



Dokumentation

Erkenntnisse der aktuellen Klimaauswirkungen in Deutschland
Einzelfragen zu Kühlwasser und Energieversorgung

Erkenntnisse der aktuellen Klimaauswirkungen in Deutschland

Einzelfragen zu Kühlwasser und Energieversorgung

Aktenzeichen: WD 8 - 3000 - 032/17
Abschluss der Arbeit: 23.8.2017
Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und
Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Aussagen zur Erwärmung des Kühlwassers oder niedriger oder hoher Flusstände und deren Auswirkungen auf die Energieversorgung	4
3.	Quellen	9

1. Einleitung

Langzeitmessungen haben ergeben, dass sich die **Lufttemperatur in Deutschland im Jahresmittel im Zeitraum von 1881 bis 2015 um 1,4°C erhöht** hat. Die Bundesregierung bemerkt in ihrer Antwort auf eine Anfrage zu den „Auswirkungen des Klimawandels auf Seen und Fließgewässer“, dass davon auszugehen sei, dass sich „**langfristig auch die Gewässertemperaturen erhöhen**“. In welchem Umfang dies geschieht, hänge von verschiedenen Faktoren ab, so die Bundesregierung, z.B. auch vom Kühlwasser.“¹

Insbesondere thermische Kraftwerke benötigen zum Betrieb Kühlwasser. In solchen Kraftwerken wird durch Verbrennen von Kohle, Öl, Gas oder Biomasse oder durch Kernspaltung thermische Energie erzeugt. Wenn der Wasserdampf nicht für Nah- oder Fernwärme genutzt wird, muss die Turbine auf ein möglichst niedriges Temperaturniveau abgekühlt werden, um den Wirkungsgrad zu erhöhen.²

Die Wassertemperatur wird gemäß der Oberflächengewässerverordnung OGewV durch das behördliche **Gewässermonitoring** an allen WRRL-Monitoringstellen (Wasserrahmenrichtlinie, WRRL) erfasst. In Deutschland findet dies mindestens 12 Mal jährlich statt. Der Vollzug obliegt den Bundesländern.³

Kenntnisse über eine Erhöhung der Gewässertemperaturen, infolge der Kühlwassereinleitung, liegen derzeit nicht vor. Die Bundesregierung äußert, dass prinzipiell festzustellen sei, dass der Wassereinsatz in konventionellen Kraftwerken gesunken sei.⁴

Die folgende Aufstellung zeigt exemplarisch den aktuellen Kenntnisstand über eine mögliche Erwärmung des Flusswassers und über die möglichen Auswirkungen auf die Energiewirtschaft.

2. Aussagen zur Erwärmung des Kühlwassers oder niedriger oder hoher Flusstände und deren Auswirkungen auf die Energieversorgung

Das **Umweltbundesamt** äußerte sich 2013 über Klimafolgen und Anpassung insbesondere zu den Auswirkungen auf die Energiewirtschaft und möglichen Anpassungsoptionen: „Bei hohen Temperaturen und geringen Niederschlägen kann es thermischen Kraftwerken, wie Kohle-, Erdgas-

1 Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage „Auswirkungen des Klimawandels auf Seen und Fließgewässer“ der Fraktion BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN, (2017). BT-Drs [18/12692](#)

2 Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften in der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) (2008). „Beiträge zum Symposium Klimawandel - Was Kann die Wasserwirtschaft tun?“, Seite 194 ff, 2008, Nürnberg

Kalide, W., (1989)„Energieumwandlung in Kraft- und Arbeitsmaschinen“ Seite 335 und 343, 1989, Hanser Verlag München Wien

3 Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage „Auswirkungen des Kühlwassernutzung von Kraftwerken“ der Fraktion BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN, (2016). BT-Drs [18/8992](#)

