

Bremer **Energie** Institut 



 **Fraunhofer**  
ISI

 **EnB**  
Energieberatung GmbH

Bernd Eikmeier, Marian Klobasa, Felipe Toro, Gerald Menzler et al.

# Potenzialerhebung von Kraft–Wärme– Kopplung in Nordrhein–Westfalen

## Zusammenfassung

### Auftraggeber:

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft,  
Natur–und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein–Westfalen

Mai 2011

**Autoren / Bearbeiter:**

**Bremer Energie Institut**

Bernd Eikmeier

Jonas Klatt

Katja Sengebusch

Heidi Ludewig

Wolfgang Schulz

**Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung**

Dr. Marian Klobasa

**Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien IREES GmbH**

Felipe Toro

Farikha Idrissova

Dr. Felix Reitze

**Energieberatung GmbH**

Gerald Menzler

**Projektleitung / Ansprechpartner:**

Dr. Bernd Eikmeier

Bremer Energie Institut

College Ring 2 / Research V

28759 Bremen

Tel.: +49 (0) 421 / 200 – 4885

Fax: +49 (0) 421 / 200 – 4877

Email: [eikmeier@bremer-energie-institut.de](mailto:eikmeier@bremer-energie-institut.de)

[www.bremer-energie-institut.de](http://www.bremer-energie-institut.de)

# Zusammenfassung

## Hintergrund und Ziel des Projektes

Das „Energiewelt Nordrhein-Westfalen“ soll Vorreiter beim Klimaschutz sein – so lautet das erklärte Ziel des NRW-Umweltministers. Einen wichtigen Beitrag kann dazu die verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung liefern. Im neuen Koalitionsvertrag ist für NRW als Ziel formuliert, den Anteil der KWK an der Stromerzeugung bis 2020 auf mehr als 25 % zu erhöhen. Schon die vorherige Landesregierung hielt es für erforderlich, in einer Studie die KWK-Potenziale für NRW zu ermitteln. Wie eine Auswertung vorliegender Potenzialanalysen für Deutschland oder einzelne Versorgungsgebiete in NRW sowie anderer Arbeiten zum Thema KWK belegt, lässt sich daraus ein KWK-Potenzial für NRW nicht direkt herleiten – die vorliegende Studie liefert somit einen wichtigen Erkenntnisgewinn.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse des Forschungsprojektes. Die zentrale Aufgabenstellung der Studie war, die realistischen, d. h. die technisch machbaren und wirtschaftlichen KWK-Potenziale für NRW auf der Basis einer Vollversorgung mit leitungsgebundener Wärme zu identifizieren und die zugrunde liegenden Annahmen und Wirtschaftlichkeitskriterien darzulegen. Um eine gute Praxisnähe zu erreichen, wurde die Ausschreibung von einem Redaktionsteam erarbeitet, bestehend aus insgesamt rund 20 Vertretern/innen von Energieversorgungsunternehmen, Verbänden, der EnergieAgentur.NRW und des Auftraggebers. Es ist eine besondere Qualität dieses Forschungsprojektes, dass dieses Redaktionsteam die Studie während der gesamten Bearbeitungszeit inhaltlich begleitet und die Methodik sowie die Ergebnisse kritisch hinterfragt hat. Zu diesem Zweck fanden regelmäßig halbtägige Präsentations- und Diskussionstermine in Düsseldorf statt.

Die Potenzialermittlung erfolgt aufgrund methodisch unterschiedlicher Vorgehensweisen getrennt für die beiden Teilbereiche

### **Siedlungs-KWK (Private Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD))**

- Bremer Energie Institut (BEI), Gesamtprojektleitung

### **Industrie-KWK**

- Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, Teilprojektleitung
- Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien IREES GmbH, Karlsruhe
- Energieberatung GmbH, Essen

Es ist ausdrücklich nicht das Ziel der Studie, eine KWK-Ausbaustrategie für das Land NRW, eine Stadt oder ein Energieversorgungs- oder Industrieunternehmen zu entwi-

ckeln; sondern der Fokus liegt darauf, aufzuzeigen, in welchen Bereichen KWK-Potenziale genutzt werden können und wie groß diese Potenziale jeweils sind.

Ein wichtiges Zwischenziel für den Teilbereich der Siedlungs-KWK ist die Erarbeitung von hoch aufgelösten, digitalen Wärmebedarfskarten für ausgesuchte Modellstädte. Dabei wird eine sehr innovative, neue Methodik basierend auf einer 3D-Abbildung der Gebäude verfolgt, um zu prüfen, ob und in welchem Maße diese für eine spätere Anwendung durch interessierte Energieversorger oder Städte geeignet ist. Durch diese Methodenentwicklung leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag zur tatsächlichen Erschließung der KWK-Potenziale. Durch die Nachvollziehbarkeit der kleinräumigen Betrachtungen und Analysen ist von einer Multiplikatorwirkung auszugehen.

### Siedlungs-KWK: Methodik / Digitale Wärmebedarfskarten

In Abbildung 1 ist ein vereinfachtes Schema des Bearbeitungsablaufes dargestellt. Der Erarbeitung der hoch aufgelösten, digitalen Wärmebedarfskarten erfolgt für 7 ausgewählte Modellstädte (Düsseldorf, Essen, Paderborn, Lemgo, Voerde, Waltrop und Herscheid). Damit ist eine große Bandbreite an Einwohnerzahlen (zwischen rund 7.300 und 586.000) in einer sinnvollen Abstufung berücksichtigt. Als Basis dienen Daten eines neu erstellten 3D-Gebäudemodells, welches für ganz NRW verfügbar ist. Es beinhaltet vor allem die Grundflächen, mittleren Gebäudehöhen sowie die Nutzungsart der Objekte; diese ist durch einen Objektschlüssel (OS) klassifiziert.

