewachstum in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts führte zu einem erhöhten Frischwasserbedarf und Abwasseraufkommen sowie einer steigenden Gas- und Stromnachfrage. Eine Vielzahl von Versorgungsunternehmen wurde durch Kommunen und Private gegründet. Ab dem Ende des 19. Jahrhunderts entstand infolge einer zunehmenden Kommunalisierung der städtischen Infrastruktur eine flächendeckende Versorgung.



Der Ausbau von Gas- und Stromfernleitungen lockerte die lokale Abhängigkeit der Erzeuger vom Versorgungsgebiet. So hatte das 1904 gebaute Bergedorfer Gaswerk bereits eine regionale Versorgungsfunktion. In den folgenden Jahren wurden Verbraucher in Sande, Boberg, Geesthacht, Billwerder, Schiffbek, Tonndorf und Altrahlstedt angeschlossen. Zudem erfolgte zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit der Kommunalisierung der Ausbau der Bergedorfer Wasserver- und Abwasserentsorgung. Ein neues Wasserwerk wurde gebaut. Die bestehende Teilkanalisation wurde ausgeweitet und das Abwasser in neuen Kläranlagen wiederaufbereitet. In Hamburg wurde durch die Hamburgische Electricitäts-Werke (HEW) unter kommunaler Beteiligung das Versorgungsmonopol für elektrische Energie ab 1914 auf das ganze Stadtgebiet ausgedehnt. In Reinbek erfolgte 1923 die Kommunalisierung des Wasserkraftwerks am Billeteich. Ab 1924 bezogen Bergedorfer Kunden Strom vom Großkraftwerk Tiefstack. Aufgrund der günstigeren Tarife schlossen sich viele Bergedorfer Industrieunternehmen, die bis dahin zum großen Teil eigene kleine Dampf-Kraftzentralen unterhalten hatten, an das Stromnetz an.

Ab den 1920er Jahren verstärkten die hohen Rauch- und Rußemissionen die Entwicklung zentraler Heizsysteme, dies führte zur Entkopplung von Wärmeerzeugung und -nutzung. Der Siedlungsbau der Zwischenkriegsjahre hob den Lebensstandard und verursachte damit einen drastischen Anstieg des Wasserverbrauchs sowie der Gas- und Stromnachfrage. Hochspannungs- und Ferngasleitungen ermöglichten den Transport über immer weitere Distanzen und förderten den Aufbau städtischer und regionaler Verbundnetze. Ab den 1930er Jahren erfolgte der Aufbau von Fernwärmenetzen und effizienteren Zentralheizsystemen.

1900: Bau des Wasserkraftwerks Reinbek. Versorgung der Gemeinden Reinbek und Wentorf mit Strom.

1900: Neubau des Bergedorfer Hafens am Serrahnbecken mit elektrisch betriebenem Kran und Gleisanschluss (1909).

1904: Neubau des Bergedorfer Gaswerks.

1907: Inbetriebnahme der Südstormarnschen Kreisbahn von Billbrook nach Trittau, sowie der Bergedorf-Geesthachter Eisenbahn.

1911-14: Ausweitung der Kanalisation und Bau eines biologischen Klärwerks in Bergedorf.

1912-1953: Vierländerbahn verkehrt zwischen Bergedorf und Zollenspieker.

1912: Gründung des Schleswig-Holsteinischen-Elektrizitäts-Verbands. Aufbau eines flächendeckenden Stromnetzes. Glinde wird 1913 an das Stromnetz angebunden.

1913: Erschließung der Gasquelle Neuengamme, bis 1930 wird per Rohrleitung Erdgas zum Gaswerk Tiefstack geliefert.

1915: Inbetriebnahme des neuen Bergedorfer Wasserwerks.

1917: Inbetriebnahme des Kohlekraftwerk Tiefstack /Hamburg (85 MW).

1900

Ab 1900: Bau elektrischer Hoch-, Untergrund- und Schnellbahnen in Deutschland. Die Elektrifizierung des Schienenverkehrs löst die Abgasproblematik und ermöglicht den Bau von U-Bahnen.

1900: Erstes Hybridauto. Ein benzinangetriebener Generator liefert Strom für einen Akku.

Ab 1900: Drehstrom wird in Großkraftwerken außerhalb der Stadt produziert, in Stadtzentralen zu Gleichstrom umgeformt und in die Haushalte befördert.

1901: Erdölfunde in Texas führen zu niedrigeren Benzinpreisen.

Um 1905: Erste Ferngasleitungen mit Mitteldruck ermöglichen höhere Reichweiten.

1905: Erste deutsche 50-kv-Leitung zwischen Moosburg und München.

Ab 1906: Erste biologische Klärwerke.

1909: Strom-Nachttarif wird als Verbrauchsanreiz für nicht ausgelastete Nachtzeiten angeboten.

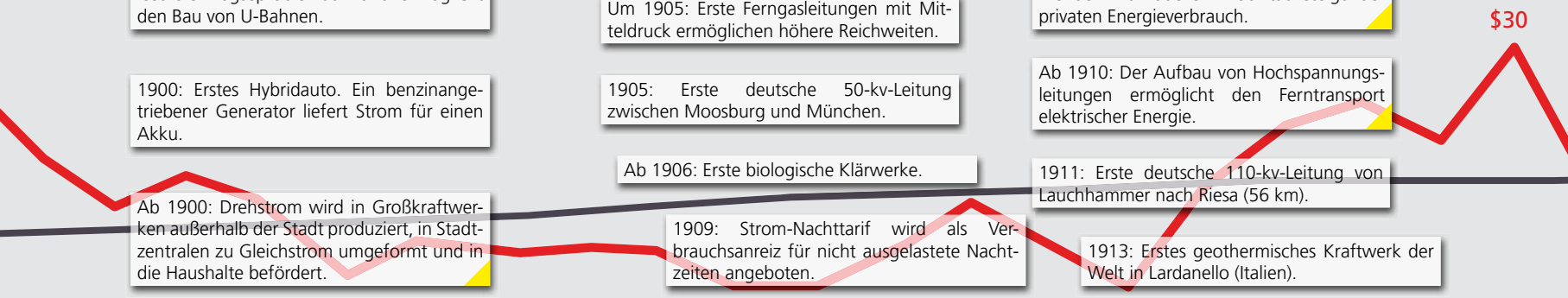
1910

1910: Fordismus. Mit der Massenfertigung in der Automobilindustrie setzen sich benzinbetriebene Autos durch. Infolge zunehmender individueller Mobilität steigt der privaten Energieverbrauch.

Ab 1910: Der Aufbau von Hochspannungsleitungen ermöglicht den Ferntransport elektrischer Energie.

1911: Erste deutsche 110-kv-Leitung von Lauchhammer nach Riesa (56 km).

1913: Erstes geothermisches Kraftwerk der Welt in Lardanello (Italien).



Siedlungsentwicklung: Wachstum entlang von Infrastrukturachsen

Mit der Einführung von Eisenbahn und Automobil trat ein grundlegender Wandel der Stadtstruktur ein. Die Form der Stadt wurde seit dem stark von verkehrstechnischen Neuerungen geprägt. Die Elektrifizierung des Schienenverkehrs und die Verstaatlichung der privaten Verkehrsbetriebe bedingten um 1900 den Ausbau kommunaler Verkehrsnetze. Der öffentliche Verkehr wurde dabei gezielt als Siedlungsentwicklungsinstrument eingesetzt, Straßenbahnen waren das wichtigste Nahverkehrsmittel in Städten.
In Bergedorf entstanden infolge der massiven Industrieansiedlung dichte Arbeiterviertel südöstlich des Stadtkerns. Zeitgleich zogen wohlhabende Kaufleute, Industrielle und Pensionäre v.a. aus Hamburg in die neuen Villenviertel der Stadt. Zudem erfolgte ein Siedlungswachstum entlang der Bahnlinie Hamburg – Berlin. An den neuen Bahnhöfen in Aumühle, Reinbek, Wentorf und Wohltorf entstanden Kristallisationspunkte für neue Siedlungen. Die bis dahin kleinen Dörfer entwickelten sich in Richtung der meist entlegenen Haltepunkte zu gehobenen Wohngegenden. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde Bergedorf mit der Inbetriebnahme der Bergedorf-Geesthachter-Eisenbahn, der Vierländer-Eisenbahn und der Hamburger Marschbahn zu einem Eisenbahnknotenpunkt für das Umland. Mit den neuen Haltepunkten setzte ein Siedlungswachstum in Escheburg und Börnsen ein. Der Nebenbahnverkehr in den Vier- und Marschlanden ermöglichte zudem den landwirtschaftlichen und industriellen Massenguttransport auf dem Land und fungierte als öffentliches Massenverkehrsmittel. Zudem wurde die Südstormarnsche Kleinbahn gebaut. Mit der Errichtung neuer Fabriken entlang der Bahnlinie setzte in den 1930er Jahren eine städtebauliche Entwicklung in Glinde ein.
Ab 1920 wurde als Reaktion auf die Wohnungsnot und die Nachfrage nach Eigenheim und Nutzgarten im Zuge kommunaler Wohnbauprogramme neue Ansiedlungen im Umland von Bergedorf realisiert (z.B. Nettelnburg). Zudem begann die Ausdehnung von Einfamilienhaussiedlungen, zumeist im Weichbild der Städte und Gemeinden, die an den Landstraßen lagen (z.B. Neu-Börnsen). Mit dem Aufbau eines regionalen Autobusnetzes wurde zudem das Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln in den Zwischenräumen der Bahnlinien ergänzt.

Bergedorfer-Eisenwerk Astra-Werke, Foto 1928

1920er Jahre: Aufbau eines regionalen Busnetzes durch die Bergedorf-Geesthachter-Eisenbahn A.G. (BGE).

Ab 1921: Fernwärmeversorgung durch das Fernheizwerk Hamburg der HEW.

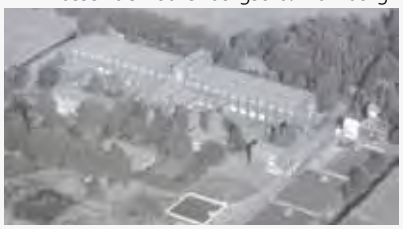
1921: Zentrale Gasleitung in Reinbek.

Ab 1922: Bau der Kanalisation in Reinbek.

Ab 1924: Bau der Reitschleuse bei Reitbrook / Hamburg.

Ab 1924: Bergedorfer Stromkunden beziehen Strom vom Großkraftwerk Tiefstack / Hamburg.

1925-28: Bau des Grundwasser- und Enteisungswerks Curslack / Hamburg. Die Förderbrunnen liefern täglich über 80.000 m³ Trinkwasser bis Rothenburgsort / Hamburg.



1927: Das Gemeindegebiet Glinde wird an das Gasnetz angeschlossen.

1928-1952: Hamburger Marschbahn verkehrt zwischen Geesthacht und Tiefstack / Hamburg.

1929: Der Bau der Krapphofschleuse ermöglicht erstmals eine tideunabhängige Verbindung vom Schleusengraben zur Dove Elbe.

1937: Gründung der Erdölbetriebe Reitbrook / Hamburg. In den folgenden Jahren werden 265 Bohrungen durchgeführt.

1937: Groß-Hamburg-Gesetz. Bergedorf, Billstedt und Lohbrügge werden eingemeindet.

1920

1920er: Sozialer Wohnungsbau. Aufgrund der verbesserten sanitären Ausstattung moderner Kleinwohnungen und der zunehmenden Anzahl von Gebäudeanschlüssen steigt der Wasserverbrauch.

1920er: Anfänge der Zentralheizung. Heizkessel auf Koksbasis versorgen mehrere Wohnungen oder Gebäude mit Wärme.

1920er: Erste Kraftwerke mit Kraft-Wärme-Kopplung. Aufbau von Fernwärmesystemen.

1926: Bau des ersten großen Steinkohlekraftwerks in Berlin (270 MW).

1926-29: Bau der ersten europäischen 220-kV-Freileitung (Vorarlberg-Köln).

1930

1929: Börsen-Crash in den USA. Dem weltweiten Preisverfall auf den Agrar- und Rohstoffmärkten folgt die Weltwirtschaftskrise der 1930er Jahre.

1930er: System der Zentralen Orte.

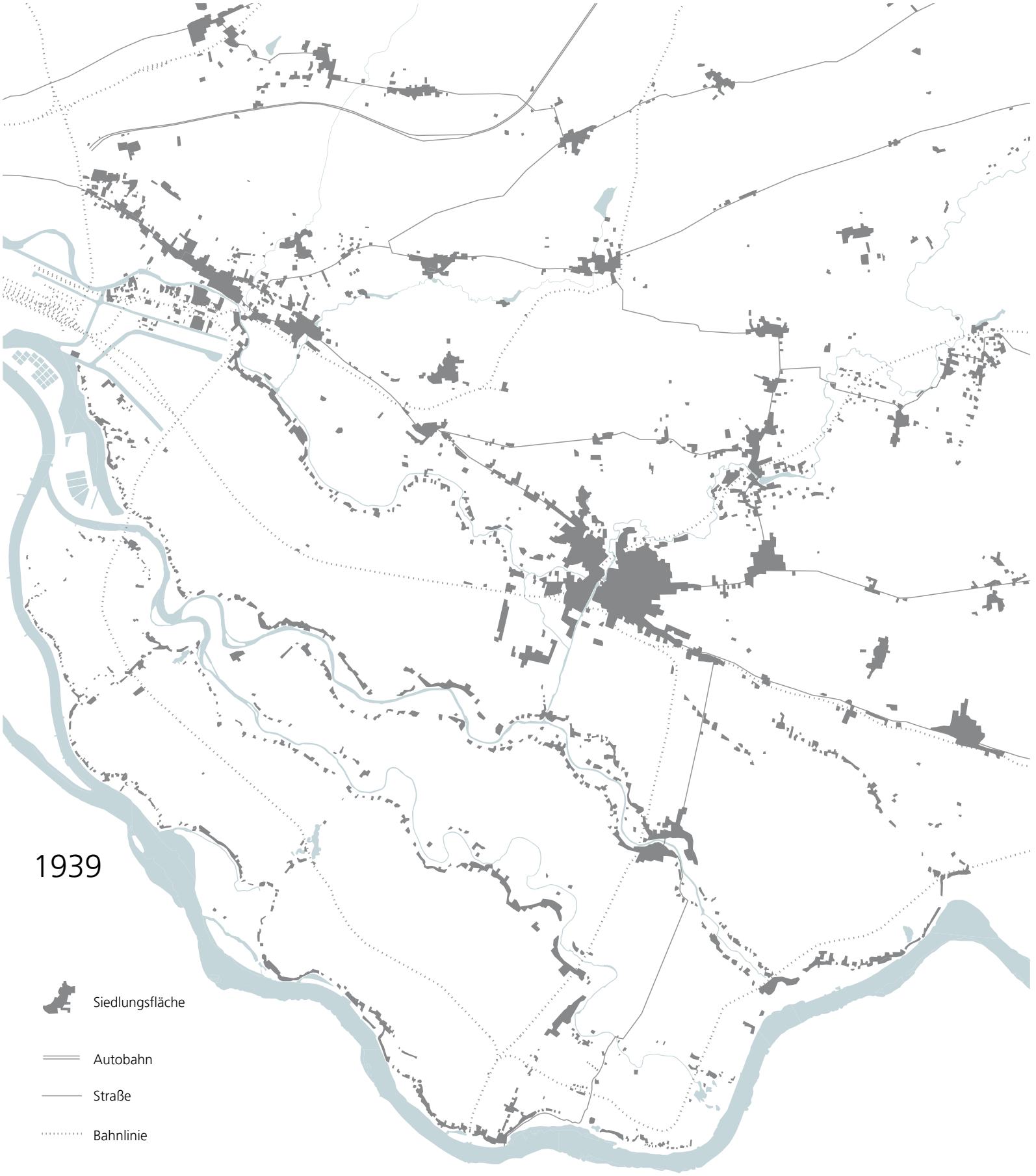
1933: Bereits 75 Prozent der deutschen Haushalte und Betriebe sind an das Stromnetz angeschlossen.

1933: Mit Beginn des Autobahnbaus steigt die Reichweite des Automobils.

1933: Die Charta von Athen propagiert die funktionale Zonenteilung und autogerechte Verkehrsachsen.

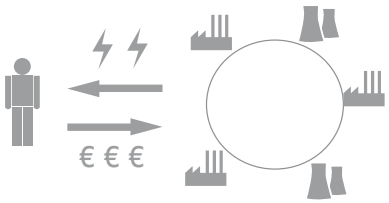
1930er: Vision für Großwindkraftwerke. Die Anlagen sollen eine Leistung von 20 MW erzeugen. Zudem wird der Verbund von Windenergieanlagen zum Ausgleich von Leistungsschwankungen, die Speicherung durch Wasserstofferzeugung sowie der Aufbau von Offshore-Anlagen vorgeschlagen.

Ab 1932: Stromerzeugung durch Windkraft.


1939
Siedlungsfläche
Autobahn
Straße
Bahnlinie

Energie und Raum: Fossiles Energieregime und Regionalentwicklung

Mit dem Ausbau der Versorgungsinfrastruktur durch Großkraftwerke und Fernleitungen löste sich die räumliche Kopplung von Energieerzeugung und Verbrauch weitgehend auf. Energie war nun theoretisch „überall verfügbar". Damit war die technische Möglichkeit einer flächendeckenden Versorgung und einer dispersen Siedlungsentwicklung und Industrieansiedlung gegeben.
Basierte die Energieversorgung zunächst weitgehend auf der Verbrennung von Kohle, setzte sich ab Mitte der 1950er Jahre das im Vergleich billige Öl durch. Die Energieversorgung erfolgte zunehmend durch große Konzerne. Die Preispolitik und Fokussierung auf fossile Energieträger hemmte alternative Ansätze zur Energieversorgung. Gerade in ländlichen Regionen wurde der Verbrauch regenerativer Energien (v.a. Holz) mehr und mehr durch Heizöl ersetzt, das mit Tankwagen überall hin transportierbar war. Der wachsende Energiebedarf und die Verteuerung der Energie hatten direkte räumliche Auswirkungen. Zum einen resultierte eine wachsende Belastung der Umwelt durch die großflächige Ausbeutung fossiler Bodenschätze, wie bspw. die Ölförderung in den Vier- und Marschlanden. Zum anderen wirkte das unterschiedliche Preisniveau ballungsfördernd, so behinderten die höheren Strompreise die Industrialisierung in den peripheren ländlichen Räumen. Mit dem Durchbruch von Öl und Erdgas stieg zudem die Abhängigkeit von ausländischen Erdgas- und Erdöllieferungen.



Prinzip Verbundversorgung:
Nutzer beziehen Energie von privaten und kommunalen Versorgungsgesellschaften

Regionales Verbundsystem, 1939

Ab 1945: Ein starkes Bevölkerungswachstum und kriegsbedingte großflächige Zerstörungen führen zu einem Wohnungsmangel in Hamburg.

Ende 1940er: Rückgang der Erdölförderung im Erdölfeld Reitbrook / Hamburg.

Anfang 1950er: Die zunehmende Bedeutung des Straßenverkehrs führt zur Einstellung der Bergedorf-Geesthachter Eisenbahn, der Hamburger Marschbahn sowie des Personenverkehrs der Südstormarnschen Kreisbahn und der Vierländerbahn. 1961 wird auch der Güterverkehr eingestellt.

1950er: Bau des gemeinsamen Industriegebiets Reinbek-Schönningstedt-Glinde in Autobahnnähe. Die intensive Wirtschaftsförderung und Ansiedlungspolitik gab Impulse für die weitere Entwicklung im Hamburger Umland. In der Folge entsteht das Gewerbegebiet im Achsenzwischenraum mit zentralörtlicher Funktion für den Hamburger Osten.

1958: Mit einer zusätzlichen Durchbruchstraße gehen weitere Abbrüche des Bergedorfer Stadtkerns einher. Durch die Verlegung des Güterverkehrs auf die Straße verliert der Hafen seine Funktion.

1958: Inbetriebnahme des Pumpspeicherkraftwerks Geesthacht an der Elbe. In Spitzenlastzeiten erzeugen drei Turbinen insgesamt 120 MW.

Ab 1959: S-Bahn-Verbindung nach Bergedorf. 1969 Verlängerung bis Aumühle.

1945

Ab 1945: Stadtverkehr. Im Zuge des Wiederaufbaus erhält der Autoverkehr Einzug in deutsche Städte. Neue Verkehrskorridore werden in die Stadtstrukturen geschlagen.

Ab 1945: Mit der zunehmenden individuellen Motorisierung gewinnt der städtische Verkehrsfluss an Bedeutung, motorisierte Busse verdrängen die Straßenbahnen.

1951 Jahre: Inbetriebnahme des ersten Kernreaktors zur Stromerzeugung. Es folgt der zunehmende Bau von Atomkraftwerken zur Energiegewinnung.

1950

1950er: Aufbau von Müllverbrennungsanlagen zur Bewältigung des Müllzuwachses.

1952: Der erste 100 MW Turbosatz wird in einem deutschen Kraftwerk installiert.

1954: Erste Solarzelle aus Silizium.

1957: Nachweis des anthropogen Treibhauseffekts und den damit verbundenen Klimaauswirkungen.

1957: Erste deutsche 380-kV-Leitung (über 341 km).

1950er Jahre: Die zunehmende Umsetzung des Leitbilds der Funktionstrennung erzeugt einen enormen Anstieg des Verkehrsaufkommens in der Stadtregion.

$12

Stadtsystem: Großkraftwerke und Verbundnetze

Im Zuge des Wiederaufbaus wurde die Energiestruktur der Zwischenkriegszeit weitgehend rekonstruiert und ausgebaut. Dabei wurde auch eine zentrale Versorgung von weniger dicht besiedelten Regionen erreicht. Strom, vornehmlich aus Kohle- und Wasserkraftwerken, floss durch Überlandfernleitungen in die Städte, Dörfer und Industriegebiete. Mit dem Zusammenschluss der neun größten Energieversorger zur Deutschen Verbundgesellschaft bildete sich 1948 das deutsche Verbundnetz heraus.

In den 1960er Jahren herrschte die Auffassung der Stadt als interaktives und steuerbares System vor, welche in utopischen Stadtentwürfen von Yona Friedman, Kenzo Tange, Constant Nieuwenhuis u.a. verräumlicht wurde. Infrastruktursysteme wurden als kybernetische Systeme verstanden, die Rückkopplungseffekte und Interaktion miteinbeziehen. Gleichzeitig setzte ein zunehmendes Umweltbewusstsein ein. Die voranschreitende Flächenversiegelung wurde als problematischer Eingriff in den Wasserhaushalt erkannt. In der Folge kamen alternative Methoden der Oberflächenentwässerung zum Einsatz. Ab den 1970er Jahren wurde die Europäisierung der Versorgungsnetze vorangetrieben. Mit den Stromverbundnetzen wurden Versorgungsschwankungen ausgeglichen.

Energieträger: Fossiles Energieregime

Im 20. Jahrhundert waren Öl und Gas wesentliche Antreiber der wirtschaftlichen Entwicklung. Ab 1960 verdrängten Heizöl und Fernwärme die Steinkohleentgasung. Mit zunehmendem Energiebedarf, Massenproduktion und -konsum und individueller Massenmobilität setzte ein drastischer Anstieg des Erdölverbrauchs ein. Der wachsende Gesamtenergieeinsatz in der Landwirtschaft (Dünger, Dieselöl, Heizöl) führte ab den 1950er Jahren zu einer Vervielfachung der Produktionsmengen. Mit der Erkenntnis der Begrenztheit globaler Ressourcen (Peak Oil-Theorie) und den Ölkrisen der 1970er Jahre begann die Suche nach alternativen Energieträgern. Dabei wurde sich hauptsächlich auf die Nutzbarmachung der Kernenergie konzentriert. Mit der Anti-Atomkraft-Bewegung und der Erkenntnis der globalen Krise angesichts ökologischer und atomarer Katastrophenängste kamen zunehmend Umweltfragen auf die politische Agenda.

Ab 1960: Der Zweckverband Südstormarn steuert den Ausbau der überörtlichen Verkehrsinfrastruktur, Siedlungstätigkeit, Gewerbeansiedlung sowie Wasserver- und Abwasserentsorgung im Raum Glinde. In den Folgejahren wird eine Vollkanalisation mit Anschluss an das Hamburger Sielnetz verwirklicht und ein massiver Wohnungsbau in Glinde betrieben.

Ab 1960er: Aufbauplan 60. Bau der Großwohnsiedlungen Lohbrügge-Nord / Hamburg und Bergedorf-West nach dem Leitbild Urbanität durch Dichte. Gemeinsam mit der Siedlung Billebogen repräsentieren die Siedlungen das urbane Wohnen der 1960er und 70er Jahre.

1963: Bau des Lohbrügger Fernheizwerks zur Versorgung der Siedlung Lohbrügge Nord / Hamburg mit Warmwasser und Fernwärme.

1964-72: Intensivierung der Erdölförderung in den Hamburger Vier- und Marschlanden. Das Öl wird über das Tanklager an der Krapphofschleuse umgeschlagen.

1960er: Bau der A1 mit einer Elbbrücke zur Querung der Norderelbe.

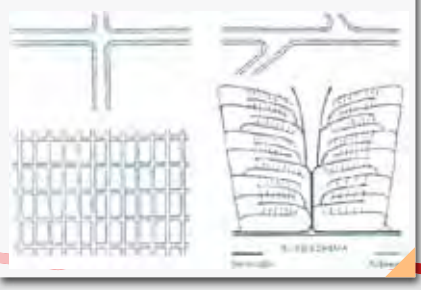
Ab Mitte der 1960er: Umstellung des Hamburger Stadtgasnetzes auf Erdgas durch die HEIN GAS Hamburger Gaswerke GmbH. In diesem Zuge wird das Erdgasnetz ausgebaut und weitere Gemeinden im Hamburger Umland versorgt.

1966: Ausweisung des Gewerbegebiets Boberg / Hamburg (22 ha).

1967: System-Müllabfuhr wird eingeführt. Müllkippen werden geschlossen.

1960

1959: Leitbild der autogerechten Stadt. Der starke Einfluß des Autoverkehrs auf städtebauliche Konzepte, spiegelt sich in planerischen Leitbildern der funktional getrennten Stadt der Moderne und autogerechten Stadt wieder.



1960er: Flächendeckender Aufbau kommunaler Abfallentsorgung. Erste Ansätze der Wiederverwertung.

1960: Inbetriebnahme des ersten deutschen Ölkraftwerks in Schilling (125 MW).

1964: Die Erdgasverflüssigung ermöglicht die Verwertung des bisherigen Abfallprodukts Erdgas.

1964: Archigram entwickeln mit „Computer City" ein Abbild der Stadt als komplexes Netzwerk, in dem sich Verkehrsflüsse mit Hilfe von Sensoren zentral erfassen und steuern lassen.

1965

1960er: Die Umweltbelastung infolge des Verkehrs wird in der Öffentlichkeit zunehmend problematisch wahrgenommen.

1965: Der erste 300 MW Turbosatz wird in einem deutschen Kraftwerk installiert.

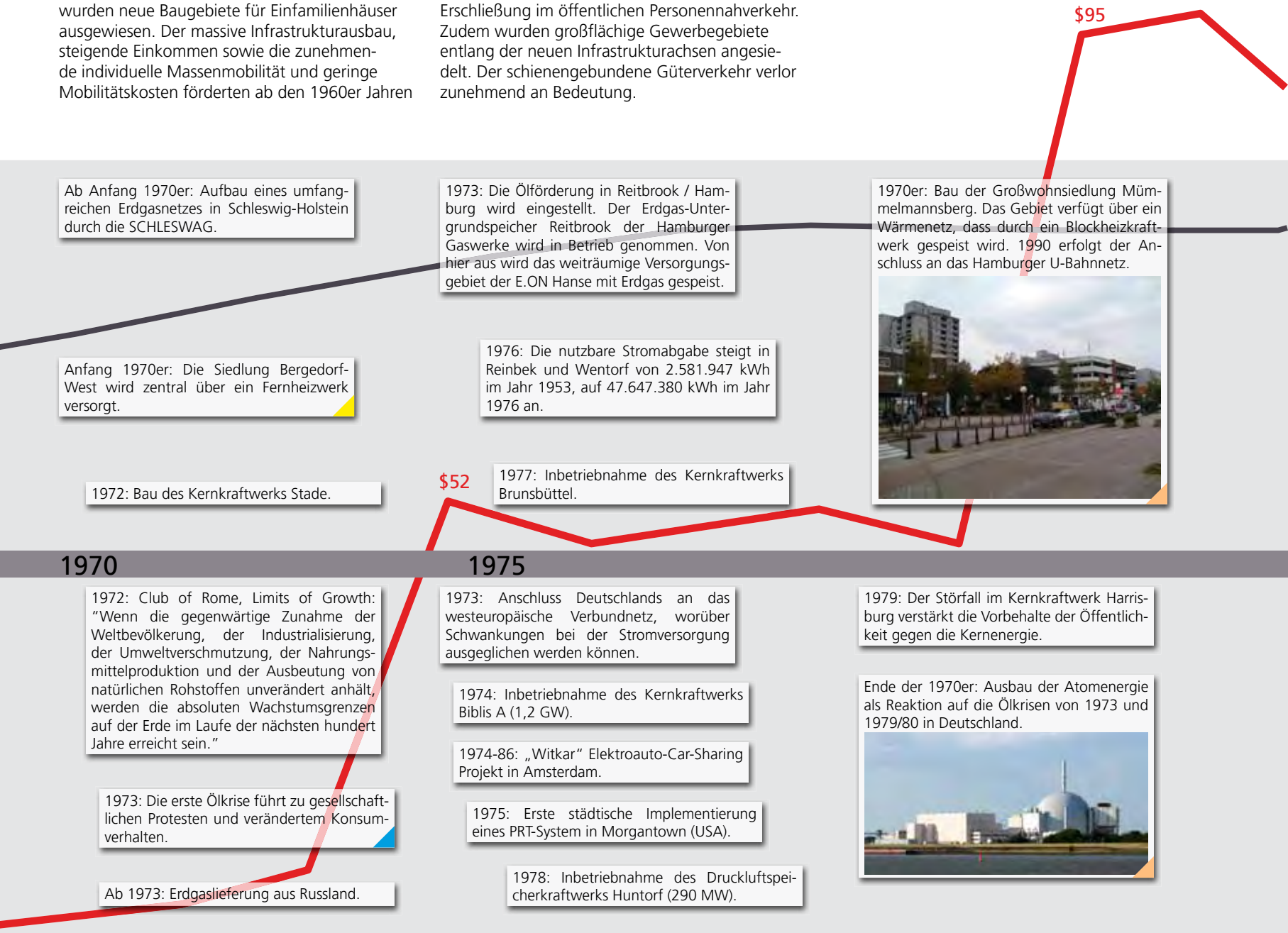
1966: Inbetriebnahme des ersten deutschen Kernkraftwerks Grundremmingen A (237 MW).

Ab 1969: Entwicklung von Personal Rapid Transit (PRT) als Groß- und Kleinkabinensysteme. Die Abhängigkeit vom Öl löst wiederkehrende Debatten um alternative, kollektiv nutzbare Transportsysteme aus.

Siedlungsentwicklung: Massenmobilität und Ausbau der Region

Im Hamburger Umland setzte mit dem Kriegsende eine starke Bautätigkeit ein. Der sprunghafte Bevölkerungsanstieg infolge des Zuzugs ausgebombter Hamburger und Flüchtlinge aus den ehemaligen deutschen Ostgebieten führte zu einer gravierenden Wohnungsnot. Allein in Bergedorf stieg die Einwohnerzahl von 1943 bis 1950 um 30.000. Zunächst bemühten sich die Gemeinden um Notunterkünfte, kauften Neuland an und gründeten gemeinnützige Baugenossenschaften, um günstigen Wohnraum zu schaffen. In den folgenden Jahren wurden v.a. in Bergedorf, Billstedt, Glinde, Lohbrügge und Reinbek große Siedlungsbauprojekte durch Baugenossenschaften und städtische Bauträger realisiert, die das Erscheinungsbild der Gemeinden stark prägten. Gerade in den kleineren Gemeinden wurden neue Baugebiete für Einfamilienhäuser ausgewiesen. Der massive Infrastrukturausbau, steigende Einkommen sowie die zunehmende individuelle Massenmobilität und geringe Mobilitätskosten förderten ab den 1960er Jahren eine starke Suburbanisierung in der Region. Die technischen Neuerungen im Energiebereich und der Ausbau der regionalen Kraftwerksstruktur sowie der Strom- und Wärmenetze, ermöglichten eine Expansion der Siedlungskörper in die Fläche, ohne eine Minderung zeitgenössischer Standards und Wohnpräferenzen.
Durch die Ausweisung von Siedlungsachsen entlang von S-Bahn- und U-Bahntrassen sowie die hohe Dichte der Großwohnsiedlungen wurde in der Region jedoch eine vergleichsweise hohe Konzentration der Siedlungsfläche erreicht. Der Ausbau regionaler Schnellstraßen und Autobahnen erschloss die Region v.a. für den mobilen Individualverkehr. Busse verdrängten in den städtischen Bereichen zunehmend die Straßenbahn und übernahmen eine flächendeckende Erschließung im öffentlichen Personennahverkehr. Zudem wurden großflächige Gewerbegebiete entlang der neuen Infrastrukturachsen angesiedelt. Der schienengebundene Güterverkehr verlor zunehmend an Bedeutung.

Siedlung Lohbrügge Nord / Hamburg, Foto von 1966



Ab Anfang 1970er: Aufbau eines umfangreichen Erdgasnetzes in Schleswig-Holstein durch die SCHLESWAG.

1973: Die Ölförderung in Reitbrook / Hamburg wird eingestellt. Der Erdgas-Untergrundspeicher Reitbrook der Hamburger Gaswerke wird in Betrieb genommen. Von hier aus wird das weiträumige Versorgungsgebiet der E.ON Hanse mit Erdgas gespeist.

1970er: Bau der Großwohnsiedlung Mümmelmannsberg. Das Gebiet verfügt über ein Wärmenetz, dass durch ein Blockheizkraftwerk gespeist wird. 1990 erfolgt der Anschluss an das Hamburger U-Bahnnetz.

Anfang 1970er: Die Siedlung Bergedorf-West wird zentral über ein Fernheizwerk versorgt.

1976: Die nutzbare Stromabgabe steigt in Reinbek und Wentorf von 2.581.947 kWh im Jahr 1953, auf 47.647.380 kWh im Jahr 1976 an.

1972: Bau des Kernkraftwerks Stade.

1977: Inbetriebnahme des Kernkraftwerks Brunsbüttel.

1970

1972: Club of Rome, Limits of Growth: "Wenn die gegenwärtige Zunahme der Weltbevölkerung, der Industrialisierung, der Umweltverschmutzung, der Nahrungsmittelproduktion und der Ausbeutung von natürlichen Rohstoffen unverändert anhält, werden die absoluten Wachstumsgrenzen auf der Erde im Laufe der nächsten hundert Jahre erreicht sein."

1973: Die erste Ölkrise führt zu gesellschaftlichen Protesten und verändertem Konsumverhalten.

Ab 1973: Erdgaslieferung aus Russland.

1975

1973: Anschluss Deutschlands an das westeuropäische Verbundnetz, worüber Schwankungen bei der Stromversorgung ausgeglichen werden können.

1974: Inbetriebnahme des Kernkraftwerks Biblis A (1,2 GW).

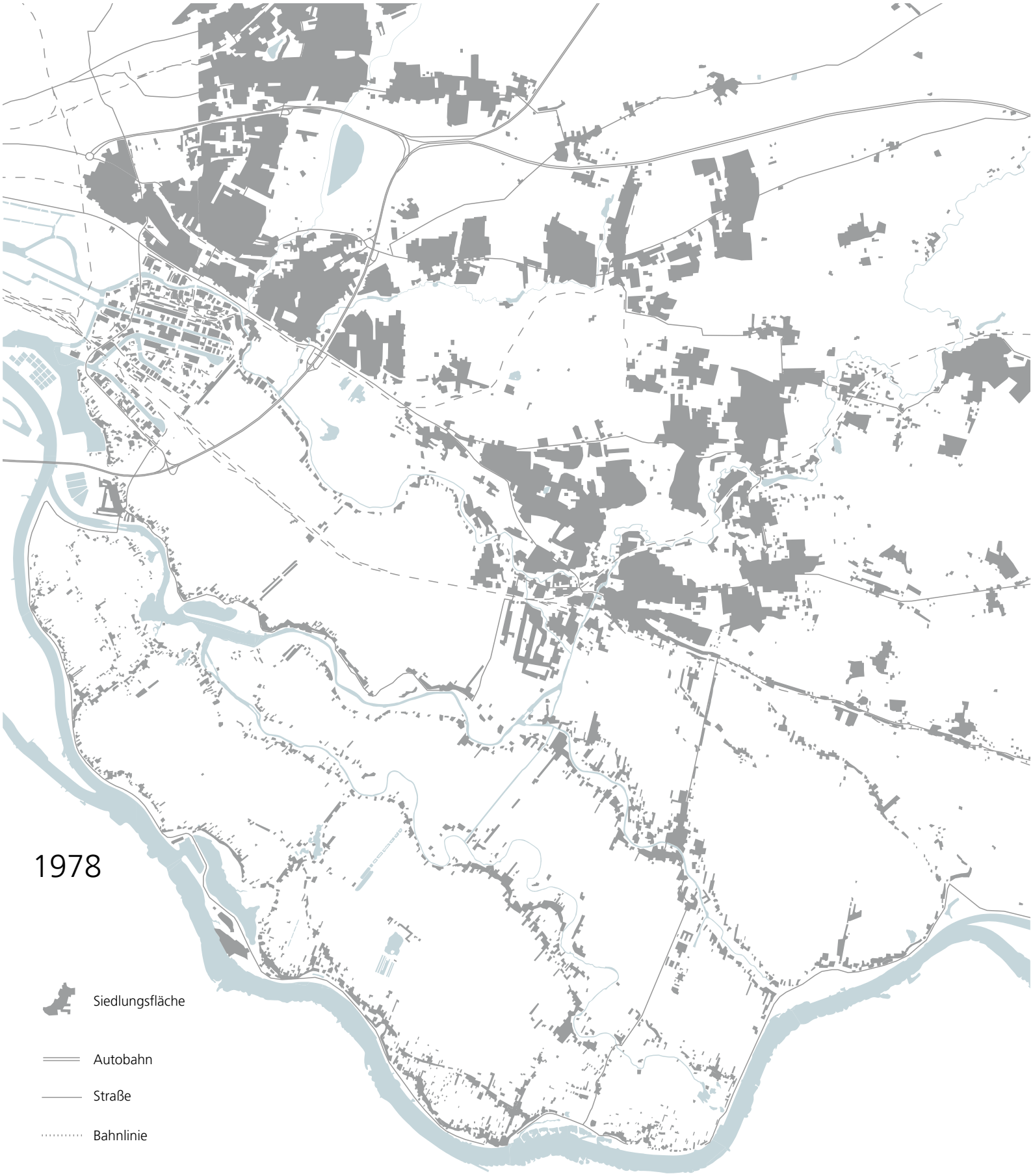
1974-86: „Witkar" Elektroauto-Car-Sharing Projekt in Amsterdam.

1975: Erste städtische Implementierung eines PRT-System in Morgantown (USA).

1978: Inbetriebnahme des Druckluftspeicherkraftwerks Huntorf (290 MW).

1979: Der Störfall im Kernkraftwerk Harrisburg verstärkt die Vorbehalte der Öffentlichkeit gegen die Kernenergie.

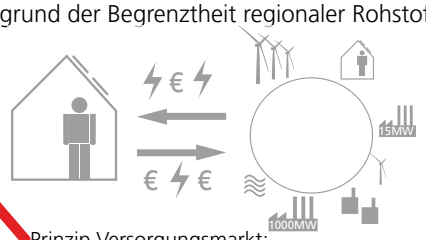
Ende der 1970er: Ausbau der Atomenergie als Reaktion auf die Ölkrisen von 1973 und 1979/80 in Deutschland.


1978
Siedlungsfläche
Autobahn
Straße
Bahnlinie

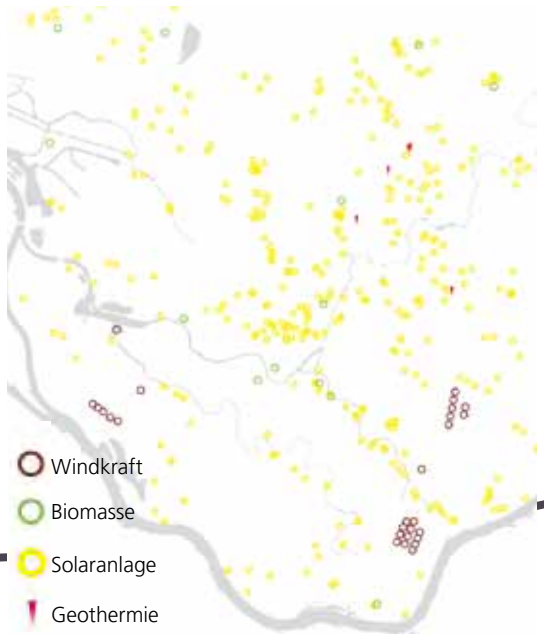
Energie und Raum: Rückbesinnung auf regenerative Energien in der Region

Mit den zentralisierten Großsystemen sind die räumlichen Arbeitsteilungen und Verflechtungen im Energiesektor in den vergangenen Jahrzehnten auf ein globales Level angewachsen. Dies hat zu (energie-)intensiven weltweiten Austauschbeziehungen geführt. Vor dem Hintergrund der Integration erneuerbarer Energiequellen in die regionale Energieversorgung erfährt das Umland einen Bedeutungszuwachs als Energieversorger der Städte. Zudem wird sich die Kraftwerksstruktur ausdifferenzieren und dezentralisieren. Aufgrund der Begrenztheit regionaler Rohstoffvorkommen (v.a. Bioenergie) werden Flächen- und Nutzungskonkurrenzen zunehmen.

In der Region wurden zu Beginn der 1990er Jahre erste Projekte zur Nutzung erneuerbarer Energien realisiert. Diese konzentrierten sich zunächst auf die Installation von Windkraftanlagen an den windreichen Standorten der Vier- und Marschlande. In den folgenden Jahren förderte die Einspeisevergütung zudem die regenerative Energieproduktion und -selbstversorgung privater Haushalte und Betriebe durch Photovoltaikanlagen und Solarkollektoren. Seit der Mitte der 2000er Jahre werden Kapazitäten im Bereich der Biomassenutzung ausgebaut. Neben großen Biomasseheizkraftwerken und einer Biogasanlage, werden kleine Biomasseheizwerke zur Beheizung der Gewächshäuser in den Vier- und Marschlanden eingesetzt.



Prinzip Versorgungsmarkt:
Nutzer agieren auf einem diversifizierten Energiemarkt als Produzenten und Konsumenten



Dezentrale Energieerzeugung, 2010

1981: Inbetriebnahme der Marschenautobahn (A25). Bei dem Bau entsteht u.a. der Eichbaumsee als Baggersee. In der Folge wird an der Ausfahrt Allermöhe das Gewerbegebiet Allermöhe /Hamburg angesiedelt (165 ha).

1982: Inbetriebnahme der A24 von Hamburg nach Berlin.

1982-1994: Bau der Großsiedlung Neu-Allermöhe-Ost / Hamburg. Die Entwässerung der Neu-Allermöher Gebiete wird über ein geschlossenes Fleetsystem mit Anschluss an die Dove Elbe organisiert.

1986: Inbetriebnahme des neuen Erdgasspeichers Reitbrook in Allermöhe. Das Speichervolumen liegt heute bei fast 500 Mio. m³, womit der Jahresbedarf von Hamburg und Umgebung abgedeckt werden kann.

Ab 1987: Bau der ersten ökologischen Siedlung Hamburgs in Allermöhe. Eine Photovoltaikanlage und Solarkollektoren werden zur Energieerzeugung eingesetzt.

Ab 1990: Mit Neu-Allermöhe-West entsteht die zweite Großsiedlung in der Marsch.

1991: Errichtung der ersten Windkraftanlage Hamburgs in Ochsenwerder (150 kW).

1993: Inbetriebnahme des Heizkraftwerks Hamburg Tiefstack mit Anschluss an das Fernwärmenetz.

1980

1980: Erste Pflanzenkläranlagen nutzen die Fähigkeit zur Selbstreinigung von Pflanzen.

1980er: Erste ökologische Bauprojekte mit begrünten Dächern, Energiesparsystemen und Nutzung erneuerbarer Energien.

1981: Erste europäische Sonnenkraftwerke auf Sizilien (EURELIOS) und Spanien.

1983: Inbetriebnahme des Photovoltaikkraftwerks Pellworm (300 kW).

1983: Inbetriebnahme der Testanlage GROWIAN. Einer Großwindkraftanlage mit 3 MW Nennleistung.

1985 $25

1985: Erste Geothermie-Pilotanlage, neue experimentelle Windkraftwerke und Großsolarkraftwerke (Kramer Junction, USA).

1986: Havarie der Exxon Valdez vor Alaska und Supergau in Tschernobyl.

1987: Erster deutscher Windenergiepark im Kaiser-Wilhelm-Koog (1 MW).

1990

1990: Der Grüne Punkt wird eingeführt.

1990er: Stromeinspeisungsgesetz, Ökosteuer und Energieeinsparungsgesetz schaffen wirtschaftliche Anreize zum ökologischen Handeln.

Anfang 1990er: Erste große Windkraftanlagen auf Helgoland und Windpark West (1,2 MW).

1991: Das erste Passivhaus kommt durch die Nutzung von Solarthermie und eine hochwertige Dämmung ohne aktives Heiz- und Klimatisierungssystem aus.

1992: UN-Konferenz in Rio de Janeiro. Eine nachhaltige Entwicklung wird zum normativen internationalen Leitprinzip (Agenda 21).

Stadtsystem: Rekommunalisierung und Ausbau erneuerbarer Energien

Die Energiekonzepte der 1980er und 1990er Jahre zielten v.a. auf den Ausbau der leitungsgebundenen Versorgung und auf eine Verdrängung von Kohle und Heizöl aus dem Wärmemarkt in verdichteten Siedlungsbereichen.
Die Liberalisierung des Energiemarkts und die Zunahme kommunaler Überschuldung führten in den 1990er Jahren zu einer Privatisierungswelle im Energie- und Wassersektor. Demgegenüber

setzte in den vergangenen Jahren ein Trend zur Rekommunalisierung ein. Netze werden zurückgekauft und neue Stadtwerke gegründet. Zudem setzen sich neue Betriebsmodelle durch, die als Gesellschaften, teilweise unter Beteiligung privater Unternehmen organisiert sind. In Kooperationen untereinander, als auch mit privaten Versorgern wird in den Ausbau regenerativer Energien investiert. Damit erfährt die Organisation der Versorgungseinheiten eine Rückkehr zu dezentraleren Formen.
Die Schwerpunkte der neuen Energiekonzepte liegen vermehrt auf der Energieeffizienz und zielen auf den Ausbau der regenerativen Energienutzung ab. Damit wird eine steigende Anzahl von Haushalten zu Energieselbstversorgern und speist überschüssige Energie in das Stromnetz ein. Zudem erfordert die Volatilität von Wind- und Sonnenenergie neue Speicherungsmöglichkeiten. In diesem Zusammenhang wird die zukünftige Anwendung intelligenter Netze (Smart Grids) bedeutend sein.