4 ebenda

und Kernkraftwerken, an Kühlwasser mangeln. [...] Lange Hitzeperioden schränken die Verfügbarkeit von Kühlwasser ein, da sich die Wassermenge infolge von Niedrigwasser verringert und sich mit steigenden Lufttemperaturen auch die Fließgewässer erwärmen. Da wärmeres Wasser einen geringeren Kühlungseffekt hat, werden größere Wassermengen für die Kühlung benötigt. Werden wasserrechtlich und/oder sicherheitstechnisch bedeutende Schwellenwerte erreicht, darf erwärmtes Flusswasser nicht mehr als Kühlwasser genutzt werden. Auch die Rückleitung von Kühlwasser in erwärmte Fließgewässer ist problematisch für Flussökosysteme und daher rechtlich limitiert. In extremen Fällen müssen thermische Kraftwerke abgeschaltet werden.“⁵

Die Bundesregierung beschreibt in ihrem **Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)** im Handlungsfeld Energiewirtschaft die Auswirkungen des Klimawandels auf das Kühlwasser thermischer Kraftwerke wie folgt: „Bereits gegenwärtig wirken sich Extremwetterereignisse auf die Verfügbarkeit von Kühlwasser für thermische Kraftwerke aus, wie während der Hitzewellen im Sommer 2003 und 2006. Damals traten an mehreren thermischen Kraftwerken Leistungsminderungen aufgrund von Kühlwassermangel auf. [...] Durch den Umbau der Kraftwerke, insbesondere die Abschaltung der Kernkraftwerke, und den Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen können solche Ereignisse in naher Zukunft seltener werden. Gleichzeitig steigt bei einem starken Wandel die Wahrscheinlichkeit des Auftretens extremer Hitzewellen, sodass Kühlwassermangel für thermische Kraftwerke auch in Zukunft von Bedeutung bleiben kann. Insbesondere für Kraftwerke mit Durchlaufkühlung in der Region Rhein-Main-Neckar sowie im Bereich der Oberweser wäre bei einem starken Wandel eine stärkere Betroffenheit zu erwarten. [...] Potenzielle Schäden an Kraftwerken und Erzeugungsanlagen durch Flusshochwasser sind vor allem im Süden Deutschlands sowie in einzelnen Kreisen in Niedersachsen zu erwarten.“ Weiter heißt es in dem Bericht zu den zukünftig bedeutendsten Klimawirkungen: „Für den Kühlwasserbedarf von thermischen Kraftwerken ist in der Gegenwart ein mittleres Schadenspotential erkennbar (mittlere bis hohe Gewissheit).“⁶

Das **Institut der Deutschen Wirtschaft Köln (IW)** bemerkt zur Thematik der Kühlwasserverfügbarkeit: „Eine gleichbleibend hohe Wasserverfügbarkeit ist für die Energiewirtschaft von hoher Bedeutung. Wasser wird zum einen in Kohle- und Kernkraftwerken als Kühlwasser benötigt. Gesetzliche Bestimmungen begrenzen zum Schutz der Wasserqualität von Fließgewässern bei hohen Temperaturen die Rückleitungen. Die Stromerzeugung durch Wasserkraft reagiert darüber hinaus sensibel auf unterschiedliche Abflussmengen. Die Nachfrage nach Strom könnte hingegen in den wasserarmen Sommermonaten steigen, und zwar in Form von Kühlenergie.“⁷

5 Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass), Umweltbundesamt (UBA) (2013). „Klimafolgen und Anpassung - Handlungsfeld Energiewirtschaft“, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/handlungsfeld-energiewirtschaft>

6 Bundesregierung (2015). „Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)“, Kapitel 2.11 Handlungsfeld Energiewirtschaft, Seite 173 ff, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf

7 Institut der Deutschen Wirtschaft Köln (IW) (2010). „Anpassung in den Branchen“, <https://www.iwkoeln.de/studien/iw-kurzberichte/beitrag/klimawandel-anpassung-in-den-branchen-52742?highlight=k%25C3%25BChlwasser>

