



Merkblatt Nr. 4.5/18

Stand: Januar 2023

Ansprechpartner: Referat 68

Beurteilung von Wärmeeinleitungen

Inhaltsverzeichnis

1	Überblick	2
2	Anwendungsbereich	2
3	Zuständigkeiten	3
4	Anforderungen an Wärmeeinleitungen	3
5	Vorgehensweise zur Prüfung von Wärmeeinleitungen	4
6	Relevanzprüfung	5
6.1	Konzept der Relevanzprüfung	5
6.2	Berechnungen für die Relevanzprüfung	6
6.2.1	Allgemeines	6
6.2.2	Frischwasserkühlung mit Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer (Durchlaufkühlung)	7
6.2.3	Offene Kreislaufkühlung oder Ablaufkühlung mit Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer	8
6.2.4	Kühlsystem mit Entnahme des Kühlwassers aus einem anderen Gewässer	10
7	Vertiefte Prüfung bei relevanten Einleitungen	11
8	Daten für die Prüfung	13
Anhang: Hinweise zur fachlichen Prüfung von Wärmeeinleitungen		14
1	Parameter zur Begrenzung von Wärmeeinleitungen	14
1.1	Emissionsbezogene Parameter	14
1.2	Immissionsbezogene Parameter	14
1.3	Prozessbezogene Parameter	15
2	Kühlsysteme	16
2.1	Allgemeines	16
2.2	Kühlverfahren	16
2.3	Varianten der Kreislaufkühlung	17
2.4	Wasserbedarf und Abwärmeeinleitung	18
3	Links und weiterführende Hinweise	18

1 Überblick

Eine wasserrechtliche Einleiterlaubnis kann nur erteilt werden, wenn die Voraussetzungen der §§ 12 und 57 WHG vorliegen. Es dürfen demnach keine schädlichen Gewässerveränderungen zu erwarten sein und die Einleitung muss mit den Anforderungen an die Gewässereigenschaften und sonstigen rechtlichen Anforderungen vereinbar sein. Außerdem sind das Verschlechterungsverbot und das Zielerreichungsgebot gem. § 27 WHG zu beachten. Das Temperatugeschehen in oberirdischen Gewässern ist ein wesentlicher ökologischer Faktor. Daher sind Wärmeeinleitungen im Wasserrechtsverfahren hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den ökologischen Zustand bzw. das ökologische Potenzial des betroffenen Gewässers zu bewerten. Eine wesentliche Rolle spielen hierbei die temperaturbezogenen Anforderungen der Oberflächengewässerverordnung - OGewV.

Das LfU ist amtlicher Sachverständiger im Wasserrechtsverfahren bei allen Wärmeeinleitungen über 10 MW¹. Für geringere Wärmeeinleitungen ist das WWA amtlicher Sachverständiger (siehe Abschnitt 3).

Dieses Merkblatt gibt Hinweise zu den temperaturbezogenen Anforderungen der OGewV (siehe Abschnitt 4), und empfiehlt eine Vorgehensweise zur Prüfung von beantragten Wärmeeinleitungen (siehe Abschnitt 5). Zunächst kann durch eine Relevanzprüfung ermittelt werden, ob weitergehende Auflagen notwendig sind (siehe Abschnitt 6). Wird die Wärmeeinleitung als relevant bewertet, ist eine vertiefte Prüfung erforderlich (siehe Abschnitt 7). Dafür sollte ein Mindestumfang an Daten vorliegen (siehe Abschnitt 8). Im Anhang sind Hinweise zu Bescheidsparemtern und fachliche Hintergrundinformationen zu Kühlsystemen aufgeführt.

Eine vertiefte Prüfung sollte von vornherein durchgeführt werden, wenn Summationseffekte durch weitere Wärmeeinleitungen in betroffene Gewässer nicht ausgeschlossen werden können oder aus anderen Gründen weitergehende Betrachtungen möglicher Auswirkungen der Wärmeeinleitung erforderlich sind, die eine möglichst genaue Erfassung der Einleitungssituation erfordern.

Bestehende Erlaubnisse für Wärmeeinleitungen sind im Sinne des § 100 Absatz 2 WHG zu überprüfen, wenn Hinweise vorliegen, dass die Wärmeeinleitung dem Erreichen bzw. dem Erhalt des guten ökologischen Zustandes bzw. Potenzials zuwiderläuft. Im Übrigen ist eine Überprüfung vorzunehmen, wenn die wasserrechtliche Erlaubnis neu erteilt oder wesentlich geändert werden soll. Erforderlichenfalls sind betriebliche Einschränkungen bzw. Sanierungsmaßnahmen (z. B. Nachrüstung eines Ablaufkühlers) und eine angemessene Sanierungsfrist vorzuschlagen.

2 Anwendungsbereich

Die Hinweise in diesem Merkblatt beziehen sich auf Abwassereinleitungen, die der gezielten Abfuhr von Prozesswärme dienen (Kühlwasser), sowie sinngemäß auch auf Abwassereinleitungen aus Industrie- und Gewerbebetrieben, deren Temperatur aufgrund von Erwärmungsprozessen bei der Wassernutzung deutlich über dem Niveau des Gewässers an der Einleitstelle liegen kann. Der Einfachheit halber wird im Folgenden nur der Begriff Kühlwasser verwendet.

¹ Um Verwechslungen mit anderen Arten der Leistung zu vermeiden, wird für Wärmeleistungen oft anstelle von MW die gleichbedeutende Einheit MJ/s verwendet, so auch in diesen Hinweisen.

3 Zuständigkeiten

Gemäß Nr. 7.4.5.2 c) VVWas (AllMBI Nr. 2/2014) ist das LfU amtlicher Sachverständiger im Wasserrechtsverfahren bei allen Wärmeeinleitungen über 10 MW. Für geringere Wärmeeinleitungen ist das WWA amtlicher Sachverständiger. Diese Festlegung ist auf separate **Kühlwassereinleitungen** bezogen. Die Schwelle "10 MW" bezieht sich auf die Abwärme, die dem Kühlwasser pro Zeiteinheit zugeführt und in das Gewässer eingeleitet wird (Wärmeleistung, siehe Anhang 1.3). Sie ist als Bemessungsgröße für die Auslegung der Kühlstellen (z. B. Wärmetauscher) definiert.

Bei erwärmtem **Betriebsabwasser** stellt die Bewertung des Wärmeeintrages einen Teilaspekt der Begutachtung der gesamten Gewässerbenutzung dar. Die Zuständigkeit für die Begutachtung richtet sich in diesen Fällen nach der Betriebsart (industrielle Tätigkeit) gemäß der Regelung in der VVWas und schließt die Betrachtung der temperaturbezogenen Aspekte mit ein. Eine prozessbedingte Gesamtwärmeleistung für den jeweiligen Standort wird in der Regel im Bescheid nicht festgelegt, sondern die maximal zulässige Abwassertemperatur und der Abwasservolumenstrom.

