

Energiekonzepte für Stadt und Region



Fraunhofer IBP
Dr. Dietrich Schmidt
dietrich.schmidt@ibp.fraunhofer.de

badenova WÄRMEPLUS GmbH & Co. KG
Klaus Preiser
klaus.preiser@badenova.de

E.ON Mitte AG
Kerstin Becker
kerstin.becker@eon-mitte.com

Fraunhofer ISE
Sebastian Herkel
sebastian.herkel@ise.fraunhofer.de

Fraunhofer IWES
Dr. Thomas Degner
thomas.degner@iwes.fraunhofer.de

Einführung

Städte sind als Ballungszentren die Schwerpunkte von Energieumsatz und den damit verbundenen CO₂-Emissionen. Im Zusammenhang mit den Zielsetzungen der Bundesregierung im Rahmen des Energiekonzepts bis 2050 [1] müssen gerade Städte einen wesentlichen Beitrag zur Realisierung der ehrgeizigen Zielstellung leisten.

Eine der größten Aufgaben in diesem Zusammenhang stellt sicherlich die umfassende energetische Sanierung des Gebäudebestands und eine Umstellung der Energieversorgungsstrukturen dar. Die größten Einzelposten der Energieverbraucher in Gebäuden sind nach wie vor der Wärme-, Kälte- und Strombedarf. Im Jahr 2008 belief sich der Anteil des Endenergiebedarfs für Raumwärme, Warmwasser, Raumkälte und Beleuchtung auf ca. 40 % des Gesamtendenergieverbrauchs und stellte damit neben dem Verkehr den größten Einzelposten dar [2].

Trotz der absehbaren signifikanten Steigerung der Sanierungsrate sehen sich Planer und Entscheidungsträger weiterhin vor großen Herausforderungen. Hier sind innovative und auf den Nutzerbedarf zugeschnittene Technologien sowie umsetzungsfreundliche Systemlösungen gefragt, die zu einem schnellen Abbau der bestehenden Hemmnisse für die Sanierung und den Umbau der Versorgungssysteme beitragen. Obwohl derzeitige Sanierungsmaßnahmen in der Regel nicht den langfristig wünschenswerten energetischen Standard erreichen, muss auch die momentane Sanierungsrate noch verdoppelt werden, um die bis 2050 angestrebten Ziele zu erreichen.

Ebenso ist die Integration erneuerbarer Energien in unsere bestehende Versorgungsinfrastruktur eine heute anzugehende Aufgabe für die Zukunft. Fluktuierende Erzeugungsprofile aus Windkraft und Photovoltaik stellen neue Anforderungen an Regel- und Speichertechnologien. Die Verlagerung der bestehenden zentralen Versorgungsstrukturen auf dezentrale und bi-direktionale Konzepte, welche eine klare Unterscheidung in energieverwendende und energiebereitstellende Komponenten vornimmt, ist sowohl in der Planung wie im Betrieb komplex. Planungs- und Überwachungsinstrumente, die zum einen der Komplexität gewachsen sind, zum anderen die verschiedenen Bedarfssektoren Wärme/Kälte, Strom und Mobilität integrieren und aufeinander abstimmen können, sind noch zu entwickelnde und zu erprobende Werkzeuge.

Eine Vielzahl von kommunalen Entscheidungsträgern stellt sich bereits aktiv den Herausforderungen einer „Energiewende“ in ihren Kommunen. Ebenso unterstützen viele Forschungsschwerpunkte und Förderprogramme die Pioniere bei der Umsetzung. Von den Erfahrungen kann eine große Zahl von Kommunen profitieren, denn die strukturellen Gegebenheiten und Problemstellungen weisen in der Mehrheit der deutschen Städte und Kommunen große Ähnlichkeiten auf.

Lösungsansätze auf der Ebene von Quartieren und Städten

Beispiel 1: Stadtquartier Freiburg Weingarten

Das Heizwerk Freiburg Weingarten versorgt den in den 1960er Jahren gebauten Stadtteil Weingarten mit rund 9.000 Einwohnern und den zwischen 1998 und 2008 in Niedrigenergiebauweise gebauten Stadtteil Rieselfeld mit rund 10.000 Einwohnern. Im Rahmen der energetischen Sanierung des Quartiers Weingarten West wird die Fernwärmeversorgung modernisiert und optimiert.

