

Ramboll ist Generalplaner für das neue Abfall-Heizkraftwerk in Perlen/Luzern (Schweiz). Die Anlage produziert Strom für 38'000 Haushalte, Dampf für die benachbarte Papierfabrik und Fernwärme für die umliegenden Gemeinden. Dadurch können pro Jahr rund 40 Millionen Liter Heizöl gespart und 90'000 Tonnen CO₂-Emissionen vermieden werden.

DEN STEIGENDEN ENERGIEBEDARF DECKEN (UND GLEICHZEITIG DIE UMWELTBELASTUNG REDUZIEREN)

Energie aus Abfall ist eine effiziente Lösung: www.ramboll.com/wte

RAMBOLL

RAMBOLL HAT PROJEKTE ZUR ENERGIEGEWINNUNG AUS ABFALL IN ÜBER 40 LÄNDERN MITGESTALTET UND DABEI ALS PLANER UND BERATER ZUM ERFOLG VON MEHR ALS 130 NEU- UND UMBAPROJEKTEN BEIGETRAGEN.

Business as usual in einem zunehmend flexiblen Umfeld?

Martin Brunner

1.	Globale Megatrends verändern unsere Gesellschaft	119
2.	Urbanisierung – die Ausbreitung städtischer Lebensformen	120
2.1.	Die Antwort auf die Urbanisierung: Planung lebenswerter Städte	120
2.2.	Was macht eine Stadt <i>lebenswert</i> ?	121
2.3.	Steigende Komplexität der Energieversorgung	121
2.4.	Integrierte Energiesysteme als Teil einer lebenswerten und ökologischen Stadtentwicklung.....	122
3.	Fernwärmesysteme – das Rückgrat integrierter Energiesysteme	122
4.	Abfallheizkraftwerke im integrierten Energiesystem.....	124
5.	Erfolgreiche Beispiele	125
5.1.	KVA Buchs (St. Gallen, Schweiz): Entkopplung vom Strom und Wärme.....	125
5.2.	Kopenhagen (Dänemark): Integriertes Energiesystem.....	126
6.	Fazit.....	127

1. Globale Megatrends verändern unsere Gesellschaft

Unsere Gesellschaft – und mit ihr unsere Wirtschaft – verändern sich immer schneller und teilweise radikal. Es ist das Zusammenspiel der sogenannten *Megatrends*, die weltweit das bisher Bekannte und Bewährte auf den Kopf stellen.

Die fünf wichtigsten Megatrends sind:

- Globalisierung,
- Urbanisierung,
- demografische Veränderungen,
- Klimawandel und
- Verknappung der natürlichen Ressourcen.

Unter diesen ist insbesondere der Trend zur Urbanisierung besonders sicht- und spürbar.

2. Urbanisierung – die Ausbreitung städtischer Lebensformen

Die Weltbevölkerung wächst immer weiter an und der Anteil der Menschen, die in Städten lebt, wird immer größer; waren es 1945 noch etwa eine Milliarde Menschen (oder ein Drittel der Weltbevölkerung), die in Städten wohnten, so waren es im Jahr 2000 bereits drei Milliarden bzw. die Hälfte der Weltbevölkerung. Der Trend wird sich weiter fortsetzen und man geht heute davon aus, dass im Jahr 2050 etwa sechs Milliarden – die Weltbevölkerung des Jahres 2000 – bzw. zwei Drittel der Menschheit in Städten wohnen wird.