4 Anforderungen an Wärmeeinleitungen

Gemäß § 57 Abs. 1 Nr. 2 WHG darf die Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser nur erteilt werden, wenn die Einleitung mit den Anforderungen an die Gewässereigenschaften vereinbar ist. Die OGeWV enthält Anforderungen an den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial. Die Anforderungen für die Gewässertemperatur dienen als allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponente zur unterstützenden Beurteilung des ökologischen Zustands/Potenzials gemäß WRRL. Diese Anforderungen umfassen Werte für Temperatur und Temperaturerhöhung, differenziert nach Fischgemeinschaften für die Zeiträume Sommer (April bis November) und Winter (Dezember bis März) ([Anlage 7 Nr. 2 OGeWV](#), siehe Tab. 1). Sie stellen keine gesetzlich verbindlichen Grenzwerte oder Sanierungswerte dar, sondern sind als Orientierungswerte heranzuziehen, die den Übergang zwischen gutem und mäßigem ökologischen Zustand/Potenzial markieren. In der Regel ist es nicht möglich, den Einfluss von Wärmeeinleitungen auf die Ausprägung der biologischen Qualitätskomponenten monokausal zu quantifizieren, da auf diese eine Vielzahl von Einflussfaktoren zugleich wirken. Bei Einhaltung der temperaturbezogenen Orientierungswerte ist jedoch davon auszugehen, dass der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial sehr wahrscheinlich nicht durch den Parameter „Gewässertemperatur“ verhindert wird. Bei Orientierungswert-Verletzungen kann die Gewässertemperatur dagegen zum limitierenden Faktor für die Zielerreichung werden. Daher muss sich die Begrenzung von Wärmeeinleitungen im wasserrechtlichen Erlaubnisbescheid grundsätzlich an diesen Anforderungen ausrichten. Abweichungen von den Anforderungen sind nur dann hinnehmbar, wenn von ihrer Unschädlichkeit auszugehen ist und dies mit geeigneten gewässerökologischen Untersuchungen nachgewiesen werden kann. Nähere Informationen zur gewässerökologischen Begutachtung von Wärmeeinleitungen sind im LfU-Merkblatt 4.5/19 „Gewässerökologische Begutachtung von Wärmeeinleitungen“ zu finden.

Aus naturschutzfachlicher oder fischereilicher Sicht können sich weitere Anforderungen an Wärmeeinleitungen ergeben, die im Wasserrechtsverfahren von den dafür zuständigen Sachverständigen bzw. Trägern öffentlicher Belange eingebracht werden.

Tab. 1: Anforderungen der jeweiligen Fischgemeinschaften an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Fließgewässer im Hinblick auf Temperatur und Temperaturänderung (gem. Anlage 7 Nr. 2 Oberflächengewässerverordnung)

	Sa-ER	Sa-MR	Sa-HR	Cyp-R	EP	MP	HP
T _{max} Sommer (April bis November) [°C]	≤ 20	≤ 20	≤ 21,5	≤ 23	≤ 25	≤ 28	≤ 28
Temperaturerhöhung Sommer [ΔT in K]	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 2	≤ 3	≤ 3	≤ 3
T _{max} Winter (Dezember bis März) [°C]	< 8	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Temperaturerhöhung Winter [ΔT in K]	≤ 1	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 2	≤ 3	≤ 3	≤ 3

Abkürzungen:

- Sa-ER: salmonidengeprägte Gewässer des Epirhithrals
- Sa-MR: salmonidengeprägte Gewässer des Metarhithrals
- Sa-HR: salmonidengeprägte Gewässer des Hyporhithrals
- Cyp-R: cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals
- EP: Gewässer des Epipotamals
- MP: Gewässer des Metapotamals
- HP: Gewässer des Hypopotamals

5 Vorgehensweise zur Prüfung von Wärmeeinleitungen

Bei kleineren Wärmeeinleitungen wurden bisher im Erlaubnisbescheid im Regelfall der Volumenstrom sowie die maximal zulässige Temperatur des Kühlwassers begrenzt. Eine explizite Festsetzung der Kühlwasser-Wärmeleistung, die für die Abfuhr der Abwärme von den Kühlstellen in das Gewässer erforderlich ist, sowie Auflagen hinsichtlich der maximal zulässigen Gewässertemperatur und Gewässererwärmung wurden dagegen meist nicht aufgenommen.

Diese Vorgehensweise kann für nicht relevante Wärmeeinleitungen grundsätzlich beibehalten werden, sofern die Relevanzprüfung ergibt, dass die Wärmeeinleitung nicht relevant ist, selbst wenn die Bescheidswerte für den Kühlwasser-Volumenstrom sowie die maximal zulässige Temperatur des Kühlwassers gleichzeitig ausgeschöpft werden (siehe Abschnitt 6).

Ist dagegen die Wärmeeinleitung als relevant zu betrachten, ist eine vertiefte Prüfung durchzuführen und es sind gegebenenfalls weitergehende Anforderungen festzulegen (siehe Abschnitt 7). Im Ergebnis können weitere Nebenbestimmungen oder gar die Ablehnung des Vorhabens geboten sein.

Eine vertiefte Prüfung sollte in jedem Fall durchgeführt werden, wenn bekannt ist, dass die Temperaturverhältnisse in den betroffenen Gewässern aus gewässerökologischer Sicht bereits als nachteilig zu betrachten sind oder Summationseffekte durch weitere Wärmeeinleitungen nicht ausgeschlossen werden können. In diesen Fällen ist eine möglichst genaue Erfassung der Einleitungssituation erforderlich. Hierbei können für ausgewählte, größere Gewässer bestehende Wärmelastrechnungen bzw. -simulationen beim LfU angefragt werden.

6 Relevanzprüfung

6.1 Konzept der Relevanzprüfung

Die Relevanzprüfung soll es im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung ermöglichen, mit vereinfachtem Aufwand festzustellen, ob eine bestehende oder geplante Wärmeeinleitung als unwesentlich einzustufen ist, weil sie nach aller Wahrscheinlichkeit zu keiner Verfehlung des guten ökologischen Zustandes/Potenzials bzw. zu keiner Gefährdung der Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer nach § 27 WHG führen kann. Dafür werden Relevanzgrenzen für die aus einer Wärmeeinleitung resultierenden Gewässeraufwärmspanne und Gewässertemperatur definiert. Diese werden mit denjenigen Werten verglichen, die anhand der Antrags- und Gewässerdaten nach einem vorgegebenen Rechenweg für den konkreten Einzelfall prognostiziert werden können. Werden danach die Relevanzgrenzen überschritten, ist eine vertiefte Prüfung veranlasst (s. Abschnitt 7).

Es liegt folgendes Konzept zugrunde:

Die Wärmeeinleitung darf sommers wie winters nur eine Erwärmung im zulässigen Umfang hervorrufen. Für die Prüfung werden die Anforderungen für die Gewässererwärmung und für die Gewässer-Mischtemperatur (laut [Anlage 7 Nr. 2 OGEwV](#)) herangezogen, jedoch ergänzt durch eine Relevanzschwelle der Gewässererwärmung aus fischökologischer Sicht.

Es wird sowohl ein Winter- als auch ein Sommer-Szenario betrachtet (s. u.). Dabei werden jeweils diejenigen Rahmenbedingungen angenommen, bei denen sich eine gegebene Wärmeeinleitung am stärksten auswirken würde. Im Winter steht die mögliche Überschreitung der zulässigen Gewässeraufwärmspanne im Mittelpunkt. Eine Wärmeeinleitung wirkt sich in dieser Hinsicht umso stärker aus, je näher die Gewässertemperatur am Gefrierpunkt liegt. Im Sommer ist dagegen die mögliche Überschreitung der Anforderungen an die maximale Gewässertemperatur infolge der Wärmeeinleitung von größerer Bedeutung. Daher wird dort als kritische Situation angenommen, dass die Gewässertemperatur bereits knapp unterhalb der zulässigen Mischtemperatur liegt.

In die Prüfungen gehen im Wesentlichen folgende Größen ein:

- Die unbelastete Gewässertemperatur oberhalb der Einleitstelle (gemäß den unten genannten Annahmen für Winter- und Sommer-Szenario),
- die maximale Kühlwassertemperatur und -menge (laut Angabe im Bescheid bzw. Antrag),
- der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ), ggf. differenziert für das hydrologische Sommer- und Winterhalbjahr. Entsprechende Daten für Messstellen des Gewässerkundlichen Dienstes sind von der Internetseite des Gewässerkundlichen Dienstes Bayern (<https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/abfluss>) abrufbar.

Bei den Berechnungen wird von einer vollständigen Einmischung des Kühlwassers in das aufnehmende Gewässer ausgegangen sowie von einer gleichzeitigen Ausschöpfung der beantragten Werte für den Kühlwasser-Volumenstrom und für die Einleittemperatur.

