

Vorwort / Veranlassung

In der BUND- Arbeitsgruppe Rhein, die eine Untergruppe des Bundesarbeitskreises Wasser darstellt, arbeiten die im Wassereinzugsgebiet des Rheins liegenden BUND-Landesverbände zusammen. Sie beraten dort über Gewässerschutzmaßnahmen, die für das gesamte Flussgebiet von Bedeutung sind und begleiten damit auch die Arbeit der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR). Dabei stehen die Durchgängigkeit des Gewässersystems, Stoffeinleitungen, Strukturverbesserungen und Auenrenaturierung im Vordergrund.

Auch die Abwärmelast im Rhein stellt einen zentralen Themenschwerpunkt dar. Folgende Hauptmotivationen waren Grundlage für die Erstellung der BUND-Studie: Zunächst benötigen wir einen Überblick über das gesamte Ausmaß der Wärmebelastungen des Rheins und seiner Nebengewässer.

Darüberhinaus will der BUND eine Grundlage dafür schaffen, sich im Rahmen der Bewirtschaftungspläne nach EG Wasserrahmenrichtlinie und unter Berücksichtigung des Klimawandels kompetent zu den Folgen der geplanten Kraftwerke äußern zu können. Das Papier wird den Landesverbänden im Rheineinzugsgebiet wertvolle Hintergrundinformationen für ihre politische Arbeit am Rhein und seinen Nebengewässern geben.

Heinz Schlapkohl (Sprecher der BUND-AG Rhein)

Danksagungen

Den Landesverbänden des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, BUND Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz danke ich für den Auftrag und das Vertrauen, Heinz Schlapkohl und Erwin Manz für die federführende Betreuung.

Für ihre hilfreichen Kommentare, Hinweise und Hilfe bei der Recherche möchte ich danken:

Christoph Aschemeier, Claudia Baitinger, Constanze Lucht, Franz Schöll, Gottfried May-Stürmer, Hartmut Weinrebe, Henner Gonnermann, Hermann Löw, Jakob Wörner, Jörg Nitsch, Martin Huber, Martin Wegmann, Maurice Neuwirth, Nik Geiler, Paul Kröfges, Stephan Gunkel, Stefanie Greis, Ute Ruf, Volker Kirchesch, Werner Neumann.

Freiburg, Mai 2009

Jörg Lange

Impressum

Herausgeber Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)
Landesverbände Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz
federführend: BUND Rheinland-Pfalz, Hindenburgplatz 3,
55118 Mainz“

Text & Layout Jörg Lange, Freiburg
BUND, 2009

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| 1. Allgemeine Grundlagen | 5 |
| 1.1 Kühlverfahren | 5 |
| 1.2 Physikalische Grundlagen | 8 |
| 2. Rechtliche Bestimmungen und Empfehlungen | 11 |
| 2.1 Europarecht | 11 |
| 2.2 Nationales Recht | 14 |
| 2.3 Wasserentnahmegeld & Abwärmeabgabe | 20 |
| 3. Wassertemperaturen im Rhein | 23 |
| 3.1 Aktuelle Temperaturdaten | 23 |
| 3.2 Änderungen der Wassertemperatur | 23 |
| 4. Abwärmelast des Rheins und seiner Nebenflüsse | 27 |
| 4.1 Rhein | 27 |
| 4.2 Neckar | 27 |
| 4.3 Main | 30 |
| 4.4 Mosel / Saar | 32 |
| 4.5 Wupper | 32 |
| 4.6 Lippe | 34 |
| 4.7 Emscher | 35 |
| 4.8 Erft | 35 |
| 4.9 Ruhr | 37 |
| 4.10 Grubenabwässer in Nord-Rhein-Westfalen | 37 |
| 4.11 Grubenabwässer im Saarland | 37 |
| 4.12 Abwärme aus der Schweiz | 38 |
| 4.13 Abwärme aus Frankreich | 38 |
| 4.14 Internationale Abstimmung | 39 |
| 5 Simulationsmodelle und Szenarien | 41 |
| 6. Ökologische und andere Auswirkungen | 45 |
| 6.1 Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft des Rheins | 45 |
| 5.2 Fische | 47 |
| 5.3 Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung | 50 |
| 5.4 Auswirkungen auf die Schifffahrt | 51 |
| 5.5 Hygienische Belastung von Kühltürmen | 51 |
| 7. Bewirtschaftungs- und Wärmelastpläne | 53 |
| 8. Aktuelle Kraftwerksplanungen am Rhein | 57 |
| 9. Alternativen zu Kohlekraftwerken | 59 |
| 9.1 Wieviel neue Kraftwerke sind notwendig? | 59 |
| 9.2 Zukünftiger Stromverbrauch ? | 60 |
| 9.3 Die 2000 Watt-Gesellschaft - eine Alternative | 62 |
| 10. Schlussfolgerungen und Forderungen | 65 |
| 11. Quellen und ausgewählte Dokumente | 69 |



Foto: Großkraftwerk Mannheim (M. Weyland/BUND)

1. Allgemeine Grundlagen

In Wärmekraftwerken kann aufgrund von physikalischen Gesetzmäßigkeiten (Hauptsätze der Thermodynamik) nur ca. 40% der eingesetzten Energie in elektrische Energie umgewandelt werden. Die restlichen 60 % der im Brennstoff enthaltenen Energie fallen in Form von Wärme an, die abgeführt werden muss. Da die Wasserkühlung die einfachste und kostengünstigste Möglichkeit der Kühlung ist, wurden Großkraftwerke in Deutschland vorwiegend an großen Flüssen insbesondere am Rhein und seinen Nebenflüssen gebaut.

2004 wurden für die Erzeugung von Strom und Fernwärme rund 22,8 Mrd Kubikmeter Frischwasser eingesetzt, 9,2% weniger als 2001 und 79,9% davon zur Stromerzeugung (Datengrundlage: Erhebung bei 297 Wärmekraftwerken). Die Menge des im Kreislauf genutzten Wassers gegenüber 2001 ist um 15,8% gestiegen, die nur einmalige Nutzung von Wasser um 9,1% zurückgegangen (Statistisches Bundesamt 2006). Umgerechnet auf den einzelnen Bundesbürger sind das rund 600 Liter pro Einwohner und Tag für die Kühlung bei der Stromerzeugung.

Die Nutzung der Abwärme als Nah- und Fernwärme scheitert bei Großanlagen oft am Fehlen von Abnehmern, insbesondere im Sommer oder an der großen Entfernung zu potentiellen Wärmeabnehmern. In der Regel kann daher nur ein Teil der Abwärme und darüber hinaus meist nur in den Wintermonaten genutzt werden.

Nach § 5 Absatz 1 Nr. 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) besteht die Verpflichtung, Energie sparsam und effizient zu verwenden. Die Nutzung von Kraft und Wärme (Kraft-Wärme-Kopplung, kurz KWK) sollte daher zukünftig verbrauchsnahe und dezentral organisiert sein.

Die Richtlinie „über die Förderung einer Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt“ (2004/8/EG) macht hierzu entsprechende Vorgaben. Sie hat zum Ziel, über die Förderung und Entwicklung einer am Nutzwärmebedarf und Primärenergieeinsparung orientierten Stromproduktion die Energieeffizienz zu erhöhen.

Warmwasserfahne

Eingeleitetes Kühlwasser verteilt sich in Fließgewässern ungleichmäßig. Erwärmtes Wasser ist spezifisch leichter als kühleres. Das wärmere Wasser breitet sich daher vor allem an der Oberfläche aus, vermischt sich nur langsam und kann kilometerlange „Fahnen“ bilden. Als Warmwasserfahne wird ein Wasserkörper bezeichnet, der gegenüber dem umgebenden Wasser eine höhere Temperatur von mindestens 1 K aufweist. Für die Schifffahrt haben Wärmeleitungen den Vorteil, dass eisbedingte Liegezeiten im Winter verringert bzw. ganz vermieden werden (LAWA 1991).

1.1 Kühlverfahren

Grundsätzlich wird die Frischwasser- von der Kreislaufkühlung unterschieden. Zu der Frischwasserkühlung zählen die Durchlauf- und Ablaufkühlung. Bei der Kreislaufkühlung unterscheidet man Nass-, Trocken- und Hybridkühlverfahren (vgl. Abb. 1.1, 1.2).

Durch- und Ablaufkühlung

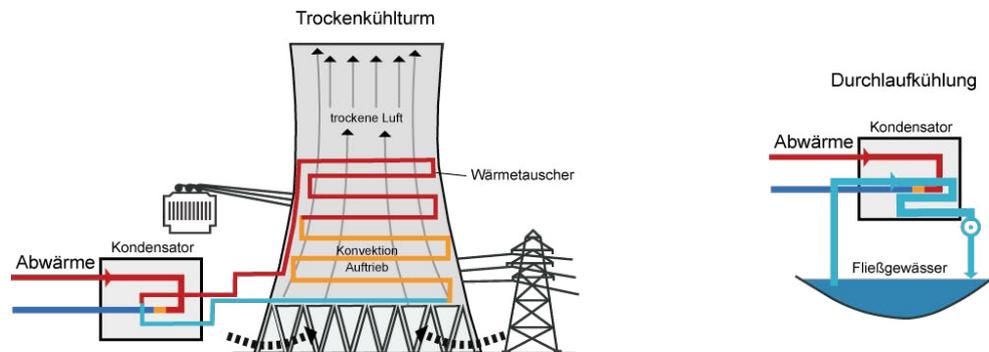
Um die Wärmebelastung der Gewässer zu reduzieren, weisen seit Anfang der 70er Jahre alle neu zu genehmigenden Kraftwerke einen Kühlturm auf, der zumindest zeitweise betrieben werden kann (LAWA 1991, S. 1f).

Die Durchlaufkühlung ist das kostengünstigste Verfahren und erlaubt darüberhinaus die höchsten Wirkungsgrade bei der Stromproduktion. Das Frischwasser wird dem Fluss entnommen, über Wärmetauscher (Kondensatoren) geleitet und erwärmt zurückgegeben. Bis auf eine

| Typ | Durchlaufkühlung | Kühlturm |
|--------------------------------------|------------------|-----------|
| Konventionelles Kohlekraftwerk: | 1,2 l/kWh | 2,6 l/kWh |
| Öl- und Erdgaskraftwerk: | 1,1 l/kWh | 2,6 l/kWh |
| Atomkraftwerk (Leichtwasserreaktor): | | 3,2 l/kWh |

Tabelle 1.1
Wasser“verbrauch“ (im wesentlichen Verdunstung) von Kraftwerken (Angaben für amerikanische Kraftwerke nach Daten der California Energy Commission von 1995 zit. in Uexküll, Ole von 2003)

Abb. 1.1
Trockenkühlturm und
Durchlaufkühlung



mechanische Vorreinigung ist eine Aufbereitung des Wassers in der Regel nicht notwendig. Reicht die Wassermenge (z.B. im Sommer) nicht aus (vgl. Tabelle 1.1) oder werden Grenzwerte für die Einleitung von Kühlwasser überschritten kann der Ablauf über einen Kühlturm (Ablaufkühlung) auf die genehmigte Grenztemperatur heruntergekühlt werden.

Im Kühlturm wird das erwärmte Wasser möglichst gleichmäßig über die Kühlturmfläche verteilt und in einer Höhe von etwa 12 Metern verrieselt. Etwa ein Drittel des Wärmestroms wird durch Konvektion und zwei Drittel durch Verdunstung an die Umgebungsluft übertragen. Das abgekühlte Wasser sammelt sich dann im Kühlturmbecken. Die Luft zum Kühlen des Wassers strömt entweder infolge des Dichteunterschieds von kalter und warmer Luft den Kühlturm hinauf

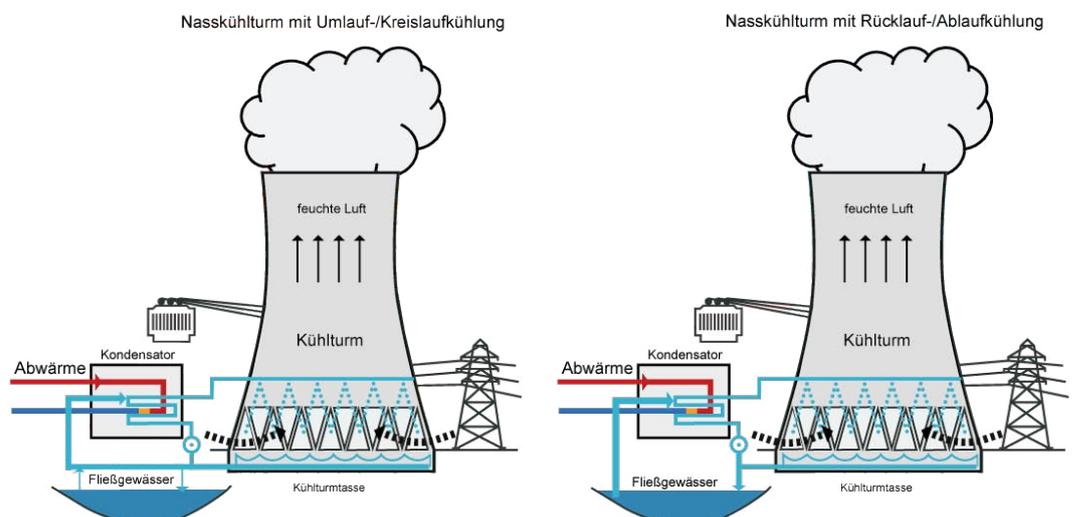
(Naturzugkühlturm) oder wird mit Ventilatoren durch den Kühlturm geleitet (Ventilatorkühlturm). Letzterer benötigt allerdings Energie für den Betrieb der Ventilatoren, was bei Kraftwerken bis zu 1% der Kraftwerksleistung ausmacht (Heldt & Schnell 2000, LAWA 1991). Die Verdunstungsverluste mindern die Ablaufmenge.

Kreislaufkühlung (Umlaufkühlung)

Hierbei wird das erwärmte Wasser in einem Kühlturm rückgekühlt und darauf wieder zur Kühlung eingesetzt (Verdunstungsverluste ca. 5%). Das Kühlwasser wird aus dem Kühlturmbecken zur Wiederverwendung in die Kondensatoren gepumpt. Pro erzeugter kWh werden etwa zwei Liter Frischwasser gebraucht, um die Verdunstungsverluste zu kompensieren.

Durch die Wiederverwendung des Wassers

Abb. 1.2
Nasskühlturmverfahren



werden Wasserinhaltsstoffe aufkonzentriert und das Wasser muss daher mechanisch, physikalisch und chemisch behandelt werden, um z.B. Korrosion zu verhindern. Darüberhinaus sinkt der Wirkungsgrad um etwa 3-5 %. Dafür wird deutlich weniger Wasser benötigt, als bei der Durch- und Ablaufkühlung.

Verdunstungsverluste

Bei der offenen Kreislaufkühlung verdunsten typischerweise etwa zwischen 0,3-0,9 m³/s je 1000 MW elektrischer Kraftwerksleistung, je nach der aktuell herrschenden Witterung (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind etc.). Je nach Inhaltsstoffen des Kühlwassers muss zur Verhinderung der Aufkonzentration in der Regel noch einmal etwa die 1-4-fache Menge der Verdunstungsverluste durch frisches Wasser ersetzt werden.

Trockenkühlung

Die Trockenkühlung verursacht keine Wasserverluste und ist somit geeignet, wenn keine ausreichende Menge Wasser zur Verfügung steht. Das Verfahren ist allerdings thermodynamisch viel ungünstiger als die vorher genannten und ist im Sommer nur begrenzt einsetzbar. Bei der Trockenkühlung erfolgt die Wärmeübertragung an die Umgebungsluft in geschlossenen Systemen. Das zu kühlende Wasser wird durch Wärmeaustauscherrohre geführt, so dass es von der aufströmenden Luft getrennt bleibt. Somit fallen bei solchen Verfahren keine Wärmeeinleitungen im Gewässer an.

Nach einer DPA-Pressemeldung vom 8.4.2009 hat z.B. die GEA Energietechnik GmbH, ein Unternehmen der deutschen GEA Group Aktiengesellschaft, einen Auftrag zur Entwicklung, Herstellung und Lieferung eines luftgekühlten Kondensators für ein 760 MW Gas- und Dampfkraftwerk in La Brea, Trinidad/Tobago erhalten. Hintergrund sind die Umweltgesetze in Trinidad/Tobago, die den direkten Verbrauch von Meerwasser bzw. von Wasser zur Kraftwerkskühlung verbieten. Das

| Kriterium | Dimension | KKP 1 | KKP 2 |
|---------------------------------------|-------------------|-------|-------|
| Kühlwasserentnahme | m ³ /s | 44,7 | 63,9 |
| Aufwärmung des Kühlwassers | °C | 10 | 10 |
| Einleitungstemperatur | | | |
| - Durchlaufkühlung | °C | 30 | 30 |
| - Ablaufkühlung | °C | 33 | 33 |
| - Kreislaufkühlung | °C | 35 | 35 |
| Rechnerische Mischtemperatur im Rhein | °C | 28 | 28 |

luftgekühlte Trockenkühlsystem kondensiert den Abdampf der Turbine in einem geschlossenen System (www.presseportal.de). Das zeigt, dass die Technik offensichtlich auch bei großen Anlagen anwendbar ist.

Hybridkühlung

In speziellen Kühltürmen werden Nass- und Trockenkühlelemente miteinander kombiniert. Die Hybridkühlung ist wesentlich teurer in der Investition und erreicht ebenfalls schlechtere Wirkungsgrade.

Mischkühlung

Am Rhein und seinen Nebenflüssen kommen unterschiedlichste Kombinationen der genannten Nass-Verfahren zum Einsatz, je nach Jahreszeit, Einleitbedingungen und Wassermenge (vgl. Tabelle 1.2, 1.3 und 1.4).

Nutzung des Kühlwassers

Im Rheineinzugsgebiet wird das meiste Kühlwasser dem Rhein für die Stromerzeugung entnommen. Die abzuführende Abwärmemenge ist abhängig vom Typ des Kraftwerks. Bei Atomkraftwerken (Leichtwasserreaktoren) liegt sie zwischen 170 und 235 MJ/s, bei fossil befeuerten Wärmekraftwerken bei 125- 170 MJ/s je 100 MW installierter Leistung (Maniak 1997).

Die Kühlsysteme thermischer Kraftwerke und industrieller Kühlkreisläufe unterscheiden sich zum Teil erheblich. Bei Kraftwerken zur Stromerzeugung

Tabelle 1.2

Typische Bestimmungen zur Kühlwasser-einleitung am Beispiel Atomkraftwerk Phillipsburg. Im Falle des Atomkraftwerk Phillipsburg (KKP1 und KKP2) dürfen folgende Grenzwerte zu keiner Zeit überschritten werden. Die Vorgaben entsprechen weitgehend den Grundlagen der LAWA (1991)

Temperaturangaben werden nach internationaler Nomenklatur üblicherweise in Kelvin (K) angegeben (0 °C entspricht etwa 273 K). In dieser Studie werden einheitlich °C = Grad Celsius („Celsiusgrade“) verwendet.

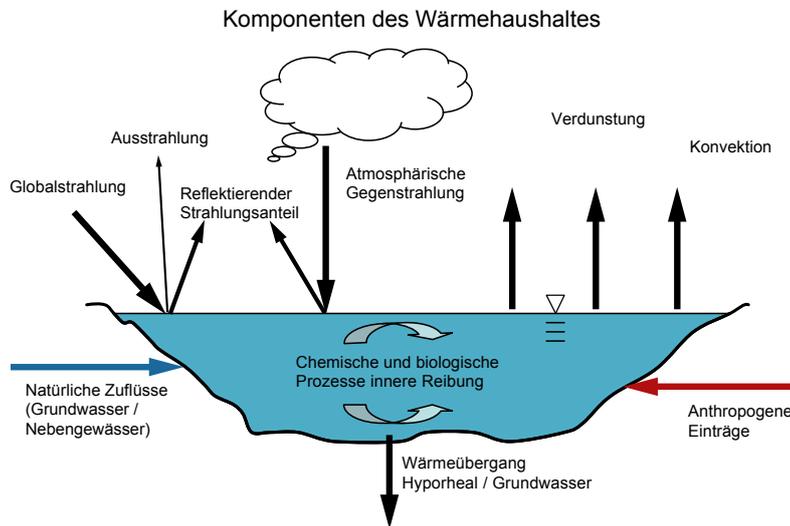


Abb. 1.3
Komponenten des
Wärmehaushalts eines
Fließgewässers

gibt es wenige, aber große Kühlstellen. Industrielle Kühlkreisläufe haben meist zahlreiche kühlende Stellen. Verzweigte Verteilungsnetze und höhere Werkstoffanforderungen sind die Regel. Vor allem die Mineralölverarbeitung, die Chemische Industrie und die Papierindustrie sowie die Stahlindustrie, Glaswerke, Walzwerke und Maschinenbau sind sehr kühlwasserintensiv.

Watt Leistung oder
Strahlungsfluss;

1 Watt

= 1 Joule/Sekunde (J/s)

= 1 kg m²/s³

1 KW = 1000 Watt

1 MW = 1 Million Watt

1 GW = 1 Mlliarde Watt

1 MW = 1 MJ/s

1.2 Physikalische Grundlagen

In unbeeinflussten Gewässern Mitteleuropas werden die niedrigsten Temperaturen meist im Januar und Februar, die Höchstwerte im Juli und August gemessen. Die mittlere jährliche Wassertemperatur liegt mit Ausnahme von Gebirgsflüssen bzw. Quellflussbereichen höher als die mittlere Lufttemperatur. Damit Wärme an die Umgebung abgegeben werden kann, wird ein Temperaturgefälle benötigt. Bei großen Kühlwassermengen liegen die notwendigen Temperaturgefälle meist zwischen 7-15 °C.

Vereinfachte Wärmehaushaltsgleichung

Der Wärmefluss eines Fließgewässers kann auch als mechanischer und thermischer Energiestrom (in Watt) aufgefasst werden.

Er unterliegt vielen Einflüssen, wie z.B. den Wärmestromdichten von Strahlung, Ausstrahlung, Verdunstung, Konvektion sowie der direkter

Die meisten Berechnungen zur Erwärmung von Gewässern gehen auf folgende vereinfachte Wärmehaushaltsgleichung zurück:

$$dTW / dt = qs - qv - qk + qE / dt cp * h * \rho_w$$

mit $qs = qs,G + qs,A + qs,W$

Es bedeuten:

Q Gesamtwärmestromdichte (W/m²)

TW Wassertemperatur (°C)

T Zeit (Zeiteinheit)

Wärmestromdichten:

Qs Strahlung (W/m²) (kJ/(h m²));

qs,G Globalstrahlung (W/m²) (kJ/(h m²));

qs,A Gegenstrahlung (W/m²) (kJ/(h m²));

qs,W Ausstrahlung (W/m²) (kJ/(h m²));

qv Verdunstung (W/m²) (kJ/(h m²));

qk Konvektion (W/m²) (kJ/(h m²));

qE direkter Einleitung

cp Spezifische Wärmekapazität Wasser (4,1868 * 10³ J/kg*K)

h mittlere Wassertiefe (m)

ρ_w Dichte des Wassers (1.000 kg/m³)

Einleitung (vgl. Abb. 1.3.).

Die vereinfachte Wärmehaushaltsgleichung ist eine nichtlineare Differentialgleichung.

Die einzelnen Komponenten sind ihrerseits nichtlineare Funktionen der Wassertemperatur T und der Zeit t (und damit auch des Ortes). Eine Lösung der Differentialgleichung ist theoretisch entweder durch Linearisierung (Exponentialverfahren) oder durch Iteration (Simulationsverfahren) möglich.

Näheres zu den theoretischen Grundlagen der Wärmehaushalts-Modellrechnungen siehe Grundlagen für die Beurteilung von Kühlwasser-einleitungen in Gewässer, Fortschreibung der LAWA-Broschüre 1. Rohentwurf (Stand 10.09.2008) Ad-hoc-Unterausschuss der LAWA.

Zur Kalibrierung der Gleichungen (Modelle) für die Wärmeströme werden Simulationsverfahren angewendet. Zur Berechnung statischer Belastungszustände sind fertig entwickelte Computerprogramme sowohl nach der Exponential- als auch nach der Simulationsmethode vorhanden. Computerprogramme zur Berechnung

quasistationärer und instationärer Verhältnisse verwenden in aller Regel die Simulationsmethode und sind auch im Rheineinzugsgebiet Grundlage für Wärmelastberechnungen. So liegen aktuelle Modelle bzw. Modellrechnungen zum Wärmehaushalt z.B. für den Neckar und den Main vor (vgl. Kap. 4).

Wenn von Temperaturen in Flüssen die Rede ist, geht man normalerweise von der mittleren Gewässertemperatur aus. Dabei bleibt oft unklar, ob diese auch annähernd über den gesamten Querschnitt des Gewässers ermittelt wurde. Zur Bestimmung werden eindimensionale Modelle verwendet und oft vereinfacht angenommen, dass sich das eingeleitete Kühlwasser mit dem in Flusswasser sofort und vollständig vermischt.

Vereinfachte Berechnung Mischtemperatur

Die Mischtemperatur aus Fluss- und Kühlwasser kann (eine völlige Durchmischung vorausgesetzt) nach der folgenden Mischungsgleichung berechnet werden:

$$T_M = [Q_0 T_0 + \sum (Q_E T_E)] / (Q_0 + \sum Q_E) \quad (\text{in } ^\circ\text{C})$$

Je Kubikmeter Wasser, der um 1°C erwärmt wird, werden 4,2 MJ in den Fluss eingeleitet (LAWA 1991, S.41). Dass bedeutet mit einer Kühlwassereinleitung von 1m³/s mit 10°C Temperaturdifferenz werden 42 MW an Wärme eingetragen.

Kühlwassertagebücher

In den wasserrechtlichen Genehmigungen wird jeder Einleiter dazu verpflichtet nicht nur die Abwasserparameter sondern auch die Temperatur zu messen und diese Messergebnisse den Behörden zur Verfügung zu stellen.

Vorbelastung und Additionswirkung

Bei jeder wasserrechtlichen Genehmigung stellt sich die Frage nach der Vorbelastung durch Einleiter oberhalb. Betrachtet man nur

Tabelle 1.3

Wasserführung verschiedener Flüsse und Ihre Aufwärmung bei einer Einleitung von 100 MW (aus: Schnell & Held 2000: Tafel 2, S.9)

| Fluß | Mittlerer Abfluss MQ | Niedriger Abfluss (NQ) | 100 MW | Niedrigster Abfluss (NNQ) |
|-----------------------|----------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|
| | min/mittel/max | min/mittel/max | | |
| | m ³ /s | m ³ /s | Erwärmen NQ um °C | m ³ /s |
| Rhein bei Rheinfelden | 726/1010/1470 | 315/315/781 | 0,12 - 0,05 | 267 |
| Rhein bei Mainz | 1500/1510/1770 | 460/460/970 | 0,082 - 0,039 | 440 |
| Rhein bei Köln | 1520/2020/2540 | 530/530/1150 | 0,071 - 0,033 | 465 |
| Main bei Kemmern | 19,1/39,8/68,6 | 2,88/2,88/12 | 13,2 - 3,2 | 2,88 |
| Main bei Schweinfurt | 58,1/98,3/154,0 | 11/11/29,4 | 3,4 - 1,3 | 11 |
| Main bei Kleinheubach | 65,4/138,0/209,0 | 13,8/13,8/55,2 | 19 - 5,6 | 13,8 |
| Mosel bei Cochem | 12,4/28,8/55,5 | 2/2/6,8 | 19 - 5,6 | Geregelt durch Schleusen |
| Neckar bei Plochingen | 26,8/43,4/65,5 | 3,7/3,7/9,54 | 10,3 - 4,0 | 3,7 |
| Neckar bei Rockenau | 61,8/121/195 | 20/20/41 | 1,9 - 0,92 | 13 |

Beispielrechnung

Typische Werte für ein Kraftwerk am Rhein mit 2500 MW Leistung sind zum Beispiel für den Monat Februar: Wassertemperatur des Rheins: 5°C, Abflussmenge des Rheins: etwa 1200 m³/s, Benötigtes Kühlwasser bei voller Leistung:

120m³/s, Kühlwasseraustrittstemperatur: 15°C.

$$Q_0 = 1200 \text{ m}^3/\text{s} \quad T_0 = 5 \text{ C}$$

$$Q_E = 120 \text{ m}^3/\text{s} \quad T_E = 15 \text{ C}$$

Eingesetzt in die Formel ergibt sich:

$$T_M = [1200 \cdot 5 + (120 \cdot 15)] / (1200 + 120)$$

$$= 7800 / 1320 = 5,9^\circ\text{C}$$

Das bedeutet die Wassertemperatur im Fluss unterhalb des Einleiters hat um 0,9 Grad zugenommen.

- Q_0 Abfluss oberhalb der Einleitung
- T_0 Wassertemperatur oberhalb der Einleitung
- T_M Temperatur unterhalb der Einleitungsstelle
- Q_E Kühlwassermenge mit der Temperatur
- T_E Einleittemperatur des Kühlwassers

Tabelle 1.4
Beispiel für die zulässige Abwärme beim Atomkraftwerk Philippsburg in Abhängigkeit vom Pegel bei Maxau und die rechnerisch maximale mögliche Temperaturerhöhung abhängig vom Wasserstand

| Abfluss Pegel Maxau | Abwärme- menge | Mögliche Temperatur- erhöhung gemäß Werte aus Tab. 1.3 |
|---------------------------|-------------------|---|
| m ³ /s | MW (=MJ/s) | bis zu °C |
| >920 | 4.265 | <1,67 |
| 900 | 4.019 | 1,61 |
| 850 | 3.651 | 1,55 |
| 800 | 3.283 | 1,48 |
| 750 | 2.914 | 1,40 |
| 700 | 2.546 | 1,31 |
| 650 | 2.177 | 1,21 |
| 600 | 1.805 | 1,09 |
| 550 | 1.436 | 0,94 |
| 500 | 1.068 | 0,77 |
| 450 | 699 | 0,56 |
| 410 | 419 | 0,37 |
| <410 | 419 | >0,37 |

eine einzelne Einleitung im Rhein, sind die Temperaturerhöhungen vergleichsweise gering. So führt z.B. die Wärmelastberechnung für den Block 8 des Rheindampfkraftwerkes bei Karlsruhe mit seiner zusätzlichen max. Wärmeeinleitung von 316 MW nach Durchmischung bei einem extremen Niedrigwasserabfluss von 340 m³/s im Rhein zu einer max. Temperaturerhöhung von max. ca. 0,67°C. Davon würden aufgrund der Abkühlung bis zum Großkraftwerk Mannheim (400 m³/s) noch eine Erhöhung der Wassertemperatur um max. 0,15°C übrig bleiben.

Beim Block 8 des Rheindampfkraftwerkes in Karlsruhe wurde in der wasserrechtlichen Genehmigung festgelegt, dass ab einer Entnahmetemperatur von 22,6°C die Abwärmeeinleitung durch Zuschaltung des Ablaufkühlers stufenweise reduziert und ab 25°C, 100% Ablaufkühlung betrieben werden muß. Die maximal zulässige Einleittemperatur liegt bei 31°C. Danach wäre im Sommer 2003 die Ablaufkühlung an 29 Tagen, im Sommer 2006 an 13 Tagen in Betrieb gewesen und im Schnitt über den Gesamtzeitraum 1988 – 2006 etwa 20 Tage pro Jahr. Der Betrieb

der Ablaufkühlung ist mit einer Minderung der elektrischen Leistung von 3,5 MW (0,2%) verbunden. Ein weiterer Kühlturbetrieb wurde von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) unter Abwägung aller Kriterien als nicht erforderlich erachtet. Mit der Ablaufkühlung erniedrigt sich die Abwärmelast um etwa 1/3, und damit auch die Erhöhungen der Wassertemperaturen.

2. Rechtliche Bestimmungen und Empfehlungen

Die zahlreichen europäischen und nationalen Bestimmungen und Empfehlungen werden im Folgenden in ihren Auswirkungen auf die Abwärme im Rhein beschrieben.

2.1 Europarecht

EG-Wasserrahmenrichtlinie

Nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60) sind oberirdische Gewässer unter anderem so zu bewirtschaften, dass eine nachteilige Veränderung vermieden und ein guter ökologischer Zustand erhalten oder erreicht wird. Ein durch menschliche Tätigkeit verursachter Wärmeeintrag wird dann als Gewässerverschmutzung angesehen, wenn er der Qualität von aquatischen Ökosystemen schaden kann. Die schädlichen Auswirkungen können auf einen bestimmten Gewässerteil beschränkt sein. In ihrem Ausmaß sind sie abhängig von den abiotischen und biotischen Eigenschaften des aufnehmenden Gewässers sowie von Ort, Zeitpunkt und Gestaltung der Einleitung.

In Verbindung mit dem Wasserhaushaltsgesetzes (WHG §§ 25a ff) wurde die EG-Wasserrahmenrichtlinie inzwischen in der Bundes- und Landesgesetzgebung in deutsches Recht überführt.

Natura 2000

Das kohärente Netz Natura 2000 umfasst die im Rahmen der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH) und Vogelschutzrichtlinie gemeldeten Gebiete. Diese können sich räumlich überlagern. Zusammen bedecken sie ca. 13,5% der terrestrischen Fläche Deutschlands und 41% der marinen Fläche.

Deutschland hat bislang 4.617 FFH-Gebiete in Brüssel vorgelegt (Stand: 03.05.06), die sich auf drei biogeografische Regionen (alpin, atlantisch, kontinental) verteilen. Dies entspricht einem Meldeanteil von 9,3% bezogen auf die Landfläche. Dazu kommen 2.008.468 ha Bodensee, Meeres-, Bodden- und Wattflächen sowie 943.986 ha in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) Deutschlands.

Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH)

In der Europäischen Union wurde 1992 beschlossen, ein Schutzgebietsnetz (Natura 2000) aufzubauen, welches dem Erhalt wildlebender Pflanzen- und Tierarten und ihrer natürlichen Lebensräume dient.

Das Netz Natura 2000 besteht aus den Gebieten der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH-Richtlinie, vom 21. Mai 1992, 92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (vom 2. April 1979, 79/409/EWG). Die FFH-Gebiete werden auch als Gebiete gemeinschaftlicher Bedeutung (GGB) bzw. Special Areas of Conservation (SAC) bezeichnet. Die Vogelschutzgebiete werden als besondere Schutzgebiete bzw. Special Protected Areas (SPA) bezeichnet. Sie werden nach EU-weit einheitlichen Standards ausgewählt und unter Schutz gestellt.

Verschiedene Anhänge dieser Richtlinien führen Arten und Lebensraumtypen auf, die besonders schützenswert sind und deren Erhalt durch das Schutzgebietssystem gesichert werden soll.

In Anhang II der FFH-Richtlinie sind die Tier- und Pflanzenarten aufgelistet, für die Schutzgebiete im NATURA 2000-Netz eingerichtet werden müssen.

Darunter befinden sich unter anderem viele Fischarten, die wegen ihrer Ansprüche für die Frage der Wärmelast von Bedeutung sind und im Rhein vorkommen (Tabelle 2.1).

Vogelschutzgebiete

Deutschland hat bislang 558 Vogelschutzgebiete (VSG) gemeldet. Dies entspricht einem Meldeumfang von 8,5 % bezogen auf die Landfläche. Dazu kommen 1.677.157 ha Bodensee, Meeres-, Bodden- und Wattflächen sowie 514.499 ha in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) Deutschlands. Es erfolgten 2007/2008 im erheblichen Umfang weitere Meldungen von Vogelschutzgebieten.

EG-Fischgewässerrichtlinie (78/659/EWG) und EG-Fischgewässerqualitätsrichtlinie (2006/44/EG)

Tabelle 2.1
Übersicht über FFH-relevante Fischarten für den Rhein (verändert nach Weibel 2008). Näheres zu den einzelnen Arten (Steckbriefe) unter: www.ffh-gebiete.de

Für die Festlegung von Einleitbedingungen für Kühlwasser ist auch heute noch die Fischfauna der ausschlaggebende Bewertungsparameter. Die EG-Fischgewässerqualitätsrichtlinie (2006/44/EG) basiert auf der EG-Fischgewässerrichtlinie („Richtlinie 78/659/EWG des Rates vom 18.

Juli 1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten“). Sie unterscheidet Salmoniden- von Cyprinidengewässern und legt für beide Gewässertypen verbindliche Wassertemperaturgrenzwerte fest (Tabelle 2.2).

| FFH-relevante Fischarten für den Rhein | Gegenwärtige Situation im rheinland-pfälzischen Rhein | Bedeutung des Rheins und der angrenzenden FFH-Gebiete |
|---|--|---|
| Lampetra fluviatilis (Flussneunauge) | Anadromer Fernwanderer des Rheins mit positiver Bestandsentwicklung | Wanderung, Überwinterung, Laich- und Jungfischbiotop |
| Petromyzon marinus (Meerneunauge) | Anadromer Fernwanderer des Rheins mit positiver Bestandsentwicklung | Wanderung, Überwinterung, Laich- und Jungfischbiotop |
| Salmo salar (Lachs) | Anadromer Fernwanderer des Rheins, durch Besatz vorhanden, Verbreitung und Bestandsentwicklung positiv im nördlichen Rheingebiet | Wanderung, Überwinterung, Laich- und Jungfischbiotop |
| Coregonus oxyrhynchus (Nordseeschnäpel) | Status unklar | Wanderung |
| Alosa alosa (Maifisch) | Anadromer Fernwanderer des Rheins, der Oberrhein wird gegenwärtig von einzelnen Individuen erreicht | Wanderung |
| Aspius aspius (Rapfen) | Seit 1997 nachgewiesen, eingebürgert; verbreitet mit positiver Bestandsentwicklung | Überwinterung, Laich- und Jungfischbiotop |
| Rhodeus amarus (Bitterling) | Vereinzelt vorkommend mit positiver Bestandsentwicklung | Unklar |
| Alosa fallax (Finte) | Anadromer Fernwanderer des Rheins, historisch nur selten am Oberrhein | Keine |
| Cottus gobio (Groppe) | Im Bergland weit verbreitet, auch im Rhein regelmäßig nachgewiesen, dort mglw. eigene Art (Cottus rhenanus oder C. perifretum) | Überwinterung, Laich- und Jungfischbiotop |
| Lampetra planeri (Bachneunauge) | Im Bergland verbreitet, gelangt in den Rhein durch Verdriftung bei Hochwasser | Überwinterung, Jungfischbiotop |
| Cobitis taenia (Steinbeißer) | Häufig mit positiver Bestandsentwicklung | Überwinterung, Laich- und Jungfischbiotop |
| Misgurnus fossilis (Schlammpeitzger) | Wenig bekannt | k.A. |
| Leuciscus souffia agassizi (Strömer) | sauerstoffliebende Art vor allem im baden-württembergischen Rheingebiet, vor allem in flachen Gewässern | Überwinterung, Laich- und Jungfischbiotop |
| Acipenser sturio (Stör) | Im Rhein ausgerottet | |
| Gobio albipinnatus (Weißflossengründling) | Seit 1998 im Rhein nachgewiesen, vorher vermutlich übersehen | Weitgehend unbekannt |

Im Sinne dieser Richtlinie sind:

„**Salmonidengewässer**“ *Gewässer, in denen das Leben von Fischen solcher Art wie Lachse (*Salmo salar*), Forellen (*Salmo trutta*), Aeschen (*Thymallus thymallus*) und Renken (*Coregonus*) erhalten wird oder erhalten werden könnte;*

„**Cyprinidengewässer**“ *alle Gewässer, in denen das Leben von Fischarten wie Cypriniden (*Cyprinidae*) oder anderen Arten wie Hechten (*Esox lucius*), Barschen (*Perca fluviatilis*) und Aalen (*Anguilla anguilla*) erhalten wird oder erhalten werden könnte.*

Die Mitgliedstaaten weisen Salmoniden- und Cyprinidengewässer aus und können später weitere Gewässer bezeichnen. Die Mitgliedstaaten legen für die bezeichneten Gewässer für die Einleitung von Kühlwasser einzuhaltende Wassertemperaturwerte fest, die nicht weniger streng sein dürfen als die Werte der Tabelle 2.2.