Energieträger: Regenerative Energien

Globale Erwärmung, Umweltkatastrophen und das gehäufte Auftreten von extremen Wetterereignissen bewirkten einen Bewusstseinswandel. Trotz energiepolitischer Fokussierung auf die Kernenergie setzte ein Umdenken ein und die Nutzbarkeit erneuerbarer Energiequellen wurde erprobt.
Mit der Messung von Energie und Stoffströmen entstand ab Ende der 1980er Jahre eine umfassende Betrachtungsweise urbaner Ökosysteme mit dem Ziel, die Ressourcennutzung zu optimieren. Zu Beginn des 21. Jahrhundert scheinen die Techniken verfügbar, die Vision einer nachhaltigen Stadt zu realisieren, die sich als Teil weltweiter Energie- und Stoffkreisläufe begreift und sich aus regenerativen Energien speist. Mit dem absehbaren Ende der deutschen Kernenergie wird eine Vielzahl von Projekten erneuerbaren Energiegewinnung, -speicherung und -distribution vorangetrieben.

1994: Inbetriebnahme der Müllverbrennungsanlage Borsigstraße. Die bei der Verbrennung entstehende Abwärme wird in das Fernwärmenetz der Stadt Hamburg eingespeist.

Ab 1995: Errichtung des Windparks Neuengamme / Hamburg. Seit 2003 produzieren zwölf Windkraftanlagen mit einer Leistung zwischen 500 und 1000 kW Strom.

1996: Errichtung des Windparks Altengamme / Hamburg mit sieben Windkraftanlagen.

1997: Gründung der Gas- und Wärmedienst Börnsen GmbH. Das Gemeindewerk liefert Trinkwasser, Erdgas, Fernwärme und Strom.

1998: Bau fünf weiterer Windkraftanlagen mit jeweils 600 kW in Ochsenwerder.

Ab 1998: Entstehung des verdichteten Neubaugebiets Dorfanger Boberg / Hamburg. Ein Blockheizkraftwerk speist das eigene Wärmenetz.

1999: Neue S-Bahnstation Allermöhe.

2003: Fusion der drei norddeutschen Energieversorger SCHLESWAG AG, HEIN GAS Hamburger Gaswerke GmbH und HGW HanseGas GmbH zur E.ON Hanse AG.

2003: Stilllegung des Kernkraftwerks Stade.

2005: Am Standort Borsigstraße wird ein Biomassekraftwerk errichtet. Durch die Verbrennung von Holz werden 20 MW erzeugt und in das Fernwärmenetz der Stadt Hamburg eingespeist.

2007: Bau eines Gas-und-Dampf-Kombikraftwerks am Standort des Heizwerks Tiefstack / Hamburg.

1995

Ab 1994: Der ökologische Fußabdruck stellt die benötigte Fläche zur Sicherung des Lebensstandards eines Menschen dar (in Deutschland ca. 4 ha).

1996: Elektroauto Peugeot Tulip mit einer Reichweite von 60 km.

1997: Kyoto Protokoll. Erstes internationales Abkommen zur Reduzierung von Treibhausgasen.

1998: Plusenergiesiedlung am Schlierberg in Freiburg produziert überschüssige Energie, die in das städtische Stromnetz eingespeist wird.

2000

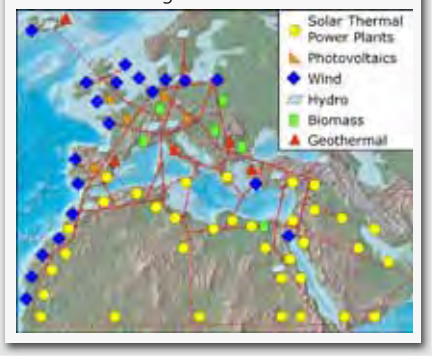
2000er: Projekte zur erneuerbaren Energiegewinnung durch innovative Wasserwellen-, Osmose- und Algenkraftwerke und experimentelle Windkraftanlagen. Parallel zu dezentralen Entwicklungen entstehen Großanlagen zur Wasser-, Wind- und Solarenergienutzung.

2002: Erster Einsatz der Magnetschwebebahn Transrapid in Shanghai.

Ab 2002: Die Energieeinsparverordnung (EnEV) schreibt bautechnische Anforderungen zum effizienten Betriebsenergieverbrauch von Gebäuden vor. Die EnEV 2009 sieht eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs von Gebäuden um 30 Prozent vor.

2005

2006: Desertec Projekt. Bis 2050 soll der Strombedarf Europas zu 15 Prozent durch Solarkraftwerke gedeckt werden.



$147

Siedlungsentwicklung im Zeichen nachhaltigen Bauens

Die Diskrepanz zwischen global steigendem Energieverbrauch und der Endlichkeit fossiler Energieträger erfordert einen effizienteren Umgang mit Energie und die langfristige Umstellung auf erneuerbare Energien im Bausektor. Das Ziel der Reduktion der CO_2-Emissionen impliziert die Notwendigkeit ressourcenschonender städtischer und regionaler Verkehrssysteme sowie dichter, mischgenutzter Siedlungsstrukturen, die kurze Wege ermöglichen. Die Vorgabe einer energieeffizienteren Bauweise zeichnet sich in der Region in den vergangenen Jahren bereits im Entstehen kompakterer Wohnformen und der Nachverdichtung bestehender Strukturen ab. Neben der Umsetzung aktueller Energieeffizienzstandards hat die Energieversorgung der neuen Siedlungen einen zunehmenden Anteil an erneuerbaren Energien.

Zu Beginn der 1980er Jahre wurden in den neu entstandenen Baugebieten der Region v.a. Einzel- und Reihenhäuser realisiert. In den 1990er Jahren markierte der Bau von Neu-Allermöhe-West die Rückkehr zur engeren Blockbauweise und höheren Dichte. Eine Vorgabe war die effiziente Energieversorgung durch Kraft-Wärme-Kopplung. Die Siedlung wurde an das Fernwärmenetz von Bergedorf-West angeschlossen und das alte Heizwerk um ein neues Heizkraftwerk ergänzt. Durch die kompakte Bauweise und die gemeinsame Versorgung konnte aufgrund der höheren Abnahmedichte eine effizientere Auslastung des Fernwärmenetzes erreicht werden. Auch in der Neubausiedlung Dorfanger Boberg (ab 1998) erfolgt die Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz durch ein Blockheizkraftwerk.

Zu Beginn der 2000er wurden in Folge der Energieeinsparverordnung zunehmend neue energetische Standards umgesetzt und erneuerbare Energie integriert; so bspw. die Realisierung von Niedrigenergie- und Passivhäusern in der Riedsiedlung (HH-Horn), die Energieversorgung durch ein Biomasseheizkraftwerk in der Siedlung Haferblöcken (HH-Billstedt) und die Nutzung von Solarthermie im Neubaugebiet Bergedorf 21.

Passivhaus in Reitbrook / Hamburg, Foto von 2011

Siedlung Neu-Allermöhe-West / Hamburg

12.000 Mtoe

10.000 Mtoe

8.000 Mtoe

6.000 Mtoe

4.000 Mtoe

2.000 Mtoe

2008: Inbetriebnahme der Mikroalgen-Pilotanlage in Reitbrook / Hamburg.

2008: Inbetriebnahme des Biomasseheizkraftwerks Lohbrügge / Hamburg (12 MW). Der Brennstoff Gehölzschnitt wird aus dem Großraum Bergedorf bezogen.

2008: Geothermie wird zum Heizen und Kühlen eines Warenhauses in Reinbek eingesetzt. Mit 30 Sonden, welche Erdwärme aus 99 m Tiefe transportieren und zusätzlichen energiesparenden Maßnahmen, wird nahezu ein Passivhausstandard erreicht.

2009: Gründung des kommunalen Energieversorgers Hamburg Energie, der eine Gas- und Stromversorgung aus regenerativen Energiequellen anbietet.

2011: Inbetriebnahme einer Biogasanlage in Reitbrook / Hamburg (2 MW). Die Biomasse wird auf 50 ha in unmittelbarer Nähe angebaut. Mit der Abwärme der beiden angekoppelten Blockheizkraftwerke werden Gebäude in der Nähe beheizt und die Biomasse erwärmt.

2011: Planungen für ein Repowering der bestehenden Windkraftanlagen in Altengamme, Curslack, Neuengamme und Ochsenwerder. Damit soll der Strombedarf aller Haushalte im Bezirk Bergedorf gedeckt werden.

2011: Stilllegung der Kernkraftwerke Brunsbüttel und Krümmel.

2011: Expansion des Energieversorgers e-werk Sachsenwald. Das Unternehmen versorgt die Gemeinden Barsbüttel, Glinde, Oststeinbek, Reinbek, Wentorf und Wohltorf mit Erdgas und Strom und wird Netzbetreiber für etwa 77.000 Einwohner.

2008

2008: Einführung von Umweltzonen in einigen deutschen Städten.

Ab 2008: Masdar-City (Abu Dhabi). Bau der ersten CO_2-freien Stadt auf Basis erneuerbarer Energien. Ein PRT als automatisiertes Kleinkabinensystem übernimmt den Güter- und Personenverkehr.

2009: Vertical Farm. Senkung des Wasserverbrauchs im Vergleich zu konventionellen Methoden auf fünf Prozent.

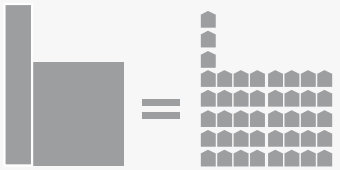
2010

2009: Im Raumordnungsplan wird die Errichtung von 40 Offshore-Windparks in Nord- und Ostsee bis 2030 festgelegt. Demnach sollen bis zu 25.000 MW Offshore erzeugt werden.

Ab 2009: Verpflichtende Einführung von Energieausweisen für Neubauten.

2009-11: Modellregionen Elektromobilität. Das Bundesprogramm fördert die Elektromobilität in acht Metropolregionen.

2010: Zuhause-Kraftwerk. Durch die Zusammenschaltung dezentraler Blockheizkraftwerke entsteht ein virtuelles Großkraftwerk.



2011: Der deutsche Bundestag beschließt die sofortige Stilllegung von acht Kernkraftwerken in Folge der atomaren Katastrophe in Fukushima. Projekte erneuerbarer Energiegewinnung rücken verstärkt in den öffentlichen Fokus.

2010
Siedlungsfläche
Autobahn
Straße
Bahnlinie

3c Raumentwicklung und Energiesysteme zwischen Zentralität und Dezentralität

Die Zukunft der regionalen Energieversorgung ist dezentral.

Das bisherige Kapitel zeigt Tendenzen zu einer regenerativen und dezentralen Energieversorgung. Dieser systemische Wandel wird häufig als „eine Umkehr von zentraler zu dezentraler Energieversorgung, von wenigen Großkraftwerken zu zahlreichen Kleinkraftwerken, von der Versorgung mit Energie aus fernen zu heimischen Energiequellen bis hin zu neuen Möglichkeiten der Eigenversorgung“[6] gesehen.

Die völlige Liberalisierung der Energiemärkte im Jahr 1998 verstärkte den Wettbewerb und weist heute wieder auf eine zunehmende Dezentralisierung von Energiesystemen hin. Waren durch die Privatisierungswelle in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts lange Zeit die Besitzverhältnisse im Energiesektor von wenigen Unternehmen bestimmt und von Großkraftwerken dominiert, treten diese heute zunehmend in Konkurrenz zu kleineren Anbietern wie Stadtwerken oder auch unabhängigen Energieproduzenten. Diese neuen Anbieter setzen, um sich im Wettbewerb zu positionieren, auf Nischenprodukte in der regionalen Stromerzeugung und treiben so den Ausbau dezentraler erneuerbarer Energien voran.[7]

Eine zweite Triebkraft einer dezentraleren Energieerzeugung schließt hier unmittelbar an und lässt sich als politische und gesellschaftliche Forderung nach einem verstärkten Einsatz regenerativer Energien und einer Ablehnung fossiler Großkraftwerke beschreiben. Erneuerbare Energieerzeugung kann, gegenüber der Nutzbarmachung fossiler Träger, insbesondere Effizienzvorteile erreichen, wenn dies in Kraft-Wärme Kopplung geschieht. Die hohen Verluste beim Wärmetransport bedingen dabei bedarfsseitig eine verbrauchernahe Erzeugung.[8]

Anika Stelter beschreibt Energielogistik (Erzeugung, Transport, Speicherung) in ihrer Dissertation „als vorrangig physisches Netz, dessen Wandlungsfähigkeit sowohl an die Akteure als auch an die physischen Gegebenheiten gebunden ist.“[9] Energie wird nur bei vorhandener Nachfrage produziert, kann bislang nur begrenzt gespeichert werden und die Netzstruktur kann nicht einfach unterbrochen werden. Insofern muss, bei einer sich ändernden Abnehmer- oder Anbieterstruktur, mit der Anpassung der Infrastruktur reagiert werden, um sich vor zunehmenden Folgekosten zu schützen. Diese Anpassung lässt sich über dezentrale Energiesysteme einfacher realisieren, setzt dabei wiederum eine Reflektion über die Möglichkeiten technischer und räumlicher Integration voraus.[10]

Zentralität und Dezentralität

Die Begriffe Zentralität und Dezentralität beschreiben in der Regel ein entgegengesetztes Strukturschema. Dabei werden die Begriffe nicht ausdrücklich für Energieversorgungssysteme verwendet. Planende Disziplinen nutzen die Begriffe etwa zur Beschreibung von Siedlungsstrukturen. Generell gelten als dezentral: kleine, überschaubare und einfache sowie umwelt- und menschengemäße Strukturen. Diese werden häufig mit den Charakteristika sanft, bürgernah, demokratisch umschrieben. Mit dem Begriff zentral werden hingegen eher Schlagwörter wie hart, undemokratisch, intransparent assoziiert.[11]

Bezieht man die Begriffe auf Energiesysteme, lassen sich qualitative oder quantitative Definitionen zu Hilfe ziehen. Pehnt definiert etwa Anlagen mit einer Erzeugungskapazität unter 15 kW elektrischer Leistung als dezentral. Der Ansatz ermöglicht vorerst keinen Aufschluss über die eingesetzten Energieträger. Zudem lassen sich kaum räumliche Aussagen über den Einfluss auf Siedlungsstruktur und Raum treffen. Besser eignet sich hier eine qualitative Definition, die vier Punkte zur Beschreibung des Zentralisierungsgrads nutzt.[12]

Kleinteiligkeit der Anlage:
- Solarkollektor > BHKW > Kohlekraftwerk
- Gebäudezentralheizung > Nahwärme > Fernwärme

Verbrauchernähe:
- Gebäude > Quartier > Stadt > Region

Geringe Konzentration der Eigentümerverhältnisse:
- Privat > Baugenossenschaft > Kommunal > Energieversorger

Beschaffenheit der eingesetzten Energieträger:
- ubiquitäre Sonnenenergie > Windenergie aus windreichen Standorten > Kohle aus nationalen Förderstätten > Gasimport über Pipelines

Die Wirksamkeit auf den verschiedenen Maßstabsebenen verdeutlicht, dass der Zentralisierungsgrad der Energieversorgung im räumlichen Bezug betrachtet werden sollte. So gelten Blockheizkraftwerke als dezentral, während der Brennstoff aus internationalen Gasvorkommen importiert wird. Windkraftanlagen, per se dezentrale Anlagen, können wiederum zentral zu einem Windpark zusammengefasst werden.

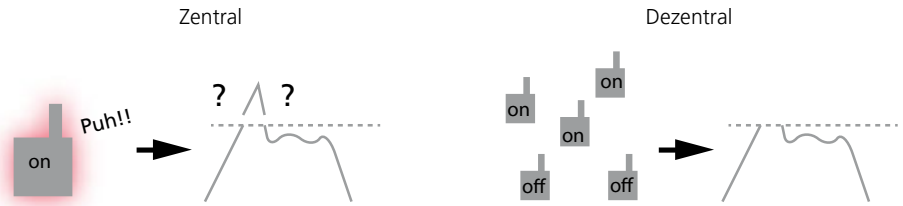
Vor- und Nachteile einer dezentralen Energieversorgung

Der Umbau der vorhandenen Kraftwerks- und Netzstruktur hin zu dezentraleren Strukturen ist mit hohen Investitionen verbunden, die sich erst langfristig rechnen. Zudem wird der Weiterbetrieb vorhandener Kraftwerke und Netze verhältnismäßig kostspieliger, da weiterhin für wenige Kraftwerke ein hoher Netzaufwand zu betreiben ist. Nicht überall lässt sich jedoch Energie dezentral effizient und kostengünstig erzeugen, so dass bei einer rein dezentralen Versorgung die Ziele der staatlichen Energiepolitik einer preiswerten Energieversorgung gefährdet sein könnten.

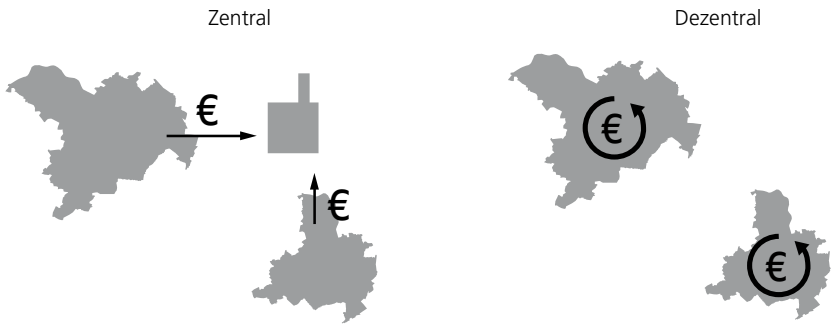
Dezentrale Energieerzeugung reduziert die Importabhängigkeit, da erneuerbare Energien effizienter regional genutzt werden können.

Energie wird näher am Endverbraucher produziert. Dezentrale Systeme benötigen weniger Netzinfrastruktur, dies senkt Kosten und Leitungsverluste.

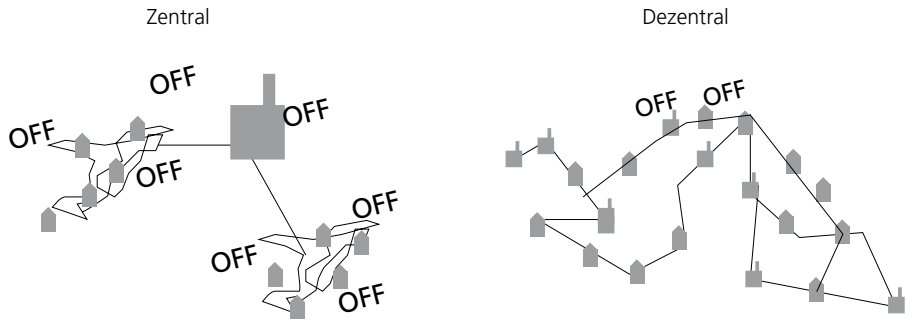
Zentrale Systeme sind auf ein Maximum ausgelegt und weniger flexibel. Durch die modulare Bauweise dezentraler Systeme lassen sich Über- und Unterkapazitäten verringern.



Dezentrale Energiesysteme steigern die regionale Wertschöpfung und können neue regionale Kooperationen fördern.



Aus der modularen Bauweise und dem geringeren Netzaufwand resultiert eine höhere Anpassungsfähigkeit an demographische Entwicklungen und Wanderungsbewegungen.



Dezentrale Systeme gehen mit einer erhöhten Versorgungssicherheit einher, da sie resilient arbeiten. Aus der Modularität resultiert eine geringere Anfälligkeit gegenüber technischen Betriebsstörungen oder Naturkatastrophen.

Die aufgezeigten Nachteile einer dezentralen Versorgung lassen sich durch eine optimierte Gestaltung vermeiden. Die Notwendigkeit strategischer Investitionen in eine nachhaltige Zukunft und die ohnehin anstehenden Kosten der Erneuerung des bestehenden Kraftwerkparks eröffnen Chancen zur Realisierung einer dezentraleren Energieversorgung. Das Investitionsrisiko in mehrere dezentrale Anlagen in Kombination mit wenigen Großprojekten kann dabei als geringer eingeschätzt werden als die ausschließliche Investition in zentrale Projekte. Darüber hinaus wird mit dem Ausbau dezentraler Systeme der Gefahr einer „systembedingten" Verschleppung der Energiewende durch mangelnden Netzausbau vorgebeugt. Insgesamt lässt sich sagen, dass der überwiegend dezentrale Ausbau erneuerbarer Energie langfristig zu einer höheren Kosteneffizienz und einer besseren Kalkulierbarkeit von Energiekosten führt. Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten dezentraler Technologien und ein breites Akteursfeld fördern zudem einen stärkeren Wettbewerb und erhöhen damit das Ausbautempo und Innovationspotenzial.[13]

[1] Sven Stremke 2010, S.3

[2] vgl. kraftwerke.vattenfall.de, Zugriff: 23.11.2011

[3] vgl. Europäische Kommission 1999

[4] vgl. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hg.) 2007(a)

[5] vgl. Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2004

[6] Helmut Spahn 2006, S.1

[7] vgl. Jürgen Karl 2006, S.401

[8] vgl. ebd.

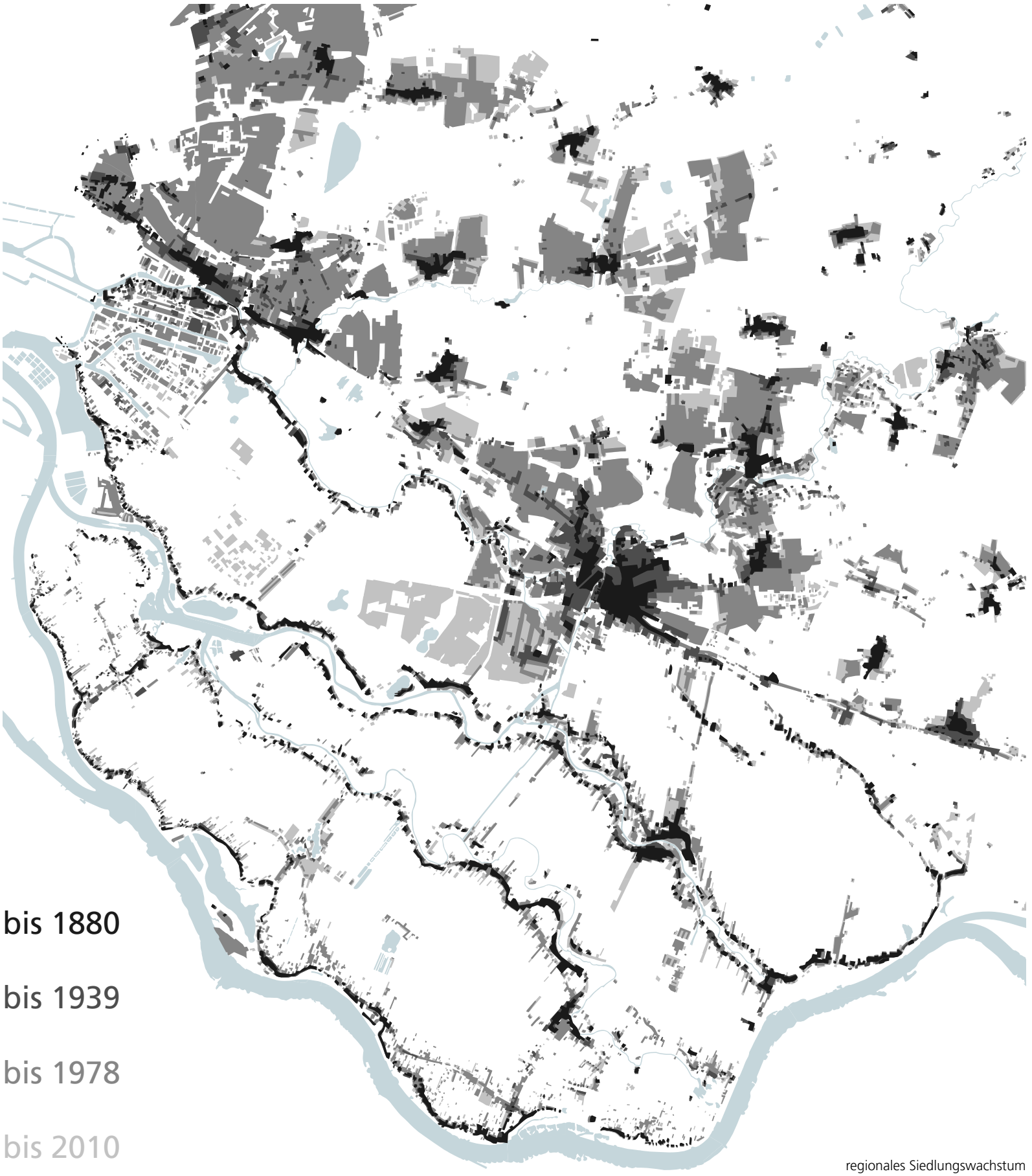
[9] Annika Stelter 2009, S.27

[10] vgl. ebd.

[11] vgl. ebd.

[12] vgl. ebd., S.30

[13] vgl. Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. 2011, S.2



regionales Siedlungswachstum

4 Zwischenfazit

Energie- und Siedlungsstruktur

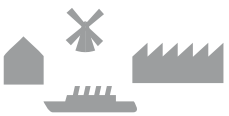
In der vorindustriellen Zeit war die Lage energieintensiver Betriebe v.a. von dem Vorhandensein von Energieträgern (Brennstoffe, Wasser, Wind) im Raum abhängig. Die technischen Möglichkeiten des Stromtransports und der Ausbau des Gasnetzes lösten diesen Zusammenhang seitens der Abnehmer, während die Großanlagen der Energieversorger weiterhin einer relativen Standortgebundenheit (bspw. Kohle oder Kühlwasser) unterlagen. Wird eine effiziente Nutzung regenerativer Energien angestrebt, so entstehen lagebedingte Anforderungen an die Energieversorgung, die sich sowohl angebotsseitig (Wind, Solar, Biomasse) als auch bedarfsseitig (Wärmenachfrage) niederschlagen.[1]
Jeder Energieträger hat somit mittelbare Auswirkungen auf die Art und Weise der Siedlungsentwicklung. Dabei bewirkte der Einsatz fossiler Energieträger eine Zentralisierung der Bereitstellungsstruktur. Die Erschließung fossiler Energieträger ist mit einem hohen Kapitaleinsatz verbunden und liegt daher in der Hand kapitalintensiver Gesellschaften. Die Sekundärenergie kann im Extremfall über Hochspannungsleitungen theoretisch überall bereitgestellt werden. Dies ermöglichte in der Vergangenheit eine Dekonzentration der Siedlungsstruktur. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger hat hingegen eine eher dezentralisierende Wirkung auf die Bereitstellungsstruktur. Ihre direkte Verfügbarkeit ist stärker über den Raum verteilt. Zudem befähigen neue Techniken jeden, sofern er die Mittel hat, die Quellen nutzbar zu machen. Auf der Bedarfsseite entstehen eher konzentrierende Tendenzen aufgrund der Notwendigkeit der Steigerung der Effizienz durch Kraft-Wärme-Kopplung. Diese Gleichzeitigkeit würde somit im Extremfall eine dezentral konzentrierende Wirkung auf neue Siedlungen oder Industrien an geeigneten Standorten zur Nutzung erneuerbarer Energien erwirken.
Die historische Betrachtung unterstreicht dabei die Bedeutung technischer Innovationen als Basis der Nutzbarmachung energetischer Quellen und deren mittelbare Auswirkungen auf die Raumstruktur. Mit der Dampfmaschine, dem Verbrennungsmotor und dem Dreh- und Wechselstrom gab es technische Innovationen, welche die Entstehung heutiger Siedlungsmuster stark beeinflusst haben. Der Ausbau der Hochspannungsnetze sorgte für größere Transportreichweiten und ermöglichte, einhergehend mit der Massenmobilität, eine flächenhafte Siedlungsausweitung. Die Innovationen in der intelligenten Steuerungstechnik und der Kommunikationstechnologie werden zukünftig u.a. eine effektive Zusammenschaltung von vielen dezentralen Kleinkraftwerken ermöglichen.

System der Abhängigkeit

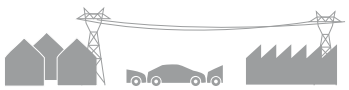
Die Stadtregion besteht heute überwiegend aus Energiekonsumenten, die (Groß-)Produzenten sind weitestgehend außerhalb des regionalen Zusammenhangs lokalisiert. Kraftwerksausfälle oder Netzstörungen – wie bspw. das Münsterländer Schneechaos 2005 – führen zu einem kurzfristigen Vakuum in der regionalen Versorgung und können immense Kosten verursachen. Vor dem Hintergrund sich zukünftig tendenziell verschärfender globaler Einflussfaktoren, wie bspw. die Zunahme von extremen Wetterereignissen, Importabhängigkeit, globale Verteilungskämpfe um Ressourcen, Endlichkeit fossiler Ressourcen, Klimawandel etc. ist die Vulnerabilität zentraler Großsysteme kritisch zu betrachten. Zudem sind diese auf fossilen Energieträgern basierenden Systeme auf ein Versorgungsmaximum ausgelegt. Aufgrund ihrer systemischen Eigenschaften fehlt ihnen häufig die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an veränderte Vorzeichen.

Die im Zusammenhang mit der Nutzung fossiler Energieträger entstandene Anbieterstruktur hat den Ausbau und Innovationen im Bereich der erneuerbaren Energien aus machtpolitischen Motiven lange Zeit gehemmt. Gegenwärtig wird deutlich, dass Anbieter, die nicht ausschließlich nach dem Prinzip der Gewinnmaximierung wirtschaften, innovativer wirken und den Ausbau von erneuerbarer Energie in einer dezentraleren Kraftwerksstruktur vorantreiben. Der Effizienzwert bisheriger Siedlungsstrukturen ist zu niedrig. Jede Nutzung hat sowohl über den Tag verteilt, als auch in der Qualität und Quantität ihr eigenes Versorgungs- und Abnahmemuster. Häufig werden in Schritten der nutzungsbedingten Energieumwandlung große Mengen der eingetragenen Energie nicht genutzt und als Abwärme in die Umwelt abgegeben. Ursächlich auf Seiten der Siedlungsstruktur ist dafür v.a. die Funktionstrennung, welche die entfernungsabhängige Weiternutzung von Abwärme erschwert.

Früher



Heute



Morgen?

In Zukunft wird die effizientere Nutzung von Energie zu einem entscheidenden Standortfaktor.

Die Region ist gebaut.

Die neue Relevanz der Energie

Im Modus der bisherigen Siedlungsentwicklung wurde demnach Bauland ausgewiesen und daraufhin eine mehr oder weniger energieeffiziente Bebauung realisiert. Notwendigkeiten der Energieversorgung wurden somit Belangen untergeordnet (etwa kommunale Eigenentwicklung, Mobilität und Wohnpräferenzen), welche die Lokalisation neuer Entwicklungsflächen bestimmen. Der Einfluss der Energieversorgung auf die Siedlungsentwicklung besteht somit nur indirekt. Energie ist vielmehr als ein „Baustoff" der Region zu verstehen.

Die Energieversorgung war aufgrund ihrer ubiquitären und kostengünstigen Verfügbarkeit lange Zeit ein vernachlässigbarer Faktor. Dies führte in der Folge zu einer Siedlungsentwicklung, die sich konträr zu den Belangen einer effizienteren Energieversorgung verhält. Angesichts der gegenwärtigen Entwicklungen wird sich die künftige Raumentwicklung zwar auch weiterhin an Standortfaktoren wie dem Arbeitsplatz- und Bildungsangebot, der wirtschaftlichen Entwicklung der Region, der Anbindung und Infrastrukturausstattung sowie der demographischen Entwicklung orientieren. Die Belange der zukünftigen Energieversorgung werden jedoch voraussichtlich im Zusammenspiel mit den Energie- und Mobilitätskosten, einen größeren Stellenwert in der baulichen Entwicklung einnehmen und die Priorität anderer Standortfaktoren dauerhaft beeinflussen. So können sich zukünftige Wohnpräferenzen auch nach dem Niveau der Energiekosten richten. Werden diese dauerhaft hoch sein, kann dies insofern einen Einfluss auf die Siedlungsstruktur haben, als wieder verstärkt dichtere und energieeffiziente Wohnformen nachgefragt werden.

Kriterien energieeffizienter Stadt- und Regionalentwicklung

Die Siedlungsstruktur erfährt in Zukunft keine wesentliche Transformation in ihrer äußeren Form. Insofern wird sich die Weiterentwicklung und der Umbau baulicher Strukturen v.a. an Kriterien einer energieeffizienten Optimierung orientieren. Damit geht die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudebestand sowie höchster energetischer Standards im Neubau, die (Selbst-)Organisation auf lokaler Ebene und der Aufbau neuer resilienter Formen der Vernetzung auf regionaler Ebene sowie die Priorisierung von Belangen einer effizienten Energieversorgung in der zukünftigen Siedlungsentwicklung einher.

Die eingangs dargestellten Ziele des Leitbilds von Hamburg „Wachsende Stadt - Grüne Metropole am Wasser" lassen sich in wesentlichen Belangen mit einer effizienten Energieversorgung vereinbaren. Kohärenz besteht insbesondere in der energetisch abgeleiteten Ausformung (Nachverdichtung) des punkt-axialen Systems, der Nutzungsmischung und der Stärkung der polyzentralen Stadtstruktur.

Aus der Synthese der bisherigen Betrachtungen zur Energieeffizienz und den generellen regionalplanerischen Zielen ergeben sich folgende Kriterien einer energieeffizienten Stadt- und Regionalentwicklung:

- Konzept der Siedlungs- und Landschaftsachsen als räumliche Entwicklungsleitlinie,
- Stärkung der polyzentralen Stadtstruktur (dezentrale Konzentration),
- Priorisierung der Innen- vor Außenentwicklung in Zentren und entlang der Magistralen > Aufstockung und Nachverdichtung im Bestand

- stärkere räumliche Verflechtung von Wohnen und Arbeiten > Stärkung einer effizienten Nahversorgung und kurzer Wege
- bauliche Konzentration im Neubau entlang von ÖPNV-Achsen
- Priorisierung eines effizienten ÖPNV(-Ausbau) gegenüber dem Individualverkehr
- Lokalisation neuer Produzenten in der Nähe von Energieabnehmern, bauliche Konzentration in der Nähe von Wärmequellen

Die Siedlungsstruktur wird sich zukünftig nicht maßgeblich ändern, jedoch werden sich Abläufe der Energielogistik (Produktion, Speicherung und Distribution) in diesen Strukturen modifizieren. Damit wird sich das Nutzungsgefüge der Region wandeln, die räumliche Arbeitsteilung in der Region erfährt eine neue Bedeutung. Die Organisation energetischer Austauschbeziehungen wird zu einem zentralen Belang der zukünftigen Energieversorgung, dies bedarf des Aufbaus neuer Organisationsformen. Damit einher geht die Chance der Stärkung lokaler und regionaler Kooperation zur Identitätsstiftung und im Sinne eines ökonomischen Interessensausgleichs. Die Energiewende ist lokal und regional mit neuen Partnern zu organisieren.

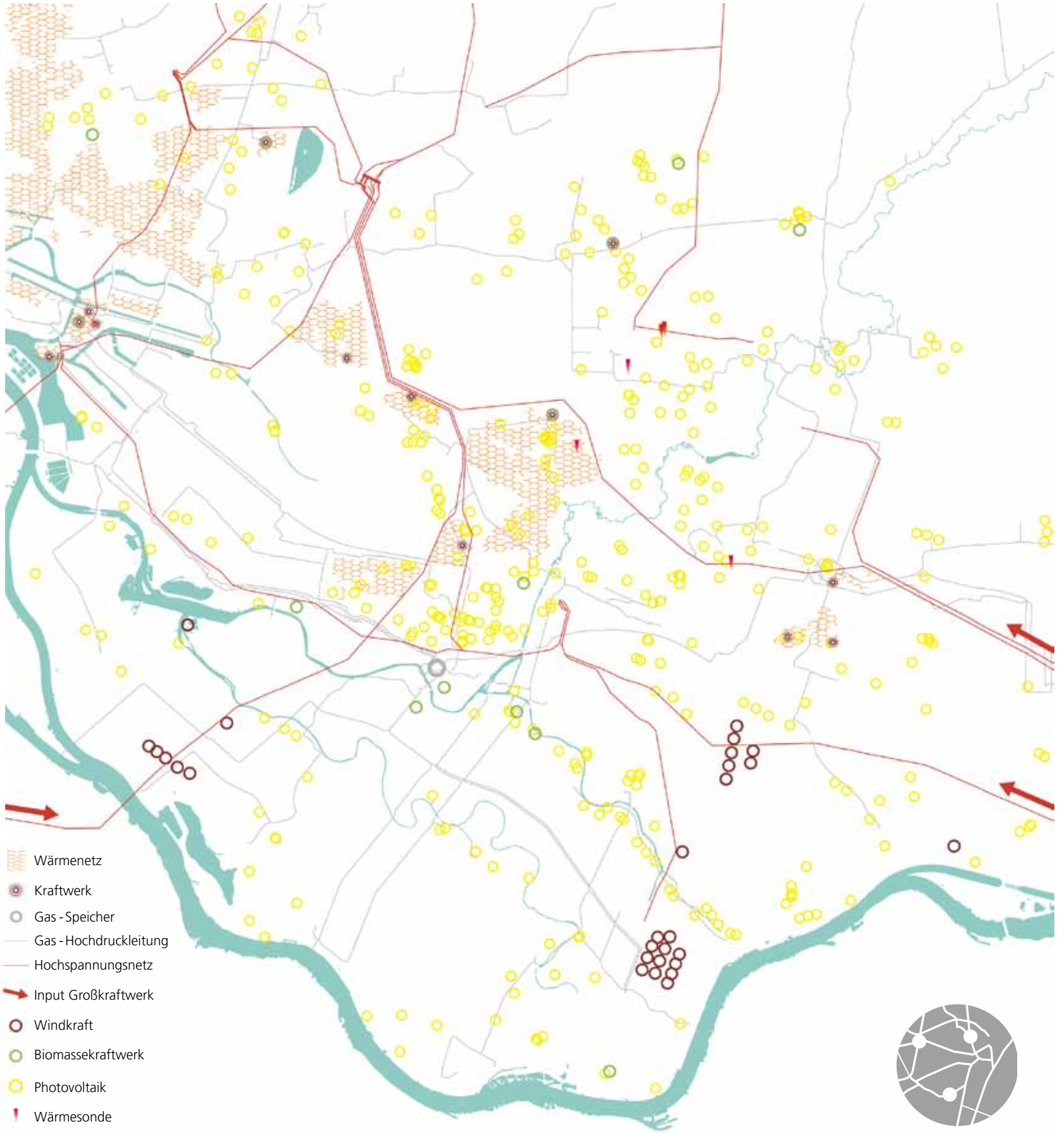
Energetische Gelegenheiten der Raumstruktur

Im heutigen Modus der Siedlungsentwicklung wird aus energetischer Sicht noch immer die Infrastruktur der Bebauung angepasst. Vor dem Hintergrund der Dezentralisierung der Energieversorgung lässt sich eine Effizienzsteigerung dann erreichen, wenn sich die zukünftige Siedlungsentwicklung an den energetischen Gelegenheiten der Raumstruktur orientiert. Als solche werden die immanenten Potenziale der Raumstruktur bezüglich der Produktion, Speicherung und Distribution sowie der Einsparung von Energie verstanden. Daher ist es unabdingbar, diese – insbesondere unter Wachstumsbedingungen – qualitätsvoll im Sinne einer nachhaltigen regionalen Entwicklung zu nutzen. Somit verfolgt der weitergehende Ansatz der Arbeit folgende Schritte:

- die energetischen Gelegenheiten der Raumstruktur in einer räumlichen Analyse herausarbeiten,
- räumliche Einheiten als energetischen Potenzialraum, ausgehend von den Nutzungen und der Struktur der Einheit definieren,
- die energetischen Gelegenheiten der Einheiten im Zusammenhang mit der Baustruktur und dem Freiraum herausarbeiten,
- zukünftige Trends einer baulichen Entwicklung skizzieren, die sich an einer effizienten Nutzbarmachung der in der Raumstruktur vorhandenen energetischen Gelegenheiten orientieren.

Kriterien energieeffizienter Stadt- und Regionalentwicklung

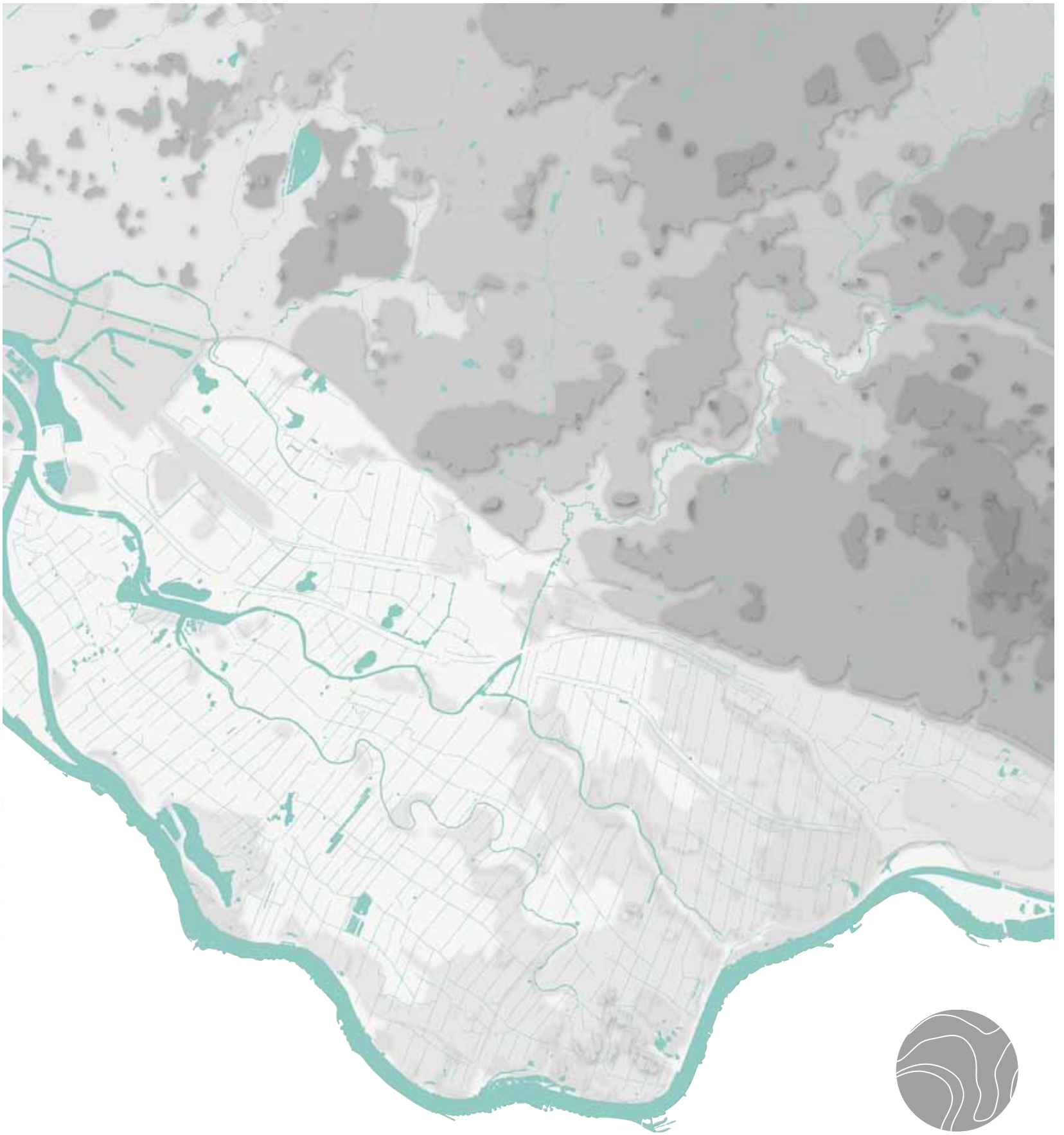
[1] vgl. www.zfes.uni-stuttgart.de, Zugriff: 25.01.2012



Energieinfrastruktur

5 Raumstruktur als Energieressource

In der Raumstruktur liegt eine Vielzahl bislang untergenutzter energetischer Gelegenheiten. Deren Nutzbarmachung ist für das zukünftige Energiesystem unerlässlich. Der Blick auf die bestehende Energieinfrastruktur des Untersuchungsraums verdeutlicht zwei Zusammenhänge. Einerseits besteht schon die heutige Energiestruktur nicht nur aus Großkraftwerken und der dazugehörigen Netzinfrastruktur. Neue Formen der Energiegewinnung, die meist regenerative Potenziale im Raum nutzen, zeigen bereits einen Ausblick auf die zukünftige Entwicklung. Andererseits orientiert sich die bisherige Betrachtungsweise der Energieversorgung überwiegend an klassischen Bereitstellungs- und Bezugsmustern. Dabei scheint der räumliche Bezug nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. Der Aufbau eines neuen effizienteren Kraftwerkparks, lässt sich nicht durch einen radikalen Systemwechsel von zentral zu dezentral realisieren. Eine Energieversorgung, die sich die Potenziale der Raumstruktur zu Nutze macht, erfordert regional angepasste Konzepte und setzt einen detaillierten Blick auf die örtlichen Gegebenheiten voraus. Es bedarf einer ausgiebigen Analyse der energetischen Potenziale und Restriktionen der Region. Erprobte Analysemethoden und mögliche Bezugsquellen werden als Referenzen dargestellt.
Ziel des Kapitels ist somit weniger die detaillierte Analyse, als vielmehr die Komplexität der energetischen Einflussfaktoren in ihrem Zusammenwirken mit der Raumstruktur darzustellen und eine Möglichkeit der Systematisierung der offensichtlichen und versteckten energetischen Gelegenheiten des Untersuchungsraums zu entwickeln. Diese hängen grundsätzlich von klimatischen Bedingungen (Temperatur, Sonne, Wind, Niederschlag etc.), der Beschaffenheit des natürlichen Grundes (Topographie, Bodentypen, Grundwasser) sowie der Bodennutzung (Landschaftstypen, Natur und Landwirtschaft, Wasser-Management, Lokalisation von Gebäuden, Industrien und Infrastrukturen) ab. Diese werden klassischen räumlichen Strukturelemente, den Geo-, Landschafts-, Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturen zugeordnet und mit der energetischen Brille untersucht. Während Erstere v.a. Produktions- und Speicherpotenziale aufzeigen, stellen Letztere neben Effizienz- und Vernetzungspotenzialen Parameter dar, welche die energetische Bilanz heutiger Siedlungsmuster beeinflussen. Ein abschließendes Schaubild stellt die Potenziale und Parameter mit den verschiedenen Elementen der Raumstruktur in Beziehung.