Annahmen für das Winter-Szenario

Das unbelastete Gewässer weist für die Relevanzprüfung eine Temperatur von 1 °C auf und die Kühlwassereinleitung darf im Winter zu einer Erwärmung (Aufwärmspanne) von maximal 1 K führen. Es wird angenommen, dass bei Erwärmungen von mehr als 1 K fischökologisch negative Auswirkungen zu erwarten sind. Eine Erwärmung von bis zu 1 K berücksichtigt die maximale Aufwärmspanne der Fischgemeinschaft (Sa-ER) und damit die strengsten Vorgaben der OGEwV zur Aufwärmspanne. Ebenfalls wird mit der Relevanzgrenze von 1 K die maximale Erwärmung von 1K/h (Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2021, Temperaturempfindlichkeiten der Fischgemeinschaften in deutschen Fließgewässern – Überprüfung der Orientierungswerte für die Temperatur) berücksichtigt. Erwärmungen im

Winter-Szenario unterhalb von 1 K sind daher als nicht relevant zu bewerten. Erwärmungen über 1 K sind vertieft zu prüfen (s. Abschnitt 7).

Annahmen für das Sommer-Szenario

Es wird angenommen, dass die Temperatur des unbelasteten Gewässers 0,5 K unterhalb der jeweiligen Anforderung der OGewV für die Maximaltemperatur liegt. Je nach Fischgemeinschaft geht sie also mit 19,5 °C, 21 °C, 22,5 °C, 24,5 °C oder 27,5 °C in die Berechnung der sich nach Einleitung einstellenden Mischtemperatur ein, siehe Abschnitt 4 Tab. 1 und Abschnitt 6.2. Die Wärmeeinleitung darf dann höchstens zu einer Erwärmung von $\Delta T_G = 0,5$ K führen, so dass der Anforderungswert (20 °C, 21,5 °C, 23 °C, 25 °C bzw. 28 °C) nicht überschritten wird. Einleitungen, die diesen Wert überschreiten, sind vertieft zu prüfen und gegebenenfalls als relevant zu bewerten (s. Abschnitt 7).

Zusätzliche Temperaturerhöhung bei extremer Niedrigwassersituation

Die Anforderungen der OGewV sind im Hinblick auf die Gewässertemperatur als wesentlicher Umweltparameter grundsätzlich einzuhalten. Für die hier beschriebene Vorgehensweise zur Relevanzprüfung erfolgt dies auf der Basis des "MNQ". Bei extremen Niedrigwasserverhältnissen mit Abflüssen kleiner MNQ würden bei dem oben angenommenen Sommer-Szenario Temperaturen oberhalb der Anforderungswerte der OGewV erreicht werden. Gegenüber der Situation bei MNQ würde die Erhöhung bei MNQ/2 jedoch maximal 0,5 K, bei MNQ/3 max. 1 K betragen, und zwar bei allen nachfolgend beschriebenen Kühlsystemvarianten. Sofern also bei MNQ die Relevanzgrenzen eingehalten sind, kann davon ausgegangen werden, dass auch bei extremen Niedrigwasserverhältnissen keine Temperaturen auftreten, die negative Auswirkungen auf die Fischfauna oder die sonstige Gewässerökologie haben können und die Aufwärmspannen der OGewV eingehalten werden. Gegebenenfalls sind lokale Besonderheiten zu berücksichtigen.

6.2 Berechnungen für die Relevanzprüfung

6.2.1 Allgemeines

Gemäß den oben unter 6.1 genannten Szenarien sind für die Relevanzprüfung folgende Berechnungen erforderlich:

Winter-Szenario

- Als Relevanzgrenze wird eine maximale Gewässeraufwärmspanne von 1 K festgelegt.
- Die aus einer Wärmeeinleitung resultierende Aufwärmspanne ΔT_G wird wie folgt ermittelt:

$$\Delta T_G = T_M - T_G$$

T_M = Temperatur des Gewässers bei vollständiger Vermischung mit dem Kühlwasser [°C]; die Berechnung von T_M richtet sich nach der Art des Kühlsystems und der Art der Kühlwasserentnahme (s. 6.2.2 bis 6.2.4).

T_G = Temperatur des unbelasteten Gewässers oberhalb der Einleitstelle [°C]; für die Relevanzprüfung angenommen mit 1 °C.

Sommer-Szenario

Als Relevanzgrenze wird T_{\max} Sommer für die relevante Fischgemeinschaft gem. Tabelle 1 festgelegt bei einer angenommenen Temperatur des unbelasteten Gewässers von 0,5 K unterhalb der für die Fischgemeinschaft relevanten Sommertemperatur nach OGewV. Die Temperatur des Gewässers bei vollständiger Vermischung mit dem Kühlwasser (T_M) darf diese Relevanzgrenze nicht überschreiten. Die Berechnung von T_M richtet sich nach der Art des Kühlsystems und der Art der Kühlwasserentnahme (s. 6.2.2 bis 6.2.4)

Verwendete Rechengrößen

MNQ: Mittlerer Niedrigwasserabfluss [m^3/s]

Q_{KW} : Entnommener Kühlwasservolumenstrom [m^3/s]

Q_{G} : Abfluss im Gewässer oberhalb der Einleitstelle [m^3/s]

Q_{V} : Verdunstungsverlust [m^3/s]

T_{KW} : Kühlwassertemperatur [$^{\circ}\text{C}$]

T_{G} : Temperatur des unbelasteten Gewässers oberhalb der Einleitstelle [$^{\circ}\text{C}$]

T_{M} : Temperatur des Gewässers bei vollständiger Vermischung mit dem Kühlwasser [$^{\circ}\text{C}$]

ΔT_{G} : Temperaturerhöhung des Gewässers bei vollständiger Vermischung mit dem Kühlwasser [K]

Daten für den Gewässerabfluss (MNQ) liegen meist für eine Messstelle oberhalb der Kühlwassereinleitung und auch oberhalb einer ggf. vorhandenen Kühlwasserentnahmestelle vor. Für die Relevanzprüfung ist jedoch zu berücksichtigen, welcher Anteil an dem jeweiligen MNQ im Einzelfall tatsächlich für die Vermischung an der Einleitstelle zur Verfügung steht, insbesondere im Hinblick auf die Kühlwasserentnahme und mögliche Brauchwasserentnahmen.

Der jeweilige Rechengang zur Ermittlung der Mischtemperatur im Gewässer T_{M} und der Temperaturerhöhung im Gewässer ΔT_{G} bei den drei wesentlichen Varianten von Kühlsystemen wird nachfolgend beschrieben.

Die Berechnungen werden beispielhaft an Kühlwassereinleitungen durchgeführt, diese sind aber auf Wärmeeinleitungen durch Abwasser übertragbar.

6.2.2 Frischwasserkühlung mit Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer (Durchlaufkühlung)

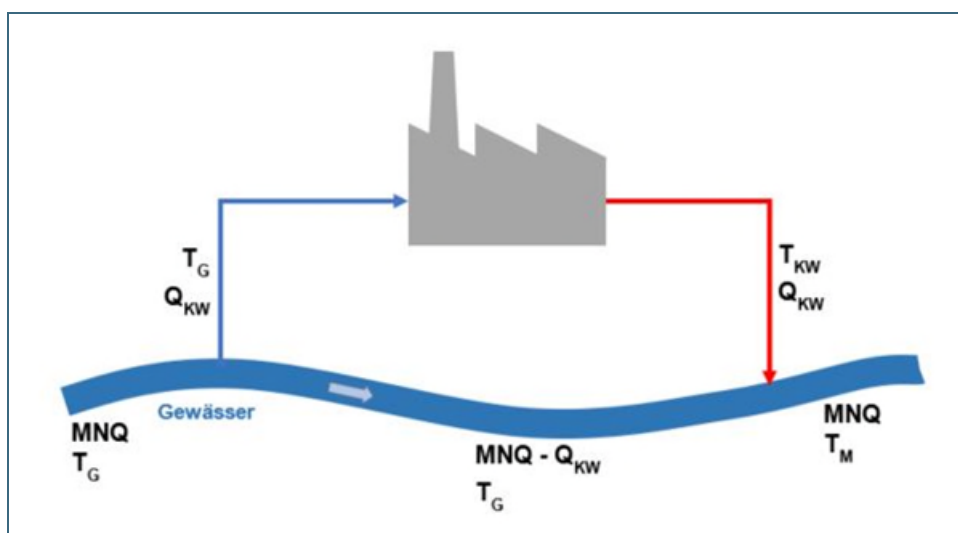


Abb. 1:
Wesentliche Größen für die Relevanzprüfung bei einer Frischwasserkühlung mit Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer

Bei einer Frischwasserkühlung im Durchlauf (Abb. 1) treten gegenüber der Wasserentnahme keine nennenswerten Verdunstungsverluste auf. Für die Berechnung der Mischtemperatur gilt daher:

$$T_{\text{M}} = \frac{(\text{MNQ} - Q_{\text{KW}}) * T_{\text{G}} + Q_{\text{KW}} * T_{\text{KW}}}{\text{MNQ}} \quad \Delta T_{\text{G}} = T_{\text{M}} - T_{\text{G}}$$

Beispielrechnung

Kühlwassereinleitung mit max. 30 °C und 0,12 m³/s aus einem Biomasseheizkraftwerk in ein Gewässer der Fischgemeinschaft Sa-HR mit einem MNQ von 3 m³/s.

Winter-Szenario (Gewässertemperatur 1 °C; Relevanzgrenze für Erwärmung 1 K):

$$T_M = \frac{(MNQ - Q_{KW}) * T_G + Q_{KW} * T_{KW}}{MNQ}$$

$$T_M = \frac{\left(3 \frac{m^3}{s} - 0,12 \frac{m^3}{s}\right) * 1^\circ C + 0,12 \frac{m^3}{s} * 30^\circ C}{3 \frac{m^3}{s}} = 2,16^\circ C$$

$$\Delta T_G = T_M - T_G = 2,16^\circ C - 1^\circ C = 1,16 K$$

Die Temperaturerhöhung übersteigt die Schwelle der Relevanz von 1 K, aber unterschreitet die zulässige Temperaturerhöhung von 1,5 K gemäß Anlage 7 OGeWV. Die Kühlwassereinleitung ist im Winter relevant. Es ist eine vertiefte Prüfung durchzuführen.

Sommerszenario (Gewässertemperatur 21 °C; max. zulässige Gewässertemperatur 21,5 °C):

$$T_M = \frac{(MNQ - Q_{KW}) * T_G + Q_{KW} * T_{KW}}{MNQ}$$

$$T_M = \frac{\left(3 \frac{m^3}{s} - 0,12 \frac{m^3}{s}\right) * 21^\circ C + 0,12 \frac{m^3}{s} * 30^\circ C}{3 \frac{m^3}{s}} = 21,36^\circ C$$

Die zulässige Gewässertemperatur gemäß Anlage 7 OGeWV beträgt 21,5 °C. Die Kühlwassereinleitung ist im Sommer nicht relevant.

6.2.3 Offene Kreislaufkühlung oder Ablaufkühlung mit Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer

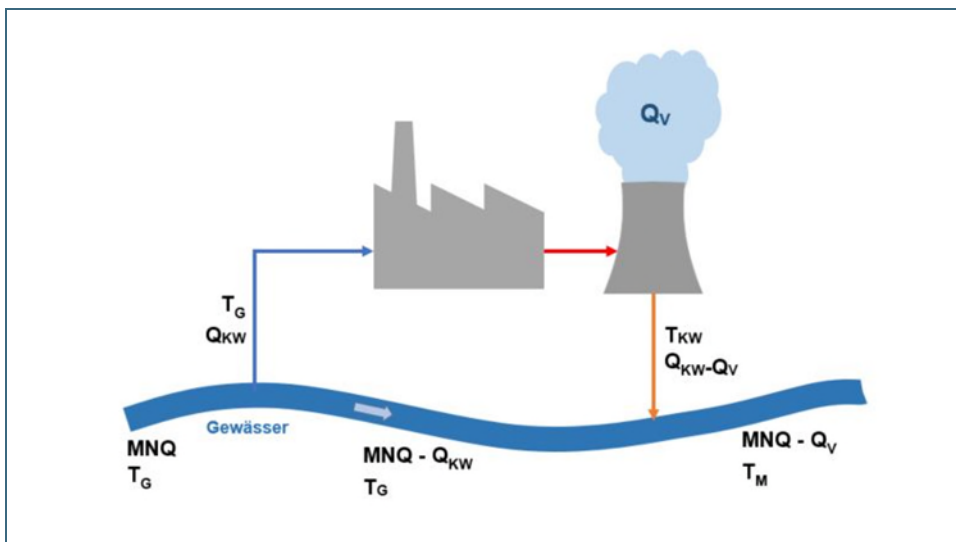


Abb. 2: Wesentliche Größen für die Relevanzprüfung bei einer Kreislaufkühlung oder Ablaufkühlung mit Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer

Bei einer offenen Kreislaufkühlung treten gegenüber der Wasserentnahme deutliche Verdunstungsverluste auf. Bei der Ablaufkühlung treten ebenfalls Kühlwasserverluste auf, wenn auch im geringeren Umfang wie bei der Kreislaufkühlung. Für die Berechnung gilt daher:

$$T_M = \frac{(MNQ - Q_{KW}) * T_G + (Q_{KW} - Q_V) * T_{KW}}{MNQ - Q_V} \quad \Delta T_G = T_M - T_G$$

Die Verdunstungsverluste (Q_V) der Kreislaufkühlung sind von der Eindickungszahl EZ (s. Anhang, Abschnitt 2.3) abhängig.

Beispielrechnung

Geplante Kühlwassereinleitung mit max. 33 °C aus einem offenen Industriekühlkreislauf, der mit einer maximalen Wasserentnahme von 0,24 m³/s und einer Eindickungszahl von 3 betrieben werden soll, in ein Gewässer der Fischgemeinschaft EP mit einem MNQ von 5 m³/s.

Winter-Szenario (Gewässertemperatur 1 °C; Relevanzgrenze für Erwärmung 1 K):

Mit der Eindickungszahl 3 ergibt sich ein Verdunstungsverlust (Q_V) von $0,24 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - (0,24 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}/3) = 0,16 \text{ m}^3/\text{s}$

$$T_M = \frac{(\text{MNQ} - Q_{KW}) * T_G + (Q_{KW} - Q_V) * T_{KW}}{\text{MNQ} - Q_V}$$

$$T_M = \frac{\left(5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0,24 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) * 1^\circ\text{C} + \left(0,24 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0,16 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) * 33^\circ\text{C}}{5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0,16 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_G = T_M - T_G = 1,5^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C} = 0,5 \text{ K}$$

Die Temperaturerhöhung unterschreitet die Schwelle der Relevanz von 1 K. Die Kühlwassereinleitung ist im Winter nicht relevant.

Sommerszenario (Gewässertemperatur 24,5 °C; max. zulässige Gewässertemperatur 25 °C):

$$T_M = \frac{(\text{MNQ} - (Q_{KW} + Q_V)) * T_G + Q_{KW} * T_{KW}}{\text{MNQ} - Q_V}$$

$$T_M = \frac{\left(5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0,24 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) * 24,5^\circ\text{C} + \left(0,24 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0,16 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) * 33^\circ\text{C}}{5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0,16 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 24,64 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Die zulässige Gewässertemperatur gemäß Anlage 7 OGewV wird nicht überschritten. Damit ist die Wärr-einleitung im Sommer nicht relevant.