In einem Artikel in „**Wirtschaftsdienst**: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik“ haben die Autoren folgende Aussagen zum **Einfluss des Klimawandels auf die deutsche Energieversorgung** recherchiert. „Die größte erkennbare Beeinträchtigung durch die Folgen des Klimawandels besteht bei Dampfkraftwerken, die für die Erzeugung von Elektrizität aus Erdöl, Erdgas, Methanhydrat, Steinkohle und für die Nutzung von Kernenergie verwendet werden. Sinkende Flusswasser- und Grundwasserpegel sowie steigende Fließgewässertemperaturen schränken die Verfügbarkeit von Kühlwasser in Hitzeperioden deutlich ein. In solchen Phasen müssen die Leistungen der Kraftwerke häufiger aus Naturschutzgründen gedrosselt oder abgeschaltet werden. Daher werden künftig stärkere saisonale Schwankungen der Stromproduktion aus den betroffenen Kraftwerken erwartet. Das Risiko bleibt jedoch in einem mittleren Bereich, da durch diese Extrembedingungen meist nur einzelne Kraftwerke betroffen sind und keine Gefährdung für die gesamte Stromversorgung besteht. Auf dem Workshop wurde diese Relativierung bekräftigt, gerade da immer mehr Kraftwerke über Kühltürme verfügen und es in Deutschland keine ähnlichen Risikocluster gäbe wie beispielsweise in Frankreich, wo am Unterlauf der Rhône mehrere Kernkraftwerke betrieben werden.“⁸

„Bei Braunkohlekraftwerken spielt diese Kühlwasserproblematik eine geringere Rolle, da meist keine Flusswasserkühlung vorgenommen wird. Stattdessen erfolgt die Kühlung mit dem abgepumpten Wasser aus dem Tagebau.“⁹

Zum Betrieb von Biokraftanlagen schreiben die Autoren: „Die Kühlwasserproblematik sei nur in sehr komplexen Anlagen mit mehreren unterschiedlichen Produktionszweigen relevant. Doch selbst hier bleibe der Kühlwasseranteil gering und sei mit dem Kühlwasserbedarf der übrigen Dampfkraftwerke nicht zu vergleichen.“¹⁰

In ihrem Ausblick fassen die Autoren die Aussagen zusammen: „Dabei handelt es sich in der Regel nicht um neue Phänomene, sondern um ein häufigeres Auftreten bereits bekannter Risiken. Dies gilt beispielsweise für die möglichen Engpässe der Kühlwasserbereitstellung für thermische Kraftwerke oder die Gefahr eines Windbruchs für Stromleitungen. [...] Insgesamt hat der Klimawandel einen negativen Einfluss auf die Energieversorgung: Die Risiken überwiegen deutlich die Potenziale. Dennoch ist das Gesamtrisiko als sehr gering einzuschätzen. Dies gilt insbesondere für den Energiemix insgesamt, aber auch in der Stromversorgung liegt das Risiko entsprechend dem Klimarisiko-Indikator des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln im moderaten Bereich. Durch den Klimawandel ist für Deutschland nicht mit Gefahren für die Energieversorgung oder für die Stromversorgung, denen nicht begegnet werden könnte, zu rechnen.“¹¹

8 Hubertus Bardt, Hendrik Biebeler, Heide Haas, (2013). „Einfluss des Klimawandels auf die deutsche Energieversorgung“, *Wirtschaftsdienst: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik*, 93 (2013), 5, Seite 307 - 313

9 ebenda

10 ebenda

11 ebenda

Als **Beispiel finanzieller Auswirkungen** von Klimawandel und Kühlwasser auf die Energiewirtschaft führt die Bundesregierung ein „Niedrigwasserereignis und Trockenheit an der Unterelbe im Jahr 2003“ an. Die Leistung wurde dort bis zu 40 Prozent verringert.¹²

Das **Bundesministerium für Umweltschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)** führt dazu aus: „Veränderungen von Temperatur und Niederschlag können auch Auswirkungen auf das Handlungsfeld Energiewirtschaft haben, insbesondere auf das Kühlwasser für thermische Kraftwerke, und können zu potenziellen Schäden an Kraftwerken und Erzeugungsanlagen führen.“¹³