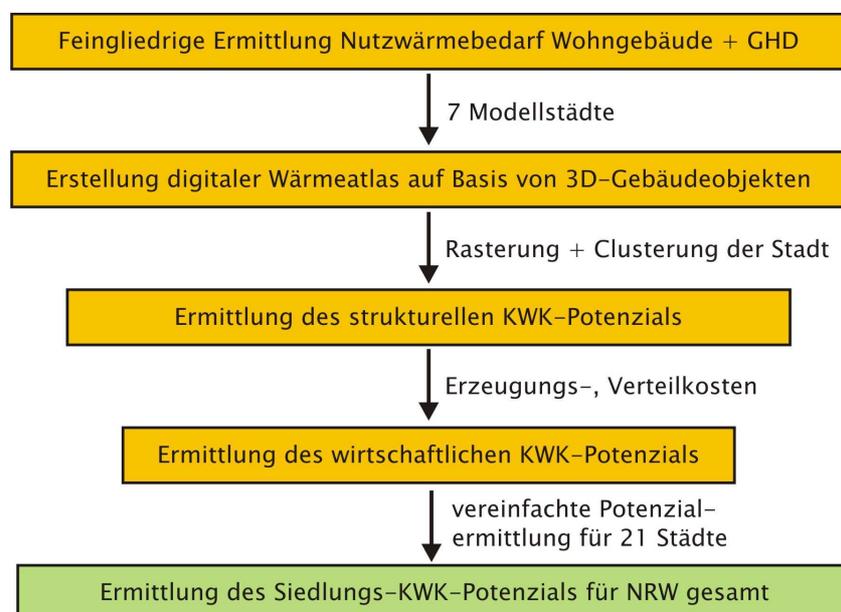


Abbildung 1: Schema der Siedlungs-KWK-Potenzialbestimmung

Diese GIS (Geographisches Informationssystem) basierten Daten müssen sukzessive weiter aufbereitet werden, zunächst um Fehler zu beseitigen und nicht wärmerrelevante Objekte wie bspw. Garagen auszufiltern. Letztlich beruhen die Wärmebedarfskarten der

Fallbeispiele auf insgesamt knapp 300.000 wärmerlevanten Einzelobjekten, von denen gut 80 % dem Sektor Private Haushalte (Wohngebäude) zuzuordnen sind. Bei einer so großen Objektzahl steht der Vorteil der sehr detaillierten Auflösung vor allem einem sehr hohen Bearbeitungsaufwand und der Notwendigkeit, fast nur (teil)automatisierte Rechnungen realisieren zu können, gegenüber. Zur Abgrenzung mit dem Teilbereich der industriellen KWK dient ein Ausfiltern großer Industrieareale in Düsseldorf und Essen.

In vielen Schritten werden den Objekten über weitere Datensätze oder Berechnungen des BEI zusätzliche Informationen hinzugefügt. Dabei handelt es sich vor allem um die Baualtersklasse (BAK) der Gebäude und das  $A^*/V$ -Verhältnis auf Basis des realen baulichen Umfeldes; beides spielt für die spätere Erstellung der Wohngebäudetypologie eine wichtige Rolle.

Eine besondere Qualität bekommen die Wärmebedarfskarten durch die Nutzung von Verbrauchsdaten, welche von einigen Versorgungsunternehmen dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurden. Die richtige Zuordnung zu den Einzelobjekten erweist sich als ein sehr schwieriger und arbeitsaufwändiger Prozess; insbesondere durch Fragen nach der Mitversorgung von benachbarten Gebäuden. Die vom BEI erarbeitete Methodik differenziert in jeder Stadt deshalb nach jeweils 4 Teilkollektiven und führt nach einigen Korrekturschritten und einem Abgleich der Städte untereinander zu plausiblen Werten für den Wärmebedarf. Letztlich gelang es, rund 84.300 Wohn- und rund 3.800 Nichtwohngebäuden einen Verbrauchswert zuzuweisen. Vor allem in Düsseldorf und Paderborn ergibt sich eine hohe Abdeckungsquote und damit eine sehr belastbare Grundlage für die Erstellung einer Wohngebäude-Typologie.

Die erarbeitete Wohngebäude-Typologie basiert nicht wie in den meisten Fällen auf einer starren Einteilung der Gebäude nach Größe bzw. Typ, sondern auf Korrelationsgleichungen, welche den Wärmebedarf in Abhängigkeit der BAK sowie der wärmerlevanten Gebäudegeometrie anhand des  $A^*/V$ -Verhältnisses beschreibt. Im Vergleich der Städte untereinander zeigt sich nach Anwendung der Typologie auf alle Objekte ohne Verbrauchswert nur eine geringe Bandbreite der mittleren spezifischen Wärmebedarfs-werte des Gebäudebestandes.