6.2.4 Kühlsystem mit Entnahme des Kühlwassers aus einem anderen Gewässer

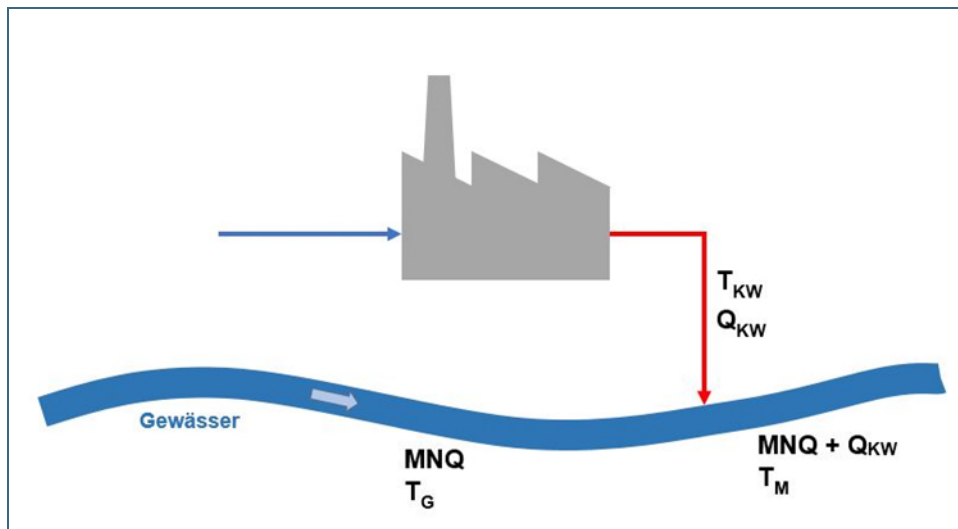


Abb. 3: Wesentliche Größen für die Relevanzprüfung bei einer Kreislaufkühlung mit Kühlwasserentnahme aus einem anderen Gewässer

Wird in ein Gewässer Kühlwasser eingeleitet und nicht entnommen (Abb. 3) gilt für die Berechnung:

$$T_M = \frac{MNQ \cdot T_G + Q_{KW} \cdot T_{KW}}{MNQ + Q_{KW}} \quad \Delta T_G = T_M - T_G$$

Beispielrechnung

Geplante Kühlwassereinleitung mit max. 27 °C und 0,20 m³/s aus einem Industriekühlsystem, das mit Grundwasser als Zusatzwasser versorgt wird, in ein Gewässer der Fischgemeinschaft Sa-HR mit einem MNQ von 7 m³/s.

Winter-Szenario (Gewässertemperatur 1 °C; Relevanzgrenze für Erwärmung 1 K):

$$T_M = \frac{MNQ \cdot T_G + Q_{KW} \cdot T_{KW}}{MNQ + Q_{KW}}$$

$$T_M = \frac{7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1^\circ\text{C} + 0,2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 27^\circ\text{C}}{7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 0,2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 1,72 \text{ K}$$

$$\Delta T_G = T_M - T_G = 1,72^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C} = 0,72 \text{ K}$$

Die Gewässererwärmung unterschreitet die winterliche Relevanzgrenze von 1 K. Die Kühlwassereinleitung ist im Winter nicht relevant.

Sommerszenario (Gewässertemperatur 21 °C; max. zulässige Gewässertemperatur 21,5 °C):

$$T_M = \frac{MNQ \cdot T_G + Q_{KW} \cdot T_{KW}}{MNQ + Q_{KW}}$$

$$T_M = \frac{7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 21^\circ\text{C} + 0,2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 27^\circ\text{C}}{7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 0,2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 21,16^\circ\text{C}$$

Die zulässige Gewässertemperatur gemäß Anlage 7 OGewV beträgt im Sommer 21,5°C. Die Wärmeeinleitung ist im Sommer nicht relevant.

7 Vertiefte Prüfung bei relevanten Einleitungen

Wird eine Einleitung als relevant eingestuft, so sind die Einleitungsverhältnisse möglichst genau zu erfassen und zu bewerten. Dies kann schon von vorneherein bei kritischen Einleite- und Gewässerverhältnissen, mehreren benachbarten Wärmeeinleitungen (Summationseffekte) u. ä. erforderlich sein; eine Relevanzprüfung gem. Abschnitt 6 ist dann überflüssig.

Für eine vertiefte Prüfung sind die Werte für die Kühlwassereinleitung zu ermitteln, die aufgrund der prozessbedingten Rahmenbedingungen tatsächlich zu erwarten sind. Außerdem sind die Auswirkungen auf das Gewässer bei realistischen Abfluss-Szenarien möglichst genau zu prognostizieren. Bei bestehenden Einleitungen können die vorliegenden Überwachungsdaten ausgewertet werden.

Die unter Abschnitt 5 dargestellte Vorgehensweise zur Relevanzprüfung geht vereinfachend davon aus, dass für den Kühlwasser-Volumenstrom und die Einleittemperatur sowohl für das Sommer- als auch das Winterszenario die gleichen Maximalwerte anzusetzen sind und diese auch voll ausgeschöpft werden. Die tatsächlichen, in der vertieften Prüfung zu verwendenden, Werte können aber z. B. im Winter deutlich niedriger liegen. Wird Oberflächenwasser als Kühlwasser eingesetzt, liegt die Kühlwasservorlauftemperatur im Winter deutlich unter der des Sommers. Wenn der Kühlwasservolumenstrom durch die Pumpenleistung fest vorgegeben ist, resultiert für die Abfuhr der gleichen Wärmeleistung bei gleicher Aufwärmspanne des Kühlwassers im Winter eine entsprechend geringere Einleittemperatur. Bei regelbaren Pumpen kann im Winter der Kühlwasservolumenstrom zurückgenommen werden, wobei dann eine höhere Aufwärmspanne des Kühlwassers resultiert. Zudem ist auch die Wirkung von ggf. vorhandenen Rückkühlanlagen von den jeweiligen Umgebungsbedingungen abhängig. Im Vergleich zum Ergebnis der Relevanzprüfung können daher bei einer genaueren Betrachtung andere Werte für die Gewässererwärmung und die Mischtemperatur resultieren, da letztendlich nur die abzuführende Wärmeleistung entscheidend ist. Ebenso ist zu prüfen, ob die Einleitung die Anforderungen der OGeWV an die Aufwärmspanne einhält.

Wird eine Einleitung auch nach der vertieften Prüfung noch als relevant bewertet, sind im Bescheid zusätzlich zum Volumenstrom und zur Einleittemperatur weitere Anforderungen festzusetzen, um die Benutzung auf ein unschädliches Maß zu begrenzen. Dies betrifft insbesondere die maximal zulässigen Werte für die Gewässeraufwärmspanne und die Gewässertemperatur. Ggf. ist auch die zulässige Kühlwasseraufwärmspanne und die Wärmemenge zu begrenzen.

Überschreitet die Einleitung bei der vertieften Prüfung die Temperaturvorgaben der OGeWV, sind vom Antragssteller zunächst technische Maßnahmen zur Reduktion der Wärmemenge zu prüfen und wenn sinnvoll umzusetzen. Diese Prüfung ist mit den Antragsunterlagen vorzulegen. Ausnahmen von den Anforderungen der OGeWV können nur auf der Grundlage eines geeigneten gewässerökologischen Gutachtens gewährt werden (s. Merkblatt 4.5/19). Auf das Verschlechterungsverbot und Verbesserungsgebot gemäß § 27 WHG wird hingewiesen.

Zusätzlich sind die erforderlichen Festlegungen für die Eigenüberwachung und die amtliche Überwachung zu treffen.

Eine genauere Anleitung zur Durchführung der vertieften Prüfung ist nicht möglich, da sie von den Umständen des Einzelfalls abhängt. Die Erläuterungen sowie die ergänzenden Informationen im Anhang sollen jedoch eine Hilfestellung geben. Falls erforderlich, kann das LfU darüber hinaus zur Klärung konkreter Fragestellungen beigezogen werden.

Beispiel

Für ein geplantes Biomasseheizkraftwerk wird die Einleitung von Durchlaufkühlwasser beantragt, das aus demselben Gewässer entnommen werden soll. Die Kühlwassertemperatur soll max. 30 °C betragen, der Kühlwasservolumenstrom 0,12 m³/s. MNQ beträgt 2,3 m³/s. Für das Gewässer gelten die Anforderungen der OGewV für die Fischgemeinschaft Sa-HR (Gewässererwärmung 1,5 K; Sommertemperatur < 21,5 °C, Wintertemperatur < 10 °C).