Gemäß Artikel 22 der EG- Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) wird die Richtlinie 78/659/EWG des Rates vom 18. Juli 1978 über die „Qualität von Süßwasser, das schutz- und verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten“, 13 Jahre nach Inkrafttreten der WRRL aufgehoben, also im Oktober 2013.

Nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie darf bezüglich der Temperatur eines von Kühlwasser beeinflussten Gewässers keine Gefährdung für das Erreichen bzw. den Erhalt des guten oder sehr guten ökologischen Zustandes bzw. Potenzials entstehen.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat daher in einem „Arbeitspapier II“ vom 7.3.2007 neue Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten festgelegt, die bei der Bewertung des ökologischen Zustandes im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie herangezogen werden sollen („RAKON-PAPIER“, Teil B LAWA 2007). Bei diesen Werten (Tabelle 2.3) handelt es sich allerdings nicht um gesetzlich verbindliche Grenzwerte oder allgemein

| Salmonidengewässer | Cyprinidengewässer |
|--|--------------------|
| Die unterhalb einer Abwärmeeinleitungsstelle (und zwar an der Grenze der Mischungszone) gemessene Temperatur darf die Werte für die nicht beeinträchtigte Temperatur nicht um mehr als überschreiten. | |
| 1,5°C | 3°C |
| Die Mitgliedstaaten können unter bestimmten Bedingungen geografisch begrenzte Ausnahmeregelungen beschließen, sofern die zuständige Behörde nachweisen kann, dass sich daraus keine nachteiligen Folgen für die ausgewogene Entwicklung des Fischbestands ergeben. | |
| Außerdem darf die Abwärme nicht dazu führen, dass die Temperatur in der Zone unterhalb der Einleitungsstelle (an der Grenze der Mischungszone) folgende Werte überschreitet: | |
| 21,5 (0) | 28 (0) |
| 10 (0) | 10 (0) |
| Der Temperaturgrenzwert von 10 °C gilt nur für die Laichzeit solcher Arten, die für die Fortpflanzung kaltes Wasser benötigen, und nur für Gewässer, welche sich für solche Arten eignen. | |

Tabelle 2.2:

Wassertemperaturgrenzwerte gemäß Anhang 1 der EG-Fischgewässerqualitätsrichtlinie (2006/44/EG).

(0) = Abweichungen gemäß Artikel 11 sind möglich.

anzustrebenden Sanierungswerte (näheres siehe Kap.2.2). Empfehlungen für maximal zulässige Wintertemperaturen fehlen in dem Papier.

Schutz der Berufsfischerei

Die gesetzlichen Bestimmungen beziehen sich auch auf den Schutz des rechtlich geschützten Interesses an der Ausübung der Fischerei. So kann in einer wasserrechtlichen Erlaubnis auch eine entsprechende Schutzauflage zugunsten der Berufsfischer festgelegt werden (BVerwG, B. v. 6.09.2004 – 7 B 62/04, NVwZ 2005, 84/86). Sofern Unsicherheiten über die Auswirkungen bestehen, kann auch ein entsprechendes Monitoring festgelegt werden und die Ergebnisse der Überwachung zu weitergehenden Auflagen führen.

EG-Aalverordnung

Um den starken Rückgang der europäischen Aal-Population zu stoppen hat die EU 2007 eine entsprechende Verordnung (EG Nr. 1100/2007

v. 18.9.2007) erlassen. Die Mitgliedsstaaten sind danach verpflichtet so genannte „Aal Managementpläne“ zu entwickeln, in denen Maßnahmen zum Schutz des Aals benannt sind. Liegen diese bis Ende 2008 nicht vor, muss der betreffende Mitgliedsstaat den Aalfang oder die Fischerei auf Aal zumindest um 50 % reduzieren. Im Einzelfall können auch Kühlwassereinleitungen zu einem gesteigerten Mortalitätsrisiko beim Aal führen und auf Grundlage der Aal-Verordnung zu entsprechenden Nutzungseinschränkungen führen. Nach Art. 2 Abs. 8 der Verordnung ist es in einer wasserrechtlichen Erlaubnis auch möglich Besatzmaßnahmen als Auflage festzulegen.

2.2 Nationales Recht

Wasserhaushaltsgesetz

Nach § 1a Abs. 1 WHG und § 6 Absatz 1 sind Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit dienen. Eine Nutzung zu Gunsten Einzelner ist nur im Rahmen und in Übereinstimmung mit den Belangen des Gemeinwohls zulässig. Jede vermeidbare Beeinträchtigung sollte unterbleiben.

Es ist heute anerkannt, dass eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit neben rein wasserwirtschaftlichen Gründen auch bei ökologischen Beeinträchtigungen des betreffenden Gewässers angenommen werden kann. Nachteilige Veränderungen der Tier- und Pflanzenwelt beeinträchtigen damit das Wohl der Allgemeinheit im Sinne des § 6 WHG.“ (vgl. auch Czychowski/Reinhardt, Wasserhaushaltsgesetz, 9.Aufl. 2007, § 1a Anm. 1).

Dies gilt demzufolge auch für Einleitung von Kühlwasser in Oberflächengewässer.

Nach EG-Wasserrahmenrichtlinie und §§ 25a, 25b WHG sind oberirdische Gewässer so zu bewirtschaften, dass eine nachteilige Veränderung ihres ökologischen Zustands (natürliche Gewässer) oder ökologischen

Potentials (künstliche und erheblich veränderte Gewässer) und jeweils des chemischen Zustands vermieden werden (sog. Verschlechterungsverbot) und ein guter ökologischer Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potential und jeweils ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht wird (sog. Verbesserungsgebot).

Wann eine Verletzung des Verschlechterungsverbots vorliegt, ist in der Rechtsprechung bislang nicht eindeutig geklärt.

Maßgeblich für die Beurteilung ist die Veränderung des Zustandes des Oberflächengewässers, der gemäß Art. 2 Nr. 17 EG-WRRL definiert ist als „die allgemeine Bezeichnung für den Zustand eines Oberflächenwasserkörpers auf der Grundlage des jeweils schlechteren Wertes für den ökologischen und den chemischen Zustand“. Die Einstufung des ökologischen Zustands und des Potenzials erfolgt in fünf („sehr gut“ bis „schlecht“) bzw. vier („gut und besser“ bis „schlecht“) Zustandsklassen, für den chemischen Zustand in zwei Zustandsklassen („gut“ und „nicht gut“). Die EG-Wasserdirektoren (Treffen v. 1.12.2006) sind der Auffassung, dass man erst bei Änderung einer Zustandsklasse eine Verletzung des Verschlechterungsverbots annehmen kann.

Art. 11 EG-WRRL und damit in Einklang § 36 WHG sehen ein Maßnahmenprogramm vor, das im Einzelnen die Maßnahmen vorsieht, um die Bewirtschaftungsziele der §§ 25a Abs. 1 und 25b Abs. 1 WHG zu erreichen. Im Rahmen einer wasserrechtlichen Zulassung ist daher auf jeden Fall zu prüfen, ob die beantragte Zulassung die Erreichung der Bewirtschaftungsziele nicht unmöglich macht.

Vor diesem Hintergrund dürfte eine beantragte wasserrechtliche Erlaubnis nur dann erteilt werden können, wenn feststeht, dass die Kühlwassereinleitung die Entwicklung der Gewässerqualität des betroffenen Flusslaufs nicht so beeinträchtigt, dass ihr derzeitiger Zustand nicht

Tabelle 2.3:

Zuordnung von Hintergrund- und Orientierungswerten für Temperatur und Delta Temperatur zu LAWA-Typen sowie zu den Ausprägungen der Fischgemeinschaften (Tabelle 2.3, aus: LAWA 2007)

| LAWA-Typen | Ausprägung der Fischgemeinschaft | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|-------|-------|--------|--------|------|------|------|
| | ff/tempff | Sa-ER | Sa-MR | Sa-HR | Cyp-R | EP | MP | HP |
| Alpen und Alpenvorland | | | | | | | | |
| Subtyp 1.1 | x | x | x | x | | | | |
| Subtyp 1.2 | | | | x | | x | | |
| Subtyp 2.1 | | | x | x | x | x | | |
| Subtyp 2.2 | | | | x | x | x | | |
| Subtyp 3.1 | x | x | x | x | x | x | | |
| Subtyp 3.2 | | | | x | x | x | | |
| Typ 4 | | | | x | | x | | |
| Mittelgebirge | | | | | | | | |
| Typ 5 | | x | x | x | x | | | |
| Typ 5.1 | | x | x | x | x | | | |
| Typ 6 | | | x | x | x | x | | |
| Subtyp 6_K | | | x | x | x | x | | |
| Typ 7 | x | x | x | x | x | | | |
| Typ 9 | | | x | x | x | x | | |
| Typ 9.1 | | | | x | x | x | x | |
| Subtyp 9.1_K | | | | x | x | x | x | |
| Typ 9.2 | | | | x | x | x | x | |
| Typ 10 | | | | | x | x | x | |
| Norddeutsches Tiefland | | | | | | | | |
| Typ 14 | | x | x | x | x | | | |
| Typ 15 | | x | x | x | x | x | x | |
| Typ 15_groß | | | | x | x | x | x | |
| Typ 16 | | x | x | x | x | | | |
| Typ 17 | | | | x | x | x | | |
| Typ 18 | | x | x | x | x | | | |
| Typ 20 | | | | | | x | x | x |
| Typ 22 | | | | | | | x | x |
| Typ 23 | | | | | | | | x |
| Hintergrundwerte | | | | | | | | |
| Temp. [°C] | < 18 | < 18 | < 18 | < 18 | < 20 | < 20 | < 25 | < 25 |
| Delta Temp. [K] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Orientierungswerte | | | | | | | | |
| Temp. [°C] | < 20 | < 20 | < 20 | < 21,5 | < 21,5 | < 25 | < 28 | < 28 |
| Delta Temp. [K] | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 3 | 3 | 3 |
| Ökoregion unabhängig | | | | | | | | |
| Typ 11 | | x | x | x | x | x | x | |
| Typ 12 | | x | x | x | x | x | x | |
| Typ 19 | | | x | x | x | x | | |
| Subtyp 21_Nord | | | x | x | x | x | x | |
| Subtyp 21_Süd | | | | x | x | x | | |
| Hintergrundwerte | | | | | | | | |
| Temp. [°C] | | < 18 | < 18 | < 18 | < 20 | < 20 | < 25 | |
| Delta Temp. [K] | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Orientierungswerte | | | | | | | | |
| Temp. [°C] | | < 20 | < 20 | < 21,5 | < 21,5 | < 25 | < 28 | |
| Delta Temp. [K] | | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 3 | 3 | |

Legende

ff/tempff = Gewässer sind fischfrei oder temporär fischfrei. Im letzteren Fall werden sie oft durch einzelne Arten (z.B. Bachforelle) in wenigen Größenklassen und nur zeitweise besiedelt.

Sa-ER = salmonidengeprägte Gewässer des Epirhithrals. Umfasst die Oberläufe kleinerer Fließgewässer. In der Regel ist die Bachforelle allein oder zusammen mit der Mühlkoppe dominierend, oft auch die einzige (Leit)art. Darüber hinaus können weitere Arten (z.B. Elritze, Schmerle, teilweise Bachneunauge) auftreten. In Gewässern mit geringem Gefälle (v.a. Tiefland) kann neben Bachforelle und Bachneunauge der Dreistachlige Stichling an Bedeutung gewinnen (regionalspezifisch: Meerforelle, Neunstachliger Stichling, u.a.).

Sa-MR = salmonidengeprägte Gewässer des Metarhithrals. In den meisten Fällen sind Bachforelle und je nach vorherrschendem Sediment Mühlkoppe dominierende Arten. Zudem können verschiedene Arten des Rhithrals (z.B. Bachneunauge, Schmerle; insbesondere auch Äsche und diverse rheophile Arten) mehr oder weniger stark hervortreten.

Sa-HR = salmonidengeprägte Gewässer des Hyporhithrals. Arten wie die Äsche und teilweise die Elritze prägen oft die Gemeinschaften dieser Gewässer (die Äsche fehlt aber in einigen Regionen). Diverse Cypriniden treten regelmäßig auf. Bachforelle und je nach vorherrschendem Sediment Mühlkoppe kommen in der Regel als Leitarten vor.

Cyp-R = cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals. Fischgemeinschaften werden oft von Schmerle und teilweise Elritze dominiert. Bachforelle und Mühlkoppe können teilweise als Leitart auftreten, ebenso auch z.B. Hasel, Döbel und andere Cypriniden. Regionalspezifisches Hervortreten einiger Arten (z.B. Schneider, Strömer).

EP = Gewässer des Epipotamals. Im Allgemeinen mittlere bis größere Gewässer, deren Fischgemeinschaften weitgehend durch Barbe, Nase, Döbel, etc. geprägt sind. Teilweise kommen Arten wie z.B. Äsche und Elritze, außerhalb des Donaeinzugsgebietes auch der Aal, auf Leitartenniveau vor. Zudem können in natürlicherweise stillwasserbeeinflussten Bereichen diverse limnophile und Auearten hervortreten.

MP = Gewässer des Metapotamals. Im Allgemeinen mittlere bis größere Gewässer, deren Gemeinschaft weitgehend durch Aal, Barsch, Brachse, Ukelei, etc. geprägt sind. Regionalspezifisch können weitere Arten (z.B. Aland, Zährte) hinzutreten. Teilweise herrscht natürlicherweise ein Stillgewässereinfluss (Altarme) vor, so dass lokal entsprechende Stillwasser- und Auearten auftreten können.

HP = Gewässer des Hypopotamals. Im Allgemeinen größere Gewässer und Ströme, aber auch kleinere küstennahe Fließgewässer, die teilweise bereits unter Brackwassereinfluss stehen können. Die Fischgemeinschaft ist weitgehend durch Arten wie Aal, Barsch, Brachsen, Güster, Kaulbarsch, Rotaugen und Ukelei geprägt, zudem kann die Flunder auftreten. Vor allem in Küstennähe dominiert stellenweise der Stint, zudem saisonal der Dreistachlige Stichling (Wanderform). Wanderfische können die Gewässer als Durchzugsroute (z.B. Lachs, Meerforelle) oder Laichhabitat (z.B. Finte) aufsuchen. Im küstennahen Bereich Auftreten von Brackwasserarten und vereinzelt marinen Arten.

mehr durch programmspezifische Maßnahmen verbessert werden kann. Die Auswirkungen der in Rede stehenden Kühlwassernutzung auf die Fischfauna, den Sauerstoffgehalt, die Strömungsverhältnisse etc. dürfen nicht so sein, dass die ökologische Entwicklungsfähigkeit hin zu einem besseren Zustand dadurch ausgeschlossen wird. Durch eine entsprechende Begrenzung der beantragten Gewässerbenutzung müssen die Auswirkungen ggfls. auf ein Ausmaß reduziert werden, dass sowohl das Verschlechterungsverbot als auch das Verbesserungsgebot nicht leerlaufen. Sollte das nicht möglich sein, kommt gemäß § 6 WHG auch die gänzliche Versagung in Betracht. Im Mittelpunkt der Betrachtung der ökologischen Auswirkungen stehen bisher vor allem die Fische.

Für die Frage, ab welchen Temperaturen und Sauerstoffverhältnissen Beeinträchtigungen für die Fischfauna zu befürchten sind (Beeinträchtigung des Allgemeinwohls), macht die Richtlinie 2006/44/EG v. 6.09.2006 über die Qualität von Süßwasser (EG-Fischgewässerqualitäts-RL) entsprechende Vorgaben. Sie basiert auf der EG-Fischgewässerrichtlinie („Richtlinie 78/659/EWG des Rates vom 18. Juli 1978 über die Qualität von Süßwasser, dasschutz- oderverbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten“). Im Anhang der Richtlinie werden Salmoniden- von Cyprinidengewässern unterschieden und jeweils Grenzwerte für Temperaturerhöhungen unterhalb der Abwärmestelle (1,5° C bzw. 3° C) definiert.

Die Richtlinie 2006/44/EG formuliert darüber hinaus für den Winter, dass bei Arten, die für ihre Fortpflanzung kaltes Wasser benötigen, die winterliche Wassertemperatur durch Abwärmeinleitung 10° C nicht überschreiten darf. Dies gilt gleichermaßen für Salmoniden- und Cyprinidengewässer sowie für die Laichzeit von Winterlaichern und die Laichreife von Frühjahrslaichern. Inhaltlich bezweckt die Richtlinie das dauerhafte Überleben der jeweils gewässertypischen Fischfauna, die ohne natürliche Vermehrung nicht denkbar ist.

Die EG-Fischgewässerqualitäts-RL selbst enthält keine Kriterien dafür, wann ein Gewässer schutz- oder verbesserungsbedürftig ist. Die Festlegung steht vielmehr im Auswahlermessen der mitgliedstaatlichen Behörden.

Im Einzelfall - der wasserrechtlichen Zulassung - sind weiterhin zu prüfen die Auswirkungen, die durch Ansaugung des Kühlwassers, die nachfolgende Kühlwasserpassage und die Einleitung entstehen können. Hierzu gehört auch die Prüfung der Auswirkungen einer möglichen Änderung der Strömungsverhältnisse sowie von Temperatursprüngen im Rahmen des Verfahrens. Wegen der Beigabe von Additiven zum Kühlwasser sind für die Einleitung gem. § 7a WHG die Vorgaben des Anhangs 31 der Abwässerverordnung zu beachten.

Fischgewässerverordnungen am Beispiel Baden-Württemberg

Die Richtlinie der Europäischen Gemeinschaft 78/659/EWG (FischgewässerRL) über die Qualität von Süßwasser (neu: 2006/44/EG), das schutz- und verbesserungswürdig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten, wurde in Baden-Württemberg durch die Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr über die Qualität von Fischgewässern (Fischgewässerverordnung) vom 28. Juli 1997 umgesetzt. Sie definiert Qualitätsanforderungen, anhand derer die als Fischgewässer ausgewiesenen Gewässerabschnitte zu beurteilen sind. Dabei werden Imperativ-Werte („Qualitätsanforderungen, die mindestens erreicht werden müssen“) und G-Werte („Richtwerte, die nach dem Stand der Technik anzustreben sind“) unterschieden. Die in der Fischgewässerverordnung ausgewiesenen Fließgewässerabschnitte werden in Salmonidengewässer und Cyprinidengewässer eingeteilt, für die den unterschiedlichen Ansprüchen der dort lebenden Fischarten entsprechend, verschiedene Grenzwerte gelten.

Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr über die Qualität von Fließwässern (Fischgewässerverordnung) vom 28.07.1997, GBl. Nr. 15 vom 12.08.1997, S. 340.



Naturschutzrechtliche Anforderungen

Die Vorgaben des Europarechts haben Eingang in das nationale Naturschutzrecht (§ 34 BNatSchG) sowie das Landesnaturschutzrecht gefunden.

Im Vordergrund stehen auch hier mögliche Auswirkungen der Gewässerbenutzung auf die Fischfauna, die sowohl unter dem Aspekt des Gebietsschutzes als auch des Artenschutzes (Art. 6 der FFH-Richtlinie (Flora, Fauna, Habitat) betroffen sein könnten. Vor allem kommen mögliche Beeinträchtigungen von geschützten Fischarten gem. Anl. II zur FFH-Richtlinie in Betracht. Dabei ist zu beachten, dass im Rahmen des § 6 Abs. 2 WHG nicht jede Beeinträchtigung zu berücksichtigen ist sondern nur eine „erhebliche“ Beeinträchtigung.

Hinsichtlich des Habitatschutzes sind die Anforderungen des § 34 BNatSchG Art. 6 Abs. 3 und 4 FFH-RL zu prüfen. Hierbei ist zu beachten, dass - auch wenn die Standorte der Entnahme- und Einleitbauwerke nicht in einem FFH-Gebiet liegen - sich indirekte Auswirkungen auf FFH-Gebiete entlang des Flusslaufs ergeben können. Mögliche erhebliche Beeinträchtigungen solcher FFH-Gebiete sind insbesondere denkbar für die Langdistanzwanderfische und - Neunaugen der Anhang II-Arten der FFH-RL (z.B. Flussneunauge, Meerneunauge, Lachs, Schnäpel, Maifisch, Finte).

Bei der FFH-Prüfung ist die Frage wichtig, ob es sich bei den zur Überwindung der erheblichen Beeinträchtigung zu ergreifenden Maßnahmen um Schadensbegrenzungs- oder aber um sogenannte Kohärenzsicherungsmaßnahmen handelt. In der deutschen Übersetzung der FFH - Richtlinie werden diese als „Ausgleichsmaßnahmen“ bezeichnet. Da es in der im deutschen Recht verankerten „Eingriffs-Ausgleichsregelung“ ebenfalls „Ausgleichsmaßnahmen“ gibt, wird zur Unterscheidbarkeit von Maßnahmen nach Art. 6 (4) FFH-RL von „Kohärenzsicherungsmaßnahmen“ gesprochen.

Die EU-Kommission hat in verschiedenen Auslegungshilfen zur FFH-Richtlinie Kriterien zur

Unterscheidung dargelegt (Kommission, Prüfung der Verträglichkeit von Plänen und Projekten mit erheblichen Auswirkungen auf Natura-2000-Gebiete, Methodik-Leitlinien zur Erfüllung der Vorgaben des Artikels 6 Absätze 3 und 4 der Habitat-Richtlinie 92/43/EWG, Nov. 2001, Ziff. 2.6, Auslegungsleitfaden zu Artikel 6 Absatz 4 der „Habitat-Richtlinie“ 92/43/EWG, Jan. 2007, Ziff. 1.3 und 1.4.1.; s. auch Schlussantrag der GA Kokott v. 27.04.2006 in der Rs. C-239/04, Slg. 2006, I-10183 Rdnr. 35., zit. in LAWA 2008). So können z.B. Fischauf- und abstiegsanlagen auch in einiger Entfernung die ökologische Funktion erfüllen und damit eine erhebliche Beeinträchtigung der Anhang II-Arten der FFH-RL zu vermeiden.

Auf jeden Fall muss die geplante Maßnahme die (strengen) Voraussetzungen, die das Bundesverwaltungsgericht in seiner Entscheidung zur Westumfahrung Halle an die Wirksamkeit von Schutz- und Kompensationsmaßnahmen (nach der EU-Terminologie sog. Schadensbegrenzungsmaßnahmen) angelegt hat, erfüllen. Danach müssen die festgelegten Schutz- und Kompensationsmaßnahmen erhebliche Beeinträchtigungen „nachweislich wirksam verhindern“.

Auch zulässig ist es, die Wirksamkeit der Schadensbegrenzungsmaßnahme durch ein Monitoring-Programm vor dem Beginn der Kühlwasserentnahme zu erproben. Solche Monitoring-Maßnahmen sind nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts prinzipiell geeignet, die Wirksamkeit von vorgesehenen Schadensbegrenzungsmaßnahmen zu belegen. (BVerwG, Urt. v. 17.01.2007 - 9 A 20.05, BVerwGE 128, 1 Rdnr. 53 f., zit. in LAWA 2008)

Kriterien der Länderarbeitsgemeinschaft zur Beurteilung von Kühlwassereinleitungen

Bei den Kraftwerken in Deutschland kommen zur Regelung des Abwärmeregimes die Grundsätze und die Kriterien der Länderarbeitsgemeinschaft

Wasser (LAWA) zur Anwendung. Sie haben zum Ziel, die Wärmeeinleitung so zu begrenzen, dass die Gewässerökologie entsprechend der lokal vorherrschenden Flora und Fauna nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Ihr zugrunde liegt die EG-Fischgewässerrichtlinie (78/659/EWG). Sie wurden zuletzt veröffentlicht 1991 (LAWA 1991) und befindet sich derzeit in Überarbeitung.

Hintergrund- und Orientierungswerte der LAWA vom 7.3.2007

Wie bereits in Kap. 3.1.3 beschrieben hat die Län derarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in einem „Arbeitspapier II“ vom 7.3.2007 (auch RAKON-Papier II-B genannt) neue Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten festgelegt, die bei der Bewertung des ökologischen Zustandes im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie zu Grunde gelegt werden sollen. Bei diesen Werten handelt es sich nicht um gesetzlich verbindliche Grenzwerte oder allgemein anzustrebenden Sanierungswerte. Definiert werden in diesem Arbeitspapier für verschiedene Gewässertypen sog. **Hintergrundwerte** für den Übergang vom „sehr guten“ zum „guten“ Zustand und **Orientierungswerte** für den Übergang vom „guten“ zum „mäßigen“ Zustand/Potential.

Der Hintergrundwert der Temperatur lässt nach heutigem Wissenstand einen sehr guten ökologischen Zustand zu. Der Orientierungswert ermöglicht einen guten ökologischen Zustand. Wenn sie höher ansteigt, tritt eine zunehmende Gefährdung für das Erreichen des guten ökologischen Zustandes ein. Somit ist nach dem LAWA-Entwurf Grundlagen für die Beurteilung von Kühlwassereinleitungen mit Stand 2008 in der Regel der Orientierungswert entscheidend für Grenzwertfestlegungen. Dabei ist aber zu beachten, dass nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie (Anhang V) die Zönose in ihrer Gesamtheit hinsichtlich Abundanz und Zusammensetzung der Gewässerflora, der benthischen wirbellosen

Fauna und der Fischfauna (diese zusätzlich mit Bewertung der Alterstruktur) bewertet wird. Damit erfolgt keine artenscharfe Betrachtung der Temperatureinflüsse, so dass auch bei Einhaltung der Orientierungswerte des RAKON-Papiers bereits einzelne Arten des betroffenen Gewässerabschnittes sehr wohl gefährdet sein können. Wo aus Gründen des Artenschutzes ein Schutz solcher Arten nötig ist, muss eine gesonderte, artenscharfe Betrachtung erfolgen, die z.B. aus der FFH-Richtlinie oder anderen Schutzziele abgeleitet werden kann (nach LAWA-Entwurf 2008).

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand gewährleisten nach LAWA diese Werte angemessen den Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft gemäß WRRL (vgl. Tabelle 2.3).

Die Nichteinhaltung der Orientierungswerte ist ein Hinweis auf mögliche ökologisch wirksame Defizite. Zeigen die biologischen Qualitätskriterien (QK) einen sehr guten oder guten Zustand an, führt eine Überschreitung der Orientierungswerte dann zu einer Abstufung, wenn die biologische Bewertung für diese Stelle unsicher ist (CIS-Leitlinie). Andererseits können die Orientierungswerte auch angepasst werden, wenn von gesicherten biologischen Ergebnissen auszugehen ist.

Hintergrund- und Orientierungswerte entsprechen im Grundsatz der französischen Vorgehensweise, für die allgemeinen physikalisch-chemischen Komponenten Ober- und Untergrenzen für den guten Zustand anzugeben.

Wärmelastpläne

Der Wärmelastplan ist eine ermessenslenkende Verwaltungsvorschrift. Die darin enthaltenen Festlegungen sind als Vorgaben im Rahmen des Ermessens zu berücksichtigen. Rechtliche Grundlage bildet das wasserwirtschaftliche Bewirtschaftungsermessen. Unmittelbar maßgebend ist die jeweilige wasserrechtliche Erlaubnis für eine konkrete Anlage.

Ziel eines Wärmelastplans ist es, die von Wärmeeinleitungen ausgehenden Einwirkungen in ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung zu ordnen, um z.B. den Rhein und seine Nebenflüsse gemäß den Anforderungen und Qualitätskriterien der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zu erhalten und zu verbessern. Im Zentrum steht die Summe der Wärmebelastungen im Längsverlauf des Flusses. Wärmeeinleitungen sollen so aufeinander abgestimmt werden, dass eine nachteilige Einwirkung auf das Gewässer ausgeschlossen ist.

Zu einem Wärmelastplan gehört daher sinnvollerweise auch ein hydraulisch-ökologisches Modell des Gewässers oder entsprechenden Gewässerabschnitts sowie Handlungsempfehlungen für die Genehmigungsbehörden. Für den Einzelfall der wasserrechtlichen Genehmigung einer geplanten Wärmeeinleitung sind darüber hinaus stets die hydrologischen und ökologischen Verhältnisse am Standort zu prüfen und bei der Entscheidung zu berücksichtigen.

Im Mai 1971 haben die Arbeitsgemeinschaft der deutschen Bundesländer zur Reinhaltung des Rheins den ersten bekanntgewordenen Wärmelastplan eines Fließgewässers überhaupt unter Federführung von Baden-Württemberg für den Rhein erarbeitet und veröffentlicht.

Dieser sieht als Höchsttemperatur bei Basel 25°C (max. 3°C Temperaturerhöhung) und bei Karlsruhe (Lauterbourg) 28°C (max. 5°C Temperaturerhöhung) vor. Für die Strecke dazwischen war ein gradliniger Übergang vorgesehen.

Der damalige Wärmelastplan kam bereits zu dem Ergebnis, daß die Grenzen der thermischen Belastbarkeit des Rheins 1975 erreicht und an einzelnen Punkten sogar überschritten werden würden, wenn allen geplanten Kraftwerken die reine Durchflußkühlung gestattet würde.

Wie die Schweiz hat deshalb auch die Länder-Arbeitsgemeinschaft 1971 beschlossen bei allen künftigen Großkraftwerken in Deutschland

grundsätzlich den Bau von Kühltürmen zu fordern. Trotz mehrfacher Vermittlungsversuche konnte Frankreich zu keiner ähnlichen Regelung gedrängt werden.

Auf der Ministerkonferenz von Den Haag im Oktober 1972 konnte man sich lediglich darauf einigen, dass die Atomkraftwerke Fessenheim I und II, Philippsburg I und Biblis I den Rhein in den Sommermonaten (Juli, August) nicht um mehr als 2°C erwärmen dürfen. Während die deutschen Atomkraftwerke Kühltürme bauen mussten, konnte Fessenheim auch ohne Kühltürme mit reiner Durchflusskühlung die 2° Grenze unterschreiten. Bei Niedrigwasser im Winter von Oktober bis Februar reichen allein die Blöcke Fessenheim I und II bei voller Leistung aus, um den Rhein um 2,6 Grad aufzuheizen.

Eine Fortschreibung des Wärmelastplans von 1971 wurde anfangs nicht für notwendig erachtet, da einige der ursprünglich nach 1970 geplanten Kraftwerke nicht gebaut wurden. Erst 2003 wurde die Wärmeeinleitung von der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheines (IKSR) wieder thematisiert und auf Grundlage einer Erhebung von der niederländischen Delegation eine Wärmelastberechnung mit dem Modell SOBEK durchgeführt (nähere Erläuterungen hierzu vgl. Kap.4.4.)

Bis heute konnten sich die Mitgliedsstaaten auf keinen Vertrag bezüglich der Kühlwasser-einleitungen einigen. Im Gegenteil – in der Vergangenheit wurde ein solcher von den Anrainerstaaten kategorisch abgelehnt. Seitens der Behörden und im Entwurf des Bewirtschaftungsplan wird neuerdings jedoch darauf verwiesen, dass man derzeit dabei sei, eine international abgestimmte Strategie für die Wärmeeinleitungen in den Rhein zu entwickeln. Ein komplettes Wärmemodell für den Rhein – so die Behörden – liege derzeit nicht vor. Gleichzeitig wird jedoch konstatiert, dass ein solches zur Einschätzung der Gesamtsituation im Genehmigungsverfahren auch nicht notwendig sei, weil den Berechnungen an den einzelnen Standorten die jeweils ungünstigsten aller

prognostizierbaren Annahmen zugrunde liegen (vgl. wasserrechtliche Genehmigung zum Bau des Rheindampfkraftwerks in Karlsruhe).

2.3 Wasserentnahmegeld & Abwärmeabgabe

Eine Abwärmeabgabe war bereits in den 70er und 80er Jahren im Gespräch. U.a. war daran gedacht worden, die Abwärme zu einem „Zahlparameter“ des Abwasserabgabengesetzes zu machen: Neben dem Chemischen Sauerstoffbedarf (CSB, ein Maß für die organische Belastung des Abwassers), den absetzbaren Stoffen und den beiden giftigen Schwermetallen Quecksilber und Cadmium sollten auch die Abwärme-Einleitungen in die Gewässer mit einer Abgabe belegt werden. Dazu kam es aber nicht, weil im Jahr 1983 die Abwärmekommission von einer Abwärmeabgabe abgeraten hatte. Die Abwärmekommission war im Jahr 1973 vom damaligen - auch für den Umweltschutz zuständigen - Bundesinnenministerium berufen worden. Die Fachleute in der

Abwärmekommission sollten die Auswirkungen anthropogener Wärmefreisetzung auf die Umwelt ermitteln. Ferner war es Aufgabe der Kommission, der Regierung Empfehlungen zur Lösung der Abwärmeprobleme zu unterbreiten. Zu untersuchen war auch, ob mit dem „ökonomischen Hebel“ einer Abwärmeabgabe die Energieeffizienz erhöht werden könnte. Ferner sollte die Kommission eruieren, wie man die vereinnahmten Mittel aus der Abwärmeabgabe zielgerichtet in eine Reduzierung der Abwärmelast hätte reinvestieren können.

Nach insgesamt neunjähriger Tätigkeit wurden die zahlreichen Stellungnahmen, Empfehlungen und Berichte 1983 zu einem Abschlussbericht verdichtet und an den damaligen Bundesinnenminister Friedrich Zimmermann (CSU) übergeben. Fazit der Abwärmekommission: Eine Abwärmeabgabe sei nicht zu empfehlen.

Rhein Nebenflüsse vor dem Sauerstoffmangel-Kollaps

Die Abwärmeabgabe war seinerzeit hauptsächlich unter dem Aspekt der damals noch hohen organischen Belastung der deutschen Flüsse diskutiert worden. Im Zusammenwirken mit der hohen Konzentration sauerstoffzehrender Substanzen drohte die Abwärmelast immer wieder zu Sauerstoffengpässen zu führen. Diese Gefahr bestand hauptsächlich für die stauregulierten Nebenflüsse des Rheins. Dort kam es in den 70er und 80er Jahre periodisch zu Fischsterben.

Die Abwärmekommission erwartete jedoch einen raschen Fortschritt bei der Abwasserreinigung. Deshalb wurde angenommen, dass die organische Fracht in den Fließgewässern binnen weniger Jahre drastisch abnehmen würde. Da dann nicht mehr mit Sauerstoffdefiziten zu rechnen sei, würde sich eine Abwärmeabgabe erübrigen.

Der BUND hatte dieser Auffassung seinerzeit widersprochen. So kritisierte beispielsweise Reiner Hildebrand in der BUND-Mitgliederzeitschrift „Natur + Umwelt“ 2/1984 unter der Überschrift „Eine Kommission und die Abwärme – Eine kritische

Tabelle 2.4
Wasserentnahme-
entgelte in Baden-
Württemberg

| Jahr | WEE | davon: | | | |
|-------------------|-------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|--|
| | | Auf- kommen | Industrie Eigen- wasser | Kraft- werke ¹ | Öffentliche Wasser- versorgung ² |
| 1997 | 73 | 18 | 21 | 34 | < 0,1 |
| 1998 ³ | 81 | 18 | 29 | 34 | < 0,1 |
| 1999 | 99 | 19 | 46 | 34 | < 0,1 |
| 2000 | 93 | 17 | 42 | 32 | < 0,1 |
| 2001 | 79 | 17 | 29 | 33 | < 0,1 |
| 2002 | 98 | 17 | 49 | 32 | < 0,1 |
| 2003 | 88 | 13 | 44 | 31 | < 0,1 |
| 2004 | 88 | 12 | 44 | 32 | < 0,1 |
| 2005 | 81,1 | 10 ⁴ | 39,9 | 31,5 | < 0,1 |
| 2006 | 86,5 | 11,64 | 45,1 | 29,7 | < 0,1 |
| Durch- schnitt | 86,66 | 15,26 | 38,9 | 32,32 | |

Das Aufkommen und die Verteilung des Wasserentnahmeentgelts (WEE) stellen sich wie folgt dar (Mio. EUR pro Jahr, gerundet):

¹ Schwankungen durch zeitliche Verschiebung der Festsetzung und der Zahlung.

² ca. 70 % Haushalte und ca. 30 % Industrie, Handel und Gewerbe.

³ Erhöhung Kraftwerke ab 1. Januar 1998.

⁴ Schätzung (aufgerundet)

Würdigung der Arbeit der Abwärmekommission“ die Positionierung der Kommission. Wegen der Schädigungen der Lebensgemeinschaften in den Flüssen durch die Abwärmefracht rief Hildebrand den BUND auf, „die Forderung nach einer Abgabe für die Einleitung von Kühlwasser in Gewässer (Abwärmeabgabe) aktiv zu unterstützen“.

Nach dem Scheitern der Abwärmeabgabe in den frühen 80er Jahren und der tatsächlich deutlichen Verbesserung der Gewässergüte geriet die Idee einer Abwärmeabgabe lange in Vergessenheit. Die Behörden vertreten bis heute die Meinung, dass die Temperaturlimits in der EG-Fischgewässer-Richtlinie sowie in den entsprechenden Verordnungen der Bundesländer ausreichend seien, um eine ausreichende Gewässergüte gewährleisten zu können.

Ein Instrumentenmix aus Abwärmeabgabe, Wasserentnahmeentgelten und Mindestwirkungsgraden?