Geostruktur

5a Geostruktur

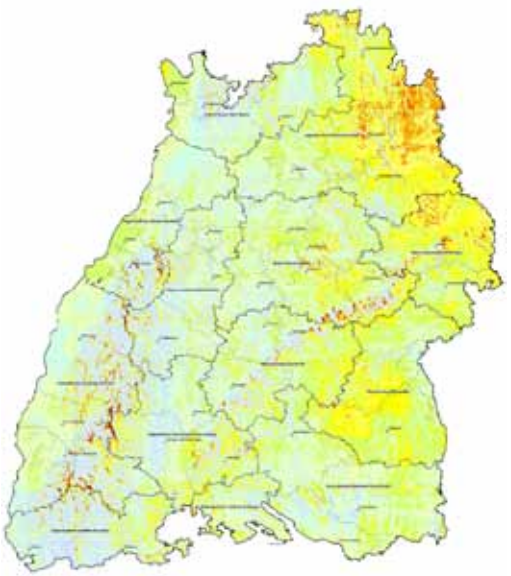
Geostrukturen haben vielfältige indirekte Einflüsse auf die energetischen Potenziale der Raumstruktur. Ein Zusammenhang besteht zwischen topographischen Formationen und der Struktur von Gewässern. Traditionell spielt die Wasserkraft eine wichtige Rolle für die Energiegewinnung. Einerseits ermöglichen hohe Fließgeschwindigkeiten eine effiziente Nutzbarmachung der Wasserkraft. Für die Intensität der kinetischen Energie von Flüssen und Bächen ist dabei das Gefälle der ausschlaggebenden Parameter. Der Ausbau der Wasserkraftnutzung ist vor dem Hintergrund des bedeutenden Eingriffs in den Naturhaushalt jedoch nur begrenzt möglich. Potenziale liegen insofern v.a. in der Modernisierung und Reaktivierung bestehender Anlagen sowie dem Neubau an bestehenden Querbauwerken.[1] Andererseits liegen in einer ausgeprägten Topographie Potenziale zur Speicherung (Speicherseen) und Bereitstellung von elektrischer Energie durch Pumpspeicherkraftwerke. Darüber hinaus stellen Hebewerke und Schleusen dabei ein bislang wenig beachtetes Speicherpotenzial dar. Mit einer entsprechenden Aufrüstung, könnte Wasser bei einem Stromüberangebot in das Oberbecken gefördert werden. Bei kurzfristigen Stromspitzen könnte über das Ableiten des Wassers Strom erzeugt werden.[2] Ein weiterer Zusammenhang ergibt sich durch den Einfluss der Gezeiten. In Meeresbuchten und Flussmündungen, die einen besonders hohen Tidenhub aufweisen, können Gezeitenkraftwerke die potenzielle und kinetische Energie des Meeres in elektrische Energie umwandeln.

Die Topographie beeinflusst die Entwicklung von Windgeschwindigkeiten und das Vorhandensein von Hangwinden. Einerseits werden Winde kanalisiert und entwickeln örtlich höhere Windgeschwindigkeiten, andererseits wirken starke Winde am Beispiel der Vier- und Marschlande durch fehlende topographische Barrieren noch weit ins Binnenland. Dies führt zu unterschiedlichen Windverhältnissen bzw. Niveaus lokaler Windpotenziale. In einigen Bundesländern stehen Windatlanten zur Verfügung (siehe Abbildung Windatlas Baden-Württemberg), diese stellen Flächen zur Realisierung von Windkraftanlagen in Abhängigkeit von lokalen Windverhältnissen und Mindestabständen zu Siedlungen dar.

Zudem wirkt die Topographie auf die Beschaffenheit von Böden. Im energetischen Zusammenhang ist diese v.a. für die Nutzbarkeit der Geothermie von Bedeutung. Grundsätzlich ist die Nutzung oberflächennaher Geothermie zwar zu einem hohen Grad flächendeckend möglich. Bei Böden mit einer geringen Wärmeleitfähigkeit (z.B. trockener Sand/Kies) ist die entziehbare Wärmemenge jedoch eingeschränkt. Des Weiteren ist eine wirtschaftliche Nutzung der Erdwärme vom Stand und der Temperatur grundwasserführender Schichten (Aquifer) abhängig. Informationen zur Entnahmewärme nutzbarer Wärmequellen und Wärmesenken (siehe Abbildung Wärmeentzugsleistung) werden in einigen Bundesländern zur Verfügung gestellt.[3] Auch im Fall der Tiefengeothermie hängt die Erschließung des Potenzials davon ab, ob ein Aquifer mit ausreichend hoher Temperatur (80-150 °C) vorhanden ist. Ein weiteres energetisches Potenzial liegt in der Speicherfähigkeit von Böden.

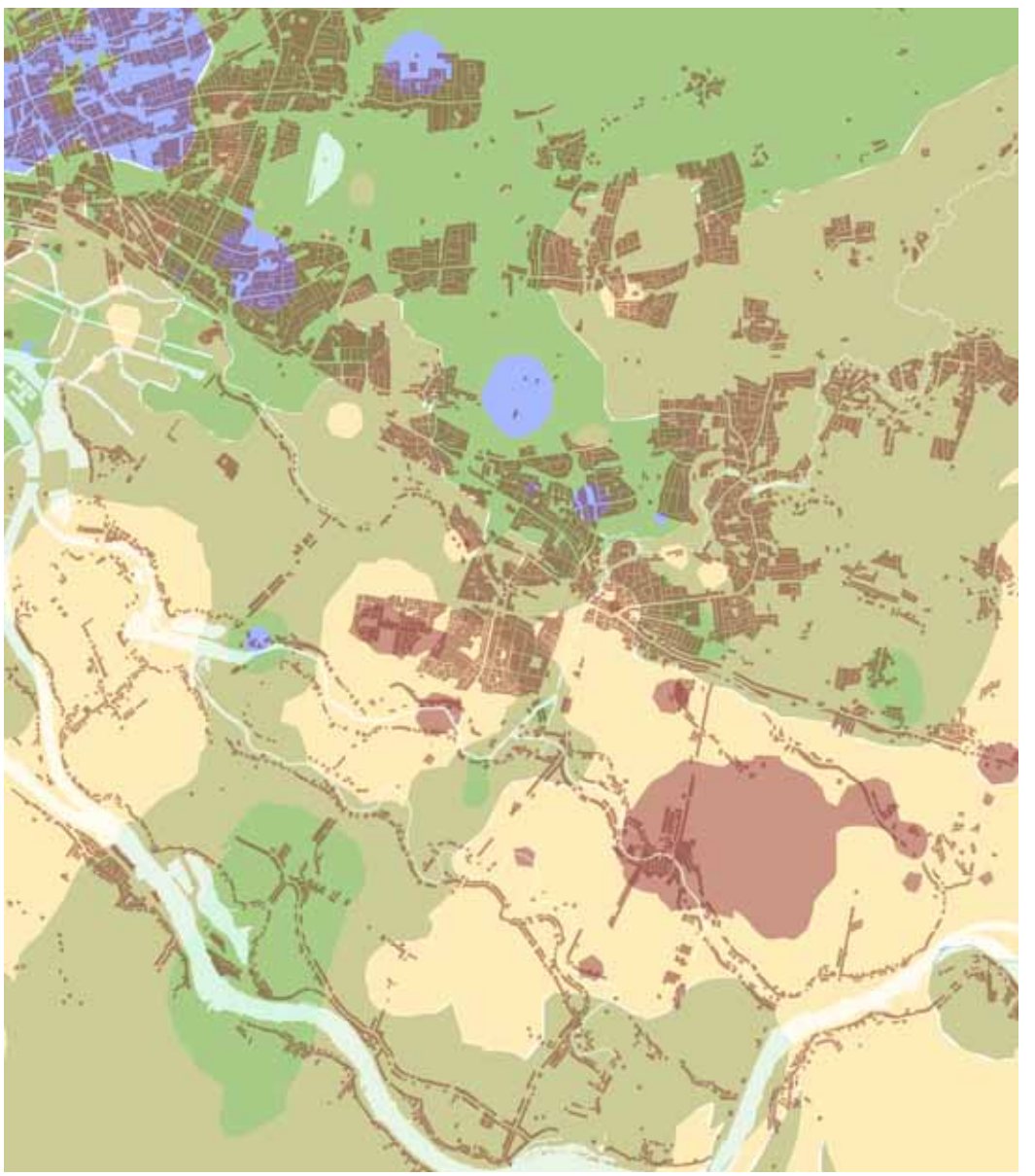
Topographie (überzeichnet)

Gewässerstruktur
(Fließgewässer, Kanäle, stehende Gewässer)



Windatlas Baden-Württemberg

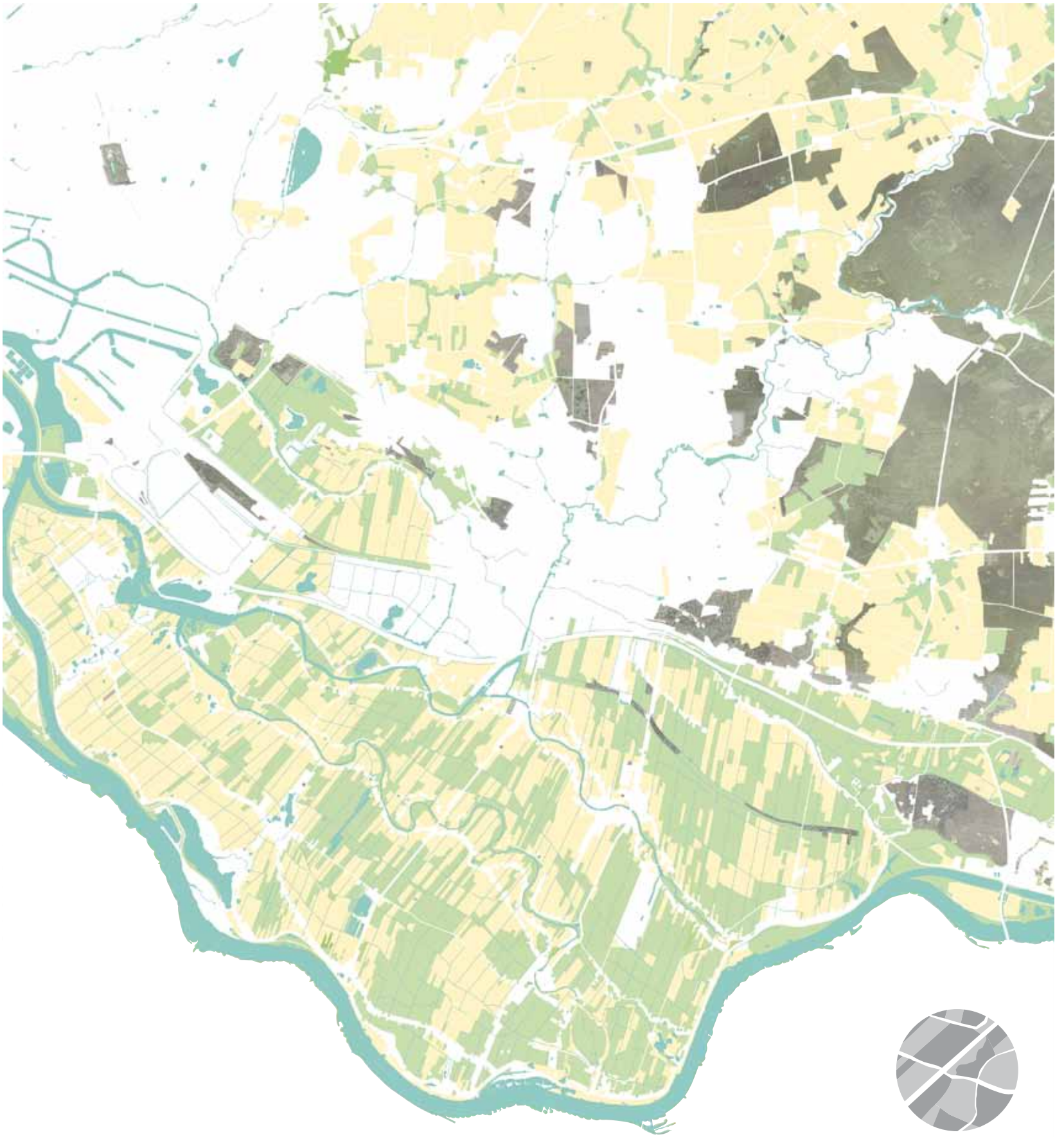
Aquifere werden zur langfristigen Speicherung thermischer Energie verwendet, die zum Heizen oder Kühlen von Gebäuden genutzt wird. In diesem Zusammenhang sind zudem Kavernen (unterirdische Hohlräume) von Bedeutung. Sie werden einerseits als Lagerstätten für Erdöl oder Erdgas eingesetzt. Andererseits dienen sie als Speicherkammern von Druckluftspeicherkraftwerken.



Karte der möglichen Wärmeentzugsleistung für eine 100 m lange Erdwärmesonde mit 1800 Betriebsstunden pro Jahr

Marschland bei Allermöhe / Hamburg

Boberger Dünen an der Geestkante



Landschaftsstruktur

5b Landschaftsstruktur

Die Art und Weise der Nutzung von Agrarflächen steht im direkten Zusammenhang mit der Fruchtbarkeit und Beschaffenheit der Böden. Dem flachen Land der Marsch im ehemaligen Urstromtal der Elbe fehlt die natürliche Entwässerungsfähigkeit. Die Böden, vor der Installation von Entwässerungssystemen mehrheitlich moorastiges Land, sind heute in der Regel sehr fruchtbar und dienen einer intensiven Landwirtschaft. Dementgegen finden sich in den höher gelegenen gewässerärmeren Gebieten der Geest weniger fruchtbare Böden. Die landwirtschaftlichen Flächen der Geest unterliegen einer extensiven Nutzung als Grün- und Weideland bzw. wurden in den letzten Jahrzehnten in hoher Anzahl zu Bauland umgewidmet.
Unter energetischen Gesichtspunkten liegen qualitativ unterschiedliche Produktionspotenziale im Anbau von Energiepflanzen. Dabei sind der unterschiedliche Energiegehalt von Energiepflanzen sowie die unterschiedlichen Anforderungen der Pflanzen an die Bodenqualität zu beachten. Der Anbau von Energiepflanzen wird oft als Ackerbau mit einer hohen Intensität betrieben. Dies impliziert einerseits den hohen Energieeinsatz von landwirtschaftlichen Nutzgeräten und Düngemitteln. Andererseits können der Anbau in Monokulturen und der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu ökologischen Schäden führen. Zudem verschärft die Ausweitung des Energiepflanzenanbaus Flächenkonkurrenzen und steht im Konflikt mit dem Ziel einer regionalen Nahrungsmittelproduktion. Die zunehmende Nutzung von Grünschnitt in Biogasanlagen ist eine Möglichkeit, der gegenwärtigen Tendenz der Umwandlung von Grünflächen in Ackerflächen für den Energiepflanzenanbau entgegenwirken. In diesem Zusammenhang spielt auch die verstärkte Nutzung von Gülle in Biogasanlagen eine Rolle. Grundsätzlich ist der Verwertung biogener Reststoffe eine höhere Priorität gegenüber dem flächenintensiven Biomasseanbau einzuräumen.

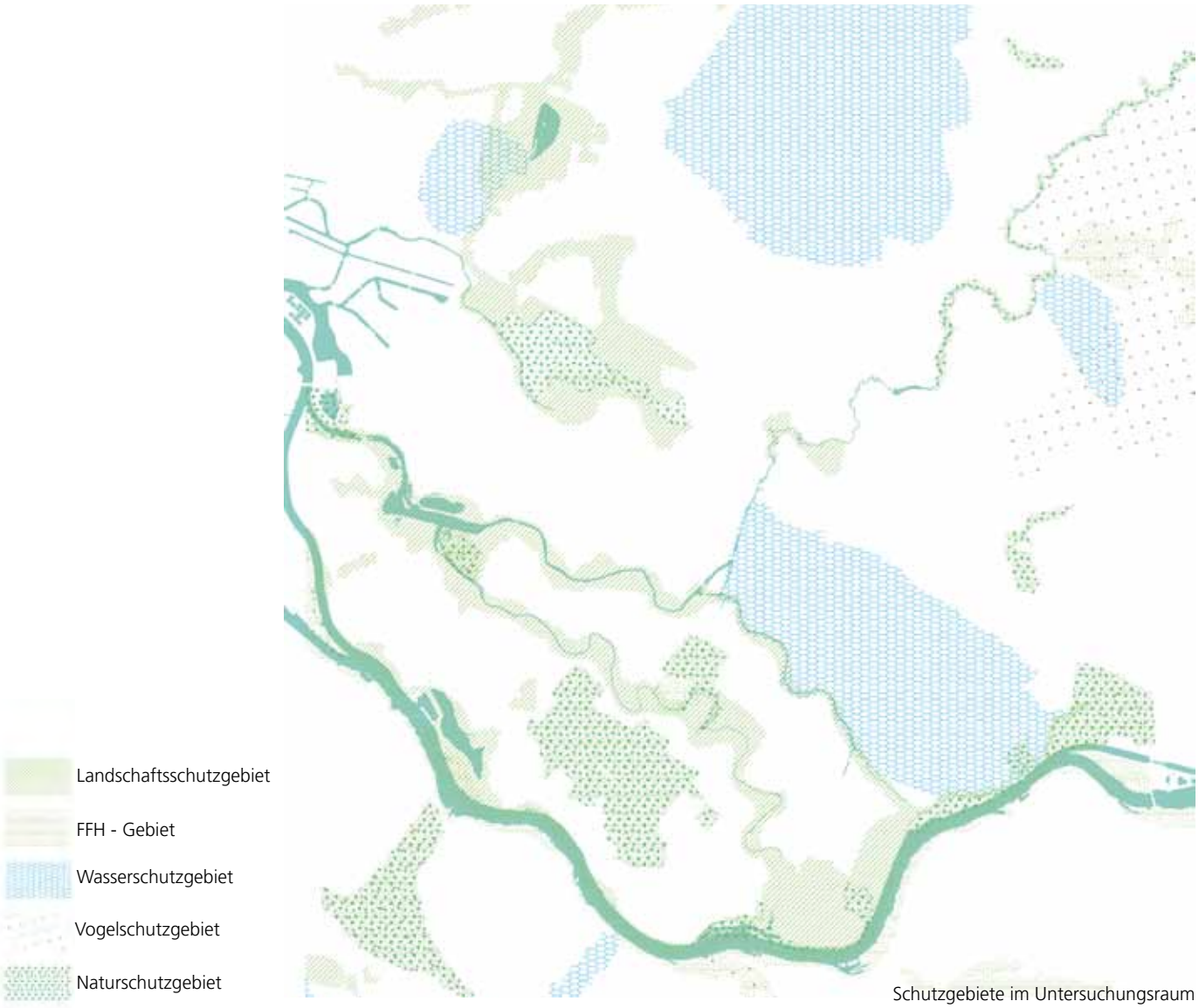
Agrarflächen

Eine weitere Bedeutung kommt der Biomasse als Alternative zu fossilen Kraftstoffen zu. Flüssige oder gasförmige Biokraftstoffe werden in mobilen oder stationären Verbrennungsmotoren eingesetzt. Hier könnte die ausgeprägte Gewächshauskultur in den Vier- und Marschlanden zukünftig einen Beitrag leisten. Einerseits liefern sie Biomasse in Form von Grünabfällen aus der Pflanzenzucht, andererseits könnte die niedrigenergetische Abwärme die Wärmeversorgung benachbarter Gebäude unterstützen.

Wälder spielen eine wichtige Rolle zur Produktion von holzartiger Biomasse. Der nachwachsende Rohstoff wird dem Wald als Schlagabraum (Waldrestholz nach Rodung und Einschlag) und Durchforstungsholz (nicht industriell verwendbares Forstholz) direkt entnommen und zur Energieproduktion in Biomasseheiz- und -heizkraftwerken verwendet. Der Nutzung von Waldrestholz stehen jedoch ökologische Belange des Biotopschutzes entgegen. Die gegenwärtig bedeutendere Energiequelle sind Holzpellets (überwiegend Holzabfälle aus der Holzverarbeitung), Altholz und Abfallholz (Baumschulen, Obstbaubetriebe). Mit der zunehmenden Substitution fossiler Energieträger durch Biomasse steigt die Anlage von Kurzumtriebsplantagen, in denen schnell wachsende Bäume oder Sträucher zur Energieerzeugung angepflanzt werden.
Darüber hinaus sind Wälder Rohstofflieferanten für diverse Industriezweige. In diesem Zusammenhang besteht ein Einsparpotenzial in der Verwendung von regionalem Holz als Bau- und Dämmstoff, gegenüber der Herstellung und dem Transport konventioneller Baustoffe. Als die wichtigsten Kohlenstoffsenken haben Wälder zudem eine klimaschützende Funktion.
Biomasse ist als ein Speicherpotenzial anzusehen. Biogene Energieträger werden, sofern die Speicher- und Transportinfrastruktur vorhanden ist, bedarfsgerecht vor Ort in Energie umgewandelt.

Waldflächen

Die Nutzbarmachung energetischer Potenziale landschaftlicher Strukturen unterliegt rechtlichen Restriktionen. Dabei gelten in den verschiedenen Kategorien von Schutzgebieten unterschiedliche Verbote bzw. Nutzungseinschränkungen, welche insbesondere bei der Nutzung von Wind- und Wasserenergie, Geothermie- und Biomasse zu prüfen sind. So ist bspw. der Einsatz von Erdwärmesonden und Grundwasserbrunnen in Wasserschutzgebieten grundsätzlich unzulässig. Windkraftanlagen in Vogelschutzgebieten sind nur in Ausnahmefällen genehmigungsfähig. Die nachfolgende Karte zeigt verschiedene Schutzgebietskategorien im Untersuchungsgebiet.



Schutzgebiete im Untersuchungsraum

Billetal bei Aumühle

Agrarland, im Hintergrund die Großwohnsiedlung Mümmelmannsberg / Hamburg

Siedlungsstruktur

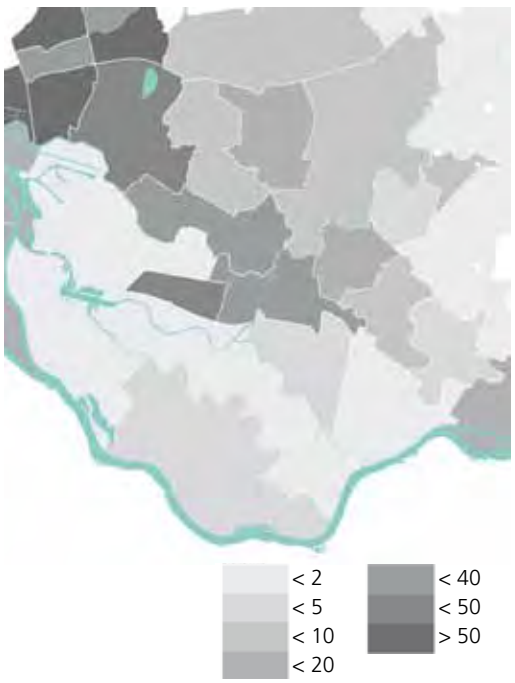
5c Siedlungsstruktur

Siedlungsstrukturen weisen vielfältige energetische Zusammenhänge auf, die alle Bereiche der Energieversorgung betreffen. Bisherige Betrachtungen konzentrieren sich mehrheitlich auf das Einsparungspotenzial innerhalb der Siedlungsflächen, während vorhandene Produktions-, Speicher- und Vernetzungspotenziale in ihren Wechselwirkungen vernachlässigt werden.
Ein wichtiger Parameter in diesem Zusammenhang ist die Bebauungsdichte. Generell gilt, je höher die Dichte, desto geringer die Transportverluste und die Kosten der Infrastrukturbereitstellung. Dies zeigt sich insbesondere im Wärmebereich. Gebiete mit einer hohen Dichte und städtebaulichen Kompaktheit reduzieren den Heizwärmebedarf der Wohneinheiten erheblich. Kompakte Baukörper mit niedrigem A/Ve-Wert[4] weisen einen geringeren Heizwärmebedarf als weniger kompakte Baukörper auf.[5] Kompakte Bauweisen bieten zudem bessere Voraussetzungen für zentrale Wärmeversorgungssysteme. Umgekehrt gilt, dass geringere Bebauungsdichten und größere Abstände zwischen den Baukörpern die Bedingungen für die dezentrale Nutzung solarer Potenziale und oberflächennaher Geothermie positiv beeinflussen.[6] Der effiziente Betrieb einer zentralen Wärmeversorgung hängt maßgeblich von der Entfernung zur Wärmequelle und der Abnahmedichte von Siedlungen ab. Eine hohe Abnahmedichte, d.h. eine hohe Wärmeabnahme bei möglichst geringen Leitungslängen, ermöglicht den effizienten Betrieb von Wärmenetzen. Im Fall einer Reduzierung der Abnahmedichte bspw. infolge einer flächendeckenden thermischen Sanierung oder einer abnehmenden Bevölkerungsdichte müssen die Versorgungsanlagen angepasst werden, um die Effizienz zu erhalten. Dies kann die Voraussetzungen für die Einbindung regenerativer Energien verbessern. So ermöglicht bspw. die Reduzierung von Vorlauftemperaturen in Nahwärmenetzen, die Einspeisung von Solar- oder Erdwärme.[7] Zudem können Wärmenetze insbesondere dann Effizienzvorteile erreichen, wenn die Wärmeproduktion durch Kraft-Wärme-Kopplung erfolgt oder vorhandene Abwärme genutzt wird. Insofern haben die Erhöhung der Baudichte durch die Ausnutzung von Konversionsflächen, eine flächensparende Bebauung und Maßnahmen des Bauens im Bestand eine positive Wirkung auf die Energieeffizienz von Siedlungen.

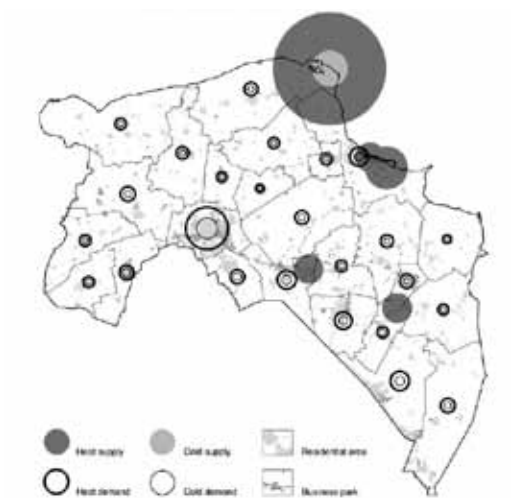
Siedlungsflächen

Gewerbeflächen

Siedlungsflächen und v.a. urbane Gebiete haben ein hohes, bislang meist unerschlossenes und ungenutztes Flächenpotenzial zur Energieproduktion. Im Mittelpunkt stehen dabei Dachflächen, Fassaden und Parkplatzüberdachungen, die durch die Installation von Solarkollektoren, Kleinwindanlagen etc. einer erweiterten Nutzung zur Bereitstellung erneuerbarer Energie zugeführt werden können. In den weniger dicht besiedelten Gebieten, stellt der hohe Freiflächenanteil ein Flächenpotenzial zur Energiebereitstellung.
Im Vergleich zum Umland unterliegen urbane Gebiete höheren thermischen Belastungen. Diese führen zur Bildung von Wärmeinseln und erhöhen den Kühlungsbedarf von Gebäuden. Die Installation von begrünten Dächern, oberflächigen Entwässerungssystemen und Bepflanzungen im Stadtraum bieten eine natürliche Kühlung und insofern ein Potenzial zur Einsparung von Energie.
Auf Gebäudeebene entscheiden sowohl Stellung und Ausrichtung von Gebäuden, als auch Form, Neigungswinkel und Größe der Dächer über die Möglichkeit der Nutzung von solarer Energie. Dabei liegt zum einen ein Produktionspotenzial in der Nutzung solarer Strahlung durch Solarkollektoren und Photovoltaikanlagen. Informationen zur Eignung von Dachflächen bieten Solarkataster, die von vielen Gemeinden und Landkreisen angeboten werden. Zum anderen stellt die weitgehende Ausrichtung der Wohnung zur Sonneneinstrahlung und die Anordnung transparenter Fassadenelemente ein Einsparpotenzial des Wärmebedarfs dar.[8]



Bevölkerungsdichte Personen/ha



Verteilung regionaler Abwärmepotenziale (bspw. Energy Potential Mapping)

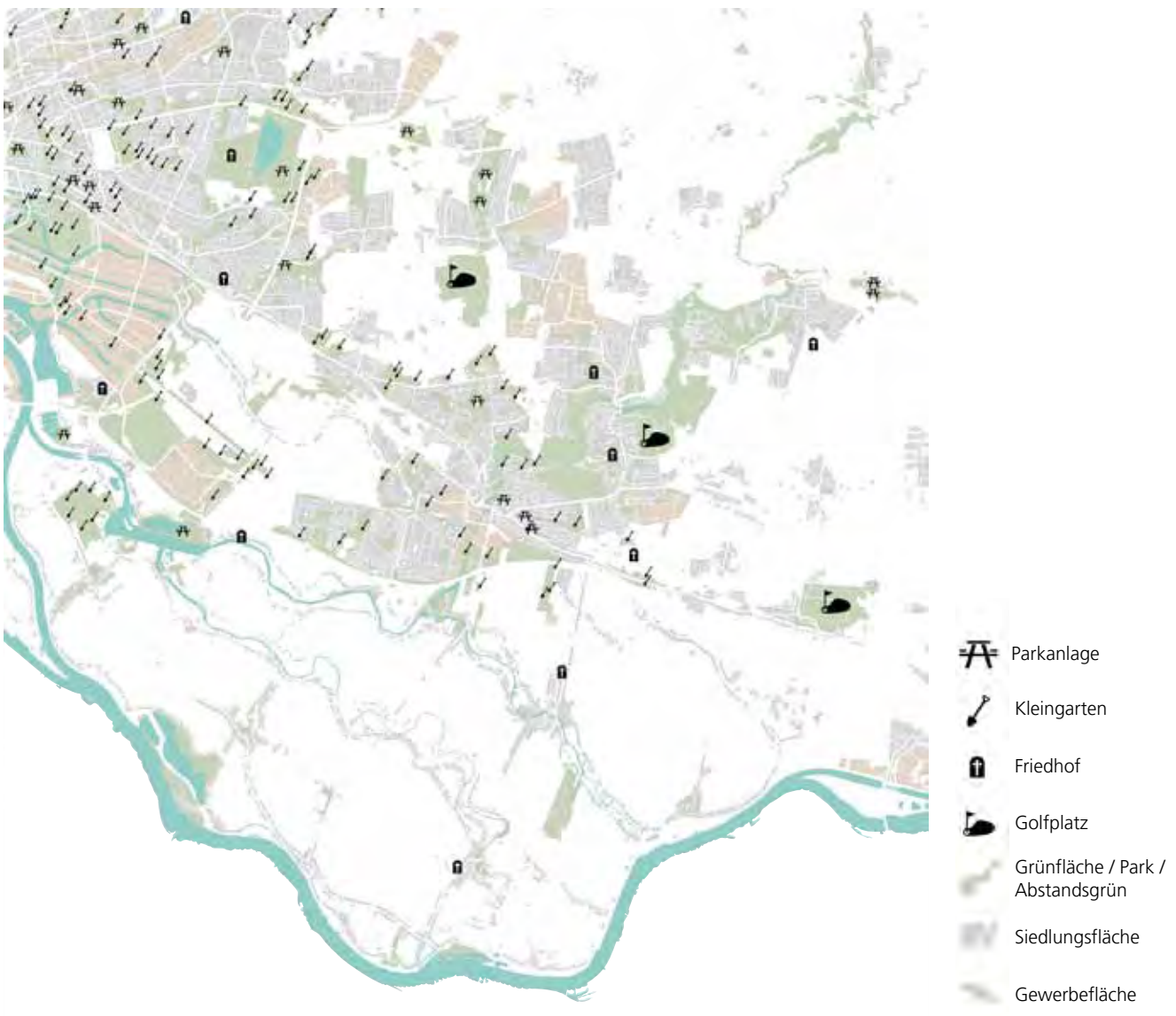
Des Weiteren liegen große Einsparpotenziale in der thermischen Sanierung des Gebäudebestands sowie der Erneuerung technischer Anlagen (v.a. Heiz- und Lüftungssysteme). Maßnahmen der energetischen Sanierung sollten jedoch nicht nur allein technischen, sondern auch gestalterischen und baukulturellen Aspekten genügen und verlangen ein Maß an sozialer Verträglichkeit. Gerade die Fassadendämmung im Bestand steht jedoch im Konflikt mit Aspekten des Stadtbilds[9] und ist nur ein Baustein zur Verringerung von Transmissionswärmeverlusten.
Im Neubaubereich kann der Energiebedarf von Gebäuden bereits in der Planungsphase maßgeblich beeinflusst werden. Durch den Einsatz optimierter Techniken, der Gebäudeausrichtung und der Verwendung dämmender Baustoffe produzieren Plusenergie-Gebäude Energieüberschüsse. Dabei reduziert die Verwendung regionaler, nachwachsender und von Recyclingmaterialien die aufzuwendende Energie der Herstellung und des Transports von Baustoffen.

Gewerbe- und Industrieflächen sind hinsichtlich der teilweise energieintensiven Nutzungen und Produktionsprozesse sowie den tageszeitlich schwankenden Energiebedarfen gesondert zu betrachten. Während die Verbrauchsstruktur in Gewerbegebieten oft noch relativ homogen ist, sind Industriegebiete abhängig von den Branchen und Produkten sehr heterogen.[10] Auf Gebäudeebene bieten sich Einsparpotenziale bei der künstlichen Beleuchtung und der Energie zum Kühlen und Lüften, v.a. jedoch durch die Sanierung der Gebäudehüllen.[11]
Zudem liegt in der Nutzung industrieller Abwärme ein bisher vernachlässigtes Potenzial. Neben der passiven Wärmenutzung kann Abwärme zur Bereitstellung von Strom oder mittels Absorptionskälteanlagen Kälte bereitgestellt werden.[12] Gewerbe- und Industrieflächen bieten darüber hinaus günstige Voraussetzungen für den Einsatz erneuerbarer Energien, bspw. großer solarthermischer Anlagen auf den Dächern oder die Nutzung anfallender Biomasse in Biomasse-Heizkraftwerken.

Im siedlungsstrukturellen Zusammenhang kann die Nutzung von Abwärme einen wichtigen Beitrag für eine effiziente Energieversorgung liefern. Abwärme fällt in verschiedenen Formen an, bspw. als „verbrauchtes" Kühlwasser, Abwasser, Abgas oder Abluft. Informationen zur Erfassung von Abwärmepotenzialen in einer Gemeinde bietet bspw. der Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen des Bayerischen Landesamts für Umwelt. Neben Betrieben des produzierenden Gewerbes (bspw. Großbäckereien) stellen auch Schwimmbäder, Krankenhäuser und Kläranlagen wichtige Abwärmequellen dar.
Grundsätzlich ist die Lage von Abnehmern zu der Wärmequelle, der technische Aufwand der Wärmeauskopplung, die zeitliche Verfügbarkeit und das Temperaturniveau für die Nutzbarkeit entscheidend.[13] Im Fall von Kläranlagen lässt sich durch verschiedene Maßnahmen eine gewisse Menge der eingesetzten Energie rückgewinnen. Neben der Wärmegewinnung aus Abwässern, bestehen Möglichkeiten der thermischen Verwertung von Klärschlamm und der Nutzung von Klärgas zur Strom- und Wärmeerzeugung.[14]

Siedlungsbezogene Grünflächen wie Friedhöfe, Parkanlagen und Kleingärten wirken der Erhitzung in Städten entgegen. Zum einen stellen sie Kaltluftschneisen dar, zum anderen wirkt die Verdunstung der Pflanzen und der Schatten von Bäumen als passive Kühlung. Ein Produktionspotenzial liegt in der Verwertung von Biomasse in Form von Grünschnitt sowie Landschaftspflegematerial aus Grün-

und Freizeitflächen (bspw. Golfplätze). Ein weiteres bislang untergenutztes Potenzial liegt in der energetischen Verwertung von Bioabfällen und Altholz aus dem Siedlungszusammenhang und der gewerblichen Produktion.



Biomassepotenziale (Grünschnitt, Landschaftspflege, Freizeit, Bioabfälle)

Gutshof in Havighorst

Energetisch sanierter Geschosswohnungsbau in Jenfeld / Hamburg

Einfamilienhaus in Oststeinbek

Neubaugebiet in Glinde

Fachwerkhaus am Altengammer Elbdeich / Hamburg

Terrassenhaus in Oststeinbek

Verkehrsinfrastruktur

5d Verkehrsinfrastruktur

Unter Verkehrsinfrastruktur werden Straßen, Wege sowie Schienen- und Wasserwege zusammengefasst. Der Verkehrssektor schlägt sich gegenwärtig mit einem Drittel am gesamten Endenergieverbrauch nieder. Darüber hinaus ist er mit zwei grundlegenden Problemstellungen konfrontiert. Zum einen steht der hohe Anteil an CO_2-Emissionen dem Ziel der CO_2-Reduktion entgegen. Zum anderen wird die Verknappung fossiler Brennstoffe mittelfristig zu einer deutlichen Preissteigerung führen, die sich v.a. im Individualverkehr niederschlägt.
Einsparpotenziale ergeben sich durch die Reduzierung des Verkehrsaufkommens, die Verlagerung des Verkehrs auf effizientere und umweltverträglichere Verkehrsträger und den Einsatz effizienter Verkehrstechnologien. Die Gestaltung der Raumstruktur hat einen wesentlichen Einfluss auf das Verkehrsaufkommen. Generell betrachtet sind kompakte Siedlungsstrukturen im Zusammenhang mit ihrer Erreichbarkeit effizienter als aufgelockerte Strukturen.
Ausschlaggebend für den verkehrsbedingten Energieverbrauch auf regionaler Ebene ist die räumliche Lage und damit einhergehend die Erreichbarkeit von Wohnstätten, Arbeitsplätzen, sozialer Infrastruktur und Freizeiteinrichtungen. Weitere entscheidende Parameter der energetischen Bilanz stellen die Effizienz von Transportsystemen und der Grad der Nutzungsmischung dar. Die flächendeckende Erschließung des Raums und die Zentralisierung von Versorgungseinrichtungen „…ermöglichte das Aufbrechen der Nachbarschaften als primäre sozialräumliche Bezugsebene zugunsten immer weiter ausgreifender, räumlich disperser Kontaktkreise."[15] Dies führte zu einer enormen Zunahme individueller Fahrten und einem Anstieg des Energieverbrauchs in den vergangenen Jahrzehnten. Einen besonders anschaulichen Fall stellen die Gewerbegebiete in nichtintegrierten Lagen dar, die sich v.a. an der Erreichbarkeit durch den Fernverkehr orientieren.
Die Erhöhung der Baudichte entlang bestehender Linien des schienengebundenen Nahverkehrs, kann eine reduzierende Wirkung auf das individuelle Verkehrsaufkommen haben und die Auslastung des ÖPNVs steigern. Bedeutendere Determinanten des Modal Splits sind jedoch Entscheidungen zum Wohnstandort, individuelle Bedürfnisse, die Affinität zu dem jeweiligen Verkehrsmittel und das Einkommen der Verkehrsteilnehmer. Dieser Zusammenhang lässt sich etwa in der Überlagerung der PKW-Dichte und der ÖPNV-Erreichbarkeit im Untersuchungsraum nachvollziehen. Sichtbar ist die höhere PKW-Dichte in den schlechter angebundenen Bereichen nördlich und südlich der Bahntrassen. Für eine Reduzierung des MIV-Anteils sind v.a. die nahräumliche Erreichbarkeit von Versorgungseinrichtungen und Arbeitsplätzen sowie ein kleinräumliches ÖPNV-Netz von Bedeutung.[16]

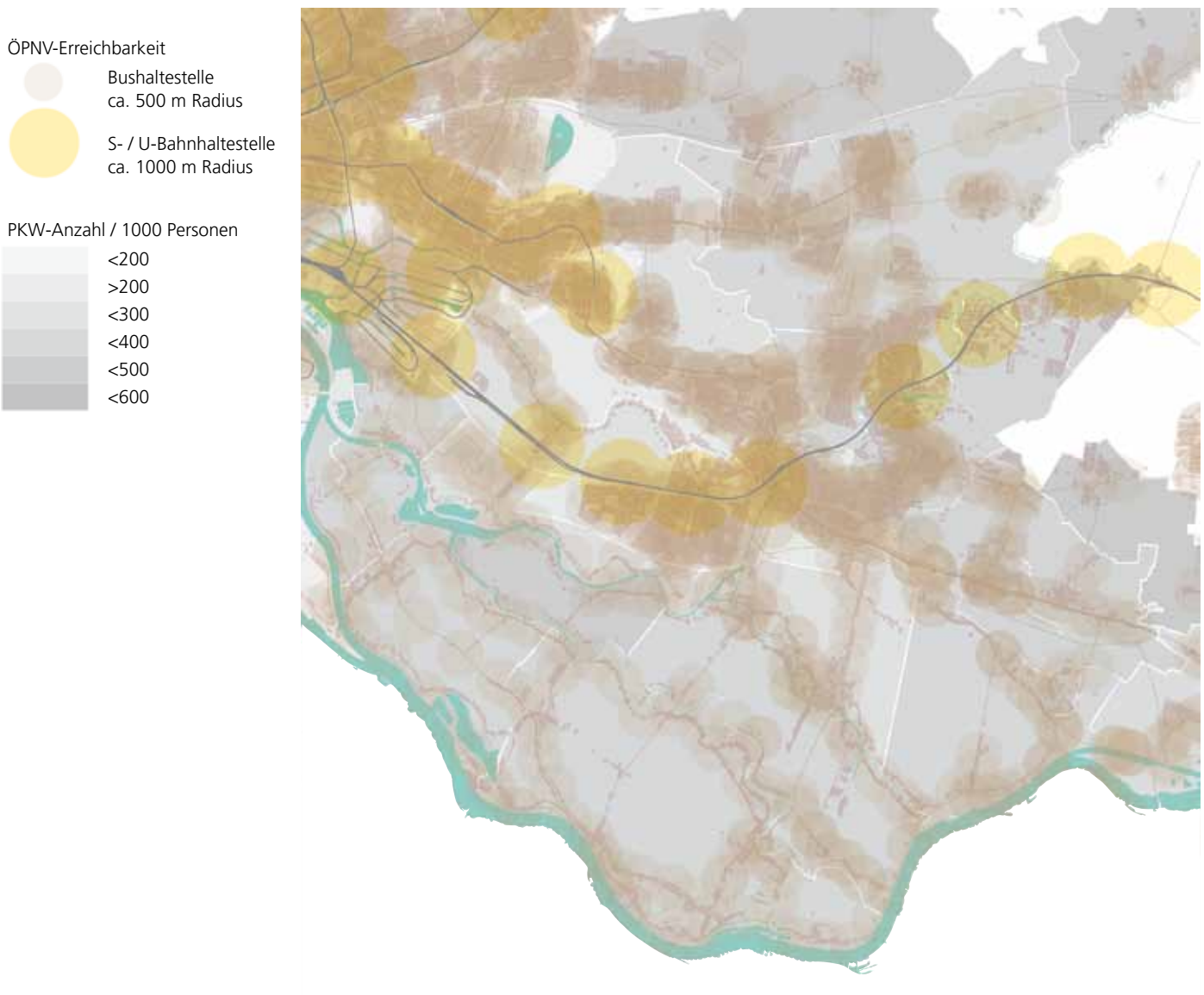
Der Individualverkehr wird heute zu einem großen Teil mit privaten PKWs zurückgelegt. Insofern liegt ein Potenzial in der Vermeidung von PKW-Fahrten durch die attraktive Gestaltung alternativer Verkehrsträger. Einige Stadtregionen setzen explizit auf die Erhöhung des Radverkehrs im Modal Split durch einen gezielten Ausbau des stadtregionalen Radwegenetzes bzw. den Ausbau von Leihradsystemen im städtischen Bereich. Ein weiterer Ansatz zur Substitution von Wegen mit dem PKW durch Fußwege ist die kleinteilige Nutzungsmischung.
Neben den Ansätzen auf raumstruktureller Ebene bestehen Einsparpotenziale in der umweltverträglicheren Gestaltung und effizienteren Ausnutzung bisheriger Verkehrstechnologien. Die Ausweitung alternativer Kraftstoffe bzw. Antriebstechnologien und die Elektromobilität verbessern die

Straßen

ÖPNV-Netz

Fuß- und Fernradwege

Einsatzmöglichkeiten einer auf lokalen Energiepotenzialen basierenden Mobilität. Durch den Ausbau von Park & Ride bzw. Bike & Ride-Stellplätze und Car-Sharing-Systemen sowie der aufeinander abgestimmten Taktung der verschiedenen Verkehrsmittel lässt sich der multimodale Verkehr stärken.



