

Merkblatt Nr. 4.5/18

Stand: 06.08.2013

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	Berechnung des erforderlichen Mischungsverhältnisses	6
6.2.1	Allgemeines	6
6.2.2	Frischwasserkühlung mit Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer (Durchlaufkühlung oder Ablaufkühlung)	7
6.2.3	Offene Kreislaufkühlung mit Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer	8
6.2.4	Kühlsystem mit Entnahme des Kühlwassers aus einem anderen Gewässer	9
7	Vertiefte Prüfung bei relevanten Einleitungen	10
8	Daten für die vertiefte Prüfung	12
Anhang: Hinweise zur fachlichen Prüfung von Wärmeeinleitungen		13
1	Parameter zur Begrenzung von Wärmeeinleitungen	13
1.1	Emissionsbezogene Parameter	13
1.2	Immissionsbezogene Parameter	13
1.3	Prozessbezogene Parameter	14
2	Kühlsysteme	15
2.1	Allgemeines	15
2.2	Kühlverfahren	15
2.3	Varianten der Kreislaufkühlung	16
2.4	Wasserbedarf und Abwärmeeinleitung	17
3	Wertetabellen für die Relevanzprüfung	18
4	Schema zur Vorgehensweise bei der Prüfung von Wärmeeinleitungen	21

1 Überblick

Eine wasserrechtliche Einleiterlaubnis kann nur erteilt werden, wenn die Voraussetzungen der §§ 12, 57 WHG vorliegen. Insbesondere darf die Einleitung keine nachteiligen Auswirkungen auf das Gewässer erwarten lassen (§ 57 Abs. 1 Nr. 2 WHG). Das Temperaturgeschehen in einem oberirdischen Gewässer ist ein wesentlicher ökologischer Faktor. Daher sind Wärmeeinleitungen im Wasserrechtsverfahren im Hinblick auf den ökologischen Zustand oder das ökologische Potenzial 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 (s. Abschnitt 3).

Im nachfolgenden werden Hinweise zu den temperaturbezogenen Anforderungen der OGewV gegeben (s. Abschnitt 4) und es wird eine Vorgehensweise zur Prüfung von geplanten bzw. bereits bestehenden Wärmeeinleitungen empfohlen (s. Abschnitt 5). Zunächst kann durch Ermittlung des erforderlichen Mischungsverhältnisses an der Einleitstelle geprüft werden, ob die Wärmeeinleitung als nicht relevant einzustufen ist, weil sie nach aller Wahrscheinlichkeit zu keiner Verfehlung des guten ökologischen Zustandes führen kann (Relevanzprüfung, s. Abschnitt 6). Wird die Wärmeeinleitung als relevant bewertet, ist eine vertiefte Prüfung erforderlich (s. Abschnitt 7). Es werden Hinweise zu den dafür erforderlichen Daten gegeben (s. Abschnitt 8). Im Anhang sind Hinweise zu Bescheidsparemtern und fachliche Hintergrundinformationen zu Kühlsystemen aufgeführt. Der Anhang enthält außerdem Wertetabellen für die Relevanzprüfung und ein Schema zur Vorgehensweise bei der Prüfung von Wärmeeinleitungen.

Eine vertiefte Prüfung sollte von vornherein durchgeführt werden, wenn Summationseffekte durch weitere Wärmeeinleitungen in die betroffenen 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 Wärmeeinleitungen sind zu überprüfen, wenn bereits 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 zu fordern (z. B. Nachrüstung eines Ablaufkühlers) und es ist eine angemessene Sanierungsfrist vorzuschlagen.

2 Anwendungsbereich

Die nachfolgenden Hinweise 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, so dass eine Begrenzung der Einleittemperatur in der wasserrechtlichen Erlaubnis zwingend erforderlich ist. Der Einfachheit halber wird im Folgenden nur der Begriff Kühlwasser verwendet. Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen

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.

und aus Industriebetrieben mit einem dem kommunalen Abwasser vergleichbaren Temperaturniveau des Abwassers sind nicht Gegenstand der Hinweise.