Mit der vorliegenden Studie unternimmt der BUND u.a. den Versuch, die Diskussion über die Sinnhaftigkeit einer Abwärmeabgabe wieder neu aufzulegen. Eine Abwärmeabgabe ist im Zusammenhang mit den Wasserentnahmeentgelten zu sehen, die in der Mehrzahl der Bundesländer auch für die Entnahme von Kühlwasser erhoben werden. Allerdings werden die Kühlwasserentnahmen mit einem besonders geringen Entgelt belegt: Teilweise liegen die Entgeltsätze pro Kubikmeter zehnmal niedriger als für Grundwasserentnahmen zu Gunsten der öffentlichen Wasserwerke (vgl. Tabelle 2.4). Gleichwohl haben Energieerzeuger und industrielle Kühlwassernutzer immer wieder versucht, gegen die monetäre Belastung der Kühlwasserentnahmen juristisch vorzugehen. Zuletzt hat die BASF gegen den baden-württembergischen „Wasserpennig“ geklagt – um sich letztlich mit dem Land Baden-Württemberg auf einen Vergleich zu einigen.

Im Vergleich zu den rein kubikmeterbezogenen Wasserentnahmeentgelten der Bundesländer

würde eine Abwärmeabgabe zusätzlich und zielgerichtet die mit dem Kühlwasser abgegebene Abwärmefracht monetär belasten. Die Sinnhaftigkeit einer Abwärmeabgabe wäre auch in Relation zu Energieeffizienzvorgaben zu diskutieren: Im Rahmen der Diskussionen um das Umweltgesetzbuch haben die Umweltverbände die Forderung erhoben, dass die Genehmigungsfähigkeit neuer Kraftwerke von einem Mindestwirkungsgrad bei der Energieumwandlung von Primärenergie in Strom und Nutzwärme abhängig gemacht werden sollte. Die Vorgabe von Mindestwirkungsgraden war nicht in die Referentenentwürfe zum Umweltgesetzbuch übernommen worden. Inzwischen ist das Umweltgesetzbuch auf Grund des Widerstandes der CSU zumindest für diese Legislaturperiode völlig gescheitert.

In der nächsten Legislaturperiode (ab Sept. 2009) kommt das Umweltgesetzbuch aber möglicherweise wieder in den Bundestag. Ferner kann man davon ausgehen, dass auch eine Neufassung des Abwasserabgabengesetzes in den Bundestag eingebracht werden wird. Die BUND-Landesverbände entlang des Rheins rufen deshalb die Umweltverbände dazu auf, sich jetzt schon Gedanken zu machen, wie man

- die Wasserentnahmeentgelte der Bundesländer,
- ein Bundeswasserentnahmeentgelt, das im Zusammenhang mit einer möglichen Wiederaufgabe des Projektes Umweltgesetzbuches diskutiert werden könnte,
- sowie eine Abwärmeabgabe als Bestandteil einer Neufassung des Abwasserabgabengesetzes

so gegeneinander abgewogen werden können, dass ein optimaler Instrumentenmix zum Schutz der Umwelt kreiert werden kann.

Einer der Abschlussberichte der Abwärmekommission wurde unter dem Titel „Stellungnahme der Abwärmekommission zur Frage der Einführung einer Abwärmeabgabe“ veröffentlicht – und zwar in der Reihe „Berichte der Abwärmekommission“ als Bericht 82-2, herausgegeben vom Umweltbundesamt, erschienen im Erich Schmidt Verlag, Bielefeld, Berlin. Eine kurze Zusammenfassung wurde in der UMSCHAU Heft 22, 1983, S. 656 – 657, abgedruckt.



3. Wassertemperaturen im Rhein

In der für das Rheineinzugsgebiet typischen Zone des gemäßigten Klimas liegen die Wassertemperaturen üblicherweise zwischen 0 und 25 Grad. Erst mit der Belastung von Abwärme durch Kühlwassereinleitungen und der Klimaerwärmung werden Temperaturen von 28°C und mehr erreicht. Die Auswertung des Einflusses des Klimawandels wird stark durch Kühlwassereinleitungen, Verstädterung (Kläranlagen) und Staustufen- und Speicherausbau erschwert (Webb et al. 2008).

3.1 Aktuelle Temperaturdaten

Kontinuierliche Wassertemperaturmessungen sind in größerem Umfang erst in den letzten Jahrzehnten technisch möglich und an vielen Messtellen sind Messtechnik und -konzept noch nicht optimiert. Seit den 1970er Jahren erkennt man bei den mittleren Wassertemperaturen einen Anstieg um etwa 2,5°C (vgl. Abb. 3.1).

Aus Abb. 3.2 geht hervor, dass die Temperaturen im Sommer 2003 häufig über 23°C lagen (31 Tage) und die maximale Temperatur die 28°C in Worms, Koblenz und Mainz übersteigt.

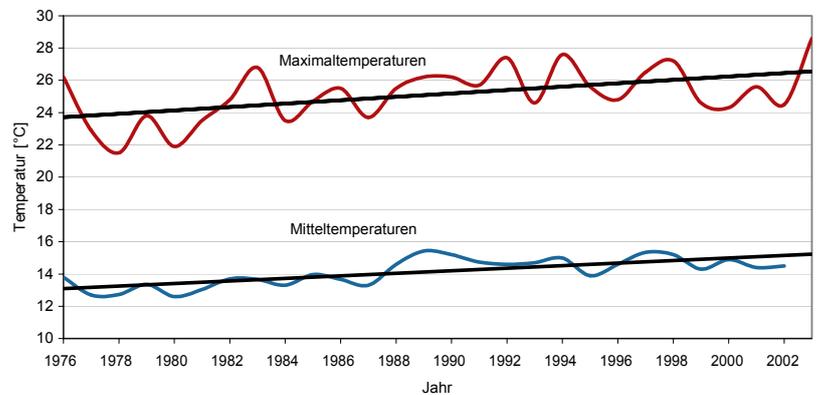
In Sommern, wie 2003 kann unter den aktuellen Einleitbedingungen am Rhein die maximale Wassertemperatur gemäß EG-Richtlinie 78/659/EEG nicht eingehalten werden.

3.2 Änderungen der Wassertemperatur

Aussagen zu statistischen Änderungen der Wassertemperaturen sind mit Vorsicht zu interpretieren. Insbesondere der Einfluss des Klimawandels lässt sich durch die vielen Einflussfaktoren (Kläranlagen, Staustufenbau, Kühlwassereinleitungen) nur vergleichsweise schwer abschätzen (Webb et al. 2008).

Rhein-Einzugsgebiet:

Niederländische Untersuchungen haben eine Zunahme der Wassertemperatur im Rhein (Pegel Lobith) seit 1900 um 3°C festgestellt. Dabei gehen 2°C auf die Einleitung von Kühlwasser und 1°C auf die Klimaänderung zurück. Die Tage, an denen



die Wassertemperatur 23°C und 25°C übersteigt nehmen in den letzten Jahren deutlich zu (vgl. Abb. 3.3). Auswertungen von 7 Gewässern aus der Schweiz zeigen, dass die Wassertemperatur zwischen 1954–2006 um bis zu 2°C zugenommen haben (Schädler 2008). Allein zwischen 1978 und 2002 sind die Wassertemperaturen von 25 alpinen Gewässern um 0,4°C bis 1,6°C gestiegen. Die Wasser- und Lufttemperaturen weisen dabei einen parallelen Anstieg (Trend) auf. Im gleichen Zeitraum lässt sich dagegen bei den Abflüssen kein Trend erkennen, woraus die Autoren ableiten, dass die „Klimaerwärmung“ einen wesentlichen Anteil an der Erhöhung der Wassertemperatur haben (Hari & Güttinger 2004).

Nordrhein-Westfalen berichtet, dass zwischen 1978–1988 und 1995–2005 die Rhein-Wassertemperatur im Mittel um 1,2°C zugenommen hat. Das Ministerium für Umwelt und Naturschutz,

Abb. 3.1

Verlauf der mittleren Jahrestemperatur und des jährlichen Maximums der Tagesdurchschnittstemperaturen im Rhein bei Mainz 1976 bis 2003 (aus IKSR 2004).

Abb. 3.2

Verlauf der mittleren Tagestemperatur im Rhein im August 2003 (aus IKSR 2004).

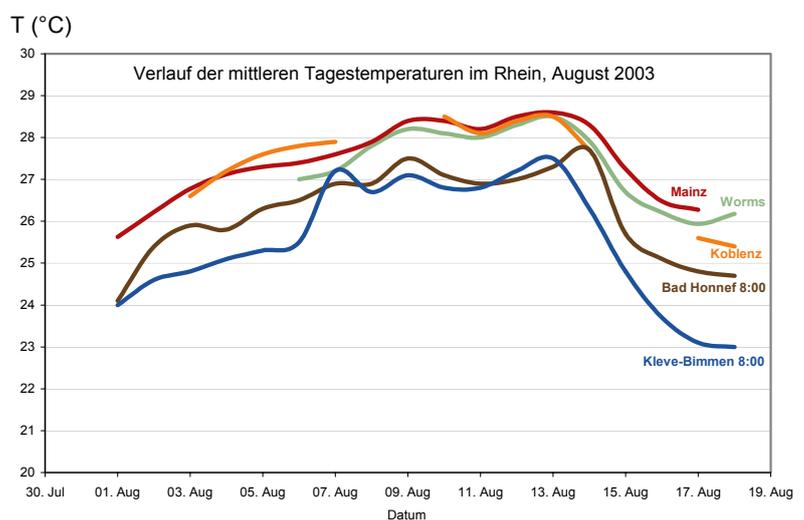


Tabelle 3.1

Auswirkungen auf den Kraftwerksbetrieb am Rhein im Hitzesommer 2003

| Allgemein | |
|---|--|
| Ausnahmeregelung Baden-Württemberg | Der Rhein durfte durch Einleiten von Kühlwasser zeitweise auf 30°C statt auf höchstens 28°C erwärmt werden. Für die Überwachung der ökologischen Belastung des Rheins und des Neckars ist Landesanstalt für Umwelt (heute LUBW) zuständig. |
| Rhein | |
| Atomkraftwerk Philippsburg (Baden-Württemberg) | Auf Anordnung des Umweltministeriums wurde die Leistung auf 80% reduziert; EnBW wies nach, dass Block II auch bei höheren Rheinwassertemperaturen sicher betrieben werden kann; diesen TÜV-geprüften Nachweis wollte EnBW auch für Block I vorlegen; bis zum 19.08.2003 durfte das Wasser des Rheins zum Kühlen höchstens 25°C warm sein. |
| Dampfkraftwerke Karlsruhe/Rhein | Sondergenehmigung für die Überschreitung der in den Wasserrechten der Kraftwerke festgelegten Einleitungsbedingungen. |
| Atomkraftwerk Biblis (Hessen) | Zusätzliche Kühltürme am Block B waren mehrere Wochen in Betrieb, um die Wärmebelastung des Rheins zu reduzieren. Am 07.08.2003 wurden zusätzlich die Kühltürme des zu dieser Zeit stillgelegten Blocks A aktiviert, um einer zu starken Wärmebelastung des Rheins vorzubeugen. Vorsorglich wurde eine Ausnahmegenehmigung erteilt. Vom 8. bis 12. August 2003 kam es zu einer Leistungsminderung im Block B im Tagesverlauf um bis zu 50%. Vom 21. bis 31. Juli 2006 mußte in beiden Blöcken die Leistung um bis zu 20% vermindert werden (Drucksache 17/366 Hessischer Landtag). |
| Neckar | |
| Atomkraftwerk Obrigheim/Neckar (Baden-Württemberg) | Zeitweise mußte das AKW (Zwangs-) abgeschaltet werden. Die Routinemäßige Jahrsprüfung wurde um zehn Tage vorgezogen. |
| Atomkraftwerk Neckarwestheim/Neckar (Baden-Württemberg) | Auf Anordnung des Umweltministeriums wurde die Leistung auf 80% reduziert. Landesregierung erließ eine Ausnahmeregelung: der Neckar durfte durch Einleiten von Kühlwasser auf 30°C statt auf höchstens 28°C erwärmt werden. Ein Wärmekraftwerk flussaufwärts wurde abgeschaltet. |
| Dampfkraftwerk Heilbronn/Neckar (Baden-Württemberg) | Es wurde eine Sondergenehmigung für die Überschreitung der festgelegten Einleitungsbedingungen erteilt. |
| Main | |
| Kraftwerk Staudinger | 2003 mußte an etwa 53 Tagen (Leistungsverlust 103 MW, 209,2 Std.) und im Jahr 2006 an etwa 2 Tagen (Leistungsverlust 56 MW, 1,7 Std.) die Leistung im Kraftwerk Staudinger reduziert werden, um die im wasserrechtlichen Erlaubnisbescheid begrenzte Mischtemperatur von 28 °C im Main einzuhalten. |
| Kraftwerk Niederrad, Mainova | 2003, 2006 Leistungsminderung um bis zu 50% an ca. 7 Tagen (Drucksache 17/366 Hessischer Landtag) |
| Kraftwerk Frankfurt West, Mainova | 2003, 2006 Leistungsminderung um bis zu 15% an ca. 7 Tagen (Drucksache 17/366 Hessischer Landtag) |

Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW rechnet mit einer weiteren Zunahme der mittleren und maximalen Fließgewässertemperaturen und einer Ausdehnung von Perioden mit

hohen Wassertemperaturen (MUNLV 2007a:16 MUNLV 2007b:32).

Bereits in den Sommern der Jahre 2003 und 2006 fielen zeitlich ein hoher Strombedarf mit kritisch hohen Wassertemperaturen, geringer Wasserführung und hohen Abwasseranteilen aus Kläranlagen zusammen. Einschränkungen in der Kühlwasserversorgung der Kraftwerke und kritische Bedingungen insbesondere für Fische waren die Folge. Betroffen waren besonders der Neckar, der Main und die Wupper (IKSR 2006b). Auf Grund der im Rhein erreichten maximalen Wassertemperaturen von mehr als 28°C in den Sommern 2003 und 2006 wurden in den Rhein-Anliegerstaaten auch weitergehende Maßnahmen zur Beschränkungen der Wärmeeinleitungen in kritischen Situationen diskutiert, vgl. Tabelle 3.1 (IKSR 2006b). Ein akuter Handlungsbedarf wurde jedoch nicht gesehen, da die Wärmeinträge (< 200 MW) durch Kühlwasser zwischen 1989 und 2004 um ca. 13 % abgenommen hatten (IKSR 2006a).

Kein Eisgang mehr seit 1963

Zum letzten mal vollständig zugefroren war der Rhein im Jahr 1929. Wie aus Abb. 3.3 hervorgeht, haben die Tage, an denen die Wassertemperaturen unter 1°C fallen, seit 1908 stark abgenommen. Seit 1963 hat es auf dem Rhein keinen Eisgang mehr gegeben. Das liegt zum einen daran, dass die Wintermonate immer wieder durch Wärmeperioden unterbrochen werden, zum anderen aber auch an den massiven Wärmeeinleitungen der Kraftwerke, der Kläranlagen und der Industrie seit den 1970er Jahren.

Temperatursprünge

An einigen Abschnitten des Rheins und seiner Nebenflüsse sind die Kühlwassereinleitungen so massiv, dass Temperatursprünge von mehr als 1,5°C auftreten.

Die stärksten Erwärmungen durch Kühlwassereinleitungen im Rhein misst man bei Karlsruhe und bei Mainz (Abb. 3.2). Nach holländischen Modellberechnungen liegen die höchsten Temp-



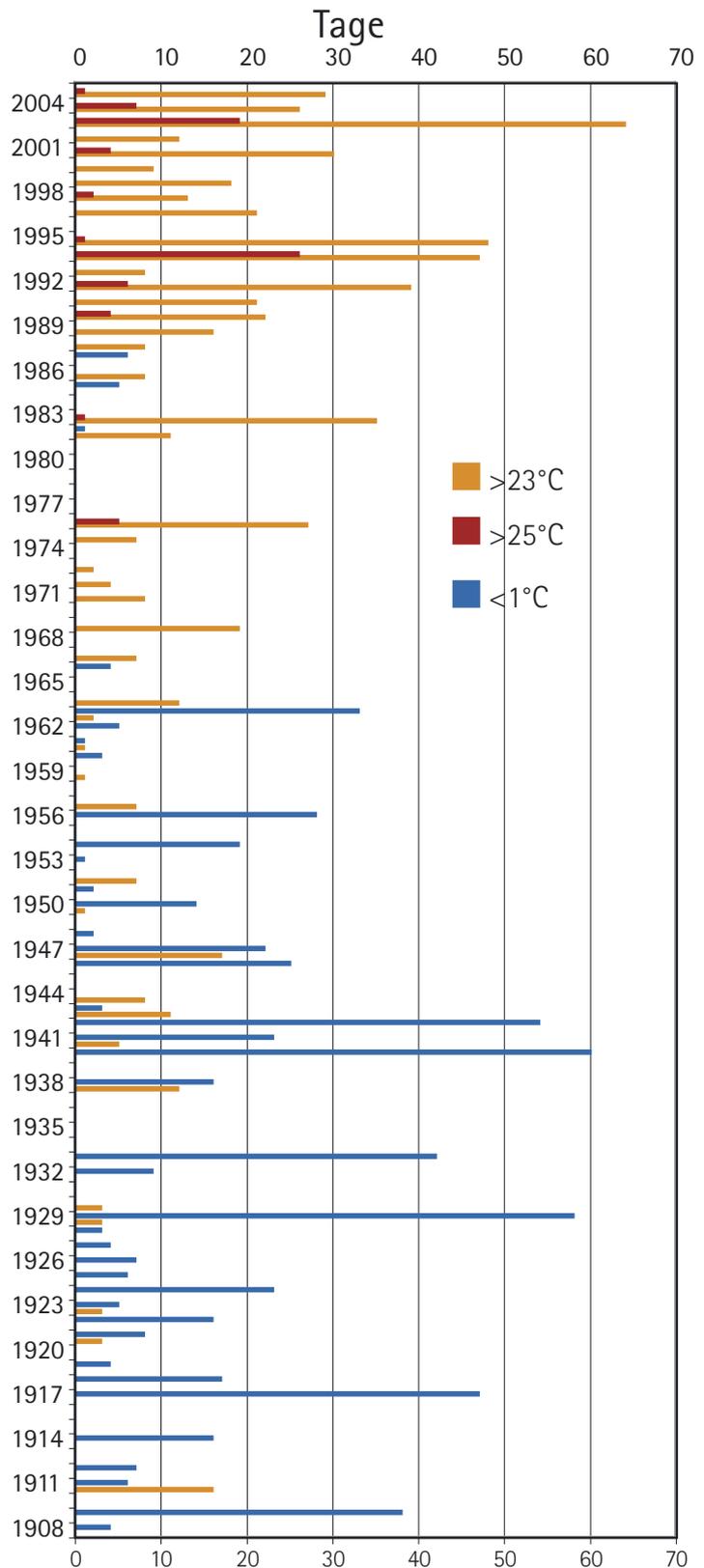
eraturerhöhungen gegenüber dem durch Kühlwassereinleitungen unbeeinflussten Zustand zwischen 3,7 und 6,2°C bei Mainz. An der deutsch-niederländischen Grenze (Messstelle Lobith) ist noch mit einer Temperaturerhöhung zwischen 2,4 bis 3,5°C gegenüber den „natürlichen“ Wassertemperaturen zu rechnen. Den Modellrechnungen lagen die jeweils maximal genehmigten Wärmemengen zugrunde (IKSR 2006c).

Abflussregime des Rheins

Im Verlauf des 20. Jahrhunderts hat sich das Abflussregime des Rheins statistisch stark verändert. In den Winterhalbjahren gibt es über die letzten 100 Jahre in den meisten Teileinzugsgebieten einen mehr oder minder gut statistisch abgesicherten Trend zu einer Abflusszunahme. Die Niedrigwasserextreme nehmen im Einflussbereich der Alpen statistisch gesehen ab. Dieser Trend ist am Niederrhein nur noch schwach oder gar nicht mehr statistisch belegbar.

Seit den 1970er Jahren gibt es im Alpen beeinflussten Rheingebiet eine leichte Tendenz zu einer gegenteiligen Entwicklung, also einer Zunahme der Niedrigwasserextreme. Diese sind jedoch bisher statistisch nicht signifikant.

Abb. 3.3
Anzahl von Tagen,
die bestimmte Wasser-
temperaturen im
Rhein (1908-2005)
bei Lobith unter- bzw.
überschreiten
[www.waterbase.nl].



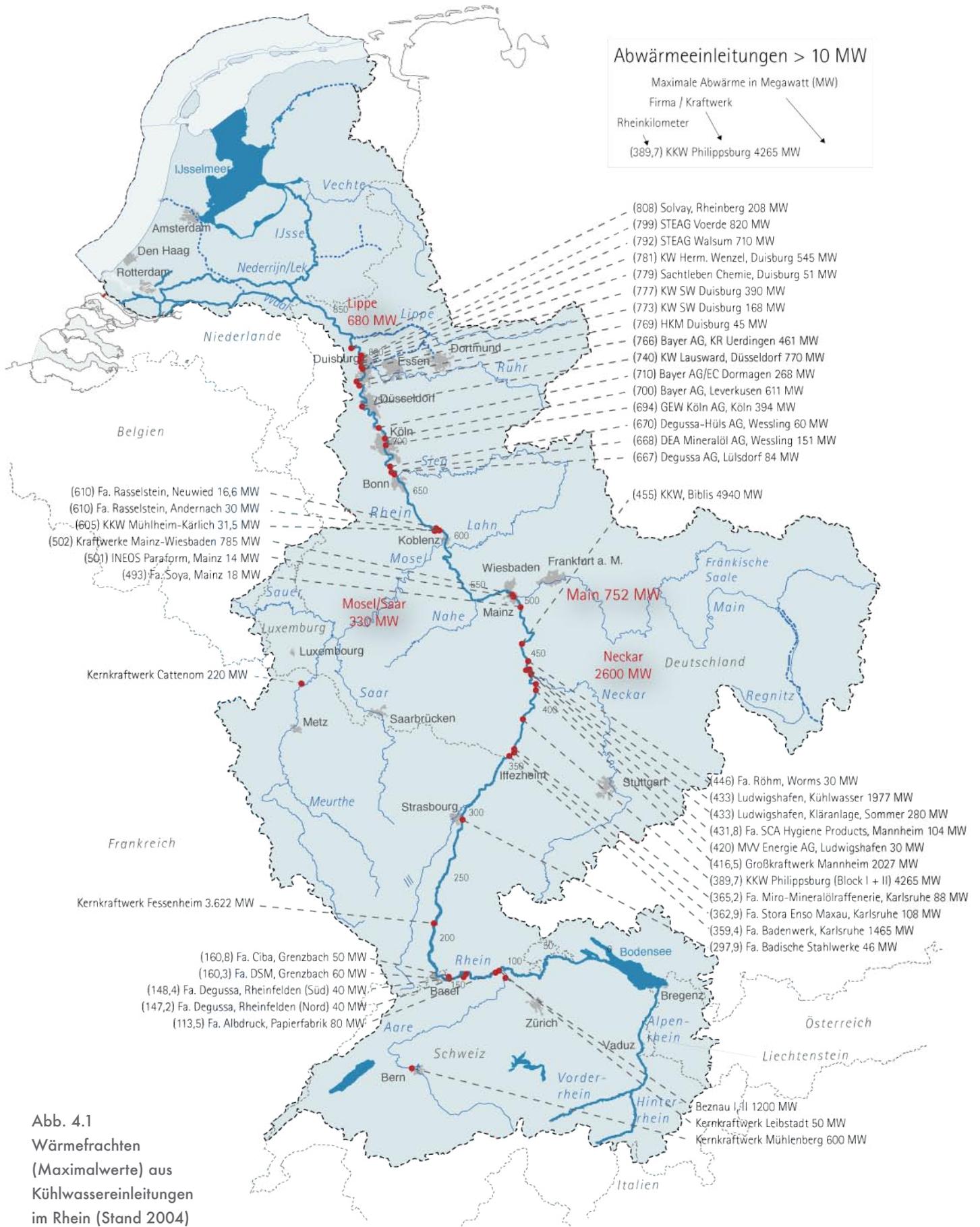


Abb. 4.1
 Wärmefrachten
 (Maximalwerte) aus
 Kühlwassereinleitungen
 im Rhein (Stand 2004)

4. Abwärmelast des Rheins und seiner Nebenflüsse

Es liegt derzeit kein aktuelles Abwärmekataster für den Rhein und seine Nebenflüsse vor. Die letzte Inventarisierung auf Grundlage der wasserrechtlichen Bescheide stammt aus dem Jahr 1989.

4.1 Rhein

Die letzte Erhebung für die deutschen Einleitungen im Rheineinzugsgebiet stammt von der IKSR aus dem Jahr 2006 mit Bezugsdaten zwischen 2000 und 2004 (IKSR Dokument Nr. S 30-06Sd_rev_24.10.06 Anlage 1). Danach stammen etwa 78% (17309 MW) der Abwärmefrachten aus den Kraftwerken (vgl. Tabelle 4.1, Abb. 4.1, Tabelle 4.2).

4.2 Neckar

Der Neckar ist noch mit Kühlwassereinleitungen stark belastet (vgl. Abb. 4.3, Tabelle 4.4). Nach der Inventarisierung aus dem Jahr 2004 liegt die maximal theoretisch erlaubte Abwärmeeinleitung bei fast 3300 MW. Inzwischen wurde das Atomkraftwerk Obrigheim stillgelegt und es sind nunmehr noch etwa 2600 MW. Davon ist der weitaus größte Abwärmeeinleiter das Atomkraftwerk Neckarwestheim I (GKN I) mit über 1800 MW (wasserrechtliche Genehmigung befristet bis 2021). Der zweitgrößte Einleiter ist das mit Kohle betriebene Wärmekraftwerk Heilbronn mit ca. 430 MW (wasserrechtliche Genehmigung bis 2015).

Hohe Temperaturen und hohe Phosphor-Gehalte führen bei niedrigen Abflüssen im staugeregelten Neckar zur massenhaften Entwicklung von Algen. Beim Absterben der Algen kommt es durch bakteriellen Abbau zu niedrigen Sauerstoffkonzentrationen und damit zu einer Gefährdung von Fischen und anderen Lebewesen im Neckar. Aus diesem Grund wurde am 01.06.2003 das Sauerstoffreglement Neckar in Kraft gesetzt. Das Reglement beruht auf einer Selbstverpflichtung der Kraftwerksbetreiber und der Stadt Stuttgart. Im Bedarfsfall sind nach einem durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-

Tabelle 4.1

Wärmefrachten (Maximalwerte) aus Kühlwassereinleitungen im Rhein aus Deutschland (nach IKSR Anlage 1 S 30-06sd_rev_24.10.06)

| Industrielle Einleitungen | | | |
|-------------------------------|---|---------------|--|
| Rhein-km | Einleitung | Abwärme in MW | Bemerkung |
| 113,50 | Fa. Albruck, Papierfabrik | 80 | |
| 147,2 | Fa. Evonik, Rheinfelden (Nord) | 40 | |
| 148,4 | Fa. Evonik, Rheinfelden (Süd) | 40 | |
| 160,3 | Fa. DSM, Grenzbach | 60 | |
| 160,8 | Fa. Ciba, Grenzbach | 50 | |
| 297,9 | Fa. Badische Stahlwerke | 46 | |
| 362,9 | Fa. Stora Enso Maxau, Karlsruhe | 108 | |
| 365,2 | Fa. Miro-Mineralölraffinerie, Karlsruhe | 88 | |
| 431,8 | Fa. SCA Hygiene Products, Mannheim | 104 | |
| 433 | Ludwigshafen, Kühlwasser | 1977 | |
| 433 | Ludwigshafen, Kläranlage, Sommer | 280 | |
| 446 | Fa. Röhm, Worms | 30 | Schätzung |
| 493 | Fa. Soya, Mainz | 18 | Schätzung |
| 501 | INEOS Paraform, Mainz | 14 | Schätzung |
| 610 | Fa. Rasselstein, Andernach | 30 | Schätzung |
| 610 | Fa. Rasselstein, Neuwied | 16,6 | Bescheidwert, Ableitung in Wied |
| 667 | Evonik, Lülldorf | 84 | |
| 668 | DEA Mineralöl AG, Wessling | 151 | |
| 670 | Evonik, Wessling | 60 | |
| 700 | Bayer AG, Leverkusen | 611 | Inventarerhebung 2000 |
| 710 | Bayer AG/EC Dormagen | 268 | Inventarerhebung 2000 |
| 766 | Bayer AG, KR Uerdingen | 461 | Inventarerhebung 2000 |
| 769 | HKM Duisburg | 45 | |
| 779 | Sachtleben Chemie, Duisburg | 51 | |
| 808 | Solvay, Rheinberg | 208 | wasserrechtliche Genehmigung |
| | Summe | 4920,6 | |
| Eiementungen durch Kraftwerke | | | |
| 359,4 | ENBW, Karlsruhe | 1465 | |
| 389,7 | Atomkraftwerk (AKW) Philippsburg | 4265 | (Block I + II) |
| 416,5 | Großkraftwerk Mannheim | 2027 | |
| 420 | MVV Energie AG, Ludwigshafen | 30 | Schätzung |
| 455 | Atomkraftwerk (AKW) Biblis | 4940 | Maximalwert (Bescheid) ab 788 m ³ /s, 1674 MW bei 400 m ³ /s |
| 502 | Kraftwerke Mainz-Wiesbaden | 785 | 385 MW mit Rückkühlung |
| 694 | Rheinernergie AG, Köln | 394 | Inventarerhebung 2000 |
| 740 | KW Lausward, Düsseldorf | 770 | wasserrechtliche Genehmigung |
| 773 | KW SW Duisburg | 168 | |
| 777 | KW SW Duisburg | 390 | wasserrechtliche Genehmigung |
| 781 | KW Herm. Wenzel, Duisburg | 545 | wasserrechtliche Genehmigung |
| 792 | STEAG Walsum | 710 | wasserrechtliche Genehmigung |
| 799 | STEAG Voerde | 820 | wasserrechtliche Genehmigung |
| | Summe | 17309 | |

Tabelle 4.2
Relevante im Längsverlauf aufsummierte Wärmefrachten aus Kühlwassereinleitungen in den Nebenflüssen des Rheins

| Fluss | Land | MW | Bemerkung |
|----------------|--------|-------------|--------------------|
| Aare/Hochrhein | CH | 1800 | Maximale Wärmelast |
| Neckar | BW | 2600 | Maximale Wärmelast |
| Main | HE/BAY | 750 | vgl. Kap. 4.3 |
| Mosel/Saar | RP/F | 330 | IKSR 2006 |
| Lippe | NRW | 680 | vgl. Kap. 4.5 |
| Summe | | 6120 | |

Württemberg (LUBW) festgelegten Ablaufschema Belüftungsmaßnahmen im Neckar umzusetzen. Nach dem Reglement werden bei Sauerstoffgehalten unter 3,5mg/l (Hofen –Besigheim) bzw. 4 mg/l (Guttenbach-Neckargemünd) durch Wehrabsenkungen mit einem Wehrüberfall von 1 m³/s und durch Belüften des Ausflusses der Kläranlage Stuttgart-Mühlhausen sauerstoffreiche Zonen für Fische geschaffen. Bei weiter sinkenden Sauerstoffgehalten werden die Turbinen in dazu geeigneten Kraftwerken zum belüften eingesetzt und bei Sauerstoffgehalten <2,5mg/l ist die Zuschaltung von Kühltürmen ohne Kraftwerksbetrieb vereinbart.

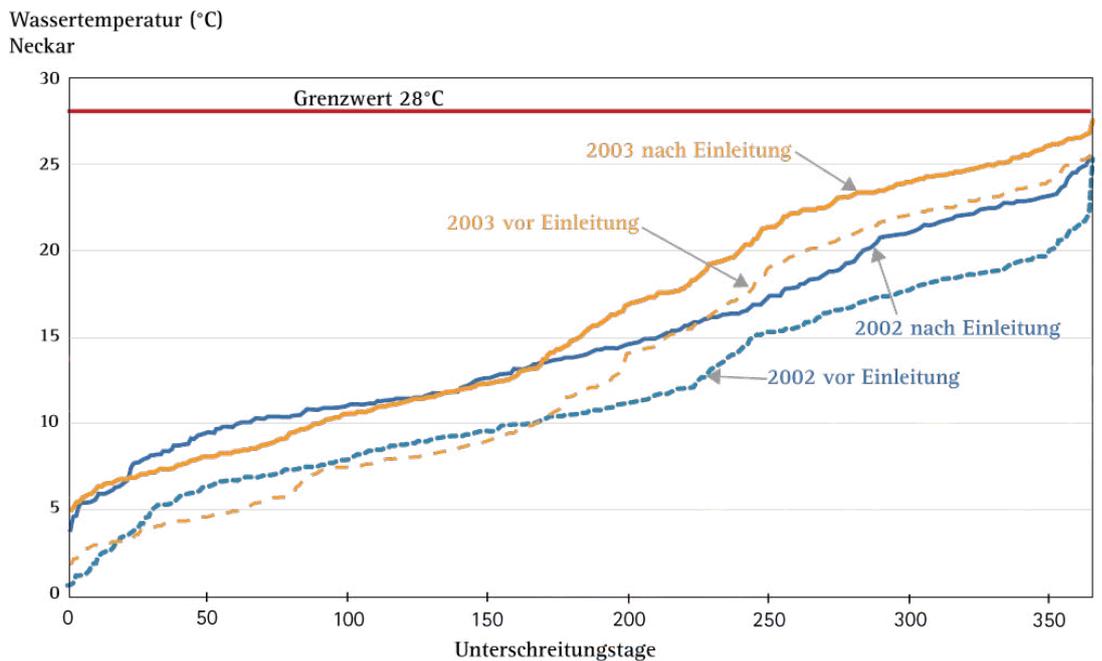
Tabelle 4.3
Jährliche Abwärmemenge in den Neckar (1999-2003 durch GKN I); Unterlagen zur wasserrechtlichen Genehmigung, Auswertungen Kühlwassertagebücher GKN I

| Jahr | Abwärmemenge in den Neckar [MWh/a] | Mittlere Abwärmeleistung MW |
|------|------------------------------------|-----------------------------|
| 2003 | 6237662 | 712,1 |
| 2002 | 11268640 | 1286,4 |
| 2001 | 8724135 | 995,9 |
| 2000 | 7316910 | 835,3 |
| 1999 | 7364746 | 840,7 |

Beispiel Atomkraftwerk Neckarwestheim I (GKN I)

Die im GKN I abzuführende Kondensationswärme liegt bei etwa 1660 MW. Bei einer maximal zulässigen Aufwärmspanne von 10 K entspricht dies einem rechnerischen Kühlwasserbedarf bei Durchlaufkühlung von 43,7 m³/s (43,7 [m³] * 4,2 [MW/m³/s*K] * 10 [K] = 1663,2 MW). Um die rechnerische maximal zulässige Mischtemperatur von 28°C einzuhalten, wird nach Bedarf ein Kühlturm zugeschaltet. Je nachdem wie häufig

Abb. 4.2
Tagesmitteltemperaturen im Neckar vor (gemessen) und nach (berechnet) der Kühlwassereinleitung des AKW Neckarwestheim GKN I im Jahr 2002 und 2003



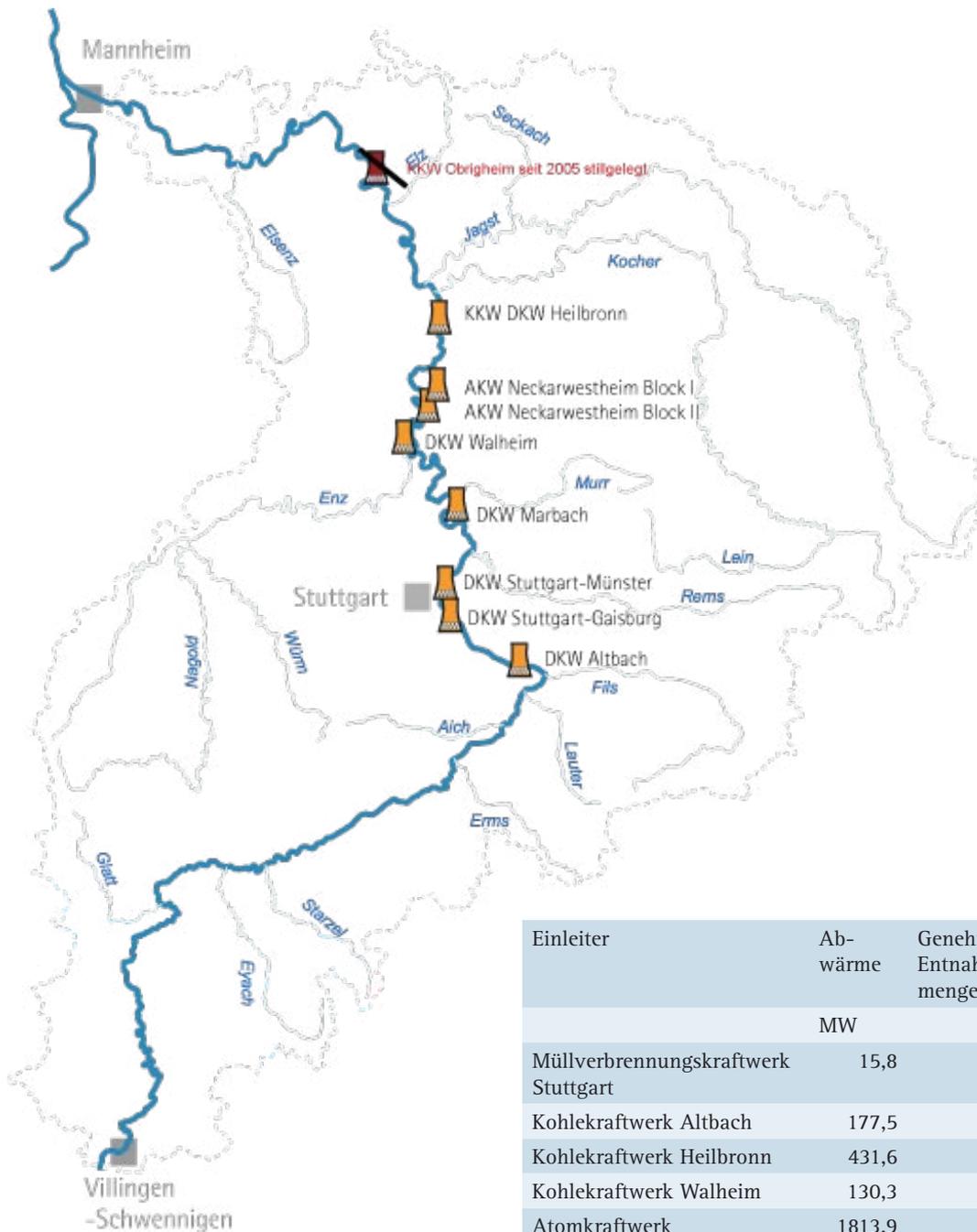


Abb. 4.3
Kühlwassereinleitungen
in den Neckar
(nach Haag et al.
2005)

Tabelle 4.4
Kühlwassereinleitungen
in den Neckar
(Maximale Wärmemengen, Stand 2004
ohne das seit 2005
stillgelegte AKW
Obrigheim, aus Bewirtschaftungsplan Neckar
Anhang zu Kap. 6)

der Kühlturm eingesetzt wird, können die Abwärmemengen sehr unterschiedlich ausfallen (vgl. Abb. 4.2). In abflussreichen, kühleren Jahren ist im Falle des GKN I die tatsächlich in den Neckar eingeleitete Abwärme deutlich höher als in abflussarmen und wärmeren Jahren wie 2003 (Tabelle 4.3).

| Einleiter | Abwärme | Genehmigte Entnahmemenge | Bemerkungen |
|---|----------|--------------------------|---|
| | MW | m ³ /s | |
| Müllverbrennungskraftwerk Stuttgart | 15,8 | | |
| Kohlekraftwerk Altbach | 177,5 | | |
| Kohlekraftwerk Heilbronn | 431,6 | 23 | Genehmigung 2015 |
| Kohlekraftwerk Walheim | 130,3 | 8 | |
| Atomkraftwerk Neckarwestheim (GKN I,II) | 1813,9 | 45,2 | Genehmigung 2021; Restlaufzeit GKN I bis 2010 |
| Papierfabrik Aalen-Neukochen | 7,1 | | |
| GuD-Kraftwerk Aalen-Unterkochen | 8 | | Kohle durch GuD ersetzt |
| Ladenburg | 13,4 | | |
| Summe | ca. 2600 | | |

Abb. 4.4
Übersichtsplan
zum Main mit
den wichtigsten
Wärmeeinleitern



Die Wassertemperatur des Neckars war nach der Kühlwassereinleitung im Jahr 2002 durchschnittlich rund 3°C wärmer als vor der Kühlwassereinleitung. Im Jahr 2003 waren es durchschnittlich rund 2°C (vgl. Abb. 4.1).