In seinem **Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)** stellt das **BMUB** zusammenfassend die Auswirkungen des Klimawandels auf die Energiewirtschaft dar: „Im Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ können durch angenommene technologische Entwicklungen und strukturelle Umgestaltung in der Energiewirtschaft in naher Zukunft die Gefährdungen durch Auswirkungen des Klimawandels im geringen bis mittleren Bereich gehalten werden. Für den Kühlwasserbedarf von thermischen Kraftwerken ist in der Gegenwart ein mittleres Schadenspotential erkennbar (mittlere bis hohe Gewissheit). Die Schadenspotentiale für Kraftwerke und Erzeugungsanlagen können in naher Zukunft deutlich ansteigen (geringe Gewissheit). Der veränderte Bedarf nach Kühl- oder Heizenergie würde bei einem starken Temperaturanstieg die Energiewirtschaft im Sommer belasten (geringe Gewissheit) bzw. im Winter (mittlere bis hohe Gewissheit) entlasten. Aufgrund der hohen Anpassungskapazität und der relativ geringen Auswirkung ist die Vulnerabilität der Energiewirtschaft gegenüber dem Klimawandel insgesamt als gering einzuschätzen.“¹⁴ [...] „Im Handlungsfeld Energiewirtschaft werden mittlere Handlungserfordernisse bei den Kraftwerken (in Bezug auf Knappheit von Kühlwasser für thermische Kraftwerke, Schäden an Erzeugungsanlagen) indiziert. Die Überprüfung von Wärmelastplänen unter veränderten hydrologischen und Temperaturbedingungen wird wichtige Impulse für notwendige Anpassungen geben.“¹⁵

Das **Bundesverkehrsministerium** beschreibt die Auswirkungen der Erwärmung der Wassertemperatur auf Wasserstraßen: „Hinsichtlich der zu erwartenden fortschreitenden Erwärmung der Wassertemperatur in Binnenwasserstraßen und damit verbundenen ökologischen Auswirkungen sowie Restriktionen für Wärmeinleitungen ist zu berücksichtigen, dass durch das Abschalten der Kernkraftwerke (Energiewende) und der damit verbundenen Reduzierung der Einleitung von

12 Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage „Auswirkungen des Klimawandels auf Seen und Fließgewässer“ der Fraktion BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN, (2017). BT-Drs [18/12692](#)

13 Bundesregierung (2015). „Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)“, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf Seite 67

14 Bundesregierung (2015). „Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)“, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf Seite 54

15 Bundesregierung (2015). „Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)“, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf Seite 84

erwärmtem Kühlwasser eine Wärmeentlastung in den Wasserstraßen stattfinden kann. Die Auswirkungen durch die erwartete globale Erderwärmung auf die Wassertemperaturen könnten dadurch teilweise kompensiert werden. Das BMVI wird diese Entwicklung bezüglich seiner Verantwortlichkeiten für Betrieb und Unterhaltung an den Binnenwasserstraßen aufmerksam über bestehende Überwachungsprogramme verfolgen.“¹⁶

Zu berücksichtigen sei in der Diskussion auch, dass Kraftwerke, die über Kühltürme verfügen, in Zeiten hoher Außentemperatur aufgrund höherer Kühlwassertemperatur mit weniger Effizienz rechnen können.¹⁷

Bei Kraftwerken, bei der deren Versorgung über den Schiffsverkehr erfolgt, kann es bei Niedrigwasserständen zu Versorgungsengpässen kommen.¹⁸

Nach Aussagen des **Statistischen Bundesamtes** sank der Gesamteinsatz des Kühlwassereinsatzes in der Energieversorgung von 2010 bis 2013 um 35 %.¹⁹