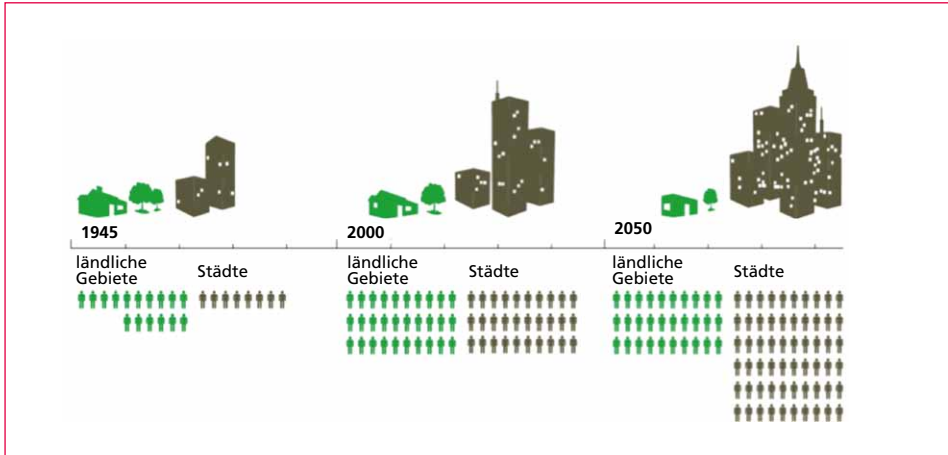


Bild 1: Weltbevölkerung in ländlichen und städtischen Gebieten

Diese rasant fortschreitende Überbevölkerung der Städte führt oftmals zu einem ungeplanten Wachstum und damit zu einer Verschlechterung der Lebensbedingungen:

- zu wenig Wohnraum,
- unzureichende Infrastruktur,
- steigende Schadstoffbelastungen,
- steigender Wasser- und Energiebedarf,
- wachsende Abfallmengen.

2.1. Die Antwort auf die Urbanisierung: Planung lebenswerter Städte

Menschen ziehen in Städte um bessere Lebens- und Arbeitsbedingungen zu finden. Denn Städte bieten den Menschen wesentliche Vorteile. Sie sind:

- der Ort für soziale Kontakte,
- die Motoren der Entwicklung und des Wohlstandes,
- die Treiber für Ausbildung und Wissensmanagement,
- die Möglichkeit Ressourcen und Energie effizient zu nutzen,
- die Möglichkeit für effizienten Transport und gute Vernetzung.

2.2. Was macht eine Stadt lebenswert?

Die Entwicklung von Städten mit hoher Lebensqualität – *Liveable Cities* – erfordert einen ganzheitlichen, umfassenden Ansatz um eine wirtschaftliche, soziale und ökologische Umwelt- und Raumentwicklung zu gewährleisten.