4.3 Main

Für den Main existiert seit 1973 ein Wärmelastplan. Seitdem erfolgte allerdings keine Aktualisierung.

In ihm wurde eine maximale Gewässertemperatur von 28°C festgelegt. Mit Umsetzung der Richtlinie 78/659/EWG des Rates vom 18. Juli 1978 wurde dieser Wert in der Fischgewässerverordnung festgeschrieben und für die Wasserbehörden verbindlich.

Nach den Hitzesommern 2003 und 2006 hat das Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) auf der Grundlage von QSim (Programm der Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG) ein Wärmesimulationsmodell entwickelt, mit dem die Entwicklung der Wassertemperatur im Längsverlauf abgebildet werden kann (Brahmer & Teichmann 2007).

Die Wärmesimulationen mit dem Programm QSim (Kap.5) zeigen, dass die derzeitigen Wärmeeinleitungen aus Kraftwerken und Industrieanlagen am hessischen Teil des Mains in den Wintermonaten um 1 bis 2°C und in den Monaten Juli/August um 0,75-1,3°C zu höheren Wassertemperatur beitragen.

Aus dem Jahre 2003 liegt für den Main eine Auswertung der durchschnittlich eingeleiteten Wärmemengen vor (vgl. Tabelle 4.5, Abb. 4.4).

Aus dem Entwurf zum Bewirtschaftungsplan für die bayerischen Anteile der Flussgebiete Donau und Rhein geht hervor, dass im Jahr

Tabelle 4.5
Durchschnittlich in
den hessischen
Main eingeleitete
Wärmemengen im Jahr
2003 (ergänzt nach
Drucksache 17/366
Hessischer Landtag)

| Einleiter | MJ/s (MW) | (%) |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Bayerischer Mainabschnitt | | |
| AKW Grafenrheinfeld | ca. 200 | k.A. |
| Hessischer Mainabschnitt | | |
| E.ON – KW Staudinger | 264 | 48 |
| Industriepark Fechenheim | 12 | 2 |
| Industriepark Offenbach | 5 | 0,9 |
| EVO – Kraftwerk Offenbach | 24 | 4,3 |
| Mainova – Heizkraftwerk West | 114 | 21 |
| Mainova – Heizkraftwerk Niederrad | 28 | 5 |
| Industriepark Griesheim | 8 | 1,4 |
| Industriepark Höchst | 73 | 13 |
| Adam Opel AG (Rüsselsheim) | 20 | 3,6 |
| SCA Hygiene Products GmbH Wiesbaden | 4 | 0,7 |
| Summe | 752 | 100 |

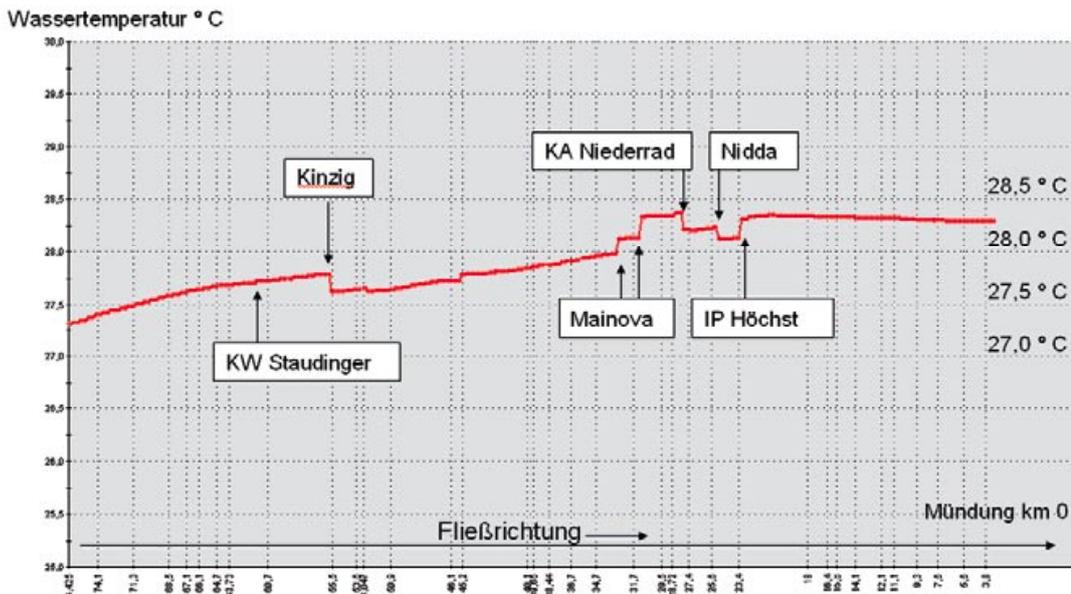


Abb. 4.5
Wassertemperaturen (Tagesmittel) im Längsverlauf des Mains am 13.8.2003 gemäß Wärmehaushaltsmodell (aus Brahmer & Teichmann 2007).

2004 etwa 158 Mio. m³ an Kühlwasser aus Wärmekraftwerken (AKW Grafenrheinfeld) in den Main eingeleitet wurden. Geht man von einer maximalen Aufwärmspanne von 10 K aus, ergibt das eine maximale Wärmeeinleitung von bis zu 210 MW an Abwärme im bayerischen Anteils des Mains. Am 13. August 2003 hatte der Main schon an der hessisch-bayerischen Grenze eine Wassertemperatur von 27,3°C (Abb. 4.5). Bis zur Mündung der Kinzig erhöhte

sich die Wassertemperatur bis auf 27,7°C. Das Kraftwerk Staudinger wurde bereits am 9.8.2003 abgestellt, so dass bis zur Kinzig keine weitere Kühlwassereinleitung den Main erwärmte. Der Zufluss der Kinzig brachte mit 2,2 m³/s und einer Temperatur von 23,9°C eine nur geringe „Abkühlung“. Durch die Wärmeeinleitungen der Mainova-Karftwerke (insgesamt ca. 67 MW) stieg die Wassertemperatur auf 28,4°C an. Die Kläranlage Niederrad (1,8 m³/s mit 23,7 °C) und

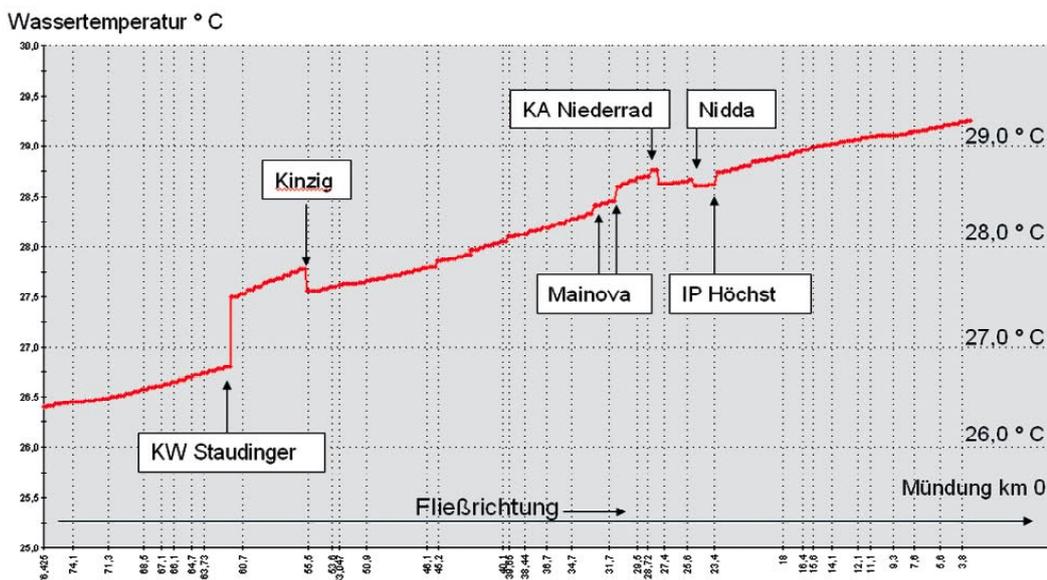


Abb. 4.6
Wassertemperaturen (Tagesmittel) im Längsverlauf des Mains am 22.7.2006 gemäß Wärmehaushaltsmodell (aus Brahmer & Teichmann 2007).

Der Abschlußbericht zur Kühlwassernutzung in der Wupper liegt seit 2005 vor und ist im Internet verfügbar unter:
www.wupperverband.de/projekte/forschung/forschungsprojekte/kuhlwassernutzung.untere.wupper.html

die Nidda (2,6 m³/s mit 25°C) führten danach wieder zu einer Abkühlung auf 28,1°C bis zur Wärmeeinleitung des Industriepark Höchst mit ca. 43 MW. Bis zur Mündung des Main in den Rhein dürfte die mittlere Wassertemperatur am Tag bei über 28°C geblieben sein.

Eine noch stärkere Zunahme der Wassertemperatur ergibt sich für den 22. Juli 2006 (Abb. 4.6). An diesem Tag führt allein die Abwärme des Kraftwerk Staudinger (Betrieb wurde am Folgetag eingestellt) zu einer Temperaturerhöhung, um etwa 0,8 Grad. Ab Main-km 40 lagen die Wassertemperaturen bis zur Mündung oberhalb 28°C, im Maximum bei 29,2°C. Die Tageshöchsttemperaturen (nicht dargestellt) des Mains liegen gemäß dem Modell sowohl am 13. August 2003, als auch am 22. Juli 2006 noch etwa 0,5 Grad über den Tagesmitteltemperaturen (Brahrner & Teichmann 2007).

4.4 Mosel / Saar

Saar und Mosel sind grenzüberschreitende Gewässer. Bei der Saar spielen vor allem die Einleitung von Grubenwasser eine bedeutende

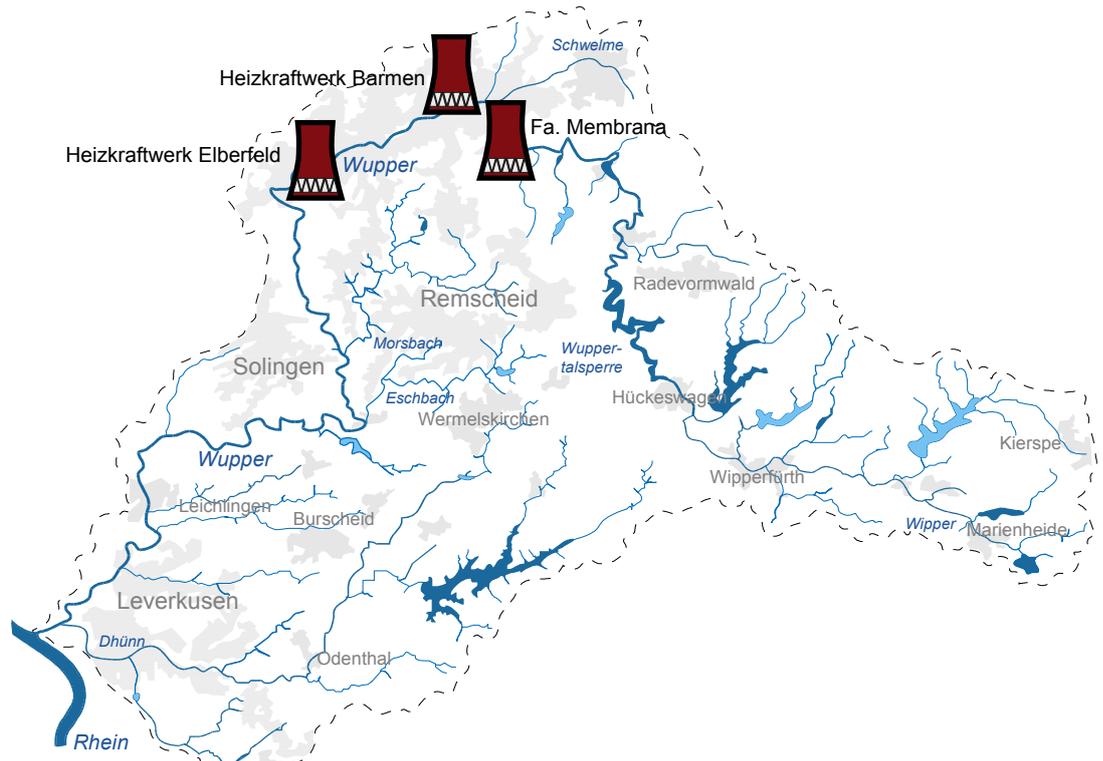
Rolle bei der Wärmebelastung (vgl. Kap. 4.11). Die stärkste Wärmebelastung der Mosel kommt vom französischen Atomkraftwerk Cattenom (nähere Angaben Kap. 4.13).

4.5 Wupper

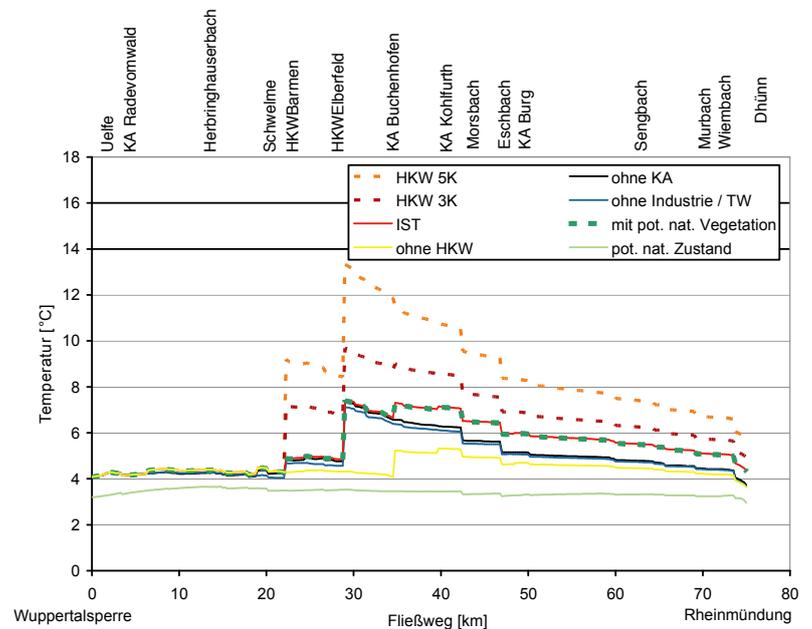
Die Wupper, rechtsrheinischer Nebenfluss des Rheins zwischen Köln und Düsseldorf, hat ein Einzugsgebiet von etwa 813 Quadratkilometer und ist nach der Klassifizierung der WRRL ein mittlerer „Flachlandfluss“ der „Ökoregion“ des Tieflandes. (vgl. „ANHANG II, Ziffer 1.2 Ökoregionen und Arten von Oberflächenwasserkörpern“, ww.bmu.de). Nach der Karte Anhang XI der Wasserrahmenrichtlinie ist die Wupper hingegen ein „schottergeprägter Mittelgebirgsfluss“. Das ist insofern von Bedeutung als ein Flachlandfluss wärmer sein darf, als ein schottergeprägter Mittelgebirgsfluss.

Das Einzugsgebiet der Wupper unterliegt einer ausserordentlich hohen Nutzung mit hoher Industrie- und Einwohnerdichte (ca. 1.200 Einwohnern pro Quadratkilometer). Zur

Abb. 4.7
Übersichtskarte des Wuppereinzugsgebiet mit den wichtigsten Kühlwassereinleitungen



Bewirtschaftung wurde ein Zweckverband gegründet, der Wupperverband. Er bewirtschaftet heute 5 Talsperren (Brucher-, Lingese-, Schevelinger-, Bever-, und Wupper-Talsperre) mit einem Stauraum von insgesamt 56,5 Mio. m³. Sie dienen sowohl der Regulierung bei Hochwasser, als auch der Regulierung bei Niedrigwasser. Etwa 30 Mio. m³ stehen zur Verfügung, um die Wupper bei Niedrigwasser mit Wasser zu versorgen und mit einer mittleren Sicherheit von 95% einen Abfluss der Wupper in Wuppertal von 3,5 m³/s aufrecht zu erhalten (in den Sommermonaten stammen oft mehr als 2/3 des Abflusses aus den Talsperren). Ein wesentlicher Grund für diese „Niedrigwasseraufhöhung“ ist die Versorgung der im Verbandsgebiet ansässigen Heizkraftwerke (vor allem Barmen und Elberfeld, vgl. Abb. 4.7, Tabelle 4.6) mit Kühlwasser auch im Sommer. Zum Jahrtausendwechsel lief die alte wasserrechtliche Genehmigung der Heizkraftwerke aus, nach der die Wupper um bis zu 5°C aufgewärmt werden durfte (Aufwärmspanne). Die aktuelle Genehmigung lässt nur eine Aufwärmspanne von 3°C zu. Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes des Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, dem Kraftwerksbetreiber sowie dem Wupperverband sollte anhand einer Simulation geklärt werden, wie die Aufwärmspanne von max. 3°C durch entsprechende Bewirtschaftung der Talsperren eingehalten werden kann. Dabei konnte mit dem Simulationsprogramm „TALSIM“ (www.sydro.de) gezeigt werden, wie man die Talsperren bewirtschaften muß, um mit einer Aufwärmspanne von 3°C auszukommen. Darüberhinaus hat sich das Forschungsvorhaben aber auch mit den möglichen ökologischen Auswirkungen der Kühlwassereinleitungen beschäftigt und kommt unter anderem zu dem Ergebnis, dass in der Wupper weniger die „Aufwärmspanne ≤ 3°C“ entscheidend für den Fischbestand ist, sondern die Obergrenze der Wassertemperatur. In Zukunft soll daher für die Wupper die Obergrenze der Wassertemperatur



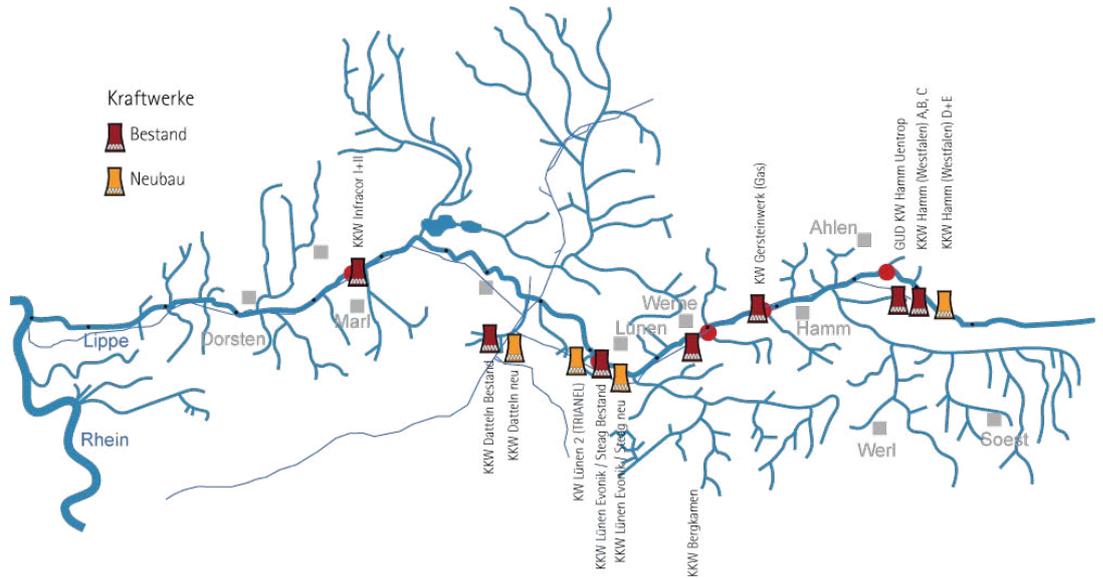
von 25°C nach Möglichkeit eingehalten werden. Aus der simulierten Wassertemperatur im Längsverlauf der Wupper (Abb. 4.8) geht hervor, wie sich die Kühlwassereinleitungen, aber auch z.B. ein potentiell natürlicher Vegetationsbestand unter den Bedingungen der Niedrigwasseraufhöhung auf die Wassertemperatur in der Wupper auswirken. Seit 2005 bis Ende 2009 läuft ein Beobachtungsprogramm mit dem Ziel, die Kraftwerke und Talsperren so zu betreiben, dass die Wassertemperatur von 25°C nie überschritten wird. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen kontinuierlich in

Abb. 4.8
Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Juni über den Fließweg (Bild 11.2.2.3-4 <http://www.wupperverband.de/information/downloads.html>)

| Firma | Fkm | Entnahme [m ³ /s] | Einleitung [m ³ /s] | Temp. [°C] |
|--------------------------------|------|------------------------------|--------------------------------|------------|
| HKW Barmen | 53,1 | 1.125 | 1.125 | Ganglinie |
| HKW Elberfeld | 46,4 | 1.615 | 1.615 | Ganglinie |
| Bayer AG | 46,0 | 0.007 | | Ganglinie |
| Membrana, Wuppertal | 56,4 | 0.153 | 0.208 | 30 * |
| Erfurt & Sohn KG, Wuppertal | 61,7 | 0.022 | 0.001 | 30 * |
| Sachsenroeder, Wuppertal | 51,0 | 0.016 | | 30 * |
| Vorwerk Elektrowerke Wuppertal | 58,0 | 0.001 | | |

Tabelle 4.6
Brauchwasserentnahmen und -einleitungen an der Unteren Wupper (www.wupperverband.de/information/downloads.html; Tabelle 2.1.9-2)

Abb. 4.9
Wassertemperatur
beeinflussende Einleiter
(Lippeverband 1997)



den „Bewirtschaftungsplan der unteren Wupper“ in einem „kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP)“, einfließen.

4.6 Lippe

Im Einzugsgebiet der Lippe (Abb.4.9) befinden sich zahlreiche Kraftwerke mit entsprechenden Kühlwassereinleitungen (Tabelle 4.8). Mit der Nutzung von Flusswasser zu Kühlzwecken im Einzugsgebiet der Lippe (Schiffahrtskanäle) gelangen erhebliche Wärmemengen in die Lippe. Im Jahre 2001 wurde im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und

Verbraucherschutz NRW vom Lippeverband (LV) im Rahmen einer Wärmelastberechnung festgestellt, dass:

- die Lippe durch die vorhandenen Kühlwassereinleitungen sowohl im Sommer (bis zu 4°C an der Mündung der Lippe in den Rhein) als auch im Winter eine erhöhte durchschnittliche Wassertemperatur aufweist.
- die Erwärmung auf der 15 km langen Strecke zwischen Hamm und Werne (bis zu 7°C) am stärksten ist und
- dass bei Ansetzen der mittleren klimatischen Verhältnisse an der gesamten Lippe nicht mit einer Überschreitung der für Cyprinidengewässer maximal zulässigen Wassertemperatur von 28 °C zu rechnen ist
- durch erhöhte Anforderungen spätestens ab dem Jahr 2015 mit einer Reduzierung der Wärmelast zu rechnen ist.

Tabelle 4.7
Elektrische Leistung
bestehender und
geplanter Kraftwerke
im Einzugsgebiet
der Lippe (Angaben
Lippeverband)

| Kraftwerk | 2006 | 2015 |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | MW elektrische Leistung | MW elektrische Leistung |
| Westfalen | 625 | 2 * 800 |
| Hamm-Uentrop | | 2 * 410 |
| Gersteinwerk | 1680 | 1680 |
| Bergkamen | 747 | 747 |
| Lünen 1 (Evonik / Steag) | 500 | 500 + 900 |
| Lünen 2 (Trianel) | - | 750 |
| Datteln | 303 | 1100 |
| Evonik/Infracor I+II | 417 | 417 |
| Summe | 4.272 | 8.514 |

Doppelte Kraftwerksleistung bis 2015

Mit den neuen Kraftwerksplanungen an der Lippe soll die derzeitige bestehende Kraftwerksleistung an der Lippe nahezu verdoppelt werden (vgl. Tabelle 4.7).

Grubenwassereinleitungen

Seit 1900 kam auch der Kohlebergbau ins Einzugsgebiet der Lippe. Von ehemals 16 Grubenwassereinleitungen sind noch 4 in Betrieb, die im Jahr 2002 insgesamt 18.206.671 m³ (0,5 m³/s) mit einer Temperatur von 20-60°C in die Gewässer des Einzugsgebiet der Lippe eingeleitet haben. Durch die Kühlwassereinleitungen erreichen die ursprünglich nicht heimischen Blaubandbärtling (*Pseudorasbora parva*) und Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*) stellenweise bereits erhebliche Dichten in der Lippe.

Beispiel Neubau Kohlekraftwerk Datteln

Der Block Datteln 4 soll 2011 mit einer Bruttoleistung von 1100 Megawatt ans Netz gehen und dann die Blöcke Datteln 1-3 und andere Kraftwerke ersetzen. Nach einer Wärmelastberechnung des Lippeverbandes sollen die Abwässer des Kühlturms den Fluss um maximal 0,03°C erwärmen.

Die Schadstoffe des Abschlammwassers stammen aus dem Kühlwasser, das aus dem Dortmund-Ems-Kanal entnommen wird. Heftiger Widerstand gegen den Neubau hat den Betreiber EON dazu gebracht, einen neuen Vorschlag für die Behandlung des Abwassers aus dem Kühlturm vorzuschlagen. Danach soll das Abwasser zunächst in der Kläranlage am Dattelner Mühlenbach behandelt werden, bevor es eingeleitet wird. Durch die Vermischung mit dem Kläranlagenablauf geht man davon aus, dass zumindest im Sommer die Einleittemperatur nicht über die Temperatur des Gewässers steigt. Der BUND NRW klagt gegen den Neubau des Kraftwerks, unter anderem weil es die Unverträglichkeit mit dem FFH-Gebiet der Lippe sieht.

4.7 Emscher

Die Emscher ist vergleichsweise wenig mit Kühlwassereinleitungen belastet. Im Jahr 2002 wurden Kühlwasser-Einleitungen in die Gewässer des Emschergebietes in der Größenordnung von im Mittel 0,74 m³/s erfasst (davon etwa 90,7 l/s

Tabelle 4.8

Die bedeutendsten Entnahmen im Einzugsgebiet der Lippe zu Kühlzwecken

| Fkm | Kraftwerk/Firma | MW _{elektr.} | Betreiber | Entnahme | Einleitung [m ³ /s] | Abwärme [MW] ¹ |
|--------|-----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 43,73 | KKW Infracor I (Bau 1820) | | Hüls Infracor | Lippe | 0,543 | 23 |
| 43,73 | KKW Infracor II (Bau 9802) | | Hüls Infracor | WDK re | 0,252 | 11 |
| 90,26 | KKW Lünen | 500 | STEAG | Lippe | 4,379 | 184 |
| 104,2 | KKW Bergkamen | 747 | STEAG/RWE | Datteln-Hamm-Kanal | 0,267 | 11 |
| 115,57 | KW Gersteinwerk (Gas) | 112 | RWE | Datteln-Hamm-Kanal | 0,47 | 9 |
| 115,57 | KKW Werne K | 650 | RWE | Datteln-Hamm-Kanal | 0,22 | 9 |
| 138,96 | KKW Hamm (Westfalen) A,B, C | 500 | RWE | Datteln-Hamm-Kanal | 10,205 | 429 |
| | KKW Datteln alt | 303 | EON | Dortmund-Ems-Kanal | 0,121 | 5 |
| | KKW Datteln neu | 1100 | EON | Dortmund-Ems-Kanal | | 0 |
| | Summe | | | | 16,5 | 680 |

¹ = Max. Abwärmeeinleitung bei 10 K Aufwärmspanne
 KKW = Kohlekraftwerk, KW=Kraftwerk

über die Schifffahrtskanäle). Hinzu kommen etwa 7 Grubenwassereinleitungen mit zusammen etwa 0,6 m³/s.

4.8 Erft

In der Bestandsanalyse gemäß Wasserrahmenrichtlinie finden sich im Einzugsgebiet der Erft 4 wesentliche Kühlwassereinleitungen, die Zuckerraffinerie Euskirchen, das Martinswerk, das Kraftwerk Niederaußem und das Kraftwerk Goldenberg (vgl. Abb. 4.10).

Wesentlich größere Wärmefrachten werden allerdings über die Sumpfungswässer des Kohlebergbaus, vor allem durch die RWE Power AG, eingetragen (Tabelle 4.10).

Die Sumpfungswässer sind aufgrund ihrer Herkunft (Tiefe) deutlich wärmer als die Gewässer. Den größten Einfluss auf den Temperaturverlauf der Erft hat die Einleitung des Wiebachs bei Thorr. In früheren Untersuchungen wurde ein Temperaturanstieg durch die Einleitung (>1/3 MNQ) des ca. 26°C warmen Sumpfungswassers von 13,5°C auf 22,2°C beobachtet (Tabelle 4.9). Eine vom MUNLV eingerichtete Arbeitsgruppe Erft-Umgestaltung hat bereits in einem Eckpunktepapier vom 6.10.2004 folgende

Maßnahmen zur Reduzierung der Abwärme in der Erft empfohlen:

- die genehmigte Einleitmenge soll von derzeit 8,5 m³/s in den kommenden Jahren auf 7,6 m³/s vermindert und
- das Sumpfungswasser sollte an allen wesentlichen Sumpfungswassereinleitstellen vor Ableitung in das Gewässer ab 2006 mit Luftsauerstoff angereichert werden.

Die Empfehlungen sehen damit eine Sumpfungswassereinleitung bis zum Tagebauende unter

Abb. 4.10
Verbandsgebiet
Erftverband mit
den wichtigsten
Kraftwerken.

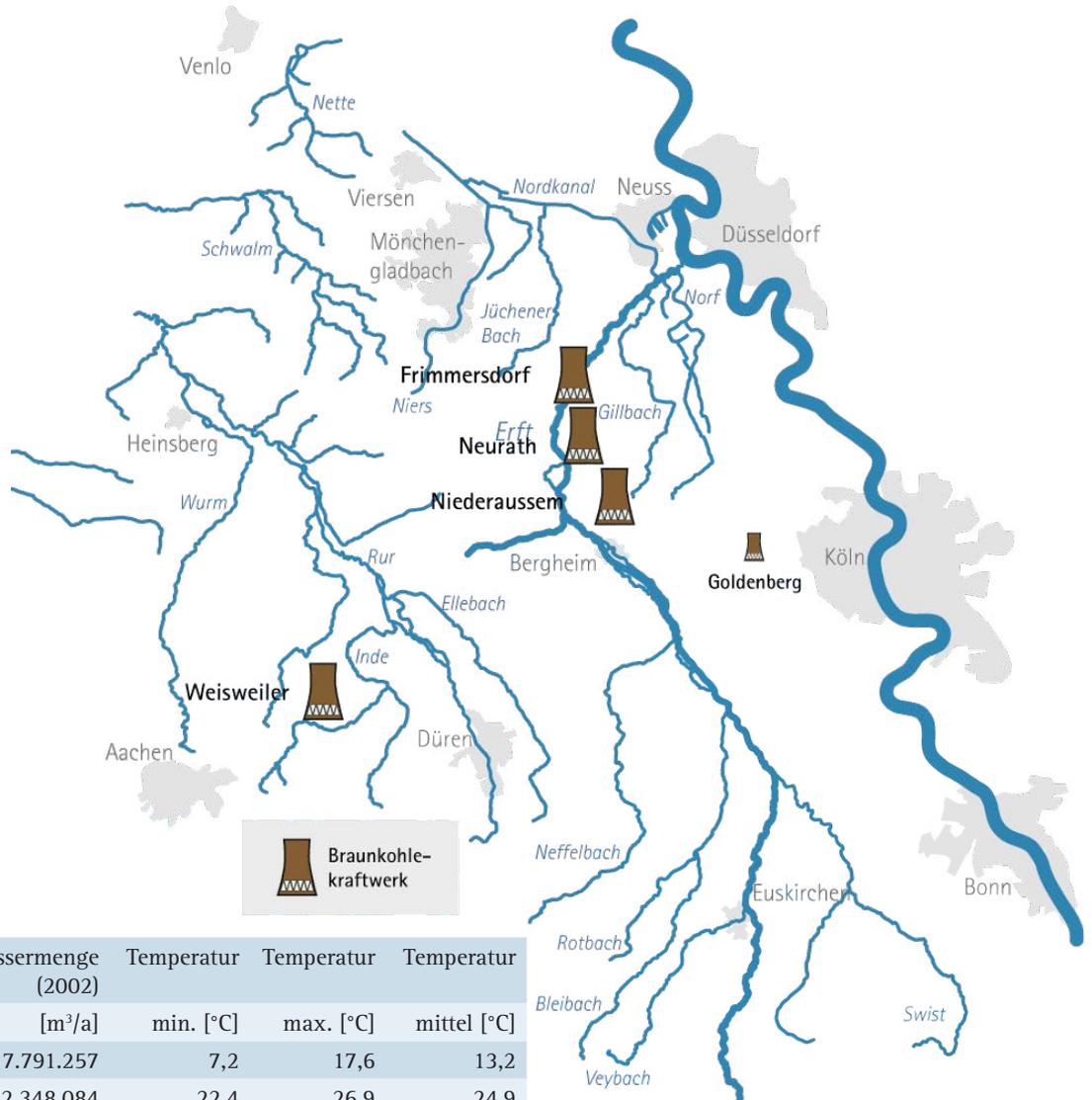


Tabelle 4.9
Wassertemperaturen
der eingeleiteten
Sumpfungswässer im
Erftgebiet 2002

| Einleitung | Wassermenge (2002) [m ³ /a] | Temperatur | | |
|----------------|--|------------|-----------|-------------|
| | | min. [°C] | max. [°C] | mittel [°C] |
| Kanal Brömme | 7.791.257 | 7,2 | 17,6 | 13,2 |
| Wiebachleitung | 82.348.084 | 22,4 | 26,9 | 24,9 |
| VK Bohlendorf | 35.421.246 | 18,4 | 22,9 | 21,4 |
| VK Paffendorf | 52.447.922 | 19,2 | 23,0 | 21,7 |

Tabelle 4.10
Übersicht der
Sümpfungswasserein-
leitungen > 1 Mio.
m³/a im Einzugsgebiet
der Erft

Beachtung des Verschlechterungsverbots vor. Ob und welche Maßnahmen nach Tagebauende ggf. zur Kompensation der Wassermengen in der Erft getroffen werden sollen wurde nicht festgelegt.

4.9 Ruhr

Im Einzugsgebiet der Ruhr finden sich trotz zahlreicher örtlicher Kühlwassereinleitungen bedeutende einleitungsbedingte Temperaturerhöhungen nur an der Lenne (Kraftwerk Werdohl-Elverlingsen und Stadtgebiet Hagen durch Kühlwassereinleitungen im Raum Hohenlimburg).

4.10 Grubenabwässer in Nord-Rhein-Westfalen

Zu den Grubenabwässern in Nord-Rhein-Westfalen ist unter Federführung des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNL) eine Arbeitsgruppe gebildet worden.

Von der Arbeitsgruppe wurde im Rahmen der Bewirtschaftungspläne in einem Hintergrunddokument Bewirtschaftungsziele bei durch Grubenwassereinleitungen beeinflussten Oberflächenwasserkörpern in Nordrhein-Westfalen formuliert.

Nach dem Papier werden in Nordrhein-Westfalen 98,4 Mio. m³ Grubenwasser mit einer Chloridfracht von 856 kt (Stand 2007) abgeleitet (Tabelle 4.11). Beeinträchtigungen der Fischfauna aufgrund des Wärmeinventars der Grubenwassereinleitungen werden von der Arbeitsgruppe nicht als signifikant bezeichnet. Das Wärmeinventar der Grubenwassereinleitungen soll bei der Ausarbeitung von Wärmelastplänen, vor allem für die Lippe, Berücksichtigung finden.