PKW-Dichte und ÖPNV-Erreichbarkeit

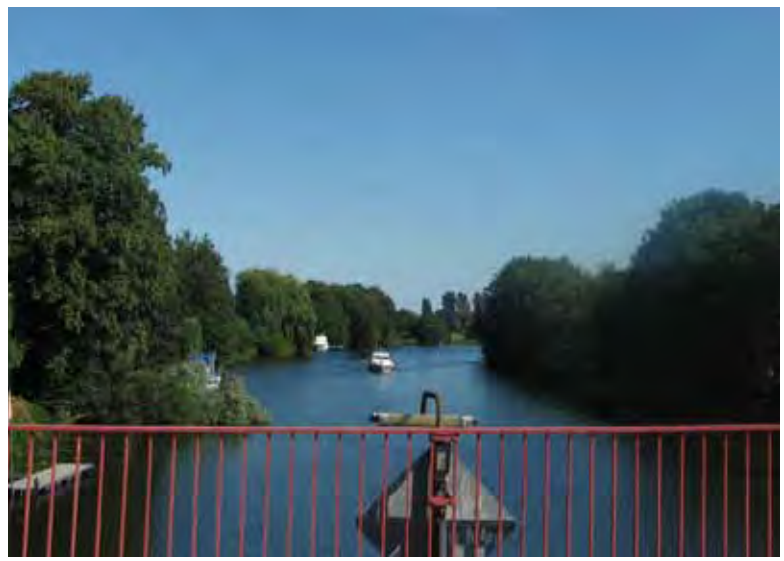
Öffentlicher Raum im Neubaugebiet Glinde

Gleisbett der ehemaligen Südstormarnschen Kreisbahn

Neues Gewerbegebiet Glinde

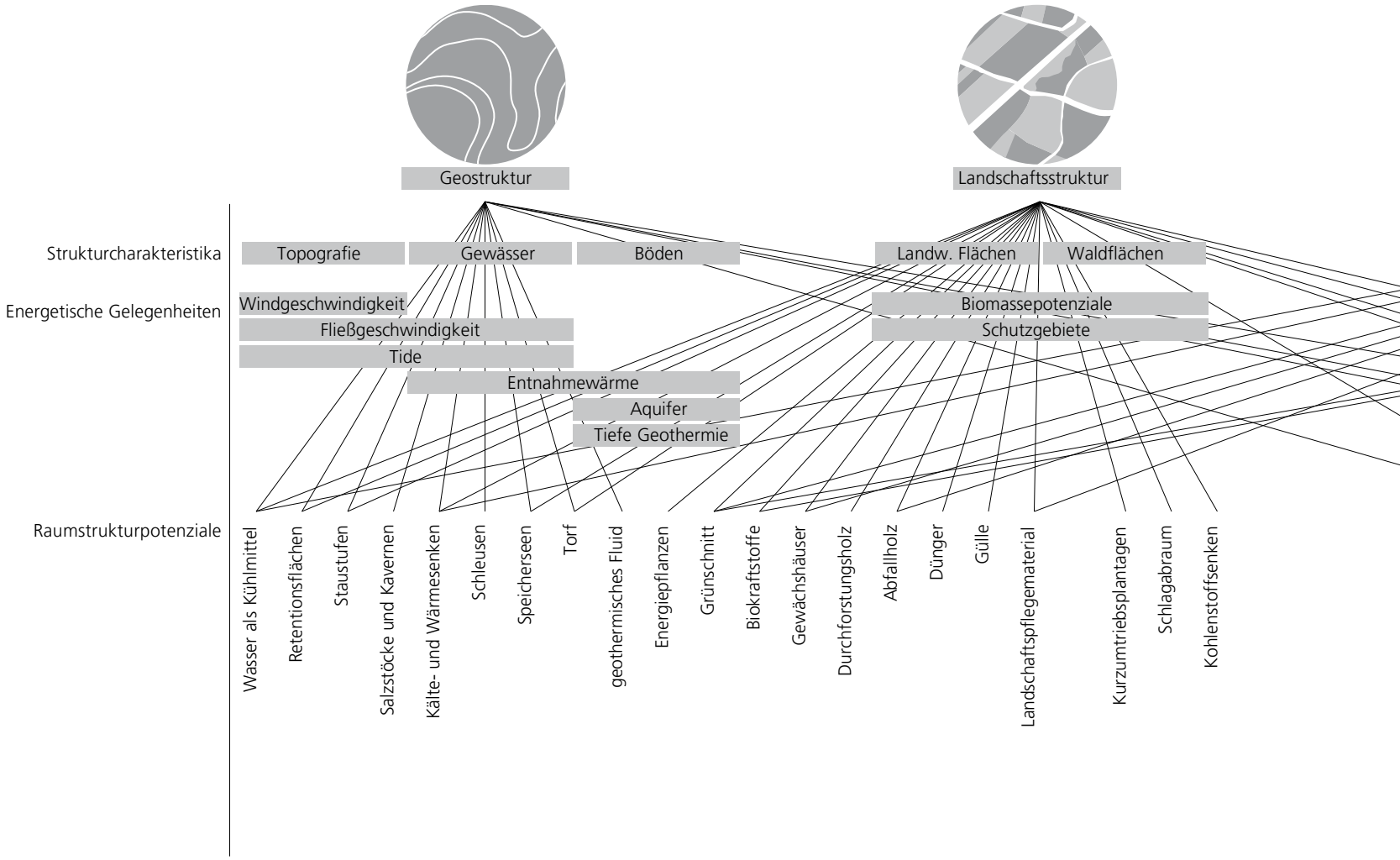
Autobahn 24

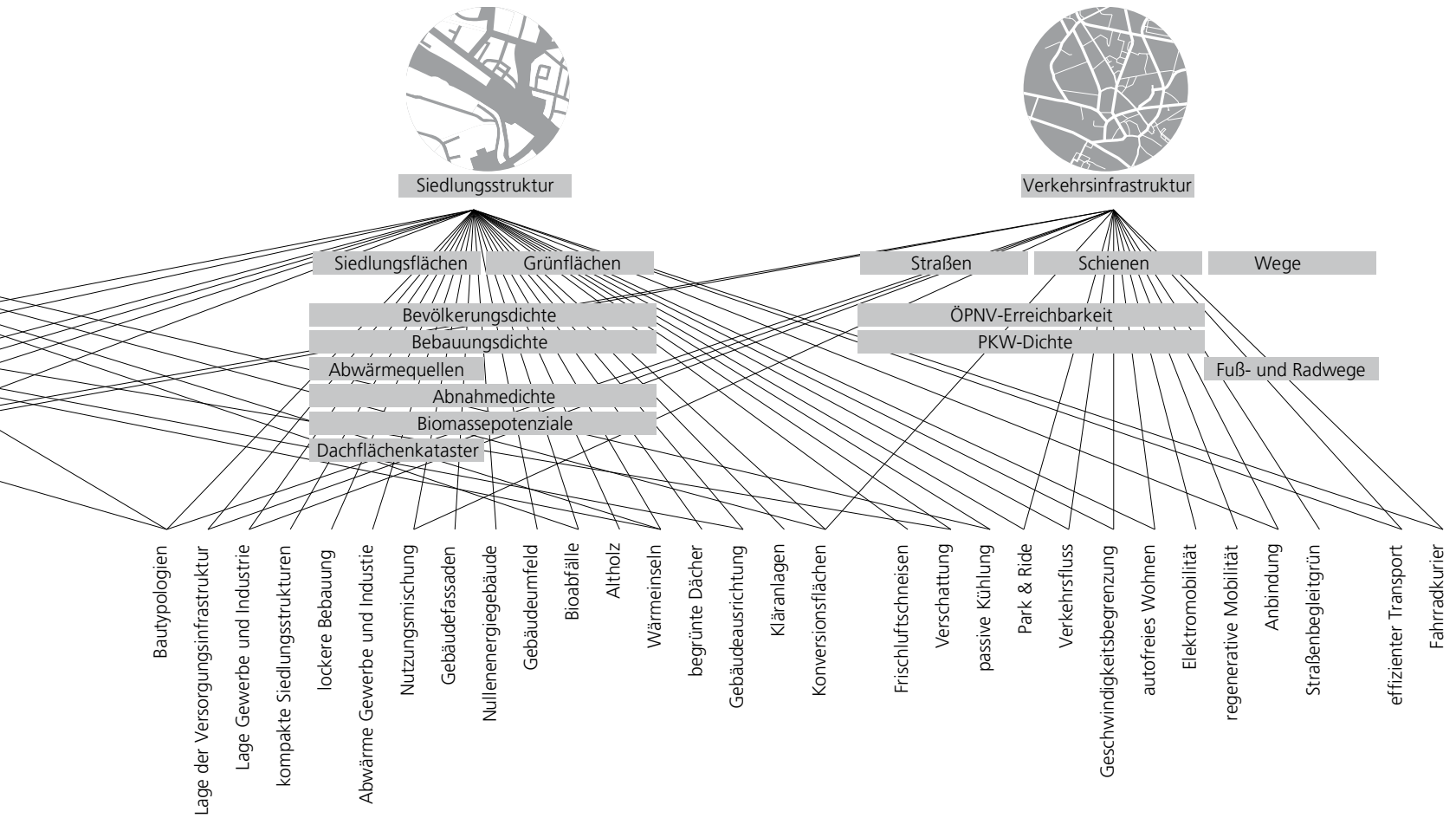
Radweg bei Neuallermöhe / Hamburg



Wasserweg Dove Elbe

Raumstrukturmatrix





[1] vgl. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit et al. 2011, S.45

[2] vgl. www.brandeins.de, Zugriff: 06.02.2012

[3] bspw. www.stmwivt.bayern.de, Zugriff: 06.02.2012

[4] Verhältnis von Wärme abstrahlender Aussenhülle (A) und dem zu beheizenden Volumen (Ve)

[5] vgl. Deutsches Institut für Urbanistik 2011, S.37

[6] vgl. ebd., S.36

[7] vgl. Brigitte Schultz 2011, S.22

[8] vgl. Matthias Koziol 2010, S.654

[9] vgl. Michael Braum 2011, S.1

[10] vgl. Deutsches Institut für Urbanistik 2011, S.380 ff.

[11] vgl. Wolf, Veronika 2010, S.648

[12] vgl. Martin Pehnt et al. 2010, S.3

[13] vgl. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit et al. 2011, S.44

[14] vgl. ebd.

[15] Christian Holz-Rau und Joachim Scheiner 2005, S.67

[16] vgl. ebd., S.72 ff.

Installation „Iron Cactus", Dennis Oppenheim

6 Generatoren, Speicher, Netze - Bausteine der Energieeffizienz

Die effiziente und sichere Nutzung erneuerbarer Energieträger erfordert eine aufeinander angepasste Kombination von Generatoren, Netzen und Speichertechnologien, die räumlich miteinander verwoben werden müssen. Dies gilt insbesondere da erneuerbare Energien volatil sind, also starken zeitlichen Schwankungen in der Erzeugung unterliegen. Die Erträge, die aus Sonne und Wind gewonnen werden können, verlaufen zudem selten parallel mit der ebenfalls schwankenden Energienachfrage. Zwar bieten Biomasse und Geothermie eine relativ konstante Energieerzeugung, unterliegen jedoch Flächenkonkurrenzen und einer beschränkten regionalen Verfügbarkeit. Die Herausforderung besteht darin, das Energieangebot dem Energiebedarf zeitlich sowie räumlich anzugleichen.[1] Zudem unterliegen die Kraftwerkstypen (Generatoren) einem weiten Leistungsspektrum und unterschiedlichen Standortbedingungen.

Bei den vorgestellten Technologien liegt der Fokus auf den räumlichen Wechselwirkungen und Zusammenhängen zwischen der Energieerzeugung und Nutzung sowie den wesentlichen Voraussetzungen zur Implementierung der Anlagen. Das Kapitel ist als Katalog zu verstehen, der jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Es werden v.a. Anlagen und Technologien vorgestellt, deren Anwendbarkeit sich im Untersuchungsraum anbietet, die bereits vorhanden sind bzw. solche, die mit dem Gebiet in Beziehung stehen (z.B. Offshore-Windparks). Der abschließende Teil stellt ausgewählte Innovationen und Visionen vor.

Windkraftanlagen bei Neuengamme / Hamburg

6a Generatoren erneuerbare Energien

Das Unterkapitel bietet in Steckbriefen Information zu der Funktion und Gestalt der einzelnen Kraftwerkstypen sowie deren Anforderung an die Lage, Leistung, räumlichen und städtebaulichen Auswirkungen und Synergien mit anderen Systemen. Die Steckbriefe folgen einer Systematisierung entlang den erneuerbaren Energiequellen Wind, Solare Strahlung, Wasser, Geothermie und Biomasse. Die Angaben zu der Leistung orientieren sich an den Referenzprojekten und dienen eine groben Vergleichbarkeit der verschiedenen Anlagentypen. Der real zu erzielende Ertrag divergiert generell (schwankender Sonneneintrag, Leitungsverluste etc.).

Sedov im Hamburger Hafen

Windkraftanlagen im Hamburger Hafen

Wind

Prinzip
Die kinetische Energie der sich bewegenden Luftmassen wird zur Verrichtung mechanischer Arbeit oder der Fortbewegung genutzt. Seit der Erfindung des Generators wird aus Rotationsbewegungen elektrische Energie erzeugt. Fortschritte in der Strömungsmechanik machen Windenergienutzung zu einem stark wachsenden Sektor erneuerbarer Energien.

Verfügbarkeit/Effizienz
Windenergieanlagen sind in allen Klimazonen, sowohl an Land (Onshore) als auch auf See (Offshore) einsetzbar. Die erzeugten Strommengen aller Systeme sind maßgeblich von den vorherrschenden Windgeschwindigkeiten und der Anlagengröße abhängig. Die Effizienz und Konstanz der Energieversorgung hängt in hohem Maße von Speichertechnologien und Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Energieträgern und den Versorgungsnetzen ab.

Windkraftanlage

_Funktion
Die Bewegungsenergie der Windströmung wirkt auf die Rotorblätter. Ein Generator wandelt die Rotationsenergie in elektrische Energie um.

_Gestalt
Windkraftanlagen sind turmförmige Bauwerke mit Rotorblättern in einer Höhe bis zu 200 m.

_Anforderungen an Fläche und Lage
windreiche Standorte; Einspeisungsmöglichkeiten ins Stromnetz; Mindestabstand von 1000 m zum Siedlungsgefüge

_Input/Output
Windströmung > elektrische Energie im Leistungsbereich bis 6 MW je Anlage

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
große Anlagen weithin sichtbar (Landmark); Verschattung; Diskoeffekt und Geräuschentwicklung im Betrieb

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
landwirtschaftlicher Anbau auf gleicher Fläche möglich

Windpark in Fluvanna / USA

Kleinwindanlage Donostia / Spanien

Windpark (Onshore / Offshore)

_Funktion
In Windparks werden mehrere Windkraftanlagen gruppiert. Windparks erzielen höhere Leistungen, beschränken die Auswirkungen auf das Landschaftsbild an bestimmten Standorten und konzentrieren die nötige Infrastruktur.

_Gestalt
Eine großflächige Ansammlung von Großwindkraftanlagen in meist ländlichen Gebieten, die flächig oder linear angeordnet werden. Offshore-Anlagen befinden sich in erheblichen Abstand zur Küste auf der See und sind im Meeresboden gegründet.

_Anforderungen an Fläche und Lage
windreiche Standorte; Einspeisungsmöglichkeiten ins Stromnetz; Anlagen benötigen untereinander einen Mindestabstand, abhängig von der Anlagenzahl, -größe und Windrichtung; Lage im Außenbereich

_Input /Output
Windströmung > elektrische Energie bis 780 MW

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
landschaftsprägende weithin sichtbare Großanlagen; Verschattung; Disko-effekt und Geräuschentwicklung im Betrieb

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
landwirtschaftlicher Anbau auf gleicher Fläche möglich; Offshore Windanlage mit Wellen- und Strömungskraftwerk sowie „Energy Bags" (Unterwasserspeicher mit Druckluft) kombinierbar; Umwandlungsprodukt Wasserstoff als Speichermedium; Umwandlungsprodukt Windgas kann in das Gasnetz eingespeist werden

Kleinwindanlage

_Funktion
Die Bewegungsenergie der Windströmung wirkt auf die Rotorblätter. Ein Generator wandelt die Rotationsenergie in elektrische Energie um. Auch geringe Windströmungen sind bei Kleinwindanlagen nutzbar. Die Installation ist weniger aufwändig.

_Gestalt
Kleine Windkraftanlagen stellen sich als horizontale oder vertikale Windräder meist als Dachaufbauten dar oder werden als Turbinen in Bauteile integriert.

_Anforderungen an Fläche und Lage
platzsparende Technik; nahezu alle Flächen (Dächer, Gärten, Parkplätze, Freiflächen) nutzbar; windreiche Standorte vorteilhaft

_Input/Output
Windströmung > elektrische Energie im Leistungsbereich bis 5 kW

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
städtebaulich integrierbar; auch für kleinere Freiflächen geeignet

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
Mehrfachflächennutzung, häufig im Inselsystem zur Eigennutzung

Solarkocher

Bayerisches Umweltministerium München

Solare Strahlung

Prinzip
Solare Strahlung wird durch Solartechnik energetisch nutzbar gemacht. Mit Hilfe von Solarzellen (Photovoltaik) lässt sich Gleichstrom erzeugen oder durch Sonnenkollektoren Wärme. Solarenergie findet zudem indirekt Anwendung in weiteren erneuerbaren Energieträgern wie der Biomasse (Photosynthese) oder in thermodynamischen Prozessen.

Verfügbarkeit/Effizienz
Die solare Strahlung schwankt im Tages- und Jahresverlauf und unterliegt vielfältigen Umwelteinflüssen wie Standort, Luftfeuchtigkeit und Bewölkung. Der Ertrag ist abhängig von dem Standort, der Anzahl der Module und den Umweltfaktoren. Die Effizienz und Konstanz der Energieversorgung hängt in hohem Maße von Speichertechnologien und Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Energieträgern und Versorgungsnetzen ab.

Solarkollektor

_Funktion
Thermische Solaranlagen erzeugen Wärme zur Wassererhitzung, Heizungsunterstützung oder solaren Klimatisierung (solare Kälte) in Gebäuden. In industriellen Anlagen wird Solarthermie zur Produktion von Prozesswärme in Niedertemperatur eingesetzt.

_Gestalt
Solarkollektoren stellen sich als vollflächige oder röhrenförmig flächige Dachaufbauten bzw. Fassadeneinbauten dar. Es wird unterschieden zwischen Vakuumröhrenkollektoren, Flachkollektoren und Parabolrinnenkollektoren.

_Anforderungen an Fläche und Lage
möglichst nach Süden ausgerichtet; Neigungswinkel; wenig Verschattung; benötigt Speicherungsmöglichkeiten; Dimensionierung korreliert mit der Nutzungsmenge

_Input/Output
solare Strahlung > Wärme

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
Ausrichtung von Gebäuden und Dachflächen; integriert in Fassaden und Dachflächen

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
Einspeisung in offene Wärmenetze; Insellösungen

Dachflächenphotovoltaik in den Hamburger Vierlanden

Solarfeld Thüngen

Photovoltaikanlage

_Funktion
Die Erzeugung von Solarstrom geschieht über kleine Solarzellen, die zu einem Solarmodul zusammengefügt werden.

_Gestalt
Flächige Solarzellen werden in Gebäudedächer und Fassaden integriert oder auf freien Flächen verwendet.

_Anforderungen an Fläche und Lage
möglichst nach Süden ausgerichtet; Neigungswinkel; wenig Verschattung; Einspeisemöglichkeit in das Stromnetz

_Input/Output
solare Strahlung > elektrische Energie im Leistungsbereich von 0,17 – 0,2 kW/m²

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
Farbgebung sowie Ausrichtung von Dachflächen und Gebäuden; Flachdächer mit Aufständerung; als Gestaltungselement einsetzbar z.B. semitransparente Solarmodule

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
Ladestationen von Elektroautos; Netzeinspeisung; Insellösungen mit geringer Stromabnahme;
temporäre Nutzung; Schneelastvermeidung

Solarfeld

_Funktion
Solarmodule werden zur Stromerzeugung großflächig zusammengeschaltet.

_Gestalt
Großflächige Anlagen mit Solarmodulen werden meist in ländlichen Gebieten betrieben. Alternativ werden viele Solaranlagen auf Gebäudedächern zusammengeschaltet.

_Anforderungen an Fläche und Lage
möglichst hohe Sonneneinstrahlung; ebenes bis leicht nach Süden geneigtes Gelände; Anschluss an das Stromnetz; möglichst auf weniger fruchtbaren Anbauflächen

_Input/Output
solare Strahlung > elektrische Energie im Leistungsbereich bis 30 MW

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
landschaftsprägende Großanlagen mit hohem Flächenbedarf; bietet alternative Nutzung in unwirtschaftlichen Lagen (Hanglagen)

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
Restflächennutzung (bspw. Bahn- und Wallanlagen)

Wassermühle Jakubov

Altes Wasserkraftwerk Rheinfelden

Wasser

Prinzip
Die Nutzung der Wasserkraft beruht auf der potenziellen oder kinetischen Energie des Wassers. Die Energie des Wassers wird durch Turbinen und angekoppelte Generatoren in elektrische Energie umgesetzt.

Verfügbarkeit/Effizienz
Grundsätzlich ist Wasserkraft permanent vorhanden. Der Leistungsbereich der unterschiedlichen Anlagen ist jedoch bspw. abhängig von den topographischen Verhältnissen, der Fallhöhe und dem Druck, der Strömung oder dem Tidenhub. Zudem beeinflussen jahreszeitlich variierende Durchflussmengen und -geschwindigkeiten den Wirkungs- und Nutzungsgrad der Anlagen.

Laufwasserkraftwerk

_Funktion
Wasser wird durch eine Turbine geleitet, dabei wird die potenzielle Energie des Wassers mittels eines Generators in Strom gewandelt. Meist wird das Fließgewässer aufgestaut, um Durchfluss und Gefällehöhe zu steigern.

_Gestalt
Der Kraftwerkstyp stellt sich als lineare Stauanlage mit Maschinenhaus quer zur Fließrichtung von Flüssen dar.

_Anforderungen an Fläche und Lage
Einspeisemöglichkeit ins Stromnetz; Fließgeschwindigkeit; naturräumliche und ökologische Restriktionen

_Input/Output
potenzielle und kinetische Energie des Wassers > elektrische Energie bis zu wenigen hundert MW

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
starker Eingriff in die Umwelt und das Landschaftsbild

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
hohes Potenzial zur Installation weiterer Kraftwerksanlagen an bereits bestehenden Querbauten in Flüssen; Stauanlagen sind zugleich Querungsmöglichkeiten; Einbindung in das Wegenetz

Gezeitenkraftwerk Rance / Frankreich

Gezeitenkraftwerk

_Funktion
Gezeitenkraftwerke wandeln die aus dem Tidenhub resultierende potenzielle und kinetische Energie in elektrische Energie um.

_Gestalt
Gezeitenkraftwerke sind gewaltige lineare Staubauwerke an Flussmündungen oder Meeresbuchten.

_Anforderungen an Fläche und Lage
Tidenhub; Einspeisemöglichkeit ins Stromnetz; naturräumliche und ökologische Restriktionen

_Input/Output
potenzielle und kinetische Energie des Wassers > elektrische Energie zu mehreren hundert MW

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
massiver Eingriff in die Umwelt und das Landschaftsbild

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
Stauanlagen sind zugleich Brücken; Einbindung ins Straßennetz

Badestelle (hot pot) in Island

Erdwärmesondenbohrung

Geothermie

Prinzip
Nutzung der Erdwärme als Energiequelle. Geothermie ist die in der Erdkruste gespeicherte Wärme. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Temperatur der Gesteinsschichten durchschnittlich um 3 °C pro 100 m zu. Die Wärme aus dem Erdinneren entsteht durch natürliche radioaktive Zerfallsprozesse. In Oberflächennähe werden die Temperaturen im Wesentlichen von der Sonneneinstrahlung sowie dem Sicker- und Grundwasser beeinflusst. Der Vorteil der Geothermie liegt in der hohen Versorgungssicherheit, da sie unabhängig von Klima, Jahres- oder Tageszeit und nahezu überall verfügbar ist.

Verfügbarkeit/Effizienz
Die oberflächennahe Nutzung von Geothermie wird über Wärmepumpen und -tauschern betrieben und ist unter bestimmten Voraussetzungen an nahezu allen Orten realisierbar. In Tiefen unterhalb von 400 bis 5000 m kann in geeigneten Gebieten das Wärmepotenzial ohne Wärmepumpe für Heizzwecke oder zur Stromerzeugung genutzt werden.

Erdwärmesonde

_Funktion
Erdwärmesonden werden zum Heizen (mittels Wärmepumpen) oder Kühlen (bei geringeren Tiefen) von Gebäuden verwendet. Dazu werden Rohrpaare in ein brunnenartiges Bohrloch eingeführt und u-förmig verbunden. In den Rohren zirkuliert ein Sole-Wasser-Gemisch und entzieht dem Boden Wärme. Die Bohrungen werden in der Regel tiefer als 50 m durchgeführt.

_Gestalt
Die Sonden werden unterhalb von Gebäuden als vertikale Rohre in das Erdreich eingebracht und sind von der Oberfläche nicht sichtbar.

_Anforderungen an Fläche und Lage
platzsparende Technik; nahezu an allen Standorte realisierbar; tiefe Bohrungen unterliegen dem Berg- und Wasserrecht

_Input/Output
Erdwärme > Soleerwärmung > Wärme

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
städtebaulich integrierbar

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
jahreszeitliche Nutzung der Bodenschicht als Wärmespeicher in Kombination mit Solarthermie oder Abwärme

Spiralkollektoren

Geothermieheizkraftwerk Unterhaching

Erdwärmekollektor (Flächenkollektor und Erdwärmekorb)

_Funktion
Erdwärmekollektoren werden nach dem gleichen Prinzip wie Erdwärmesonden betrieben und zur Heizungsunterstützung, Warmwasseraufbereitung und Kühlung von Gebäuden eingesetzt. Flächenkollektoren und Erdwärmekörbe werden in frostsicherer Tiefe (ca. 1-2m) verlegt. Der geothermische Wärmestrom aus der Tiefe ist dabei zu vernachlässigen.

_Gestalt
Statt einer vertikalen Bohrung werden flächige oder spiralförmige Rohrsysteme (Erdwärmekörbe) horizontal im Erdreich verlegt. Nach dem Einbau sind Erdwärmekollektoren nicht sichtbar.

_Anforderungen an Fläche und Lage
geringe Versiegelung (Regendurchlässigkeit) und Verschattung; Entnahmewärme steigt mit der Größe der verfügbaren Fläche

_Input/Output
Erdwärme > Wärme im Leistungsbereich von 10 W/m² bis zu 35 W/m²

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
vornehmlich in locker bebauten Siedlungsgefügen mit hohem Freiflächenanteil; Erdwärmekörbe bei geringer Flächenverfügbarkeit

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
jahreszeitliche Nutzung der Bodenschicht als Wärmespeicher in Kombination mit Solarthermie oder Abwärme; Mehrflächennutzung (Kollektoren bspw. unter Spiel- und Sportplätzen); günstige Investition im Zusammenhang mit der Aushebung einer Baugrube

Tiefe Geothermie

_Funktion
Als tiefe Geothermie bezeichnet man die Nutzung der Erdwärme in Tiefen bis zu 5000 m und einer Temperatur über 60 °C. Ab einer Temperatur von 90° C kann neben Heißwasser auch direkt elektrische Energie erzeugt werden. Geothermie ist bei sachgerechter Bewirtschaftung praktisch nicht erschöpflich und konstant. Nach etwa 20 - 30 Jahren müssen sich die tiefengeothermischen Lagerstätten regenerieren.

_Gestalt
Die Anlagen zur Nutzung tiefer Geothermie sind industrielle Bauwerke mit Generatoren, Pumpwerk sowie zwei Bohrungen zur Förderung (Fördersonde) und Rückführung (Injektionssonde) des Heißwassers.

_Anforderungen an Fläche und Lage
aufwendige Prüfung der geothermischen Verfügbarkeit, geeignete Boden und Grundwasserverträglichkeit; Anschluss an Wärme- bzw. Stromnetze; Nähe zu Wärmeabnehmern

_Input/Output
Erdwärme > geothermales Fluid > Wärme, elektrische Energie

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
industrielle Anlagen mit relativ geringem Flächenbedarf; bedingt sichtbar im Stadtbild

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
jahreszeitliche Nutzung der Bodenschicht als Wärmespeicher

Brennholzstapel

Biomassekraftwerk Scharnhäuser Park / Ostfildern

Biomasse

Prinzip
Umwandlung von holz- und halmartiger Biomasse sowie organischer Reststoffe und Nebenprodukte in Wärmeenergie, elektrische Energie und Biokraftstoffe. Dabei werden in unterschiedlichen Anlagentypen verschiedene Verfahren (Verbrennen, Transformieren, Vergären) eingesetzt.

Verfügbarkeit/Effizienz
Die Effizienz der Energieproduktion aus Biomasse richtet sich v.a. nach den verwendeten Pflanzenarten und deren Ertrag pro Fläche, der Zusammensetzung der Brennstoffe bzw. Substrate, der Eignung land- und forstwirtschaftlicher Anbauflächen sowie dem Wirkungsgrad der Umwandlungsanlagen. Weitere wichtige Einflussfaktoren sind räumliche Nutzungskonkurrenzen (Biomasseanbau hat den höchsten Flächenanspruch pro kWh unter den erneuerbaren Energien) und die Verfügbarkeit organischer Reststoffe. Der Anbau von Energiepflanzen und der Verwertungsprozess in Biogasanlagen bieten wichtige wirtschaftliche Potenziale für Landwirte in Regionen mit extensiv genutzten bzw. brachliegenden Flächen und können den Erhalt der Kulturlandschaft sichern.

Biomassekraftwerk und -heizkraftwerk

_Funktion
Biomassekraftwerke erzeugen durch die Verbrennung von Biomasse mittels Dampfturbinen elektrische Energie. Biomasseheizkraftwerke stellen zudem Wärmeenergie bereit. Dies erfolgt mittels Wärmetauscher nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung.

_Gestalt
Biomasseheizkraftwerke stellen sich als blockartige Hüllenbauwerke variierender Größe dar. Große Anlagen mit raumgreifenden Anbauten (Schornsteine, Brennstofflager, Rohrleitungen) haben deutlichen Einfluss auf das Stadtbild.

_Anforderungen an Fläche und Lage
Einspeisemöglichkeit in das Strom- und Wärmenetz; bei Wärmenutzung Verbrauchernähe; flächenintensiver Anbau der Biomasse

_Input/Output
land- und forstwirtschaftliche Biomasse, Grünschnitt, Holz- und Restholzprodukte, Biogas etc. > elektrische Energie, Wärme, Prozesswärme im Leistungsbereich zwischen 5 MW und 20 MW

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
große Anlagen nur im gewerblichen und industriellen Zusammenhang integrierbar; nur bedingt mit Siedlungsbild vereinbar

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
zentrale Versorgung auf Quartiersebene, große Anlagen bedienen Fern- und Nahwärmenetze; Verfeuerung von niederwertigem Gas aus Biogasanlagen; Bestückung der Dachflächen großer Anlagen mit Solarkollektoren, städtische Abfallsysteme (energetische Verwertung von Altholz)

Biogasanlage nähe Reitbrook / Hamburg

Biomasseheizwerk Maria Gugging / Österreich

Biogasanlage

_Funktion
Biogasanlagen erzeugen durch die Vergärung von Biomasse Biogas. In einem anschließenden Verfahrensschritt (Biogasaufbereitung) kann durch Reinigung Biomethan (Bioerdgas) gewonnen werden.

_Gestalt
Große Biogasanlagen sind flächige Ensembles aus großformatigen Faulbehältern (Fermenter), Gasspeichern, Brennstofflagern und angekoppelten Blockheizkraftwerken.

_Anforderungen an Fläche und Lage
Einspeisemöglichkeit ins Gas- und Stromnetz; der Flächenbedarf variiert mit dem Anlagentyp (bspw. Integration von Gasaufbereitungsanlagen); flächenintensiver Anbau der Biomasse

_Input/Output
organische Reststoffe, bspw. Bioabfälle, Gülle, Klärschlamm, Pflanzensilage > Biogas, Biomethan (Bioerdgas), Gärrest

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
große Anlagen nur bedingt mit dem Landschaftsbild vereinbar; Anlagen meist im landwirtschaftlichen Zusammenhang; Privilegierung von Anlagen im Außenbereich; unterliegt dem BImschG

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung, Biogas wird in angekoppelten Biomasseheizkraftwerken genutzt (Strom, Wärme); Veredelung zu Bioerdgas ermöglicht Einspeisung in das Gasnetz; Biogas als Treibstoff; Gärrest als hochwertiger Dünger; städtische Abfallsysteme (energetische Verwertung organischer Abfälle)

Biomasseheizwerk

_Funktion
Durch die Verfeuerung von Biomasse wird Wärmeenergie erzeugt. Größere Anlagen geben die Wärme in Form von Heißwasser oder Wasserdampf an ein Wärmenetz ab. Kleinstanlagen (Mikro-Anlagen), die sich in zu beheizenden Gebäuden befinden, werden als Hackschnitzel-, Pelletheizungen etc. bezeichnet.

_Gestalt
Kleinere Anlagen stellen sich als Heizungsanlage im Inselbetrieb oder als Objekt-Heizwerke für zentrale Wärmeversorgung größerer Gebäude-(Komplexe) mit Brennkammer und Lagerräumen unterschiedlicher Größe dar. Größere Anlagen sind meist freistehende kubische Gebäude mit angegliederten Brennstofflagern, Schornsteinen etc.

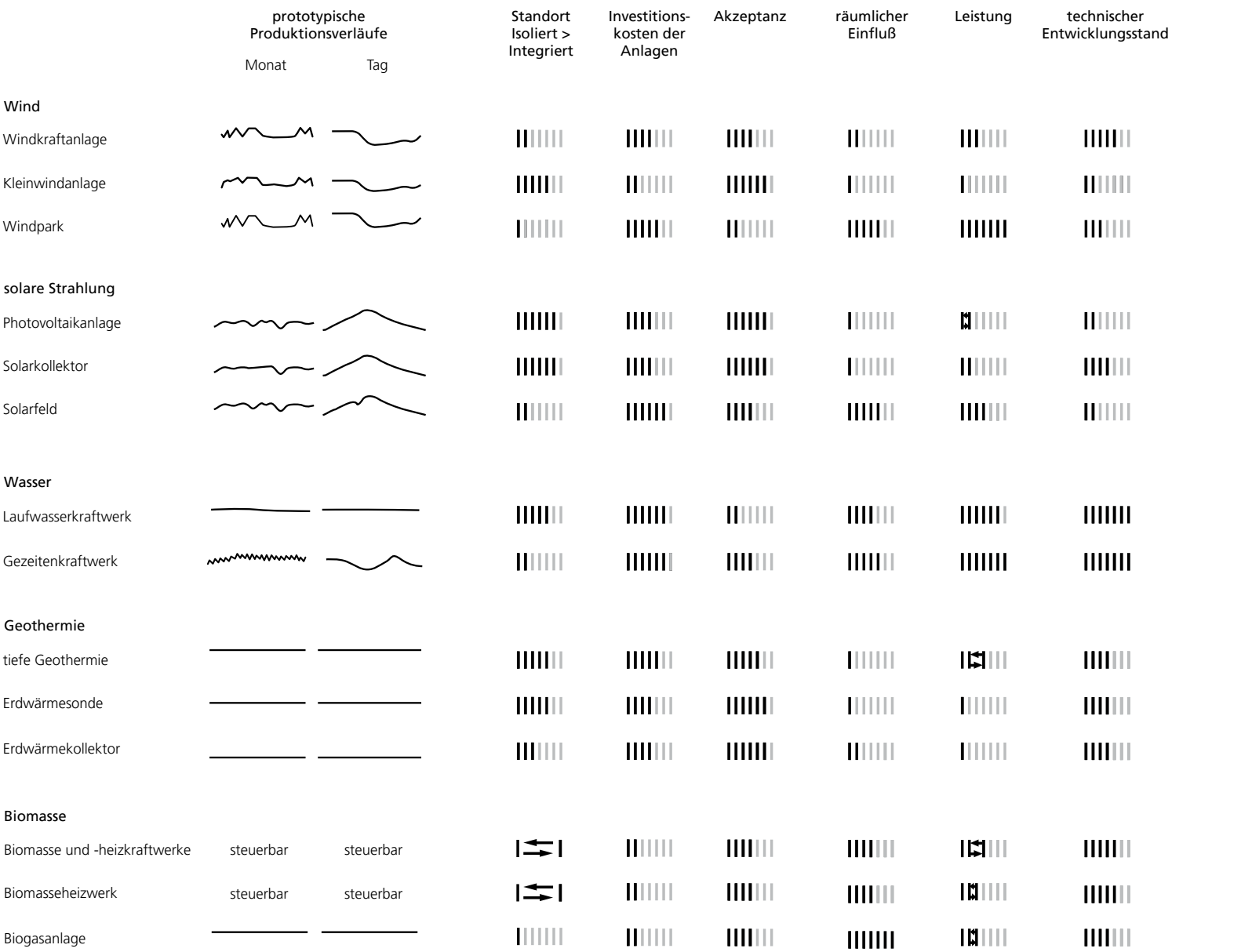
_Anforderungen an Fläche und Lage
bei großen Anlagen Einspeisemöglichkeit ins Wärmenetz; flächenintensiver Anbau der Biomasse

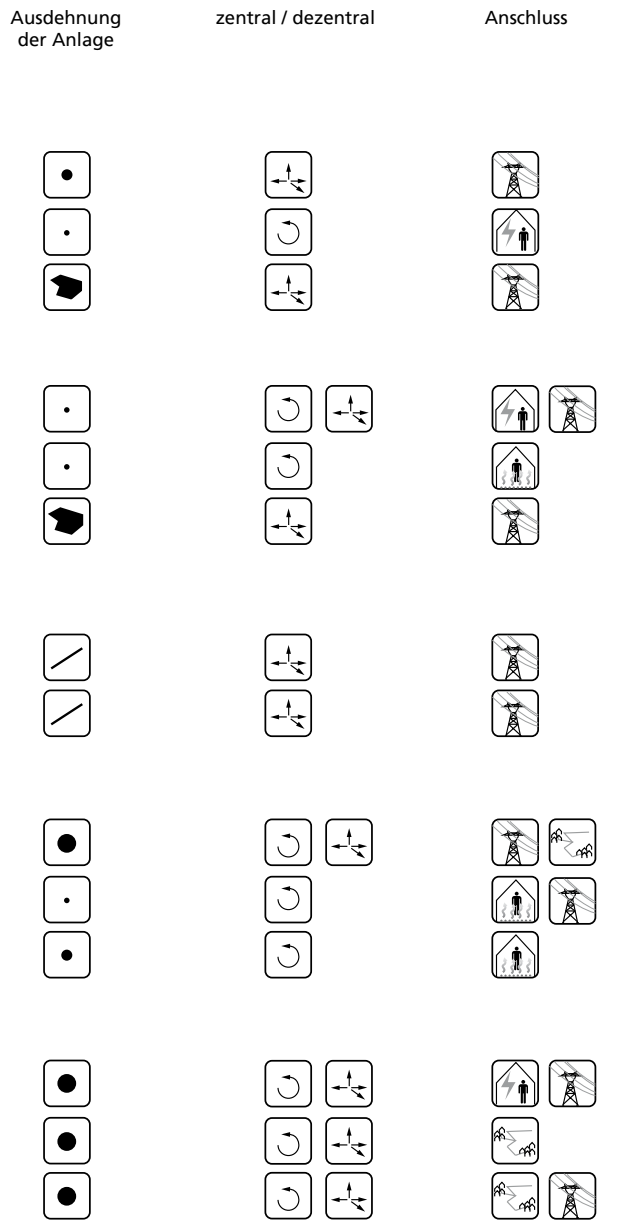
_Input/Output
land- und forstwirtschaftliche Biomasse, Grünschnitt, Holz- und Restholzprodukte, Biogas etc. > Wärmeenergie im Leistungsbereich zwischen 300 kW und 5 MW

_räumliche Auswirkungen und Potenziale
große Anlagen nur im gewerblichen und industriellen Zusammenhang integrierbar; nur bedingt mit Siedlungsbild vereinbar

_Synergien mit anderen Systemen und Nutzungen
zentrale Versorgung auf Quartiersebene, große Anlagen bedienen Fern- und Nahwärmenetze; Verfeuerung von niederwertigen Gas aus Biogasanlagen; Bestückung der Dachflächen großer Anlagen mit Solarkollektoren, städtische Abfallsysteme (energetische Verwertung von Altholz)

Generatorenmatrix





Das Schaubild dient einer vergleichenden Betrachtung der verschiedenen Kraftwerks- und Produktionssysteme hinsichtlich ihres räumlichen und systemischen Zusammenhangs sowie Einschätzungen zu den technischen Merkmalen. Bei Anlagen mit einem geringen technischen Entwicklungsstand, ist - eine gleichbleibende Dynamik in der Forschung und Entwicklung vorausgesetzt - mit einer weiteren Steigerung der Leistung und Erträge zu rechnen.

Umbau Energiebunker Wilhelmsburg / Hamburg

6b Speicher

Ebenso wie der Energieertrag natürlichen Schwankungen unterliegt, wirken auch bedarfsseitig verschiedene Abnahmeintensitäten. Während bspw. Wohngebäude tagsüber einen relativ geringen Bedarf an elektrischer Energie haben, steigt der Verbrauch in den Morgen- und Abendstunden merklich an. Schwankungen insbesondere im Wärmebedarf bestehen auch im Verhältnis von Sommer zu Winter. Um diese ausgleichen zu können sind intelligente Netze sowie Energiespeicher erforderlich. Dabei kann die Energie prinzipiell in Form von elektrischer, (elektro-)chemischer, mechanischer sowie thermischer Energie gespeichert werden. Bei energetischen Umwandlungsprozessen treten immer Verluste auf, so dass häufige Umwandlungsprozesse den Wirkungsgrad deutlich verringern können. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien, die sich in Reaktionszeit, Kapazität, Leistung, Größe, Ladezyklen und Wirkungsgrad unterscheiden. Je nach Anwendungsbereich haben die Technologien Vor- und Nachteile, in der richtigen Kombination können Speicher die Effizienz von Generatoren erhöhen.

Druckluftspeicher Huntorf

Pumpspeicherkraftwerk Geesthacht

Druckluftspeicher (mechanisch)

Druckluftspeicher (Compressed Air Energy Storage) eignen sich zur Speicherung von Strom in Schwachlastzeiten mittels der Kompression von Luft. Als Speicherkammern dienen unterirdische Kavernen. Bei Bedarf wird die komprimierte Luft durch die Verbrennung von Erdgas erhitzt und in einer Gasturbine verstromt.
Der Vorteil eines Druckluftspeichers liegt in den schnellen Startzeiten, welche zur Bedienung von Spitzenlasten nötig sind. Zudem dienen die Anlagen der Bereitstellung von Regelleistung. Durch die nötige Kühlung vor der Einlagerung und Erwärmung bei ihrer Expansion muss bei dem Verfahren zusätzliche Energie aufgewendet werden. Aus diesem Grund liegt der Wirkungsgrad bisheriger Druckluftspeicher bei 40 bis 54 Prozent.[2]
Neuere Technologien kombinieren Druckluftspeicher mit Wärmespeichern, um so die Luft vor der Entspannung zu erhitzen (adiabate CAES-Kraftwerke). Durch diese Technologie erhöht sich der Wirkungsgrad auf 70 Prozent. Die Anlagen stellen sich als große Kraftwerke dar, die außerhalb des Siedlungszusammenhangs lokalisiert sind. Bislang wurden weltweit erst wenige Anlagen realisiert.
Druckluftspeicher benötigen ausgehöhlte, luftdichte Salzstöcke und sind deshalb an geologisch geeignete Standorte gebunden. Da in Norddeutschland Salzstöcke weit verbreitet sind und zudem überdurchschnittliche Windgeschwindigkeiten wirken, bieten sich hier Standortsynergien. „Diese ermöglichen es, die fluktuierende Erzeugung elektrischer Energie aus Windenergie von der Netzeinspeisung zeitlich zu entkoppeln und ihr so den Charakter eines kontinuierlich und geplant einsetzbaren Kraftwerks zu geben."[3]

Pumpspeicherkraftwerk (mechanisch)

In Pumpspeicherkraftwerken werden in Zeiten günstig verfügbarer elektrischer Energie große Mengen an Wasser in ein höher gelegenes Becken gepumpt. In Zeiten erhöhten Bedarfs an elektrischer Energie wird das Wasser mittels Turbinen und Generatoren verstromt.
Pumpspeicherkraftwerke gelten als klassische Langzeitspeicher zur Bereitstellung von Spitzenlaststrom und dem Ausgleich unerwarteter Schwankungen. Die Erzeugungsleistung steht bei Bedarf innerhalb von Minuten zur Verfügung und kann in einem weiten Bereich flexibel geregelt werden. Zudem sind die Kraftwerke schwarzstartfähig und können bei totalen Stromausfällen zum Anfahren anderer Kraftwerke eingesetzt werden.
Als Speicher dienen sowohl natürliche Seen als auch künstliche Reservoire, die sich teilweise als riesige Staubauwerke darstellen. Das Wasser wird durch weiträumige Rohrleitungen abgeführt, die im Maschinenhaus münden. Wie viel Energie dabei erzeugt werden kann, hängt von der Größe des Wasserreservoirs und dem Höhenunterschied zwischen Reservoir und Maschinenhaus ab. Große Anlagen erreichen eine Leistung bis zu mehreren hundert MW. Der Wirkungsgrad liegt bei 65 bis 85 Prozent.
Pumpspeicherkraftwerke unterliegen hohen Anforderungen an den Standort, so dass in Deutschland nur noch ein geringes Ausbaupotenzial vorhanden ist. Zu den Anforderungen zählt insbesondere die Lage an Wasserläufen bzw. Seen, ein nutzbarer Höhenunterschied und aufgrund der meist hohen Leistungen eine Einspeisemöglichkeit in das Stromnetz. Zugleich bedeutet die Anlage von Pumpspeicherkraftwerken in der Regel einen massiven Eingriff in die Umwelt und das Landschaftsbild.

Installation Stadtrad Hamburg

Wasserstofftankstelle HafenCity / Hamburg

Batterie / Akkumulator (elektrochemisch)

Da sich der Stromanteil aus dezentralen und zugleich oftmals fluktuierenden Quellen in Zukunft erhöhen wird, kommt der Weiterentwicklung dezentraler Speichertechnologien eine zunehmend wichtige Rolle zu. Bislang werden Batterien und Akkumulatoren als Speichersysteme für elektrische Energie aus Wind und Sonne noch relativ selten genutzt.
Batterien und Akkumulatoren sind integrierte Lösungen und entwickeln als solche keine räumlichen Auswirkungen. Sie bieten Vorteile im stationären Einsatz, bspw. als Notstromaggregate in Krankenhäusern, als Puffer in Windkraftanlagen und werden zukünftig zu einem wichtigen Bestandteil von Smart Grids. Zudem sind sie transportabel und ein maßgeblicher Baustein der Elektromobilität. Zugleich werden elektrochemische Speicher besonders im Nahverkehr an Bedeutung gewinnen. So können diese, sofern in intelligente Netze eingebunden, zur Stabilisierung der Spannung und Frequenz im Verteilernetz beitragen.
Gegenwärtig besteht ein weiterer Entwicklungsbedarf darin, Batterien und Akkumulatoren leistungsfähiger und langlebiger zu gestalten. Problematisch ist bspw. der Kapazitätsverlust durch häufige Ladezyklen, was sich zudem negativ auf die Lebensdauer auswirkt (v.a. Blei-Säure-Akkumulatoren). Zudem wird häufig kritisiert, dass zur Herstellung seltene und kostenintensive Rohstoffe nötig sind und mit den heutigen Technologien keine massenhafte Verbreitung möglich sei.

Wasserstoff (stofflich)

Wasserstoff lässt sich sowohl aus fossilen als auch aus erneuerbaren Energieträgern herstellen und gilt als universeller Energiespeicher. Bei der Verbrennung entstehen weder Schadstoffe noch Treibhausgase. Die Einsatzmöglichkeiten gestalten sich bezüglich der Speicher- und Transformationsmöglichkeiten vielfältig.[4] Wasserstoff lässt sich gasförmig oder flüssig speichern und kann in Gasflaschen sowie Pipelines transportiert oder in Gasometern, Kesseln und Metall-Hybrid-Speichern aufbewahrt werden. Alternativ ist eine Einspeisung in das Gasnetz möglich, wobei der Wasserstoffanteil nicht über 5 Prozent betragen darf.
Besondere Aufmerksamkeit hat Wasserstoff als Speichermedium durch die Expansion der Windkraft erhalten. So kann in Schwachlastzeiten überschüssiger Strom durch Wasserelektrolyseverfahren als chemische Energie gespeichert werden. Über Gasturbinen kann der Wasserstoff bei Bedarf rückverstromt werden. Ebenfalls in der Testphase befindet sich die Nutzung als Treibstoff für Kraftfahrzeuge mit Brennstoffzellen. Damit könnte Wasserstoff außerhalb der unmittelbaren Elektrizitätserzeugung nutzbar gemacht werden.[5]
Bei der Speicherung von Wasserstoff entstehen sicherheitstechnische Risiken, da Wasserstoff in Kontakt mit Luft ein explosives Knallgas bildet. Zudem ist die Speicherung häufig sehr energieintensiv und beeinträchtigt den Gesamtwirkungsgrad. Ein Vorteil von Wasserstoff liegt in der enormen Energiedichte.

Synthetisches Methan (stofflich)

Aus Wasserstoff kann in einen weiteren Schritt synthetisches Methan (Bioerdgas) produziert werden. Dieses kann wiederum in das Gasnetz eingespeist werden, das in Deutschland eine hohe Speicherkapazität aufweist.