Für rund 140 OS-Gruppen von Nichtwohngebäuden des Sektors GHD können differenzierte Wärmebedarfswerte erarbeitet werden unter Nutzung von vielfältigen Literaturwerten, den o. g. Verbrauchswerten sowie weiteren 4.700 auf Verbrauchsangaben basierenden Werten aus einem anderen Projekt des BEI. Schwierigkeiten bereiten in allen Städten sehr allgemein gehaltene Nutzungsangaben in 3 OS-Gruppen mit relativ hohen Fallzahlen, welche sich unter Hinzunahme weiterer Gewerbeinformationen und Unternehmensangaben nur bedingt überwinden lassen. Hier wären Ortsbegehungen o. ä. erforderlich. Industriebetriebe außerhalb der herausgefilterten Großindustrie-Cluster lassen sich durch die Ermittlung branchenspezifischer Bedarfswerte unterscheiden.

Die Wärmebedarfskarten werden für jede der 7 Städte in unterschiedlichen Darstellungsvarianten erarbeitet, dabei sind Datenschutzaspekte zu beachten. Sie bieten vielfältige Anwendungsmöglichkeiten über den in diesem Projekt verfolgten Zweck hinaus, z. B. liefert das Ausfiltern von Objekten mit besonders hohen Bedarfswerten innerhalb eines homogenen Kollektives gute Ansätze für Sanierungs- oder Contracting-Aktivitäten.

Das BEI erstellt zudem Rasterkarten der Modellstädte in einer hohen Auflösung (Zellen von 40 \* 40 m). Diese Rasterkarten bilden keine Einzelgebäude ab, kennzeichnen aber vorzüglich die reale Siedlungsstruktur und die lokalen Wärmedichteunterschiede. Sie dienen als Grundlage, um die Fallbeispiele in insgesamt knapp 3.000 Cluster, also zusammenhängende und hinreichend dicht bebaute Siedlungsbereiche zu zerteilen; bei der großen Mehrzahl handelt es sich jedoch um sehr kleine Cluster, die für die Potenzialermittlung keine Rolle spielen. Für über 160 dieser Cluster wird eine detaillierte Analyse der Wirtschaftlichkeit einer Fernwärme-KWK-Lösung angestellt.

Zur Berechnung der Wärmeverteilungskosten müssen die erforderlichen Leitungslängen des Verteilnetzes sowie der Hausanschlüsse bekannt sein. Dazu entwickelt das BEI ein Verfahren, um diese Längen automatisiert anhand des Straßennetzes zu bestimmen. Bei der evaluierenden Anwendung auf existierende Fernwärmegebiete in Düsseldorf und Paderborn ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen der Rechnung und den realen Netzlängen. Das Verfahren wird flächendeckend in allen Modellstädten eingesetzt und liefert letztlich die erforderlichen Netzlängen für alle untersuchten Cluster.

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung erfolgt wärmeseitig, sie basiert auf einer dynamischen Rechnung für die technische Lebensdauer der KWK-Anlagen und Netze unter Berücksichtigung der aktuell geltenden Fördersituation; dabei werden u. a. Effekte von Gebäudesanierungen und des erforderlichen Vorlaufs beim Netzausbau berücksichtigt. Um die Ergebnisse der Modellstädte für die Hochrechnung auf NRW nutzen zu können, handelt es sich um eine konsequente Bottom-up-Betrachtung der Wärmenachfrage, ohne Berücksichtigung individueller lokaler Situationen (bestehende Netze oder Kraftwerksstandorte).

Für jedes Cluster erfolgt die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit nach einer identischen, einfachen Bedingung (alle Angaben in €/MWh):

$$\begin{aligned} & \text{Anlegbarer Fernwärmepreis} \\ & - \text{Wärmeerzeugungskosten} \\ & - \text{Wärmeverteilungskosten (inkl. Hausstationen)} \\ & = x \text{ €/MWh} \end{aligned}$$

Die Wirtschaftlichkeit einer KWK-Lösung ist immer dann gegeben, wenn deren Kostenstruktur einen marktfähigen Fernwärmepreis – auch aus Kundensicht – ermöglicht; also  $x > 0$  ist. Um den Effekt anderer Eingangsdaten und Annahmen aufzuzeigen, erfolgt

die Ergebnisdarstellung in Form von „Wirtschaftlichkeitsstufen“ für x-Werte in Klassen von 5 €/MWh. Dies ermöglicht dem Leser eine detaillierte Interpretation der Ergebnisse, bspw. für den Fall von niedrigeren Wärmeerzeugungskosten, und zeigt zudem, wie „robust“ die KWK-Potenziale jeweils sind.

Ergänzend wird für alle Objekte bzw. Objektensembles in den Modellstädten berechnet, in welchem Maße wirtschaftliche Einzelobjekt-KWK-Lösungen darstellbar sind.