Die Arbeitsgruppe geht davon aus, dass im Emscher- / Lippegebiet „in jedem Fall bis zum Jahre 2018, also für zehn weitere Jahre, das Grubenwasser aus grubensicherheitlichen Erwägungen heraus auf heutigem Niveau anzunehmen, zu Tage zu heben und in die jeweiligen Gewässer einzuleiten“ ist.

| Einleitung | Wasserherkunft | Gewässer | Jahreswassermenge [m ³ /a] |
|--|--|------------|---------------------------------------|
| Tagebau Garzweiler/ Erft-Altarm | Oberflächen-/Grubenwasser mit Anteilen von Sümpfungswasser aus dem Tagebau Garzweiler | Erft | 6.265.100 |
| Bowa-Kanal Brömme | Sümpfungswasser und Überschusswasser vom Wasserwerk Türnich | Erft | 11.015.160 |
| Bowa-Finkelbach 2 | Überschusswasser des Wasserwerks Glesch | Finkelbach | 12.397.530 |
| Bowa-VK Bohlendorf | Sümpfungswasser und Grubenwasser aus dem Tagebau Hambach | Erft | 44.304.695 |
| Bowa-VK Paffendorf | Sümpfungswasser aus dem Tagebau Hambach | Erft | 71.468.990 |
| Bowa-Wiebachleitung in Erftkanal (Thorr) | Sümpfungswasser und Grubenwasser aus dem Tagebau Hambach sowie Abwasser der Zuckerfabrik Elsdorf | Erft | 104.126.789 |

4.11 Grubenabwässer im Saarland

Besonders eindrücklich sind die „Ewigkeitslasten“, die mit dem Bergbau im Saarland verbunden sind. Insgesamt müssen derzeit jährlich zwischen 15-20 Mio. m³ Grubenwässer pro Jahr aus den ehemaligen Bergbaugebieten im Saarland abgepumpt werden, um erhebliche Schäden, wie z.B. die Belastung des Grundwassers, Methangasaustritte oder Landhebungen in Zukunft zu vermeiden. Die jährlichen Kosten betragen 18 Mio. EUR und werden zukünftig von der RAG-Stiftung (www.rag-stiftung.de) getragen. Mörsdorf, Umweltministers des Saarlandes

| Grubenwasser | in Mio. m ³ /a | Salzfracht in kt/a |
|-----------------------|---------------------------|--------------------|
| Rheingraben Nord | 6,6 | 110,5 |
| Ruhr | 33,1 | 23,8 |
| Emscher | 22,8 | 265,4 |
| Lippe | 17,3 | 239,6 |
| Summe Rhein | 79,9 | 639,3 |
| Ems (Ibbenbürener Aa) | 16,5 | 215 |
| Summe NRW | 98,4 | 856,2 |

Tabelle 4.11
Grubenwassermenge
und Salzfrachten der
Fließgewässer in NRW
(2007)

geht davon aus, dass diese Maßnahmen „ewig“ durchgeführt werden müssen (Landtagsprotokoll der 59. Sitzung der 13. Wahlperiode vom 28.10.2008 S. 3450-3453).

Unter der Annahme, dass von den 18. Mio. EUR etwa 10 Mio. EUR für Pumpenstrom ausgegeben werden und die kWh 8 cent kostet, müssen für diese Ewigkeitslasten im Saarland soviel Strom produziert werden, wie für etwa 40.000 Haushalte. Nach Auskunft des Bergamtes im Saarland werden die Grubenwässer derzeit über folgende 5 Einleitstellen mit zum Teil erheblichen thermischen Belastungen abgeleitet.

- Bergwerk Saar in die Saar
- Luisenthal in die Saar
- Viktoria in Schlehbach/Köllerbach
- Camphausen in den Sulzbach
- Reden in den Klinkenbach

Die Wassertemperatur des geförderten Wassers z.B. in Reden beträgt zwischen 32-35 °C und wird zu einem geringen Teil für Heizzwecke über Wärmepumpen genutzt.

4.12 Abwärme aus der Schweiz

Die mit Abstand größten Wärmeleitungen aus der Schweiz sind die 5 bestehenden Atomkraftwerke Mühleberg (Aare), Gösgen (Aare), Beznau I und II (Aare) sowie Leibstadt (Hochrhein). Die Kühlung von Gösgen und Leibstadt erfolgt im Gegensatz zu Beznau I, II und Mühleberg nicht mit Flusswasser

Tabelle 4.12
AKWs der Schweiz
(www.kernenergie.ch)

| Name Kraftwerk | Elektr. Leistung (brutto) | Betrieb seit | Kühlung | Abwärme-einleitung (geschätzt) bis zu | Fluss |
|----------------|---------------------------|--------------|------------------|---------------------------------------|-------|
| AKW Mühleberg | 390 | 1972 | Durchlaufkühlung | ca. 600 MW | Aare |
| AKW Gösgen | 1020 | 1979 | Kühlturm | ca. 42 MW | Aare |
| AKW Beznau-1 | 380 | 1969 | Durchlaufkühlung | ca. 600 MW | Aare |
| AKW Beznau-2 | 380 | 1971 | Durchlaufkühlung | ca. 600 MW | Aare |
| AkW Leibstadt | 1220 | 1984 | Kühlturm | ca. 50 MW | Rhein |
| Summe | | | | ca. 1900 MW | |

in Durchlaufkühlung, sondern über einen ca. 150 Meter hohen Naturzug-Nass-Kühlturm, so dass dadurch Aare und Rhein deutlich weniger stark durch die Abwärme des Kraftwerks belastet werden (Tabelle 4.12).

4.13 Abwärme aus Frankreich

Die mit weitem Abstand größte Kühlwasser-einleitung in den Rhein erfolgt durch das AKW Fessenheim (Tabelle 4.13). Das AKW Fessenheim hat keine Kühltürme. Laut Arrêté préfectorale vom 26.05.1972 darf der Rhein durch die beiden Blöcke des AKW Fessenheim im Juni, Juli und August um bis zu 4 °C und im September, Oktober, November, März, April und Mai um 6,5 °C erwärmt werden. Im Dezember, Januar und Februar darf der Rhein sogar um 7 °C wärmer werden. Gemäß Erlass darf das AKW Fessenheim den Rhein (Rheinseitenkanal) mit einer Abwärmeleistung von 3622 MW bis auf 30°C aufheizen.

Die französischen Wärmeleitungen der Wärmekraftwerke „La Maxe“ (80 MJ/s) und „Blénod“ (360 MJ/s) in die Mosel werden voraussichtlich ab 2008 abnehmen und spätestens im Jahr 2015 eingestellt. Die Kraftwerke Richemont (84 MJ/s) und Chambières (25 MJ/s) werden ihre Produktion um das Jahr 2010 einstellen (IKSR 2006).

Im Gegensatz zu Fessenheim sind die 4 Kraftwerksblöcke des AKW Cattenom mit Kühltürmen ausgestattet. Die Entnahmemenge aus der Mosel beträgt bis zu 8,8 m³/s. Davon verdampfen etwa 3m³/s und 5,8 m³/s werden als „Abwasser“ zurück in die Mosel geleitet. Die Verdampfungs-menge entspricht etwa 1/10 des Abflusses bei Niedrigwasser der Mosel. Im Hitzesommer 2003 mußten in Frankreich zahlreiche Reaktoren zeitweise gedrosselt oder abgeschaltet werden. Gleichzeitig stieg der Strombedarf durch Klimaanlage so an, dass der Stromversorger Électricité de France SA (EDF) ca. 2.500 MW an Strom aus dem Ausland zukaufen musste.

Das AKW Cattenom (4 Blöcke a 1300 MW elektrischer Leistung) darf bis zu einer



Atomkraftwerk Fessenheim am Rheinseitenkanal (Foto: J. Lange)

Temperatur von 30°C in die Mosel einleiten. Um die Stromversorgung zu gewährleisten erteilte die Regierung Frankreichs am 12. August 2003 eine bis Ende September 2003 befristete Ausnahmegenehmigung.

Danach wurde den Cattenom-Betreibern (unabhängig von der Temperatur der Mosel) eine Aufwärmung des Flusswassers durch Abwässer um bis zu 1,5° C erlaubt. Die EDF machte für Cattenom in den Tagen vom 11. bis 15. August 2003 von dieser Ausnahmegenehmigung Gebrauch (Breyer 2006). Eine ähnliche Ausnahmegenehmigung wurde auch im Sommer 2006 erteilt. Auswirkungen auf das Leben in der Mosel sind wahrscheinlich aber nicht belegt. Man vermutete eine Abwanderung der Fische in kühlere Nebenflüsse und Gewässerabschnitte (IKSR 2004; Bericht Nr. 142d).

Atomkraftwerk Fessenheim - ohne Kühlturm

Wie stark bereits ein großes Kraftwerk zur Erwärmung des Rheins beitragen kann, zeigt das Atomkraftwerk Fessenheim. Es ist das einzige Kraftwerk am Rhein, das ohne Kühlturm betrieben wird. In Abb. 4.11 ist zu erkennen, dass die durch das Kraftwerk in den Rhein abgegebene Abwärme zu einer Temperaturerhöhung des Rheinseitenkanals im Hitzesommer 2003 von bis zu 1,7 °C führt.

4.14 Internationale Abstimmung

Im IKSR Bericht „Maßnahmen bezogen auf die Wärmebelastung des Rheins in extremen Hitze- und Trockenperioden - Überblick und Zusammenstellung der Länderberichte vom November 2006 (IKSR 2006b) heisst es:

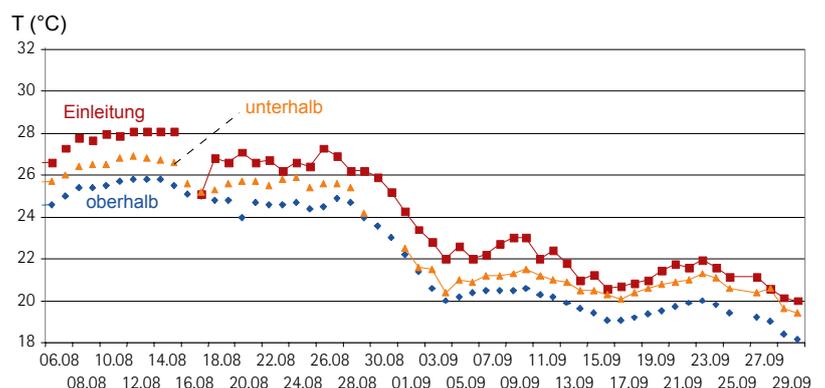
„Alle Staaten haben im Sommer 2003 neue Erfahrungen gemacht, wobei es sich einerseits gezeigt hat, dass z. B. aus 1976 und 2003 Lehren gezogen wurden, aus denen andererseits neue Initiativen entstanden sind, um die Probleme, die sich häufig auf lokaler Ebene gezeigt haben, in Zukunft besser zu bewältigen.“

Die Bestandsaufnahme der Maßnahmen führt zu der Schlussfolgerung, dass die Mitgliedstaaten in warmen und trockenen Zeiten vergleichbare Maßnahmen treffen, um die Auswirkungen von Wärmeeinleitungen weitgehend einzuschränken. Auf dieser Grundlage scheint die internationale Abstimmung dieser Maßnahmen oder die Erstellung eines gemeinsamen Maßnahmenpakets (Maßnahmenkatalog) zu keinem Mehrwert zu führen.

Wenn es häufiger und extremer zu Situationen wie im Jahr 2003 kommt (im Jahr 2006 erreichte die Rhein-Wassertemperatur mit fast 29 °C einen neuen Rekord), dann scheint ein genauer Informationsaustausch darüber wann und wo Einschränkungen der Kühlwassereinleitungen seitens der Behörden erforderlich sind und/oder wann und wo eine Situation zu dulden ist, sinnvoll.“

Außer Problemen aufgrund zu hoher Flusswassertemperaturen und -temperatursprünge kann auch die Entnahme von Flusswasser zu Kühlwasser-

Abb. 4.11
Wassertemperaturen im Hitzesommer 2003 beim Atomkraftwerk Fessenheim bei der Abwärmeeinleitung sowie ober- und unterhalb.
(IKSR 2004; Bericht Nr. 142d)



| Name Kraftwerk | Elektr. Leistung (brutto) | Betrieb seit | Kühlung | Abwärmeeinleitung (geschätzt) bis zu | Flussgebiet |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------|------------------|--------------------------------------|-------------|
| AKW Fessenheim 1 | 920 MW | 1978 | Durchlaufkühlung | ca. 1811 MW | Rhein |
| AKW Fessenheim 2 | 920 MW | 1978 | Durchlaufkühlung | ca. 1811 MW | Rhein |
| Kohle-Heizkraftwerk La Maxe | ?? | | | 80 MW | Mosel |
| Kohle-Heizkraftwerk Blénod 3,4 | 3 * 250 MW | 1966 | | 360 MW | Mosel |
| Richemond | ?? | | | 84 MW | Mosel |
| Gas-Wärmeleistungswerk Chambières | ?? | 1961 | | 25 MW | Mosel |
| AkW Cattenom 1 | 1362 MW | 1987 | Kühlturm | ca. 55 MW | Mosel |
| AkW Cattenom 2 | 1362 MW | 1988 | Kühlturm | ca. 55 MW | Mosel |
| AkW Cattenom 3 | 1362 MW | 1991 | Kühlturm | ca. 55 MW | Mosel |
| AkW Cattenom 4 | 1362 MW | 1992 | Kühlturm | ca. 55 MW | Mosel |
| | | | | ca. 4400 MW | |

Tabelle 4.13
Abwärmeeinleiter
Frankreichs im
Rheineinzugsgebiet
(Stand 2004)

zwecken negative Auswirkungen auf die Fischpopulationen haben. Ein weiterer Datenaustausch zu diesem Punkt kann sinnvoll sein.

Im Ausblick des IKS-R Berichts „Vergleich der Wärmeeinleitungen 1989 und 2004 entlang des Rheins“ (IKSR 2006a) heisst es:

„Der Vergleich der Wärmeeinträge 1989 und 2004 zeigt, dass die anthropogene Wärmeeinträge insgesamt abgenommen haben.

Die schweizerischen Wärmeeinleitungen haben seit 1989 nicht zugenommen und mit einer Erhöhung ist aus heutiger Sicht auch in absehbarer Zukunft nicht zu rechnen.

Die französischen Wärmeeinleitungen der Wärmekraftwerke „La Maxe“ (80 MJ/s) und „Blénod“ (360 MJ/s) in die Mosel werden voraussichtlich ab 2008 abnehmen und spätestens im Jahr 2015 eingestellt. Die Kraftwerke Richemont (84 MJ/s) und Chambières (25 MJ/s) werden ihre Produktion um das Jahr 2010 einstellen.

In Deutschland sind die Reststrommengen der Atomkraftwerke nach dem sog. Atomkonsens (Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni

2000) begrenzt, jedoch werden die künftig nicht mehr in Atomkraftwerken erzeugten Strommengen vermutlich durch andere Kraftwerkskapazitäten in Deutschland oder zusätzlichen Stromimport aus dem Ausland ersetzt werden. Beispielsweise soll in Mainz ein Steinkohleheizkraftwerk errichtet werden und bis 2012 in Betrieb gehen. Es werden sich aus diesen Entwicklungen Verlagerungen der Wärmeeinleitungen ergeben. Insgesamt muss jedoch nicht mit einer Erhöhung der eingeleiteten Wärmefracht gerechnet werden.

In den Niederlanden sollen neue Kraftwerke im Prinzip an der Küste gebaut werden. Für die nahe Zukunft sind drei neue Kraftwerke geplant, eines davon im Rheindelta. Die anderen beiden sind im Küstenbereich der Flussgebiete von Schelde und Ems geplant.

Das Kraftwerk Flevocentrale, das seit einigen Jahren nicht in Betrieb ist, wird nach Erneuerung das Kühlwasser in das IJsselmeer einleiten.“

5 Simulationsmodelle und Szenarien

Insbesondere nach den warmen Sommern 2003 und 2006 war das Thema Kühlwassereinleitungen ein immer wiederkehrendes Thema innerhalb der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR). Die wasserrechtlichen Genehmigungen beziehen sich im Wesentlichen auf die regionalen Einflüsse einer Kühlwassereinleitung. Flussaufwärts gelegene Vorbelastungen wurden allenfalls am Rand mit einbezogen. Belastbare Aussagen zu den Auswirkungen der Kühlwassereinleitungen im Längsverlauf des Rheins waren aufgrund fehlender Daten nicht oder nur eingeschränkt möglich. Die Frage dabei ist, wie weit sich Kühlwassereinleitungen flussaufwärts auswirken und damit Kühlwassereinleitungen weiter stromabwärts gelegener Kraftwerke oder Industriebetriebe einschränken.

Simulation der Wassertemperatur im Rhein

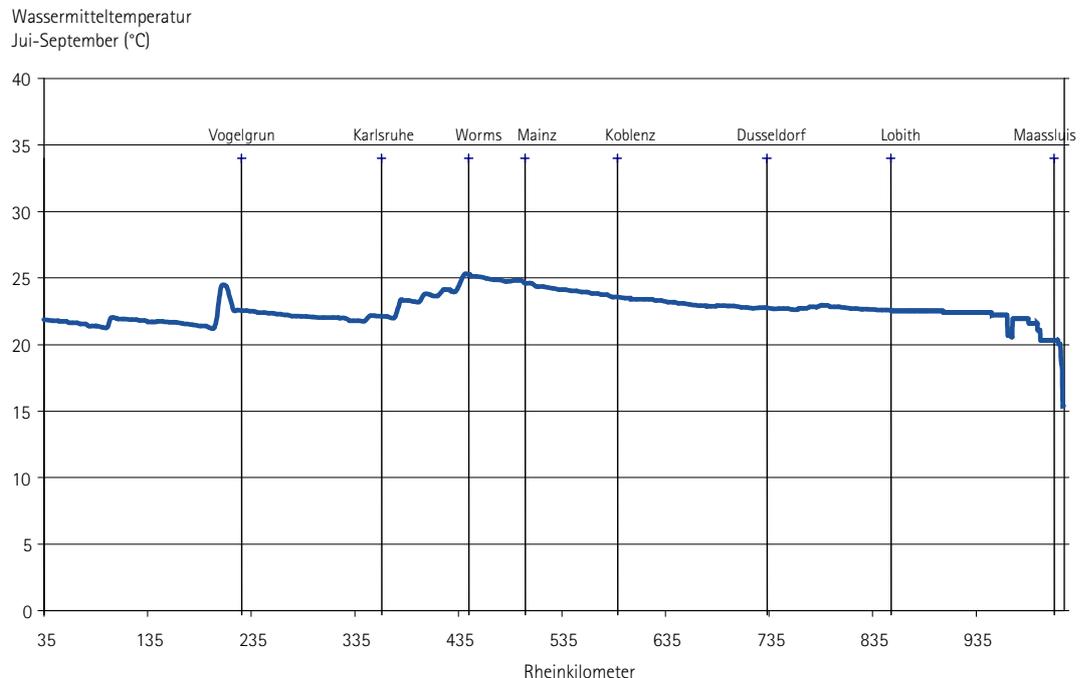
Innerhalb der IKSR beschäftigt sich vor allem die Arbeitsgruppe Wasserqualität/Emissionen (AG S) mit den Angaben zu Wärmeeinleitungen im Rheineinzugsgebiet. Auf der Grundlage der Messdaten (Abfluss und Wassertemperatur) des Sommers 2003 hat die niederländische Delegation angeboten, eine Szenarienrechnung für die Entwicklung der Wassertemperatur im Längsverlauf des Rheins zu machen. Ziel der Berechnung war, erste Informationen über die natürliche witterungsbedingte Erwärmung des Rheinwassers im Längsverlauf zu gewinnen, sowie anhand von Modellsimulationen (Szenarien) die Auswirkung der Kühlwassereinleitungen der Betriebe in der Schweiz, Deutschland, Frankreich und den Niederlanden auf die Rheinwassertemperatur in dem besonders trockenen und warmen Sommer des Jahres 2003 zu quantifizieren. Den Untersuchungen lag das Temperaturmodell „SOBEK“ mit den beiden Modulen TEMPER und HEATBAL zugrunde. Das Temperaturmodell verwendet Lufttemperatur, Luftdruck, relative Luftfeuchtigkeit, Windschwwindigkeit, Sonnenstunden und Gesamt-

strahlung als Eingabedaten für die Berechnung der Hintergrundtemperatur des Flusswassers. Abgesehen von der Gesamtstrahlung stammen die Daten vom Deutschen Wetterdienst (DWD) und dem Königlichen Niederländischen Meteorologischen Institut (KNMI). Die Gesamtstrahlung wurde anhand eines empirischen Vergleichs berechnet (Peñailillo et al. 2008). Bei der Modellkalibrierung wurde die Abkühlung aufgrund zufließenden (kühleren) Grundwassers und der Wärmeübertragung in den Boden sowie dem Austausch mit der Luft verarbeitet (IKSR 2006, Nr. S 78_06). Darüber hinaus wurde untersucht, wie sich Veränderungen von Lufttemperatur und Abfluss auf die Ergebnisse der Modellberechnung auswirken (Empfindlichkeitsanalyse).

Die niederländische Delegation zog aus den Szenarienberechnungen folgende Schlussfolgerungen (vgl. Abb.5.1):

- *„Eine Minderung der Wärmefracht führt zu einer Temperaturabnahme bei Lobith. Die in warmen und trockenen Perioden ausgesprochenen Einleitungsbeschränkungen haben sicher Auswirkungen auf die Wassertemperaturen anderswo und können daher extra Spielraum bieten, um Störfällen im Einzugsgebiet zuvor zu kommen. Signifikante Auswirkungen einer Änderung der Einleitungen sind vor allem in bis zu hundert Kilometer von der Einleitungsstelle zu verzeichnen. Auswirkungen sind aber auch noch in bis zu 300-350 km Entfernung spürbar.*
- *Unterhalb der Einleitungsstellen (ab Worms) nimmt die Wassertemperatur ganz allmählich als Folge des Wärmeaustauschs mit der Atmosphäre und der Abflusszunahme ab. Auf diesem Streckenabschnitt wird noch viel Wärme eingeleitet, aber es ist deutlich, dass diese Einleitungen im Verhältnis zur Wassertemperatur bei Worms zu keinem Anstieg der Wassertemperatur führen.*
- *Die Kühlwassereinleitungen (ohne Einschränkungen) leisten einen erheblichen Beitrag zur*

Abb. 5.1
Simulationsergebnisse
der gemittelten
Wassertemperatur
(Juni-September)
im Längsverlauf des
Rheins (IKSR 2006, Nr.
S 78_06)



Erwärmung des Flusswassers. Je nach Einleitungsstelle und Zeitpunkt schwankt die Erwärmung zwischen 1 und 6 °C (...).

- Aufgrund der Kühlwassereinleitungen weist die Temperaturkurve des Rheins an einigen Stellen Temperatursprünge auf. An einigen Stellen liegen diese Sprünge bei mehr als 1,5 °C (s. auch Abbildung 1, Anlage 4). Derartige Temperatursprünge können für Salmoniden problematisch sein.
- Temperaturanstiege infolge von Kühlwassereinleitungen scheinen jedoch nur eine kleine Komponente der gesamten Temperaturverhältnisse des Rheins darzustellen. Aber naturgegebene Bedingungen (Wetterverhältnisse und Hydrologie) können nicht gesteuert werden, wohl aber der Temperaturanstieg durch Kühlwassereinleitungen.
- Die natürlichen Schwankungen der Wassertemperatur sind vor allem auf meteorologische Faktoren wie Strahlung, Wind und Lufttemperatur zurückzuführen. Das Modell reagiert weniger empfindlich auf Luftdruck, relative Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und Sonnenstunden.“

Mitarbeiter der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) bestreiten auf Grundlage von Auswertungen der gemessenen Temperaturen in Karlsruhe und Koblenz den Nachweis eines Einflusses der Kühlwassereinleitungen im Längsverlauf des Flusses von bis zu 300 oder mehr Kilometer (mündl. Mitteilung Keller, BfG).

Offensichtlich gibt es unterschiedliche Einschätzungen darüber, wie groß der Einfluss des Menschen auf die Erwärmung des Rheins ist.

Weitere Simulationsmodelle zur Berechnung des Wärmehaushalts von Gewässern

Insbesondere für die Nebengewässer des Rheins liegen weitere „Wärmehaushaltsmodelle“ vor. Die Schweiz hat ein Modul für den Wärmehaushalt in das Programm AQUASIM (<http://www.aquasim.eawag.ch>) integriert. Die Berechnungen zum Neckar beruhen auf dem Modell LARSIM-WT (Haag & Luce 2008). So wurden zum Neckar bereits erste Berechnungen zum Einfluss der Klimaänderung auf die Wassertemperatur durchgeführt.

Bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde wird

seit über 20 Jahren das Programm QSim für verschiedenste Fragestellungen angewendet und weiterentwickelt. Für den unteren Main hat das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) auf der Grundlage von QSim ein Wärmesimulationsmodell entwickelt, mit dem die Entwicklung der Wassertemperatur im Längsverlauf abgebildet werden kann (Brahmer & Teichmann 2007). Die umfangreichsten Simulationsuntersuchungen liegen zur Wupper vor (vgl. Kap. 4.5).

Veränderungen durch den Klimawandel

Im Rahmen der Diskussion um die Klimaerwärmung läuft derzeit das Projekt „Rheinblick“ unter Federführung der Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR).

Das Ziel des „RheinBlick2050“-Projektes ist die Entwicklung gemeinsamer Klima- und Abflussprojektionen (Szenarien) für das internationale Rheingebiet. Das Projekt ist für Anforderungen der Akteure offen. So konnte die IKSR ihrerseits ihre Fragestellungen und relevanten Parameter in das Projekt einbringen. Das Projekt verfolgt einen „Multi-Modellansatz“, das bedeutet mehrere regionale Klimamodelle werden mit mehreren hydrologischen Modellen gekoppelt und ergeben einen Korridor möglicher Entwicklungsszenarien. Als „Meta“-Projekt ausgelegt versucht es die Ergebnisse, Daten, Methoden, Werkzeuge und Modelle existierender bzw. laufender Projekte zu nutzen, zu aggregieren und zusammenzufassen und dabei die Menge redundanter Arbeiten zu reduzieren.

Die endgültigen Ergebnisse sollen im Abgleich mit den zukünftigen Nutzern quantifizierbare Aussagen (z.B. -Extremwertstatistiken, Unsicherheitsabschätzungen, Validierungen) enthalten, welche die Grundlage für weitere Planungen oder politisch relevante Entscheidungen bilden sollen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf Extremereignissen (Niedrig- und Hochwasser).

Unter den von der IKSR genannten

relevanten Parametern befindet sich auch die Wassertemperatur, insbesondere Szenarien zu der voraussichtlichen Entwicklung der Überschreitungstage der Wassertemperatur von 25°C im Rhein unter Berücksichtigung des Einflusses von Klima und Kühlwassereinleitungen, sowie der Unterschreitungstage von 3°C.

Die Ergebnisse sollen im Januar 2010 vorliegen.

Die Projektgruppe setzt sich aus Mitgliedern der nachfolgenden Institutionen zusammen, Bundesanstalt für Gewässerkunde (Koblenz), Cemagref, Unité de recherche Hydrosystèmes et bioprocédés (Antony) Centre de Recherche Public - Gabriel Lippmann, Département Environnement et Agro-biotechnologies [EVA] (Belvaux), Rijkswaterstaat - Zentrum für Wasserwirtschaft (Lelystad) sowie Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Hydrologie (Bern).

Info zum Projekt
Rheinblick 2050

<http://www.chr-khr.org/de/projekte/rheinblick2050>



6. Ökologische und andere Auswirkungen

Neben der Gewässerströmung sowie dem Geschiebehalt ist die Temperatur der die Flora und Fauna am stärksten prägenden abiotische Faktor in Fließgewässern.

Ihr sind alle Wasserorganismen dauerhaft ausgesetzt und die allermeisten von ihnen können die Körpertemperatur selbst nicht regulieren (poikilotherm). Damit hängen alle ihre physiologischen Prozesse bzw. Lebensvorgänge von der sie umgebenden Wassertemperatur ab (z.B. Schwoerbel 2005).

Im Allgemeinen kann man davon ausgehen, dass sich bei einer Temperaturerhöhung um 10°C der Energieverbrauch für den Grundumsatz/Erhaltungstoffwechsel in etwa verdoppelt (Q_{10} -Regel).

Das hat beträchtliche Konsequenzen für das Überleben der Organismen, insbesondere bei gleichzeitigem Auftreten von Niedrigwasser und hohen Temperaturen.

Der Rhein und die meisten seiner Nebengewässer zählen zu den von den Alpen oder Mittelgebirgen geprägten großen Flüssen, deren natürliche Wassertemperaturen im Sommer über 20°C, jedoch unter 25°C liegen. Die Fischlebensgemeinschaften des Rheins entsprechen natürlicherweise denen des Cypriniden-Rhithrals.

Bei der Unterscheidung zwischen Salmoniden- und Cyprinidengewässer zur Festlegung der Grenzwerte für Kühlwassereinleitungen wurde bisher nicht bedacht, dass die größeren Flüsse auch Durchzugsgewässer für Wanderfische, wie z.B. Lachs, Meerforelle (Salmoniden) oder den Maifisch sein können.

6.1 Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft des Rheins

Die Entwicklung der Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft ist eng mit der stofflichen Belastung des Rheins verknüpft. Die Auswertung der Artenlisten verschiedener Autoren zu Anfang des 20. Jahrhunderts ergaben allein für den schiffbaren Rhein zwischen Rheinfelden und Pannerden rund 165 Arten. Mit steigender Abwasserbelastung des Rheins und sinkendem Sauerstoffgehalt gingen die Artenzahlen vor allem seit Mitte der 1950er bis Anfang der 1970er drastisch zurück. Insbesondere die Insekten erlitten beträchtliche Einbußen. Von den Anfang des 20. Jahrhunderts über 100 nachgewiesenen Insektenarten blieben 1971 nur 5 Arten übrig (Abb. 6.1, Tabelle 6.1).

„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen ...“
Grundgesetz, Artikel 20 a

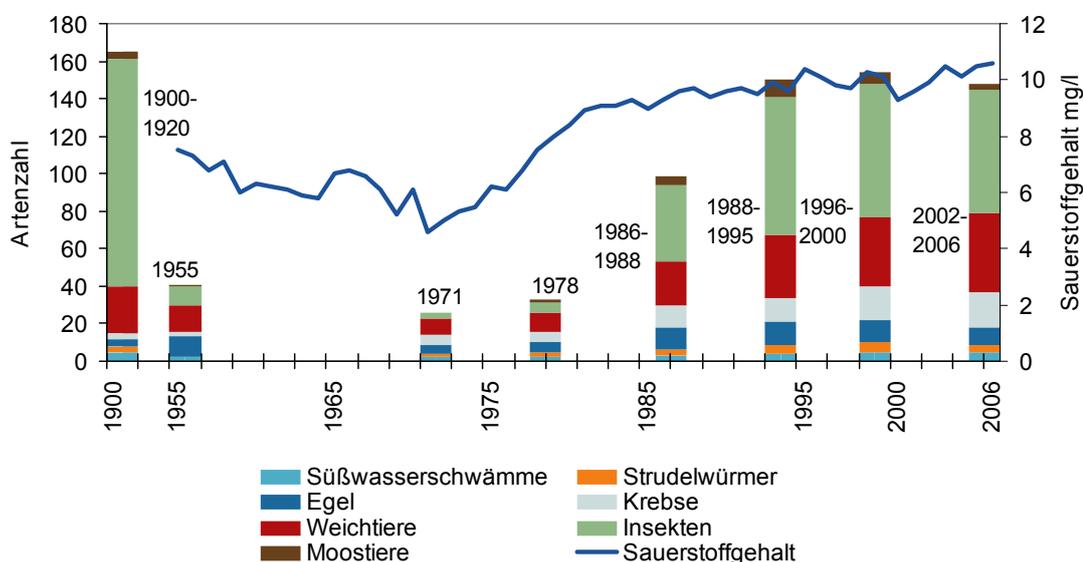


Abb. 6.1
Historische Entwicklung der Lebensgemeinschaft des Rheins zwischen Basel und der deutschniederländischen Grenze in Beziehung zum durchschnittlichen Sauerstoffgehalt des Rheins bei Bimmen (aus Schöll 2008)



Tabelle 6.1

Um 1900 rheintypische Stein-, Eintags- und Köcherfliegen, die seit mind. 40 Jahren im Rhein (Basel-Emmerich) nicht mehr nachgewiesen werden konnten.

| Ephemeroptera (Eintagsfliegen) | Plecoptera (Steinfliegen) | Trichoptera (Köcherfliegen) |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Ecdyonurus insignis EATON (2) | Besdolus imhoffi PICT. (1) | Chimarra marginata L. (1) |
| Heptagenia longicauda STEPH. ((2) | Besdolus ventralis Pict. (0) | Rhyacophila pascoei McL. (0) |
| Heptagenia coeruleans ROSTOCK (1) | Brachyptera braueri PICT.(1) | Setodes punctatus (FABR.) (2) |
| Oligoneuriella rhenana IMH. (2) | Brachyptera trifasciata PICT (0) | Setodes viridis FO |
| Palingenia longicauda OL. (0) | Isogenus nubecula NEW. (0) | |
| Prosopistoma foliaceum FOUR.(0) | Marthamea selysii PICT. (0) | |
| Rhithrogena bescidensis A.T.& S. (2) | Oemopteryx loewii ALB.(0) | |
| | Perla burmeisteriana CLASS. (2) | |
| | Siphonoperla burmeisteri PICT. (0) | |
| | Xanthoperla apicalis NEW. (0) | |

In Klammern ist der verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = „stark gefährdet“. (aus Schöll 2008)

Neozoen (Makrozoobenthos)

Unter Neozoen versteht man Tiere, „die seit Beginn der Neuzeit (1492) unter direkter oder indirekter Mitwirkung des Menschen in ein ihnen vorher nicht zugängliches Faunengebiet gelangt sind und dort neue Populationen aufgebaut haben.“ Im Rhein erfolgte die Ausbreitung vieler Neozoen über die Schiffe. Sie sammeln sich z.B. in den Kühlwasserfiltern der Motorschiffe und werden bei der Reinigung oft weit von ihrem Ursprungsort entfernt wieder freigesetzt.

Die Einwanderung fremder Tierarten seit den 90er Jahren hat zu einer vollkommenen Veränderung der Lebensgemeinschaft geführt. Neozoen (> 60%) überwiegen inzwischen sowohl in der Dominanz (= relative Häufigkeit einer Art im Vergleich zu den übrigen Arten, bezogen auf eine bestimmte Lebensraumgröße), als auch in der Konstanz (= relative Verteilung einer Art im Vergleich zu den übrigen Arten, bezogen auf eine bestimmte Lebensraumgröße). Ehemals dominierende Rheinarten (z. B. *Hydropsyche* sp. sind stark zurückgedrängt worden (Schöll 2008, Stand 10.7.2008, Abb. 6.2).

Einfluss der Wärmeeinleitungen auf das Makrozoobenthos

Biologische Untersuchungen zu den Folgen der Wärmeeinleitungen in den Rhein und seinen Nebenflüssen sind nicht nur selten, sondern auch methodisch schwer zu interpretieren. Zu viele

Faktoren überlagern mögliche Wirkungen.

Die biologischen Sonderuntersuchungen aus Baden-Württemberg (Begleitmonitoring) aus den Hitzejahren 2003 und 2006 belegen jedoch, dass sich in unmittelbarer Nähe der Einleitstellen ökologische Beeinträchtigungen zeigen. So wurde eine Verschiebung zu weniger empfindlichen Zuckmückenarten und das Absterben von einigen Krebsarten festgestellt.

Durch die stark gestiegen Anzahl an Neozoen lassen sich kaum Aussagen zu einer langfristigen Beeinflussung des Makrozoobenthos durch die Temperatur machen. Nur wenige Arbeiten weisen auf einen direkten Einfluss der Kühlwassereinleitungen hin. Ein Beispiel ist die Körbchenmuschel *Corbicula fluminea*, die den Rhein seit Ende der 80er Jahre besiedelt und im Jahr 1994 Basel erreicht hat. Schöll (2000) stellt anhand von Freilanduntersuchungen an den Bundeswasserstraßen fest, dass sich die Körbchenmuschel vor allem in den Gewässern rasant ausgebreitet hat, in denen die Wassertemperatur durch Kühlwasser im Winter nicht für längere Zeit unter 2°C fällt. Insbesondere unterhalb von Kühlwassereinleitungen (z.B. beim Atomkraftwerk Biblis konnte Schöll erhebliche Massenentwicklungen von mehr als 1000 Individuen pro m² feststellen. Gemäß Schöll ist die Körbschenmuschel eines der bislang wenigen Beispiele für den direkten Einfluss der Erhöhung der Minimaltemperaturen durch Kühl-

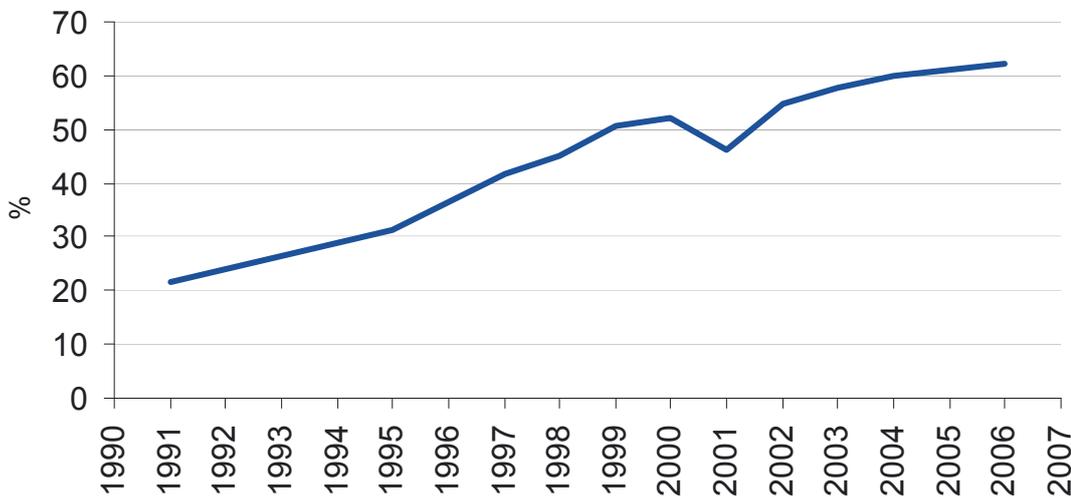


Abb. 6.2
Dominanzanteil der
Neozoen (Abundanz-
klassen) an der Gesamt-
biozönose, Mittelrhein

wassereinleitungen auf die Lebensgemeinschaften von Fließgewässern.

Inzwischen haben Untersuchungen an der Universität Basel den Einfluss der Wintertemperatur auf die Mortalität untersucht und kommen in Hälterversuchen zu einer vergleichsweise guten Kältetoleranz der Körschenmuschel. Nach einem Monat lebten noch sämtliche Muscheln, welche bei Wassertemperaturen von 0 und 2°C gehalten worden waren. Nach zwei Monaten in 0-grädigem Wasser lebten noch 45 % der Muscheln, bei 2°C noch 65 %. Bei einer Wassertemperatur von 8°C überlebten alle Muscheln (Baur 2009).

Aus den Begleituntersuchungen zur wasserrechtlichen Genehmigung des Atomkraftwerks Neckarwestheim I geht hervor, dass in der Stauhaltung, in der das Kühlwasser eingeleitet wird, überwiegend Neozoen zu finden sind. Im Hitzesommer 2003 kam es dort zu einem Massensterben von *Corbicula*.

5.2 Fische

Zu den Beobachtungen aus den Hitzesommern 2003 und 2006 gehören neben dem Absterben von Süßwassermuscheln, Blaualgenblüten vor allem die Beeinträchtigungen der Fische. Der direkte Nachweis, dass Kühlwassereinleitungen dafür verantwortlich sind, ließ sich bisher nicht führen. Allerdings gibt es zahlreiche Hinweise darauf, dass insbesondere die Fische stark von

erhöhten Wassertemperaturen betroffen sind.

