

# Kühlwasser – warum benötigen Wärmekraftwerke das ?

von Eberhard Wagner  
e-mail [Eberhard.Wagner@energie-fakten.de](mailto:Eberhard.Wagner@energie-fakten.de)

## Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

In lang anhaltenden Trockenzeiten wie im Sommer 2003 kann die Stromerzeugung und damit die Energieversorgung durch Wassermangel eingeschränkt sein. Das betrifft nicht nur die Wasserkraftwerke, sondern auch die thermischen Kraftwerke (Wärmekraftwerke).

In Wärmekraftwerken (Kohle-, Gas- und Kernkraftwerke, aber auch Anlagen auf der Basis von Biomasse) wird der Strom mit Hilfe von Dampf erzeugt, der im Kessel bzw. im Reaktor gewonnen wird. Für den eigentlichen Wasser-Dampf-Prozess werden nur wenige Kubikmeter (m<sup>3</sup>) Wasser benötigt.

Dagegen brauchen die Kraftwerke große Wassermengen zur Kühlung. Denn die im Dampf enthaltene Wärme kann naturgesetzlich nicht zu 100 % in der Turbine in Bewegungsenergie und anschließend im Generator in elektrische Energie umgewandelt werden. Je nach dem Wirkungsgrad des Kraftwerks wird

ein nicht unbeträchtlicher Wärmereist am Ende des Wasser-Dampf-Prozesses im Kondensator wieder zu – nun aber erwärmtem – Wasser.

Die Wasserbehörden schreiben vor, wie stark das Wasser erwärmt sein darf, das nach der Nutzung wieder in den Fluss zurückgeleitet wird. Vielfach erfordern diese Beschränkungen den Einsatz von Kühltürmen. In diesen wird die Wärme über Verdunstung an die Luft abgegeben. Dabei unterscheidet man zwischen Durchlauf-, Ablauf- und Rückkühlung. Die Verdunstungsmenge je 1.000 MW Kraftwerksleistung beträgt 0,3 bis 0,6 m<sup>3</sup> pro Sekunde. Bei der Rückkühlung erhöht sich diese Menge um weitere 0,3 m<sup>3</sup> pro Sekunde. Zusatzwasser, durch dessen Zugabe verhindert wird, dass sich die in den Flüssen mitgeführten Schwebstoffe und Salze im Kühlwasserkreislauf zu stark anreichern.

Insgesamt verdunsten alle deutschen Wärmekraftwerke je nach Art der tatsächlich angewandten Kühlmethode zwischen 25 und 80 m<sup>3</sup> Wasser pro Sekunde. Diese Menge muss dem Gesamtabfluss der großen Flüsse, an denen die Kraftwerke liegen, von im Jahresmittel etwa 5.000 m<sup>3</sup> pro Sekunde gegenübergestellt werden.

Wenn die Flüsse durch die Sonneneinstrahlung sehr stark aufgeheizt werden, werden manche Kraftwerke gezwungen, ihren Betrieb zu drosseln oder ganz einzustellen, um die wasserrechtlichen Vorgaben einhalten zu können. Kurzfristig können die Behörden diese lockern. Eine Schädigung der Gewässer ist unter dieser Voraussetzung dadurch nicht zu befürchten. In Extremfällen könnte es ohne solche Lockerungen zu Stromengpässen kommen.

# Kühlwasser – warum benötigen Wärmekraftwerke das ?

von [Eberhard Wagner](#)

e-mail [Eberhard.Wagner@energie-fakten.de](mailto:Eberhard.Wagner@energie-fakten.de)

## Hier die Fakten - Langfassung

Bei einer lang anhaltenden Trockenzeit, wie z. B. im Sommer 2003, kann die Sicherheit der Stromversorgung durch das Wetter beeinträchtigt werden. Infolge vermehrter Nutzung von Kühl- und Klimatisierungsanlagen steigt der Strombedarf bei hohen Temperaturen zum Teil erheblich an, und gleichzeitig kann die Stromerzeugung durch Wassermangel eingeschränkt sein. Im Falle von Wasserkraftwerken liegt der Zusammenhang auf der Hand. Wieso aber sind auch Wärmekraftwerke, die in den meisten Staaten den größten Teil der Versorgung sichern, hiervon betroffen ?

Wärmekraftwerke, überwiegend sind das Dampfkraftwerke, nutzen Wasser als Arbeitsmittel. Es wird unter hohem Druck durch Zufuhr von Wärme verdampft, die entweder durch Verbrennungsprozesse oder durch Kernspaltung entsteht. Der Dampf treibt Turbinen an und wird danach bei möglichst niedrigen Temperaturen kondensiert, um so viel seines Energiegehaltes wie möglich in mechanische und – über den Generator – schließ-

lich in elektrische Energie umwandeln zu können. Der Dampf kondensiert am Ende des Prozesses. Die Kondensationswärme muss physikalisch zwingend im Kondensator an das Kühlwasser abgegeben werden. Und genau hier liegt das Problem, wenn Wasser knapp ist.