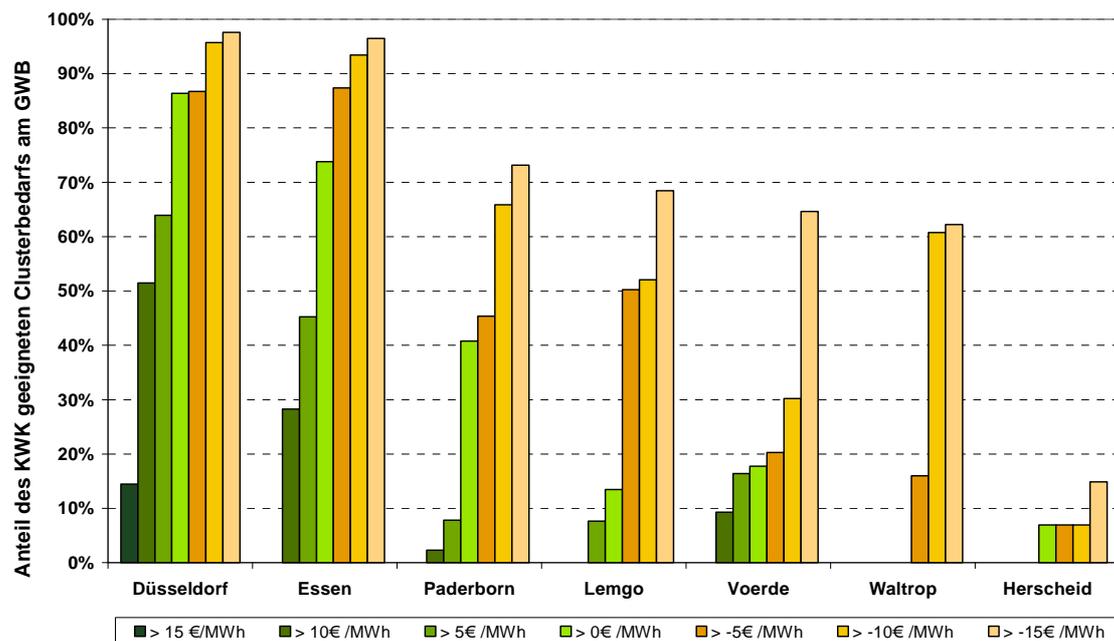
Die Hochrechnung des Siedlungs-KWK-Potenzials auf ganz NRW beruht auf der (zum Teil vereinfachten) Übertragung und Anwendung vieler Erkenntnisse und Ergebnisse aus den Modellstädten. Es ist eine besondere Qualität des vom BEI umgesetzten Verfahrens, dass die Wärmebedarfsberechnungen flächendeckend **auf den 3D-Daten aller Bestandsgebäude in NRW (mehr als 9 Mio. Objekte) basieren**. Dabei ist es leider nicht möglich, eindeutig zwischen den Sektoren GHD und Industrie zu differenzieren, so dass auch Industriegebäude enthalten sind (allerdings nur mit einem anteiligen Niedertemperaturbedarf). Zusätzlich zu den Modellstädten werden die Fernwärme-KWK-Potenziale von weiteren 21 Städten mittels Rasterung und Clusterung bestimmt.

### Siedlungs-KWK: Ergebnisse der Potenzialanalyse

Die folgenden Detailergebnisse bezeichnen den durch ein KWK-System inklusive des erforderlichen Spitzenkessels zu deckenden **Nutzwärmebedarf**. Dabei ist einerseits der Wärmebedarf der KWK-würdigen Cluster ausgewiesen (ohne Berücksichtigung eines KWK-Anschlussgrades), andererseits das KWK-Potenzial für den Referenzfall (mit Berücksichtigung des KWK-Anschlussgrades von 90 %). In Tabelle 1 und Abbildung 2 sind die Ergebnisse der Fernwärme-KWK für die 7 Modellstädte angegeben.

**Tabelle 1: Wärmenachfrage in den Fernwärme-KWK geeigneten Clustern und KWK-Potenzial in den Modellstädten (Referenzfall, Anschlussgrad 90 %)**

GWh/a	Wärmenachfrage in den Fernwärme-KWK-geeigneten Clustern								KWK-Potenzial
	> 15 €/MWh	> 10 €/MWh	> 5 €/MWh	> 0 €/MWh	> -5 €/MWh	> -10 €/MWh	> -15 €/MWh	Wärme- bedarf der Stadt	> 0 €/MWh
Düsseldorf	1.047	3.717	4.620	<b>6.241</b>	6.265	6.912	7.050	7.233	<b>5.619</b>
Essen	0	1.761	2.819	<b>4.599</b>	5.446	5.822	6.012	<b>6.233</b>	<b>4.143</b>
Paderborn	0	43	147	<b>761</b>	847	1.229	1.365	<b>1.866</b>	<b>693</b>
Lemgo	0	0	47	<b>83</b>	310	321	422	<b>617</b>	<b>75</b>
Voerde	0	45	79	<b>85</b>	97	145	310	<b>480</b>	<b>85</b>
Waltrop	0	0	0	<b>0</b>	47	178	183	<b>294</b>	<b>0</b>
Herscheid	0	0	0	<b>8</b>	8	8	17	<b>112</b>	<b>8</b>
<b>Summe:</b>	<b>1.047</b>	<b>5.566</b>	<b>7.712</b>	<b>11.777</b>	<b>13.021</b>	<b>14.616</b>	<b>15.360</b>	<b>16.835</b>	<b>10.623</b>



**Abbildung 2: Anteile des Wärmebedarfs der Fernwärme-KWK geeigneten Cluster am Gesamtwärmebedarf (GWB) der Stadt in Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeitsanforderungen (Referenzfall, Anschlussgrad 90 %)**

Es ist klar ersichtlich, dass der Anteil des wirtschaftlichen KWK-Potenzials positiv mit der Stadtgröße korreliert; mit abnehmender Stadtgröße sinken die wirtschaftlichen KWK-Potenzialanteile am Wärmebedarf der Stadt deutlich. Nur in den Großstädten Düsseldorf und Essen gibt es so viel hoch verdichtete Siedlungsgebiete, dass ein hoher Anteil bei den wirtschaftlichen KWK-Lösungen erreicht wird; in den kleineren Städten wird die Wirtschaftlichkeitsgrenze zumeist nur knapp überschritten.