Temperaturgrenzen für Fische

Die Letal- und Optimaltemperaturen von verschiedenen Fischarten sind sehr unterschiedlich. Es gibt inzwischen zahlreiche Zusammenstellungen zu Gewässertemperaturen und ihren Auswirkungen auf Fische (z.B. Küttel & Peter 2000, Reinartz 2007, Otto & Zahn 2008).

Dabei fällt auf, dass insbesondere Langzeituntersuchungen in freien Gewässern bisher nur vereinzelt vorliegen. Auswirkungen von Temperaturerhöhungen auf das Verhalten oder Krankheiten liegen bisher kaum vor.

Temperaturgrenzen sind häufig in Laborversuchen ermittelt und nicht in freie Gewässer übertragbar. Für die Äsche wird zum Beispiel eine Letaltemperatur von 26°C angegeben (Kraim & Pattee 1980). Im Oberrhein wurde jedoch das Absterben von Äschen bereits ab einer Wassertemperatur von 23°C beobachtet (Walter mündl. Zit. in LAWA 2008). Zur Äsche und ihrer Entwicklung in Abhängigkeit zur Wassertemperatur siehe insbesondere Hübner (2003).

Aus den geschilderten Beobachtungen wird klar, dass Temperaturgrenzwerte aufgrund der sublethalen, chronischen oder begleitenden Auswirkungen deutlich unterhalb der letalen



Temperaturen liegen müssen. Nur so wird nachhaltig ein guter ökologischer Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial ermöglicht.

Das gilt nicht nur für die Wassertemperaturen im Sommer, sondern auch für die Wassertemperaturen im Winter. Viele Fischarten halten Winterruhe, das heißt sie passen ihren Stoffwechsel an Wassertemperaturen $< 6^{\circ}\text{C}$ an. Erhöhte Wassertemperaturen im Winter können zur Schädigung der Gonaden führen oder zur beschleunigten Reifung bzw. vorverlegten Larvalphase. Zeiten eines erhöhten Nahrungsbedarfes in der Larval-/Juvenilphase und dem Nahrungsangebot stimmen dann ggf. nicht mehr überein. Als Ausweichmöglichkeiten bleiben dann nur Kaltwasserfahnen von Grundwassereintritten oder kühlere Altarme und/oder Seitengewässer.

Insbesondere Temperaturänderungen durch Wärmeeinleitungen führen so zu indirekten Schädigungen einzelner Arten oder Größenklassen und zu Verschiebungen im Artenspektrum.

Dass sich das im Einzelfall nicht oder nur schwer nachweisen lässt, liegt unter anderem auch daran, dass Fischsterben in größeren Gewässern nie umfassend erfasst werden können bzw. kleinere Fischsterben unter Umständen weitgehend unbemerkt bleiben.

Besonders von Bedeutung sind hierbei kurzfristige Temperaturänderungen. Schnelle Temperatursenkungen sind dabei in der Regel schädlicher als schnelle Temperaturerhöhungen.

Beispiel Aalsterben 2003

Trotz der vergleichsweise hohen Temperaturtoleranz (Letaltemperatur $> 30^{\circ}\text{C}$) von Aalen kam es im Hitzesommer zu einem Massensterben von Aalen. Beim Massensterben von Aalen im Hitzesommer 2003 geht man von der Verkettung mehrerer Faktoren aus. Auf Grund des Niedrigwassers folgten die Aale vermutlich zunächst dem sinkenden Wasserspiegel und wanderten in die Flussmitte ein. Dadurch wurde der Kontakt, d.h. das Aufeinandertreffen von Aalen

häufiger. Man vermutet, dass durch den häufigeren Kontakt vermehrt Krankheiten (z.B. Rotseuche) und Parasiten (z.B. Schwimmblasenwürmer) übertragen wurden.

Gleichzeitig wächst mit erhöhter Temperatur der Energiebedarf und die körpereigenen Energiereserven (Fette, Kohlehydrate) werden verbraucht. Man geht davon aus, dass mit dem höheren Energieverbrauch die Immunabwehr gegen Krankheiten und Parasiten geschwächt wird und es so zu einem massenhaften Sterben vor allem der großen erwachsenen Aale kam, die 2003 zu Tausenden an den Ufern des Rheins gefunden wurden (Koop et al. 2005).

Anforderungen für Wanderfischgewässer

Inzwischen liegt eine von der IKS in Auftrag gegebene „Gesamtanalyse einschließlich Bewertung der Wirksamkeit der laufenden und geplanten Maßnahmen im Rheingebiet mit Blick auf die Wiedereinführung von Wanderfischen“ vor (Schneider 2009).

Wandersalmoniden müssen die großen „Cyprinidengewässer“ (insbesondere Rhein, Mosel, Main) durchwandern, bis sie ihre kühleren Reproduktionsgewässer (Metarhithal bis Epipotamal) erreichen.

Bereits ab 23°C Wassertemperatur kann beobachtet werden, dass die Wanderaktivitäten der Salmoniden abnehmen und ab $24\text{--}25^{\circ}\text{C}$ vorübergehend zum Stillstand gelangen (Saumon Rhin (Abb. 6.3, Abb. 6.4).

Damit ergeben sich z.B. für das Zeitbudget der über das gesamte Jahr wandernden Lachse (vgl. Tabelle 6.2) erhebliche Nachteile. Kühlwassereinleitungen und die noch nicht abzuschätzenden Folgen des Klimawandels haben daher eine erhebliche Bedeutung für die Wiederansiedlungsprogramme der Wanderfische. Schneider (2009) kommt bezüglich der Bedeutung der Wassertemperaturen im Rhein für Wanderfische zu dem Ergebnis:

„Der Faktor Temperatur ist vorrangig hinsichtlich sommerlicher Höchsttemperaturen relevant. Hohe Temperaturen $\geq 25^{\circ}\text{C}$ im Rheinsystem führen im bisherigen Erfahrungsbereich zu einer

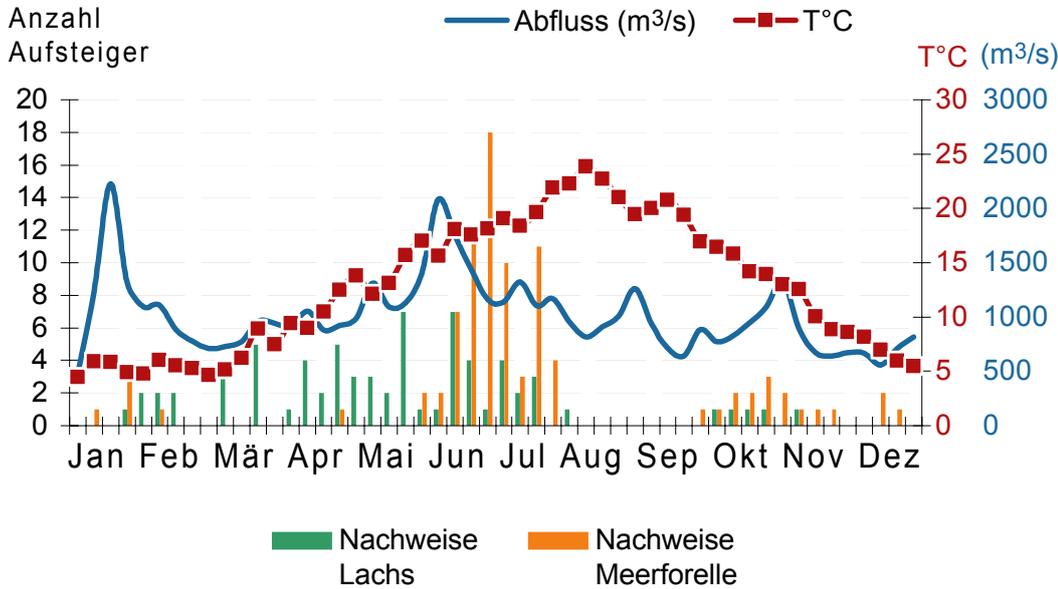


Abb. 6.3 Nachweiszahlen Lachs und Meerforelle bei der Staustufe Iffezheim aus dem Jahr 2004 in Bezug zu den Abfluss- und Temperaturverhältnissen (verändert nach SAUMON-RHIN, 2006)

temporären Unterbrechung der Migration der Laichfische (Salmoniden). Erhöhte Mortalität konnte nicht nachgewiesen werden. Allerdings stellen hohe Temperaturen für migrierende Salmoniden einen Stressfaktor und ein erhöhtes Infektionsrisiko dar und wirken negativ auf das Zeitbudget. Eine limitierende Wirkung scheint derzeit nicht zu bestehen (als Referenzjahr wurde der extrem trockene und heiße Sommer 2003 mit lange andauernder Niedrigwasserführung herangezogen). Zusätzliche thermische Belastungen, etwa durch neue Kraftwerke am Rhein, sollten jedoch unter allen Umständen vermieden werden, da diese – auch angesichts des aktuellen Klimawandels – ein unkalkulierbares zusätzliches Risiko darstellen. Während der Smoltmigration und zur Laichzeit sind die Temperaturverhältnisse im Rhein und in den Reproduktionsgebieten bisher unproblematisch.“

Nicht zuletzt das Kommuniké der Rhein-Ministerkonferenz 2007 geht auf die Wärmebelastung des Rheins und seiner Nebenflüsse ein:

„...dass aufgrund der zu erwartenden Erwärmung der Atmosphäre sich auch die Wassertemperaturen erhöhen werden und daher im Rahmen der IKSR die Wärmesituation im Rhein weiter verfolgt und Möglichkeiten geprüft werden sollen, die von Menschen verursachten Wärmeeinleitungen in den Rhein und seine Nebenflüsse weiter zu verringern; anstehende Auswirkungen auf das Ökosystem und seine Habitat- und Artenvielfalt sind gleichfalls zu berücksichtigen.“

Das Verhalten der Wanderfische erfordert die Reduktion der anthropogenen Wärmeeinleitungen in den Rhein und seine Nebenflüsse und legt einen Grenzwert von 25°C nahe, bei dem die

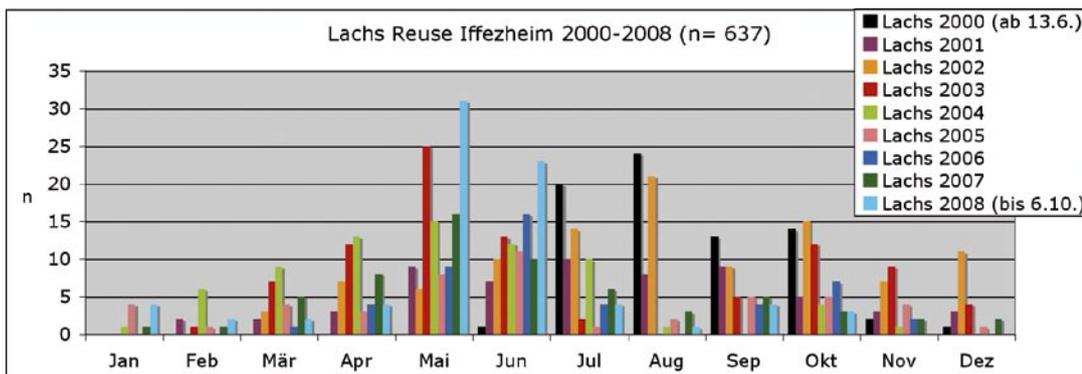


Abb. 6.4 Nachweiszahlen und zeitliches Migrationsmuster Lachs Iffezheim; der Aufstieg im Hitzerekordjahr 2003 ist jeweils als rote Balken hervorgehoben (aus Schneider 2009).

Tabelle 6.2
Laichzeiten und
Wanderzeiträume
der Wanderfischarten
im Rhein. Dunkle
Felder: Kernzeit; Helle
Felder: geringere
Aktivität. „Geringere
Aktivität“ heißt
dabei nicht „weniger
bedeutend“. Aus
populationsgenetischer
Sicht sind auch
Individuen, die
außerhalb der Kernzeit
laichen und/oder
migrieren für die
Gesamtpopulation von
großer Bedeutung (aus
Schneider 2009).

| Laichzeiten | Jan | Feb | Mär | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Atlantischer Lachs | | | | | | | | | | | | |
| Meerforelle | | | | | | | | | | | | |
| Maifisch | | | | | | | | | | | | |
| Atlantischer Stör | | | | | | | | | | | | |
| Meerneunauge | | | | | | | | | | | | |
| Flußneunauge | | | | | | | | | | | | |
| Aal | | | | | | | | | | | | |
| Flunder | | | | | | | | | | | | |

| Migration Laichfische Rf | Jan | Feb | Mär | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Aufwanderung | | | | | | | | | | | | |
| Atlantischer Lachs | | | | | | | | | | | | |
| Meerforelle | | | | | | | | | | | | |
| Maifisch | | | | | | | | | | | | |
| Atlantischer Stör | | | | | | | | | | | | |
| Meerneunauge | | | | | | | | | | | | |
| Flußneunauge | | | | | | | | | | | | |
| Abwanderung | | | | | | | | | | | | |
| Aal | | | | | | | | | | | | |
| Flunder | | | | | | | | | | | | |
| Atlantischer Lachs | | | | | | | | | | | | |

| Migration Jungfische | Jan | Feb | Mär | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Aufwanderung | | | | | | | | | | | | |
| Atlantischer Lachs | | | | | | | | | | | | |
| Meerforelle | | | | | | | | | | | | |
| Maifisch | | | | | | | | | | | | |
| Atlantischer Stör | | | | | | | | | | | | |
| Meerneunauge | | | | | | | | | | | | |
| Flußneunauge | | | | | | | | | | | | |
| Aufwanderung | | | | | | | | | | | | |
| Aal | | | | | | | | | | | | |
| Flunder | | | | | | | | | | | | |

Wärmebelastung aus anthropogenen Quellen eingestellt werden sollten.
Darüberhinaus sollten insbesondere in den Nebengewässern des Rheins Maßnahmen zur Reduktion der thermischen Belastung vorgenommen werden. Hierzu gehört die Wiederherstellung einer durchgehenden Beschattung durch Ufergehölze außerhalb von Siedlungsbereichen. Die mögliche Wirkung solcher Ufergehölze lässt sich insbesondere aus den Simulationen an der Wupper ableiten (vgl. Abb. 4.7).
Die Ansprüche der Wanderfische an ihre Durchzugsgewässer muß auch Eingang in die Bewertung gemäß EG-Fischgewässerrichtlinie finden. Die bisherige Unterscheidung zwischen Cypriniden- und Salmonidengewässer mit den entsprechenden Temperaturgrenzwerten berücksichtigt bisher nicht, dass Wanderfische (insbesondere Maifisch, Meerforelle und Lachs) die Cyprinidengewässer (insbesondere Rhein, Mosel, Main, Neckar) durchwandern müssen, bis sie die kühleren Salmonidengewässer erreichen. Wenn zu hohe Temperaturen in den

Cyprinidengewässern zugelassen werden, wird den Langdistanzwanderfischen auf dem Weg vom Meer in ihre Laichgewässer der Aufstieg erschwert oder gar verunmöglicht. Diese in der EG-Fischgewässerrichtlinie nicht berücksichtigte Problematik ist wohl darauf zurückzuführen, dass die EG-Fischgewässerrichtlinie („Richtlinie 78/659/EWG des Rates vom 18. Juli 1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten“) aus den 1970er Jahren stammt, als Wanderfische wegen der allgemeinen Gewässerverschmutzung noch nicht auf der Agenda standen.

5.3 Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung

In zahlreichen Dokumenten ist immer wieder die Rede davon, dass sich Wassertemperaturen von mehr als 25°C (Qualitätsziel) in Oberflächengewässern nachteilig auf die Gewinnung von Trinkwasser auswirken könnten. Auf Nachfrage bei den Verbänden der Trinkwasserversorgung

liegen bisher hierzu jedoch keine negativen Erfahrungen vor. In Deutschland gibt es keine Rohwasserentnahme aus der fließenden Welle und die Wassertemperaturen aus Grundwasser und Uferfiltrat blieben auch in den Hitzesommern 2003 und 2006 bei weit unter 20°C. Auch aus den Niederlanden, die aus der fließenden Welle entnehmen, liegen aufgrund von hohen Wassertemperaturen im Rhein keine negativen Erfahrungen vor. Allerdings müssen die Wasserversorger nach niederländischem Recht eine Ausnahmgenehmigung beantragen, sobald die Entnahmetemperatur 25°C übersteigt.

5.4 Auswirkungen auf die Schifffahrt

Die Schifffahrt profitiert im Winter von den Kühlwassereinleitungen. Zumindest im Rhein selbst kam es seit 1963 zu keinem Eisgang mehr. Das liegt zum einen daran, dass die Wintermonate immer wieder durch Wärmeperioden unterbrochen werden, zum anderen an den Wärmeinleitungen der Kraftwerke, der Kläranlagen und der Industrie.

5.5 Hygienische Belastung von Kühltürmen

Bei französischen Untersuchungen aus dem Jahr 2004 wurde in mehreren Fällen Legionellen-erkrankungen auf Kühltürme zurückgeführt (Lyon, Pas de Calais). In über 10 Fällen führte die Krankheit zum Tod. In der Folge wurden Richtwerte für die Legionellen-Belastungen durch industrielle Kühltürme erlassen. In diesem Zusammenhang wurde die Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement (AFSSET) vom Umwelt-, Industrie und Gesundheitsministerium beauftragt, die von der DGSNR (Aufsichtsbehörde Atomkraft) an die EDF gestellte Forderung der Einhaltung von Belastungswerten zu überprüfen. Demnach soll EDF Vorsorgemaßnahmen treffen, um die Konzentration im Kühlwasser unter $5 \cdot 10^6$ UFC/l (Koloniebildende Keime pro Liter) zu halten ($5 \cdot 10^5$ UFC/l für Kraftwerk Chinon). Bei den industriellen Kühltürmen liegen die Werte bei 10^3 UFC/l und bei Werten zwischen 10^3 und

10^5 muss der Betreiber Reinigungsmaßnahmen durchführen, bei Überschreitung von 10^5 muss die Anlage gestoppt werden. EDF argumentierte, dass durch die hohen Türme die Ausbreitung des Wasserdampfes bzw. der Bakterien nicht mit den niedrigeren Industrietürmen verglichen werden kann. Die Experten der Afsset konnten jedoch mit dem gleichen Modell nachweisen, dass dies nur für die unmittelbare Nähe der Anlage gilt, nicht jedoch bei größeren Entfernungen (insbesondere über 3 km).

Fazit der Studie: EDF kann nicht nachweisen, dass kein Risiko besteht. Weitere Studien sind derzeit in der Bearbeitung. Die Bundesrepublik schätzt die Gesundheitsgefährdung durch Legionellen aus Kühltürmen für die deutsche Bevölkerung als äußerst gering ein (BT-Drucksache 16/7601).



7. Bewirtschaftungs- und Wärmelastpläne

Informationen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie im Rheineinzugsgebiet und den Bewirtschaftungsplänen finden sich unter:

| | |
|-------------------|--|
| Belgien | www.environnement.wallonie.be |
| Deutschland | |
| Bayern | www.wrrl.bayern.de |
| Baden-Württemberg | www.wrrl.baden-wuerttemberg.de |
| Hessen | www.flussgebiete.hessen.de |
| Thüringen | www.thueringen.de/de/tminu/themen/wasser/flussgebiete |
| Rheinland-Pfalz | www.wrrl.rlp.de |
| Saarland | www.saarland.de |
| Nordrhein-Westf. | www.flussgebiete.nrw.de ; www.niederrhein.nrw.de |
| Niedersachsen | www.nlwkn.de |
| Frankreich | www.eau2015-rhin-meuse.fr |
| Liechtenstein | www.llv.li/amtstellen/llv-auswasserwirtschaft.htm |
| Luxemburg | www.waasser.lu |
| Niederlande | www.kaderrichtlijnwater.nl |
| Österreich | www.vorarlberg.at |
| Schweiz | www.bafu.admin.ch/wasser |

Weitere Hintergrundinformationen sind auf den Webseiten der IKSР (www.iksr.org) sowie der IKSMS für die internationale Mosel-Saar-Gebiet (www.iksms-cipms.org) oder der IGKB für den Bodensee (www.igkb.org) verfügbar.

Dargestellte Belastungen und Maßnahmen auf A-Ebene Rhein

Im Bericht zur „Bestandsaufnahme WRRL, Teil A“ Internationale Flussgebietseinheit Rhein (A-Ebene) heisst es zur Wärmebelastung des Rhein (IKSR-CC 02-05d rev. 18.03.05):

„Es ist eine klimatisch bedingte Erhöhung der durchschnittlichen Wassertemperaturen festzustellen. Darüberhinaus nutzen Kraftwerke und die Industrie Oberflächenwasser zu Kühlzwecken. In besonders warmen Sommern mit extrem niedrigen Abflüssen kann die Wassertemperatur durch Kühlwassereinleitungen so weit ansteigen, dass negative Auswirkungen auf das aquatische Ökosystem möglich sind. Auch die Stauhaltung für Wasserkraftwerke kann die Wassertemperatur nachteilig beeinflussen.“

Die „wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen“ sind der „rote Faden“ jeden Bewirtschaftungsplans und sind in der Regel nach Artikel 5 WRRL bereits in den Berichten zur Bestandsaufnahme festgelegt worden.

Gemäß Bewirtschaftungsplanentwurf vom Dezember 2008 lauten die Bewirtschaftungsfragen für die internationale Flussgebietseinheit Rhein (Teil A = übergeordneter Teil):

- „Wiederherstellung“ der biologischen Durchgängigkeit, Erhöhung der Habitatvielfalt; Reduzierung diffuser Einträge, die das Oberflächengewässer und Grundwasser beeinträchtigen (Nährstoffe, Pflanzenschutzmittel, Metalle, gefährliche Stoffe aus Altlasten und andere)
- Weitere Reduzierung der klassischen Belastungen aus industriellen und kommunalen Quellen
- Wassernutzungen (Schifffahrt, Energieerzeugung, Hochwasserschutz, raumrelevante Nutzungen und andere) mit Umweltzielen in Einklang bringen;

Unter den „klassischen Belastungen“ sind auch die Wärmeeinträge zu verstehen. Im entsprechenden Maßnahmenkapitel 7.1.2 heisst es hierzu:

„In gewissen Situationen ist die Temperatur ein kritischer Parameter. Derzeit laufen Studien zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Abfluss und Temperatur des Rheins. In Erwartung dieser Studienergebnisse sollen eventuelle zusätzliche Maßnahmen erst in den zweiten Bewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit aufgenommen werden, d.h. die Temperaturproblematik wird in der weiteren Arbeit berücksichtigt.“

Die Anhörung zu den Entwürfen der Bewirtschaftungspläne für die Flussgebietseinheit Rhein findet vom 22.12.2008 bis 22.06.2009 statt. Am 22.12.2009 werden die Bewirtschaftungspläne dann zur Veröffentlichung freigegeben. Spätestens drei Monate später ist die Berichterstattung an die Europäische Kommission vorgesehen.

Vorgeschlagene Maßnahmen auf der B-Ebene (= lokale Umsetzung)

In Tabelle 7.1 sind Aussagen in den Bewirtschaftungsplänen zur Abwärme zusammengefasst. Die klarste Bewertung der Wassertemperaturen im Rhein findet man im Enturf des Bewirtschaftungsplans Deltarhein. Dort heisst es:

„Die Wasserqualität stellt strikte Bedingungen an die Möglichkeiten für die Nutzung von Oberflächenwasser zur Kühlung. Die Regulierung erfolgt mit Genehmigungen auf der Grundlage des Wassergesetzes (jetzt noch des Gesetzes zum Schutz von Oberflächengewässern). Die Genehmigungen erfolgen in den Niederlanden unter Berücksichtigung der Bewertungssystematik des Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) für Wärmeeinleitungen und der IPPC-BREF Kühlung (Anwendung der besten verfügbaren Techniken für industrielle Kühlsysteme).

Die NBW-Bewertungssystematik umfasst auch die Normen, die aus der WRRL hervorgehen. Unter normalen Bedingungen wird das WRRL-Ziel für eine Temperatur von 25°C überall erfüllt. In extrem warmen und trockenen Jahren gibt es in Flüssen und Kanälen Probleme, diese Norm zu erfüllen. Die Belastung im Oberlauf ist dann bereits so, dass die Norm an der Grenze (erheblich) überschritten wird. Über anzuwendende Temperaturziele und Konsequenzen für Wärmeeinleitungen findet deshalb eine internationale Abstimmung statt. Wegen der außergewöhnlichen zusätzlichen Kosten und der begrenzten Effektivität für die Temperatursenkung ist nicht zu erwarten, dass die niederländischen Wärmeeinleitungen kurzfristig durch den (früheren) Einsatz von Kühltürmen verringert werden. Dies bietet unter extremen Bedingungen daher keine Perspektive zur Erreichung des Ziels. Bei der Genehmigungserteilung wird aufgrund einer gesellschaftlichen / verwaltungstechnischen Abwägung eine ungestörte Energieversorgung als prioritär betrachtet. Aus diesem Grund wird in den Niederlanden als politisches Ziel an die höhere Temperaturnorm von 28°C als Maximum in Flüssen und Kanälen in der Situation extremer Witterungsbedingungen festgehalten. In den sensibleren Küsten- und Übergangsgewässern sowie Seen wird wohl an 25°C festgehalten. In der

Projektgruppe MEETPOL (Monitoring Ecological Effects Thermal Pollution) arbeiten Rijkswaterstaat und Unternehmen zusammen an Praxisstudien zu den Auswirkungen der Aufnahme und Einleitung von Kühlwasser auf die aquatische Umwelt. Unternehmen müssen über adäquate Informationen über die Ableitung und Temperatur verfügen, um die Produktionskapazität darauf ausrichten zu können. Es wird erwogen, Messstellen von Unternehmen in das Überwachungsnetz aufzunehmen und übers Internet für eine breite Öffentlichkeit zu erschließen, so dass ein besserer Einblick in die Temperaturentwicklung der verschiedenen Gewässersysteme möglich wird.“

Die thermische Belastung der Gewässer durch Wärmeeinleitungen oder durch den Ablass von kaltem Tiefenwasser aus Talsperren wurde bislang anhand der Umsetzungsverordnung zur EG-Fischgewässerrichtlinie und der dort vorgenommenen Einteilung der Gewässer als cyprinid bzw. salmonid beurteilt. Mit den neueren Erkenntnissen aus der Typisierung der Gewässer und aus der WRRL-konformen Untersuchung der Fischfauna hat sich zum Teil Anpassungsbedarf ergeben. Um diesen neueren Erkenntnissen Rechnung zu tragen, sind vorhandene Wärmelastpläne und die erteilten wasserrechtlichen Genehmigungen, Zulassungen oder Erlaubnisse anzupassen. Beispielhaft wurde eine solche Untersuchung für das Einzugsgebiet der Wupper durchgeführt. Diese Untersuchung für das relativ kleine Einzugsgebiet der Wupper zeigte die Komplexität der notwendigen Konzepte und damit die Dauer der entsprechenden Planungen auf. Hinzu kommt, dass

- in allen Fällen bereits Rechte zur Wassernutzung erteilt worden sind, die aus verfahrenstechnischen Gründen und aus Gründen des Bestandsschutzes nicht unmittelbar verändert werden können und
- außerdem die technischen Möglichkeiten zu Anpassungen seitens der Gewässernutzer zuerst zu evaluieren sind. Hier ist auch der Prüfung der Kosteneffizienz derart Rechnung zu tragen, dass Planungen für das gesamte Flussgebiet berücksichtigt werden.

| Flussgebiet | Wärmebelastung | Wärmehaushaltsmodell | Maßnahmen |
|-----------------------------------|---|--|--|
| Wupper | Wupper und Hardtbach | Modell vorhanden; Erstellung eines Prognosemodells zur Vorhersage von kritischen Wassertemperaturen für Salmoniden | Temperaturmanagement entsprechend Empfehlungen aus Forschungsvorhaben HKW. Umsetzung bis 2015; Reduzierung der Wärmebelastung durch das Heizkraftwerk Karlstraße |
| Mündung der Dhünn | Erstellung von Konzeptionen/ Studien/ Gutachten Wärmebelastung | | Prüfung der Möglichkeit eines „Versuches“ zur Anhebung der sommerlichen Wassertemperaturen durch naturnäheren Abfluss/Wassermengenmanagement an der Talsperre. |
| Maas-Süd (Rur) | Wärmebelastung | | Optimierung der Kühlwassereinleitung des Kraftwerks Weisweiler durch RWE Power bis 2015 |
| Untere Lenne | | | Vertiefende Untersuchungen zu Wärmebelastungen bis 2012 |
| Ruhr | | | Vertiefende Untersuchungen zu Wärmebelastungen bis 2012 |
| Lippe westlich Lippstadt bis Hamm | Zahlreiche Kühlwassereinleitungen; 28°C (EG-Fischgewässerrichtlinie) werden knapp eingehalten. | Wärmemodell bzw. Wärmelastberechnungen vorhanden (Lippeverband). | Behördlich abgestimmtes Konzept der Wärmereduzierung RWE Uentrop; Gutachten soll Auswirkungen auf Fauna und Flora näher untersuchen. |
| Mittelrhein, Nahe, Lahn und Ahr) | Keine wichtige Bewirtschaftungsfrage | | Keine Maßnahmen vorgesehen |
| Sieg | Keine wichtige Bewirtschaftungsfrage | | Keine Maßnahmen vorgesehen |
| Mosel/Saar | Keine wichtige Bewirtschaftungsfrage; Größere Auswirkungen auf die Wassertemperatur der Gewässer werden nicht beobachtet. | pro Jahr ca. 900.000 m ³ Kühlwasser in Mosel und Saar, hauptsächlich AKW Cattenom; | Keine Maßnahmen vorgesehen |
| Hessen | Keine wichtige Bewirtschaftungsfrage; Belastungsschwerpunkt Rhein-Main-Gebiet; eine Wärmeeinleitung an der Fulda | EDVgestütztes Wärmesimulationsmodell für den hessischen Untermain | Keine Maßnahmen vorgesehen; Abwärmereglements in wasserrechtlichen Bescheiden |
| Oberrhein, Rheinland-Pfalz | Keine wichtige Bewirtschaftungsfrage; Probleme durch Wärmeeinleitungen insbesondere in Jahren mit längeren Hitzeperioden. | keine Angabe | Grundsätzlich ist es sinnvoll alle Möglichkeiten einer Restwärmenutzung bestehender Wärmeeinleitungen zu prüfen. Keine regionale Lösung. |
| Oberrhein, Baden-Württemberg | Keine wichtige Bewirtschaftungsfrage; Wärmeeinleitungen von 3.800 MW schwerpunktmäßig bei Karlsruhe, Philippsburg und Mannheim (Kraftwerke) | | Maßnahmen sind bisher keine vorgesehen! Reduzierung des Wärmeeintrages, um auch in Stresssituationen im Unterlauf die Einhaltung von Maximaltemperaturen zu gewährleisten. |
| Main | Keine wichtige Bewirtschaftungsfrage; Schwerpunkte hessischer Untermain, Kraftwerk im Großraum Nürnberg/Fürth | Modell für den hessischen Main vorhanden | Keine Maßnahmen vorgesehen; Wärmereglement über Erlaubnisbescheiden |
| Neckar | Wichtige Bewirtschaftungsfrage; Wärmeeinleitungen von ca. 2500 MW | Modell vorhanden; | Keine Maßnahmen vorgesehen; |
| Hochrhein | Keine wichtige Bewirtschaftungsfrage; Wärmeeinleitungen ca. 190 MW | | Keine Maßnahmen vorgesehen |

Tabelle 7.1
Abwärmethematik
und vorgesehene
Maßnahmen in den
Bewirtschaftungsplänen

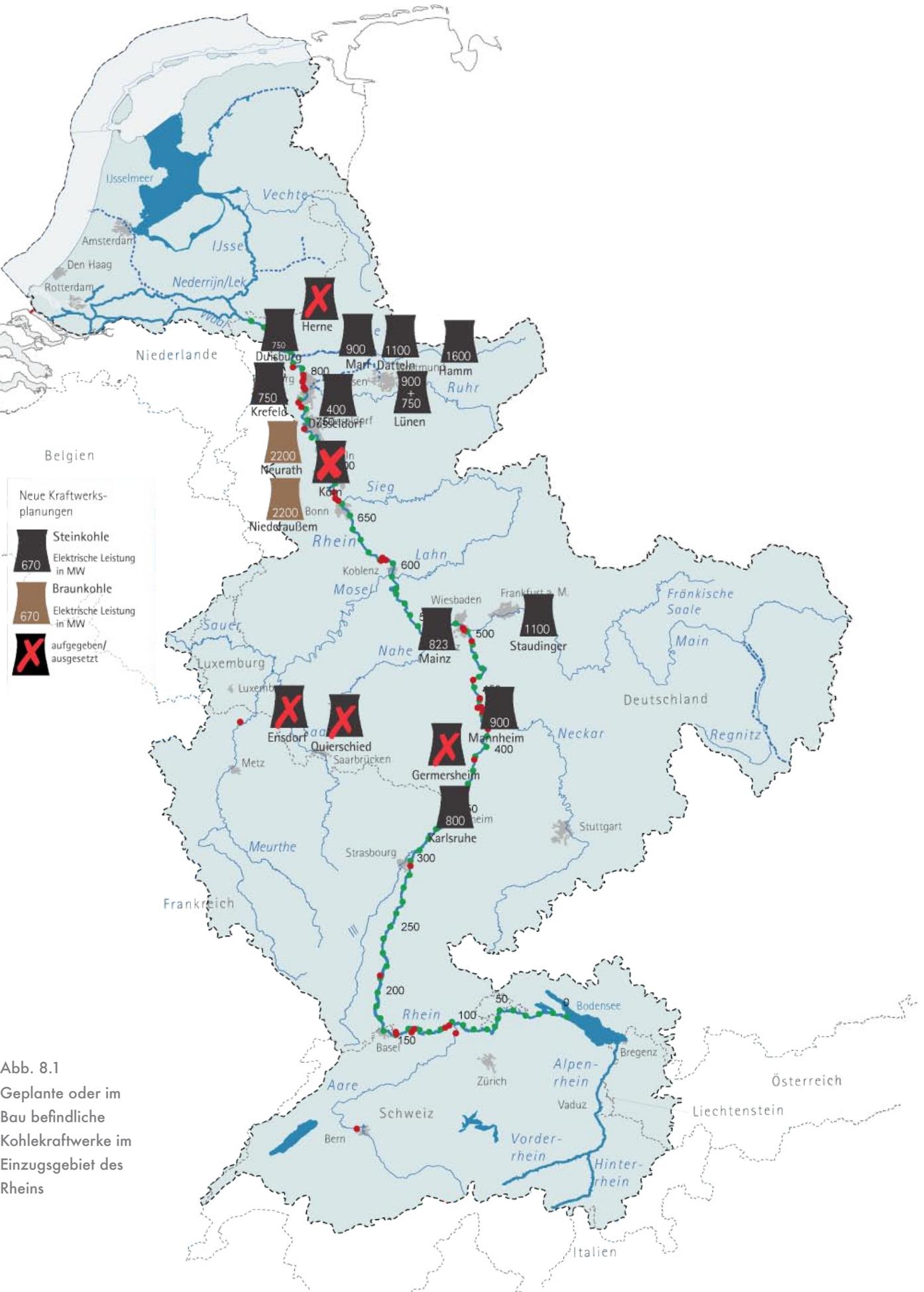


Abb. 8.1
Geplante oder im Bau befindliche Kohlekraftwerke im Einzugsgebiet des Rheins

8. Aktuelle Kraftwerksplanungen am Rhein

Derzeit befinden sich am Rhein neue Kohlekraftwerke mit einer elektrischen Leistung von 5,5 GW bereits im Bau, 5,6 GW sind genehmigt oder teilgenehmigt und etwa 4 GW sind noch in Planung (Abb. 8.1, Tabelle 8.1).

Die wasserrechtlichen Genehmigungen der aktuellen Kraftwerksplanungen basieren nach wie vor weitgehend auf der noch bis 2013 gültigen EG-Fischgewässerrichtlinie und den „LAWA-Richtlinien“ (LAWA 1991) aus dem Jahre 1991. Aktuelle ökologische Erkenntnisse, aufgrund der die LAWA-Richtlinien derzeit überarbeitet werden, fließen kaum in die Würdigungen bzw. Bescheide zu den wasserrechtlichen Genehmigungen ein.

Beispiel Block 8 des Rheindampfkraftwerkes in Karlsruhe (RDK 8)

Im wasserrechtlichen Genehmigungsbescheid des RDK 8 wird gegen schärfere Grenzwerte wie folgt argumentiert:

Die maximale rechnerische Mischtemperatur von 28°C ist ein bundesweit anerkannter Wert für die Einleitung von Kühlwasser. Bei Überschreitungen dieser Temperatur ist eine Drosselung der Kraftwerksleistung erforderlich. Bei Untersuchungen des Neckars wurde festgestellt, dass ab etwa 29 °C größere Ausfälle des Makrozoobenthos zu verzeichnen waren. Dies hat bestätigt, dass die Temperaturbegrenzung 28°C eine sinnvolle Grenze darstellt. Sie wird deswegen bei dem Kraftwerkstandort auch so gefordert.

Seitens der Behörden wird für ausreichend gehalten, die Ablaufkühlung bereits ab einer Entnahmetemperatur von 22,6°C in Betrieb zu nehmen und ab 25°C ist der Kühlturm mit voller Kühlleistung (634 MW) zu betreiben.

In der wasserrechtlichen Genehmigung heisst es: „Durch den frühzeitigen Einsatz der Ablaufkühlung können die Auswirkungen auf das Oberflächengewässer minimiert und die derzeit gültigen Vorgaben der Fischgewässerverordnung sowie der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser eingehalten werden. Diese Minimierungsmaßnahmen sind im Wasserrechtsbescheid zwingend als Nebenbestimmung zu

| Neue Kohlekraftwerke im Rheineinzugsgebiet | | | |
|--|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Fluss | Name/Standort | Elektrische Leistung (MW) | Status |
| Lippe | Datteln | 1.065 | im Bau |
| Rhein | Duisburg-Walsum | 750 | im Bau |
| Rhein | Grevenbroich-Neurath (BoA 2+3) | 2.200 | im Bau |
| Lippe | Hamm-Uentrop | 1.600 | im Bau |
| Rhein | Karlsruhe (Block RDK 8) | 900 | genehmigt |
| Ruhr | Lünen, Stummhafen | 750 | teilgenehmigt |
| Erft | Niederaußem (Bergheim) | 2.200 | genehmigt |
| Rhein | Düsseldorf (Lausward) Block C | 400 | in Planung |
| Rhein | Krefeld-Uerdingen | 750 | in Planung |
| Ruhr | Lünen, Moltkestraße | 900 | in Planung |
| Lippe | Marl | 900 | in Planung |
| Rhein | Mainz (Ingelheimer Aue) | 823 | genehmigt |
| Rhein | Mannheim (Neckarau) | 900 | vorzeitiger Baubeginn |
| Main | Staudinger (Großkrotzenburg) | 1.100 | in Planung |
| Summe | | 15.238 | |

Tabelle 8.1
Planungen neuer Kohlekraftwerke am Rhein

verankern. Sie ergeben sich aus der Stellungnahme der LUBW.