Die **Relevanzprüfung** ergibt folgendes:

Winter-Szenario (Gewässertemperatur 1 °C; max. zulässige Temperaturerhöhung 1,5 K, Relevanzgrenze 1 K):

$$T_M = \frac{(MNQ - Q_{KW}) * T_G + Q_{KW} * T_{KW}}{MNQ}$$

$$T_M = \frac{\left(2,3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0,12 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) * 1^\circ\text{C} + 0,12 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 30^\circ\text{C}}{2,3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 2,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_G = T_M - T_G = 2,5^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C} = 1,5 \text{ K}$$

Sommer-Szenario (Gewässertemperatur 21 °C; max. zulässige Gewässertemperatur 21,5 °C):

$$T_M = \frac{(MNQ - Q_{KW}) * T_G + Q_{KW} * T_{KW}}{MNQ}$$

$$T_M = \frac{\left(2,3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0,12 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) * 21^\circ\text{C} + 0,12 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 30^\circ\text{C}}{2,3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 21,46^\circ\text{C}$$

Gemäß Relevanzprüfung ist die Wärmeeinleitung im Winter als relevant einzustufen (Gewässererwärmung > 1 K) und vertieft zu prüfen. Die vertiefte Überprüfung des Sachverhaltes zeigt, dass für die Abfuhr der Prozessabwärme laut Anlagenauslegung eine Kühlwasser-Wärmeleistung von 5 MJ/s erforderlich ist. Die Kühlwassererwärmung, die einer Wärmeleistung von 5 MJ/s bei 0,12 m³/s entspricht, errechnet sich wie folgt: (siehe Anhang, Abschnitt 1.3):

$$\Delta T = \frac{5 \frac{\text{MJ}}{\text{s}}}{0,12 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 4,19 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3 * \text{K}}} = 10 \text{ K}$$

Bei einer Kühlwasservorlauftemperatur von 1 °C (Winter-Szenario) resultiert daher eine Einleittemperatur von 11 °C. Diese liegt deutlich unter der für die Relevanzprüfung angenommenen Temperatur von 30 °C. Die Mischungsrechnungen mit diesem Wert auf Basis MNQ lauten:

$$T_M = \frac{(MNQ - Q_{KW}) * T_G + Q_{KW} * T_{KW}}{MNQ}$$

$$T_M = \frac{\left(2,3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0,12 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) * 1^\circ\text{C} + 0,12 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 11^\circ\text{C}}{2,3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 1,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_G = T_M - T_G = 1,5^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C} = 0,5 \text{ K}$$

Ergebnis: Bezogen auf MNQ zeigt die vertiefte Prüfung die Einhaltung der Anforderungen der OGewV an die Gewässererwärmung (1,5 K) und -temperatur (21,5 °C) sowohl im Winter- als auch im Sommer-Szenario. Die Relevanzgrenze von 1 K wird im Winter beim tatsächlichen Betrieb unterschritten. Es sollte zusätzlich mindestens die maximale Wärmemenge von 5 MJ/s im Bescheid festgelegt werden.

8 Daten für die Prüfung

Für die Prüfung einer Wärmeeinleitung im Hinblick auf die Anforderungen der OGewV sollten mindestens die folgenden Daten zur Verfügung stehen:

Daten für das von der Einleitung betroffene Gewässer

- Ermittlung der Anforderungen gem. OGewV:
 - Betroffene(r) Flusswasserkörper gem. Gewässerverzeichnis
 - Zugehörige Fischgemeinschaft im Bereich der Einleitung (gem. der [Zuordnung der Fischgewässertypen](#) der LfL)
 - Zugehörige Anforderungen an Temperatur und Temperaturerhöhung ([Anlage 7 Nr. 2 OGewV](#))
- MNQ, ggf. differenziert nach hydrologischem Sommer- und Winterhalbjahr. Entsprechende Daten für Messstellen sind von der Internetseite des Gewässerkundlichen Dienstes Bayern (<https://www.gkd.bayern.de/de/fluesse/abfluss>) abrufbar
- Minimale und maximale Temperatur des unbelasteten Gewässers an der Einleitstelle
- Falls keine geeigneten Abfluss- bzw. Temperaturdaten für das betroffene Gewässer vorhanden sind, sollte geprüft werden ob den Wasserwirtschaftsämtern weitere Daten vorliegen oder eine Übertragung von vergleichbaren Gewässern möglich ist
- Weitere nahegelegene Wärmeeinleitungen in das betroffene Gewässer

Daten für das Kühlwasser gemäß Bemessung bzw. Betriebsdaten

- Bemessungs-Wärmeleistung des Kühlwassers ggf. unter Berücksichtigung von Rückkühlprozessen
- Maximale Kühlwasseraufwärmspanne für Sommer/Winter
- Maximale Kühlwassertemperatur an der Einleitstelle für Sommer/Winter
- Volumenstrom der Kühlwasserentnahme für Sommer/Winter
- Volumenstrom der Kühlwassereinleitung für Sommer/Winter
- Verdunstungsverluste bzw. Eindickungszahl bei offener Kreislaufkühlung und Ablaufkühlung

Anhang: Hinweise zur fachlichen Prüfung von Wärmeeinleitungen

1 Parameter zur Begrenzung von Wärmeeinleitungen

Wärmeeinleitungen sind stets über emissionsbezogene Parameter zu begrenzen. Abhängig von der Relevanz können noch weitere immissionsseitige oder prozessbezogene Begrenzungen festgelegt werden.

1.1 Emissionsbezogene Parameter

Für die **Einleittemperatur** und den **Abwasservolumenstrom** sind im Bescheid stets Grenzwerte festzusetzen, die nicht überschritten werden dürfen. Die Überwachungsstellen sind eindeutig zu definieren, ebenso die Modalitäten für die Eigenüberwachung (in der Regel kontinuierliche, registrierende Messung).

Die **Einleittemperatur** bezieht sich auf die maximal zulässige Temperatur [°C] des einzuleitenden Kühlwassers.

Der **Abwasservolumenstrom** bezieht sich auf das maximal zulässige Abwasservolumen pro Zeiteinheit [m³/h, l/s o. ä.] des einzuleitenden Kühlwassers.

1.2 Immissionsbezogene Parameter

Anforderungen zur Begrenzung der Auswirkungen auf die Gewässermischtemperatur und die **Gewässererwärmung** sind im Bescheid festzusetzen, sofern die Einleitung als relevant bewertet wurde oder eine kritische Einleitsituation vorliegt.

Die **Gewässermischtemperatur** ist die Temperatur des Gewässers [°C], die sich unterhalb der Einleitstelle infolge der Kühlwassereinleitung maximal rechnerisch einstellen darf (T_{\max} im Sinne der Anlage 7 OGeWV). Die Überwachung kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen:

- Durch Messung im Gewässer an einer definierten Messstelle. Diese Möglichkeit ist insbesondere dann sinnvoll, wenn von einer raschen und vollständigen Durchmischung ausgegangen werden kann und die Messung im Wesentlichen den Effekt der Kühlwassereinleitung ohne sonstige Störeffekte erfasst.
- Durch rechnerische Ermittlung. Dafür wird eine vollständige Einmischung des Kühlwassers in das Gewässer angenommen und die resultierende fiktive Mischtemperatur aus den Messwerten für die unbelastete Gewässertemperatur und den Abfluss des Gewässers sowie für die Einleittemperatur und den Volumenstrom des Kühlwassers errechnet. Voraussetzung ist allerdings, dass geeignete Messstellen am Gewässer bestehen bzw. eingerichtet werden können. Auch mit dieser Methode kann dann die Wärmeeinleitung effektiv begrenzt und überwacht werden. Da sie vom Betreiber auch im Sinne eines Prognose-Instrumentes eingesetzt werden kann, ist sie insbesondere dann sinnvoll, wenn zur Verhinderung von Temperaturüberschreitungen regelmäßig Maßnahmen ergriffen werden müssen, z. B. durch Steuerung der wärmeerzeugenden Prozesse bzw. durch Zuschalten von Rückkühleinrichtungen. Die rechnerische Ermittlung kann in regelmäßigen Abständen über ein Rechenprogramm aus den Messwerten für die unbelastete Gewässertemperatur, Kühlwassereinleittemperatur, den Kühlwasservolumenstrom und den Abfluss im Gewässer ermittelt werden. Die konkrete Vorgehensweise ist einzelfallabhängig im Bescheid festzulegen, insbesondere die Häufigkeit der Ermittlung und die Referenz-Messstellen für das unbelastete Gewässer (Temperatur, Abfluss). Wird das Kühlwasser dem Gewässer entnommen, in das es nach Erwärmung wieder eingeleitet wird, kann die vom Betreiber gemessene Kühlwasserentnahmetemperatur im Regelfall mit der Temperatur des unbelasteten Gewässers gleichgesetzt werden.

Denkbar ist bei besonders sensiblen Gewässerbereichen auch eine Kombination aus rechnerischer Ermittlung für die Überwachung der Einhaltung des Bescheids sowie einer zusätzlichen Gewässerüberwachung durch den Betreiber an geeigneten Messstellen.

Die **Gewässererwärmung** (Temperaturerhöhung im Sinne der Anlage 7 OGeV; auch als Gewässeraufwärmspanne bezeichnet) bezieht sich auf die maximal zulässige Temperaturdifferenz [K] zwischen der Gewässermischtemperatur [°C] und der Temperatur des unbelasteten Gewässers [°C] oberhalb der Einleitstelle. Wird das Kühlwasser dem anliegenden Gewässer entnommen, kann die Entnahmetemperatur i. d. R. mit der Temperatur des unbelasteten Gewässers gleichgesetzt werden. Die Anforderung an die Gewässererwärmung entspricht dem "Temperatursprung", der sich im Gewässer infolge der Einleitung nach vollständiger Einmischung gegenüber der unbelasteten Situation oberhalb maximal ergeben darf.

1.3 Prozessbezogene Parameter

Die **Kühlwassererwärmung** (Kühlwasseraufwärmspanne) bezieht sich auf die maximal zulässige Temperaturerhöhung [K] des Kühlwassers als Differenz aus Kühlwasser-Einleittemperatur und -Entnahmetemperatur. Die Festsetzung eines Wertes im Bescheid dient im Wesentlichen der Festlegung und Begrenzung der Prozesse, deren Abwärme über das Kühlwasser abgeführt wird, und ggf. der Leistung von Rückkühlsystemen. Wenn das Kühlwasser dem Gewässer entnommen und nach Gebrauch dort wieder eingeleitet wird, entspricht die festgesetzte Kühlwassererwärmung zudem der maximalen Temperaturdifferenz zwischen Gewässer und Kühlwasser an der Einleitstelle.

Die **Wärmeleistung** bezieht sich auf die Abwärme, die dem Kühlwasser pro Zeiteinheit zugeführt und in das Gewässer eingeleitet wird [kJ/s = W]. Auch hier dient die Festsetzung eines Wertes im Bescheid im Wesentlichen der Festlegung und Begrenzung der Prozesse, deren Abwärme über das Kühlwasser abgeführt wird, und ggf. der Leistung von Rückkühlsystemen. Die Wärmeleistung hängt mit der Kühlwassererwärmung und dem Kühlwasservolumenstrom wie folgt zusammen:

$$F = \Delta T * \dot{m} * c$$

F: Wärmeleistung [kJ/s]

ΔT : Erwärmung des Kühlwassers [K]

\dot{m} : Massenstrom des Kühlwassers [kg/s]

c: $4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ Wärmekapazität des Wassers

Beispiel

Bei einem Biomasseheizkraftwerk beträgt die nicht nutzbare Abwärme gemäß Anlagenauslegung 10 MJ/s (= 10.000 kJ/s). Das Kühlsystem ist auf eine Kühlwassererwärmung von 10 K ausgelegt. Für die Abfuhr dieser Abwärme sind pro Sekunde 240 kg Kühlwasser nötig, d. h. es ist ein Kühlwasservolumenstrom von 0,24 m³/s erforderlich.

2 Kühlsysteme

2.1 Allgemeines

Die erforderliche Wärmeleistung von Kühlwasser wird zunächst vorgegeben durch die Abwärme erzeugenden Prozesse. So versorgt z. B. das Hauptkühlsystem eines thermischen Kraftwerks den Kondensator (Wärmetauscher zur Dampfkondensation) mit dem Ziel, eine möglichst niedrige Prozess-Endtemperatur zur Optimierung des elektrischen Wirkungsgrades sicherzustellen (s. Abb. 4).

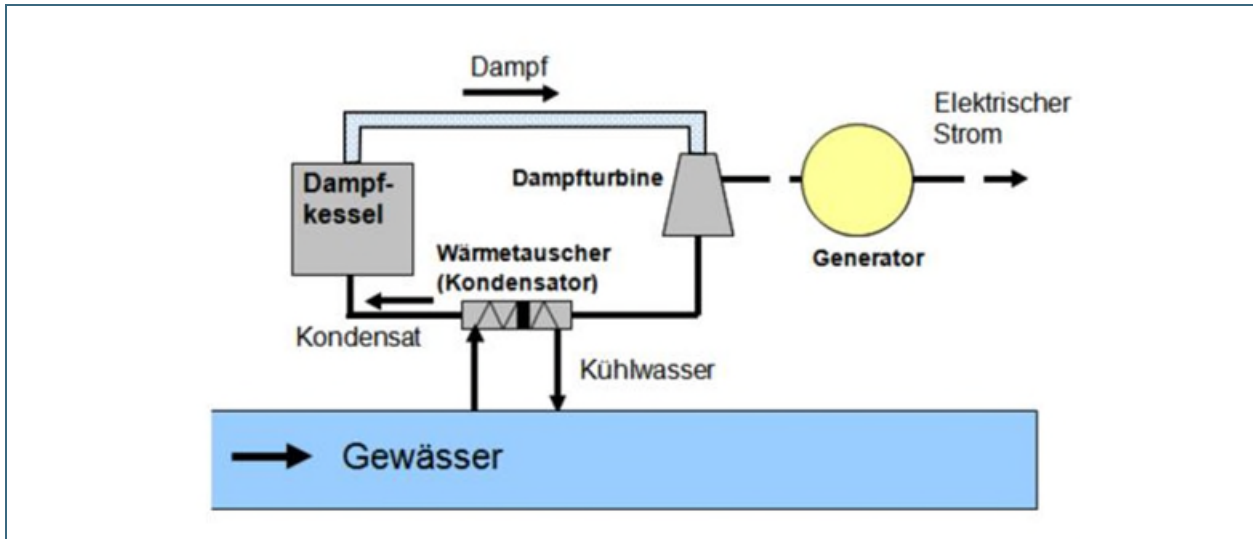


Abb. 4: Anordnung der Anlagen in einem Wärmekraftwerk mit Durchlaufkühlung

Im Kondensator wird das Kühlwasser erwärmt. Die resultierende Erwärmung und die Abkühlung des Dampfes sind proportional zum Kühlwassermassenstrom im Kondensator, der wiederum von der Kondensator-Dimensionierung und der Pumpenleistung abhängt. Bei wirtschaftlicher Gesamtbetrachtung durch den Planer resultiert in der Regel eine Anlagenauslegung, die zu einer Kühlwassererwärmung von ca. 10 bis 15 K führt. Die Wärmeleistung des Kühlwassers im Ablauf der Kühlstellen bleibt bei Durchlaufkühlsystemen bis zur Einleitstelle erhalten. Bei anderen Kühlsystemen kann sie durch Rückkühleinrichtungen verringert werden. Durch Nutzung der Kühlwasserwärme im Betrieb oder extern kann die ursprüngliche Kühlwasser-Wärmeleistung ebenfalls minimiert werden.