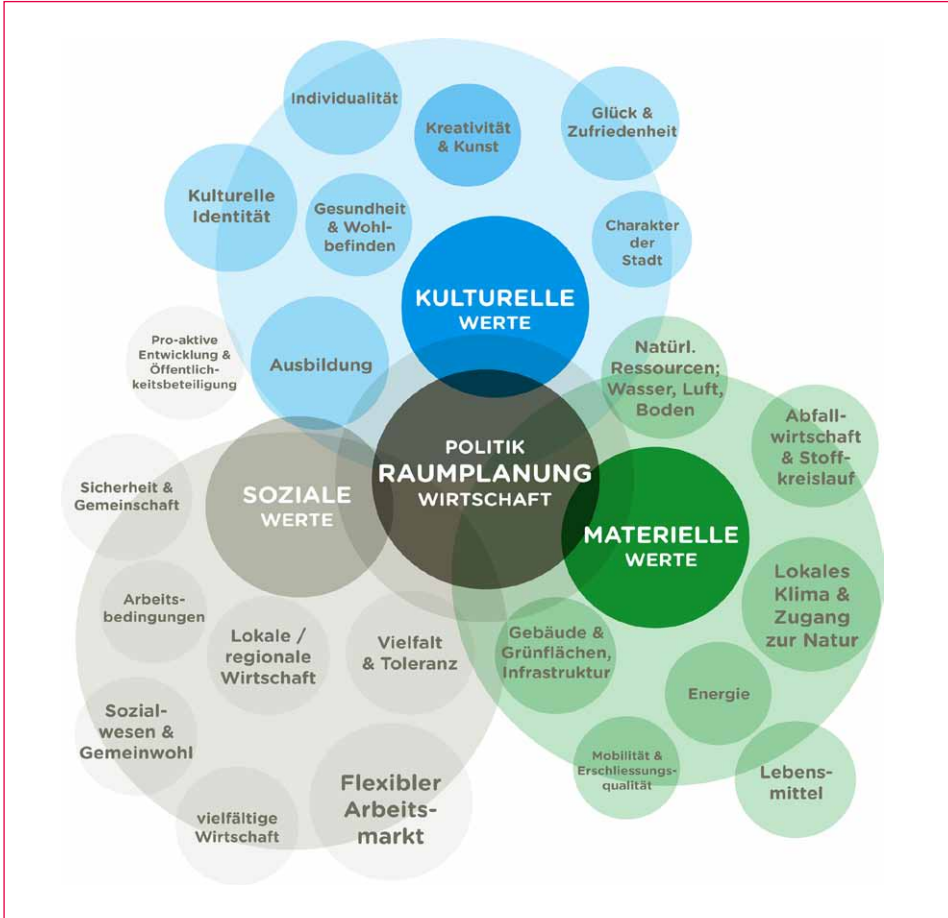


Bild 2: Aspekte einer *liveable City*

Diese verschiedenen Kräfte hängen eng zusammen und verstärken sich gegenseitig. Richtig eingesetzt erlauben sie es der Gesellschaft, materiellen und sozialen Wohlstand zu entwickeln ohne die Umwelt- und Ressourcenaspekte zu gefährden.

2.3. Steigende Komplexität der Energieversorgung

Die Einflüsse der globalen Entwicklungen auf den Energiesektor sind vielfältig. Einerseits muss eine hohe Versorgungssicherheit gewährleistet und der stetig steigende Energiebedarf kontinuierlich und verlässlich gedeckt werden. Andererseits verlangen

die Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgase, dass z.B. in der EU der CO₂-Ausstoß bis 2030 (im Vergleich mit 1990) um mindestens 40 Prozent reduziert wird. In diesem Zusammenhang haben v.a. die Forderungen nach Umstellung von fossilen auf erneuerbare Energiequellen und nach Verbesserung der Energieeffizienz bzw. Reduktion des Energieverbrauches hohe Priorität.

Durch den damit verbundenen Ausbau der Stromerzeugung aus regenerierbaren Quellen (Sonne, Wind) hat die Komplexität der Energieversorgung stark zugenommen. Die wichtigsten Auswirkungen dieser Komplexität auf Seiten der Energieerzeuger sind die sinkenden bzw. stark schwankenden Energiepreise und die Forderung nach hoher Flexibilität bei der Lieferung von Energie. So müssen z.B. zu Spitzenbedarfszeiten innerhalb von kurzer Zeit – bzw. im Extremfall gleichzeitig – sowohl hohe Wärme- als auch Stromleistungen bereitgestellt werden können.

In Mitteleuropa entfallen rund 40 Prozent des gesamten Energieverbrauches auf die Komfortwärmeversorgung, d.h. Raumwärme und Warmwasser. Daher kommt den Optimierungsmaßnahmen in diesem Bereich eine besondere Bedeutung zu.

2.4. Integrierte Energiesysteme als Teil einer lebenswerten und ökologischen Stadtentwicklung

Integrierte Energiesysteme zeichnen sich dadurch aus, dass Elektrizität, Wärme und Kälte aus verschiedenen Energiequellen – wie Sonne, Wind, regenerative und fossile Brennstoffe – flexibel vernetzt sind und bedarfsgerecht zum Einsatz kommen. Dadurch können alle Ressourcen ökologisch effizient und wirtschaftlich optimal genutzt werden.

3. Fernwärmesysteme – das Rückgrat integrierter Energiesysteme

Fernwärmesysteme dienen der Versorgung von Gebäuden mit Komfortwärme und bilden das Rückgrat eines integrierten Energiesystems.

Das Fernwärmesystem ist ein flexibler Träger für Wärme aus unterschiedlichen Quellen und bildet den *Energie-Marktplatz*, indem es überschüssige Energie aus verschiedenen (Ab-)Wärmequellen aufnimmt und den unterschiedlichen Verbrauchern zur Verfügung stellt. Die im Fernwärmenetz vorhandenen Speichermöglichkeiten erlauben es zudem, dieses *Geben und Nehmen* chronologisch versetzt zu gestalten. So kann die Produktion und der Verbrauch zeitlich entkoppelt und ein wichtiger Beitrag zur Netzstabilisierung geleistet werden.