Hohe Luft- und Gewässertemperaturen – eben im Sommer – vermindern die nutzbare Temperaturspanne des Dampfes im Kraftwerksprozess. Das führt zu einer geringeren Leistungsabgabe der Kraftwerke (schlechterer Wirkungsgrad). Wenn zusätzlich die Kapazität der Gewässer für die Aufnahme der Kondensationswärme wegen der Erwärmung durch die Sonneneinstrahlung erschöpft ist, so ist das mit einer weiteren Einschränkung der Leistungsfähigkeit der Kraftwerke verbunden. Im Extremfall können Wärmekraftwerke nicht mehr betrieben werden. Im Einzelnen:

### **Wasserverwendung**

Die gesamte Wasserverwendung in Wärmekraftwerken ist nur im Rahmen wasserrechtlicher Erlaubnisse möglich. Dort wer-

den sowohl die möglichen Zuführungsmengen als auch die Ableitungsmengen, bei letzteren auch die Wasser-Qualität, vorgeschrieben.

Beim Kraftwerksbetrieb ist grundsätzlich nach Wassermengen, die in den Wasser-Dampf-Kreisläufen gebunden sind, und nach Kühlwassermengen zu unterscheiden. Für Kühlwasser hat die Abwärmekommission – schon in den 1980er Jahren – „Empfehlungen über abwärmebezogene Kriterien für Kraftwerke mit überörtlicher Bedeutung“ erarbeitet, die für einen Standort das geeignete bzw. mögliche Kühlverfahren bestimmen, wobei die Umweltvorsorge Vorrang hat.

### **Wasser-Dampf-Kreislauf**

Die Wassermengen für den eigentlichen Wasser-Dampf-Kreislauf, das sog. Kesselspeisewasser, sind relativ gering. Für die Füllung des Kessels bzw. des Kühlkreislaufs, einschließlich der für Notfälle gespeicherten Mengen, werden je 1.000 MW Kraftwerksleistung einmalig 1.000 bis 2.000 m<sup>3</sup> benötigt. Zum Ausgleich von Dampf- und Wasser-

## LANGFASSUNG

verlusten muss mit einem laufenden Verbrauch von 4 bis 10 m<sup>3</sup> pro Stunde Speisewasser gerechnet werden. Die Wasserqualität des Kesselspeisewassers unterliegt zur Sicherung eines störungsfreien Betriebs hohen Reinheits-Anforderungen. Es wird entsalztes Wasser verwendet, das reiner als destilliertes Wasser ist. Während des Betriebes muss es ständig gereinigt werden.

### Kühlwasser

Die Qualitätsanforderungen an das Kühlwasser sind geringer. Es handelt sich hierbei in der Regel um Fluss-, See- oder Meerwasser, das nur mechanisch gereinigt werden muss. Beim Durchströmen des Kondensators nimmt es die Kondensationswärme des Dampfes auf und erwärmt sich dadurch um einige Grad. Diese Abwärme muss an die Umgebung, letztlich an die Luft, abgegeben werden. Ideal wäre es, wenn es ausreichend geeignete Nutzer für die Abwärme in der Nähe der Kraftwerke gäbe. Das ist aber vor allem bei großen Anlagen nur selten bzw. mit vielen Einschränkungen der Fall. Siehe hierzu: [Abwärme: Kann man das Kühlwasser von Kraftwerken nutzen ?](#)

### Kühlverfahren

Für das Übertragen der Wärme des Kühlwassers an die Umgebung kennt man mehrere Verfahren.

Im einfachsten Fall kann man sich eine apparative Abkühlung (durch Kühltürme) ersparen, indem man das warme Kühlwasser an anderer Stelle wieder in den Fluss, den See oder das

Meer zurückleitet. Man spricht von „Durchlaufkühlung“. Der Kühlwasserbedarf beträgt dafür etwa 50 m<sup>3</sup>/s für 1.000 MW Kraftwerksleistung. Das durch das Kraftwerk geleitete Wasser verlässt es mit einer Temperaturerhöhung von etwa 10 °C unverschmutzt und mit Sauerstoff angereichert. Dieses Verfahren ermöglicht die höchste energetische Ausnutzung der zur Stromerzeugung eingesetzten Brennstoffe, da so die größten Temperatur-Differenzen zwischen dem „vorderen Ende“ und dem „hinteren Ende“ des Wasser-Dampf-Prozesses erreichbar sind.

### Gewässererwärmung

Aus ökologischer Sicht gibt es allerdings enge Grenzen für die Erwärmung der Gewässer und damit für die Anwendung der „Durchlaufkühlung“. Reicht die Wärmeaufnahmekapazität der Gewässer nicht aus, muss ein Teil oder sogar die gesamte Abwärme an die Atmosphäre abgegeben werden. Üblicherweise geschieht das in einem sog. Nasskühlturm. Dort fällt das warme Kühlwasser aus einer Art großer Dusche herab. Es zerteilt sich in Tropfen und gibt seine Wärme an den nach oben gerichteten Luftstrom ab. Die erwärmte Luft steigt auf und tritt oben aus dem Kühlturm aus. Weil sie dabei stets auch feine Wassertropfen mitreißt und etwas Wasser verdunstet, haben die Kühltürme meist weithin sichtbare Dampffahnen.