3 Zuständigkeiten

Gemäß UMS vom 20.10.2009, Az. 51c-U4400-2007/164-17 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, s. 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 im o. g. UMS 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 für die Temperatur und die Temperaturerhöhung oberirdischer Gewässer, differenziert nach Fischgemeinschaften (Anlage 6 Nr. 2 OGeWV, s. Tab. 1). Diese Anforderungen sind keine absoluten Grenzwerte. Sie sollen unterstützend zur Bewertung der Biokomponenten für den ökologischen Zustand bzw. für das ökologische Potenzial herangezogen werden. In der Regel ist es nicht möglich, den Einfluss von Wärmeeinleitungen auf die Ausprägung der Biokomponenten monokausal zu quantifizieren. Es ist daher davon auszugehen, dass bei Einhaltung der temperaturbezogenen Anforderungen für den guten Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial diesbezüglich kein signifikanter Beitrag zu einer Verfehlung der Zielerreichung gemäß WRRL erfolgt. 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.

Auch die Bayerische Fischgewässerqualitätsverordnung (BayFischGewV) enthält temperaturbezogene Anforderungen an die Gewässerqualität. Da die zugrundeliegende EG-Richtlinie Ende 2013 außer Kraft tritt, die OGeWV den aktuellen fachlichen Kenntnisstand wiedergibt und ihre Anforderungen für einige Fischregionen strenger sind, wird auf die BayFischGewV hier nicht weiter eingegangen.

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

Tabelle 1: Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Fließgewässer im Hinblick auf Temperatur und Temperaturänderung (gem. Anlage 6 Nr. 2 Oberflächengewässerverordnung)								
	Fischgemeinschaft							
	ff/tempff	Sa-ER	Sa-MR	Sa-HR	Cyp-R	EP	MP	HP
Anforderungen								
Temperatur [°C]	< 20	< 20	< 20	< 21,5	< 21,5	< 25	< 28	< 28
Temperaturerhöhung [K]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3	3

Abkürzungen:

ff/tempff	= Gewässer sind fischfrei oder temporär fischfrei
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 grundsätzlich beibehalten werden, sofern eine Bewertung des Mischungsverhältnisses an der Einleitstelle ergibt, dass die Wärmeeinleitung im Hinblick auf die Einhaltung der temperaturbezogenen Anforderungen der OGV nicht relevant ist, selbst wenn die bescheidsgemäßen Überwachungswerte für den Kühlwasser-Volumenstrom sowie die maximal zulässige Temperatur des Kühlwassers gleichzeitig ausgeschöpft werden (Relevanzprüfung, s. Abschnitt 6).

Ist dagegen die Wärmeeinleitung als relevant zu betrachten, muss eine vertiefte Prüfung der Einleitungsverhältnisse erfolgen (s. 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 in die betroffenen Gewässer nicht ausgeschlossen werden können, so dass eine möglichst genaue Erfassung der Einleitungssituation erforderlich ist.

Im Anhang, Abschnitt 4 ist die Vorgehensweise bei der Prüfung von Wärmeeinleitungen schematisch dargestellt.

6 Relevanzprüfung

6.1 Konzept der Relevanzprüfung

Die Relevanzprüfung soll es 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 führen kann.

Der Relevanzprüfung liegt folgendes Konzept zugrunde:

Damit die Anforderungen der OGeWV eingehalten werden können, muss an der Einleitungsstelle ein bestimmtes Mindest-Mischungsverhältnis (MV) für das unbelastete Gewässer und das Kühlwasser gegeben sein. Es hängt ab von

- den zulässigen Maximalwerten für die Gewässererwärmung und für die Gewässer-Mischtemperatur (laut Anlage 6 Nr. 2 OGeWV)
- der maximalen Kühlwassertemperatur (laut Angabe im Bescheid bzw. Antrag)
- der unbelasteten Gewässertemperatur oberhalb der Einleitungsstelle.