Umbau Energiebunker Wilhelmsburg / Hamburg

Latentwärmespeicher, Taschenwärmer

Warm-Wasser-Speicher (thermisch)

Die Erhitzung oder Abkühlung des Speichermediums dient der Bereitstellung von Wärme. Aufgrund der kostengünstigen Verfügbarkeit und der hohen spezifischen Wärmekapazität wird in der Regel Wasser eingesetzt. Die Wärmespeicherung wird dabei in verschiedenen Ausführungen vorgenommen. Kleine dezentrale Pufferspeicher werden für Tage und Wochen eingesetzt und sind häufig in Gebäude integriert. Große Speicher mit einem Speichervolumen bis zu mehreren tausend m³ werden meist im Zusammenschluss mit Nahwärmenetzen zur Speicherung saisonaler Wärme genutzt.[6]
Einige Speicherstandorte sind nicht sichtbar, da das Erdreich mit seinen Dämmeigenschaften genutzt wird. Dabei wird die Wärme im Erdreich gespeichert und mittels Wärmepumpen abgerufen (oberflächennahe Speicherung oder Aquiferspeicher). Im Sommer kann der Speicher auch zur Kühlung von Gebäuden eingesetzt werden. Andere thermische Speicher stellen sich meist als zylindrische Bauwerke dar. In Hamburg-Wilhelmsburg wird bspw. der Innenraum eines ehemaligen Flagbunkers zur Speicherung von Warmwasser in Kombination mit einem Wärmenetz und einer solarthermischen Anlage genutzt.

Latentwärmespeicher (thermisch)

Latentwärmespeicher nutzen bei der Temperaturerhöhung oder -absenkung einen Phasenwechsel wie z.B. von fest zu flüssig. Dabei wird nicht die Temperatur, sondern der Aggregatzustand des Speichermediums geändert. Ein einfaches Beispiel sind Wärmekissen.
Von großem Vorteil ist, dass auch bei geringen Temperaturunterschieden ein hoher Anteil thermischer Energie gespeichert werden kann. Im Gegensatz zu herkömmlichen Wasserspeichern werden Latentwärmespeicher deutlich Platz sparender verbaut. Zusätzlich können die Systeme Wärme in Kälte transformieren.

Thermochemische Speicher (thermisch)

Thermochemische Wärmespeicher speichern die Wärme mithilfe von endo- und exothermen Reaktionen. Während des Lade- (Desorption) und Entladevorgangs (Adsorption) wechselt das verwendete Trägermedium seine chemische Zusammensetzung.
Thermochemische Speicher gelten als die Wärmespeicherart mit der theoretisch höchsten Speicherdichte. Zudem ermöglichen sie im Unterschied zu Puffer- und Latentwärmespeichern eine nahezu verlustfreie Speicherung größerer Wärmemengen. Daher erlauben sie saisonale Wärmespeicherungen in Regionen mit hohen jahreszeit-lichen Temperaturschwankungen.
Ein Großteil der thermochemischen Speicher, insbesondere in der großtechnischen Anwendung, befindet sich noch in der Entwicklungsphase. Bspw. werden saisonale Speicher zur Deckung des jährlichen Heizwärmebedarfs von Niedrigenergiehäusern entwickelt.[7]

Speichermatrix

	Kapazität	Leistung	Speicherdauer	Wirkungsgrad	Ausdehnung	zentral / dezentral	technischer Entwicklungsstand
mechanisch							
Pumpspeicherwerke			Tag - Monat	80%			
Druckluftspeicher			Tag	40-70%			
Elektrochemisch							
Batterien und Akkumulatoren			Tag - Monat	75-95%			
thermisch							
Warm-Wasser-Speicher			Tag - Jahr	50-90%			
Latentwärmespeicher			Stunde - Woche	75-90%			
thermochemische Speicher			Stunde - Tag	100%			
„stofflich“							
Wasserstoff			Tag - Jahr	25-50%			

Das Schaubild dient einer vergleichenden Betrachtung der verschiedenen Speichersysteme hinsichtlich ihres räumlichen und systemischen Zusammenhangs sowie Einschätzungen zu den technischen Merkmalen. Da sich die meisten Speichertechnologien, mit Ausnahme von Pumpspeicherkraftwerken, noch im Entwicklungsstadium befinden, sind Prognosen über den Zubau sowie die Entwicklung des Wirkungsgrades, der Kosten etc. schwer zu treffen.[8]

Hochspannungsmasten nähe Mümmelmannsberg / Hamburg

6c Netze

Netze sind die verbindenden Elemente zwischen Produzenten und Abnehmern. Die Versorgungsnetze lassen sich in Strom-, Wärme- und Gasnetze untergliedern. Sie dienen dem Transport von Primärenergieträgern (z.B. Gasfernleitungen) oder – nach der Umwandlung – dem Transport von Sekundärenergie, wie elektrischer Energie (Stromnetze) oder Nutzenergie in Form von Wärme bzw. Heißwasser (Wärmenetze).
Je nach Netztyp und Auslegung entstehen beim Transport Leitungsverluste. Während Gasnetze nur geringe Verluste haben, ist beim Stromtransport die Spannungsebene der bedeutende Faktor. Der Wärmetransport unterliegt den höchsten Effizienzeinbußen, so dass Wärme möglichst nah am Verbraucher produziert wird, um Übertragungsverluste zu minimieren.
Die Eigentumsverhältnisse variieren von Netztyp zu Netztyp. Dabei ist es insbesondere in den letzten Jahrzehnten zu einer stärkeren Privatisierung gekommen. Im Neubau werden immer häufiger Nahwärmenetze umgesetzt, die sich im Besitz unabhängiger oder kommunaler Energieunternehmen befinden.
Der Aufbau und die Wartung von Netzen sind sehr kostenintensiv. Diese strategischen Investitionen bedürfen einer langfristigen Planung, der aktuell eine tiefgreifende Veränderung des Energiemarktes und eine damit einhergehende geringe Planungssicherheit gegenüber steht.

Hochspannungsmasten nähe Mümmelmannberg / Hamburg

Fernwärmeleitungen

Stromnetz

Als offenes Netz können Stromerzeuger unabhängig von ihrer Erzeugungsmenge einspeisen und angeschlossene Nutzer Strom entnehmen.

Es wird unterschieden zwischen folgenden Stromnetztypen:

- Höchstspannungsnetz (in der Regel 220 kV oder 380 kV) als Übertragungsnetz für die landes- und europaweite Übertragung von großen Strommengen,
- Hochspannungsnetz (60 kV bis 150 kV) zur überregionalen Übertragung elektrischer Energie,
- Mittelspannungsnetze (1 kV bis 30 kV) zur regionalen Verteilung,
- Niederspannungsnetz (230 V oder 400 V) zur lokalen Verteilung.

Die Netze werden in Freileitungen mit den charakteristischen Strommasten aufgestellt oder als Erdkabel verlegt. Zwischen den verschiedenen Netztypen sind Transformatoren und Umspannungswerke notwendig. Gegen die Genehmigung zum Neubau von Hochspannungsfreileitungen regt sich häufig Widerstand aus naturschutzrechtlichen, visuellen und akustischen Gründen.
Die Speicherung von elektrischer Energie ist heute mit hohen Umwandlungsverlusten (Pumpspeicherkraftwerk) oder geringen Kapazitäten (Batterie, Spule) verbunden. Im Zuge des Ausbaus erneuerbarer Energien werden hinsichtlich der Volatilität zu geringe Netzkapazitäten zur Stromübertragung bemängelt. Diese werden etwa bei Offshore-Windanlagen und damit verbundenen nutzungsentfernten Erzeugungskapazitäten nötig. Eine Ergänzung und im besten Fall eine Alternative zum Ausbau von Übertragungsnetzen stellt die intelligente Steuerungstechnik mit dezentraleren Erzeugern dar (Smart Grids).

Wärmenetze

Wärmenetze ermöglichen die Wärmelieferung vom Produzenten zum Abnehmer und dienen der Versorgung von Gebäuden mit Heißwasser und dem Heizungsbetrieb. Da es nur wenige Einspeiser gibt, sind die Netze meist geschlossen. Wärmenetze werden in Wohngebieten mittels unterirdischer Rohrleitungssysteme ausgeführt. Die Verbraucher sind durch Wärmetauscher angeschlossen. In der Regel wird zwischen Fern- und Nahwärmenetze unterschieden.
Fernwärmenetze versorgen viele Gebäude mit einer oder wenigen zentralen Wärmequellen. Produzent und Abnehmer der Wärme können dabei mehrere km voneinander entfernt liegen. Die eingespeiste Wärme wird in Heizkraftwerken und größeren Heizwerken erzeugt oder in Form von Abwärme als Nebenprodukt industrieller Prozesse im Hochtemperaturbereich genutzt.
Bei Nahwärmenetzen erfolgt die Versorgung auf kleinräumiger Ebene (bis etwa einen km Radius) und entspricht damit eher einem dezentralen Netzsystem. Die eingespeiste Wärme wird meist in lokalen Blockheizkraftwerken innerhalb des Siedlungszusammenhangs mit der Leistung einiger MW erzeugt. Dabei werden neben Erdgas auch Biomasse, Biogas oder solar- und geothermische Quellen als Erzeugungsbasis eingesetzt. Abnehmer sind meist Wohnsiedlungen oder Mischgebiete, an die weitere Großabnehmer wie Schwimmbäder oder Gewerbebetriebe angeschlossen sein können. Entscheidende Faktoren zur Installation von Wärmenetzen sind die Abnehmerdichte und die Netzlänge. Die neuen Heizzentralen sollten vor dem Hintergrund einer ökonomischen und ökologischen Betrachtung einen möglichst hohen Anteil gleichzeitig erzeugten Stroms aus Kraft-Wärme-Kopplung erzeugen.[9]
Als eine besondere Herausforderung gilt in diesem Zusammenhang die zunehmende Wärmedämmung von Gebäuden, wodurch die Wärmeabnahmemenge sinkt. Heute teilweise praktizierte Lösungen sind eine Erweiterung der Netze oder eine Nachverdichtung des Bestandes. Alternativ wird auch eine Absenkung der Temperaturen im Netz erwogen.[10]

Alter Gasometer Zwickau

Gasnetz

Das Gasnetz bietet in Deutschland ein großes Speicherpotenzial. Die Leitungen werden unterirdisch verlegt, während sich Speicher sowohl oberirdisch in Form von Gasometern, als auch unterirdisch in Röhrenspeichern, tiefen Kavernen und Untergrundspeichern finden.
Die weitgehend flächendeckende Verbreitung dient dem Betrieb von gebäudebezogenen Gas- und Zentralheizungen (heute seltener in Kraft-Wärme-Kopplung) und zentralen Heiz- und Heizkraftwerken zur Wärme- und Stromerzeugung. Zudem wird der Energieträger in industriellen und chemischen Prozessen sowie als Treibstoff eingesetzt.
Die Versorgung mit Erdgas ist dabei importabhängig, da lokale Lagerstätten nur in geringen Mengen vorhanden sind. Zur Einspeisung alternativer Gasformen (etwa Biogas) ist eine Umwandlung oder Veredelung des Trägers notwendig. Dezentrale biogasgespeiste Mikrogasnetze wurden bislang nur selten realisiert.

Bioalgen-Testanlage Reitbrook / Hamburg

6d Visionen und Innovationen

Energiesysteme unterliegen einem stetigen Wandel. Dieser wird entweder durch steigende oder sinkende Nachfrage oder durch technische Innovationen und neue Energieträger bestimmt. Zudem wurden Innovationsschübe politisch gefördert oder haben durch Krisen an Dynamik gewonnen. In der Folge des Atomausstiegs unterliegt v.a. der Bereich der Forschung und Entwicklung im Sektor der erneuerbaren Energietechnik einer hohen Dynamik.
Die Anwendung vergangener Innovationen führte teilweise im hohen Maße zu einer veränderten Nutzung und Verfügbarkeit von Energie. Wie im Kapitel „Raumentwicklung im Kontext der Energiesysteme“ bereits sichtbar wurde, waren damit immer wieder starke Auswirkungen auf die Entwicklung der Raumstruktur verbunden (bspw. Dampfmaschine, Verbrennungsmotor).
Auch perspektivisch ist davon auszugehen, dass Innovationen die Zukunft unsere Energiesysteme beeinflussen werden. Angetrieben durch verstärkte Forschung im Bereich erneuerbarer Energien stehen vielversprechende Innovationen vor einem Markteintritt. Die Implementation hängt von den Möglichkeiten einer räumlichen und systemtechnischen Integration ab.

intelligente Steuerungstechnik

Fußbodenheizung für gleichmäßige Flächenwärme

Smart Grid

Smart Grids – so genannte intelligente Netze – nutzen moderne Kommunikations- und Steuerungstechnologien für eine effiziente Stromversorgung. Dabei wird eine dezentrale Stromversorgung mit einem Energiemanagementsystem kombiniert. Über Smart Grids können so mehrere Erzeugungsanlagen mit den Einrichtungen der Stromnetze und der Vielzahl von stromverbrauchenden Endgeräten in Kommunikation treten. Bei der Netzintegration erneuerbarer Energien werden Smart Grids eine wichtige Rolle spielen, um den Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch (auch bei Schwankungen) zu gewährleisten. Durch ein verbrauchsseitiges Lastmanagement können, gesteuert durch ein Netz von zentralen und dezentralen Computern, Geräte (bspw. Kühlgeräte, Wärmepumpen, Wasch- und Spülmaschinen) dann eingeschaltet werden, wenn z.B. bei Starkwind überschüssiger und damit besonders günstiger Strom zur Verfügung steht.[11]

Schema Smart Grid

Anergienetz (Niedrigenergienetz)

Traditionelle Fernwärmenetze nutzen Wassertemperaturen von über 70°C. Damit gehen hohe Leitungsverluste und der Einsatz meist fossiler Brennstoffe zur Erhitzung des Leitmediums einher, was mit einem CO_2-Ausstoß und einem exergetischen Verbrauch verbunden ist. Der exegetische Wert beschreibt dabei die Qualität von Energie. Für Raumwärme muss nicht, wie heute meist üblich, qualitativ hochwertige Energie eingesetzt werden. Auch Anergie bspw. aus Abwärme oder Umweltwärme kann mittels Wärmepumpen in niedrigen Temperaturbereichen genutzt werden und zur Einsparung hochwertiger Energie beitragen.
Anwendungen einer thermischen Vernetzung zwischen Gebäuden im Niedrigtemperaturbereich werden als Anergienetze bezeichnet. Vorteile dieser Netze sind eine modulare Bauweise und die relativ niedrigen Temperaturen, die es ermöglichen, solarthermische und geothermische Anlagen (etwa Erdwärmesonden) effektiv einzubinden. Zudem sind Anergienetze besonders dort von Vorteil, wo neben Wärmebedarf auch ein Kühlbedarf vorhanden ist.[12]

Solargasflaschen

Aquakulturen

EE-Gas

EE-Gas wird je nach genutzter Energiequelle als Windgas oder Solargas bezeichnet. Die Gaserzeugung geschieht dabei synthetisch durch Wasserelektrolyse zu Wasserstoff und einer anschließend möglichen Methanisierung. Der Vorteil liegt in der guten Speicherfähigkeit des Gases, so dass in Zeiten geringer Energienachfrage überschüssige Energie gewonnen werden und in das Gasnetz eingespeist werden kann. In einem weiteren Schritt lässt sich das Gas mittels Blockheizkraftwerken rückverstromen.[13]
Eine weitere Verwendungsmöglichkeit bietet das Gas in Form von Wasserstoff als Biotreibstoff, welches eine regenerative Mobilität ermöglicht.

Biokraftstoffe aus Algen

Gegenwärtig untersuchen verschiedene Studien Möglichkeiten der Kraftstofferzeugung (Biodiesel, -ethanol, -gas, und -wasserstoff) aus Algenkulturen. Algen, die in Aquakulturen oder Algenreaktoren (Photobioreaktoren) gezüchtet werden, können durch unterschiedliche Verfahren (Zentrifugation, Filtern, Abpressen etc.) gewonnen werden. Dem Vorteil des bis zu 15-fachen Flächenertrags von Mikroalgen gegenüber landwirtschaftlicher Biomasse, stehen bislang hohe Betriebskosten und ein hoher Energieaufwand in der Produktion entgegen. Zudem können in Algenreaktoren Kohlendioxide und Stickoxide aus der Verbrennung fossiler Energieträger als Dünger eingesetzt werden.[14]

Bergwerk Wolfstein

Klimahaus Bremerhaven auf Energiepfählen

Stillgelegte Bergwerke und Erdgaslagerstätten als Wärmequelle und -speicher

In Bergwerken und Erdgaslagerstätten sammelt sich warmes Grubenwasser, dessen Temperatur über Wärmetauscher nutzbar gemacht werden kann. In diversen Projektstudien wurden die Potenziale zur Wärmenutzung erforscht und können bei naheliegenden Abnehmern nutzbar gemacht werden.[15]

Geostrukturen

Bei Neubauten ist die Nutzung des Erdreichs für Heiz- und Kühlzwecke in Verbindung mit bautechnisch notwendigen Strukturelementen möglich. So werden bspw. in sogenannten Energiepfählen Wärmetauscherrohre in den Pfahl-Armierungskorb eingelegt. Generell sind alle mit der Erde in Berührung stehenden Gebäudeteile als Wärmetauscher einsetzbar. Beim Einsatz von Geostrukturen ist das Abstimmen mit spezifischen Bau- und Bodenbedingungen sowie die Rahmenbedingungen des Grundwasserschutzes zu beachten.

Holzvergaser

Schwimmendes Strömungskraftwerk, Aqua Libre Projekt

Holzvergaser-Blockheizkraftwerk

Holzvergaserkraftwerke produzieren aus Biomasse Strom und Wärme. Dabei wird die Biomasse nicht verbrannt, sondern Holz bei hohen Temperaturen zersetzt, in Gas umgewandelt und anschließend in einem Blockheizkraftwerk oder einer Turbine verstromt. Die Vergasung von Biomasse gilt als vielversprechende Alternative zur Verbrennung. Das Verfahren ermöglicht auch die zukünftige Nutzung von Biomasse in Brennstoffzellen, dabei werden bei kleinen Leistungseinheiten hohe Stromausbeuten erwartet.
Neu entwickelte Holzvergaser-Pilotanlagen mit angeschlossenem Blockheizkraftwerk werden gegenwärtig im Dauerbetrieb erprobt. Die Technologie gilt als attraktiv, da sie sich auch für kleinere Anlagen eignet und gegenüber konventioneller Holzverbrennung und Dampferzeugung einen höheren Gesamtnutzungsgrad erreicht.[16]

Schwimmendes Strömungskraftwerk

Das Konzept beruht auf der Idee eines schwimmenden Strömungskraftwerks. Die Boje wird an einer Ankerkette in Bereichen günstiger Strömung im Grund fixiert und schwimmt leicht unterhalb der Wasseroberfläche. Da von der Anlage keine Beeinträchtigungen des Flusses ausgehen, können sie in Flussabschnitten eingesetzt werden, die aus landschafts- oder naturschutzrechtlichen Gründen für klassische Kraftwerkstypen nicht in Frage kommen. Gegenwärtig werden zwei Modelle unterschiedlicher Größe entwickelt, die in mittleren (150 cm Rotor) und großen Flüssen (250 cm Rotor) im Insel- und Netzbetrieb eingesetzt werden können.[17]

Sprühbare Solarzellen in der Entwicklung

Schwimmende Solarzellen Entwurf / ZM Architecture

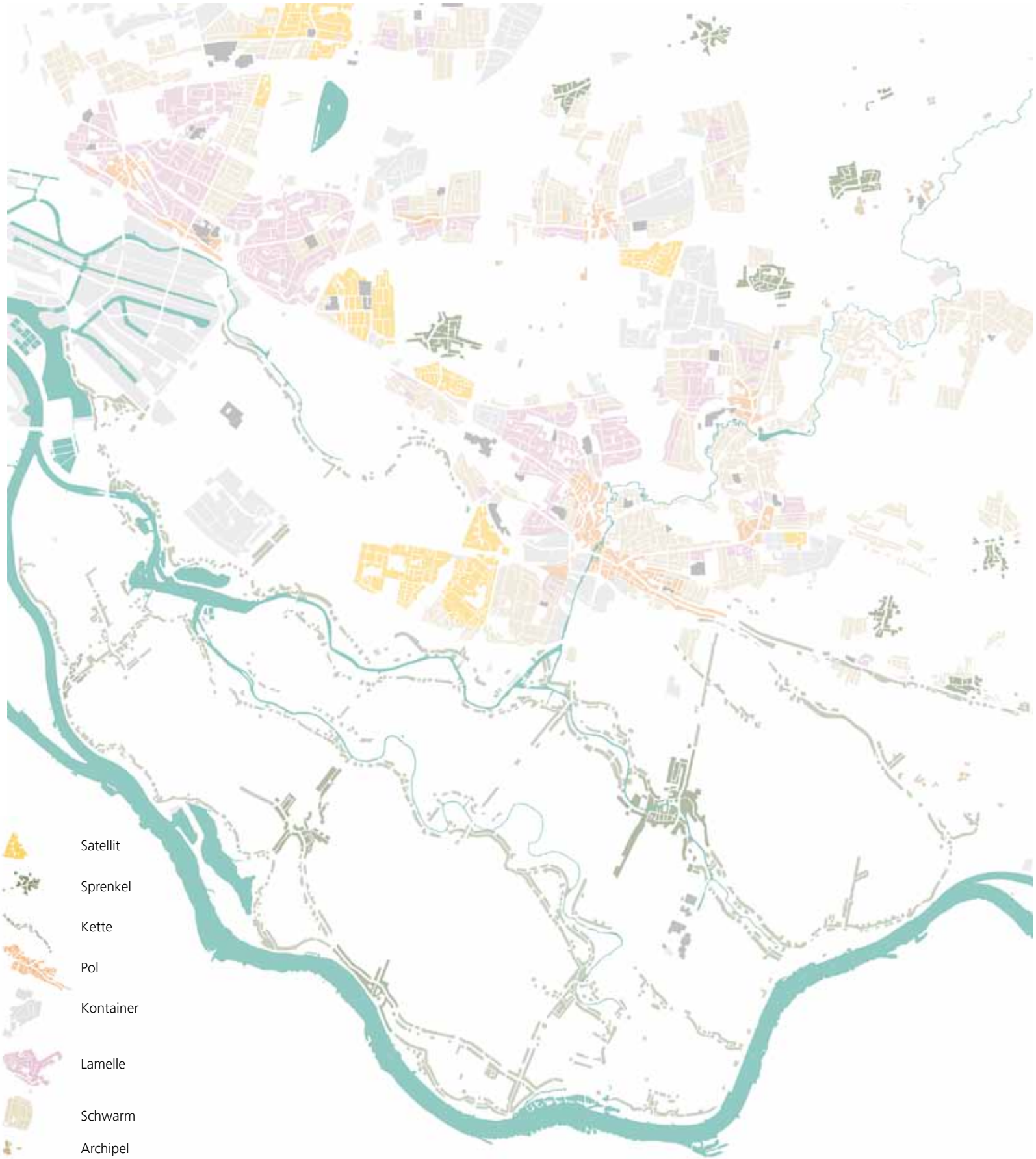
Sprühbare/Klebbare Solarzellen

Verschiedene Entwicklungen zeigen neue Ansätze in der Stromgewinnung aus solaren Potenzialen. So wird an sprühbaren Solarzellen oder Plastikfilmen, welche die aufwendige Glasbeschichtung von Photovoltaik-Modulen ersetzen sollen, geforscht. Zukünftig werden evtl. nicht nur Module aufgebaut, sondern auch Fahrbahnen oder besprühte Hausdächer zur Energieumwandlung genutzt.[18]

Schwimmende Solarfelder

Schwimmende Solarfelder können auf Wasserflächen oder großflächigen Bassins genutzt werden. Auf eine Konstruktion schwimmender Tragwerke werden Solarzellen angebracht. Der Wirkungsgrad der Solarzellen wird mit der Kühlung durch das Wasser erhöht. Das Konzept soll v.a. eine Antwort auf den Mangel an für Solarfelder geeignete Freiflächen in Europa geben und der Kritik des Agrarflächenverbrauchs für großflächige Solaranlagen begegnen. Das Potenzial für eine Versorgung mit „Solarseen" ist jedoch begrenzt, da die meisten Wasserflächen in Europa touristisch oder für den Wassersport genutzt werden.[19]

1 vgl. Hauer et al. 2010, S.110
2 vgl. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. 2010(b), S.9
3 www.bine.info, Zugriff: 29.01.2012
4 vgl. Hauer et al. 2010, S.110 f.
5 vgl. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. 2010(b), S.19
6 vgl. Hauer et al. 2010, S.110 f.
7 vgl. www.solarserver.de, Zugriff: 30.01.2012
8 vgl. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. 2010(b), S.5
9 vgl. Dieter Wolff und Kati Jagnow 2011, S.116
10 vgl. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH 2006, S.62
11 vgl. Greenpeace e.V. 2009, S.5
12 Matthias Sulzer 2011, S.4
13 vgl. Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik 2011, S.2 f.
14 vgl. www.handelsblatt.com, Zugriff: 14.01.2012
15 vgl. www.wfg-aachen.de, Zugriff: 16.01.2012; tu-freiberg.de, Zugriff: 16.01.2012
16 vgl. www.ekz.ch, Zugriff: 18.01.2012
17 vgl. www.aqualibre.at, Zugriff: 18.01.2012
18 vgl. www.gevestor.de, Zugriff: 18.01.2012
19 vgl. www.stromsparer.de, Zugriff: 18.01.2012



Raumcharaktere im Untersuchungsraum

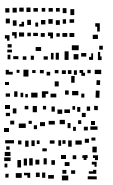
7 Raumcharaktere: Szenarien einer energieeffizienten Stadtlandschaft

Energie wurde lange Zeit als Mobilie – als etwas überall Verfügbares – behandelt. Eine effiziente Energieversorgung, die sich an den energetischen Gelegenheiten der Raumstruktur orientiert, ist dagegen eher als Immobilie zu betrachten und muss sich daher langfristig und strategisch ausrichten. Erneuerbare Energien sind räumlich selektiv und nicht universell nutzbar. Einerseits stellt sich die Verfügbarkeit regenerativer Energiequellen lokal unterschiedlich dar. Andererseits unterliegen die Anlagen für die Produktion und Speicherung rechtlichen und naturräumlichen Einschränkungen.
Im Kontext einer Diversifizierung der Energieinfrastruktur unterliegen die neuen Anlagen einer räumlichen Abwägung, die sich stärker am Kontext der Flächennutzung orientieren muss. Dies betrifft einerseits die stadträumliche Integration von Produktions- und Speichersystemen, andererseits die Identifikation von quartiersbezogenen Vernetzungsoptionen und Synergieeffekten zwischen den verschiedenen Verbrauchstypen.
Dies impliziert auch, dass in den verschiedenen Teilräumen der Region spezifische Formen und Systeme der Produktion, Speicherung und Distribution von Energie entstehen, die Teilräume sich zukünftig also in der energetischen Organisation ausdifferenzieren werden. Dabei ist der Austausch innerhalb und die Verknüpfungen zwischen den verschiedenen räumlichen Ebenen von großer Bedeutung für die Versorgungssicherheit und Effizienz der Region. Es wird Räume geben, die sich selbst versorgen, Räume die Überschüsse produzieren, Räume, die weiterhin reine Konsumenten sind und Räume, welche Vernetzungsfunktionen übernehmen. Vor dem Hintergrund eines gemäßigten Siedlungswachstums, ist es die Aufgabe der Stadt- und Regionalplanung, die Teilräume unter energetischen Aspekten zu qualifizieren. Das bedeutet:

- energetische Gelegenheiten (Potenziale) der vorhandenen Raumstrukturen zu erschließen,
- Bautätigkeiten als energetische Bausteine der regionalen Energieversorgung einzusetzen,
- durch die Verknüpfung verschiedener Systeme, Energie effizienter zu nutzen und neue Synergien im Siedlungsverbund herzustellen > energetische Nachbarschaften,
- neue Handlungsmuster und Akteursmodelle (mentale Infrastruktur) zu unterstützen,
- bauliche, ökologische, ökonomische und soziale Mehrwerte im Zusammenhang mit neuer Energie herzustellen,
- technische Innovationen in Pilotprojekten räumlich zu integrieren.

Das Kapitel skizziert anhand verschiedener Raumcharaktere Optionen einer energieeffizienten Energieversorgung und die damit einhergehende zukünftige Raumentwicklung. Dabei wird ein induktiver Ansatz verfolgt, der städtebauliches Wissen auf die stadtregionale Ebene überträgt. Ausgehend von konkreten lokalräumlichen Situationen werden exemplarische Szenarien gezeichnet. Aus den Vorschlägen lassen sich Erkenntnisse für eine generelle Entwicklung ableiten. Diese werden in allgemeine energetische, organisatorische, systemische und bauliche Entwicklungsprinzipien unterteilt und in einem Schaubild am Kapitelende dargestellt.

Sprenkel



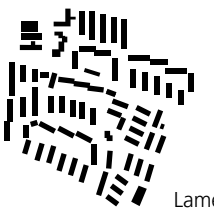
Schwarm

Modul

Kette

Pol

Archipel



Lamelle

Kontainer

Satellit

Raumcharaktere

Grundlage der Betrachtung der Region unter energetischen Gesichtspunkten ist eine Systematisierung in verschiedene Teilräume. Die als Raumcharaktere bezeichneten Typologien orientieren sich an wiederkehrenden Siedlungsmustern, d.h. städtebaulich-energetischen Mustern des randstädtischen und suburbanen Raums im Untersuchungsraum und bilden gemeinsam mit dem umgebenden Freiraum eine räumliche Einheit. Einige Raumcharaktere sind übertragbar auf andere Regionen (bspw. Schwarm, Kontainer), andere sind regionsspezifisch (bspw. Archipel, Kette).

Die visionäre Fortschreibung der Raumcharaktere orientiert sich zunächst am Status quo hinsichtlich der Parameter Städtebau, Freiraum, Energieversorgung, Erschließung und Versorgungsstruktur. Die Szenarien kombinieren dabei neue energetische Konzepte mit Perspektiven räumlicher und organisatorischer Entwicklung. Sie sind als mögliche Zukünfte zu verstehen, die auf neuen Akteursmodellen, dem Einsatz technischer Innovationen und Annahmen zu gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Dynamiken sowie der Entwicklung von Energiekosten beruhen.

Die baulichen Vorschläge orientieren sich an den Kriterien einer energieeffizienten Stadt- und Regionalentwicklung des Untersuchungsraums (siehe Kapitel 4). Die unterschiedlichen Versorgungskonzepte basieren einerseits auf den lokal verfügbaren energetischen Gelegenheiten der Raumstruktur hinsichtlich der Produktion, Speicherung und Vernetzung. Andererseits werden Energiebedarfe[1] sowie zukünftige Akteure und Nutzungen zu Grunde gelegt.

Die inhaltliche Auseinandersetzung bezieht sich explizit auf suburbane und randstädtische Räume. In der Bearbeitung der Szenarien werden daher zwei Raumcharaktere ausgeklammert (Archipel, Pol). Archipele, kleine Ensembles im Außenbereich, entfallen aufgrund der isolierten Lage und ihrer im energetischen Sinne geringen Relevanz. Pole, die städtischen Zentren, müssen aufgrund ihrer heterogenen Akteurskonstellationen, Baualtersklassen, Bautypologien, Nutzungen und Sanierungsniveaus einer gebäudebezogenen Betrachtung unterzogen werden. Methodische Ansätze bietet bspw. der „Handlungsleitfaden zur Energetischen Stadterneuerung“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

[1] Schätzungen auf Basis von Kennwerten, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Handlungsleitfaden zur Energetischen Stadterneuerung; Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit: Leitfaden Energienutzungsplan

Sprenkel

Städtebau
Sprenkel sind aus alten Dorfkernen entstanden, deren historische Grundstruktur heute weitgehend erhalten ist. Das Zentrum der Orte bilden einzelne oder mehrere landwirtschaftliche Höfe mit Nebengebäuden. Daran schließen sich Einfamilienhäuser sowie kleinere handwerkliche, gewerbliche und landwirtschaftliche Betriebe in aufgelockerter Bauweise an, die sich in ihrer Bauform, Kubatur und im Alter unterscheiden. Die Dächer sind größtenteils als Satteldächer ausgeführt.

Freiraum
Die Siedlungen weisen einen hohen Freiraumanteil mit teilweise großen Hofbäumen auf. Die Freiflächen im Siedlungszusammenhang stellen sich als großflächige, versiegelte Hof- und Parkplatzflächen oder Nutzgärten dar. Viele Gebäude sind zudem von ausgedehnten Rasenflächen umgeben. Der Freiraum im Außenbereich der Siedlungen wird landwirtschaftlich genutzt. Dabei überwiegt neben der Viehhaltung v.a. der Anbau von Futterpflanzen.

Energieversorgung
Die Energieversorgung der Gebäude weist einen hohen Diversifizierungsgrad und unterschiedliche Abnahmewerte auf. Viele Gebäude werden mit einer Anlage je Gebäude, meist Gas- oder Ölheizungen beheizt. Dem geringen Maß an energetisch sanierten Gebäuden steht eine Vielzahl von Solaranlagen auf den Dächern der Wohngebäude und Scheunen gegenüber.

Erschließung und Versorgungsstruktur
Die Orte sind überwiegend durch Kreis- und Landesstraßen in das regionale Straßennetz eingebunden. Ihre Lage ist häufig abseits der Zentren und Siedlungsachsen. Die Anbindung durch den ÖPNV wird durch Busse in einer geringen Frequentierung geleistet. Versorgungsfunktionen sind selten vorhanden. Die Ausnahme bilden kleine Nachbarschaftsläden oder der Verkauf landwirtschaftlicher Produkte in Hofläden.

Szenario 2040: Vom Sprenkel zur Energie-Dorfgemeinschaft

„Man legt nicht alle Eier in einen Korb" sagt Bauer Horst auf seine alten Tage. Damit überzeugt er auf einer Versammlung im „Dorfkrug" Anfang Mai 2015 die letzten Zweifler, die Energiewende des Ortes am Rande des Sachsenwaldes selbst in die Hand zu nehmen. Alle lokalen Ressourcen sollen zur radikalen Senkung der ständig steigenden Energiekosten eingesetzt werden. Der Ölpreis hat seit 2013 die 1-Euro-Marke nicht mehr unterschritten. An diesem denkwürdigen, das Dorf auf Jahrzehnte prägenden Abend, werden die Weichen für eine umfassende Dorferneuerung gestellt. Diese soll neben den energetischen Komponenten auch das soziale, kulturelle und wirtschaftliche Leben der Dorfgemeinschaft spürbar verändern.

Eine vom „Energie-Stammtisch" als Kern der Bürgerinitiative „Neue Energie und Klimaschutz" ausstrahlende Aufbruchsstimmung hatte – verstärkt durch viele Einzelgespräche, bei denen es immer wieder um ständig steigende Energiepreise ging - die bei vielen Dörflern zögernde Haltung in Sachen Versorgung und Wertschöpfung mit erneuerbaren Energien nach und nach verdrängt. Als der örtliche Gemeinderat im Sommer 2015 die Initiative mit einem einstimmigen Beschluss unterstützt und mit deren Vertretern eine gemeinsame Lenkungsgruppe bildet, springt der Funke endgültig über. Der Weg zur Bildung einer „Energie-Dorfgemeinschaft" ist frei. Der Gemeinderat beauftragt das in Sachen Dorfentwicklung und Energieberatung renommierte Planungsbüro „Stadt-Land-Marsch" mit der Erstellung eines Energiekonzepts.

Nach einer Potenzialanalyse der lokal verfügbaren Ressourcen Sonne, Wind, Biomasse und einer Bürgerbefragung zu aktuellen Verbrauchsdaten und Mitwirkungsbereitschaft werden mithilfe überzeugender Wirtschaftlichkeitsberechnungen in moderierten Arbeitskreisen die ökonomischen und organisatorischen Grundlagen einer genossenschaftlichen Nahwärme- und Stromproduktion geschaffen. Pünktlich im September 2016 geht das erste mit einem Blockheizkraftwerk auf Holzhackschnitzelbasis gespeiste Nahwärmenetz in Betrieb. Ein ortsansässiger Mechaniker und Nebenerwerbslandwirt ist als Angestellter der Genossenschaft für den Betrieb der Anlage und mit seinem Maschinenpark für die Holzhackschnitzellogistik aus dem nahe gelegenen Gemeindewald verantwortlich. Seine historisch und damit baukulturell prägende Scheune am Ortsrand, über Jahre durch Leerstand bedroht, erfährt eine Renaissance als dauerhafte Einrichtung zur Lagerung und Trocknung von Holzhackschnitzeln. Diese wiederum werden preisgünstig durch forstwirtschaftliche Lohnunternehmen hergestellt. Mit einem Wärmepreis von 7 Cent pro Kilowattstunde liegt der Energiepreis um ein Drittel und damit konkurrenzlos unter dem fossiler Brennstoffe. Damit wird ein Nachfrage-Boom im solitär gelegenen und energetisch problematischen Neubaugebiet der 1960 bis 1980er Jahre ausgelöst.

Ein paar örtliche Landwirte und Mitglieder der Energiegenossenschaft sehen ihre Chance. Sie werden Energiebauern und überlegen sich eine gemeinsame Strategie, wie sie Energie produzieren und vermarkten können. Sie gründen „Power-Bauer" als privates Energieunternehmen, beziehen Holz aus dem nahen Sachsenwald und richten dauerhafte Kurzumtriebs-Plantagen ein. Sie bauen Wärmenetze in benachbarten Orten, betreiben schrittweise mehrere Biomasse-Blockheizkraftwerke, verkaufen gleichzeitig Strom ins Stromnetz und schaffen sich damit langfristig ein zusätzliches wirtschaftliches Standbein.

Besonders erfolgreich ist eine Aktion der Energiegenossenschaft zum kollektiven Einkauf und Einbau von Solarmodulen zur Erzeugung von Strom und Solarkollektoren zur Warmwasseraufbereitung und Heizungsunterstützung auf den im Rahmen eines lokalen Solarkatasters definierten Dachflächen. Der Großauftrag beschert den beteiligten Genossen nicht nur einen erstaunlichen Rabatt, sondern

Potenziale

Produktion

Gebäude

- Solaranlagen (v.a. auf groflächigen Dächern der Wirtschaftsgebäude)
- BHKW auf Holzhackschnitzelbasis

Freiraum

- Kurzumtriebsplantagen, Produktion von Holzhackschnitzeln
- Windräder

Speicherung

Gebäude

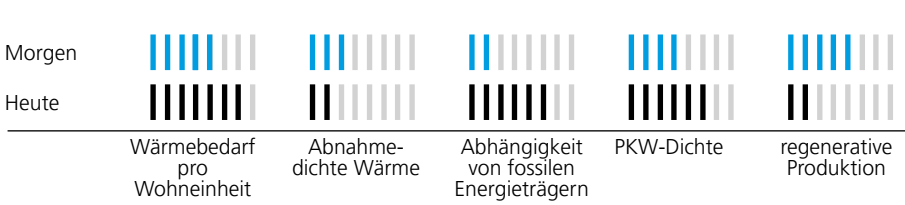
- Holzhackschnitzellager in alter Scheune

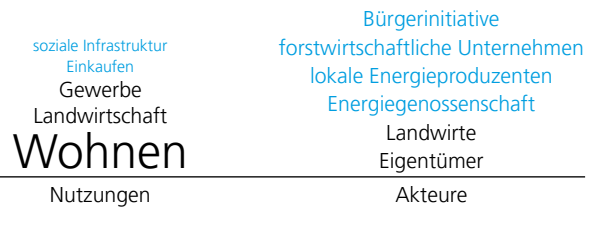
Vernetzung

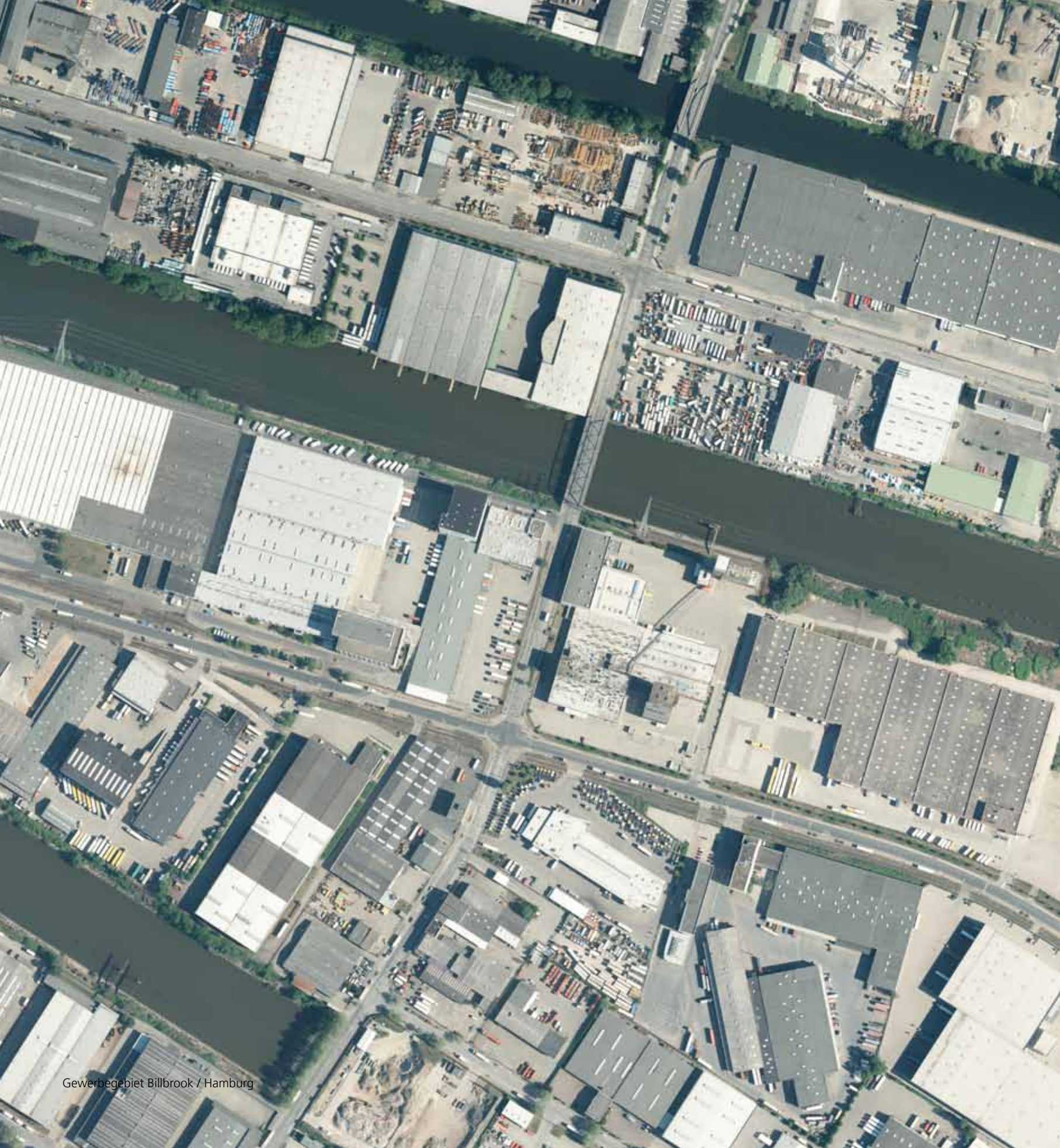
- Nahwärmenetz leistet Wärmeversorgung des Sprenkels
- betreiben Wärmeversorgung benachbarter Charaktere
- Biomasseproduktion für die Region
- Stromüberschuß wird in das Stromnetz eingespeist
- beziehen Restholz aus der Umgebung

motiviert den Solar-Handwerker – auch aus Imagegründen - seinen Firmensitz und damit dauerhafte Steuereinnahmen in das aufstrebende „Energie-Dorf“ zu verlagern.
Die nicht untätige „Neue Energie und Klimaschutz e.G.“ hatte mittlerweile in Kooperation mit der eigenen und den benachbarten Kommunen die planerischen und organisatorischen Voraussetzungen für einen „Bürger-Windpark Sachsenwald“ auf gemeindlichen Flächen geschaffen. Die Vorbehalte gegen die „Verspargelung“ werden durch eine hohe Akzeptanz des Projekts abgelöst, nachdem den Bewohnern der umliegenden Dörfer die Beteiligungsmöglichkeiten mit attraktiven Renditen angeboten wurden. Die ursprünglich vorgesehenen zwei 180 m hohen Anlagen werden in ihrer Anzahl verdoppelt. Die Eigentümer des nahegelegenen Sachsenwaldes schauen neidvoll auf die neuen Symbole kollektiven Klimaschutzes und überdenken ihre Haltung zu bisherigen Tabuzonen für Windmühlen im Wald.
Aus dem neuen Selbstbewusstsein und dem Stolz der Bürger-Genossen entwickelt sich anlässlich einer Arbeitskreissitzung zur Dorfentwicklung im Winter 2017 eine lebhafte Diskussion. Es geht um die Frage, wie man mit Energie nicht nur Einnahmen erzielen, sondern wie man mit diesem Geld in der Gemeindekasse zukunftsorientierte Projekte für die Dorfgemeinschaft anstoßen könne. Als Ergebnis eines sich daran anschließenden Prozesses wird im Jahr 2018 die Bürgerinitiative „Neue Energie und Klimaschutz“ nach erfolgreicher Umsetzung ihrer Ziele in die „Dorfgemeinschaft e.V.“ überführt. In den folgenden Jahren werden Schritt für Schritt für das Dorf wichtige Projekte realisiert:

- 2019: Dorf-Netzwerk mit Bürger-Büro zur Organisation vielfältiger sozialer Dienstleistungen
- 2020: „Aktion Mobiles Dorf“ durch einen biogasbetriebenen Bürgerbus und internetgestützte Mitfahrgelegenheiten
- 2022: „Unser Laden e.V.“ mit regionalen Produkten, Cafe, Bankfiliale, Post-Agentur, Apothekendienst, Arztsprechstunde als neuer Versorgungs- und Treff-Punkt
- 2024: Reaktivierung eines alten Dorfsaals als Ort ständiger kultureller Veranstaltungen des neu gegründeten interkommunal agierenden „Vereins für Kultur und Geschichte“







Gewerbegebiet Billbrook / Hamburg

Kontainer

Städtebau
Kontainer beschreiben Gewerbe- oder Industriegebiete. Sie sind häufig außerhalb oder in Randlagen des Siedlungszusammenhangs lokalisiert und orientieren sich überwiegend an Knotenpunkten von Autobahnen und Bundesstraßen. Der Städtebau ist funktional geprägt und folgt einem gleichförmigen Erschließungsmuster. Es überwiegen große Gewerbehallen in Leichtbauweise, die sich in ihren Volumina unterscheiden. Die Hallen werden durch mehrgeschossige Verwaltungs- und Bürogebäude ergänzt. Die Gebäude verfügen in der Regel über Flachdächer. In den älteren Gebieten befinden sich oft noch alte Produktionshallen, deren Backstein-Architektur einen baukulturellen Wert besitzt.

Freiraum
Der Freiraum wird größtenteils von großen versiegelten Parkplatz- und Lagerflächen bestimmt. In manchen Gebieten werden teilweise großflächige unversiegelte Reserveflächen vorgehalten. Häufig grenzen landwirtschaftliche Nutzflächen oder Wälder an. In der Nachbarschaft einzelner Kontainer befinden sich Kleingartenanlagen und Sondernutzungen.

Energieversorgung
Die Wärmeversorgung der Gebäude wird im Wesentlichen über Gebäudezentralheizungen und in seltenen Fällen durch einen Anschluss an Wärmenetze bereitgestellt. Einige Gebäude nutzen solar- oder geothermische Anlagen zur Wärmeunterstützung bzw. produzieren Strom über Photovoltaikanlagen. Zudem befinden sich teilweise Kraftwerksanlagen und bereits vereinzelt Biomasseheizkraftwerke in den Gebieten.

