

2 ENERGIEVERSORGUNG

Die Energieversorgungskonzepte und die Energieversorgung Deutschlands und Kasachstans können über die installierte Kraftwerksleistung, den Primär- und Endenergieeinsatz sowie den Verbrauchsdaten miteinander verglichen werden.

Tabelle 1 zeigt einen das Energieversorgungssystem bestimmenden Vergleich der beiden Länder hinsichtlich der Bevölkerungsdichte. Die Fläche Kasachstans ist fast acht Mal größer als die Deutschlands, dagegen ist die Einwohnerzahl Deutschlands fünf Mal höher als in Kasachstan.

Tabelle 1: Vergleich der Bevölkerungsdichte in Deutschland und Kasachstan

	Deutschland	Kasachstan
Fläche	357.104 km ²	2.724.900 km ²
Einwohnerzahl	Ca. 82 Millionen Menschen	Ca. 16 Millionen Menschen
Bevölkerungsdichte	230 Einwohner pro km ²	5,6 Einwohner pro km ²

Die Bevölkerungsdichte in Deutschland ist 41 Mal größer als in Kasachstan. Das spiegelt sich auch in der Dichte des elektrischen Netzes wieder. Um die Netzdichte zu verdeutlichen, werden zum Vergleich zwei Hochspannungsnetze in Abbildung 1 dargestellt.

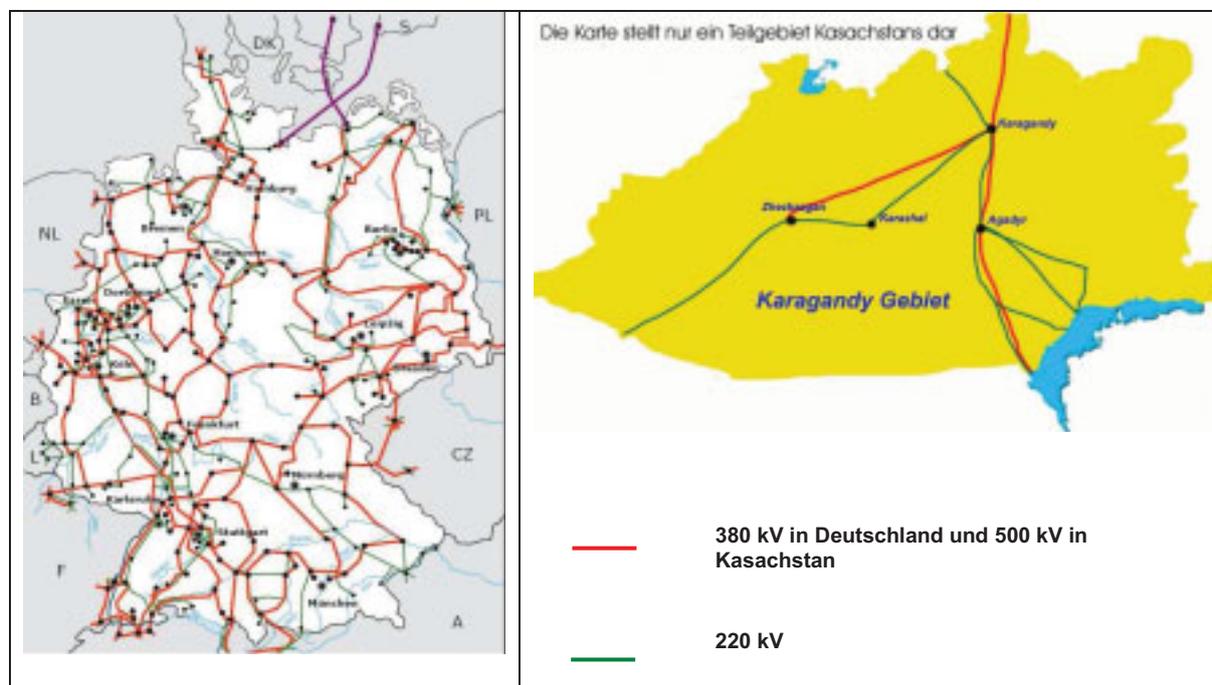


Abbildung 1: Hochspannungsnetz in Deutschland¹⁵ und im Karagandy-Gebiet in Kasachstan¹⁶