Ziel der Optimierung der Heizzentrale ist es, bei sich verändernder Abnahme von Wärme und einer zunehmend an der Vermarktbarkeit des erzeugten Stroms orientierenden Betriebsweise eine klimaschonende Wärmeerzeugung zu ermöglichen.

Durch eine Erhöhung der Flexibilität der Erzeugung lässt sich der KWK-Anteil erhöhen. Durch einen Austausch der 14 Jahre alten Altanlage mit zwei BHKW a 2,9 MW_{el} und einer jährlichen Stromerzeugung von ca. 35 GWh durch eine neue Anlage erfolgt eine Absenkung des Primärenergiefaktors fp von 0,6 auf 0,35.

In der erneuerten Anlage werden sechs neue BHKW-Module mit jeweils 1.240 kW elektrischer Leistung und 1.528 kW thermischer Leistung installiert.

Zusätzlich werden drei neue Wärmepumpen zur Kühlung der Generatorabwärme im Aufstellraum mit einer durchschnittlichen Kälteleistung (Sommer/Winter) von je 330 bis 350 kW_{th} und einer durchschnittlichen Wärmeleistung (Sommer/Winter) von je 440 bis 500 kW_{th} betrieben.

Durch Abgaswärmetauscher erfolgt eine Reduktion der Abgastemperatur von 120 °C auf 70 °C. Bei dieser Auslegung erzielen die BHKW durchschnittlich je rd. 5.650 Vollbenutzungsstunden im Jahr.

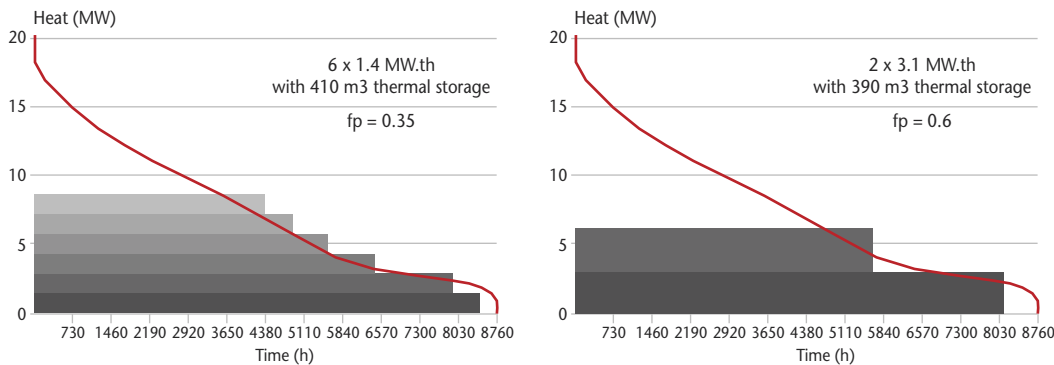


Abbildung 1
Geordnete Jahresdauerlinie mit BHKW neu (links) und alt (rechts)



Abbildung 2
Anlieferung neue BHKW-Blöcke

Die Jahreswärmeerzeugung aus dem BHKW beträgt rd. 52 Mio. kWh/a. Somit werden über 78 % der erforderlichen Jahreswärmemenge aus dem BHKW und nur 22 % aus den Kesselanlagen erzeugt.

Der vom BHKW erzeugte elektrische Strom von rund 42 Mio. kWh/a wird in das Versorgungsnetz des Netzbetreibers eingespeist und vergütet. Das entspricht einer Stromversorgung von umgerechnet rund 14.000 Haushalten.

Durch die gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom wird eine optimale Nutzung – über 93 % – der zugeführten Brennstoffenergie (Erdgas) erreicht. Die umweltschonende Betriebsweise des BHKW und die hohe Primärenergieeinsparung von über 41 % leisten einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz.

Beispiel 2: Regionale Energieversorgung für die Stadt Felsberg

Für die ländlich strukturierte Stadt Felsberg mit ihren insgesamt 16 Ortsteilen wurde aufbauend auf einer Detailanalyse von drei Ortsteilen das Ziel der Realisierung einer zukünftigen regenerativen Energieversorgung untersucht. Zu diesem Zweck wurden der Gebäudebestand, der aus ca. 15 % Fachwerkgebäuden und zu 55 % aus Gebäuden der Baualtersklasse Baujahr 1950 bis 1970 besteht, untersucht und mit ins-

gesamt drei verschiedenen Szenarien auf eine mögliche Entwicklung der Energieverbräuche für die Jahre 2030 und 2050 geschlossen.