Die Kriterien zur Steuerung der Ablaufkühlung - Kühlungsbeginn bei 24,4 °C, maximale Einleittemperatur 31 °C, Maximaltemperatur nach Vermischung von 28 °C, maximale rechnerische Aufwärmspanne 3 K nach Durchmischung, Überwachungsmodalitäten - sind als Bedingungen in die Erlaubnis aufzunehmen.“

„Die Wärmeeinleitung von RDK 8 führt bei Durchlaufkühlung und Mittelwasserführung von 1.260 m³/s zu einer rechnerischen Erhöhung der Rheinwassertemperatur um 0,18 K. Bei mittlerem Niedrigwasser (589 m³/sec.) und Durchlaufkühlung beträgt die rechnerische Erhöhung der Rheinwassertemperatur maximal 0,39 K, bei dem niedrigsten bislang gemessenen Abfluss von 340 m³/s würde sie 0,67 K betragen. Bei vollem Einsatz der Ablaufkühlung ergibt sich die rechnerische Erhöhung der Rheinwassertemperatur bei den selben Abflüssen zu einem Drittel der genannten Werte.“

Tabelle 8.2
Im Bau oder in
Planung befindliche
Kraftwerksneubauten
in Deutschland
(Bundesverbands
der Energie- und
Wasserwirtschaft
[BDEW] 2009)

| Leistung geplanter Kraftwerksneubauten in Deutschland (GW) | | |
|--|--------|---------|
| Brennstoff | im Bau | geplant |
| Steinkohle | 7,4 | 21,2 |
| Braunkohle | 2,8 | 4 |
| Erdgas | 2,3 | 11,4 |
| Wind (Offshore) | 0,060 | 2,5 |

Während man in der wasserrechtlichen Genehmigung des RDK 8 in Karlsruhe die Einleitbedingungen noch argumentativ begründet, beschränkt man sich ohne Begründung in der wasserrechtlichen Genehmigung in Mainz auf die genannten noch bis 2013 geltenden gesetzlichen Grundlagen.

Neue durch die EG- Wasserrahmenrichtlinie gestellte Anforderungen spielen auch hier keine Rolle.

In den Gewässern Neckar, Main und Lippe sind die Vorbelastungen bzw. Wassertemperaturen bereits so hoch, dass die Kraftwerksbetreiber bereits bei Neuplanung eine weitgehende Kühlung über Kühltürme vorsehen, um die 28°C-Grenze einhalten zu können.

Eine Herabsetzung des Grenzwertes auf 25°C wird jedoch mit Ausnahme der Wupper bisher nicht in Erwägung gezogen.

Foto: www.campact.de



9. Alternativen zu Kohlekraftwerken

Nach der „Leitstudie 2008“ des Bundesministerium für Umwelt (BMU) gehen in Deutschland zwischen 2005 und 2020 fossile Kraftwerke mit einer elektrischen Leistung von 28 GW vom Netz. Darüberhinaus werden Atomkraftwerke mit einer Leistung von 17 GW_{el} und etwa 17 GW_{el} andere ältere Stromerzeugungsanlagen (z.B. Windkraftanlagen) still gelegt.

9.1 Wieviel neue Kraftwerke sind notwendig?

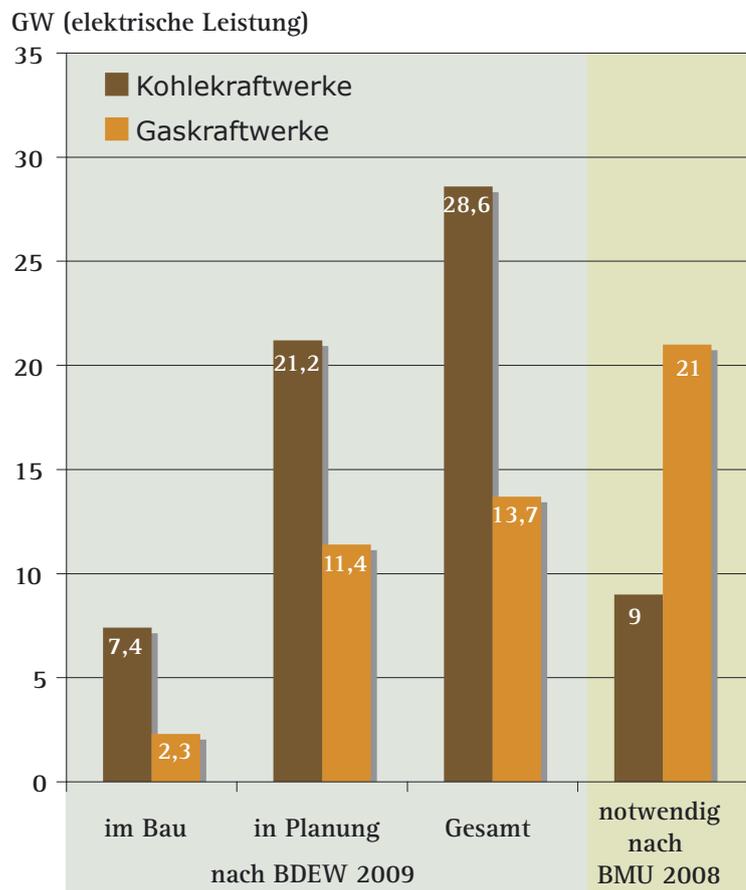
Gemäß der BMU-Studie beläuft sich der erforderliche Zubau neuer Kraftwerke auf insgesamt 88 GW_{el} (Stichjahr 2005). Davon werden etwa 59 GW_{el} durch Anlagen prognostiziert, die Erneuerbare Energien nutzen. Der noch erforderliche Neubau fossiler Kraftwerke beträgt demnach 29 GW_{el} bis 2020. Um die im Leitszenario 2008 ermittelte CO₂-Reduktion von insgesamt 36% einzuhalten, müssen davon mindestens 20 GW_{el} als Gaskraftwerke (überwiegend als KWK Anlagen) gebaut werden. Bleibt es beim Ausstieg aus der Atomenergie - so das BMU - reicht bis 2020 der Zubau von 9 GW_{el} in Form von Kohlekraftwerken (Abb. 9.1).

Dies steht im krassen Widerspruch zu den Planungen der Stromproduzenten in Deutschland. Bereits jetzt sind allein am Rhein seit 2005 Kohlekraftwerke mit einer Leistung von über 8 GW_{el} im Bau oder genehmigt (Tabelle 8.1, 8.2).

Deutschlandweit sind derzeit insgesamt Kohlekraftwerke mit einer elektrischen Gesamtleistung von 28,6 GW geplant und nur etwa 11,4 GW mit Erdgas betriebene Anlagen (Tabelle 8.2, Abb. 9.1).

Das Bundesministerium für Umwelt (BMU) geht in seiner Leitstudie von 2008 davon aus, dass bis zum Jahr 2020 etwa 30% der Bruttostromerzeugung aus Erneuerbaren Energie-Anlagen bezogen werden kann. Geht es nach dem Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. (BBE 2009) könnte im Jahr 2020 bereits knapp die Hälfte des Stroms aus Erneuerbaren Energien kommen.

Neubauten fossiler Großkraftwerke bis 2020



Bewirtschaftungspläne EG-Wasserrahmenrichtlinie

In den Entwürfen zu den Bewirtschaftungsplänen bleibt die Frage der zukünftigen Wärmelast bisher weitgehend unberücksichtigt.

Der aktuelle Bewirtschaftungsplanentwurf für die internationale Flussgebietseinheit Rhein (Teil A = übergeordneter Teil) verschiebt die Frage der Wärmelast. Im Maßnahmenkapitel 7.1.2 heisst es hierzu:

„In gewissen Situationen ist die Temperatur ein kritischer Parameter. Derzeit laufen Studien zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Abfluss und Temperatur des Rheins. In Erwartung dieser Studienergebnisse sollen eventuelle zusätzliche Maßnahmen erst in den zweiten Bewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit aufgenommen werden, d.h. die Temperaturproblematik wird in der weiteren Arbeit berücksichtigt.“

Abb. 9.1
Anspruch (BMU 2008)
und Wirklichkeit
(BDEW 2009) beim
Neubau fossiler
Kraftwerke.

| Erzeugungsvarianten | Energiebedarf pro Einwohner und Jahr [kWh/E*a] | | | |
|---|--|------------------------|----------------------|-----------------------|
| | Endenergie | Primärenergie | | |
| | | Gaskessel + Kohlestrom | Wärmep. + Kohlestrom | Gas-BHKW + Kohlestrom |
| Heizenergiebedarf | 2400 | 2640 | 2836 | 2640 |
| Stromenergiebedarf | 1500 | 5850 | 5850 | 3066 |
| Warmwasserbedarf | 800 | 880 | 1248 | 880 |
| Summe | 4760 | 9370 | 9934 | 6586 |
| Effizienz (Primärenergie zu Endenergie) | | 1,97 | 2,09 | 1,38 |

Tabelle 9.1
Beispielrechnung:
Primärenergie- und
Effizienzvergleich
verschiedener
Versorgungsvarianten.
Je kleiner das
Verhältnis von
Primärenergie zu
Endenergie, desto
höher die Effizienz.

[Primärenergiefaktor Erdgas 1,1; Primärenergiefaktor Strom (Kohlekraftwerk) 3,9; Jahresarbeitszahl Wärmepumpe Heizung 3,3; Jahresarbeitszahl Wärmepumpe Warmwasser 2,5; Wohnfläche pro Einwohner 40 qm; Heizenergieverbrauch pro Einwohner (Niedrigenergiehaus) 60 kWh/qm*a]

Sofern es beim vereinbarten Ausstieg aus der Atomenergie bleibt, fallen im deutschen Einzugsgebiet des Rheins die Atomkraftwerke (Philippsburg, Neckarwestheim, Biblis) mit einer elektrischen Leistung von insgesamt ca. 7.000 MW bis zum Jahre 2021 weg. Gleichzeitig sind derzeit neue Kohlekraftwerke im Rheineinzugsgebiet mit einer elektrischen Leistung von bis zu 15.000 MW bereits im Bau oder geplant.

Tabelle 9.2
Beispiele für mögliche
Einsparpotentiale
und mögliche Gründe
für Verbrauchs-
steigerungen (nach
ETG 2008 sowie
eigenen Schätzungen).

| Mögliche Effizienzsteigerungen | Einsparpotential in TWh |
|--|-------------------------|
| bewussteres Verhalten in Sachen Energieverbrauch durch Anreize | 15 |
| effizientere Strommotoren (Leistungsreich 1,1-37 kW) | 5 |
| Drehzahlregelung statt Magnetventile | 20 |
| effizientere Kleinmotoren in elektrischen Geräten | 8 |
| effizientere Heizungspumpen | 8 |
| effizientere Beleuchtung | 25 |
| Stand-by-Verluste | 5 |
| effizientere Elektrogeräte | 10 |
| Höherer Strombedarf durch | |
| Elektroautos | < 80 |
| Wärmepumpen | > 10 |
| zusätzliche Elektrogeräte | ? |

Wenn nichts dagegen unternommen wird, sind bis zur Verabschiedung des „zweiten Bewirtschaftungsplan“ (2018) voraussichtlich alle derzeit geplanten Kraftwerke gebaut oder genehmigt und Maßnahmen zur Reduzierung der Abwärmelast durch „zusätzliche Maßnahmen“ nur noch schwer um- bzw. durchzusetzen. Der weitaus überwiegende Anteil der Abwärme der Atom- und Kohlekraftwerke kann insbesondere im Sommer nicht genutzt werden, sondern wird entweder an die Atmosphäre (Kühlturm) oder an die Gewässer abgegeben und macht den größten Anteil der Verluste bei der Energiebereitstellung in Deutschland aus (vgl. Abb. 9.2).

Damit kommt es vermutlich weder zu einer Minderung des CO₂-Ausstosses noch zu einer effizienteren Primärenergienutzung noch zu einer deutlichen Verminderung der Wärmeeinleitung im Rheineinzugsgebiet.

Ungenutzte Abwärme der Großkraftwerke

Die ungenutzte Abwärme der heutigen Großkraftwerke würde ausreichen, um alle Gebäude in Deutschland zu heizen. Das bedeutet, dass wir die Möglichkeiten der „Kraftwärmekopplung“ noch viel zu wenig nutzen, dabei ist deren deutlich bessere Effizienz seit langem bekannt (vgl. Tabelle 9.2).

9.2 Zukünftiger Stromverbrauch ?

Während der Verbrauch an Primärenergie in Deutschland seit 1990 stagniert (vg. Abb.9.1), ist der Stromverbrauch seitdem um mehr als 30 Prozent gestiegen (Abb.9.3). So ist z.B. der Stromverbrauch von Elektrogeräten (Fernseher, Kühlschränke, Computer) am Gesamt-Energieverbrauch privater Haushalte zwischen 1990 und 2004 von 15 auf 20 Prozent gestiegen. Die Meinungen darüber, ob der Strombedarf in Deutschland zukünftig noch wächst oder sinkt gehen weit auseinander. So erwartet z.B. der VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik e.V.) eine Steigerung des Stromverbrauchs bis 2025 um 30%. Gleichzeitig

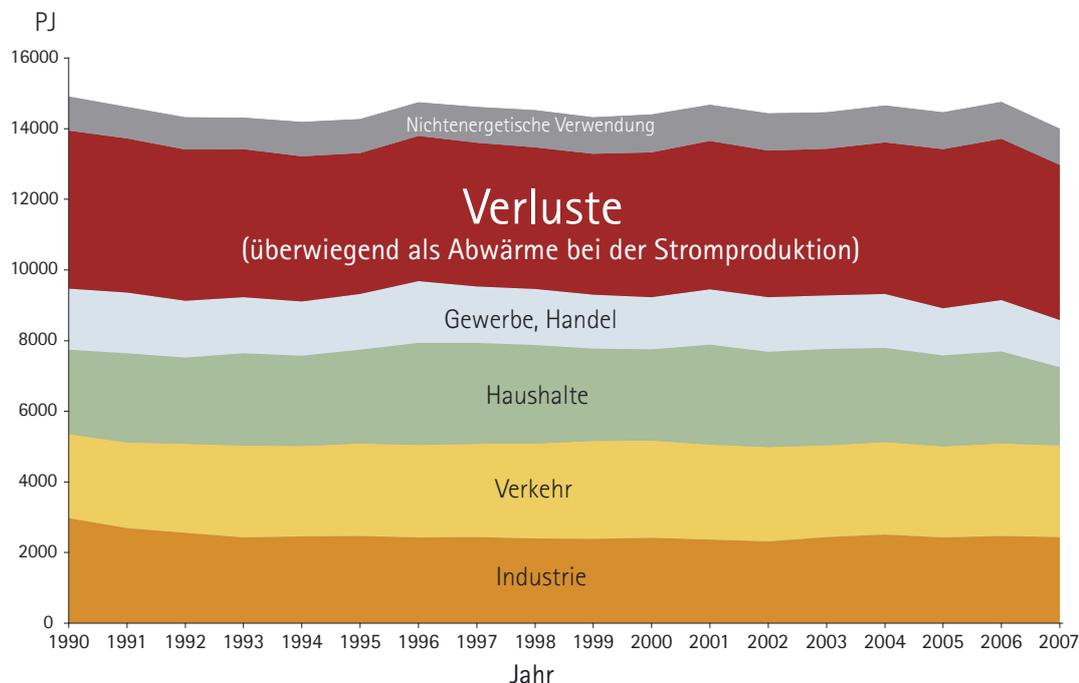


Abb. 9.2
Primärenergiebedarf
Deutschland zwischen
1990 und 2007 (AG
Energiebilanzen)

stellt er in seiner Studie 2008 aber auch fest, dass unter Ausnutzung aller Einsparpotentiale man den Strombedarf um 40% bis 2025 absenken könnte (vgl. Abb. 9.3, Tabelle 9.2).

In jedem Fall sollte in naher bis mittlerer Zukunft dort, wo Wärme benötigt wird, auch der Strom produziert werden, vor allem in unseren Kellern. Jährlich werden etwa 600.000-700.000 Heizungsanlagen erneuert. Bisher kommen dabei

aber nur wenige Tausend Blockheizkraftwerke zum Einsatz. Im Gegenteil werden inzwischen zunehmend Wärmepumpen (mehr als 50.000 pro Jahr) eingebaut, die den Strombedarf noch erhöhen und primärenergetisch kaum besser oder sogar schlechter sind als Gasbrennwertheizungen (vgl. Tabelle 9.1).

In wie weit und bis wann Elektroautos den Strombedarf erhöhen, kann derzeit schwer

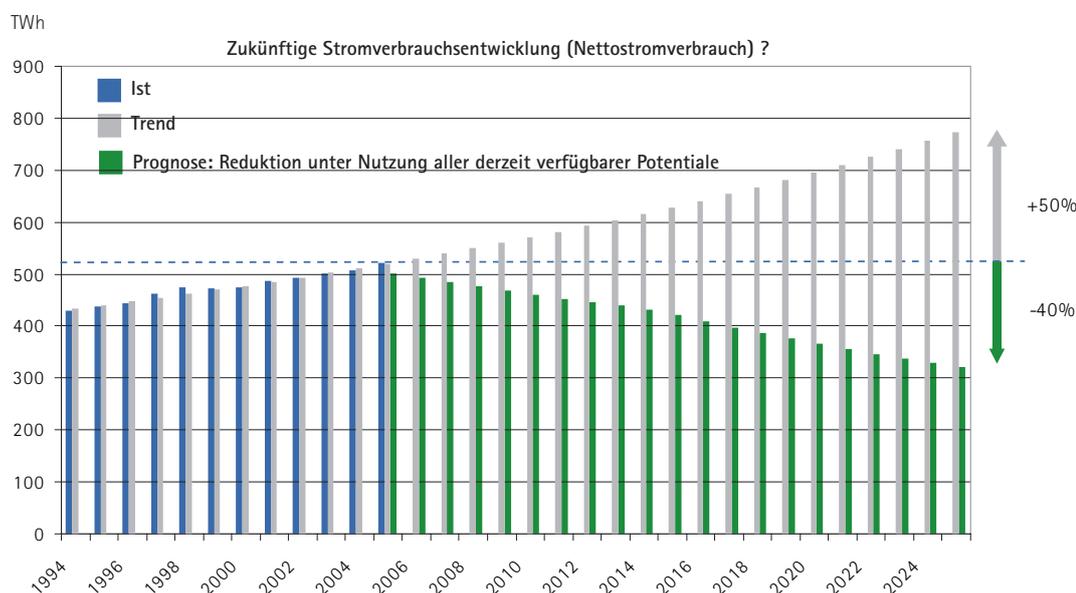


Abb. 9.3
Zukünftige Stromverbr
auchsentwicklung (ETG
2008)

Energietechnischen
Gesellschaft (ETG) im
VDE (2008): Effizienz-
und Einsparpotentiale
elektrischer Energie
in Deutschland
- Perspektive bis 2025
und Handlungsbedarf

vorhergesagt werden. Unter der Annahme, die Bundesbürger behalten ihr Verkehrsverhalten bei und legen auch zukünftig etwa 530 Milliarden Autokilometer pro Jahr zurück, würde man mit einem geschätzten Durchschnittsverbrauch von 15 kWh/100 km durch Elektroautos auf einen Mehrverbrauch von 80 TWh im Jahr kommen (sämtliche(!) KFZ auf allen(!) Kilometern fahren elektrisch). Das entspricht etwa 13% der derzeitigen Bruttostromerzeugung von 620 TWh im Jahr.

Fazit

In Zukunft gilt es nicht nur den Wärmebedarf (z.B. durch Dämmung der Gebäude), sondern auch den Strombedarf deutlich zu reduzieren. Dies gelingt durch Verhaltensänderungen, genauso wie durch den Einsatz von stromsparenden Geräten (insbesondere Kühlschränke, Fernseher, Computer und Heizungspumpen). Darüberhinaus kommt dem Ausbau der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung eine immense Bedeutung zu.

9.3 Die 2000 Watt-Gesellschaft

- eine Alternative

Im Jahr 1990 betrug der durchschnittliche Leistungsbedarf jedes Menschen auf der Erde etwa 2000 Watt (Primärenergieleistung). Im seit 1960 eingeführten Internationalen Einheitensystem steht Watt für die Leistung. Ein vielen vielleicht verständlicherer Begriff als die Leistung ist die Arbeit. Die Arbeit – oft auch Energie genannt – ist Leistung (Watt) pro Zeit. Das bedeutet, wenn im Jahr 1990 für jeden Menschen auf der Erde im Durchschnitt der primäre Leistungsaufwand bei 2000 Watt lag, so waren das in Arbeit beziehungsweise Energie umgerechnet 2000 Watt mal 24 Stunden mal 365 Tage (oder 2 Kilowatt mal 8760 Stunden) = 17.520 Kilowattstunden Primärenergie pro Einwohner und Jahr.

Was heißt Primärenergie?

Ein Beispiel aus dem täglichen Leben: Eine Glühbirne mit einer Leistung von 100 Watt brennt zehn Stunden. Die notwendige Energie hierzu beträgt also 100 Watt (0,1 Kilowatt) mal 10 Stunden = 1 Kilowattstunde (kWh). In diesem Beispiel haben wir jedoch nur die „Endenergie“ berechnet, also die Menge an Stromenergie, die die Glühbirne selbst in 10 Stunden benötigt. Bei der Erzeugung von Strom und dem Transport bis zur heimischen Steckdose gibt es aber in der Regel Verluste. Die Menge an Energie, die diese Verluste berücksichtigt, bezeichnet man als „Primärenergie“. Um die Primärenergie zu bestimmen, errechnet man so genannte Primärenergiefaktoren. Im Fall des „deutschen Strommixes“ also der anteiligen Erzeugung des Stroms aus Kohle, Öl, Gas, Uran et cetera, beträgt dieser Faktor derzeit 2,7. Das bedeutet, dass die Primärenergie, die wir beim Betrieb einer 100 Watt-Glühbirne verbrauchen, etwa 100 Watt mal 10 Stunden mal 2,7 (Primärenergiefaktor) = 2,7 kWh beträgt. Bei Kohlestrom beträgt der Faktor ca. 3,9.

Ziele der „2000-Watt-Gesellschaft“

In Deutschland wurden im Jahr 2007 pro Einwohner durchschnittlich etwa 5411 Watt an Primärenergieleistung genutzt. In den USA liegt der Wert bei über 10.000 Watt, in vielen armen Ländern weit unter 500 Watt. Schweizer Wissenschaftler haben daraus Folgendes errechnet:

Wenn man allen Erdenbürgern den gleichen Energiebedarf zugestehen möchte und dabei auch noch das Klimaschutzziel „Maximale durchschnittliche Temperaturerwärmung auf der Erde um zwei Grad Celsius bis zum Jahr 2100“ erreichen (beziehungsweise nicht überschreiten) will, müssen wir alle:

- unseren primären Energieleistungsbedarf auf maximal 2000 Watt pro Einwohner begrenzen und
- diese Energieleistung zu mindestens 75 Prozent regenerativ erzeugen.



Wie kann man das schaffen?

Schaut man sich an, auf welche Lebensbereiche sich die 5411 Watt im Durchschnitt aufteilen, so stellt man fest: Etwa ein Viertel (1391 Watt) werden zum Wohnen (Strom, Heizung, Warmwasser) benötigt, ungefähr ein weiteres Viertel (1196 Watt) für unsere individuelle Mobilität (Auto, Bus, Bahn, Flugzeug...). Die übrigen 50 Prozent verteilen sich auf unseren Konsum von Industrie- und Gewerbeprodukten, Dienstleistungen und den Güterverkehr. Beim Modell der 2000-Watt-Gesellschaft wären das also anteilig 500 Watt für Wohnen, 500 Watt für Mobilität und 1000 Watt für unseren restlichen Konsum. Was man bereits beim Wohnen heute alles erreichen kann, zeigen viele Beispiele wie z.B. die Klee Häuser im Stadtteil Vauban in Freiburg, in dem die Bewohner im Jahr 2008 mit etwa 345 Watt/Einwohner Primärenergieleistung für das Wohnen (Wärme, Warmwasser und Strom) ausgekommen sind (vgl. Tabelle 9.3). Die meisten der in den Klee Häusern erreichten Energieeinsparungen ließen sich auch in zahlreichen Altbauten umsetzen: Gemeinschaftswaschmaschinen mit Warmwasseranschluss, Trockenräume statt Trockner, gemeinschaftliche Tiefkühltruhen im Keller, stromsparende Aufzüge, autofreies Wohnen, Blockheizkraftwerk, kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung, verbesserter Wärmedämmstandard bei den Verteilungsleitungen, thermische Solaranlage, stromsparende Haustechnik (Pumpen etc.), hydraulischer Abgleich des Heizungssystems, Solarstromanlage, Gasherde statt Stromherde, stromsparende Haushaltsgeräte und schließlich ein sparsames Nutzerverhalten.

Im Bereich individueller Mobilität unterschreitet man den Leistungsbedarf von 500 Watt vor allem dann, wenn man auf Flugreisen und ein eigenes Auto weitgehend verzichtet. Auch im Bereich des Konsums kann man seinen „persönlichen“ Leistungsbedarf kräftig reduzieren. So beispielsweise indem man seinen Fleisch-, Milch und Käsekonsum reduziert, darauf achtet, tierische Erzeugnisse vor allem aus regionaler Produktion

| Verbraucher | kWh pro Einwohner in 2008 | Watt pro Einwohner |
|---|---------------------------|--------------------|
| Gasverbrauch BHKW (Heizung, Warmwasser + Strom) | 2003 | 229 |
| Kochgasverbrauch | 148 | 17 |
| Strombezug Netz | 1404 | 160 |
| Stromeinspeisung Netz (BHKW) | -528 | -406 |
| Summe | 3026 | 345 |
| Regenerative Deckung | | |
| Solarstrom 2007 | 278 | 32 |
| Windkraftanteil St. Peter | 2849 | 325 |
| Summe | 3128 | 357 |
| Regenerativer Deckungsgrad | 103,35% | 103,35% |

ohne Kraftfutter zu beziehen, saisonales Gemüse aus der Region bevorzugt, kaputte Geräte reparieren lässt und bei Neuanschaffungen auf langlebige Konsumgüter aus heimischer Produktion (Möbel, Kleidung ...) setzt.

Zukunftsfähiges Deutschland

Wissenswertes und weitere Anregungen zum Thema nachhaltiges und Energiesparendes Leben finden Sie auch in der Studie „Zukunftsfähiges Deutschland“.

Tabelle 9.3 Primärenergiebedarf 2008 der Klee Hausbewohner. Neben der Solarstromanlage auf dem eigenen Dach besitzen die WohnungseigentümerInnen zur regenerativen Deckung einen Anteil an einer Windkraftanlage (St. Peter im Schwarzwald). Nähere Angaben unter: www.kleehaeuser.de



Fischer Taschenbuch Verlag, ein Unternehmen der S. Fischer GmbH
 650 Seiten
 Preis 14,95 Euro
 ISBN 978-3-596-17892-6
www.bundladen.de



10. Schlussfolgerungen und Forderungen

Das Temperaturregime des Rheins hat sich während der letzten 100 Jahre dramatisch verändert. Von den durchschnittlich 3°C Temperaturerhöhungen sind allein 2°C auf Wärmeeinleitungen durch große Kraftwerke zurückzuführen.

Die Tage, an denen die Wassertemperatur 23°C und 25°C übersteigt, nehmen in den letzten Jahren deutlich zu.

Wärmeeinleitung vermindern

Bereits in den Sommern der Jahre 2003 und 2006 fielen zeitlich ein hoher Strombedarf mit kritisch hohen Wassertemperaturen, geringer Wasserführung und hohen Abwasseranteilen aus Kläranlagen zusammen. Einschränkungen in der Kühlwasserversorgung der Kraftwerke und kritische Bedingungen insbesondere für Fische waren die Folge. Betroffen waren besonders der Neckar, der Main und die Wupper. Die höchsten Temperaturen erreicht der Rhein bei Mainz.

Zahlreiche Beispiele wie die Planungen zum Kraftwerk Moorburg an der Elbe, Staudinger am Main oder Datteln an der Lippe zeigen, dass die lokalen Proteste gegen die Kohlekraftwerke zumindest dazu führen, dass verstärkt Kühltürme zum Einsatz kommen und die Abwärmelastung damit von den Gewässern in die Atmosphäre verlagern. Ob auf Grund der französischen Vorfälle die hygienischen Belastungen (Legionellen) der Kühltürme in Zukunft bei der Diskussion um Wärmekraftwerke eine größere Rolle spielen werden, kann an dieser Stelle nicht beurteilt werden (Kap. 6.5).

Verschärfung durch den Klimawandel

Der Klimawandel wird aller Voraussicht nach zu einer weiteren Temperaturerhöhung führen. Hitzesommer wie in 2003 oder 2006 werden bereits heute alle 10 Jahre erwartet (Peñailillo et al. 2008) und gefährden selbst das Erreichen des guten ökologischen Potentials im Rhein und seinen Nebenflüssen. Früher oder später werden verschärfte Einleitbedingungen notwendig und

zu noch schlechteren Wirkungsgraden bei der bisher üblichen Stromproduktion führen.

Daher ist bereits heute der Bau von neuen Atom- und Kohlekraftwerken nicht nur aus klimapolitischen Gründen eine falsche Investitionsentscheidung.

Gesetzliche Grundlagen und Wärmelastpläne

Aktuelle Wärmelastmodelle liegen derzeit zwar für einige Nebengewässer des Rheins vor (z.B. Neckar, den hessischer Abschnitt des Mains; Wupper) vor, Maßnahmen empfehlende Wärmelastpläne fehlen jedoch. Gesetzliche Grundlage für die maximalen Wärmebelastungen ist die EG-Fischgewässerrichtlinie (2006/44/EG), die wiederum auf der Richtlinie 78/659/EWG von 1978 basiert und diese ersetzt. Gemäß Artikel 22 der EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) wird die Richtlinie 78/659/EWG des Rates vom 18. Juli 1978 über die „Qualität von Süßwasser, das schutz- und verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten“ 13 Jahre nach Inkrafttreten der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) aufgehoben, also im Oktober 2013 (und damit auch die Richtlinie 2006/44/EG).

Nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie darf bezüglich der Temperatur eines von Kühlwasser beeinflussten Gewässers keine Gefährdung für das Erreichen bzw. den Erhalt des guten oder sehr guten ökologischen Zustandes bzw. Potentials entstehen.

Zukünftige Anforderungen

Um näher zu bestimmen, ab welcher Temperatur der gute ökologische Zustand gefährdet sein könnte, hat die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in einem „Arbeitspapier II“ vom 7. März 2007 neue Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten formuliert, die bei der Bewertung des ökologischen Zustandes im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Zukunft berücksichtigt werden sollen. Bei diesen Werten handelt es sich bisher allerdings nicht um gesetzlich verbindliche Grenzwerte oder allgemein

anzustrebende Sanierungswerte. Rechtlich verbindlich bleiben einzig die wasserrechtlichen Genehmigungsbescheide.

Während die EG Fischgewässerrichtlinie bisher nur zwei Typen von Fließgewässern unterscheidet (Salmoniden- und Cyprinidengewässer) und hierfür Temperaturgrenzwerte festlegt (21,5 bzw. 28°C), definiert die LAWA nun eine ganze Reihe von unterschiedlichen Gewässertypen. Auf Grundlage dieser Hintergrund- und Orientierungswerte werden derzeit die „Grundlagen für die Beurteilung von Kühlwassereinleitungen in Gewässer“ (LAWA 1991) überarbeitet.

Der Hintergrundwert der Temperatur lässt nach heutigem Wissensstand einen sehr guten ökologischen Zustand zu. Der Orientierungswert ermöglicht einen guten ökologischen Zustand. Wenn die Temperatur über den Orientierungswert steigt, tritt eine zunehmende Gefährdung für das Erreichen des guten ökologischen Zustandes ein. Somit ist nach dem LAWA-Entwurf „Grundlagen für die Beurteilung von Kühlwassereinleitungen“ mit Stand 2008 in der Regel der Orientierungswert entscheidend für Grenzwertfestlegungen. Darüberhinaus können aber auch zum Schutz besonders gefährdeter oder geschützter Arten (z.B. aufgrund der FFH-Richtlinie) höhere Anforderungen abgeleitet werden.

Für zahlreiche Gewässer bzw. Gewässerabschnitte würden damit die Anforderungen an die einzuhaltenden maximalen Wassertemperaturen steigen und die Wassertemperaturen fallen (von 21,5°C auf 20°C und von 28°C auf 21,5°C bzw. 25°C). Oberhalb dieser Temperaturen wäre der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potential damit nicht mehr erreichbar.

Genehmigungsrechtliche Praxis

Entgegen den genannten Anforderungen der WRRL entscheiden die zuständigen Behörden noch immer auf Grundlage der nur noch bis 2013 rechtsgültigen Bestimmungen/Empfehlungen (Richtlinie 2006/44/EG; LAWA 1991). Aktuelle ökologische Erkenntnisse, wie sie teilweise in die entsprechenden Umwelt-

verträglichkeitsgutachten im Rahmen bereits abgeschlossener Genehmigungsverfahren eingeflossen sind, bleiben bei der Würdigung und in der Abwägung dieser Gutachten bisher von den Genehmigungsbehörden weitgehend unberücksichtigt. Hierzu gehört z.B. die Erkenntnis, dass Lachs und Meerforelle bei Temperaturen von mehr als 23–25°C unter Stress stehen und ihr Wanderverhalten (Aufwärtswanderung) einstellen, so lange bis wieder niedrigere Temperaturen erreicht sind (Saumon-Rhin 2005).

So geht auch z.B. Weibel (2008) in seinem fischereilichen Gutachten zum genehmigten Kohlekraftwerk Mainz davon aus, dass im Rhein bei Mainz Warmwassertemperaturen von 25 Grad im Sommer, von 20 Grad im Frühjahr und Herbst, sowie von maximal 10 Grad im Winter nicht überschritten werden sollten und dies nach rascher Durchmischung und Einleitung quer zum Strom. Die 25-Grad-Maximalgrenze im Sommer sei für den Rheinabschnitt eine fachlich begründete LAWA-Empfehlung (Tabelle 10.1).

Forderungen des BUND zur Senkung der Wärmelast des Rheins

1 Reduktion der Wärmeeinleitungen

Aus Gründen steigender Temperaturen (Klimawandel) und der Vorsorge fordert der BUND die Reduktion der Wärmeeinleitung im Rheineinzugsgebiet und die Einhaltung der Wassertemperaturen (Monatsmaxima nach Durchmischung) bei der wasserrechtlichen Genehmigung von Wärmeeinleitungen wie in Tabelle 9.1 dargestellt.

2 Wärmelastpläne

Der BUND fordert die Anliegerstaaten auf, bereits im jetzigen Bewirtschaftungsplan ein Wärmelastmodell und einen Wärmelastplan für den Rhein und seine Nebengewässer mit entsprechenden Maßnahmen zu integrieren. Vorarbeiten hierzu liegen von der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins vor.

3 Mehr Transparenz

Um die Temperaturentwicklung unserer Fließgewässer, insbesondere des Rheins, für eine breitere Öffentlichkeit zugänglich zu machen, fordert der BUND die Veröffentlichung

- aller bestehenden wasserrechtlichen Genehmigungen, sowie
- aller bestehenden Kühlwassertagebücher (Verdunstungsverluste, eingeleitete Wärmemengen) an zentraler Stelle im Internet.

4 Abwasserabgabe für Wärmeeinleitungen

Bereits in den 80er Jahren wurde über eine Abgabe für Wärmeeinleitungen diskutiert. Der BUND fordert die Einführung einer solchen Abgabe im Abwasserabgabengesetz.

5 Einführung der 2000 Watt-Gesellschaft

Zu einer zukunftsfähigen Energieversorgung gehört neben dem Ausbau regenerativer

Tabelle 10.1
Geforderte Temperaturmaxima im Rhein
(aus Weibel 2008)

| Zeitraum | Temperaturmaxima | Begründung |
|----------------------|------------------|--|
| Dezember bis Februar | 10 °C | Laichzeit der Winterlaicher, Gonadenreifung und Synchronisation der Frühjahrslaicher (nach EU-Fischgewässer-Richtlinie 2006) |
| März bis Mai | 20 °C | Laichzeit der Frühjahrslaicher inkl. Larval- und Jungfischphase |
| Juni bis September | 25 °C | Maximalwert nach LAWA (2007) |
| Oktober bis November | 20 °C | Gonadenreifung und Synchronisation der Winterlaicher |

Energien (Solar, Wind, Biomasse) vor allem das Energiesparen und die Verbesserung der Energieeffizienz. Aus Sicht des BUND sollte jedem Menschen ähnliche Chancen bei der Energieversorgung eingeräumt werden. Das Schweizer Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft verfolgt genau dieses Ziel. Seine Umsetzung fordert daher auch der BUND.

6 Steigerung der Effizienz

Unter Effizienz der Energiebereitstellung wird das Verhältnis von Endenergie zu Primärenergie verstanden. Die Bereitstellung von Stromenergie in Atom- und Kohlekraftwerken gehört anerkanntermaßen zu den ineffizientesten Möglichkeiten der Stromerzeugung.

Der BUND fordert daher den sofortigen Ausstieg aus der Atomenergie sowie den Stopp der Planung weiterer Kohlekraftwerke.

Der BUND fordert die Atom und Kohlekraftwerke sukzessive durch Konzepte des Energieeinsparens (z.B. Einspar-Contracting etc.) und der dezentralen Energieerzeugung (z.B. Kraft-Wärme-Kopplung, Wind, Biomasse, Sonne) zu ersetzen.

Historischer Exkurs

Abwärmekataster Oberrheingebiet

Eine Studie aus dem Jahr 1980 stellte fest, dass bereits im Jahre 1973 die mittlere Abwärmeemission im Oberrheintal etwa 1,5% vom Jahresmittel der Globalstrahlung betrug (Bartholomäi & W. Kinzelbach (1980).

Der Wärmelastplan Rhein von 1971

Er stellt unter anderem dar, wie warm der Rhein 1985 unter extremen Wetterbedingungen hätte werden können, wenn alle 1971 geplanten Kraftwerke gebaut und ihre Abwärme vollständig in den Rhein abgegeben hätten (vgl. nachstehende Abbildung).