Die Forderung nach Reduktion der CO₂-Emissionen führte zur Förderung regenerativer Energiequellen, wie Wind- und Sonnenenergie, deren Produktion nicht durch die Nachfrage, sondern durch die meteorologische Situation geprägt ist. Im Fernwärmenetz kann in Zeiten mit *überschüssigem* Strom aus regenerierbaren Quellen mittels Wärmepumpen oder Elektroboilern Heißwasser oder Dampf erzeugt und so das Stromnetz stabilisiert werden. Die gewonnene Wärme wird dann bedarfsgerecht ins vorhandene Energiesystem integriert (sogenannte *Power to Heat* oder *Strom zu Wärme*-Technologie).

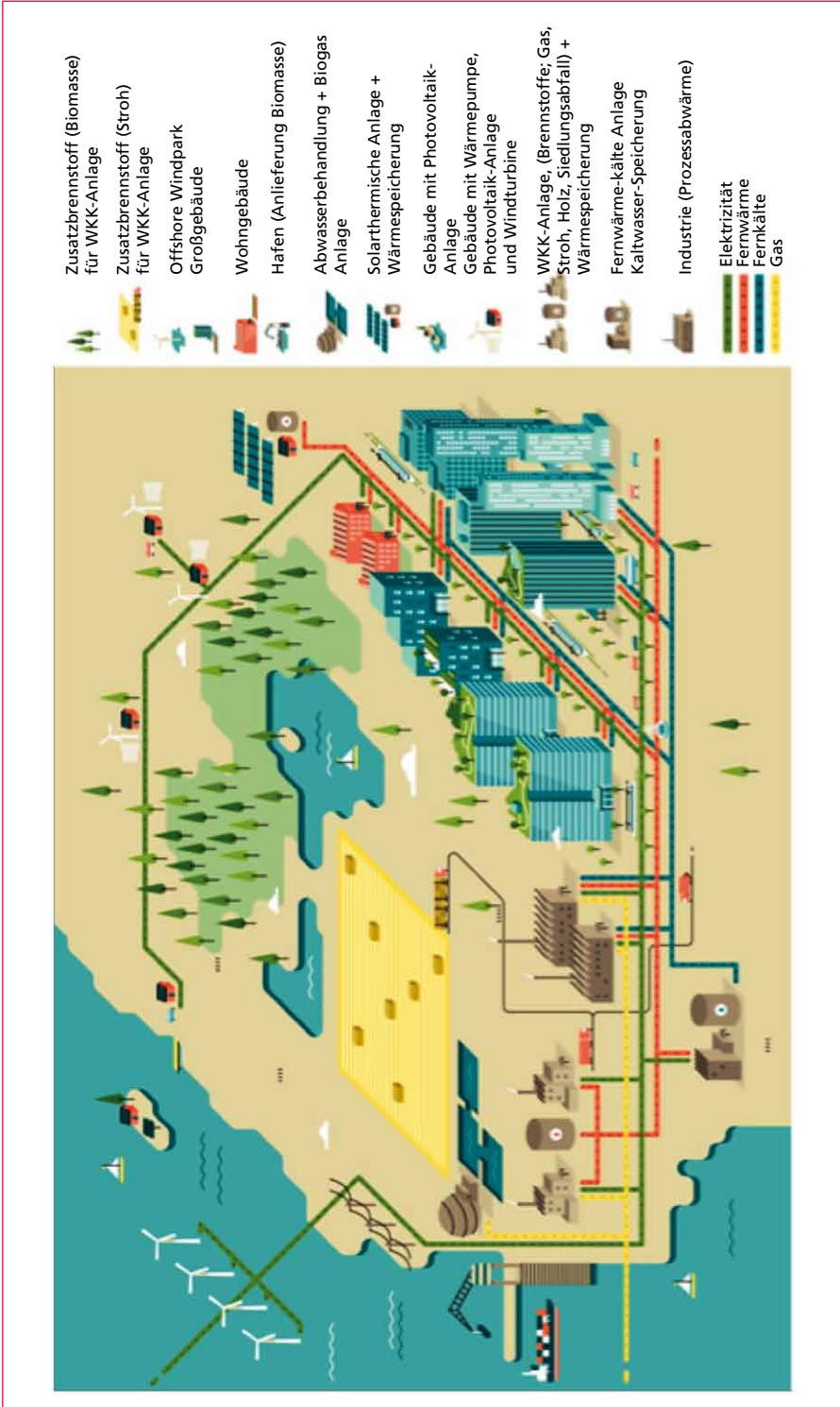


Bild 3: Das integrierte Energiesystem

Die Speicherung von CO₂-freiem Strom in Form von Wärme ist einfach, ökologisch und wesentlich kostengünstiger als die Speicherung mittels Batterien. Zudem ist die *Strom zu Wärme*-Technologie ausgereift und ihr Einsatz weit verbreitet.

Aufgaben der Wärmespeicher in einem integrierten Energiesystem

Wärmespeicher erfüllen als Bestandteil eines integrierten Energiesystems folgende Aufgaben:

- Speicherung von Wärme in Zeiten mit geringem Wärmebedarf.
 - Kontinuierlicher und effizienter Betrieb der Wärmeerzeugung.
- Abgabe von Wärme in Spitzenlastzeiten.
 - Anstelle von Spitzenlastkraftwerken kann ein Wärmespeicher zur Spitzenlastabdeckung genutzt werden.
- Erhöhung der Versorgungssicherheit.
 - Bei kurzzeitigen Unterbrüchen der Erzeugung kann die Versorgung des Netzes aus dem Speicher erfolgen.
- Hydraulische Entlastung von Hauptleitung zu Systemabschnitten.
 - Je nach Netzstruktur kann es ökonomisch interessant sein, die durch Wachstum an ihre Grenzen stoßenden Netzteile mit dezentralen Speichern zu entlasten.
- Wasserreservoir für Fernwärmenetze.
 - Bei Havarien wird durch die schnelle Nachspeisung der Verlustmengen die Wiederinbetriebnahme des Netzes ermöglicht.