Als wesentliche Erfolgsfaktoren für eine gute Wirtschaftlichkeit der Fernwärme-KWK stellen sich wie erwartet die Höhe der Wärmenachfrage sowie eine hohe Wärmedichte im Cluster heraus. Daraus folgt, dass eine erfolgreiche Strategie insbesondere auf die flächenhafte Versorgung großer Gebiete abzielen sollte, um größere Erzeugungseinheiten und damit niedrigere Wärmeerzeugungskosten zu erreichen. Für alle Städte werden die Ergebnisse der wichtigsten Cluster in Tabellen und Ergebniskarten im Anhang dieses Berichtes dargestellt.

Sensitivitätsrechnungen zeigen den Einfluss von stärker steigenden Energiepreisen, einer ambitionierteren Gebäudesanierung sowie verringerten Anschlussgraden auf. Von großer Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der KWK ist insbesondere das Verhältnis aus Brennstoffpreisen und den Erlösen, die aus dem Stromverkauf zu erzielen sind.

Hohe Anschlussgrade sind eine zentrale Voraussetzung, um in möglichst vielen Siedlungsgebieten zu wirtschaftlichen Fernwärme-KWK-Lösungen zu kommen. Eine starke Verbreitung von kleinen KWK-Einzelanlagen führt deshalb zwangsläufig zu einem Ziel-

konflikt, weil solche Verbraucher nicht mehr für einen Anschluss an ein größeres Fernwärmenetz zur Verfügung stehen; der erreichbare Anschlussgrad sinkt.

Potenzialermittlungen für KWK-Einzelobjektlösungen ergeben zunächst relativ hohe relevante Beiträge, es ist jedoch zu beachten, dass sich diese vielfach in Clustern befinden, die für eine Fernwärme-KWK wirtschaftlich darstellbar sind. Die letztgenannte Variante stellt im Regelfall die wirtschaftlichere der beiden Versorgungsoptionen dar. Nach Abzug dieser Doppelzählungen ergeben sich kaum Potenzial-Zuwächse in den Großstädten, in kleinen Städten liegen die KWK-Einzelobjektpotenziale jedoch durchaus in vergleichbaren Größenordnungen wie die dort nur selten wirtschaftliche Fernwärmelösung. Die Ergebnisse sind allerdings zwangsläufig mit höheren Unsicherheiten behaftet, weil die konkreten Bedingungen der Einzelobjekte ein viel stärkeres Gewicht haben als bei flächenhaften Betrachtungen von größeren Clustern.

Bei der Hochrechnung der Fernwärme-KWK-Potenziale auf ganz NRW bestätigt sich die besondere Bedeutung der großen Städte: rund zwei Drittel des wirtschaftlichen Potenzials entfällt auf Städte mit mehr als 150.000 Einwohnern, die nur 41 % des Wärmebedarfs repräsentieren. Kleinstädte und Gemeinden mit weniger als 20.000 Einwohnern liefern hingegen nur einen kleinen Anteil von rund 1,4 %. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse nach Stadtkategorien aufgeschlüsselt.

**Tabelle 2: Hochrechnung des Fernwärme-KWK-Potenzials auf NRW (Referenzfall, Anschlussgrad 90 %)**

Stadtkategorie	+ 10 €/MWh	+ 5 €/MWh	0 €/MWh	- 5 €/MWh	- 10 €/MWh
<b>Anteil des wirtschaftlichen KWK-Potenzials am Gesamtwärmebedarf der Stadt / NRW</b>					
bis 20.000 Einw.	0 %	0 %	4 %	6 %	10 %
20.001 – 50.000 Einw.	1 %	2 %	14 %	24 %	47 %
50.001 – 150.000 Einw.	0 %	4 %	34 %	51 %	61 %
ab 150.001 Einw.	23 %	35 %	56 %	76 %	84 %
<b>NRW gesamt</b>	<b>10 %</b>	<b>17 %</b>	<b>36 %</b>	<b>50 %</b>	<b>61 %</b>
<b>Fernwärme-KWK-Potenzial [GWh/a]</b>					
bis 20.000 Einw.	0	0	1.189	1.649	3.012
20.001 – 50.000 Einw.	335	1.291	7.701	12.898	25.731
50.001 – 150.000 Einw.	94	2.421	17.353	26.318	31.261
ab 150.001 Einw.	22.188	33.123	53.009	69.287	76.105
<b>NRW gesamt</b>	<b>22.617</b>	<b>36.834</b>	<b>79.251</b>	<b>110.152</b>	<b>136.110</b>

Im Referenzfall errechnet sich das wirtschaftliche KWK-Fernwärme-Potenzial in NRW insgesamt zu **79 TWh/a**, was 36 % des hochgerechneten Nutzwärmebedarfs in Höhe von 222 TWh/a (welcher allerdings die Industriegebäude beinhaltet, s. o.) entspricht.

Es lässt sich nur grob schätzen, wie die Bilanz ohne den Industriegebäude aussähe: das KWK-Potenzial in den Sektoren Private Haushalte und GHD könnte bei rund 72 TWh/a liegen, bei einem Nutzwärmebedarf von rund 184 TWh/a.