¹⁵ Vgl. VDN-Plan „Deutsches Höchstspannungsnetz“

¹⁶ Vgl. Eigene Darstellung nach KEGOC

Das komplette Netz aus Deutschland wird verglichen mit dem flächenmäßig gleichen Netz des Karagandy-Gebietes aus Kasachstan. Das vollständige elektrische Netz aus Kasachstan wird später in der Abbildung 9 dargestellt. Auf der linken Seite der Abbildung 1 ist Deutschland mit ca. 82. Millionen Einwohnern (357.104 km²) und auf der rechten Seite das Karagandy-Gebiet in Kasachstan mit ca. 1,4 Millionen Einwohnern (428.000 km²) abgebildet. Es wird deutlich, dass die Netzdichte im Zusammenhang zur Bevölkerungsdichte steht.

Die Erzeugung, Übertragung und Verteilung der elektrischen Energie wird mit vergleichbarem technischem Standard durchgeführt. Die elektrische Energie- und Wärmeversorgungskonzepte werden im nächsten Abschnitt dargestellt.

2.1 ENERGIEVERSORGUNGSKONZEPTE

2.1.1 Stromversorgung durch große Kraftwerke

Die historische Entwicklung der Energieversorgung beginnt mit dem Jahr 1831, als durch Faraday der Induktionseffekt entdeckt wird. Am Anfang wird Gleichstrom häufiger als Wechselstrom verwendet. Im Laufe der Zeit ändert sich der Schwerpunkt der Stromerzeugung aber in Richtung Wechselstrom, weil die elektrische Energie nicht nur lokal erzeugt und verbraucht, sondern auch über längere Strecken verlustarm übertragen werden soll. Mit dem Wechselstrom wird es möglich, den erzeugten Strom mittels Transformatoren auf unterschiedliche Spannungsniveaus zu bringen. Die Fernübertragung der Energie kann mit Höchst- und Hochspannung, die lokale Verteilung über Mittel- und Niederspannung realisiert werden. Ein Energieversorgungsnetz besteht aus Energieerzeugern, Übertragungsnetz, Verteilungsnetz und den Verbrauchern. Zu Energieerzeugern zählt man Kraftwerke, die elektrische Energie durch die Umwandlung verschiedener Primärenergien (mechanisch, chemisch usw.) gewinnen. Wärmekraftwerke sind Braunkohlekraftwerke, Steinkohlekraftwerke, Gasturbinenkraftwerke, Gas- und Dampfkombikraftwerke (GuD-Kraftwerke) und Kernkraftwerke, in denen thermische Energie in elektrische Energie umwandelt wird. Unter dem Begriff Übertragungsnetz versteht man Netze durch die elektrische Energie über lange Strecken transportiert wird. Verteilungsnetze sind Netze, die elektrische Energie letztendlich zu den Verbrauchern bringen.

Verbraucher werden heute zu einem großen Teil von den zentralen Kraftwerken versorgt, dadurch wird eine Absenkung der spezifischen Erzeugungskosten und eine Verbesserung des elektrischen Wirkungsgrades erreicht.¹⁷ Um einen Abgleich von Erzeugung, Verbrauch und Qualität elektrischer Energie durchzuführen, braucht man eine genaue Prognose des elektrischen Bedarfs und eine entsprechende Planung der Erzeugung. Für die Versorgung mit elektrischer Energie wird der tägliche, monatliche und jährliche Energiebedarf der Verbraucher benötigt. Die Darstellung des Bedarfes im Tagesverlauf an einem Winter- und Sommerwerktag wird in Abbildung 2 dargestellt.