Erschließung und Versorgungsstruktur
Aufgrund der guten Anbindung an Bundesstraßen und Autobahnen sowie der Vielzahl von Arbeitsplätzen haben Kontainer ein hohes Aufkommen an Güter- und Individualverkehr. Häufig sind die Gebiete mit Buslinien verknüpft. Die Anbindung an den schienengebundenen ÖPNV ist selten vorhanden. Die Gebiete verfügen meist nur über spezielle Versorgungsfunktionen und selten über soziale Infrastruktur. Neben großen Supermärkten steigt die Anzahl von Outlet- und Freizeitcentern.

Szenario: Erneuerbare-Energien-Cluster-Kontainer

Kontainer gelten als die größten Energieverschwender der Region. Sie haben aufgrund der meist nicht integrierten Lage, der energieineffizienten Bauweise, der Monofunktionalität und des hohen individuellen Verkehrsaufkommens einen extrem hohen Energieaufwand, der noch zum Großteil auf fossilen Energieträgern basiert. Die steigenden Energiekosten schlagen sich zunehmend negativ in der Bilanz der Unternehmen nieder, so dass in einigen Gebieten alte Gebäude abgerissen und durch Effizientere ersetzt werden. Auch verbreiten sich einerseits gebäudebezogene Versorgungskonzepte, v.a. die großen Dachflächen werden für die Installation von Solaranlagen genutzt. Andererseits bewirken kooperative Ansätze zwischen Unternehmen und der Stadt Hamburg, wie bspw. eine gemeinsame Logistik- und Pendlerbörse sowie die Installation eines Standortleitsystems Effizienzvorteile. Für eine Transformation hin zu einem energieeffizienteren Stadtbaustein wird jedoch von städtischer Seite noch immer nach Konzepten gesucht, die v.a. die Monofunktionalität aufbrechen.
Erste Ansätze bestehen in der Transformation von Teilbereichen extensiv genutzter Gewerbegebiete. Hier gibt es bereits Konzepte, welche die Umwandlung attraktiver Randlagen in gemischt genutzte Quartiere vorsehen. Entscheidend für den Standort sind dabei die integrierte Lage sowie der Anschluss an den schienengebundenen ÖPNV.
Ein anderer Ansatz verfolgt mit dem Aufbau grüner Industrien eine neue wirtschaftliche Strategie. Aufgrund der Preisexplosion im Erdölsektor, werden Biokraftstoffe marktfähig und es kommt ein harter Wettkampf in der Entwicklung alternativer Antriebstechnologien sowie der Herstellung hochwertiger Biokraftstoffe auf. Der zunehmend flächenintensive Anbau von Energiepflanzen verschärft die Nutzungskonkurrenzen um landwirtschaftliche Flächen. Der überwiegend monokulturelle Anbau sowie die Reduzierung von Flächen zur Nahrungsmittelproduktion werden aus ökologischen und ethischen Gesichtspunkten von breiten Teilen der Gesellschaft abgelehnt. Es wird verstärkt nach alternativen Anbaustandorten für Energiepflanzen zur Herstellung von Biokraftstoffen gesucht.
Forschungen zur Energiegewinnung aus Algen machen in der Folge schnelle Fortschritte. Um eine möglichst hohe Flächeneffizienz zu erzielen, werden vertikale Algenfarmen entworfen, die sich aufgrund der geringen Emissionen in bestehende Gewerbegebiete integrieren lassen. Ein neu entwickeltes Produktionsverfahren ermöglicht die vergleichsweise kostengünstige Herstellung von Algen in einem geschlossenen Kreislaufsystem. Die Bauten verfügen über semitransparente Photovoltaikfassaden. Diese lassen am Tag das benötigte Lichtspektrum zur Photosynthese durch und speichern gleichzeitig elektrische Energie für ein weiteres Wachstum während der Nacht. Als Wachstumsbeschleuniger dient $C0_2$ aus der Verbrennung fossiler Energieträger, das aus dem nahen Heizkraftwerk Tiefstack bezogen wird. Da die Algenproduktion als CO_2-Senke wesentlich günstiger und ökologisch verträglicher ist, als die mittlerweile weltweit praktizierte CSS-Technologie (CO_2-Abscheidung und –Speicherung), wird mit der CO_2-Entsorgung ein zusätzlicher lukrativer Markt erschlossen. Ein Teil der Algen wird zu Bio-Diesel verarbeitet, lokal gespeichert und an den Tankstellen insbesondere für den Lastverkehr genutzt. Auch die Busse des Hamburger Verkehrsverbunds werden mittlerweile zu einem großen Teil mit Biokraftstoffen betankt. Aufgrund der überwiegend vertikalen Produktionsweise und innenstadtnahen Lage setzen sich Hochhaustypologien durch. Das nachhaltige Industriequartier wird im Volksmund schnell als grünes Manhattan bezeichnet.
In der Folge des bundesweiten Anreizprogramms zum Aufbau dezentraler Produktionsanlagen wird zudem die Abstandsflächenregelung für Windkraftanlagen in Gewerbegebieten angepasst. Damit können in angrenzenden Bereichen des windhöffigen Standorts Windräder installiert werden. Ein Teil des produzierten Stroms wird in den Algenfarmen benötigt. Überschüssiger Strom wird in einem Elektrolyseur zu Wasserstoff umgewandelt und als zusätzlicher Biokraftstoff verkauft. Die Kontainer wandeln damit ihren Status vom Energiekonsumenten zum Lieferanten von Biokraftstoffen. Aus der regionalen Investition in verschiedene Innovationen entwickelt sich zudem ein Wirtschaftscluster aus Betrieben der Energiewirtschaft. Neben den Algenfarmen, kleinen Zulieferern und Firmen aus der Forschung und Entwicklung von Biokraftstoffen, werden hier mittlerweile Rotorblätter für die Offshore-Windparks in Ost- und Nordsee angefertigt.

Potenziale

Produktion

Gebäude

- Installation von Solaranlagen auf großen Dachflächen
- vertikale Algenfarmen produzieren Biokraftstoff
- semitransparente Photovoltaikfassaden

Freiraum

- Windräder
- Elektrolyseur produziert Wasserstoff

Speicherung

Gebäude

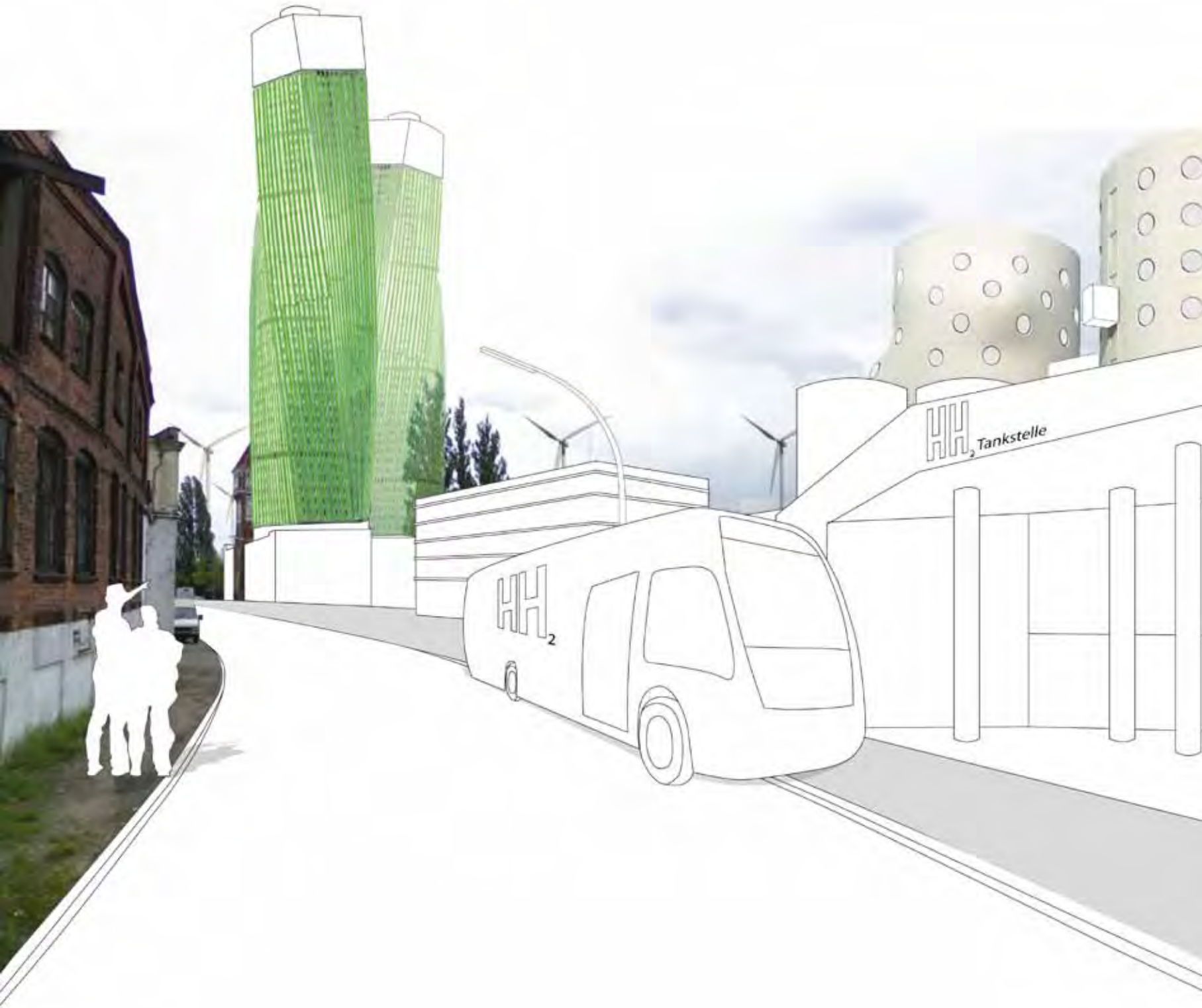
- Stromspeicher (Algenfarmen)

Freiraum

- Wasserstoffspeicher
- Bio-Dieselspeicher

Vernetzung

- Algenfarmen beziehen Strom von Windrädern
- Stromüberschuß wird in das Stromnetz eingespeist
- liefern Biokraftstoffe (Wasserstoff/"Algendiesel")



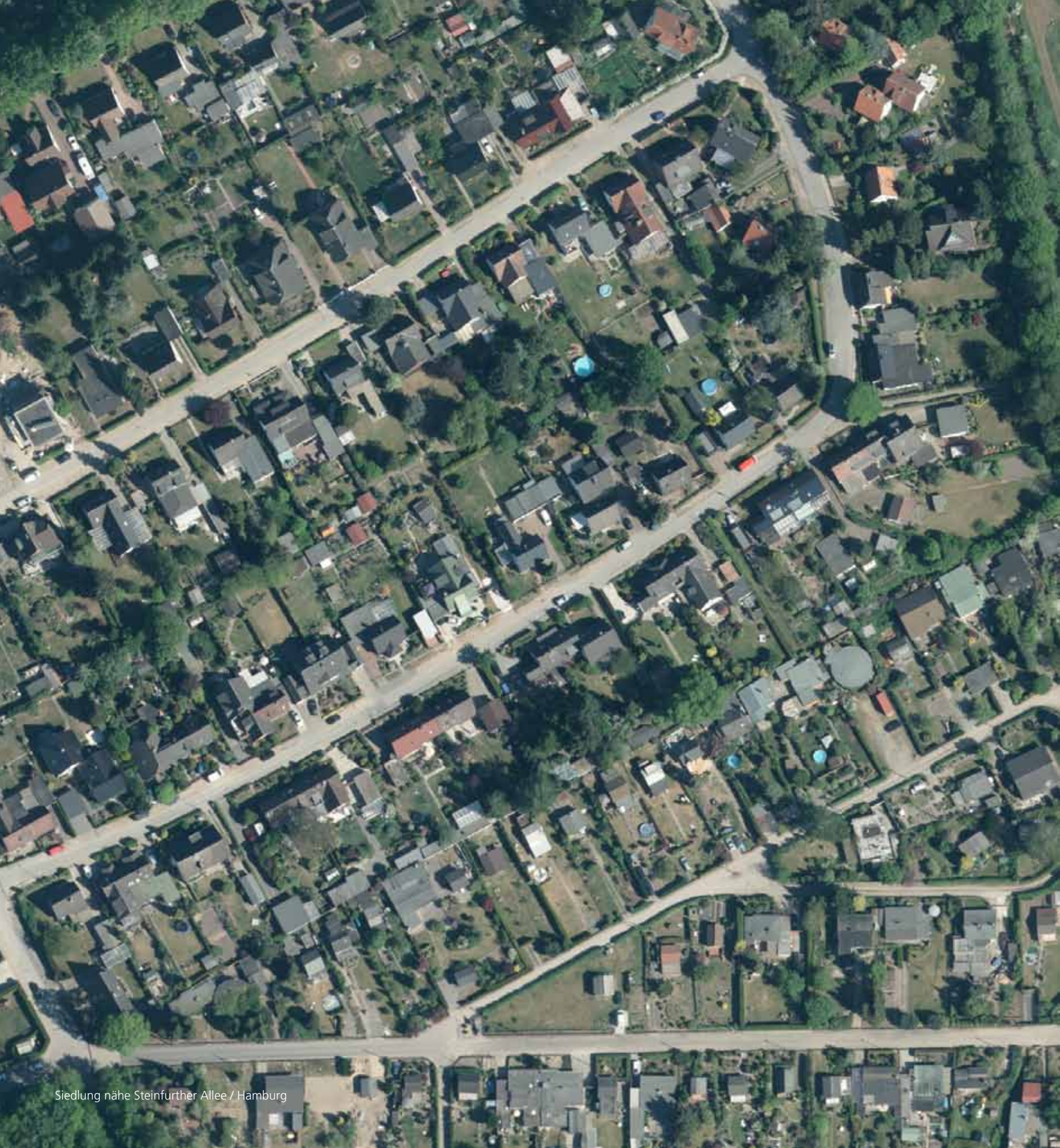
	Wärmebedarf pro Wohneinheit	Abnahme-dichte Wärme	Abhängigkeit von fossilen Energieträgern	PKW-Dichte	regenerative Produktion
Morgen					
Heute					

Nutzungen

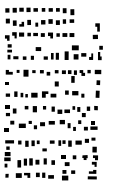
Wohnen und Arbeiten
grüne Industrie
Industrie
Gewerbe

Akteure

EE-Cluster
Energieproduzenten
Unternehmen
Eigentümer



Siedlung nähe Steinfurther Allee / Hamburg



Schwarm

Städtebau
Schwärme sind großflächige Gebiete mit freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern, Reihenhausbebauung mit geringer Dichte und gründerzeitliche Villenviertel. Sie befinden sich meist in Randlagen. Die Gebäude ähneln sich in Volumen, Abstand, Alter sowie Geschossigkeit. Jüngere Gebiete weisen oftmals eine höhere Baudichte auf. Häufig sind Anschlussbauten wie Garagen und Schuppen vorhanden.

Freiraum
Die einzelnen Gebäude sind von privaten Grundstücken umgeben, die sich als Rasenflächen oder Gärten darstellen. Daraus resultiert ein hoher Freiflächenanteil bei einem geringen Versiegelungsgrad. Öffentliche Räume sind meist nur als Straßenräume ausgebildet. Die Ränder der Schwärme sind oft durch Grünzüge aus Wiesen, Feldern und Waldflächen geprägt.

Energieversorgung
Aufgrund der geringen (Abnahme-)Dichte besteht ein hoher Netzaufwand pro Gebäude (Strom, Wasser, Abwasser, Gas, Straßen). Vereinzelt sind die Gebäude energetisch saniert bzw. werden Dachflächen zur Energiebereitstellung von Solarenergie genutzt. Die Wärmeversorgung wird überwiegend durch hausinterne Heizkessel auf Gas- und Heizölbasis sowie vereinzelt auf Holzbasis erreicht. In neuen Baugebieten werden zunehmend Blockheizkraftwerke und Nahwärmenetze realisiert.

Erschließung und Versorgungsstruktur
Die Bewohner sind größtenteils auf individuelle Transportmittel angewiesen, da nur einzelne Buslinien die flächenhaften Gebiete queren. Einkaufsmöglichkeiten sowie soziale Infrastruktur befinden sich in entfernt liegenden Versorgungszentren, die oft an den Übergängen zu anderen Raumcharakteren oder in den Zentren (Pole) lokalisiert sind.

Szenario: Vom Schwarm zur verdichteten Schwarmstadt

Stark steigende Preise für Gas, Öl und Strom stellen die Eigentümer und Mieter zunehmend vor Probleme. Um die Gebäude in ihrer energetischen Bilanz zu verbessern, steht eine Grundsanierung an. Zudem sinkt das Image der flächenintensiven Einfamilienhausgebiete am Stadtrand aufgrund der schlechten Klimabilanz, der enormen Infrastrukturfolge- und Mobilitätskosten. Die Bewohner sind häufig auch Besitzer von Immobilie und Baugrund. Daher können Maßnahmen zwar schneller umgesetzt werden, jedoch geschieht dies meistens nur vereinzelt und gebäudeweise. In vielen Gebieten steht zudem ein Generationswechsel bevor. Die anstehende kostenintensive Sanierung – energetisch sowie altersbedingt - und die unflexiblen Grundrisse halten jedoch vermehrt Erben von ihrem Erbantritt ab. Auch eine Weitervermietung stellt aufgrund des verhältnismäßig hohen Grundstückswerts selten eine wirtschaftliche Option dar. Viele Hausbesitzer haben im Zuge einer globalen Energie-Krise und einer durch die Bundesregierung beschlossenen „Heizungsanlagen-Abwrackprämie" ihre alten Anlagen gegen Moderne ausgetauscht und konnten damit ihren Energieverbrauch verringern. Zudem wurde in die solare Warmwasser- und Heizungsunterstützung investiert. Einige Hausbesitzer installieren Erdwärmekollektoren unterhalb der ausgedehnten privaten Freiflächen, andere entscheiden sich für den Aufbau von solarthermischen Anlagen auf den Dächern. Auch wird der hohe Freiflächenanteil als Potenzial erkannt. Einige Grundstücke werden aufgeteilt und sukzessive nachverdichtet. Die Prämisse der Hauseigentümer lautet dabei maximal dezentral und maximal flexibel.

Der Verbund Hamburgischer Netzbetreiber kritisierte diese Praxis jedoch als „Stückwerk und kontraproduktiv gegenüber dem Ausbau effizienter Wärmenetze". Aus städtischer Sicht sind die Gebiete weiterhin nur ineffizient mit dem Nahverkehr zu erschließen und stellen keine nachhaltige Siedlungsform dar. In der wachsenden Stadt ist die Bebauung städtischer Konversionsflächen längst abgeschlossen und neues Bauland knapp. Auf einer Podiumsdiskussion zum Thema: „Hamburg Wachsende Stadt. Aber wohin? Perspektiven der Nachverdichtung im Bestand" stellt Hamburgs Oberbaudirektor Dr. Dipl.-Ing. Leinenkugel fest: „Die Region ist gebaut, aber mit den falschen Gebäuden" und plädiert für eine „Nachverdichtungsprämie". Damit wird ein Anreizsystem für den Neubau verdichteter Wohnformen mit effizienten Wärmesystemen geschaffen. Zudem sehen die Eigentümer einiger Gebiete kaum Chancen für eine lohnende Sanierung und entscheiden sich vor dem Hintergrund gestiegener Bodenwerte für einen Verkauf ihrer Grundstücke. Um die einsetzende private Spekulation einzudämmen und neue Handlungsspielräume zu erlangen, beschließen viele Kommunen per Satzung ein energetisch begründetes Vorkaufsrecht bei dem Verkauf von Immobilien. In der Folge werden einzelne Siedlungsblöcke abgerissen und an Baugemeinschaften veräußert, die sich teilweise aus Initiativen ehemaliger Eigentümer gründen. In den neuen Blöcken setzt sich eine dichtere Bebauung mit Stadtvillen, Reihenhäusern und Geschoßwohnungsbau mit einem hohen energetischen Standard durch. Die Festsetzungen zu Baugrenzen, Bauweisen, Energieversorgung, Gebäudeausrichtung etc. im Bebauungsplan richten sich nach einer optimalen Nutzbarmachung der Solarenergie.

In einigen Fällen werden kollektive dezentrale Wärmekonzepte verfolgt. So wird bspw. eine blockweise Versorgung der Gebäude aufgebaut. Eine kleine Blockheizkraftwerkseinheit auf Holzhackschnitzelbasis speist ein Nahwärmenetz. Netz und Kraftwerk werden durch den Energieversorger „Power-Bauer" betrieben. Die Hausbesitzer verpflichten sich vertraglich zur Wärmeabnahme. In einem anderen Fall werden die Neubauten an Rückläufe vorhandener Fernwärmenetze angeschlossen, da mit dem Klimaschutz-Instrumentarium des Baugesetzbuchs neben einer Umweltprüfung eine „energetische Umfeldprüfung" und CO_2-neutrales Errichten und Betreiben von Gebäuden im Bebauungsplan verbindlich festgesetzt wird. Stadttheoretiker betiteln die inzwischen in Wachstumsregionen übliche Praxis als die „Energetische Nachverdichtung".

Mit der zunehmenden Bewohnerdichte etablieren sich Nahversorgungseinrichtungen in fußläufiger Entfernung und eine effizientere Auslastung des Nahverkehrs. Die Verbreitung benutzerfreundlicher Internetdienste bietet den Bewohnern zudem Möglichkeiten unabhängiger vom eigenen PKW zu werden. Besonders nachgefragt ist die in Navigationssysteme und Smartphones integrierte „Line-Cruiser-App". Diese ermöglicht Mitfahrgelegenheiten mit einem automatisierten Abrechungssystem. Auch auf kurzen Strecken ist ein flexibles Zu- und Aussteigen möglich. Mit Hilfe neuer internet-gestützter sozialer Netzwerke auf Quartiersebene - sogenannter virtueller Nachbarschaften und Wohngemeinschaften - wird die soziale Integration und praktische Alltagshilfe unterstützt.

Potenziale

Produktion

Gebäude

- Solarkollektoren zur Heizungsunterstützung
- kleine BHKWs auf Erdgasbasis speisen Mikro-Nahwärmenetz

Freiraum

- Erdwärmekollektoren zur Heizungsunterstützung

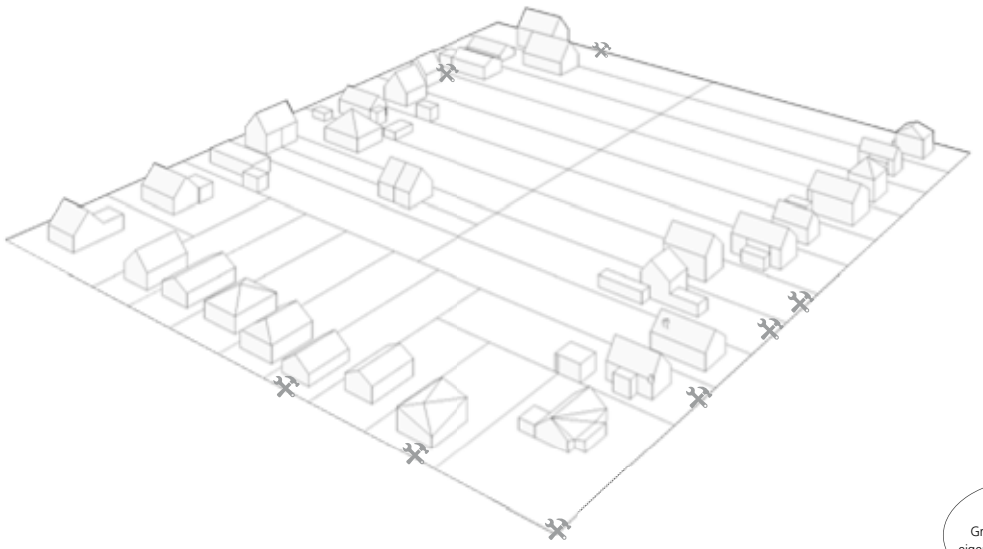
Speicherung

Freiraum

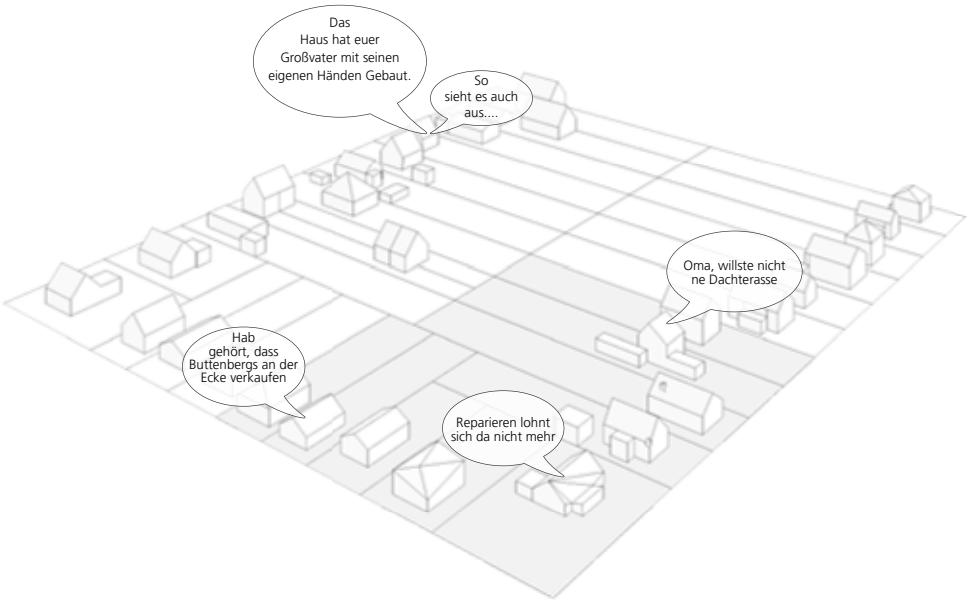
- oberflächennahe Geothermie als saisonaler Wärmespeicher

Vernetzung

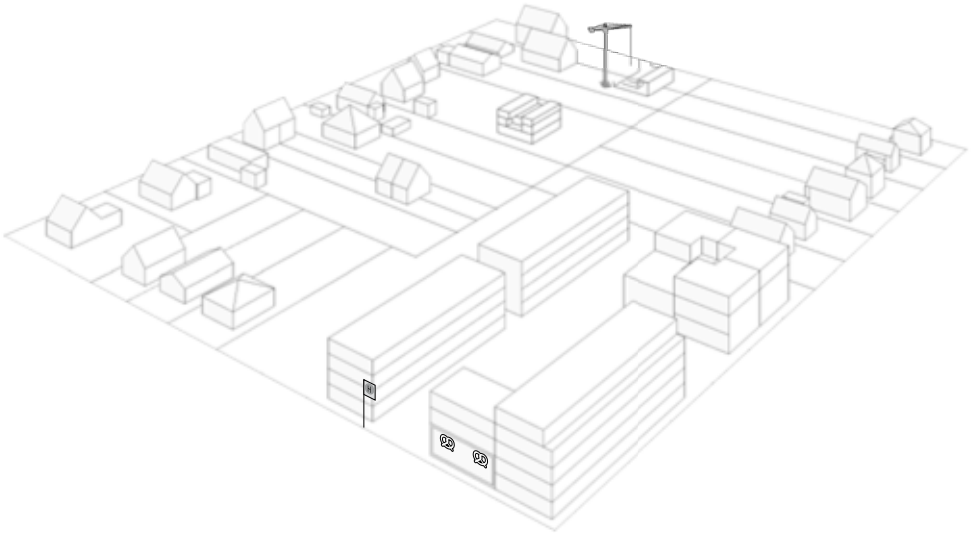
- Mikro-Nahwärmenetz leistet blockweise Wärmeversorgung
- Anschluss an Rückläufe von vorhandenen Fernwärmenetzen
- „City-Cruiser-App" ermöglicht eine kollektive Mobilität
- Erdgasbezug von den Ketten



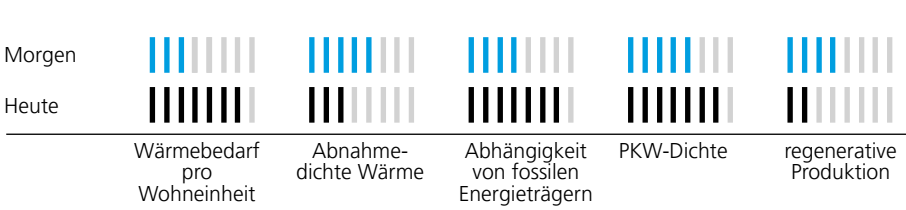
- Sanierungsstau
- Erbwechsel
- steigende Kosten der Energieträger



- Kommunikation zwischen Bewohnern und Eigentümern
- Gründung von Baugruppen



- Umsetzung energieeffizienter Bebauung



Nahversorgung
soziale Infrastruktur
Wohnen
Wohnen

Nutzungen

lokaler Energieversorger
Baugruppen
private Projektgesellschaft
Eigentümer

Akteure

Bergedorf West

Satellit

Städtebau
Satelliten sind Siedlungen des verdichteten Wohnungsbaus, häufig in Randlagen des Siedlungszusammenhangs lokalisiert. Die Gebiete wurden innerhalb kurzer Perioden von einem Bauträger auf einem zusammenhängenden Areal errichtet und haben eine relativ hohe Baudichte. Bauvolumen, Gebäudeabstand und -alter sind meist gemeinsame Charakteristika. Ergänzt werden die Bauten durch nahegelegene Funktionsbauwerke wie Schulen, Krankenhäuser etc.

Freiraum
Charakteristisch sind Freiraumkonzepte, die den Gebäuden ausgedehnte halböffentliche Flächen zuordnen. Darin sind Spiel- und Sportplätze sowie Aufenthaltsräume integriert. Der öffentliche Raum, meist als funktional gestalteter Straßenraum und in Form öffentlicher Plätze ist Träger des ruhenden Verkehrs. Der Freiraum in der unmittelbaren Nähe stellt sich als großräumige Grünanlagen oder landwirtschaftlich genutzte Fläche dar. Oft befinden sich Kleingartenanlagen im Anschluss an die Satelliten.

Energieversorgung
Die Gebäudekomplexe sind an Fernwärmenetze angeschlossen. Diese werden von großen Heizkraftwerken gespeist, die sich häufig in der Nähe befinden. Einige Satelliten sind bereits bzw. werden momentan energetisch saniert. Die Sanierungsmaßnahmen werden meistens für alle zugehörigen Bauten durchgeführt, wodurch die benötigte Wärmemenge deutlich reduziert wird.

Erschließung und Versorgungsstruktur
Satelliten befinden sich oft in der Nähe von S-Bahnstation bzw. werden durch Buslinien mit dem ÖPNV erschlossen. Die periphere Lage im Stadtgefüge und die monofunktionale Nutzung erhöhen das Verkehrsaufkommen. Soziale Infrastruktur und Versorgungseinrichtungen sind meist in ein lokales Versorgungszentrum integriert.

Szenario: Wärmeverbund-Satellit

Mit der vollständigen thermischen Sanierung der Großwohnsiedlung und der Installation moderner Anlagentechnik sinkt der Wärmebedarf der Gebäude merklich. Zwar versorgt das bestehende Fernwärmenetz, das durch zwei Kraftwerke in unmittelbarer Nähe bedient wird, eine weitere Siedlung in der Umgebung. Mit dem Sinken der Abnahmemenge ist der effiziente Betrieb des Netzes mittelfristig jedoch nicht mehr aufrecht zu erhalten. Aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte stellt der Wechsel zu einem dezentralen Wärmeversorgungssystem keine Alternative dar.
Der lokale Wärmeüberschuss wird dabei als Chance für die Wohnbauentwicklung erkannt, da die Wärme bereits vorhanden ist und neue Wohnungen im Umfeld kostengünstig und effizient versorgt werden können. Dieser Überschuss – gleichsam der Impuls einer „Energetischen Nachverdichtung" – wird für den Neubau eines kompakten Quartiers westlich der Siedlung genutzt, da hier mit einem S-Bahnanschluss und der integrierten Lage bereits weitere Voraussetzungen der energieeffizienten Siedlungsentwicklung gegeben sind. Das Quartier wird in Niedrigenergie-Bauweise ausgeführt und an den Rücklauf des Fernwärmenetzes angeschlossen.
Gleichzeitig wird das alte Heizwerk zu einem Heizkraftwerk umgerüstet und ein großer Warmwasserspeicher installiert, der in den Neubau eines Lärmschutzwalls integriert wird. Dadurch kann die moderne Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage stromgeführt betrieben werden. Zudem können die Anlagen flexibel in wenigen Minuten hochgefahren und gedrosselt werden. Beide Kraftwerksblöcke werden zunehmend mit Windgas befeuert, das aus den Offshore-Windparks der Nordsee bezogen wird.
Insofern sind die Satelliten zwar auch in Zukunft vom Energieimport abhängig, sie übernehmen jedoch eine wichtige Steuerungsfunktion im regionalen Energieverbund. Die schnelle Regelbarkeit der Heizkraftwerke, unabhängig von klimatischen Bedingungen, ermöglicht zum einen eine Spitzenlastdeckelung und ist somit ein wichtiger Baustein für die Versorgungssicherheit. Zum anderen ergänzt sie sich optimal mit der zunehmenden wetterabhängigen Stromerzeugung aus Wind und Sonne.
Darüber hinaus kann durch die Effizienzsteigerung des lokalen Versorgungssystems ein Anteil der eingetragenen Energie weiterverteilt werden. Neben der Abgabe des Wärmeüberschusses, betrifft dies den Stromüberschuss, der durch das nun stromgeführte Heizkraftwerk produziert wird. Zudem fallen aufgrund der hohen Wohndichte und Konzentration der Bewohner große Mengen Biomüll an, die in den Biogasanlagen der Ketten weiterverarbeitet werden.
Eine Car-Sharing Firma, die sich auf den Betrieb von Elektroautos spezialisiert hat, erkennt zudem in der hohen Bewohnerdichte ein Potenzial. Zwar hat das Auto seinen Rang als Statussymbol Nummer eins längst an das Smartphone abgetreten, doch aufgrund fehlender Mobilitäts-Alternativen ist der Anteil der Bewohner mit eigenem Auto noch vergleichsweise hoch. In Kooperation mit der Wohnungsbaugesellschaft wird ein Konzept entwickelt, das den Aufbau mehrerer zentraler Elektroauto-Ladestationen auf den großen Parkplatzflächen der Siedlung vorsieht. Die elektrische Energie zum Aufladen der Autos wird lokal bereitgestellt. Die Wohnungsbaugesellschaft lässt dazu Kleinwindanlagen auf den Dächern der hohen Gebäude sowie Photovoltaikanlagen auf den Dächern der flachen Wohngebäude installieren. Zudem wird Strom durch Photovoltaikelemente auf den neu aufgestellten Parkplatzüberdachungen gewonnen. Überschüssiger Strom wird an das Stromnetz abgegeben und steigert die Rentabilität des Projekts. Die Betreiberfirma installiert die Ladestationen und stellt die Autos zur Verfügung. Mit der Zeit wird Car-Sharing immer attraktiver, die PKW-Dichte sinkt spürbar. In der Folge werden Parkplatzflächen reduziert und in Grünflächen umgewandelt.

Potenziale

Produktion

Gebäude

- Kleinwindanlagen auf Dächern
- Photovoltaikanlagen auf Dächern und in Fassaden integriert
- BHKWs auf Erdgasbasis

Freiraum

- Photovoltaikanlagen auf Parkplatzüberdachungen

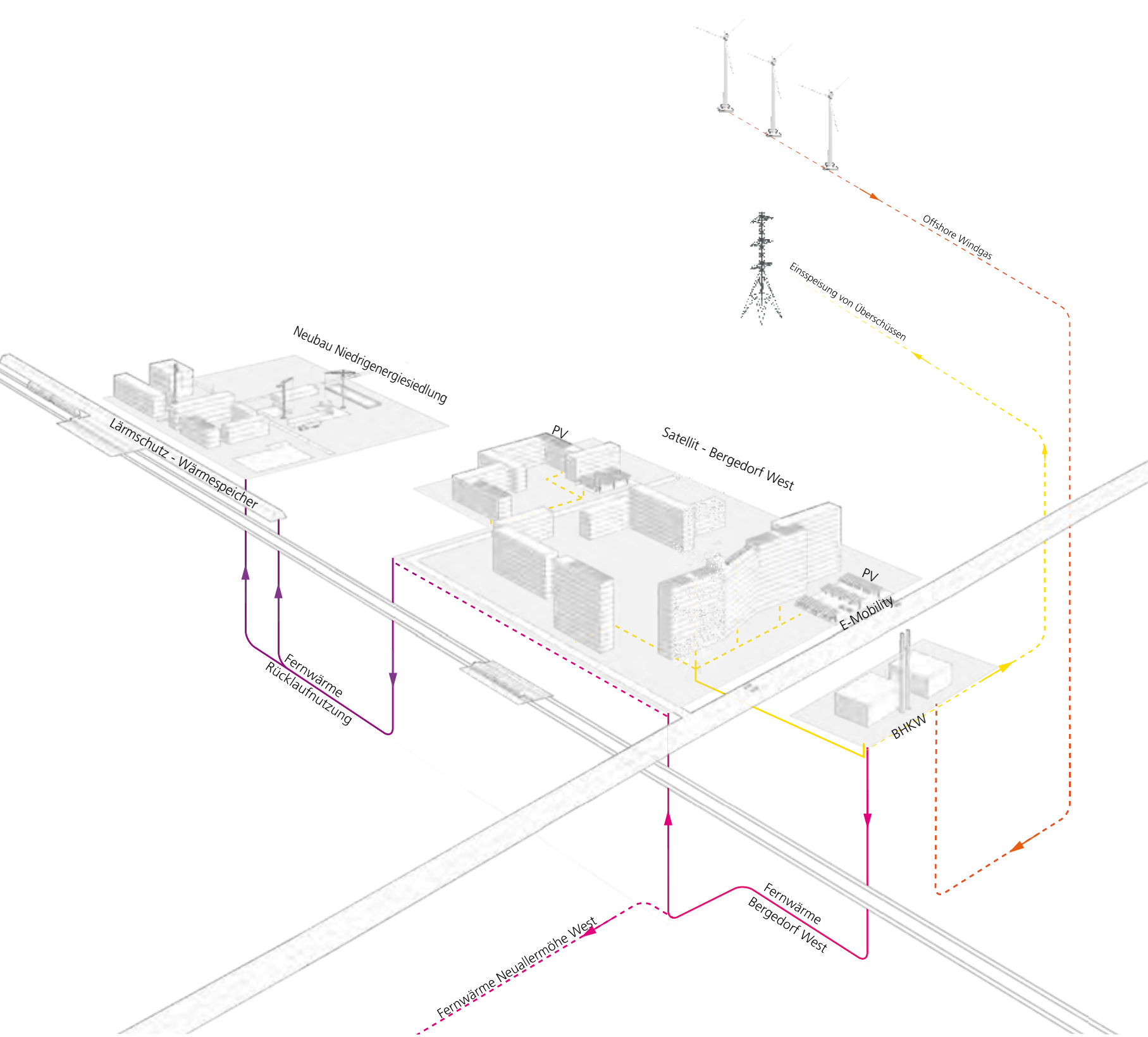
Speicherung

Freiraum

- E-Auto- und E-Fahrrad-Ladestationen
- Wärmespeicher

Vernetzung

- gemeinsames Fernwärmenetz mit Siedlung Neu-Allermöhe-West
- Anschluss des neuen Quartiers an den Rücklauf des Fernwärmenetzes
- Stromüberschuß wird in das Stromnetz eingespeist
- Regelbarkeit der BHKWs bedient regionale Lastspitzen
- Biomüll wird an Biogasanlagen der Ketten geliefert
- überregionaler Bezug von Erdgas



Morgen

Heute

Wärmebedarf pro Wohneinheit

Abnahme-dichte Wärme

Abhängigkeit von fossilen Energieträgern

PKW-Dichte

regenerative Produktion

Einkaufen
soziale Infrastruktur
Wohnen
Wohnen

Nutzungen

Car-Sharing-Betreiberfirma
konventioneller Energieversorger
Wohnungsbaugesellschaften

Akteure

Bergedorf Zentrum

Gut Moor

Pol

Städtebau
Pole sind aus historischen Dorf- und Stadtkernen entstanden, die im Laufe der Jahrzehnte immer wieder überschrieben und erweitert wurden. Sie stellen städtebaulich heterogene Strukturen dar und umfassen in etwa die gründerzeitliche Stadt bzw. die neuen Stadtzentren der 1960er bis 70er Jahre. Gemeinsam sind ihnen eine hohe Bevölkerungsdichte sowie eine hohe Konzentration verschiedener Nutzungen. Die Gebäude weisen zudem eine breite architektonische und funktionale Mischung auf. Sie unterscheiden sich teilweise stark in ihren Volumina, Kubaturen, Dachformen und dem Baualter. In den Erdgeschossen befinden sich häufig gewerbliche Nutzungen.

Freiraum
Die Orte haben einen geringen Anteil an Freiflächen. Diese stellen sich als öffentliche Straßenräume oder städtische Plätze dar und haben einen hohen Versiegelungsgrad. Kleinere Grünflächen finden sich nur vereinzelt in öffentlichen Parkanlagen und den Innenräumen der Gebäudeblöcke.

Energieversorgung
Die Versorgung der Gebäude hat einen hohen Diversifizierungsgrad. Die hohe Bevölkerungsdichte ermöglicht eine effiziente Wärmeversorgung, die durch Wärmenetze und zentrale Heizsysteme je Gebäude geleistet wird. Die Gebäude weisen einen unterschiedlichen Sanierungsstand auf.

Erschließung und Versorgungsstruktur
Pole übernehmen Versorgungsfunktionen in der Region und sind Verkehrsknotenpunkte. Insofern haben sie einen hochfrequentierten, häufig auch schienengebunden ÖPNV-Anschluss und ein dichtes Netz an Stationen. Sie bieten vielfältige Versorgungsfunktionen und Einkaufsmöglichkeiten in unmittelbarer Nähe zu den Verbrauchern und Pendlerströmen und weisen ein dichtes Netz an sozialer Infrastruktur auf.

Archipel

Städtebau
Archipele beschreiben einzelne Gebäudeensembles im Außenbereich von Siedlungen. Dazu zählen landwirtschaftliche Betriebe sowie historische Guts- und Krughäuser, häufig in historischer Bausubstanz. Sie sind in der Regel hofartig mit einem Haupthaus als Wohngebäude und mehreren Wirtschaftsgebäuden angeordnet. Gerade die landwirtschaftlichen Betriebe verfügen über große Dachflächen.

Freiraum
Die Gebäude sind von weiträumigen Flächen mit direktem Landschaftsbezug umgeben. Die landwirtschaftlichen Flächen in der Umgebung sind teilweise extensiv genutzt.

Energieversorgung
Die Wärmeversorgung der Gebäude wird über dezentrale Systeme auf Heizöl- oder Gasbasis geleistet, zudem werden Holzpelletsheizungen eingesetzt. Die Gebäude sind selten energetisch saniert, einige verfügen über Solaranlagen.

Erschließung und Versorgungsstruktur
Archipele befinden sich oftmals abseits des regionalen Straßennetzes und werden in diesen Fällen über private Wege erschlossen. Aufgrund fehlender ÖPNV-Anbindung und Versorgungsmöglichkeiten sind die Bewohner auf den eigenen PKW angewiesen. Die umgebenden Freiflächen bieten Möglichkeiten zur teilweisen Selbstversorgung.

Berufsgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus Hamburg - Boberg /Hamburg

Lohbrügge-Nord / Hamburg

Modul

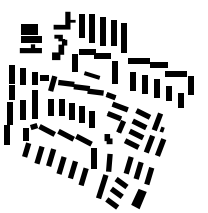
Städtebau
Module beschreiben große städtebauliche und funktionale Solitäre wie bspw. Krankenhäuser, Schwimmbäder, Schulkomplexe etc. Häufig stehen sie nicht im direkten Siedlungszusammenhang, befinden sich jedoch an Rändern und Schnittstellen anderer Raumcharaktere. Zu den Modulen zählen zudem industrielle Betriebe (bspw. Betonwerke) im Außenbereich. Module stellen sich häufig als eingefriedete Gebäudekomplexe bestehend aus Hauptgebäuden mit mehreren Nebengebäuden dar. In der Regel sind die Gebäude zentral erschlossen und verfügen über große Flachdächer.

Freiraum
Die Gebäudekomplexe sind von zugehörigen Freiflächen umgeben. Diese sind zum einen Träger des ruhenden Verkehrs und bilden an vielen Standorten weitläufige Grünflächen.

Energieversorgung
Module sind energetisch betrachtet gesondert zu behandeln. Sie sind auf eine konstante Stromversorgung angewiesen und haben einen hohen Energieverbrauch. Aus diesem Grund verfügen sie häufig über eigene Kreislauf- und Speichersysteme, die an Notstromaggregate, kleine Kraftwerke oder dezentrale Wärme- und Kältesysteme angeschlossen sind.

Erschließung und Versorgungsstruktur
Module übernehmen spezielle Versorgungsfunktionen für einzelne oder mehrere Raumcharaktere oder die ganze Region. Insofern generieren sie durch ihre hohe Zahl von Mitarbeitern und Nutzern ein starkes Pendleraufkommen. Daher verfügen sie über einen hochfrequentierten ÖPNV-Anschluss, der in der Regel durch Busse geleistet wird.

Lamelle



Städtebau
Lamellen sind Siedlungen im Zeilenbau sowie dichte Reihenhausbebauungen. Basis des städtebaulichen Musters sind lange, schmale Wohngebäude. Die Gebäude stehen parallel, lose gruppiert oder versetzt in einem relativ großen Abstand zueinander und sind häufig quer entlang einer Erschließungsstraße angeordnet. Sie sind in gleichförmigen zwei- bis viergeschossigen Kubaturen mit mehreren Wohneinheiten ausgeführt und weisen häufig Satteldächer auf. Die Siedlungen sind v.a. in der Nachkriegszeit in kurzer Zeit von genossenschaftlichen Wohnungsbaugesellschaften realisiert worden.

Freiraum
Die Siedlungen haben einen hohen Grünflächenanteil. Der halböffentliche Raum zwischen den Gebäuden stellt sich typischerweise als weitläufige Rasenflächen dar und erschließt die Gebäude über Fußwege. Öffentliche Räume sind meist nur als Straßenräume ausgebildet, die den ruhenden Verkehr aufnehmen.

Energieversorgung
Der Wohnungsbestand ist größtenteils energetisch unsaniert. Aus den minderen bautechnischen Qualitäten und den veralteten Heizungsanlagen resultiert ein hoher Wärmebedarf. Die Wärmeversorgung wird über Gaszentralheizungen oder den Anschluss an Fernwärmenetze geleistet.

Erschließung und Versorgungsstruktur
Der ÖPNV-Anschluss ist in einem überwiegenden Teil der Siedlungen durch Buslinien vorhanden. Seltener ist jedoch die Erschließung durch den schienengebundenen Nahverkehr. Nahversorgungszentren sind häufig zentralisiert und in fußläufiger Entfernung. Da die Siedlungen als Stadterweiterungsgebiete vorhandener Zentren entstanden sind, sind soziale Infrastruktur und weitere Einkaufsmöglichkeiten in der näheren Umgebung erreichbar.