- Aufnahme von intermittierender Energie in Kombination mit Elektroboilern oder Wärmepumpen.
 - Stabilisierung des Netzes und Nutzung der überschüssiger Stromkapazität zur Erzeugung von Wärme.

4. Abfallheizkraftwerke im integrierten Energiesystem

Der Auftrag der Abfallheizkraftwerke ist primär die thermische Behandlung und energetische Verwertung von Abfällen. Die Bestrebungen zur CO₂-Reduktion rücken neben der möglichst sauberen auch die möglichst effiziente Verwertung in den Vordergrund.

Verbesserungen des elektrischen Wirkungsgrades sind normalerweise mit hohen Investitionen verbunden und lassen sich oft nur im Rahmen einer umfassenden Modernisierung realisieren. Daher rücken die Maßnahmen für die Schaffung bzw. Erhöhung einer Wärmeauskoppelung stärker in den Vordergrund.

Da ein Abfallheizkraftwerk aber auch relevanter Lieferant von Strom ist, besteht ein Zielkonflikt zwischen Wärmeproduktion und Stromabgabe. Dieser Konflikt wird verschärft indem – insbesondere in der kalten Jahreszeit – sowohl das Strom- als auch das Fernwärmenetz gleichzeitig einen hohen Bedarf haben. Da Strom- und Wärmeproduktion aber direkt voneinander abhängen, ist es in Spitzenbedarfszeiten nicht

möglich gleichzeitig Strom und Wärme auf maximalen Niveau zu produzieren. Dies ist insbesondere aus ökonomischer Sicht bedauerlich, da in den Spitzenbedarfszeiten die höchsten Strompreise erzielt werden können.

Der Einsatz von Wärmespeichern entkoppelt die Strom- und Wärmeproduktion und ermöglicht so eine ökonomische Optimierung der Stromproduktion; die Wärmespeicher werden in Zeiten von niedrigem Verbrauch geladen und zu Spitzenbedarfszeiten wird maximal Strom (zu höchsten Preisen) produziert, während das Fernwärmenetz aus den Speichern gespeist wird.