¹⁷ Vgl. Oeding, 2004, S.7

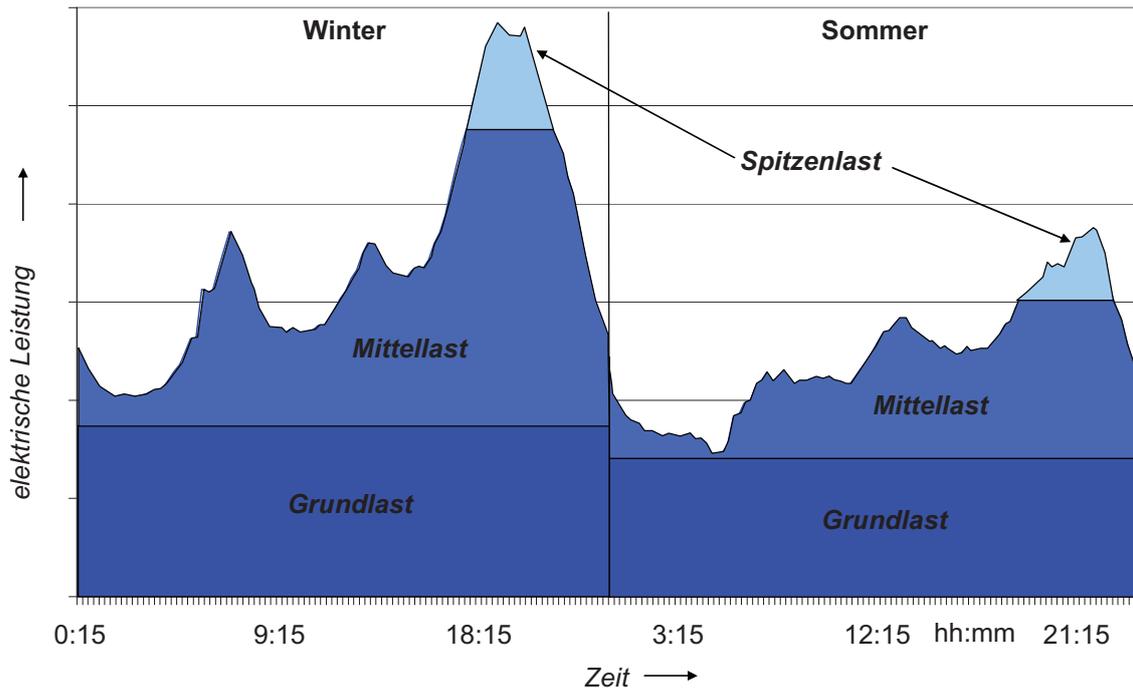


Abbildung 2: Tagesganglinien an einem Winter- und Sommerwerktag

Die Kraftwerke werden zur Deckung der Grundlast (etwa 50 %), der Mittellast und der Spitzenleistung eingeteilt.¹⁸ Je nach Betriebsweise und Jahreszeit kann ein Mini-BHKW als dezentraler Erzeuger zur Deckung der Grundlast, Mittellast oder Spitzenlast des untersuchten Netzes verwendet werden.

Die elektrische Last in der Winterzeit ist entsprechend der Abbildung 2 höher als in der Sommerzeit. Spitzenleistungen stellen bei der Netzplanung eine besondere Herausforderung dar, da sie unmittelbar die Qualität der Spannungshaltung und Netzverluste beeinflussen.

Die Qualität der Energieversorgung im Niederspannungsnetz wird durch verschiedene Kriterien bewertet:

- Netzstruktur: Die erste Forderung besagt, dass der Entwurf bestimmte Strukturen aufweisen muss (z. B. Maschennetze oder Strahlennetze). Mit den zweiten Bedingungen ist sicherzustellen, dass die als Netzschutz eingesetzten NH-Sicherungen nicht nur ansprechen, sondern dem (n-1) Kriterium entsprechen. In das (n-1) Kriterium wird im Allgemeinen der einfache Ausfall von Freileitungs- oder Kabelstromkreisen sowie Netztransformatoren einbezogen.¹⁹

¹⁸ Siehe: Oeding, 2004, S7

¹⁹ Vgl. Heuck (1999), S 407, 408

- Spannungshaltung: nach internationalen Normen IEC 60038 (VDE 0175) soll die Abweichung der Nennspannung nicht mehr als +/-10 % betragen.²⁰
- Netzverluste: Diese sollen für eine effiziente Nutzung der Primärenergie so gering wie möglich gehalten werden.

Die klassische Weise der Stromerzeugung durch große, zentrale Kraftwerke wird in der Abbildung 3 dargestellt. Aufgrund von Energieverlusten bei der Energieerzeugung und in Übertragungs- und Verteilungsnetzen kommen von 100 % der Primärenergie nur etwa 40 % der Nutzenergie beim Verbraucher an.