„Der Einsatz von Frischwasser zu Kühlzwecken ging nach Aussagen des Statistischen Bundesamtes durch Effizienzsteigerungen und Maßnahmen wie Mehrfach- bzw. Kreislaufnutzungen signifikant zurück und lag 2010 um etwa ein Drittel niedriger als 1991.“ Vorschläge für mögliche Anpassungsmaßnahmen für **mehr Unabhängigkeit vom Kühlwasser aus Flüssen** liefert der **Monitoringbericht des Umweltbundesamtes**. Der Bericht beschreibt die Situation wie folgt: „In heißen und trockenen Sommern kann die Versorgung mit Frischwasser für Kühlzwecke ein Flaschenhals für die Stromerzeugung in Wärmekraftwerken sein. Diese Kraftwerke produzieren rund drei Viertel des Stroms in Deutschland und dominieren bislang die Erzeugungsstrukturen. Große Teile des Kraftwerkparks sind dabei von der Verfügbarkeit von Kühlwasser abhängig, weshalb die Energiewirtschaft auch bei weitem der größte Wassernutzer hierzulande ist: Annähernd zwei Drittel des zur Nutzung entnommenen Grund- und Oberflächenwassers werden in Deutschland zu Kühlzwecken in Wärmekraftwerken eingesetzt, mehr als 90 % hiervon in Durchlaufkühlsystemen. Dies ist wirtschaftlich die effizienteste und daher auch die häufigste Art der Kraftwerkskühlung in Deutschland, gleichzeitig aber auch die wasserintensivste. Das Kühlwasser wird einem Wasserkörper entnommen und einmalig zur Kühlung des Dampfkreislaufs im Kraftwerk genutzt. Anschließend wird das erwärmte Wasser dem Wasserkörper wieder zugeführt. Abhängig vom Standort können dabei Kühltürme zum Einsatz kommen, um die Temperatur des Kühlabwassers

-
- 16 KLIWAS BMVI Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland und BMVI Abschlussbericht 2015, http://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/abschlussbericht.pdf?_blob=publicationFile
- 17 Groth, M., Cortekar, J., Universität Lüneburg, Working Paper „Die Relevanz von Klimawandelfolgen für Kritische Infrastrukturen am Beispiel des deutschen Energiesektors“, No.335, Seite 15, http://www.leuphana.de/fileadmin/user_upload/Forschungseinrichtungen/ifvwl/WorkingPapers/wp_335 Upload.pdf
- 18 Mahammadzadeh, M., Biebeler, H., Institut der deutschen Wirtschaft Köln (IW) (2009). „Anpassung an den Klimawandel“, iW-Analysen Nr. 57, Seite 34
- 19 Statistisches Bundesamt, Destatis (2016). „2013: Kühlwassereinsatz in der Energieversorgung sinkt um 35 %“ https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2016/08/PD16_277_322pdf.pdf?_blob=publicationFile

zu verringern und eine unerwünschte bzw. unzulässige Erwärmung der Flüsse, in die das Wasser eingeleitet wird, zu vermeiden. Um Mangelsituationen vorzubeugen, kann der Kühlwasserbedarf für thermische Kraftwerke u. a. mithilfe technischer Maßnahmen verringert werden. Ein wesentlicher Ansatzpunkt hierfür ist die Art der Kühlwassernutzung. So können Kreislaufkühlsysteme den Wasserbedarf von thermischen Kraftwerken deutlich reduzieren und sie von Frischwasser weitgehend unabhängig machen. Die Kühlung kann dabei in einem offenen System (Nasskühlung) oder geschlossenen System (Trockenkühlung) erfolgen. Bei offenen Systemen ist eine Wasserentnahme aus Gewässern nur für den Ausgleich des Verdunstungsverlusts notwendig und beträgt im Vergleich zur Durchlaufkühlung nur etwa 2 bis 3,5 %. Bei der Trockenkühlung wird die Wärme über einen Wärmetauscher durch Konvektion an die Luft abgegeben. Ein Verdunstungsverlust findet nicht statt, d. h. der Wasserbedarf wird auf ein Minimum reduziert. Die beiden Systeme können auch in sogenannten Hybridanlagen kombiniert werden. [...] Insgesamt wird der Kühlwasserbedarf thermischer Kraftwerke im Zuge der Energiewende künftig eine abnehmende Rolle spielen, wobei die derzeitigen Entwicklungstendenzen noch uneinheitlich sind. Welche Bedeutung zukünftig einer wassersparenden Kühlwassernutzung zukommt, ist derzeit noch nicht vollständig absehbar.“²⁰