5. Erfolgreiche Beispiele

5.1. KVA Buchs (St. Gallen, Schweiz): Entkopplung vom Strom und Wärme

Die KVA Buchs hat seit 2011 die Wärmespeicherkapazität kontinuierlich ausgebaut. 2011 wurden die ersten vier Speicher mit je 200 m³ Inhalt installiert. 2013 und 2014 folgten nochmals je vier Speicher mit 200 m³. Gesamthaft verfügt die KVA Buchs aktuell über 2.400 m³ oder 240 MWh Speicherkapazität.



Bild 4: KVA Buchs mit 12 Wärmespeichern

Die Wärmespeicher ermöglichen der KVA, die Produktion optimal der Nachfrage nach Elektrizität und Wärme anzupassen. In Zeiten geringer Nachfrage und tiefen Preisen auf dem Strommarkt werden die Speicher geladen. Da die Nachfrage nach Strom und Wärme oft zu den gleichen Tageszeiten hoch sind (Morgenstunden, Abendstunden), können so beide Energiebezüge gleichzeitig mit den maximalen Leistungen versorgt werden.

Durch die Entkopplung der Strom- und Wärmeproduktion sowie einer weitgehend kompletten Abdeckung der Spitzenlasten mit den Wärmespeichern kann die KVA Buchs die Wärmespeicher wirtschaftlich betreiben und die jährlichen Erträge um rund EUR 160.000 steigern.

Die KVA Buchs rechnet damit, dass sich in Zukunft durch den fortschreitenden Ausbau der intermittierenden Energien die Anforderungen weiter in Richtung einer größeren Stromlieferflexibilität verschieben werden. D.h. die Preise für Bandstrom werden zurückgehen, Spitzenlasten müssen schneller, zuverlässiger und in größeren Mengen zur Verfügung gestellt werden.

5.2. Kopenhagen (Dänemark): Integriertes Energiesystem

Eines der weltweit größten und höchstentwickelten integrierten Energiesysteme ist in der Region Kopenhagen (DK) in Betrieb. Da sich die Kombination von Fernwärme aus WKK-Anlagen als kosteneffizienteste Lösung für die Gesellschaft herausstellte, wurde der Schritt zum integrierten Energiesystem von der Politik stark unterstützt.

Einen wesentlichen, positiven Einfluss auf das Modell haben die in der öffentlichen Hand liegenden, nicht gewinnorientierten Fernwärmenetzbetreiber. Die Gesellschaften sind dazu verpflichtet, sämtliche Vorteile aus einer günstigeren Wärmeproduktion an die Endkunden weiterzugeben, was die Wettbewerbsfähigkeit der Fernwärme gegenüber anderen Heizsystemen gewährleistet.