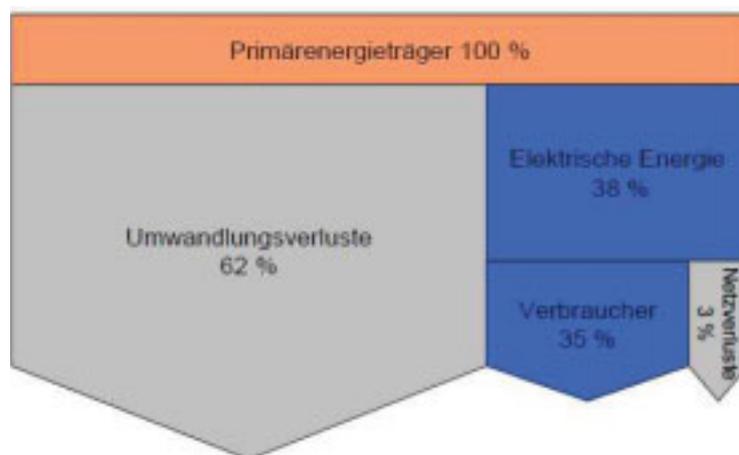


Abbildung 3: Darstellung der Stromerzeugung durch große zentrale Kraftwerke²¹

Als Ergänzung zur elektrischen Energieerzeugung durch große, zentrale Kraftwerke steht die elektrische und thermische Energieerzeugung durch KWK-Anlagen zur Verfügung. Im nächsten Abschnitt wird die Energieerzeugung durch eine KWK-Anlage beschrieben und mit zentraler Energieerzeugung verglichen.

2.1.2 Kraft-Wärme-Kopplung

KWK bietet die Möglichkeit sowohl thermische als auch elektrische Energie dezentral, zu produzieren. Durch KWK-Anlagen kann man ein Mehrfamilienhaus oder eine Siedlung mit elektrischer und thermischer Energie versorgen und sogar überschüssige elektrische Energie ins Niederspannungsnetz zurückspeisen. Blockheizkraftwerke (BHKW) können eine Unterstützung der Heizungsanlagen sein oder abhängig von der Betriebsweise der BHKW, die thermische Last ganz decken. Die thermische Energie wird durch Verbrennung der fossilen Energieträger, im Gegensatz zur klassischen elektrischen Energieversorgung, direkt beim Verbraucher erzeugt.

²⁰ Vgl. VDE 0175, 2002

²¹ Eigene Darstellung nach Daten von ASUE

Durch die Kopplung der Energieformen kann die Primärenergie hierbei wesentlich effizienter genutzt werden und Einsparungen von bis zu 36 % der Primärenergie werden möglich.²²

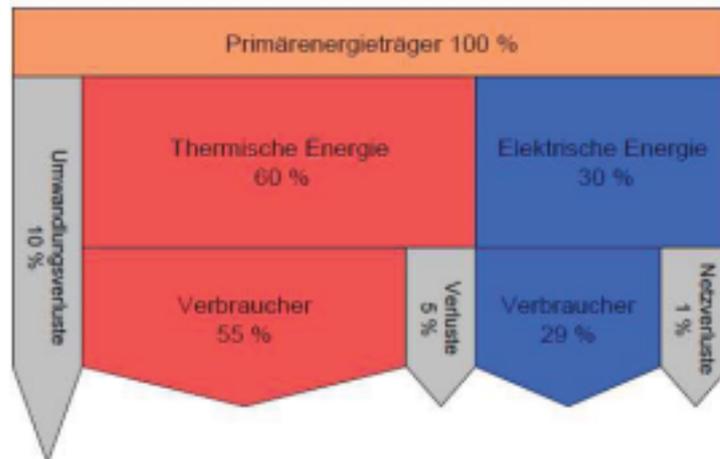


Abbildung 4: Versorgung mit elektrischer und thermischer Energie mittels einer zentralen KWK-Anlage²³

In Abbildung 4 wird die Energieaufteilung vom Primärenergieträger zum Verbraucher bei Einsatz einer zentralen KWK-Anlage mit elektrischer Leistung mehr als 50 kW dargestellt. Von 100 % der Primärenergie gelangen 90 % in Form von elektrischen und thermischen Energien zum Verbraucher (elektrische Energie – 30 % und thermische Energie – 60 %). Dieser Wert ist doppelt so hoch wie bei einer Energieverteilung in klassischer Weise (40 %). Die Energieverluste im Energieerzeuger betragen mit 10 % viel kleiner als der Wert der klassischen Weise (62 %).