In Felsberg konnte über die Erschließung verschiedener Datenquellen zudem eine Aussage über den Energieträgereinsatz in der Gemeinde getroffen werden. Es wurden Erdgas und Heizöl als die zwei Hauptenergieträger ermittelt. Aus den sich hieraus ergebenden Anlagentechniken in Verbindung mit der erstellten Gebäudekategorisierung konnte der Endenergiebedarf für Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung ermittelt werden. Die so ermittelten Daten decken sich mit dem auf Basis der Gebäudetypologie [3] berechneten Endenergiebedarfs.

Aufbauend auf den Potenzialanalysen wurden detaillierte Maßnahmen Szenarien für die Stadt Felsberg entwickelt. Diese Szenarien beziehen sich auf:

- bautechnische Sanierungsmaßnahmen (z. B. Dämmung der Außenwand)
- Austausch von anlagentechnischen Komponenten (z. B. Heizkesseln)
- Einsatz von erneuerbaren Energien.

Alle analysierten Maßnahmenpakete sind technisch und wirtschaftlich realisierbar.

Tabelle 1
Drei Maßnahmen-
szenarien für die Stadt
Felsberg für die Jahre
2030 und 2050

Weiter so	Überdurchschnittliche Anstrengungen	Maximale Anstrengungen
<ul style="list-style-type: none"> • Aktuelle Sanierungsraten: <ul style="list-style-type: none"> – Gebäudehülle 1% – Anlagentechnik 2% 	<ul style="list-style-type: none"> • leicht erhöhte Sanierungsraten: <ul style="list-style-type: none"> – Gebäudehülle 2% – Anlagentechnik 3% 	<ul style="list-style-type: none"> • Deutlich erhöhte Sanierungsraten: <ul style="list-style-type: none"> – Gebäudehülle 3% – Anlagentechnik 4%
<ul style="list-style-type: none"> • Qualitäten entsprechend Energieeinsparverordnung 2009 	<ul style="list-style-type: none"> • ca. 40% Wärmepumpen außerhalb des Erdgasnetzes 	<ul style="list-style-type: none"> • ca. 60% Wärmepumpen außerhalb des Erdgasnetzes
<ul style="list-style-type: none"> • Heiztechniken im Wesentlichen Öl- und Gasbrennwertgeräte 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitätssteigerung der Sanierungsmaßnahmen, z. B. Verglasung 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserte Qualität der Sanierungsmaßnahmen (z. B. Steigerung der Jahresarbeitszahl)

Auf Grundlage dieser Szenarien wurden mögliche Gesamtendenergiebedarfsentwicklungen für die Gemeinde Felsberg ermittelt, um die Kommune für zukünftige Entscheidungen zu beraten. Als Ergebnis dieser Studie ergeben sich diese Einsparungen im Endenergiebedarf bezogen auf die aktuellen Status des Jahres 2011:

- Im Szenario „Weiter so“: 26 % bis 2030 und 46 % bis 2050.
- Im Szenario „Maximale Anstrengungen“: 49 % bis 2030 und 77 % bis 2050.

Bei der Stromerzeugung wurde besonders der zeitliche Zusammenhang zwischen Erzeugung und Verbrauch beachtet und ein Ortsnetzbereich detailliert nachgebildet. Beim verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien kann Energiemanagement mit Bedarfssteuerung die Effizienz des Netzbetriebs erhöhen, indem vor Ort erzeugte Energie zeitgleich genutzt wird [4]. Die praktische Umsetzbarkeit der ermittelten Potenziale soll nun ebenfalls erprobt werden. Dabei werden mehrere Stromkunden sowie Erzeugungsanlagen mit geeigneter Technik zur messtechnischen Überwachung sowie zum Energiemanagement ausgerüstet.

Mit dem starken Zubau von dezentralen und erneuerbaren Energieerzeugern gelangen die regionalen und lokalen Verteilungsnetze zunehmend an ihre Grenzen. Daher nimmt die Bedeutung einer detaillierten und geographisch kleinteiligen Untersuchung der Potenziale für erneuerbare Energien für die Netzplanung zu. Gleichzeitig wird nach Lösungen gesucht, wie Netzausbau durch intelligente Komponenten und Betriebsweisen optimiert und kostengünstig realisiert werden kann.