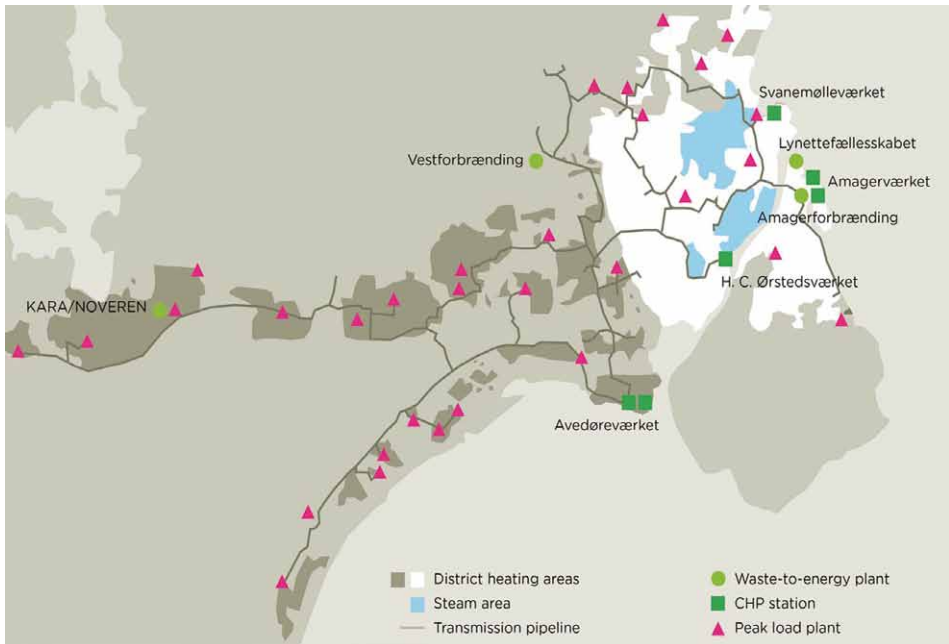


Bild 5: Fernwärmenetz Kopenhagen

In der Region Kopenhagen werden Energie-Richtpläne erstellt, welche für jeden Teil der Region die wirtschaftlichste und ökologischste Heizlösung aufzeigen. Stellt sich in einem dünn besiedelten Gebiet eine Gasheizung als wirtschaftlichste Lösung dar, wird diese Region nicht an das Fernwärmenetz angeschlossen. Wenn ein Gebiet an die Fernwärme angeschlossen wird, herrscht Anschlusszwang. Denn nur mit einer hohen Anschlussrate können die Investitionen des Netzes mit kompetitiven Wärmepreisen in akzeptablen Zeiten abgeschrieben werden.

Das Netz hat eine Wärmeabgabe von rund 10.000 GWh/Jahr und eine Spitzenleistung von 1.650 MW. Die Netzausdehnung beträgt etwa 25 km Luftlinie in Ost-West und 20 km in Nord-Süd-Richtung. Das Hauptleitungsnetz, das 20 unterschiedliche Fernwärmegebiete verbindet hat eine Länge von 160 km.

Im gesamten Netzwerk sind an verschiedenen Stellen kleinere Wärmespeicher installiert. Der wesentliche Anteil der Wärmespeicherkapazität ist jedoch bei den beiden Kraftwerken Avedøre und Amager installiert. Avedøre verfügt über zwei Speicher mit jeweils einem Volumen von 22.000 m³, Amager über einen Speicher mit 22.000 m³.

6. Fazit

Die Komplexität der Energieversorgung hat aufgrund der Anforderungen an die Energie- und Ressourceneffizienz erheblich zugenommen. Dadurch sind auch die Anforderungen an die Anlagenbetreiber gestiegen. Wichtigstes Merkmal der zunehmenden Komplexität ist die Forderung nach hoher Flexibilität und der zeit- und bedarfsgerechten Lieferung von Energie. Dies bedeutet für die Abfallheizkraftwerke u.a., dass innerhalb kurzer Zeit hohe Wärme- oder Stromleistungen zur Verfügung stehen müssen bzw. dass im Extremfall beide Energieträger gleichzeitig benötigt werden.

Erfolgreiche Beispiele zeigen, dass Fernwärmenetze großes Potenzial haben, eine CO₂-arme oder sogar CO₂-freie Komfortwärmeversorgung zu ermöglichen und dass darin integrierte Wärmespeicher einen wesentlichen Beitrag zur Ökonomie, Ökologie und Versorgungssicherheit beitragen können. Denn zum einen ist es möglich durch die Spitzenlastabdeckung aus Speichern den Verbrauch an fossilen Brennstoffen zu verringern und zum anderen können durch eine bedarfsgerechte Stromerzeugung die Einnahmen auf Seiten der Energielieferanten gesteigert werden. Wärmespeicher sind damit je länger je mehr eine unverzichtbare Komponente in einem Fernwärmenetz.

In einem sich stetig verändernden Umfeld wird es auch im Energiesektor kein *Business as usual* mehr geben. Besitzer und Betreiber von Abfallheizkraftwerken sind gefordert, sich den Anforderungen der Flexibilisierungen und der integrierten Energiesysteme zu stellen. Denn nur so können Abfallheizkraftwerke auch in Zukunft ein verlässlicher, ökonomischer und ökologischer Partner eines integrierten Energieversorgungssystems bleiben.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Karl J. Thomé-Kozmiensky (Hrsg.):
Strategie • Planung • Umweltrecht, Band 10

ISBN 978-3-944310-25-1 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2016
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Erfassung und Layout: Sandra Peters, Ginette Teske, Janin Burbott-Seidel, Anne Kuhlo,
Carolin Bienert
Druck: Universal Medien GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.