Szenario: Energietransfer-Lamelle

Es zieht, es bröckelt und die Kosten für Strom und Wärme übersteigen bald die Mieten. Die genossenschaftliche Lammellensiedlung ist unsaniert und der bauliche Zustand teilweise mangelhaft, so dass die Gebäude in ihrer Existenz bedroht sind. An einen langwierigen Abriss und Neubau der Siedlung ist wegen des Hamburger Wohnungsmangels und dem Versorgungsauftrag der Genossenschaft nicht zu denken. Im Rahmen eines umfangreichen Sanierungsvorhabens wird nach Möglichkeiten einer sukzessiven energetischen Erneuerung und effizienteren Wärmeversorgungsystemen gesucht. Das nahegelegen Krankenhaus sieht sich mit einer ähnlichen Problemlage konfrontiert. Der enorme Energiebedarf führt zu stetig steigenden Kosten für den Betrieb von Klima- und Lüftungsanlagen, Heizsystemen, Krankenhaustechnik, Wäscherei, Mensa etc. Gemeinsam mit einem auf Wärmecontracting spezialisierten Consultingunternehmen plant das Krankenhausmanagement langfristige Investitionen in moderne Anlagentechnik und eine thermische Sanierung.
Beim Tofu-Schnitzel in der Krankenhausmensa treffen der Energieberater des Consultingunternehmens und Genossenschaftsrat Häger zusammen. In dem Gespräch erkennen beide Parteien Synergieeffekte in einer energetischen Vernetzung und planen in einem Pilotprojekt eine vorbildhafte Wärmeversorgung.
Bereits im Vorfeld wurde der Entschluss gefällt, ein neues BHKW auf dem weitläufigen Krankenhausgelände zu errichten. Dieses soll neben Strom den Heißwasser- und Grundwärmebedarf decken. Besonders attraktiv erscheint aus Sicht der Wohnungsbaugenossenschaft die anfallende Abwärme aus dem Krankenhausbetrieb (Kühlung, Brauchwasser, Heizungsrücklauf) weiter zu nutzen. Diese schließt mit dem Krankenhaus einen Vertrag über die „niedrigenergetische Abwärmenutzung in einem Anergienetz“ für Teile der nahegelegenen Wohnungsbestände. In der Folge beginnt die Wohnungsbaugenossenschaft mit der thermischen Sanierung des bedrohten Gebäudebestands. Dabei werden einige Objekte aufgestockt, partiell nachverdichtet und mit Wärmepumpen ausgestattet, um die jeweilige Bedarfstemperatur der Wohnungen zu erreichen. Die Möglichkeit des modularen Aufbaus von Anergienetzen erlaubt es dabei zunächst in einem Teilbereich der nahegelegenen Siedlung zu beginnen. In den folgenden Jahren werden weitere Wärmequellen (Abwärme des nahegelegenen Gewerbegebiets) sowie weitere sanierte Bereiche der Siedlung eingebunden. Zudem wird die Errichtung eines Latentwärmespeichers zum Ausgleich jahreszeitlicher Schwankungen abgewägt.
Zur Unterstützung der benötigten dezentralen Wärmepumpen werden Photovoltaikanlagen auf den Wohngebäuden installiert. Eine im Energiecluster (siehe Szenario Kontainer) ansässige Firma bietet an, in einen Testbetrieb, hybride Solarzellen zu installieren. Diese erzeugen neben elektrischer Energie, solare Wärme und lassen sich durch das Patent „Season-Switch“ in ihrer Priorität schalten.
Aufgrund der guten Kooperationserfahrungen mit der Wohnungsbaugesellschaft unterbreitet das Krankenhausmanagement der Genossenschaft ein Angebot sich an einem weiteren dezentralen Energieprojekt zu beteiligen. Das Notstromaggregat wird zu diesem Zweck deutlich größer ausgelegt, um elektrische Energie zu speichern. Zwischen dem Krankenhaus und der Siedlung wird mithilfe einer intelligenten Steuerungstechnik vermittelt. Werden etwa die Wärmepumpen nicht benötigt, wird ein Teil der erzeugten elektrischen Energie im Krankenhaus gespeichert. Zwar hat das Krankenhaus auch in eine eigene Stromerzeugung investiert, diese kann den Bedarf jedoch nicht kontinuierlich decken. Der zusätzlich benötigte Strom kann nun in Zeiten günstig verfügbaren Stroms durch externe Windenergie bezogen und in der Redox-Flow-Batterie gespeichert werden. Auf einer Pressekonferenz beider Parteien wird das innovative Krankenhaus als „das Gebäude im System“ bezeichnet.
Ein Jahr später wird im Bezirk Bergedorf die erste Regionalkonferenz zum Thema „Energetischer Stadtumbau“ durchgeführt. Gemeinsam referieren beide Parteien über ihr Projekt und verdeutlichen, dass viele Module wie Hotelkomplexe, Kläranlagen, Großbäckereien einen wichtigen Baustein für die energetische Vernetzung von Stadträumen darstellen. Die Optimierung der eigenen Versorgungssysteme ließe sich auf den Stadtraum ausweiten, sofern Wärme- und Kältebedarfe sowie die perspektivische Entwicklung einzelner Siedlungsbestände besser kommuniziert würden. Ein Anfang sei mit der „energetischen Umfeldprüfung“ des BauGB bereits geschaffen. Beide Parteien plädieren dafür, die Potenziale in den verschiedenen Siedlungsbeständen in einem zentralen Informationssystem aufzubereiten, um weitere Synergien der energetischen Vernetzung von Stadträumen zu erschließen.

Potenziale

Produktion Lamelle

Gebäude

- „Season switch“-Solaranlagen auf den Dächern
- gebäudeweise Wärmepumpen

Produktion Modul

Gebäude

- große Photovoltaikanlagen auf den Flachdächern
- Betriebsanlagen produzieren Abwärme

Freiraum

- BHKW auf Erdgasbasis

Speicherung Modul

Gebäude

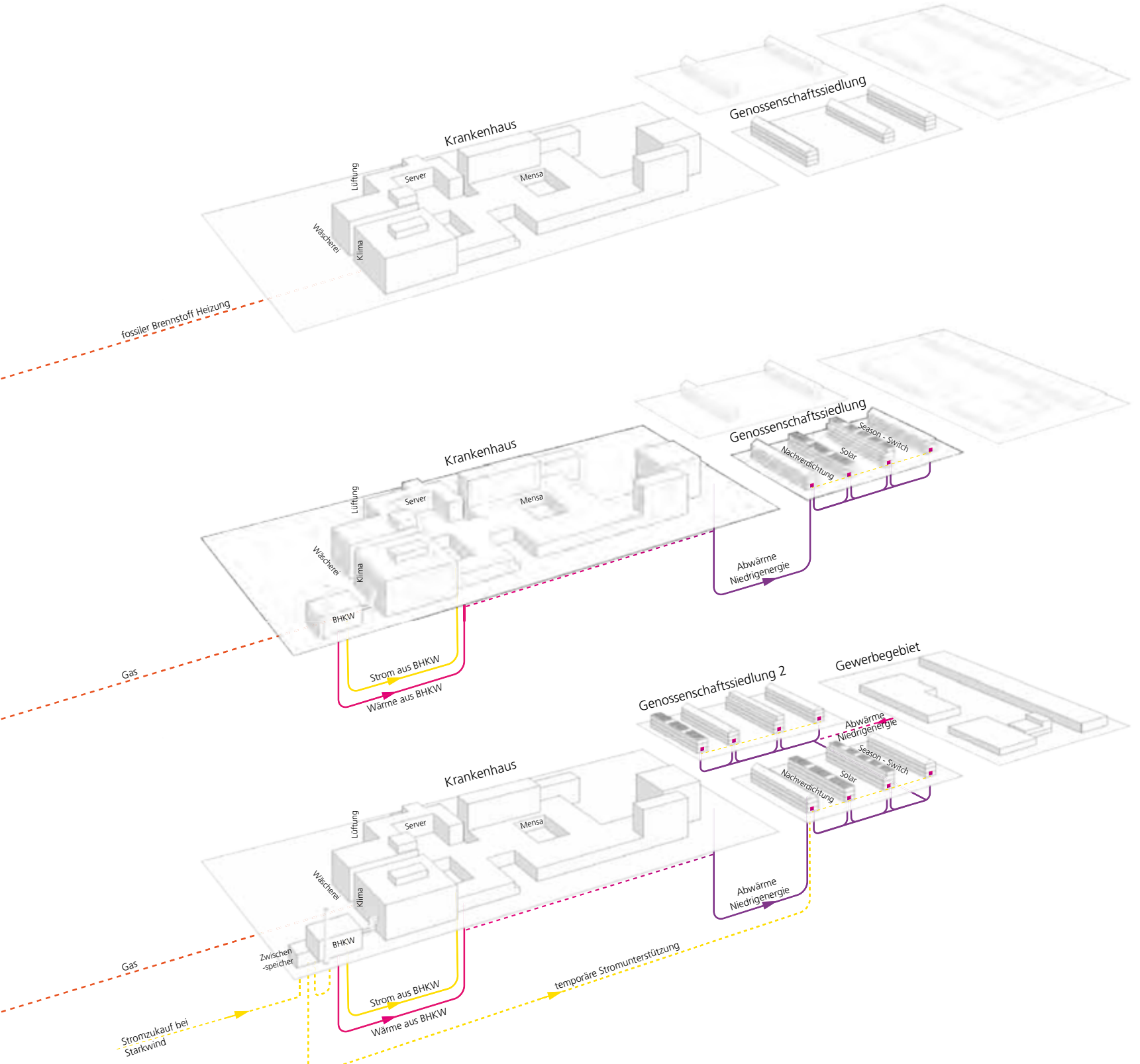
- Redox-Flow-Batterie

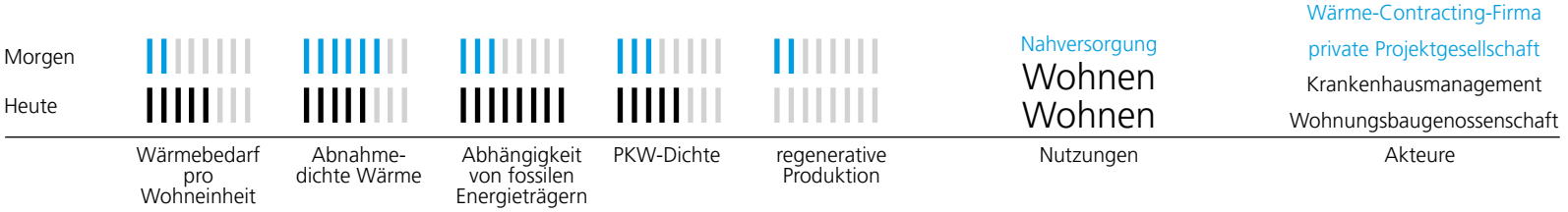
Freiraum

- Latentwärmespeicher

Vernetzung Modul / Lamelle

- gemeinsames Energie-Netz
- Smart Grid
- sukzessive Zuschaltung weitere Wohngebäude
- sukzessive Zuschaltung neuer Wärmequellen


Krankenhaus
Genossenschaftssiedlung
Lüftung
Server
Mensa
Wäscherei
Klima
fossiler Brennstoff Heizung
Krankenhaus
Genossenschaftssiedlung
Season - Switch
Nachverdichtung
Solar
Lüftung
Server
Mensa
Wäscherei
Klima
Abwärme
Niedrigenergie
BHKW
Strom aus BHKW
Wärme aus BHKW
Gas
Genossenschaftssiedlung 2
Gewerbegebiet
Abwärme
Niedrigenergie
Krankenhaus
Season - Switch
Nachverdichtung
Solar
Lüftung
Server
Mensa
Wäscherei
Klima
Abwärme
Niedrigenergie
Zwischen
-speicher
BHKW
Gas
Strom aus BHKW
Wärme aus BHKW
temporäre Stromunterstützung
Stromzukauf bei
Starkwind


Morgen
Heute
Wärmebedarf pro Wohneinheit
Abnahme-dichte Wärme
Abhängigkeit von fossilen Energieträgern
PKW-Dichte
regenerative Produktion
Nahversorgung
Wohnen
Wohnen
Nutzungen
Wärme-Contracting-Firma
private Projektgesellschaft
Krankenhausmanagement
Wohnungsbaugenossenschaft
Akteure

zwischen Spadenland und Ochsenwerder / Hamburg

Kette

Städtebau
Einzelbauten, die sich als Siedlungsbänder entlang topographischer Merkmale (Deiche, Flüsse etc.) erstrecken. Bei Überschneidungen der Ketten entstehen dichtere Knoten (Sprenkel). Die überwiegend freistehende, kleinteilige Wohnbebauung entlang der Straßen, wird im rückwärtigen Bereich durch Gewächshäuser, Lagerschuppen, Scheunen und Ställe ergänzt. Charakteristisch ist eine Vielzahl historischer Gebäude, die mit Sichtfachwerk und Reetdächern das Siedlungsbild bestimmen. Neubauten verschiedener Bauphasen gliedern sich in die lineare Struktur ein.

Freiraum
Charakteristisch sind die angegliederten Gärten und die ausgedehnten landwirtschaftlichen Nutzflächen im Hinterland. In einer Vielzahl von Gewächshäusern werden Obst, Gemüse und Blumen angebaut. Der Freiraum dient in zunehmendem Maße der Energieproduktion. Neben diversen Windkraftanlagen und kleinen Biomasseheizkraftwerken wird der Anbau von Biomasse betrieben.

Energieversorgung
Die Gebäude werden mit einer Anlage je Gebäude, meist Gas- oder Ölheizungen beheizt. Dem geringen Maß energetisch sanierter Gebäude steht eine Vielzahl von Solaranlagen auf den Dächern der Wohngebäude und Scheunen gegenüber. Vereinzelt leisten kleine Biomasseheizkraftwerke die Wärmeversorgung der Gewächshäuser. Der anfallende Strom wird in das Stromnetz eingespeist.

Erschließung und Versorgungsstruktur
Die Erschließung verläuft entlang zentraler bandartiger Straßen. Die Anbindung durch den ÖPNV wird durch Busse in einer geringen Frequentierung geleistet. Soziale und Versorgungs-Infrastruktur sind häufig nur mit dem PKW erreichbar. Der hohe Anteil an Nutzgärten und Gewächshäusern ermöglicht eine teilweise Selbstversorgung mit Obst und Gemüse, welches vereinzelt in Hofläden angeboten wird.

Potenziale

Produktion

Gebäude

- Heiz- und Energiezentralen, zusätzlich Strom für E-Autos und E-Fahrräder
- Solarkollektoren auf Dächern zur Wärmeunterstützung
- Biogasanlagen
- an Biogasanlagen angekoppelte BHKWs
- Plusenergiehäuser

Freiraum

- Biomasse aus Landwirtschaft, Anbau von Energiepflanzen, Grünschnitt
- Biomasse und Wärmeunterstützung aus Gewächshäuser
- Schleusenkraftwerke und Photovoltaikanlagen auf Deichen
- Windräder
- Elektrolyseur und Erdgasaufbereitungsanlagen produzieren Erdgas
- Erdwärmekollektoren zur Wärmeunterstützung

Speicherung

Freiraum

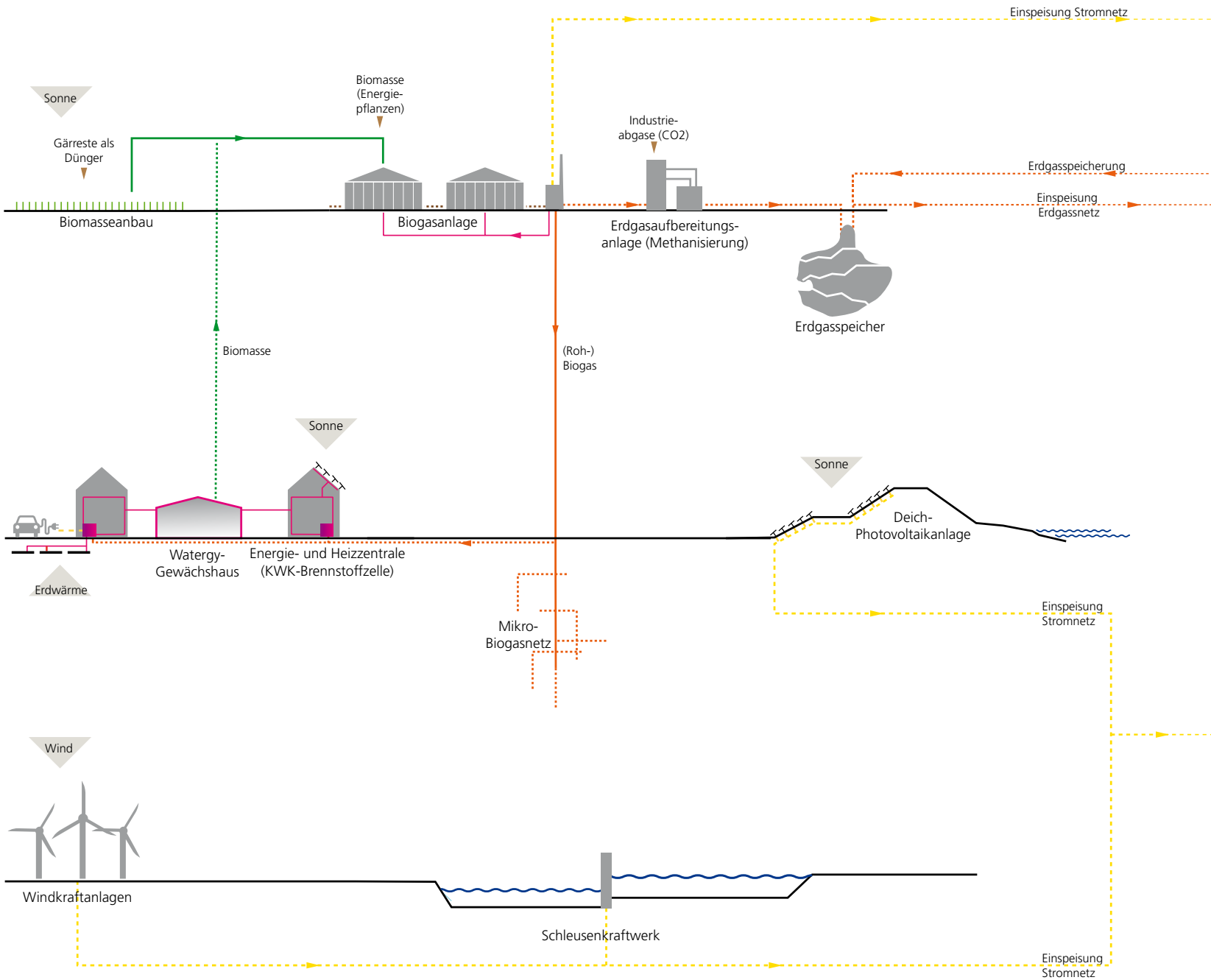
- Erdgasspeicher in Reitbrook
- ausgediente Ölkavernen als Biogasspeicher

Vernetzung

- Stromüberschuß wird in das Stromnetz eingespeist
- Erdgas wird in das Erdgasnetz eingespeist
- Mikrogasnetz versorgt Bewohner angrenzender Sprenkel
- Mikrogasnetz verteilt Biogas innerhalb der Ketten

Szenario: Bioenergie-Kette

Aufgrund der bauhistorisch wertvollen Bausubstanz vieler Gebäude wird eine Fassadendämmung nur in wenigen Fällen durchgeführt. Der weiterhin hohe Wärmebedarf bei steigenden Energiepreisen zwingt die Bewohner der Ketten jedoch zum Umdenken. Man erkennt, dass die eigene Energieproduktion nicht nur eine Überlebensstrategie darstellt, sondern auch ein zusätzliches wirtschaftliches Standbein bietet. Statt der Nutzung fossiler Energieträger diversifizieren sich die Versorgungskonzepte auf Basis lokaler erneuerbarer Energien.
Lokale Firmen betreiben ein Repowering der bestehenden Windkraftanlagen und bauen vereinzelt neue Anlagen hinzu. Außerdem werden Turbinen an den bestehenden Schleusen und Photovoltaikanlagen auf den ausgedienten Deichen installiert. In der Folge werden die Ketten zu einem bedeutenden Stromproduzenten in der Region und decken den gesamten Strombedarf der Haushalte im Bezirk Bergedorf ab. Da in windreichen Zeiten Überkapazitäten entstehen, werden in einem Pilotprojekt ein Elektrolyseur und eine Erdgasaufbereitungsanlage an einem der Windkraftanlagenstandorte errichtet. Mithilfe des überschüssigen Stroms wird Wasserstoff produziert (Elektrolyse). Dieser wird, unter Zugabe von Kohlenstoff zu Methangas umgewandelt, in das Gasnetz eingespeist und im Erdgasspeicher Reitbrook zwischengelagert.
Der zweite wichtige Bereich der Energieproduktion ist der Anbau nachwachsender Rohstoffe. Dabei entstehen verschiedene Kooperationen zwischen Hausbesitzern, Gewächshausbetreibern und Landwirten. Eine technische Neuerung - sogenannte Watergy-Gewächshäuser - sorgt für eine Revolution in der Gewächshauskultur der Vier- und Marschlande. Bestehende und ungenutzte Gewächshäuser werden zum Anbau von Energiepflanzen umgenutzt sowie neue Watergy-Gewächshäuser zugebaut. In den Gewächshäusern wird zudem warme feuchte Luft erzeugt, die über einen Wärmetauscher zur Unterstützung der Wärmeversorgung in den benachbarten Gebäuden dient.
Ein Konsortium unter Beteiligung der Gewächshausbetreiber und Landwirte treibt den Bau weiterer Biogasanlagen sowie davon ausgehender Mikrogasnetze voran. Die Anlagen werden mit Biomasse aus den Gewächshäusern sowie Energiepflanzen und Grünschnitt von den Feldern der lokalen Landwirte bestückt. Angekoppelte BHKWs stellen die benötigte Wärme für die Biogasanlagen bereit und speisen in das Stromnetz ein. Das Biogas wird in den ausgedienten Ölkavernen gespeichert und bedarfsgerecht über die Mikrogasnetze an die Bewohner der Ketten geliefert. Zudem werden einige nahegelegene Sprenkel an Mikrogasnetze angeschlossen und mit Biogas versorgt. In den Gebäuden setzt sich die Installation von Heiz- und Energiezentralen durch. Diese Anlagen kombinieren die Wärmegewinnung aus Solar- bzw. Erdwärmekollektoren mit einer Brennstoffzelle auf Biogasbasis. Die Brennstoffzelle erzeugt zusätzlich elektrische Energie. Damit kann der Stromverbrauch eines Hauses ganz oder teilweise gedeckt werden.
Viele Bewohner sehen einen weiteren Vorteil in der Möglichkeit eigenen Strom zu produzieren, da die steigenden Benzin- und Dieselkosten zu einer zunehmenden finanziellen Belastung werden. Der eigene Strom bietet eine kostengünstige Alternative, so dass sich die Elektromobilität ausbreitet.
Der Ausbau sogenannter „Schnellradwege“ - ein Netz kreuzungsarmer Radwege in der Region, welches u.a. die S-Bahnstationen anbindet - sorgt für die Verbreitung von Elektrofahrrädern und die Reduzierung von Fahrten mit dem eigenen PKW.
Mit der Zeit findet eine punktuelle Nachverdichtung der bestehenden Ketten statt. Aufgrund der schlechten energetischen Bilanz der Bestandsgebäude und den hohen Aufwendungen in der Wärmeversorgung, wird als Ergebnis der neuen kommunalen Energieleitplanung in einfachen Bebauungsplänen der Plusenergiehaus-Standard im Neubau festgesetzt.


Einspeisung Stromnetz
Sonne
Biomasse (Energie-pflanzen)
Industrie-abgase (CO2)
Gärreste als Dünger
Erdgasspeicherung
Einspeisung Erdgassnetz
Biomasseanbau
Biogasanlage
Erdgasaufbereitungs-anlage (Methanisierung)
Erdgasspeicher
Biomasse
(Roh-) Biogas
Sonne
Sonne
Deich-Photovoltaikanlage
Watergy-Gewächshaus
Energie- und Heizzentrale (KWK-Brennstoffzelle)
Erdwärme
Mikro-Biogasnetz
Einspeisung Stromnetz
Wind
Windkraftanlagen
Schleusenkraftwerk
Einspeisung Stromnetz

Morgen
Heute

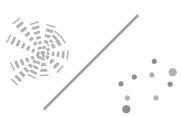
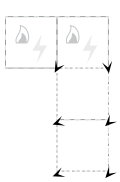
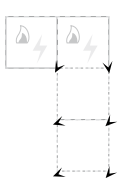
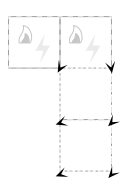
Wärmebedarf pro Wohneinheit
Abnahme-dichte Wärme
Abhängigkeit von fossilen Energieträgern
PKW-Dichte
regenerative Produktion

Einkaufen
Naherholung
Gewerbe
Landwirtschaft
Wohnen

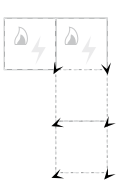
Nutzungen

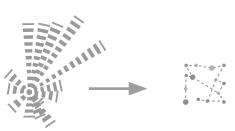
Energie-Konsortium
lokale Energieproduzenten
Gewächshausbetreiber
Landwirte
Eigentümer

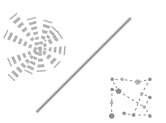
Akteure

	Sprenkel	Kontainer	Kette	Schwarm
energetisch	- Zubau großer Produktionsanlagen (z.B. Windräder) - Zubau kleiner Kraftwerks- und Produktionsanlagen (z.B. kleine BHKW) - Zubau gebäudebezogener EE-Anlagen (z.B. Solaranlagen) - Biomasseproduktion (z.B. Kurzumtriebsplantagen)	- Zubau großer Kraftwerks- und Produktionsanlagen (z.B. große BHKW) - Zubau gebäudebezogener EE-Anlagen (z.B. Photovoltaikfassade) - Aufbau grüner Industrien im Energiesektor (z.B. Biokraftstoffe)	- Zubau von großen Kraftwerks- und Produktionsanlagen (z.B. Repowering, Biogasanlagen) - Zubau von kleinen Kraftwerks- und Produktionsanlagen (z.B. Photovoltaik auf Deichen) - Zubau gebäudebezogener EE-Anlagen (z.B. Solaranlagen) - EE-Haustechnik (z.B. KWK-Hauszentralen) - Biomasseanbau (z.B. Energiepflanzen)	- Option 1: energetische Sanierung und Zubau gebäudebezogener EE-Anlagen (z.B. Solar- und Erdwärmekollektoren) - Option 2: Zubau kleiner Kraftwerksanlagen (z.B. kleine BHKW)
organisatorisch	- Bürgerinitiative startet Prozess der energetischen Dorferneuerung - Energiegenossenschaft - lokale Energieunternehmen - kollektiver Einkauf von Solaranlagen - Kooperation mit benachbarten Kommunen (z.B. Bürger-Windpark)	- individuelle Versorgung (z.B. Solaranlagen, Erdwärmesonden) - lokale Energiekooperationen - Mobilitätskooperation (Unternehmen und Stadt)	- individuelle Versorgung (z.B. Solaranlagen, Erdwärmekollektoren, E-Autos und E-Fahrräder) - kollektive Versorgung (z.B. Biogasanlage > Mikrogasnetz > KWK-Hauszentrale) - lokale Kooperationen (z.B. Konsortium lokaler Gewächshausbetreiber und Landwirte)	- Option 1: individuelle Versorgung - Option 2: kollektive Versorgung durch lokale Wärme-Kooperationen (z.B. Eigentümer mit Energieversorger)
systemisch	- lokal: Wärmeverbund (BHKW und Nahwärmenetz) - beziehen Biomasse aus der Umgebung - regional: Einspeisung in das Stromnetz	- lokal: Umwandlung von Strom in Wasserstoff als Speicher - Abwärmenutzung und Wärmevernetzung - regional: Biokraftstoff-Lieferant, Einspeisung in das Stromnetz	- Gebäude: (z.B. Abwärmenutzung von Gewächshäusern) - lokal: dezentraler Zusammenschluss (z.B. Mikrogasnetz) - regional: Einspeisung in Strom- und Gasnetz	- Option 1: flexible Energiesysteme - Option 2: dezentrale Wärmeverbünde (z.B. Mikro-Nahwärmenetz)
baulich	- vereinzelte Nachverdichtung von Baulücken - Umnutzung landwirtschaftlicher Bausubstanz	- Abriss und Neubau bei extremer Ineffizienz - Neubau in energetischen Potenzialräumen - Neubau grüner Industrien (z.B. vertikale Algenfarmen) - Transformation in Randlagen	- lineare Nachverdichtung in vorhandener Siedlungsstruktur - Neubau im Plusenergiestandard	- Option 1: vereinzelte Nachverdichtung - Option 2: Abriss und verdichteter Neubau im hohen energetischen Standard
regionales Entwicklungsprinzip	quartiersbezogener Wärmeverbund  Stromproduktion (regional) 	quartiersbezogener Wärmeverbund Stromproduktion (regional) 	lokaler Gasverbund Stromproduktion (regional) 	quartiersbezogener Wärmeverbund

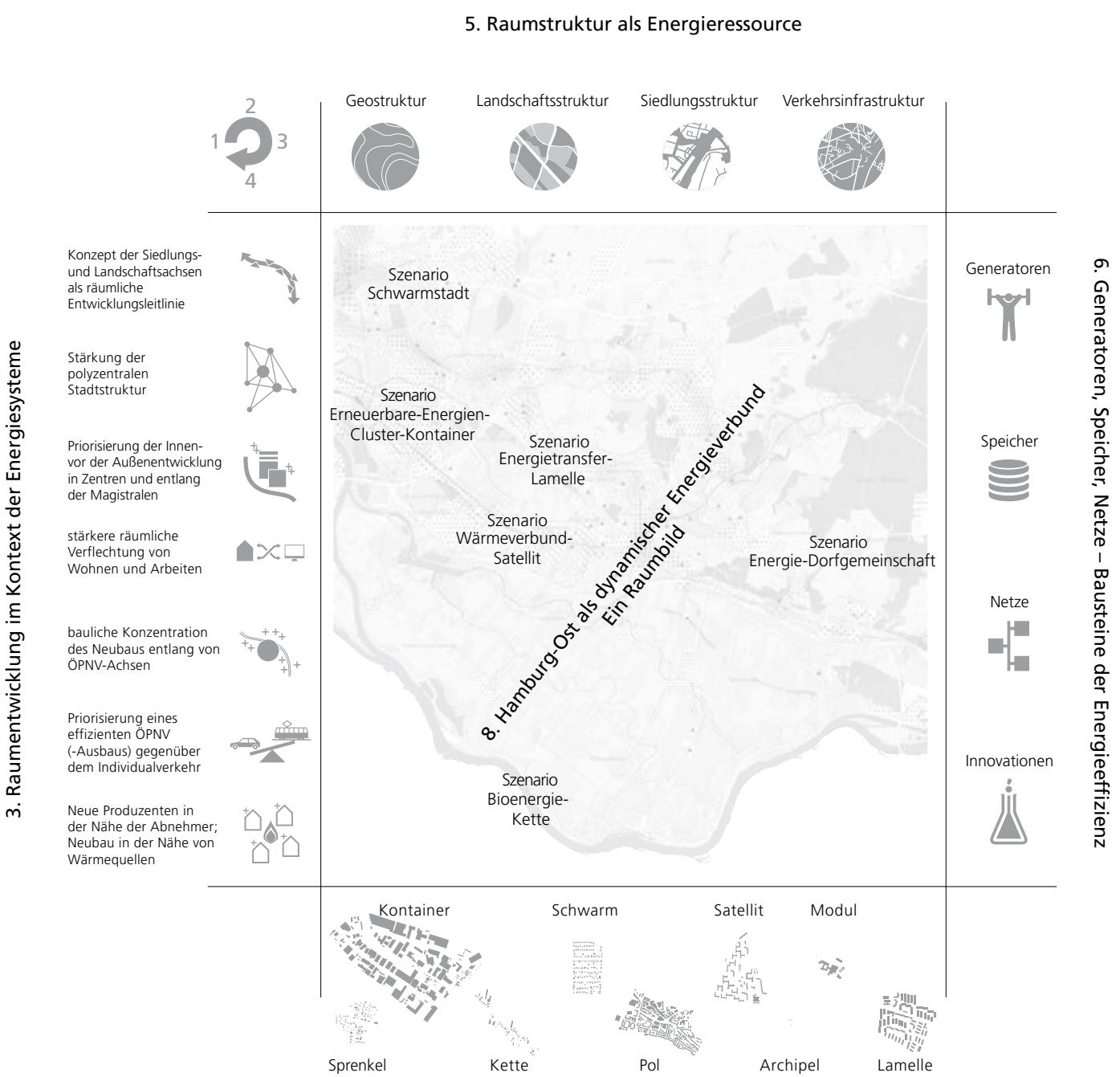
Pol	Satellit	Modul	Lamelle	
- Zubau gebäudebezogener EE-Anlagen (z.B. Solaranlagen) - energetische Sanierung - Erneuerung der Haustechnik	- Effizienz vorhandener Kraftwerke optimieren (KWK) - energetische Sanierung - Zubau gebäudebezogener EE-Anlagen (z.B. Solaranlagen) - zentrale E-Autoladestation - großer Wärmespeicher	- Modernisierung der eigenen Energieversorgung (z.B. Wärmeversorgung) - energetische Sanierung - Wärmespeicher	- energetische Sanierung - Zubau gebäudebezogener EE-Anlagen (z.B. Solaranlagen, Erdwärmesonden) - Wärmespeicher in Freiflächen	energetisch
- Abwärmebörse - Dachflächenbörse - „Energy-Improvement-District“	- Wohnungsbaugesellschaft als Energieversorger - lokale Kooperationen (z.B. Wohnbaugesellschaft und Car-Sharing-Betreiberfirma) - konventioneller Energieversorger	- Kooperation mit umgebenden Charakteren (z.B. Wohnungsbaugesellschaft > Lamelle)	- Wohnungsbaugesellschaft als Energieversorger - lokale Wärme-Kooperationen	organisatorisch
- vorhandene Wärmenetze optimieren (EE-Träger) - smart grids - lokale Abwärmeverbünde - regional: beziehen Energie	- lokal: Wärmeverbund mit Umgebung (Abgabe des Wärmeüberschuss) - regional: Einspeisung in das Stromnetz; Lastspitzenausgleich (BHKW) - überregional: Neue EE-Quellen (z.B. Windgas für BHKW)	- lokal: Wärmeverbund (z.B. Ausgangspunkt von Anergienetzen)	- lokal: lokaler Wärmeverbund > Kaskadierungspotenzial (Abwärmeabnehmer)	systemisch
- teilweise Aufstockung - teilweise Nachverdichtung - Bebauung von Konversionsflächen im hohen energetischen Standard	- teilweise Weiterentwicklung (z.B. Umfeldentwicklung in kompakter Niedrigenergiebauweise) - teilweise Aufstockung - teilweise Nachverdichtung	- Erweiterung	- teilweise Aufstockung - teilweise Nachverdichtung	baulich
Energiebezug (regional)	quartiersübergreifender Wärmeverbund	lokaler Energieverbund	quartiersbezogener Wärmeverbund	regionale Entwicklungsprinzipien



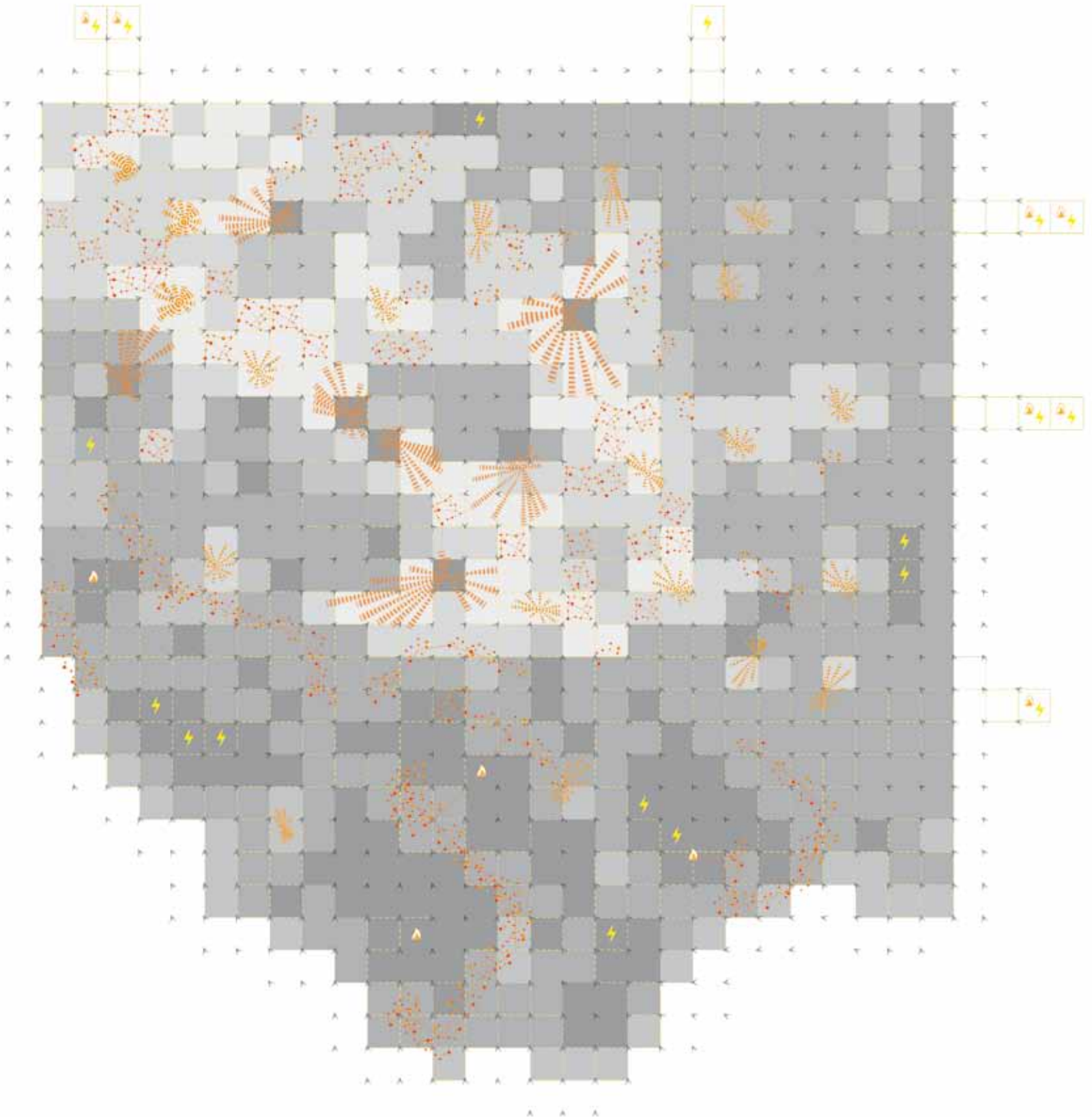




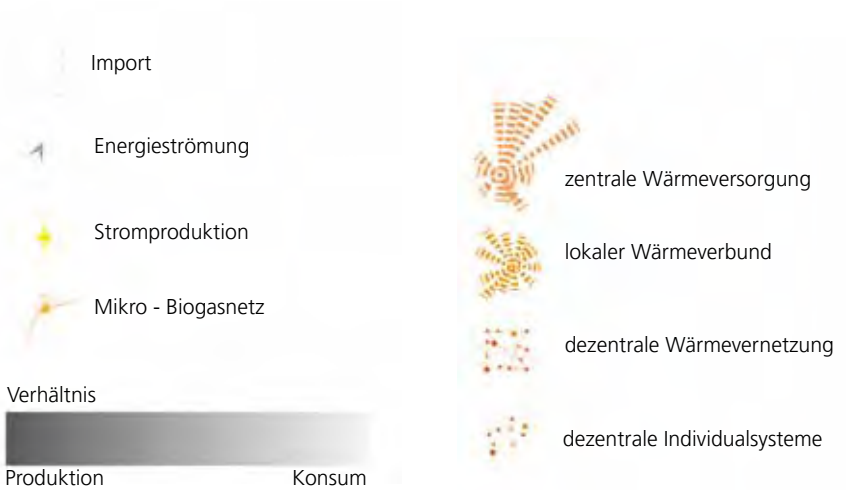
8 Hamburg-Ost als dynamischer Energieverbund - Ein Raumbild



7. Raumcharaktere: Szenarien einer energieeffizienten Stadtlandschaft

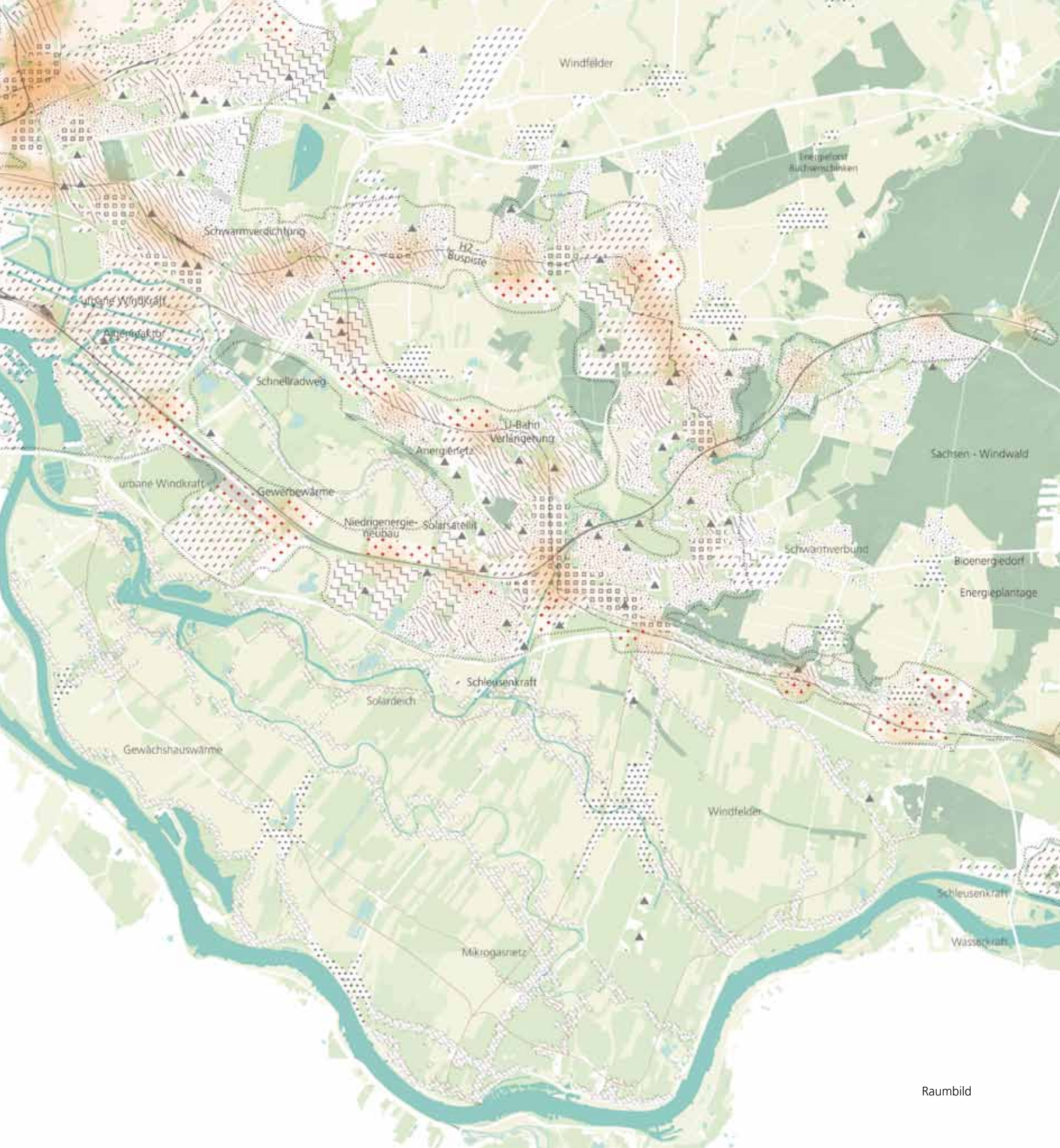


EnergieStrömungsbild



Das Bild der Region als dynamischer Energieverbund ist als Metapher für die Intensivierung der Vernetzung und des Austauschs innerhalb des Untersuchungsraums zu verstehen. Die Metapher wird anhand von energetischen Strömungen verdeutlicht. Das „EnergieStrömungsbild" zeigt eine Momentaufnahme. Etwa bei starkem Wind und wenig Sonne variieren die Kräfteverhältnisse und damit die Grafik. Dennoch entstehen Räume, die durchgängig Überschüsse produzieren und Räume, die diese Überschüsse konsumieren. Die verschiedenen Raumcharaktere übernehmen somit unterschiedliche Funktionen im neuen regionalen Energieverbund. Folge ist der Aufbau lokaler Produktions- und Nutzungskreisläufe und die Stärkung des regionalen Energieaustauschs zwischen den Raumcharakteren. Das klassische Bild der Stadtregion als Energiekonsument wird überlagert von neuen regionalen Produzenten, lokalen Versorgungssystemen sowie dezentralen Verbünden und Individualsystemen.

Dabei entsteht ein neues Produktions- und Konsumtionsmuster, das sich stärker an einem kreislaufförmigen Versorgungsschema orientiert. Diese Kreisläufe bestehen auf mehreren räumlichen Ebenen und greifen bedarfsbedingt ineinander über. Ziel ist es, Entfernungen und damit die Kreisläufe möglichst klein zu halten, um Transportverluste und den Energieeinsatz jeglicher Art zu reduzieren (Wärme, Kraftstoffe, Strom).
Der dynamische Energieverbund steht in Wechselwirkung mit der räumlichen Entwicklung. Auf regionaler Ebene wird deutlich, dass der dünner besiedelte Außen- und Achsenzwischenraum sein Angebot intensiviert und den dichtbesiedelten Innenraum mit regenerativem Strom und Brennstoffen versorgt. Kann das Angebot die Nachfrage nicht decken, wird auf den nächstgrößeren Kreislauf zurückgegriffen.


Windfelder
Energiepark Buchwerschinken
Schwarmverdichtung
H2 - Buspiste
urbane Windkraft
Agrivoltaik
Schnellradweg
U-Bahn Verlängerung
Anergienetz
Sachsen - Windwald
urbane Windkraft
Gewerbewärme
Niedrigenergie-Neubau
Solarsatellit
Schwarmverbund
Bioenergiedorf
Energieplantage
Schleusenkraft
Solardeich
Gewächshauswärme
Windfelder
Schleusenkraft
Mikrogasnetz
Wasserkraft

Raumbild

Daraus resultiert ein Nebeneinander von dezentralen und zentraleren Versorgungsmustern. Im Bild der Raumcharaktere gesprochen: Es findet eine systemische Vernetzung unterschiedlicher Raumcharaktere statt, z.B. Sprenkel versorgt Schwarm, Modul unterstützt Lamelle. Damit korrelieren bauliche Veränderungen innerhalb der Raumcharaktere, es entstehen Mischformen und es entwickeln sich neue Raumcharaktere.