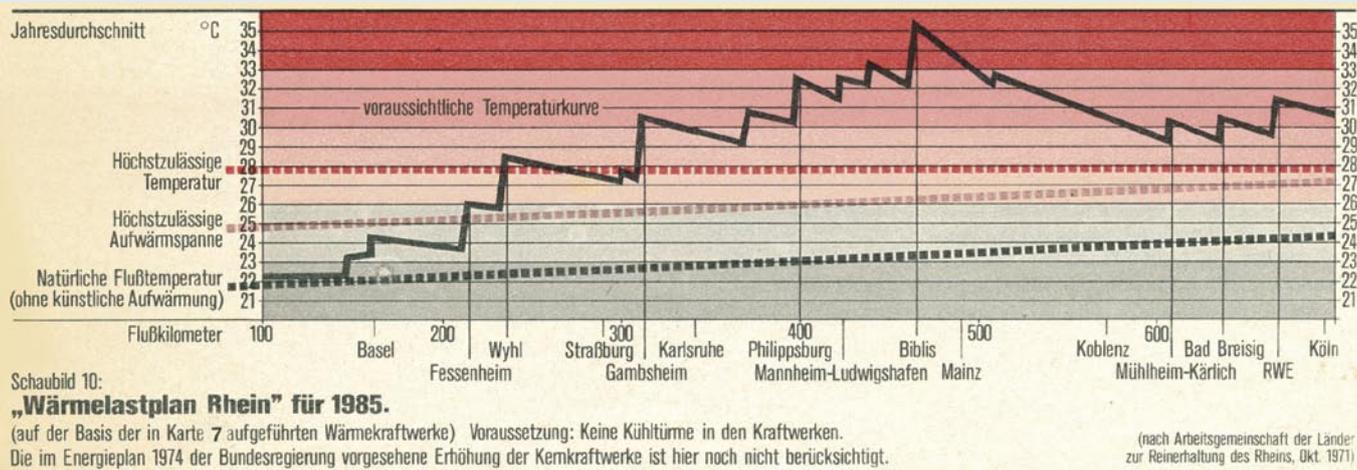
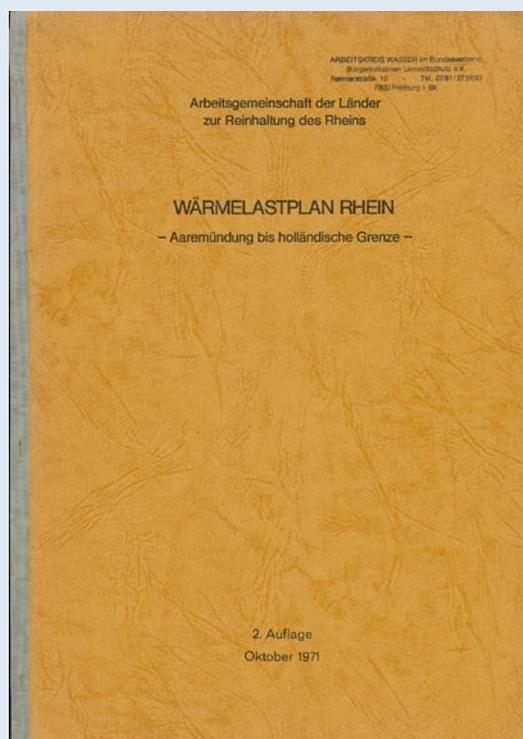


Abbildung aus: Informationen zur politischen Bildung 162, nach der Temperaturprognose des Rheins im Sommer 1985

11. Quellen und ausgewählte Dokumente

- Altenhofen, Dorothea und Michael Bergemann et al. (2008): Wärmelastplan für die Tideelbe. Sonderaufgabenbereich Tideelbe der Länder Hamburg - Niedersachsen -Schleswig-Holstein mit Wassergütestelle Elbe-, Hamburg, Hannover und Kiel: 19. Seiten. (Dezember 2008) [060]
- Arbeitsgemeinschaft der Länder zur Reinhaltung des Rheins, Wärmelastplan - Aaremündung bis holländische Grenze (2. Aufl. 1971).
- Arnold (2004): Verordnung des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum zur Durchführung des Fischereigesetzes für Baden-Württemberg (Landesfischereiverordnung - LFischVO -), Stuttgart: 19. Seiten. (01. Juli 2004) [<http://www.rp-tuebingen.de/servlet/PB/show/1224854/rpt-33-fisch-lfischvo.pdf>] [038]
- Aspöck, Prof. Dr. Horst und Dr. Peter Baier et. al. (2003): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Tierwelt - derzeitiger Wissensstand, fokussiert auf den Alpenraum und Österreich. Universität für Bodenkultur Wien - Institut für Meteorologie und Physik, BOKU - Endbericht Projekt GZ 54 3895/171 V/4/02, Wien: 141, 149 Seiten (Dez. 2003). [055]
- Barrholomäi, G. & W. Kinzelbach (1980): Das Abwärmekataster Oberheingebiet.- Kernforschungszentrum Karlsruhe.- 70 S. + Anhang.
- Bauer, Dr. Christian und Dr. Kornelia Becker (2009): Wasserrechtliche Bescheide für die Kraftwerke-Mainz-Wiesbaden AG zur Änderung des bestehenden Kraftwerks durch Errichtung und Betrieb eines Kohleheizkraftwerks. Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd - Zentralreferat Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz, Neustadt an der Weinstraße: 110. Seiten (20. Januar 2009). [http://www.genehmigungsverfahren-khk-w-mainz.de/images/KHKW/pdf/Wasserrechtliche_Bescheide.pdf] [061]
- Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft [BDEW] (2009): Tabelle: 60 Kraftwerke bis 2018 geplant Anlagen ab 20 Megawatt (MW) Leistung Stand: April 2009 [90]
- Becker, Thorben (2008): Geplante und im Bau befindliche Kohlekraftwerke. BUND für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. - Bundesgeschäftsstelle, Berlin: 2. Seiten. [009]
- Becker, Thorben und Klaus Brunsmeier et al. (2008) Klima Express - Klima schützen - Kohle stoppen! Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) - Friends of the Earth Germany, Deutschland: 4. Seiten. [http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/klima/20080527_klima_klimaexpress.pdf] [008]
- BfG (2004): QSim - das Gewässergütemodell der BfG [http://www.bafg.de/nn_162198/U2/DE/05_QSim/01_Einfuehrung_QSim/einfuehrung_qsim_node.html?__nnn=true] [070]
- BfG [Bundesanstalt für Gewässerkunde] (2005): Veranstaltungen Erfahrungen zur Niedrigwasserbewirtschaftung Kolloquium am 14./15. September 2005 in Herne, 171 S. [087]
- BFS (2007): Gewässer- und fischökologische Begleituntersuchung zur Kühlwasser-Einleitung aus dem Kraftwerk Biblis während der Hitzeperiode im Sommer 2006, unveröffentlichter Bericht im Auftrag des KW Biblis. [088]
- Blatter, Joachim (1994): Grenzüberschreitende Zusammenarbeit im Gewässer- und Auenschutz am Oberrhein. EURES Institut für Regionale Studien in Europa Schleicher-Tappeser KG - EURES discussion paper dp-43 ISSN 0938-1 805, Freiburg: 104. Seiten. [http://www.eures.de/de/publikationen/download/dp-43_ocr.pdf] [020]
- BMU (2008): Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien Leitstudie 2008 (www.bmu.de) [91]
- Brahmer, Gerhard & Werner Teichmann (2007) Ein Wärmesimulationsmodell für den hessischen Main in: Jahresbericht 2007 des HLU: 31-38. http://www.hlug.de/wirueberuns/jahresbericht/jb_2007/2007_031-038.pdf [066]
- Brenk, V. und K. Bunzel et. al. Jan. 2006. Wasserwirtschaft in Deutschland - Teil 1 - Grundlagen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin: 124. Seiten. [http://www.bmu.de/files/gewaesserschutz/downloads/application/pdf/broschuere_wasserwirtschaft_teil1.pdf] [018]
- Breyer, Hiltrud (2006): 20 Jahre Cattenom - 30 Jahre Widerstand- Eine Dokumentation zum Jahrestag der Inbetriebnahme des Atomkraftwerks an der Mosel.- 22. S.
- Bundesrat Schweiz (2004): Bewilligungsbescheid zum Gesuch der Kernkraftwerk Leibstadt AG vom 31. Oktober 2003 um Bewilligung zur Entnahme und Einleitung von Kühlwasser gemäß dem Antrag des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) vom 19. November 2004.- [<http://vlex.ch/vid/kernkraftwerk-leibstadt-entnahme-k-33878700>] [073]
- Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. [BEE] (2009): Stromversorgung 2020 - Wege in eine moderne Energiewirtschaft Strom-Ausbauproggnose der Erneuerbare-Energien-Branche, Berlin, Januar 2009
- Burgos, Reinaldo und Joost Icke (2008): Effects of the meteorological conditions and cooling water discharges on the water temperature of Rhine River. 12th International Conference on Integrated Diffuse Pollution Management (IWA DIPCON 2008). Research Center for Environmental and Hazardous Substance Management (EHSM), Khon Kaen University, Thailand: 25 - 29. Aug. 2008. 8. Seiten. [http://www.envicenter.com/iwa2008/web/document/abstract/oral/26th/01_054.pdf] [063]
- Christmann, Karl-Heinz (2008): Das Phytoplankton im Rhein (2006-07). BMON(1)08-04-03: 18. Seiten. (unveröffentlichter IKSR Bericht) [016]
- Clemens Roeßner (2008): Thermische Wasserbelastung am Hoch- und Oberrhein.- Fakultät für Wald und Umwelt, Institut für Hydrologie Universität Freiburg im Brsg. - Bachelorarbeit im Studiengang Wald und Umwelt: 80 S. [072]
- Cullmann, Arnold und Dieter Breitenreicher et. al. (2008) Wasserrechtliches Erlaubnisverfahren Block 9, GKM Mannheim. Az. 54.3d1-8914.51 GKM AG - Umweltforum Mannheimer Agenda 21 e.V. - Regierungspräsidium Karlsruhe - c/o Umweltzentrum, Mannheim: 4. Seiten (19. August 2008). [http://www.umweltforum-mannheim.de/download/pdf/stellungnahme_wasserrecht_block9.pdf] [052]
- Daniel Bernet (2000): Problemfaktoren für das Gewässer Alte Aare und seinen Fischbestand.- Synthesebericht zum gleichnamigen Workshop in Lyss vom 9./10. Mai 2000: 34 S. [068]
- Decken, Oliver (2008): Warum ein neues Kohlekraftwerk Mannheim schadet - Es gibt bessere Alternativen. Umweltforum Mannheimer Agenda 21, Mannheim: 12. Seiten. (13. Mai 2008) [http://www.umweltforum-mannheim.de/download/pdf/faktenpapier_%20gkm_130508.pdf] [022]
- Degel, Dieter (2007) Die Rheinstaustufe mit Fischpass in Iffezheim. Rheinpachtgemeinschaft 1 e.V., Fischpass-Team Iffezheim, Iffezheim: 57. Seiten. (31. Dezember 2007) [<http://www.lfvbaden.de/DegelBericht/Bericht05.pdf>] [030]
- Deiss, Joseph und Annemarie Huber-Hotz (2004) Verfügung betreffend das Gesuch der Kernkraftwerk Leibstadt AG vom 31. Oktober 2003 um Erteilung einer Bewilligung zur Entnahme und Einleitung von Kühlwasser. Schweizerischer Bundesrat und Bundesamt für Energie, 2004-2737, Schweiz: 2. Seiten. [<http://www.admin.ch/ch/d/ff/2004/7206.pdf>] [005]
- DUH (2009): Kohlekraftwerksprojekte in Deutschland. Deutsche Umwelthilfe: 3. Seiten. (Februar 2009.) [http://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Kohlekraftwerke/DUH-Liste_Kohlekraftwerke_Uebersicht_2009.pdf] [021]
- EG-Richtlinie 2006/44 vom 25. September 2006. Richtlinie 2006/44/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 6. September 2006 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten. L 264/20 DE - Amtsblatt der Europäischen Union: 12. Seiten. [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:264:0020:0031:DE:PDF>] [037]
- ETG [Energietechnische Gesellschaft im VDE]: (2008): Effizienz- und Einsparpotenziale elektrischer Energie in Deutschland - Perspektive bis 2025 und Handlungsbedarf [92]
- Feiler, Reinhold (2008): Immissionsschutzrechtliche Genehmigung zur Änderung des Rheinhafen-Dampfkraftwerks Karlsruhe der EnBW Kraftwerke AG durch Errichtung und Betrieb eines Steinkohleblocks sowie durch Errichtung und Betrieb einer Gas- und Dampfturbinenanlage - 1. Teilgenehmigung -. Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Karlsruhe: 206. Seiten. [046]
- Fischereigesetz für Baden-Württemberg (FischG): 17. Seiten. (18. Nov. 2008) [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1233485_11/FischG_2008.pdf] [024]
- Frieß, Berthold (2008): Einwendung gegen den Antrag der GKM AG auf wasserrechtliche Erlaubnis gemäß §7 Wasserhaushaltsgesetz und §13 Wassergesetz Baden- Württemberg. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland Landesverband Baden-Württemberg e.V. - Landesgeschäftsstelle Stuttgart, 10. Seiten. (29. Okt. 2008) [http://www.bund-bawue.de/fileadmin/bawue/presse/pressemitteilungen/2008/12/BUND_Einwendung_GKM9_Wasser_EF.pdf] [019]
- Gerlinger, Kai (2008): Analyse des Kenntnisstands zu den bisherigen Veränderungen des Klimas und zu den Auswirkungen der

- Klimaänderung auf den Wasserhaushalt im Rhein-Einzugsgebiet. Hydron Ingenieursgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH, Karlsruhe: 54. Seiten. (unveröffentlicht Stand 13. Nov. 2008) [033]
- Gouskov, Alexandre (2004): Der Dürresommer 2003 –Fische im Stress. Umwelt Aargau - Nr. 24, Wildberg: 4. Seiten. (Mai 2004) [http://www.ag.ch/umwelt-aargau/pdf/UAG_24_29.pdf] [057]
- Grawe, Joachim (1974): Probleme des Umweltschutzes im deutsch-französischen Grenzgebiet.- Zeitschrift für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht Band / Volume 34 (1974): 299-319. [http://www.zaov.de/34_1974/34_1974_2_a_299_319.pdf]
- Haag, I. & Luce, A. (2008): LARSIM-WT: an integrated water-balance and heat-balance model to simulate and predict stream water temperatures. Hydrological Processes 22, 1046-1056.
- Haag, I., Luce, A. & Badde, U. (2005): Ein operationelles Vorhersagemodell für die Wassertemperatur im Neckar. Wasserwirtschaft, 95. Jhg. 7-8, S. 45-51. [www.ludwig-wawi.de/pdf/HAAG_ET_AL_2005a.pdf] [069]
- Haupt, Dagmar (2004): Ökologische Untersuchung zum Artenrückgang am unteren Neckar. Fakultät für Biologie – Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Heidelberg: 163. Seiten. [http://www.krottenneckar.de/haupt.pdf] [028]
- Hessischer Minister für Landwirtschaft und Umwelt Wiesbaden (Hrsg.) 1973: Wärmelastplan Main. Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden. [nur in Papierform vorliegend]
- Hofmann, Gabriele (2008) Benthische Diatomeen des Rheins in den Jahres 2006 bis 2008. Rheinmessprogramm Biologie – BMON(1)08-04-05. 34. Seiten. (unveröffentlichter IKSR Bericht) [017]
- Holzner, Manfred (2000): Untersuchungen über die Schädigung von Fischen bei der Passage des Mainkraftwerks Dettelbach. Technische Universität München – Institut für Tierwissenschaften, München: 351. Seiten. [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=963028715&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=963028715.pdf] [010]
- Hübner, Dirk (2003): Die Ablach- und Interstitialphase der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) - Grundlagen und Auswirkungen anthropogener Belastungen. Fachberichte Biologie der Philipps-Universität Marburg, Lahntal: 196. Seiten. [http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=973696052&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=973696052.pdf] [011]
- IKSR-Bericht Nr. 128-d (2002): Das Makrozoobenthos des Rheins 2000. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins - Bericht Nr. 128-d.doc - Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Luxemburg: 49. Seiten (Dr. Franz Schöll. 02. / 03. Juli 2002.) [http://www.iksr.org/uploads/media/bericht_nr_128d.pdf] [040]
- IKSR (2006): Einfluss der Wärmeeinleitungen auf die Wassertemperatur des Rheins - Zusammenfassung. Niederländische Delegation - Niederlande-IKSR-august07-S-5.doc: 12. Seiten (August 2006). [http://vorort.bund.net/suedlicher-oberrhein/downloads/wassertemperatur-rhein.pdf] [062]
- IKSR-Bericht Nr. 151d (2006a): Vergleich der Wärmeeinleitungen 1989 und 2004 entlang des Rheins. – IKSR-Bericht Nr. 151d. (Digital vorliegend, [81])
- IKSR-Bericht S 78-06d (2006c): Einfluss der Wärmeeinleitungen auf die Wassertemperatur des Rheins. Bericht der niederländischen Delegation. – IKSR-Bericht S 78-06d. (Digital vorliegend[82])
- IKSR-Bericht Nr. 142d (2004): Wärmebelastung der Gewässer im Sommer 2003 - Zusammenfassung der nationalen Situationsberichte. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins - IKSR-Bericht Nr. 142d, Bern: 46. Seiten. (08. / 09. Juli 2004) [http://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/Dokumente/Berichte/IKSR_Bericht_Nr_142d.pdf] [031]
- IKSR-Bericht Nr. 152d (2006b): Maßnahmen bezogen auf die Wärmebelastung des Rheins in extremen Hitze- und Trockenperioden - Überblick und Zusammenstellung der Länderberichte. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins - IKSR-Bericht Nr. 152d: 5. Seiten (Nov. 2006). [http://www.iksr.org/uploads/media/IKSR-Bericht_Nr_152d.pdf] [032]
- Istvan Pinter (2002): Gütezustand und Güteprobleme im Neckareinzugsgebiet [www.wsa-s.wsv.de/downloadbereich/pdf/tagungsmappe-ikon-kongress.pdf] [064]
- Jakob, Adrian und Fabian Pfammatter et al. (2007): HADES-Tafel 7.7 - Veränderungen der Temperaturen von Fließgewässern 1976-2005. Schweizerische Eidgenossenschaft - Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK - Bundesamt für Umwelt BAFU Abteilung Hydrologie, Davos: 22. Seiten. (13. Sept. 2007) [http://hydrant.unibe.ch/hades/tagung07/HADES_77_jakob_temperatur.pdf] [027]
- Kisseler, Herbert (2005): Niedrigwasseraufhöhung: Lösung ökologischer und ökonomischer Probleme.- In Bundesanstalt für Gewässerkunde (2005): Veranstaltungen Erfahrungen zur Niedrigwasserbewirtschaftung Kolloquium am 14./15. September 2005 in Herne: 58-67. [087]
- Koop (2006): Auswirkung der Hitzewelle und des Niedrigwasser 2006 auf die Tiere in Bundeswasserstraßen. Bundesanstalt für Gewässerkunde - Abteilung U - Referat U4 Tierökologie, Koblenz: 2. Seiten (28. Juli 2006). [http://www.bafg.de/nn_163182/DE/02__Aufgabenfelder/03__Oekologie/01__Abteilung__Referate/U4__Ordner/hitzewelle2006,tempateld=raw,property=publicationFile.pdf/hitzewelle2006.pdf] [029]
- Koop, Jochen H. E.; Tanja Bergfeld und Martin Keller (2005): Einfluss von extremen Niedrigwasser-Ereignissen auf die Ökologie von Bundeswasserstraßen.- In Bundesanstalt für Gewässerkunde (2005): Veranstaltungen Erfahrungen zur Niedrigwasserbewirtschaftung Kolloquium am 14./15. September 2005 in Herne: 79-91. [087]
- Koop, Jochen und Tanja Bergfeld et al. (2005): Einfluss von extremen Niedrigwasser Ereignissen auf die Ökologie von Bundeswasserstraßen. Bundesanstalt für Gewässerkunde: 13. Seiten (Mai 2005) [http://www.bafg.de/nn_163182/DE/02__Aufgabenfelder/03__Oekologie/01__Abteilung__Referate/U4__Ordner/nw__und__oekologie,templateld=raw ,property=publicationFile.pdf/nw__und__oekologie.pdf] [045]
- Köppen, Walter, Christof Kinsinger et al. (2004) Wärmeeinleiter im Saarland - Karte 10. Universität des Saarlandes, Saarland: 1. Seite. [http://www.saarland.de/dokumente/thema_wasser/Karte10-Waermeeinleiter.pdf]
- Kraiem, M. & Pattee, E. (1980). La tolérance à la température et au déficit en oxygène chez le Barbeau (*Barbus barbus* L.) et d'autres espèces provenant des zones voisines. Archiv für Hydrobiologie 88, 250-261.
- Küttel, Stefan und Armin Peter et. al. (2000): Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer. Rhône Revitalisierung – Publikation Nummer 1. 41. Seiten. 01. März 2002 [http://www.rhone-thur.eawag.ch/temperaturpraerferenzen1.pdf] [054]
- Lambrecht, Heiner und J. Trautner et al. (2004) Ermittlung von erheblichen Beeinträchtigungen im Rahmen der FFH-Verträglichkeitsuntersuchung – Endbericht. Arbeitsgemeinschaft Planungsgruppe Ökologie + Umwelt GmbH, April 2004 – FuE-Vorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplanes des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit – Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung - FKZ 801 82 130, Hannover und Filderstadt: 316. Seiten. [http://www.tieroekologie.de/downloads/FuE-Vorhaben_FFH-VU_Endbericht-2004.pdf] [026]
- Landtag von Baden-Württemberg Drucksachen/2000/13_2498 Müller. 15. Okt. 2003. Kleine Anfrage der Abg. Rosa Grünstein SPD und Antwort des Ministeriums für Umwelt und Verkehr - Kernkraftwerk Philippsburg. Landtag von Baden-Württemberg, Drucksache 13 / 2498, Baden-Württemberg. 4. Seiten. [http://www.landtag-bw.de/WP13/Drucksachen/2000/13_2498_d.pdf] [002]
- Landtag von Baden-Württemberg Drucksache 13 / 4466 (2005): Antrag der Abg. Birgit Kipfer u. a. SPD und Stellungnahme des Umweltministeriums Entwicklung der Wasserqualität und Gewässergüte des Neckars.- [065]
- LAWA (1991): Grundlagen für die Beurteilung von Kühlwassereinleitungen in Gewässer. Herausgegeben von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – Ausgearbeitet von der LAWA-Arbeitsgruppe – Wärmebelastung der Gewässer – Erich Schmidt Verlag, Berlin: 119 Seiten. [036]
- LAWA (2008): Grundlagen für die Beurteilung von Kühlwassereinleitungen in Gewässer Herausgegeben von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) Ausgearbeitet von dem LAWA-Ad-Unterausschuss - Kühlwassereinleitungen - 1. Rohentwurf Stand 10.09.2008 [050]
- LAWA-AO (2007): Rahmenkonzeption Monitoring Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen - Arbeitspapier II: Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten; Stand 7.03.2007
- Ludwig, K. & M. Bremicker [Eds] (2006): The Water Balance Model LARSIM - Design, Content and Applications. Freiburger Schriften zur Hydrologie, Bd. 22, 2006, Freiburg i. Br.: 141 S. [http://www.ludwig-wawi.de] [067]
- Maniak, U. (1997): Hydrologie und Wasserwirtschaft. Eine Einführung für Ingenieure.- 4., überarb. und erw. Aufl., Berlin u.a. 650 S.
- Meier, Werner (1996): Veränderung des Temperaturhaushaltes der Aare durch das Kernkraftwerk Mühleberg. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich – Abteilung für Umweltnaturwissenschaften - Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Zürich: 138. Seiten. [012]
- Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (2002): Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr zur Umsetzung der IVU-Richtlinie im Wasserrecht (IVU-VO Wasser) vom 10. September 2002 (GBl. Nr. 11 S. 371). 14 S. (digital vorhanden) [076]
- Müller, U. und S. Greis et al. (2008): Möglicher Einfluss des Klimawandels auf Flusswassertemperaturen und Elektrizitätserzeugung thermischer Kraftwerke. European Institute for Energy Research (Universität Karlsruhe), Karlsruhe: 1 Seite. [http://www.iww.uni-hannover.de/tdh2008/Poster/Mueller.pdf] [042]
- MUNLV (2007a): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Wege zu einer Anpassungsstrategie. - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. (Digital vorliegend)
- MUNLV (2007b): Hintergrundpapier für eine Klimafolgenstrategie für den Geschäftsbereich des MUNLV. - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

- (Digital vorliegend)
- Neumann, Prof. Dr. Dietrich und Dr. rer. nat. Stefan Staas (2006): Leitfaden zur wasserwirtschaftlich-ökologischen Sanierung von Salmonidenlaichgewässern in NRW. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) - Universität zu Köln - Fischereibiologie Nemitz - Aggerverband (AV) - Planungsbüro Koenzen (PBK), Hilden: 168. Seiten (Okt. 2006). [043]
- Northcote, T. G. (1995). Comparative biology and management of Arctic and European grayling (Salmonidae, Thymallus). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 5, 141-194.
- Peñailillo R., Icke J. & Jeuken A. (2008): Effects of the meteorological conditions and cooling water discharges on the water temperature of Rhine River. - 12th International Conference on Integrated Diffuse Pollution Management, Khon Kaen University, Thailand; 25.-29. August 2008.
- Rack, Manfred (2005) 20. Mai 2005: Wasseraufbereitung, Kühlsysteme, Dampferzeugung - Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 31 der Abwasserverordnung. BAnz. Nr. 93 a S. 19, Frankfurt am Main: 35. Seiten. [<http://www.umweltrechtsreport.de/news/21871.pdf>] [006]
- Reinartz, Ralf (2007): Auswirkungen der Gewässererwärmung auf die Physiologie und Ökologie der Süßwasserfische Bayerns - Literaturstudie im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt Referat 57 / Gewässerökologie: 124 S. (November 2007). [071]
- RP Karlsruhe (2008): Wasserrechtliche Erlaubnis für die Entnahme von Kühlwasser zur Durch- und Ablaufkühlung aus dem Rhein und die Einleitung von Kühlwasser und gereinigtem Produktionsabwasser in den Rhein zum Betrieb des Kraftwerkblocks RDK 8 der EnBW Kraftwerke AG, Karlsruhe, 29.10.2008: 102 S. (liegt digital vor) [075]
- RWE 20. Nov. 2003. Das Kraftwerkserneuerungsprogramm im Rheinischen Braunkohlenrevier. RWE Power AG - Zentrale - Standort Köln - Beantwortung der vom Regionalrat Köln anlässlich der Sitzung am 23.05.2003 zu TOP 8 gestellten Fragen, Köln: 12. Seiten. [http://www.bezreg-koeln.nrw.de/extra/regionalrat/alte_unterlagen/regrr/16/Sitzung-RR-16_16-1.pdf] [049]
- Saumon-Rhin (2005) Clair, Benoît Frédéric Schäffer et Gabriel Edel (Bearb.): Suivi de la reproduction des migrateurs amphihalins en Alsace Lamproie marine (*Petromyzon marinus*) & Saumon atlantique (*Salmo salar*) Campagne 2004. Suivi réalisé dans le cadre du programme de restauration des populations de poissons migrateurs en Alsace, Saumon-Rhin: 24. Seiten (Mai 2005). [041]
- Schneider, Jörg (2009): Gesamtanalyse einschließlich Bewertung der Wirksamkeit der laufenden und geplanten Maßnahmen im Rheingebiet mit Blick auf die Wiedereinführung von Wanderfischen.- Studie im Auftrag der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) Bürogemeinschaft für Fisch- und gewässerökologische Studien - BFS (Stand April 2009)
- Schnell Heinz G. & Hans-Dietrich Held (2000): Verfahren und Systeme der Aufbereitung, Behandlung und Kühlung von Süßwasser, Brackwasser und Meerwasser in der Industrie. 5. neubearb. Auflage. Vulkan Verlag, Essen: 653 S. [<http://books.google.de/>][007]
- Schöll, Franz (2000). Die Wassertemperatur als verbreitungsregulierende Faktor von *Corbicula fluminea* (O.F. Müller 1774). Bundesanstalt für Gewässerkunde - Kurzberichte HW 44. 2000, H. 6., Koblenz: 4. Seiten. [004]
- Schöll, Franz (2008): Das Makrozoobenthos des Rheins 2006/2007. Bmon1J08 -04-02d: 42. Seiten (unveröffentlichter IKSR Bericht). [015]
- Schwartz, Patrick (2005): Ökologische und ökotoxikologische Untersuchungen zur Fischfauna im Unteren Neckar. Diplomarbeit - Fakultät für Biowissenschaften der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Heidelberg: 114. Seiten. [<http://www.krottenneckar.de/schwartz.pdf>] [047]
- Schwoerbel, Jürgen & Heinz Brendelberger (2005): Einführung in die Limnologie.- Spektrum Akademischer Verlag 340 S.
- Sieber, Ulrich (2007) 19. Dez. 2007. EU - Wasserrahmenrichtlinie. Schweizerische Eidgenossenschaft - Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK - Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Wasser, Schweiz: 34. Seiten. [003]
- Spindler, Thomas (1997): Fischfauna in Österreich - Ökologie - Gefährdung - Bioindikation - Fischerei - Gesetzgebung. Umweltbundesamt - Federal Environment Agency - Austria - Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie - Band 87, Wien: 157. Seiten. [<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M087z.pdf>] [039]
- Staudt und Kunz (2008): Wärmeinträge in rheinland-pfälzische Gewässer - Sachstandsdarstellung. Az.: 1039/1035- 92 532-001 - Doc# 531929: 14. Seiten. Juli 2008 [058]
- STEAG (2007): Vorhabenbeschreibung - Änderung des Kraftwerks Lausward durch Neubau des 400 MW-Kohleblocks C. Kraftwerk Lausward Neubau Block C - steag, Lausward: 39. Seiten (28. März 2007). [<http://www.scribd.com/doc/2169187/TBUSGLausward-Vorhabenbeschreibung280307JRe>] [053]
- Thies, Rita (???) Kritische Würdigung der Antragsunterlagen der KMW. Kohlekraftwerk auf der Ingelheimer Aue - Informationsveranstaltung : 23. Seiten. [http://www.wiesbaden.de/die_stadt/umwelt/umweltinfo/kritische_wuerdigung_antragsunterlagen.pdf] [034]
- Thies, Rita und Birgit Zeimetz-Lorz (2008): Vollzug des Bundesimmissionschutzgesetzes (BImSchG) Antrag der Fa. Kraftwerke Mainz Wiesbaden AG, Gaßnerallee 33, 55120 Mainz zur Erteilung eines Vorbescheids zur Änderung des bestehenden Kraftwerks druch Errichtung eines Kohlheizkraftwerks - Wasserrechtliches Planfeststellungsverfahren gem. Wasserhaushaltsgesetz (WHG) i.V. m. §§ 72, 83 Landeswassergesetz (LWG) für den Ausbau des Gewässers „Rhein“ durch Errichtung einer Schiffsanlegestelle sowie Errichtung einer Schiffsanlegestelle im Industriehafen und Antrag auf gehobene Erlaubnis nach § 7 WHG i.V.m. §§ 26, 27 LWG für die Entnahme von Wasser aus dem Rhein und Einleitung von Abwasser in den Rhein einschließlich der Genehmigung gem. § 54 LWG für das Einleitbauwerk und Antrag auf Genehmigung gem. § 55 LWG für das Einleiten von Abwasser in die öffentliche Abwasseranlage (Indirekteinleitereinleitung). Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd, Regionalstelle Gewerbeaufsicht - Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd - Dezernat für Kultur, Umwelt, Grünflächen und Hochbau - Dezernat für Bürgerangelegenheiten und Integration, Wiesbaden: 41. Seiten (Jan 2008) [051]
- Tillmanns, Oliver (2002): Räumliche Differenzierung („Zonierung“) und Naturausstattung (Schwerpunkt: Zeigertiere) von Feuchtgebieten. Phillips-Universität Marburg - Fachbereich Geographie - OS Feuchtgebiete. 20. Seiten (07. Mai 2002). [[http://web.uni-marburg.de/geographie//HPGeo.old/personal/Opp/OS-Referate%20\(SS%202002\)-Dateien/tillmanns_zeigertiere.pdf](http://web.uni-marburg.de/geographie//HPGeo.old/personal/Opp/OS-Referate%20(SS%202002)-Dateien/tillmanns_zeigertiere.pdf)] [056]
- Troschel, H.(2004): Fischereibiologischer Beitrag „Alte Dreisam“ (Gottenheim/Wasenweiler - Riegel). Limnofisch - öbv SV für Teichwirtschaft u. Binnenfischerei, March-Hugstetten: 13. Seiten. (Dez. 2004) http://www.ig-dreisam.de/archiv/FischBiol-Gutachten_LimnoFisch.pdf [023]
- Uexküll, Ole von (2003): Wasser und Energie - Das fossil-atomare Energiesystem verschärft die globale Wasserkrise.- Solarzeitalter 3/2003:14-18
- Van der Grinten, E., van Herpen F.C.J., van Wijnen H.J., Evers C.H.M., Wuijts S. & Verweij W. (2007): Afleiding maximumtemperatuurnorm goede ecologische toestand (GET) voor Nederlandse grote rivieren. RIVM Rapport 607800003/2007. (Zitiert in Peñailillo et al. 2008)
- Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt und Verkehr zum Vollzug der Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr über die Qualität von Fischgewässern - VwV-Fischgewässerverordnung. Az.: 51-8912.10-Fisch/1 - : 10. Seiten (30. Mai 2001). [059]
- Wagner, Eberhard (2003): Kühlwasser - warum benötigen Wärmekraftwerke das ? energie-fakten: 4. Seiten. (24. Aug. 2003) [http://www.energie-fakten.de/pdf/kuehlwasser_2.pdf] [035]
- Webb B.W., Hannah D.M., Moore R.D., Brown L.E. & Nobilis F. (2008): Recent advances in stream and river temperature research. - *Hydrol. Process.*, 22, 902-918. (Digital vorliegend)
- Weibel, Uwe (2008): Gutachten zur Auswirkung des geplanten Kohlekraftwerks Mainz auf die FFH-Wanderfischgebiete im Rhein.- I.A. SGD Süd Oktober 2008 (unveröffentlicht):30 S. (liegt digital vor) [074]
- Westermann & Wendling (2003) Was ist die (wahrscheinlichste) Ursache des „Muschelsterbens“ im Rhein im Hochsommer 2003? Landesamt für Wasserwirtschaft, Rheinland-Pfalz: 2. Seiten (16 Juli 2003) [<http://www.carp-courier.com/documents/Muschelsterben%20Ursache.pdf>] [044]
- Wupperverband (): Temperatur-Zielfunktion aus Sicht der Fischgewässerverordnung und Bewertung: 6. Seiten. [[http://www.wupperverband.de/internet/wupperverbandwys.nsf/0/CAB6B75913C91A8FC125712C0044435C/\\$FILE/B_Kapitel_13_ziel%20fischgewvo_Laco.pdf](http://www.wupperverband.de/internet/wupperverbandwys.nsf/0/CAB6B75913C91A8FC125712C0044435C/$FILE/B_Kapitel_13_ziel%20fischgewvo_Laco.pdf)] [014]
- Wupperverband [Hrsg.] (2005): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Handlungsbedarf und Abwägungskriterien bei der Umsetzung der EU-WRRL am Beispiel der Kühlwassernutzung der Unteren Wupper - AZ 54.173/25-5232 [<http://www.wupperverband.de/projekte/forschung/forschungsprojekte/kuehlwassernutzung.untere.wupper.html>] [001]
- Zimmermann, Goetsch. 10. Juli 2007. Vermerk zum Scoping-Termin am 08.05.2007 bzw. zum Vorhaben der Stadtwerke Düsseldorf: Änderung des Kraftwerks Lausward durch den Zubau eines 400 MW-Kohleblocks C. Dezernat 56 - Vermerk vom 10.07.2007 zum Vorhaben der Stadtwerke Düsseldorf AG, Düsseldorf: 42. Seiten. [<http://www.duesseldorf-astrhein.de/documents/Scopingprotokoll.pdf>] [048]

Neue Kohlekraftwerke - der falsche Weg!

| Neue Kohlekraftwerke im Rheineinzugsgebiet | | | |
|--|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Fluss | Name/Standort | Elektrische Leistung (MW) | Status |
| Lippe | Datteln | 1.065 | im Bau |
| Rhein | Duisburg-Walsum | 750 | im Bau |
| Rhein | Grevenbroich-Neurath (BoA 2 und 3) | 2.200 | im Bau |
| Lippe | Hamm-Uentrop | 1.600 | im Bau |
| Rhein | Karlsruhe (Block RDK 8) | 900 | genehmigt |
| Ruhr | Lünen, Stummhafen | 750 | teil-genehmigt |
| Erft | Niederaußem (Bergheim) | 2.200 | genehmigt |
| Rhein | Düsseldorf (Lausward) Block C | 400 | in Planung |
| Rhein | Krefeld-Uerdingen | 750 | in Planung |
| Ruhr | Lünen, Moltkestraße | 900 | in Planung |
| Lippe | Marl | 900 | in Planung |
| Rhein | Mainz (Ingelheimer Aue) | 823 | genehmigt |
| Rhein | Mannheim (Neckarau) | 900 | vorzeitiger Baubeginn |
| Main | Staudinger (Großkrotzenburg) | 1.100 | in Planung |
| Summe | | | 15.238 |



Neue Kraftwerksplanungen

- Steinkohle
Elektrische Leistung in MW
- Braunkohle
Elektrische Leistung in MW
- aufgegeben/ausgesetzt

Herausgeber
Bund für Umwelt und Naturschutz
Deutschland (BUND):
Landesverbände Baden-
Württemberg, Bayern, Hessen,
Nordrhein-Westfalen und
Rheinland-Pfalz (federführend)

Test & Layout
Jörg Lange, Freiburg

BUND, 2009

Foto: Kühlwasserentnahme Rheindampfkraftwerk Mannheim (H. Weinreb/BUND)

Die Erde braucht Freundinnen und Freunde

Der BUND ist ein Angebot an alle, die unsere Natur schützen und den kommenden Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen erhalten wollen. Der BUND hilft Zukunft zu gestalten – beim Schutz von Tieren und Pflanzen, Flüssen und Bächen vor Ort oder national und International für mehr Verbraucherschutz, gesunde Lebensmittel und natürlichen den Schutz unseres Klimas. Der BUND ist dafür eine gute Adresse.

Ich will mehr Natur- und Umweltschutz

- mehr Informationen über den BUND.
- möchte Mitglied im BUND werden.
- den BUND mit einer Spende unterstützen.

.....
 (Name) (Straße)

 (Ort) (email)

Bitte senden an BUND Rheinland-Pfalz, Hindenburgplatz 3, 55518 Mainz, Telefon 06131 627060, info@bund-rlp.de, www.bund-rlp.de