Zu der Einschätzung kommender Hitzeperioden äußert sich der Bericht wie folgt: „Durch die eingeleitete Energiewende und den beschlossenen Atomausstieg hat die Bedeutung thermischer Kraftwerke für das Energiesystem in den vergangenen Jahren abgenommen und wird in den kommenden Jahren wohl weiter zurückgehen. Angesichts der zunehmenden Einspeisung von erneuerbaren Energien insbesondere in der heißen Jahreszeit sind sommerliche Engpässe in der Elektrizitätsversorgung insgesamt eher nicht zu erwarten. Dessen ungeachtet kann es möglicherweise in einzelnen Regionen, in denen thermische Kraftwerke noch eine überdurchschnittlich wichtige Rolle spielen, zu sommerlichen Einschränkungen der Stromerzeugung kommen, die Maßnahmen zur Sicherung der regionalen Elektrizitätsversorgung notwendig machen.“²¹

3. Quellen

Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage „Auswirkungen des Klimawandels auf Seen und Fließgewässer“ der Fraktion BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN, (2017). BT-Drs [18/12692](#)

Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage „Auswirkungen des Kühlwassernutzung von Kraftwerken“ der Fraktion BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN, (2016). BT-Drs [18/8992](#)

Bundesregierung (2015). „Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)“, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf

20 Umweltbundesamt (UBA) (2015). „Monitoringbericht 2015 zu der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“, Seite 168-169, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf

21 Umweltbundesamt (UBA) (2015). „Monitoringbericht 2015 zu der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“, Seite 161, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf

Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften in der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) (2008). „Beiträge zum Symposium Klimawandel - Was Kann die Wasserwirtschaft tun?“, Seite 194 ff, 2008, Nürnberg

Groth, M., Cortekar, J., Universität Lüneburg, Working Paper „Die Relevanz von Klimawandelfolgen für Kritische Infrastrukturen am Beispiel des deutschen Energiesektors“, No.335, Seite 15, http://www.leuphana.de/fileadmin/user_upload/Forschungseinrichtungen/ifvwl/WorkingPapers/wp_335_Upload.pdf

Hubertus Bardt, Hendrik Biebeler, Heide Haas, (2013). „Einfluss des Klimawandels auf die deutsche Energieversorgung“, Wirtschaftsdienst: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, 93 (2013), 5, Seite 307 - 313

Institut der Deutschen Wirtschaft Köln (IW) (2010). „Anpassung in den Branchen“, <https://www.iwkoeln.de/studien/iw-kurzberichte/beitrag/klimawandel-anpassung-in-den-branchen-52742?highlight=k%25C3%25BChlwasser>

Kalide, W., (1989).„Energieumwandlung in Kraft- und Arbeitsmaschinen“ Seite 335 und 343, 1989, Hanser Verlag München Wien

KLIWAS BMVI Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland und BMVI Abschlussbericht 2015, <http://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/abschlussbericht.pdf? blob=publicationFile>

Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass), Umweltbundesamt (UBA) (2013). „Klimafolgen und Anpassung - Handlungsfeld Energiewirtschaft“, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/handlungsfeld-energiewirtschaft>

Mahammadzadeh, M., Biebeler, H., Institut der deutschen Wirtschaft Köln (IW) (2009).„Anpassung an den Klimawandel“, iW-Analysen Nr. 57

Statistisches Bundesamt, Destatis (2016). „2013: Kühlwassereinsatz in der Energieversorgung sinkt um 35 %“ https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2016/08/PD16_277_322pdf.pdf? blob=publicationFile

Umweltbundesamt (UBA) (2015). „Monitoringbericht 2015 zu der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“, Seite 161, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf