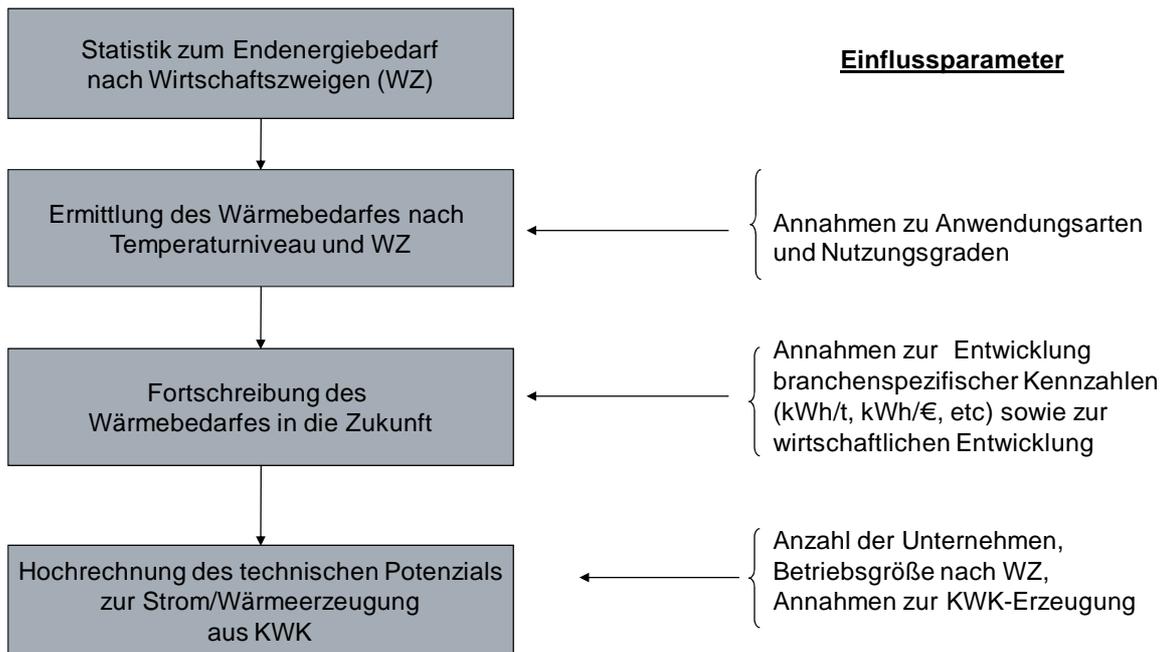
Aus dem Potenzial von 79 TWh/a berechnet sich bei Berücksichtigung der Verteilverluste (10 %) und einem mit 15 % angenommenen Spitzenkesselanteil die **eingespeiste KWK-Wärme zu 75 TWh/a**. Der Vergleich mit der Fernwärmenetzeinspeisung in NRW 2009 von rund 19 TWh bzw. der KWK-Nettowärmeerzeugung von rund 14 TWh belegt, dass eine wärmeseitige Verdopplung des derzeitigen KWK-Anteils allein von der Menge her betrachtet problemlos möglich ist. In Bezug auf KWK-**Neuanlagen** entspricht dieses Potenzial einer installierten Leistung von rund 20 GW<sub>el</sub>, je nach dem, welcher Anlagenmix angenommen wird. Die erzeugte Strommenge läge bei **Neuanlagen** in einer Größenordnung von etwa **80 TWh/a**.

Es fällt auf, dass die Höhe des wirtschaftlichen KWK-Potenzials sehr sensibel auf die Rahmenbedingungen reagiert, abzulesen an den Sprüngen zwischen den einzelnen Wirtschaftlichkeitsstufen. Weniger als die Hälfte des Potenzials (37 TWh/a) zeigt sich als recht robust gegenüber ungünstigeren Wirtschaftlichkeitsbedingungen (bei einer Verschlechterung um 5 €/MWh). Während die großen, hoch verdichteten Siedlungsgebiete in den Großstädten noch relativ stabil auf geänderte Rahmenbedingungen reagieren, gibt es in den Gebieten mit geringeren Wärmedichten viel schneller ein „Kippen“ von der Wirtschaftlichkeit in die Unwirtschaftlichkeit und umgekehrt. Selbstverständlich reduzieren sich die Fernwärme-KWK-Potenziale auch entsprechend, wenn niedrigere Anschlussgrade angesetzt bzw. erreicht werden.

Eine Hochrechnung der Potenziale von KWK-Einzelobjektlösungen für ganz NRW ist nicht ohne weiteres möglich, weil wesentliche Angaben wie BAK oder Nutzungsart nicht flächendeckend vorliegen. Eine Aussage ist jedoch für die Summe der Modellstädte, welche einen breiten, aber nicht repräsentativen Querschnitt durch die Stadtgrößen in NRW darstellen, möglich. Der Wärmebedarf, der außerhalb von wirtschaftlichen Fernwärmegebieten für solche Einzelobjekt- und Inselösungen errechnet wurde, erhöht hier den für Fernwärme-KWK geeigneten Wärmebedarf um 8 %.

### **Industrie-KWK: Methodik**

Für den Bereich der Industrie erfolgt die Ermittlung der Potenziale auf Basis von statistischen Angaben zu einzelnen Branchen. Die grundlegende Vorgehensweise ist in Abbildung 3 dargestellt.



**Abbildung 3: Vorgehensweise zur Ableitung des Wärmebedarfes und der technischen KWK-Potenziale**

Im Bereich der Industrie sind die Potenziale vor allem in den energieintensiven Branchen wie Chemie oder Papierindustrie zu finden. Aus diesem Grund wird hier anders als im Bereich der Fernwärme keine stadtbezogene Analyse, sondern eine branchenbezogene Analyse durchgeführt. Ausgangspunkt ist die Ermittlung des für KWK-Anlagen geeigneten Wärmebedarfes (< 500°C). Dieser wird in die Zukunft fortgeschrieben und anhand von Mitarbeiterzahlen einzelnen Unternehmen zugeordnet. Auf Basis von Produktionszeiten und Unternehmensgrößen werden geeignete KWK-Anlagenkonzepte identifiziert, die zur Deckung des Wärmebedarfes eingesetzt werden können.

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit erfolgt für diese Anlagenkonzepte durch einen Vergleich mit einem Fremdstrombezug sowie einer reinen Wärmeerzeugung. Dabei werden die ökonomischen Auswirkungen politischer Förderinstrumente (z. B. KWK-Gesetz) sowie des ETS-Handels mit berücksichtigt (siehe Tabelle 3). Eine besondere Rolle bei dem Fremdstrombezug aus dem Netz spielt die EEG-Umlage, die von den Stromlieferanten in ihren Strompreis eingepreist und deshalb bei der Ermittlung der Strombezugskosten für einzelne Unternehmensgrößen als konstant angenommene Umlage mit berücksichtigt wird. Ein starker Anstieg der EEG-Umlage kann zu zusätzlichen Kostenvorteilen für KWK-Anlagen vor allem für kleine und mittlere Unternehmen führen, wenn diese weiterhin bei einer Eigenversorgung von der EEG-Umlagepflicht befreit sind. Besonders energieintensive Unternehmen können sich dagegen unter den derzeitigen Bedingungen von der EEG-Umlage befreien lassen, so dass sich die zukünftige Entwicklung der EEG-Umlage auf die Eigenerzeugung aus KWK-Anlagen in diesen Unternehmen weniger stark auswirkt. In 2008 waren 426 Unternehmen in

Deutschland von der vollen KWK-Umlage befreit, die vor allem aus den Sektoren Chemie, Eisen und Stahl, Papier und NE-Metalle kamen.

**Tabelle 3: Zusammensetzung der Kosten und Erlöse zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen**

Kosten	Erlöse
Investitionen (12 – 20 Jahre Lebensdauer, 8 % realer Zinssatz)	Stromvergütung (bzw. vermiedener Strombezug)
fixe Betriebskosten	Wärmevergütung
variable Betriebskosten	KWK-Förderung
Brennstoffkosten	Vermiedene Netznutzungsentgelte
CO <sub>2</sub> -Zertifikate	

Stellt sich die Eigenstromerzeugung als günstiger als ein Fremdstrombezug dar, wird das Potenzial als wirtschaftlich eingestuft.

### Industrie-KWK: Ergebnisse der Potenzialanalyse

Die Analysen zeigen, dass zum einen ein beachtliches Potenzial zur Steigerung der KWK-Stromerzeugung um bis zu 12,7 TWh in der Modernisierung der bestehenden Anlagen steckt (siehe Tabelle 4, Stromerzeugung dann 18,9 TWh). Zum anderen ergeben sich in einzelnen Industriebranchen zusätzliche wirtschaftliche KWK-Wärmepotenziale von 10,0 TWh. Bei der Installation von KWK-Anlagen mit einer Stromkennzahl von 0,8 ist eine KWK-Stromerzeugung von 8,0 TWh möglich. Insgesamt ist es daher möglich, durch eine Modernisierung und die Erschließung von weiteren Wärmesenken die KWK-Stromerzeugung von heute 6,2 TWh (Stand 2008) auf 27 TWh zu steigern.

**Tabelle 4: Industrie-KWK-Potenziale in NRW**

	KWK-Wärme	KWK-Strom Stromkennzahl 0,5	KWK-Strom Stromkennzahl 0,8
	GWh <sub>th</sub> /a	GWh <sub>el</sub> /a	GWh <sub>el</sub> /a
<b>Erschließung neuer Wärmesenken – Wirtschaftliches Potenzial</b>			
Status 2007	10.018	5.009	8.014
davon aus Anlagen im ETS	5.895	2.948	4.716
Energiepreisszenario 1 (bis 2030)	7.315	3.657	5.852
Energiepreisszenario 2 (bis 2030)	5.405	2.703	4.324
<b>Modernisierung des Anlagenbestandes</b>			
KWK-Anlagen Bestand 2008	23.638	11.819	18.910
zusätzliche KWK-Stromerzeug.		5.613	12.704

In einer dynamischen Betrachtung bis 2030 ist der zukünftige industrielle Niedertemperaturwärmebedarf sowie der Einfluss veränderter Energieträgerpreise abgeschätzt worden. Hier zeigt sich ein Rückgang des Niedertemperaturwärmebedarfs bis 2030 von ca. 22 %. Zu vergleichbaren Abschätzung kommen beispielsweise auch die Energieszenarien der Bundesregierung [EWI 2010]. Durch diesen Rückgang reduzieren sich die verfügbaren wirtschaftlichen Potenziale in Zukunft. Die angenommenen Energieträgerpreise haben dagegen nur einen geringen Einfluss auf die Ergebnisse, da sowohl die Erdgas- als auch die Strompreise ansteigen.

Die Modernisierung der KWK-Anlagen betrifft vor allem Anlagen im Bereich der Chemie- und Papierindustrie. Aus diesem Grund werden die Randbedingungen für eine Modernisierung in einem Fallbeispiel für einen Chemiepark diskutiert. Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit spielen die politischen Rahmenbedingungen eine wichtige Rolle wie die kostenfreie Zuteilung von Zertifikaten oder die Befreiung von KWK-Strom von der EEG-Umlage. Die größten zusätzlichen Wärmepotenziale liegen in der Ernährungsindustrie, der Papierindustrie, bei der Herstellung von Metallerzeugnissen und im Maschinenbau (siehe Tabelle 5). Darüber hinaus sind auch in weiteren Branchen noch wirtschaftliche Potenziale vorhanden.

**Tabelle 5: Dynamische Betrachtung der zusätzlichen KWK-Wärmepotenziale ohne Spitzenlastanteil**

	Status 2007		Dynamische Betrachtung bis 2030		
	noch ausschöpfbar	wirtschaftlich	noch ausschöpfbar	wirtschaftl. Energiepreise 1	wirtschaftl. Energiepreise 2
	in GWh				
Chemie	897	514	k.A.	k.A.	k.A.
Ernährung	3.509	2.238	3.218	2.019	1.540
Papier	2.678	1.950	1.546	977	650
Herst. Metallerzeugnisse	1.809	1.129	1.611	1.005	839
Metallerzeugung	1.149	749	1.036	659	483
Gummi-/Kunststoffe	1.277	633	1.198	594	362
Maschinenbau	1.347	893	1.197	793	657
Kraftwagen	852	647	542	411	367
Textil	1.088	644	848	502	248
Glas,Steine/Erden	754	308	773	316	172
sonstige	713	313	488	138	88
<b>Summe</b>	<b>16.073</b>	<b>10.018</b>	<b>12.456</b>	<b>7.315</b>	<b>5.405</b>

## **KWK-Potenziale in NRW: Bewertung der Ergebnisse und Ausblick**

Die Ergebnisse belegen, dass es sowohl im Bereich der Siedlungs-KWK als auch bei der industriellen KWK ausreichende Potenziale für einen Ausbau der KWK gibt und dass die angestrebte Erhöhung des KWK-Stromanteils auf über 25 % in NRW grundsätzlich möglich ist. Einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung dieses Ziels kann die Modernisierung von Bestandsanlagen durch die Erhöhung der Stromkennzahl leisten; jedoch führt nur die Erschließung neuer Wärmesenken zu einem echten Ausbau der KWK und zur einer Erhöhung der Anlagenzahlen. Im Bereich der Siedlungs-KWK bietet NRW überdurchschnittlich günstige Voraussetzungen durch viele Städte und Gebiete mit hohen Siedlungsdichten, vor allem im Ruhrgebiet.

Die als wirtschaftlich ausgewiesenen KWK-Potenziale entwickeln sich natürlich nicht automatisch. Es kann zu möglicherweise abweichenden Wirtschaftlichkeitsbewertungen von potenziellen Investoren kommen (auch bei einem Vergleich mit alternativen Investitionsmöglichkeiten); gerade im industriellen Bereich werden kurze Amortisationszeiten von in den Regel 2 – 4 Jahren verlangt. Zudem gibt es vielfältige Hemmnisse auf unterschiedlichen Ebenen, die einer Ausschöpfung der KWK-Potenziale jeweils entgegenstehen können. Allein aus wirtschaftlicher Sicht ist darauf hinzuweisen, dass die aktuelle Fördersituation eine zentrale Rolle spielt; die Unsicherheit, ob die Förderung im KWKG nach 2016 in vergleichbarer Form weitergeführt wird, hat unmittelbar Einfluss auf die sich über Jahre hinziehende Ausschöpfung von KWK-Potenzialen. Die Refinanzierung von Investitionen in Netzen dürfte sich in den nächsten Jahren aufgrund des prognostizierten Wärmebedarfsrückgangs weiter verschlechtern.

Es sind seitens der Politik unterschiedliche, die jeweiligen Aspekte der Teilpotenziale reflektierende Strategien zu entwickeln, wie die ermittelten KWK-Potenziale realisiert werden können. Dazu bieten dieses Projekt relevante Informationen zur Ausgestaltung und richtigen Detailgewichtung der geplanten KWK-Fördermaßnahmen, welche sich nicht nur unmittelbar auf die KWK-Anlagen oder Wärmenetze beziehen müssen, sondern z. B. auch auf die Unterstützung der KWK-Potenzialermittlungen in Versorgungsgebieten und Industrieunternehmen abzielen können.

Durch die detailliert dargestellten Ergebnisse liefert dieses Projekt für alle Energieversorger und andere mit dem Thema KWK tangierten Unternehmen in NRW wertvolle und sicher gut übertragbare Hinweise, in welchen Bereichen die lohnenswertesten KWK-Potenziale jeweils zu finden sind; die Entwicklung und ausführliche Darstellung der Methodik zeigt zudem auf, wie eine KWK-Potenzialermittlung erfolgen kann. Es bleibt zu hoffen, dass viele Unternehmen die Anregungen und aufgreifen und in entsprechender Form die KWK-Potenziale für ihr(en) Versorgungsgebiet /-fall ermitteln, denn eine solche Analyse stellt eine zentrale Voraussetzung für eine spätere Umsetzung – und damit einem Beitrag zum KWK-Verdopplungsziel der Landesregierung – dar.