Bei hohem Aufkommen von PV-Anlagen treten bereits heute in einigen Netzabschnitten Engpässe auf, die den Anschluss von weiteren Erzeugungsanlagen erschweren. Der beschränkende Faktor ist derzeit vor allem die Einhaltung der zulässigen Spannungsanhebung. Da eine Netzverstärkung oft teuer oder nicht

kurzfristig umsetzbar ist, gibt es einen großen Bedarf an alternativen Lösungen, die einen schnellen und wirtschaftlichen Ausbau von zusätzlichen Erzeugungskapazitäten aus PV-Anlagen, aber auch aus anderen erneuerbaren Energien, ermöglichen.

Für ein beispielhaftes Ortsnetz der Stadt Felsberg mit einem hohen Anteil an PV-Anlagen wurden Analysen des Potenzials für weitere PV-Anlagen und des Netzes durch Szenarienbildung, Messungen und Simulationen durchgeführt.

Außerdem werden zwei mögliche Ansätze zur Optimierung der Netzanschlusskapazität in der Praxis erprobt:

• Verbrauchsbeeinflussung

Um die Möglichkeiten der Verbrauchsbeeinflussung zu untersuchen, wird für einen Ortsteil ein intelligentes Stromnetz zur optimalen Anpassung von Stromangebot und Stromverbrauch entwickelt und im praktischen Betrieb demonstriert. Die Verbrauchsbeeinflussung geschieht einerseits indirekt durch die Tarifgestaltung und andererseits durch direkte Ansteuerung von Kühlgeräten und Speicherheizungen. In den Praxistest sind 20 Kunden (15 % aller Kunden in diesem Ortsnetz) und 5 Speicherheizungsanlagen (gesamt ca. 40 kW installierte Leistung) einbezogen.

• Aktive Spannungsregelung

Als weitere Alternative zum Netzausbau wurde eine dynamische Regelung der Spannung für einen Ortsnetztransformator entwickelt. Die Spannungsversorgung kann so trotz wechselnder Einspeisung stabil gehalten werden. Weiterer Zubau von PV-Anlagen über die heute geltenden technischen Grenzen hinaus wird ermöglicht. Für das untersuchte Ortsnetz wurde das Ausbaupotenzial für PV-Anlagen der Aufnahmekapazität des Ortsnetzes gegenübergestellt und die praktische Einführung wissenschaftlich begleitet.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Realisierung des Energiekonzeptes auf Quartier-, Stadt- oder Regionsebene erfordert ein starkes Engagement im Bereich der Sanierung von Bestandsgebäuden und der Einbindung von Anlagen für die Energiegewinnung aus sogenannten erneuerbaren Energien. Dazu ist eine aktive Einbindung der Bürgerinnen und Bürger vor Ort in Beteiligungsprozessen unabdingbar für den Erfolg aller Maßnahmen. Es stellt sich heraus, dass sich die vereinbarten Ziele zur Energieeinsparung nur über den Weg der Sanierung erreichen lassen. Energieeffizienz ist hier die größte „Energiequelle“! Allerdings stellt die Integration erneuerbarer Energien in unsere bestehende Versorgungsinfrastruktur, gerade auf der Ebene der Region, noch große Herausforderungen dar.

Die in diesem Beitrag beispielhaft vorgestellten und umgesetzten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und der Einbindung von erneuerbaren Energien zeigen durch neue und innovative Lösungen, vor allem im Sektor der Sanierung des Gebäudebestandes, noch viel Steigerungspotenzial auf. Für eine maximale Effizienz ist es in Zukunft wesentlich, Synergien zu erzeugen sowie vorhandene Teilsysteme integral zu betrachten und zu verbinden. Nur auf diesem Wege wird es möglich sein, die bis 2050 vorgegebenen Ziele zu erreichen.

Literatur

- [1] Bundesregierung: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Sept. 2010, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen I, 2011, Energiedaten Tabelle 7, BMWi, Berlin,
<http://bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/Energiedaten/energiegewinnung-und-energieverbrauch5-eev-nach-anwendungsbereichen,property=blob,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.xls>
- [3] Deutsche Gebäudetypologie – Systematik und Datensätze, Institut Wohnen und Umwelt, 2. Auflage, Dez. 2003, ISBN Nr. 3-932074-64-5, IWU-Bestell-Nr. 05/03
- [4] Heckmann, W., Berg, A., Degner, T.: Intelligent Local Grids for High PV Penetration, ISES Solar World Congress, Kassel, 28.08.–02.09.2011