2.2 Kühlverfahren

In Abhängigkeit von der Herkunft des Kühlwassers und vom weiteren Umgang mit dem erwärmten Kühlwasser werden folgende grundsätzliche Kühlverfahren unterschieden (siehe Abb. 5):

1. Frischwasserkühlung:

Das Kühlwasser wird nach einmaliger Nutzung abgeleitet (keine Kreislaufführung).

- **Frischwasserkühlung im Durchlauf (Durchlaufkühlung):**
Das erwärmte Kühlwasser wird ohne gezielte Abkühlung abgeleitet.
- **Frischwasserkühlung im Ablauf (Ablaufkühlung):**
Das erwärmte Kühlwasser wird nach Abkühlung in einem Kühlturm abgeleitet.

2. Kreislaufkühlung (Umlaufkühlung):

Das Kühlwasser wird nach Erwärmung gezielt abgekühlt und anschließend wieder zur Kühlung eingesetzt.

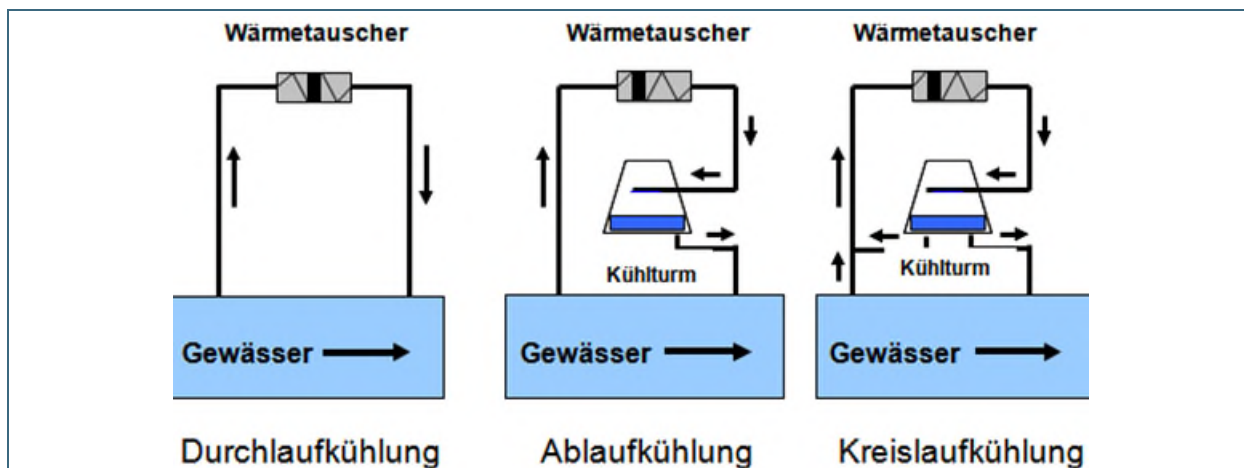


Abb. 5: Kühlverfahren

2.3 Varianten der Kreislaufkühlung

- Bei der **Offenen Kreislaufkühlung** wird das Kühlwasser nach Erwärmung einem Kühlturm zugeleitet, dort im offenen System nach dem Prinzip der Verdunstungskühlung mit Umgebungsluft abgekühlt (Nasskühlturm) und anschließend wieder eingesetzt. Nasskühltürme werden bei kleineren Kühlsystemen in der Regel in Form von Zellenkühlern eingesetzt. Zum Ausgleich von Verlusten (Verdunstung, Abflut) wird Zusatzwasser eingespeist. Meist entspricht das Zusatzwasser dem aus dem Gewässer entnommenen Kühlwasser. Als Maß für die Aufkonzentrierung der Inhaltsstoffe („Aufsalmung“) infolge der Verdunstungsverluste wird die Eindickungszahl EZ verwendet. Sie gibt vereinfacht das Verhältnis von Zusatzwasser zu Abschlammung wieder. Im Merkblatt entspricht das Zusatzwasser dem aus dem Gewässer entnommenen Kühlwasserstrom und die Abschlammung dem eingeleiteten Kühlwasser. Demnach gilt folgende Formel:

$$EZ = \frac{Q_{KW}}{Q_{KW} - Q_V}$$

Q_{KW} : aus dem Gewässer entnommener Kühlwasservolumenstrom [m^3/s]

Q_V : Verdunstungsverlust [m^3/s]

- Beim **Hybridkühlturm** kann der Nasskühlung eine Trockenkühlung vorgeschaltet werden (Vermeidung sichtbarer Schwadenbildung).
- Bei der **Geschlossenen Kreislaufkühlung** wird das Kühlwasser nach Erwärmung über eine geschlossene Kühlstelle geführt und anschließend wieder eingesetzt. Die Kühlung kann mit Luft (Trockenkühlturm, Luftkühler) oder an einem Wärmetauscher mit Kühlwasser eines weiteren (offenen) Kühlsystems erfolgen. Letzteres ist z. B. der Fall bei Zwischenkühlkreisläufen von Chemiebetrieben.

2.4 Wasserbedarf und Abwärmeeinleitung

Der Wasserbedarf für eine **Durchlaufkühlung** ist groß. So muss bei einer Kühlwassererwärmung von 10 K mit einem Kühlwasserbedarf von etwa 24 l/s je 1 MW Kühlwasserwärmeleistung gerechnet werden. Bei einem Kraftwerk mit einem Wirkungsgrad von 40 % werden entsprechend 60 % an Abwärme über das Kühlwasser an das Gewässer abgegeben

Die Abwärmebelastung für das Gewässer lässt sich verringern, wenn eine **Ablaufkühlung** betrieben wird. Ein Teil der aufgenommenen Wärme wird dann über einen Kühlturm an die Atmosphäre abgegeben.

Mit einer **Kreislaufkühlung** können der Wasserbedarf und die Abwärmeeinleitung in das Gewässer noch weiter reduziert werden, wobei der überwiegende Teil der Wärme an die Atmosphäre abgegeben und das Kühlwasser mehrfach genutzt wird. Für die an das Gewässer und an die Atmosphäre abgegebenen Wärmemengen gelten die folgenden Anhaltswerte (Tab. 2):

Tab. 2: Wärmeabgaben unterschiedlicher Kühlsysteme an Gewässer und die Atmosphäre

Kühlsystem	Wärmeabgabe in das Gewässer	Wärmeabgabe in die Atmosphäre
Durchlaufkühlung	100 %	0 %
Ablaufkühlung	30 - 90 %	70 - 10 %
Kreislaufkühlung	10 %	90 %

3 Links und weiterführende Hinweise

- [Gewässerkundlicher Dienst Bayern \(https://www.gkd.bayern.de/\)](https://www.gkd.bayern.de/) - Daten zu Gewässertemperaturen und Abflüssen
- [EU-Wasserrahmenrichtlinie - Zuordnung der Fischgewässertypen zu bayerischen Gewässern gemäß Oberflächengewässerverordnung \(OGewV\) \(Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Fischerei\) \(https://www.lfl.bayern.de/ifi/flussfischerei/050504/index.php\)](https://www.lfl.bayern.de/ifi/flussfischerei/050504/index.php)
- [Homepage des LfU zur thermischen Nutzung von Gewässern \(https://www.lfu.bayern.de/wasser/thermische_nutzung_gewaesser/index.htm\)](https://www.lfu.bayern.de/wasser/thermische_nutzung_gewaesser/index.htm)
- [LfU Merkblattsammlung Teil 4.5 "Industrieabwasserbehandlung und thermische Nutzungen" \(https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil4_oberirdische_gewaesser/index.htm#nr_45\)](https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil4_oberirdische_gewaesser/index.htm#nr_45)

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0

Telefax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung:

Ref. 68 / Franziska Jäckle / Hubert Bramberger

Bildnachweis:

LfU

Stand:

Januar 2023

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.