Im dichtbesiedelten Raum liegt aufgrund der geringen Produktionsleistung bei gleichzeitig hohem Bedarf der Fokus auf einer effizienten Nutzung und Verteilung der Energie. In der Verbindung mit einer Nachverdichtung achsennah gelegener Lamellen- und Schwarmsiedlungen sowie der Ausweisung neuer Entwicklungsflächen werden lokale Wärmeversorgungssysteme auf der Quartiersebene installiert. Die neuen Wärmenetze werden als Nahwärmenetze oder dezentrale Wärmeverbünde (etwa durch Abwärmenutzung) realisiert. - siehe Korrekturexemplar

Der dünner besiedelte Außen- und Achsenzwischenraum hingegen tendiert zu einem Nebeneinander kleinteiliger Versorgungssysteme, die größtenteils auf lokal produzierter Energie basieren. In dichteren Gebieten (Sprenkel) etabliert sich eine lokale Wärmeversorgung.

Die dünnbesiedelten Siedlungsbänder (Ketten) tendieren zu dezentralen Individualsystemen auf Mikrogasbasis oder im Verbund mit Gewächshäusern. Hier wird es keine nennenswerte bauliche Entwicklung geben.

In Korrelation mit den Kriterien einer energieeffizienten Regionalentwicklung entwickelt sich das Siedlungswachstum gezielt entlang der Siedlungs- und ÖPNV-Achsen. Die bauliche Verdichtung entlang der Achsen unterstützt dabei die Effizienz von Versorgungssystemen und schafft zudem kürzere Wege entlang der Achsen. Zugleich trägt die Verdichtung das Ziel, den Freiraum von einem weiteren dispersen Siedlungswachstum freizuhalten und ihn sowohl in seiner Funktion als produktive Landschaft (Nahrungsmittel- und Energieproduktion), als auch in seinen landschaftlichen Qualitäten und als Raum für die Naherholung zu stärken.

9 Resümee und Ausblick

Die dynamische Entwicklung der Stadtregion Hamburg und ein heterogenes Feld von Akteuren als möglichen Partnern und dauerhaften Trägern der Energiewende erfordert aktives und integratives Denken und Handeln der räumlichen Planung auf allen Ebenen. Grundlage dazu bildet eine Strategie, die sowohl eine effiziente Energieversorgung als auch die Erschließung regionaler erneuerbarer Energiequellen als neue Chance einer nachhaltigen Regionalentwicklung begreift und zielgerichtet umsetzt. Dazu bedarf es v.a. Verbündeter und einer klaren Kommunikationsstrategie.
Diese Arbeit liefert sowohl einen Einblick in Techniken neuer Energiesysteme als auch eine methodische Herangehensweise der räumlichen Analyse von energetischen Potenzialen im Untersuchungsraum Hamburg-Ost. Raumcharaktere, Szenarien und das Raumbild übernehmen dabei die Aufgabe, Imaginationen und Herausforderungen einer möglichen Zukunft aufzurufen; bspw. im Rahmen von systematisch organisierten Regionalkonferenzen als erstem Schritt zur Information, Anregung und Überzeugung der regionalen Akteure.
Das methodische Herangehen, der Wechsel aus empirisch-theoretischem, entwerferischem und explorativem Arbeiten ermöglichte einen freien, interpretativen Zugang zu einem Themenfeld, was von einer hohen Komplexität und Dynamik geprägt ist und in vielerlei Hinsicht Neuland darstellt. Vor dieser Herausforderung stehen auch die Akteure aus Politik, Unternehmen und Planung als Adressaten dieser Arbeit.

Die Schwierigkeit wird v.a. darin bestehen, die Anforderungen neuer Konzepte (dezentrale Energieproduktion und Energieeffizienz im stadtregionalen Maßstab) in bestehende räumliche und organisatorische Strukturen zu integrieren. Als wesentliche Erkenntnis ist festzuhalten: Das Erreichen der Ziele einer regionalen Energiewende, die mit der Qualifizierung des Bestandes und der Mobilisierung privaten und kommunalen Kapitals einhergeht, ist als ein gesellschaftlicher Prozess anzusehen. Dabei gilt es, die aktuelle Dynamik im Ausbau regenerativer Energien mit der Region als Gesamtsystem abzustimmen. Insofern muss die Energiewende in ihren regionalen Zusammenhängen betrachtet und kommuniziert werden. Dafür ist ein Leitbild von Nöten, das regionales Denken mit lokalem Handeln verbindet. Das bspw. als Leitbild der „Energieregion", als identitätsstiftendes Moment auf die Intensivierung lokaler und interkommunaler Kooperationen setzt; das Akteure in den Gemeinden und aus der Wirtschaft anregt, im Diskurs mit der Regionalplanung gemeinsame Entwicklungsziele zu formulieren.

Hier sind Regionalkonferenzen – bspw. unter dem Motto: „Regionale Energiewende Hamburg-Ost"– eine Methode der prozessorientierten Regionalplanung, um relevante Akteure für eine offene und konstruktive Grundhaltung und Mitarbeit am gemeinsamen Projekt zu gewinnen. Mit Szenarien und Raumbild zeigt die Arbeit organisatorische und räumliche Perspektiven einer effizienteren Stadtregion auf und liefert ein kommunikatives, mitunter provokantes Bild, das als Aufhänger eines solchen regionalen Diskurses dienen kann. Inhaltliche Schwerpunkte der Regionalkonferenzen wären neben dem Aufbau eines Akteursnetzwerks, dem Anstoß zum Aufbau eines Informationssystems regionaler Energiepotenziale und der Definition eines gemeinsamen Leitbilds, die Weichenstellung zur Erarbeitung lokaler, interkommunaler und regionaler Energiekonzepte bis hin zur Definition von Modellprojekten. Mit den Szenarien liefert die Arbeit einen Ausblick über mögliche Inhalte solcher Projekte. Aus den Regionalkonferenzen sollten Steuerungsgruppen auf regionaler oder interkommunaler Ebene erwachsen, die u.a. neue Kompromisslinien definieren, wenn bspw. der Anbau von Energiepflanzen intensiviert, neue Stromtrassen verlegt oder Standorte für zusätzliche Kraftwerke ausgewiesen werden. Ziel ist es, sich auf räumliche Entwicklungsleitlinien zu verständigen, die lokale Konzepte zur Produktion, Speicherung und Distribution von Energie als integrativen Bestandteil einer energieeffizienten Regionalentwicklung einbeziehen. Diese dienen im Gegenzug den jeweiligen Kommunen als Orientierungsrahmen, die Möglichkeiten kommunaler Eigenentwicklung vor dem Hintergrund einer gesamträumlichen Entwicklung einzuschätzen.

Wesentlich wird eine identitätsstiftende und anregende Kommunikation sein. In diesem Zusammenhang verstehen wir die eigene Arbeit als Impuls und bildhaften Leitfaden zur Diskussion über die energieeffiziente Stadtregion der Zukunft.

10 Anhang

Literatur

Agentur für Erneuerbare Energien e.V.: Renews Spezial. Strom speichern, Berlin 2010(a)

Aretz, Astrid et al.: Regionale Selbstversorgung mit erneuerbaren Energien, in: Ökologisches Wirtschaften, Nr. 4 (2009)

Bartholomäus, Heike (Hg.): Wie viel Gestaltung braucht Stadt, Cottbus 2009

Bavendamm, Dirk: Reinbek. Eine holsteinische Stadt zwischen Hamburg und Sachsenwald, Reinbek 1988

Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hg.): Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen, München 2008

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit et al. (Hg.): Leitfaden Energienutzungsplan, München 2011

Blesl, Markus und Ulrich Fahl: Die Energieversorgung der Zukunft: dezentral, erneuerbar, vernetzt? in: greenbuilding, Nr. 11 (2011)

Bormann, Oliver und Michael Koch: Zwischenstadt Entwerfen, Wuppertal 2005

Bott, Helmut und Herbert Lindner: Energie und Siedlungsstruktur, Darmstadt 1981

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.): Erneuerbare Energien. Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft, Berlin 2009

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung, Berlin 2010

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): Handlungskatalog: Optionen erneuerbarer Energien im Stadtraum, Bonn 2009(a)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien, Bonn 2009(b)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): Erneuerbare Energien: Zukunftsaufgabe der Regionalplanung, Berlin 2011(a)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): Handlungsleitfaden zur Energetischen Stadterneuerung, Berlin 2011(b)

Deutsches Institut für Urbanistik (Hg.): Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden, Berlin 2011

Dreckmann, Alfred (Hg.): Bergedorfer Industrie, Band 1, Bergedorf 1992

Dreckmann, Alfred (Hg.): Bergedorfer Industrie, Band 2, Bergedorf 1993

Europäische Kommission (Hg.): EUREK. Europäisches Raumentwicklungskonzept. Auf dem Wege zu einer räumlich ausgewogenen und nachhaltigen Entwicklung der Europäischen Union, Luxemburg 1999

Freie und Hansestadt Hamburg, Stadtentwicklungsbehörde (Hg.): Stadtentwicklungskonzept. Leitbild, Orientierungsrahmen und räumliche Schwerpunkte, Hamburg 1996

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hg.): Räumliches Leitbild. Entwurf, Hamburg 2007(a)

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hg.): Zukunftsfähig – nachhaltig – ökologisch. Siedlungs- und Bauprojekte, Hamburg 2007(b)

Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hg.): Leitfaden zur Erdwärmenutzung in Hamburg, Hamburg 2011

Gemeinde Glinde (Hg.): Glinde. Eine junge Stadt stellt sich vor, Glinde 1979

Geschichtswerkstatt für Bergedorf und Umgebung, Museum für Bergedorf und die Vierlande (Hg.): Rundgang durch die Bergedorfer Industriegeschichte, Bergedorf 1987

Girardet, Herbert und Miguel Mendonca: Neue Energien freisetzen. Für eine ökologische und gerechte Welt, Zürich 2010

Hauer, Dr. Andreas et al.: Energiespeicher – Steigerung der Energieeffizienz und Integration erneuerbarer Energien, in: ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (Hg.): Forschen für das Zeitalter der erneuerbaren Energien, Berlin 2010

Hoffmann, Gerd und Bruno Hoeft: Von Bergedorf nach Lohbrügge und durch die Vier- und Marschlande: alte Photographien, alte Postkarten, Hamburg 1992

Hoffmann, Gerd: Bergedorf bei Hamburg. Eine reichillustrierte Stadtgeschichte, Hamburg 1994

Holz-Rau, Christian und Joachim Scheiner: Siedlungsstrukturen und Verkehr: Was ist Ursache, was ist Wirkung? Raumplanung 119, Nr. 2 (2005)

Jessen, Till: Einsatz der Bioenergie in Abhängigkeit von der Raum- und Siedlungsstruktur. Wärmetechnologien zwischen technischer Machbarkeit, ökonomischer Tragfähigkeit, ökologischer Wirksamkeit und sozialer Akzeptanz, Wiesbaden 2010

Kaltenbrunner, Robert: Randständig. Die Zwischenstadt als Domäne analytischer und urbanistischer Intervention, in: Thomas Sieverts und Lars Bölling (Hg.): Mitten am Rand. Auf dem Weg von der Vorstadt über die Zwischenstadt zur regionalen Stadtlandschaft, Wuppertal 2004

Karl, Jürgen: Dezentrale Energiesysteme. Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt, Oldenbourg 2006

Koziol, Matthias: Energetische Stadterneuerung – Aufgabe für die Gesamtstadt, in: Informationen zur Raumentwicklung, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Nr.9 (2010), Energie(effizienz) - vom Gebäude zum Quartier

Kuhnert, Nikolaus et al. (Hg.): Post Oil City. Die Stadt nach dem Öl. Die Geschichte der Zukunft der Stadt, Arch+ 196/197, Zeitschrift für Städtebau und Architektur, Nr.1 (2010)

Küster, Hansjörg: Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa. Von der Eiszeit bis zur Gegenwart, München 1995

Koch, Michael: StadtRegionEntwerfen? in: Heike Bartholomäus (Hg.): Wie viel Gestaltung braucht Stadt, Cottbus 2009

Kultur- und Geschichtskontor Hamburg (Hg.): Bergedorf aus der Luft. 1912 – 1997. Ein Stadtteil im Überblick, Hamburg 1997

Krings, Ivo: Visions for Regions. Bildhafte Gestaltungskonzepte für Regionen: Gemeinsam träumen oder Orientierungshilfe), in: Information zur Raumentwicklung, Nr.9 (2002)

Läpple, Dieter: Die Auflösung städtischer Strukturen und die Neuerfindung des Städtischen, in: Franz Oswald und Peter Baccini (Hg.): Neue Urbanität - das Verschmelzen von Stadt und Landschaft, Zürich 2003

Langner, Sigrun und Sabine Rabe: Regionale Landschaften und Projekte entwerfen, in: Renate Bornberg et al. (Hg.): Gestaltungsraum europäischer Stadtregion, Frankfurt a. Main 2008

Meinberg, Thomas: Urbanes Energiemodell zur nachhaltigen Quartiersentwicklung, in: greenbuilding, Nr. 11 (2011)

Museum für Bergedorf und die Vierlande (Hg.): Vom Städtchen zur Stadt. Bergedorfs Weg ins 20. Jahrhundert, Bergedorf 1997

Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (Hg.): Energie und Ortsplanung, Arbeitsblätter für die Bauleitplanung Nr.17, München 2010

Oswald, Franz und Peter Baccini: Netzstadt. Einführung in das Stadtentwerfen, Basel 2003

Pehnt, Martin et al.: Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung, Heidelberg, Karlsruhe 2010

Pfister, Christian: Energiepreis und Umweltbelastung. Zum Stand der Diskussion über das 1950er Syndrom, in: Siemann, Wolfram (Hg.): Umweltgeschichte. Themen und Perspektiven, München 2003

Sachverständigenrat für Umweltfragen: 100% erneuerbare Stromversorgung bis 2050: klimaverträglich, sicher, bezahlbar, Sondergutachten, Berlin 2011

Schultz, Brigitte: Stadt und Energie, in: Bauwelt, Nr. 12 (2011)

Seemann, Agnes: Bergedorf, Lohbrügge, Hamburg 1997

Sieverts, Thomas: Zwischenstadt, Basel 1997

Sieverts, Thomas: Sieben einfache Zugänge zum Begreifen und zum Umgang mit der Zwischenstadt, in: Oswald, Franz und Peter Baccini: Neue Urbanität - das Verschmelzen von Stadt und Landschaft, Zürich 2003

Sieverts, Thomas und Lars Bölling (Hg.): Mitten am Rand. Auf dem Weg von der Vorstadt über die Zwischenstadt zur regionalen Stadtlandschaft, Wuppertal 2004

Sieverts, Thomas et al. (Hg.): Zwischenstadt – Inzwischen Stadt? Entdecken, Begreifen, Verändern; eine Collage auf der Basis von Texten aus dem Forschungsprojekt, Wuppertal 2005

Stein, Ursula: Die „Raumvision" in der interkommunalen Planungsarbeit, in: RaumPlanung 134, Nr. 10 (2007)

Stelter, Annika: Siedlungsentwicklung und Energielogistik in Deutschland im Spannungsfeld von Zentralität und Dezentralität, Frankfurt a. Main 2009

Tibbe, Heinz: Gestaltungsmöglichkeiten auf regionaler Ebene, in: Bartholomäus, Heike (Hg.): Wie viel Gestaltung braucht Stadt, Cottbus 2009

Wolf, Veronika: Zero Emission Park – länderübergreifendes Modellprojekt nachhaltiger Industriegebiete in Deutschland, in: Informationen zur Raumentwicklung, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Heft 9/2010, Energie(effizienz) - vom Gebäude zum Quartier

Internet:

Agentur für Erneuerbare Energien e.V.: Renews Spezial. Strom speichern, Berlin April 2010(b); www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/29_Renews_Spezial_Strom_speichern_apr10.pdf, Zugriff: 11.02.2012

Braum, Michael: Ein Plädoyer für Baukultur im Klimawandel, Berlin 2011; www.bundesstiftung-baukultur.de/uploads/media/Baukultur_im_Klimawandel_Plaedoyer.pdf, Zugriff am: 24.01.2012

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.): Erneuerbare Energien in Zahlen. Internet-Update ausgewählter Daten, Dezember 2011; www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_zahlen_internet-update.pdf, Zugriff: 15.01.2012

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): Strategische Einbindung regenerativer Energien in Regionale Energiekonzepte. Folgen und Handlungsempfehlungen aus Sicht der Raumordnung, BMVBS-Online-Publikation, Nr. 22/2011(b); http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/MORO/Studien/EinbindungEnergiekonzepte/01__Start.html, Zugriff: 12.12.2011

Bundesverband Erneuerbare Energie e.V.: Standortdebatte. BEE-Position, Juni 2011; www.bee-ev.de/_downloads/publikationen/sonstiges/2011/110629_BEE-Position_Standortdebatte.pdf, Zugriff: 12.01.2012

Drewes, Sabine: Europäische Kommunen und der Klimawandel: Auf dem Weg zu regenerativen Städten und Gemeinden, 17 Thesen, Heinrich-Böll-Stiftung, Juni 2011; antriebzukunft.de/wp-content/uploads/2011/06/Klimakommune.pdf, Zugriff: 11.01.2012

Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung - Beschluss des Bundeskabinetts vom 28. September 2010; www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/energiekonzept-final.pdf;jsessionid=D43CAEC02E37B6423F020755C0E140B0.s4t2?__blob=publicationFile, Zugriff: 26.01.2012

Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik: Energiewirtschaftliche und ökologische Bewertung eines Windgas-Angebotes, Februar 2011; www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/sonstiges/Greenpeace_Energy_Gutachten_Windgas_Fraunhofer_Sterner.pdf, Zugriff: 14.02.2012

Greenpeace e.V.: „24/7": Das Stromnetz des 21. Jahrhunderts. Anforderungen an eine klimafreundliche Stromversorgung in Europa mit Erneuerbaren Energien „rund um die Uhr", 2009; http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/energie/Renewables_24-07_deutsche_Zusammenfassung_final.pdf, Zugriff: 12.02.2012

Hoffmann, Gerd: Die Vier- und Marschlande - eine besuchenswerte KulturLandschaft, 2010; www.bergedorf-info.de/service/download/-V%2BM-KulturLandschaft2010.pdf, Zugriff: 29.12.2011

kraftwerke.vattenfall.de/powerplant/tiefstack, Zugriff: 23.11.2011

http://metropolregion.hamburg.de/contentblob/1943628/data/biomasse-nutzung-umfrage-2009.pdf, Zugriff: 29.01.2012

http://metropolregion.hamburg.de/contentblob/2654074/data/strategischer-handlungsrahmen.pdf, Zugriff: 29.01.2012

Spahn, Helmut: Lokale Handlungsmöglichkeiten für eine Energieversorgung ohne Braunkohle, September 2006; www.zukunft-statt-braunkohle.de/documents/spahn_lokalehandlungsmoeglichkeiten.pdf, Zugriff: 12.01.2012

Stremke, Sven: Designing Sustainable Energy Landscapes: Concepts, Principles and Procedures, Zusammenfassung Doktorarbeit; webdocs.dow.wur.nl/internet/lar/05-onderzoek/SvenStremke/Zusammenfassung-PhD-thesis-SStremke.pdf, Zugriff: 19.01.2012

Sulzer, Matthias: Effizienzsteigerung mit Anergienetzen. Potentiale – Konzepte – Beispiele, November 2011; www.its.sh.ch/fileadmin/its.sh.ch_new/veranstaltungen/2011/39._ITS_Techno-Apero/Effizienzsteigerung_mit_Anergienetze_Nov._2011.pdf), Zugriff: 22.01.2012

tu-freiberg.de/fakult4/iwtt/ttd/publikationen-ma/2010-Grab_et_al-Grubenwassernutzung-TU-Bergakakademie-Freiberg-DGK2010.pdf, Zugriff: 16.01.2012

Wolff, Dieter und Kati Jagnow: Untersuchung von Nah- und Fernwärmenetzen. Überlegungen zu Einsatzgrenzen und zur Gestaltung einer zukünftigen Fern- und Nahwärmeversorgung, Mai 2011; www.iwo.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Fachwissen/Studie_Untersuchung_Nah-_und_Fernwaermenetze.pdf, Zugriff: 15.01.2012

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH: Anforderungen an Nah- und Fernwärmenetze sowie Strategien für Marktakteure in Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung bis zum Jahr 2020, Dezember 2006; www.dlr.de/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/publications/UBA_Nahwaerme_EB_111206.pdf, Zugriff: 15.01.2012

www.aqualibre.at/index.php?article_id=3&clang=0, Zugriff: 18.01.2012

www.bec-engineering.eu/images/Algen%20Produktion.pdf, Zugriff: 24.02.2012

www.bergedorf-chronik.de, Zugriff: 29.12.2011

www.bergedorfarchiv.de, Zugriff: 29.12.2011

www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/projektinfos/publikation/auf-dem-weg-zur-erneuerbaren-energie-region/vom-leitbild-zu-lokalen-projekten, Zugriff: 29.06.2011

www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Projekt-Infos/Zusatzinfos/2007-05_Abschlussbericht.pdf, Zugriff: 29.01.2012

www.brandeins.de/magazin/transparenz/das-geht-der-akku-im-kanal.html, Zugriff: 06.02.2012

www.ekz.ch/internet/ekz/de/medien/medienmitteilung/archiv/2007/maerz/woodpower.html, Zugriff: 18.01.2012

www.eon-hanse.com/pages/eha_de/Unternehmen/Portraet/Geschichte/index.htm, Zugriff: 03.01.2012

www.ewerk-sachsenwald.de/index.php?page=unternehmen.historie, Zugriff: 29.12.2011

www.gevestor.de/details/solarenergie-ein-blick-in-die-zukunft-98179.html, Zugriff: 18.01.2012

www.handelsblatt.com/technologie/energie-umwelt/energie-technik/aus-algen-wird-kraftstoff/2824844.html?p2824844=2, Zugriff: 14.01.2012

www.rmartinr.com/EnergyIsarwerkeHistory.html, Zugriff: 03.01.2012

www.solarserver.de/solarmagazin/anlagejuni_2001.html, Zugriff: 30.01.2012

www.stmwivt.bayern.de/fileadmin/Web-Dateien/Dokumente/energie-und-rohstoffe/Geothermie.pdf, Zugriff: 06.02.2012

www.stromsparer.de/google/news/00583_schwimmende-solaranlage-auf-hessischem-see.php, Zugriff: 18.01.2012

www.vdivde-it.de/innonet/projekte/pz/in_pp198_rheizz.pdf, Zugriff: 15.02.

www.watergy.de/einsatzbereiche/gebaeudeheizung-mit-feuchtluft-solarkollektor-und-erdwaermetauscher, Zugriff: 15.02.

www.welt.de/print/die_welt/kultur/article13808898/Je-grauer-der-Beton-desto-gruener-die-Stadt.html, Zugriff: 17.11.2011

www.welt.de/wirtschaft/article8139075/Kommunen-stoppen-die-Privatisierung-der-Stadtwerke.html, Zugriff: 10.01.2012

www.wfg-aachen.de/LinkClick.aspx?fileticket=eRgfEhMO%2Fwo%3D&tabid=79&mid=404&language=de-DE&forcedownload=true, Zugriff: 16.01.2012;

www.zfes.uni-stuttgart.de/deutsch/forschung/dezentral_01.html, Zugriff: 25.01.2012

Abbildungen

Seite	Titel
9	Methodisches Vorgehen: eigene Darstellung
10	Windkraftanlage nahe Neuengamme / Hamburg: eigene Aufnahme
12	Windkraftanlagen und Biomasseanbau nahe Cruas / Frankreich: eigene Aufnahme
13	Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland: eigene Darstellung nach www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_zahlen_internet-update.pdf
14	Langfristiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien: eigene Darstellung nach www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_zahlen_internet-update.pdf
15	Regionale Verteilung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (2009): BBSR Bonn 2011:Datenbasis: Laufende Raumbeobachtungen des BBSR; Projekt 100% Erneuerbare-Energien-Regionen 2009, RWE, Vattenfall, E.ON, EnBW; Geometrische Grundlage: BKG, Gemeinden, 31.12.2009; http://regionale-energiekonzepte.de/media/Karte_Verteilung_Stromerzeugung.png
20	Fabrikszenerie Wilhelmsburg / Hamburg: eigene Aufnahme
22	Metropolregion Hamburg: eigene Darstellung nach Regionalkarte Hamburg; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
24	Großraum Hamburg: Mapquest Open Aerial
25	Verwaltungsgrenzen: Bundesländer und Kreise: http://openstreetmap.de/karte.html + http://maperitive.net/
25	Verwaltungsgrenzen: Stadtteile und Gemeinden: http://openstreetmap.de/karte.html + http://maperitive.net/
26	Räumliches Leitbild (Entwurf), Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt 2007: Räumliches Leitbild Leitplan. Planverfasser: Arbeitsgemeinschaft Machleidt + Partner & FPB GmbH, Grafische Gestaltung: Kirsch Bremer artandarchitecture, Hamburg. Räumliches Leitbild – Entwurf, Umschlagdeckel
26	Fritz Schumachers „Federplan" für Hamburg aus dem Jahr 1909: Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt 2007: Federplan von Fritz Schumacher 1920. Räumliches Leitbild – Entwurf, S. 30
28	„Landtcarte des Fürstenthumbe Stormarn", 1650: Johannes Mejer: (gemeinfrei) http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Joh_Mejer_Stormarn_1650.jpg
29	Leseschema: eigene Darstellung
30	Prinzip Selbstversorgung: eigene Darstellung
30	Mühlen- und Fabrikstandorte, 1880: Preußische Landesaufnahme(1880) - Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, Kiel
30	Entwässerungsmühle Vier- und Marschlande, 1675: Hoffmann 1992, S. 54
31	Selbstversorgung und private Initiative: eigene Darstellung
31	Hamburg-Bergedorfer Eisenbahn, 1842: Hoffmann 1992, S. 96
31	Dezentrale Wasserreservoirs auf Hausdächern, 1844: Kuhnert, Nikolaus et al. (Hg.): Post Oil City. Die Stadt nach dem Öl. Die Geschichte der Zukunft der Stadt, Arch+ 196/197, Zeitschrift für Städtebau und Architektur, Nr.1 (2010) S.138
31	Crystal Palace London, 1851: http://www.timetravel-britain.com/articles/1photos/london/crystal3.jpg
31	Bergedorfer Gaswerk, 1856: Dreckmann 1993, S.15
32	Bahnhof und Schloss in Reinbek, 1850: Bavendamm 1988, S.97
32	Bergedorfer Eisenwerk / Alfa-Laval in Sande-Lohbrügge, 1864: Hoffmann 1994, S.72
32	Schnitt Gasometer, Berlin Fichtestrasse, um 1860: (gemeinfrei) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Berlin_Gasometer_Fichtestrasse_Schnitt_ZfB.jpg
32	Erste Dynamomaschine, 1866: http://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/hitlisten_des_nordens/erfindungen107_v-contentgross.jpg
33	Siedlungsfläche 1880: eigene Darstellung nach Topografische Karte - TK25 - Hamburg und Umgebung 1880
34	Prinzip Fremdversorgung: eigene Darstellung
34	Produktionsstandorte, 1939: Topografische Karte - TK25 - Hamburg und Umgebung 1939
34	Erstes elektrisches Kraftwerk Berlin, 1884: http://www.rmartinr.com/EnergyIsarwerkeHistory_files/Geschichte1km.jpg
34	Tongruben: Dreckmann 1993, S.42
34	Großkraftwerk Rheinfelden, 1895: http://www.sperrzone.net/web/sperrzone/Sperrzone.nsf/f6f3863f59d9faf7c1256db1007871fb/15bcd31189521306c12577bc00038777?OpenDocument
34	Elektrizitätswerk Bergedorf, 1896: Dreckmann 1993, S.22
34	Garden City (E. Howard), 1898: http://yourdevelopment.org/factsheet/view/id/36

Seite Titel

35 Kommunalisierung städtischer Infrastruktur und Aufbau einer flächendeckenden Versorgung: eigene Darstellung

35 Bergedorfer Hafen, 1900: Dreckmann 1993, S.8

35 Bergedorfer Gaswerks 1904: Dreckmann 1993, S.22

36 Bergedorfer-Eisenwerk Astra-Werke, Foto 1928: Hoffmann 1994, S.91

36 Grundwasser- und Enteisungswerk Curslack: Kultur- und Geschichtskontor 1997, S.43

36 Krapphofschleuse, 1929: Kultur- und Geschichtskontor 1997, S.44

36 Vision für Großwindkraftwerke (H. Honnef), 1932: (gemeinfrei) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Honnef_01.jpg

37 Siedlungsfläche 1939: Topografische Karte - TK25 - Hamburg und Umgebung 1939

38 Regionales Verbundsystem, 1939: Topografische Karte - TK25 - Hamburg und Umgebung 1939

38 Rohbau Pumpspeicherkraftwerk Geesthacht: (CC BY-SA / Bundesarchiv, B 145 Bild-F004305-0004 / Unterberg, Rolf) http://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherkraftwerk_Geesthacht

38 Prinzip Verbundversorgung: eigene Darstellung

38 Prinzipskizze Funktionstrennung: Reinborn 1996, S.143

39 Stadtsystem: Großkraftwerke und Verbundnetze: eigene Darstellung

39 Prinzipskizze der autogerechten Stadt: Reinborn, S.182

39 Erdölförderung in den Hamburger Vier- und Marschlanden: eigene Aufnahme

40 Siedlung Lohbrügge Nord / Hamburg, 1966: Museum für Bergedorf und die Vierlande, Nachlass Egon Klebes

40 Großwohnsiedlung Mümmelmannsberg / Hamburg: (gemeinfrei / Gerhard Kemme) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kandinskyallee_M%C3%BCmmelmannsberg.JPG?uselang=de

40 Kernkraftwerk Brokdorf: (CC BY-SA 3.0 / Alois Staudacher) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b6/Kernkraftwerk_Borkdorf_2.jpg

41 Siedlungsfläche 1978: eigene Darstellung nach Topografische Karte - TK25 - Hamburg und Umgebung 1987

42 Prinzip Versorgungsmarkt: eigene Darstellung

42 Dezentrale Energieerzeugung 2010: eigene Darstellung nach Topografische Karte - TK25 - Hamburg und Umgebung 2010 + Anlagenregister http://www.energymap.info/download.html

42 Geothermie Pilotanlage (Kramer Junction / USA), 1985: (gemeinfrei / USA.Gov - BLM - BUREAU OF LAND MANAGEMENT) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Solar_Plant_kl.jpg&filetimestamp=20110731155811

42 Heizkraftwerk Hamburg Tiefstack: (CC BY-SA 3.0 / Staro1) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Hamburg_Heizkraftwerk_Tiefstack.jpg&filetimestamp=20060902210552

43 Rekommunalisierung und Ausbau erneuerbarer Energien: eigene Darstellung

43 Windkraftanlage Ochsenwerder, 1998: bildarchiv-hamburg.de

43 Desertec Projekt, 2006: (CC BY-SA 2.5 / Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/TREC-Map-en.jpg

44 Passivhaus in Reitbrook / Hamburg, Foto von 2011: eigene Aufnahme

44 Siedlung Neu-Allermöhe-West / Hamburg: mit freundlicher Genehmigung http://www.minibild.de/images/data/media/14/Allermoehe_West.jpg

44 Biomasseheizkraftwerk Lohbrügge / Hamburg, 2008: eigene Fotografie

44 Prinzipskizze Zuhause-Kraftwerk, eigene Darstellung nach Lichtblick Produktbroschüre, http://www.lichtblick.de/h/Ueberblick_286.php

45 Siedlungsfläche 2010: eigene Darstellung nach Topografische Karte - TK25 - Hamburg und Umgebung 2010

48 Zentral / Dezentral: eigene Darstellung

49 Zentral / Dezentral: eigene Darstellung

50 regionales Siedlungswachstum: eigene Darstellung nach Preußische Landesaufnahme(1880) - Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, Kiel + Topografische Karte - TK25 - Hamburg und Umgebung 1880; 1939; 1987; 2010

52 Früher; Heute; Morgen?: eigene Darstellung

53 Kriterien energieeffizienter Stadt- und Regionalentwicklung: eigene Darstellung

54 Energieinfrastruktur: eigene Darstellung nach
- Digitale Stadtkarte - stadt20 - Hamburg und Umgebung, Basismaßstab 1:20000: Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
- http://www.energymap.info/download.html

Seite Titel

- http://openstreetmap.de/karte.html + http://maperitive.net/
- http://hh-netz.com/fileadmin/user_upload/PDF/Netzbezogene_Daten/Netzkarte_HHNG.pdf
- http://sh-netz.com/fileadmin/user_upload/PDF/Netzbezogene_Daten/Netzkarte_SHNG1.pdf

56 Geostruktur: eigene Darstellung nach
- Digitale Stadtkarte - stadt20, Basismaßstab 1:20000; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
- http://openstreetmap.de/karte.html + http://maperitive.net/

57 Topografie (überzeichnet): eigene Darstellung http://openstreetmap.de/karte.html + http://maperitive.net/

57 Gewässerstruktur (Fließgewässer, Kanäle, stehende Gewässer): eigene Darstellung nach Digitale Stadtkarte - stadt20 - Hamburg und Umgebung, Basismaßstab 1:20000; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de

58 Windatlas Baden-Würtemberg: http://www.um.badenwuerttemberg.de/servlet/is/82723/Karte_Windpotenzial_BW_in_100_m_Nabenhoehe.jpg?command=downloadContent&filename=Karte_Windpotenzial_BW_in_100_m_Nabenhoehe.jpg

58 Wärmeentzugsleistung Erdwärmesonde: eigene Darstellung nach Digitaler Atlas Nord) http://www.digitaleratlasnord.de/

59 Marschland bei Allermöhe / Hamburg: eigene Aufnahme

59 Boberger Dünen an der Geestkante: eigene Aufnahme

60 Landschaftsstruktur: eigene Darstellung nach Digitale Stadtkarte - stadt20 - Hamburg und Umgebung, Basismaßstab 1:20000; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de

61 Agrarflächen: eigene Darstellung nach Digitale Stadtkarte - stadt20 - Hamburg und Umgebung, Basismaßstab 1:20000; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de

61 Waldflächen: eigene Darstellung nach Digitale Stadtkarte - stadt20 - Hamburg und Umgebung, Basismaßstab 1:20000; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de

62 Schutzgebiete im Untersuchungsraum: eigene Darstellung nach Digitaler Atlas Nord http://www.digitaleratlasnord.de/

63 Billetal bei Aumühle: eigene Aufnahme

63 Agrarland, im Hintergrund die Großwohnsiedlung Mümmelmannsberg / Hamburg: eigene Aufnahme

64 Siedlungsstruktur: eigene Darstellung nach Digitale Stadtkarte - stadt20 - Hamburg und Umgebung, Basismaßstab 1:20000; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de

65 Siedlungsflächen: eigene Darstellung nach Digitale Stadtkarte - stadt20 - Hamburg und Umgebung, Basismaßstab 1:20000; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de

65 Gewerbeflächen: eigene Darstellung nach Digitale Stadtkarte - stadt20 - Hamburg und Umgebung, Basismaßstab 1:20000; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de

66 Bevölkerungsdichte: Statistisches Landesamt für Hamburg und Schleswig-Holstein

66 Verteilung regionaler Abwärmepotenziale: http://www.exergieplanning.nl/publicaties/CIB2007-047%20paper%20Dobbelsteen%20-%20Energy%20Potential%20Mapping%20v2.1.pdf

67 Biomassepotenziale : eigene Darstellung nach Digitale Stadtkarte - stadt20 - Hamburg und Umgebung, Basismaßstab 1:20000; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de

68 Gutshof in Havighorst: eigene Aufnahme

68 Energetisch sanierter Geschosswohnungsbau in Jenfeld / Hamburg: eigene Aufnahme

69 Einfamilienhaus in Oststeinbek: eigene Aufnahme

69 Fachwerkhaus am Altengammer Elbdeich / Hamburg: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:AltengammerElbdeich02.jpg&filetimestamp=20070515111545

69 Neubaugebiet Glinde: eigene Aufnahme

69 Terrassenhaus in Oststeinbek: eigene Aufnahme

70 Verkehrsinfrastruktur: eigene Darstellung http://openstreetmap.de/karte.html + http://maperitive.net/

71 Straßen: eigene Darstellung http://openstreetmap.de/karte.html + http://maperitive.net/

71 ÖPNV-Netz: eigene Darstellung http://openstreetmap.de/karte.html + http://maperitive.net/

71 Fuß- und Fernradwege: eigene Darstellung http://openstreetmap.de/karte.html + http://maperitive.net/

72 PKW-Dichte und ÖPNV-Erreichbarkeit: Statistisches Landesamt für Hamburg und Schleswig-Holstein

73 Öffentlicher Raum im Neubaugebiet Glinde: eigene Aufnahme

73 Neues Gewerbegebiet Glinde: eigene Aufnahme

Seite	Titel
73	Radweg bei Neuallermöhe / Hamburg: eigene Aufnahme
73	Gleisbett der ehemaligen Südstormarnschen Kreisbahn: eigene Aufnahme
73	Autobahn 24: eigene Aufnahme
73	Wasserweg Dove Elbe: eigene Aufnahme
74	Raumstrukturmatrix: eigene Darstellung
76	Installation „Iron Cactus“, Dennis Oppenheim: Foto: (CC BY-NC-SA 2.0 / gumtau) http://www.flickr.com/photos/gumtau/7163202537/sizes/o/in/photostream/
78	Windkraftanlagen bei Neuengamme: eigene Aufnahme
80	Sedov im Hamburger Hafen: (gemeinfrei / Redbirdweb) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sedovship.jpg?uselang=de
80	Windkraftanlagen im Hamburger Hafen: eigene Aufnahme
81	Windpark in Fluvanna / USA: (gemeinfrei / Leaflet http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/GreenMountainWindFarm_Fluvanna_2004.jpg?uselang=de)
81	Kleinwindanlage Donostia / Spanien: (CC BY-SA 3.0 / Patrick Charpiat)
82	Solarkocher: (gemeinfrei) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Premium14_1.JPG&filetimestamp=20100325085948
82	Bayerisches Umweltministerium München: (CC BY-SA 3.0 / Rufus46) http://www.bayern.de/Bild/original_20769/GebaeudeUmweltministerium.jpg
83	Dachflächenphotovoltaik in den Hamburger Vierlanden: eigene Aufnahme
83	Solarfeld Thüngen: (CC BY-SA 2.5 / OhWeh) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SolarparkTh%C3%BCngen-020.jpg
84	Jakubov Wassermühle: (gemeinfrei / ŠJu) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Vodn%C3%AD_kolo.jpg&filetimestamp=20060904063030
84	Altes Wasserkraftwerk Rheinfelden (CC BY-SA 3.0 / Wladyslaw) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wasserkraftwerk_Rheinfelden_%28seitlich%29.jpg&filetimestamp=20080320231849
85	Gezeitenkraftwerk Rance / Frankreich: (CC BY-SA 3.0 / Clipper) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:BarrageRance.jpg?uselang=de (CC BY-SA 3.0 / Clipper)
86	Badestelle in Island: Aufnahme Julia Schulz
86	Erdwärmesondenbohrung: (Gemeinfrei / Tetris L) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erdwaermesondenbohrung01.JPG?uselang=de
87	Spiralkollektoren: (CC BY 3.0 / Volkerschmidt) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Spiralkollektoren_vor_der_Verlegung.JPG&filetimestamp=20100110004538
87	Geothermieheizkraftwerk Unterhaching: (CC BY-SA 2.0 / Ulrich Meier) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unterhaching_-_Geothermieanlage_-_geo.hlipp.de_-_9888.jpg
88	Brennholzstapel: (Christoph Neumüller) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Aufgerichtetesholz.jpg&filetimestamp=20080512194208)
88	Biomassekraftwerk Scharnhäuser Park / Ostfildern: Abbildung: IBS Ingenieurbüro Schuler, Bietigheim-Bissingen, Architekten: Blattmann + Oswald, Markgröningen“
89	Biogasanlage nähe Reitbrook / Hamburg: eigene Aufnahme
89	Biomasseheizwerk Maria Gugging / Österreich: (CC BY 3.0 / Volkerschmidt) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Biomasseheizwerk_Maria_Gugging_Aussenansicht.jpg&filetimestamp=20101228223256
90	Generatorenmatrix: eigene Darstellung
92	Umbau Energiebunker Wilhelmsburg / Hamburg (CC BY-SA 3.0 / flemenc) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flaktoorn_VI_Willemsborg_west.jpg?uselang=de
94	Druckluftspeicher Huntorf: http://www.flickr.com/photos/rimpl/3959086909/sizes/l/in/photostream/
94	Pumpspeicherkraftwerk Geesthacht: eigene Aufnahme
95	Installation Stadtrad Hamburg: eigene Aufnahme
95	Wasserstofftankstelle HafenCity: eigene Aufnahme
96	Umbau Energiebunker Wilhelmsburg / Hamburg: eigene Aufnahme
96	Latentwärmespeicher, Taschenwärmer (CC BY-SA 3.0 / Suricata) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Handwaermer12.jpg&filetimestamp=20101203160039
97	Speichermatrix: eigene Darstellung nach (Hauer u.a ; Energiespeicher – Steigerung der Energieeffizienz und Integration erneuerbarer Energien)
98	Hochspannungsmasten nähe Mümmelmannsberg / Hamburg: eigene Aufnahme
100	Hochspannungsmasten nähe Mümmelmannberg / Hamburg: eigene Aufnahme
100	Fernwärmeleitung: (gemeinfrei/ Mike1024) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Pre-installation_insulated_underground_pipes_for_district_heating.jpg&filetimestamp=20071011214302

Seite	Titel
101	Alter Gasometer Zwickau: (CC BY-SA 2.5 / André Karwath) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zwickau_old_gasometer_(aka).jpg&filetimestamp=20050530183052
102	Bioalgen-Testanlage Reitbrook / Hamburg: http://www.piratenpartei-hamburg.de/artikel/2011-05-29/piraten-besuchen-bioalgen-forschungsanlage
104	intelligente Steuerungstechnik: (CC BY 2.0 / viagallery.com) http://www.flickr.com/photos/viagallery/4680911153/
104	Fußbodenheizung: (CC BY-SA 3.0 / H. Raab) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Underfloor_heating_pipes.jpg&filetimestamp=20060620214116
104	Schema Smart Grid: eigene Darstellung
105	Solargasflaschen: http://csirosolarblog.com/2011/09/29/solargas-part-1-what-its-all-about/
105	Bergwerk Wolfstein: (CC BY-SA 3.0 / Lokilech) http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:WolfsteinBergwerk3-jha.jpg
105	Aquakulturen: (gemeinfrei / U.S. Navy) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:US_Navy_091015-N-7676W-150_John_Bigus,_left,_a_fuels_engineer_assigned_to_Naval_Air_Warfare_Center-Aircraft_Division_in_Patuxent_River,_Md.jpg?uselang=de
105	Klimahaus Bremerhaven: (CC BY-SA 3.0 / Gepardenforellenfischer) http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Bremerhaven_-_Havenwelten_-_2010.jpg&filetimestamp=20100811183312
106	Schwimmendes Strömungskraftwerk, Aqua Libre Projekt: http://feierlich.o94.at/wp-content/uploads/2010/07/aqua-libre_bild.jpg
106	Schwimmende Solarzellen, Entwurf, ZM Architecture: http://www.zmarchitecture.co.uk/assets/images/ProjectLibrary/Lilypads/slide_lilypads_night.jpg
106	Sprühbare Solarzellen: Beverly Barrett, UT Engineering Public Affairs: http://www.sawfnews.com/Health/59609.aspx
106	Holzvergaser: (CC BY-SA 3.0 / Mattes) http://de.wikipedia.org/wiki/Biomassevergasung
108	Raumcharaktere im Untersuchungsraum: eigene Darstellung
110	Schwarzpläne Raumcharaktere: eigene Darstellung
112	Luftbild Sülldorf: Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
116	Luftbild Gewerbegebiet Billbrook / Hamburg: Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
119	Fotomontage Erneuerbare-Energien-Cluster-Kontainer: eigene Darstellung
120	Luftbild Siedlung nahe Steinfurther Allee / Hamburg: Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
123	Systemskizze Schwarmstadt: eigene Darstellung
124	Luftbild Bergedorf West: Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
127	Systemskizze Wärmeverbund-Satellit: eigene Darstellung
128	Luftbild Bergedorf Zentrum: Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
128	Luftbild Gut Moor: Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
130	Luftbild Berufsgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus Hamburg - Boberg / Hamburg: Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
130	Luftbild Lohbrügge-Nord / Hamburg: Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
133	Systemskizze Energietransfer-Lamelle eigene Darstellung
134	Luftbild zwischen Spadenland und Ochsenwerder / Hamburg: Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de
137	Systemskizze Bioenergie-Kette: eigene Darstellung
138	Fotomontage Kette: eigene Darstellung
141	Regionale Entwicklungsprinzipien: eigene Darstellung
143	methodisches Vorgehen: eigene Darstellung
144	EnergieStrömungsbild: eigene Darstellung
146	Raumbild: eigene Darstellung nach: - Digitale Stadtkarte - stadt20, Basismaßstab 1:20000; Herausgeber: Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, www.geoinfo.hamburg.de - http://openstreetmap.de/karte.html + http://maperitive.net/

Piktogramme und Symbole: eigene Darstellung oder http://thenounproject.com/mission/

Herzlichen Dank

An unsere Familien für die liebevolle Unterstützung während des Studiums und dieser Arbeit.

An unsere Freunde und Korrekturleser Julia Schulz, Benjamin Häger, Max Leinenkugel, Sophie Naue, Lena Hachenberg, Lisa Buttenberg, Theresa Willeke.

An Friedrich Hachenberg für die fachliche Beratung im Arbeitsprozess.

An den Frappant e.V. für Raum und Tischtennisplatte.

An unsere Betreuer Michael Koch und Korinna Thielen für die Beratung und Unterstützung.

Raum ist Energie! Wer konsumiert? Wer produziert? Wer spart ein? Woher kommt die Energie?

Energie macht weder an Gebäuden, noch an Gemeinden- oder Ländergrenzen halt. Energie breitet sich vielmehr netzartig aus und steht in komplexen Wechselwirkungen mit dem Raum. Das flächenhafte Wachstum der Städte wurde mitgetragen von importierter Energie. Eine regenerative und dezentrale Energieversorgung wird die Entwicklung der Stadtregion erneut beeinflussen. Welche Chancen und Möglichkeiten liegen in diesem Transformationsprozess?

Die Arbeit „Empower the Region – Szenarien einer energieeffizienten Stadtlandschaft" geht anhand randstädtischer und suburbaner Räume des Untersuchungsraums Hamburg-Ost der Frage nach, welche Möglichkeiten zur effizienteren Gestaltung der Stadtregion in der Transformation der Energiesysteme liegen. Räumliche Ausprägungen der Region werden in ihren Wechselwirkungen mit einer regenerativen und dezentralen Energieversorgung betrachtet. Szenarien geben vor diesem Hintergrund Einblicke in die bauliche und organisatorische Entwicklung prototypischer Raumcharaktere. Krankenhäuser werden zu Energieversorgern, Gewerbegebiete zu Energieclustern, und sanierungsbedürftige Einfamilienhausgebiete zu verdichteten Gartenstädten. Ein Raumbild der gesamträumlichen Entwicklung liefert gemeinsam mit den Szenarien Impulse für die Diskussion über eine energieeffizientere Zukunft der Stadtregion.