Reicht die Wärmeaufnahmekapazität des Gewässers aus, kann das im Kühlturm abgekühlte Wasser in das Gewässer

zurückgeleitet werden; man spricht dann von sog. Ablaufkühlung. Anderenfalls muss ein Teil oder das gesamte Wasser im Kühlkreislauf des Kraftwerks geführt werden: sog. Mischkühlung bzw. Rückkühlung.

### Verdunstung, Abflutwasser

Die Verdunstungsverluste liegen je 1.000 MW Kraftwerksleistung in einem Bereich von etwa 0,3 bis 0,6 m<sup>3</sup> pro Sekunde (m<sup>3</sup>/s). Bei der Rückkühlung ist zusätzlich ein bestimmter Wasseraustausch notwendig, damit sich die in den Gewässern mitgeführten Schwebstoffe und Salze im Kühlwasserkreislauf nicht zu stark anreichern. Das erforderliche Abflutwasser muss durch Ergänzungswasser ausgeglichen werden. Der Bedarf beträgt etwa 0,3 m<sup>3</sup>/s. Insgesamt ergibt sich damit je nach Kühlverfahren ein Wasserbedarf von etwa 0,3 bis 0,9 m<sup>3</sup>/s für 1.000 MW Kraftwerksleistung.

Die derzeitige Kraftwerks- und Erzeugungsstruktur in Deutschland führt im Jahresdurchschnitt für alle thermischen Kraftwerke zu einer Verdunstungsmenge von 25 bis 80 m<sup>3</sup>/s. Dieser Wert ist mit der Wasserführung aller Endgewässer (das sind die großen Flüsse, die sich in die Nord- und Ostsee ergießen oder die Grenzen zu Nachbarstaaten überschreiten, wie z. B. Rhein und Donau) zu vergleichen. Der gesamte Abfluss dieser Flüsse beträgt im Jahresmittel etwa 5.000 m<sup>3</sup>/s.

Rechnet man die Verdunstungsmenge aus der thermischen Stromerzeugung in eine Verdunstungshöhe auf die Fläche

## LANGFASSUNG

Deutschlands um, so sind das im Jahr etwa 4 mm. Diese Höhe ist zu vergleichen mit der durchschnittlichen gesamten Niederschlagshöhe von 800 mm und der natürlichen Verdunstungshöhe von etwa 400 mm im Jahr. Diese Mittelwerte lassen keine Engpässe erkennen. Örtlich und zu Trockenzeiten kann das aber deutlich anders sein. Kraftwerke, die normalerweise im Durchlaufkühlbetrieb arbeiten, müssen ggf. in den Kühlturbetrieb mit Ablaufkühlung oder sogar in den Kühlturm-Mischbetrieb oder den Rückkühlbetrieb umgestellt werden, je nach den technischen Möglichkeiten der Anlagen. Die Kühlverfahren mit dem Einsatz von Kühltürmen sind grundsätzlich mit einer Verschlechterung des Wirkungsgrades der Kraftwerke verbunden. Die Stromerzeugungsmöglichkeit wird um 2 bis 3 Prozentpunkte reduziert. Im Extremfall müssen Anlagen die Stromerzeugung gänzlich einstellen.

### Versorgungssicherheit

In Deutschland kann man bezüglich der Versorgungssicherheit von einer relativ günstigen Situation ausgehen. Die Wärmekraftwerke, als Rückrat der Stromerzeugung, haben einen hohen technischen Stand und sind in der Regel mit Kühltürmen ausgestattet. Die Entwicklung der Wärme-Kraftwerkstechnik hin zu noch höheren Dampftemperaturen wird zu weiter verbesserten Ausnutzungen der Brennstoffe führen und gleichzeitig den Kühlwasserbedarf vermindern. Andererseits könnten wasserwirtschaftliche Maßnahmen das stark schwankende natürliche Wasserangebot gleichmäßiger machen und damit zu einer ausreichenden Verfügbarkeit von Kühlwässern beitragen.

In Frankreich und Italien ist die Verminderung der Stromerzeugung in Wärmekraftwerken durch Kühlwassermangel besonders wegen anderer klimatischer Bedingungen eher möglich. In

Kalifornien sind bereits schwere Versorgungsstörungen eingetreten, die auch mit der Kühlwasserproblematik im Zusammenhang standen.

### Fazit

Zusammengefasst kann man sagen, dass Wärmekraftwerke vor allem auch deshalb Kühlwasser benötigen, um Primärenergieträger zu sparen. Der Wirkungsgrad eines Wärmekraftwerkes ist umso höher, je niedriger die Temperatur am „kalten“ Ende des Kraftwerksprozesses ist. ■