Neben den beschriebenen, großen, zentralen Kraftwerken für die elektrische Energieerzeugung und den KWK-Anlagen für die elektrische und thermische Energieversorgung, können auch Mini-BHKW eingesetzt werden. Im folgenden Abschnitt wird beschrieben, wie mit dieser Technik der Wirkungsgrad verbessert werden kann.

2.1.3 Mini-Blockheizkraftwerk

Eine weitere Möglichkeit zur Primärenergieeinsparung und Vermeidung elektrischer Verluste ist der Einsatz von kleinen, dezentralen KWK-Anlagen im Netz. Die Rahmenbedingungen für die Integration der Mini-BHKW können im MFH am besten erfüllt werden.

²² Vgl. ASUE 2007, S.2

²³ Eigene Darstellung nach Daten von ASUE

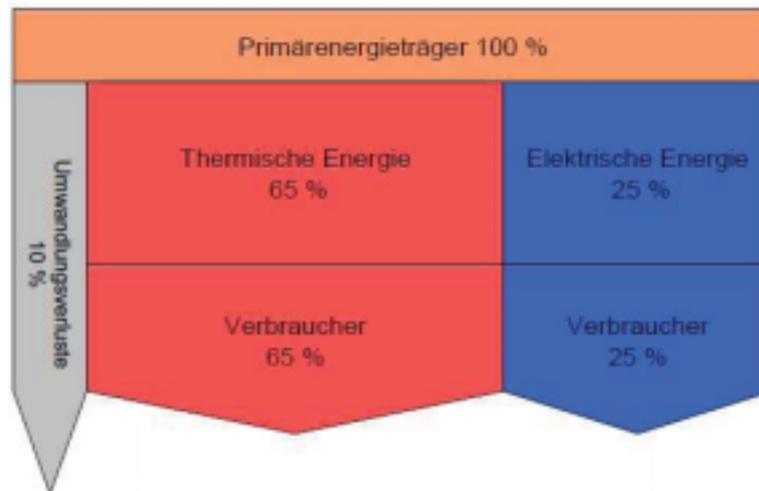


Abbildung 5: Versorgung mit elektrischer und thermischer Energie mittels eines BHKW²⁴

In Abbildung 5 wird die Energieverteilung vom Primärenergieträger zum Verbraucher durch eine Mini-KWK - Anlage (BHKW) gezeigt. Ein Blockheizkraftwerk ist eine elektrische Anlage, die zur Erzeugung von elektrischen und thermischen Energien verwendet wird. Von 100 % der Primärenergie gelangen 90 % in Form von elektrischen und thermischen Energien zum Verbraucher (elektrische Energie – 25 % und thermische Energie – 65 %). Das ist mehr, als bei großen KWK-Anlagen (elektrische Energie – 30 % und thermische Energie – 60 %), weil die Erzeugung direkt vor Ort durchgeführt wird. Die Energieverluste betragen 10 %. Übertragungs- und Verteilungsnetzverluste sind zu vernachlässigen. Der elektrische Wirkungsgrad bei einem Mini-BHKW ist geringer als bei großen, zentralen Kraftwerken.

Der Jahresnutzungsgrad der Anlage ist der Quotient aus Nutzenergie und Energie des eingesetzten Brennstoffs bezogen auf ein Jahr.²⁵

$$\eta = \frac{W_{Verb.}}{W_{BS}} \quad (1)$$

Mit

$W_{Verb.}$ - Energiebedarf der Verbraucher, [kWh]

W_{BS} - Energiebedarf der Brennstoff, [kWh]

Abbildung 6 stellt die Funktionsweise eines Mini-BHKW auf Basis eines Verbrennungsmotors dar, Primärenergieträger sind Gas oder Öl. Daneben werden auch Anlagen mit Stirlingmotor, Brennstoffzelle und Mikroturbine für elektrische und thermische Energieerzeugung eingesetzt.

²⁴ Eigene Darstellung nach Daten von ecopower

²⁵ Vgl. Heß, 1988