Somit kann für definierte Szenarien aus einer vorgegebenen Kühlwassertemperatur und einer unbelasteten Gewässertemperatur berechnet werden, welches Mischungsverhältnis vorliegen muss, damit die Anforderungen der OGeWV nach Vermischung eingehalten werden können.

Es werden hierzu zwei Szenarien betrachtet. Dabei wird von einer vollständigen Einmischung des Kühlwassers in das aufnehmende Gewässer ausgegangen und davon, dass die Antrags- bzw. Bescheidswerte für den Kühlwasser-Volumenstrom und die Einleittemperatur gleichzeitig ausgeschöpft werden.

Winter-Szenario

Das unbelastete Gewässer weist eine Temperatur von 1 °C auf. Das Mischungsverhältnis muss so groß sein, dass höchstens eine Erwärmung von $\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ bzw. 3 K resultiert (je nach Anforderung der OGeWV), als Mischtemperatur T_M also höchstens 2,5 °C bzw. 4 °C.

Sommer-Szenario

Das unbelastete Gewässer weist eine Temperatur auf, die um 0,5 K unterhalb der jeweiligen Anforderung der OGeWV für die Maximaltemperatur liegt (also je nach Fischgemeinschaft bei 19,5 °C, 21 °C, 24,5 °C oder 27,5 °C). Das Mischungsverhältnis muss so groß sein, dass höchstens eine Erwärmung von $\Delta T_G = 0,5 \text{ K}$ resultiert (also der Anforderungswert 20 °C, 21,5 °C, 25 °C bzw. 28 °C gerade erreicht wird).

Maximal zulässiger Kühlwasservolumenstrom bei MNQ

Für die Relevanzprüfung wird der mittlere Niedrigwasserabfluss MNQ durch den jeweils höheren resultierenden Wert für das Mischungsverhältnis aus den Winter- und Sommerszenarien dividiert. Als Ergebnis erhält man den zulässigen Maximalwert für den Kühlwasservolumenstrom. Wird dieser Maximalwert durch den Überwachungswert im Bescheid bzw. Antrag nicht überschritten, kann die Kühlwassereinleitung als nicht relevant eingestuft werden.

Zusätzliche Temperaturerhöhung bei extremer Niedrigwassersituation

Die Anforderungen der OGeWV sind als wesentliche Lebensraummerkmale grundsätzlich einzuhalten. Die beschriebene Vorgehensweise überprüft dies auf der Basis "MNQ". Bei extremen Niedrigwasserverhältnissen $< \text{MNQ}$ würden bei dem oben angenommenen Sommer-Szenario Temperaturen oberhalb der Anforderungswerte der OGeWV erreicht werden. Gegenüber der Situation bei MNQ würde die Erhöhung bei $\text{MNQ}/2$ maximal 0,5 K, bei $\text{MNQ}/3$ max. 1 K betragen (bei allen nachfolgend beschriebenen Kühlsy-

stemvarianten). Sofern also bei MNQ das dafür errechnete Mischungsverhältnis eingehalten wird, kann davon ausgegangen werden, dass auch bei extremen Niedrigwasserverhältnissen keine Temperaturen auftreten, die vorhandene Fischpopulationen bedrohen können. Gegebenenfalls sind lokale Besonderheiten zu berücksichtigen.

6.2 Berechnung des erforderlichen Mischungsverhältnisses

6.2.1 Allgemeines

Das Mischungsverhältnis wird ausgedrückt als das Verhältnis von Gewässerabfluss zu Kühlwasservolumenstrom ($Q_G : Q_{KW}$). Der Gewässerabfluss wird im Regelfall an einer Messstelle oberhalb der Kühlwassereinleitung und auch oberhalb einer ggf. vorhandenen Kühlwasserentnahmestelle ermittelt. Für die Berechnung des zur Einhaltung des Mischungsverhältnisses maximal zulässigen Kühlwasservolumenstroms ist daher zu berücksichtigen, welcher Anteil an dem gemessenen Gewässerabfluss tatsächlich für die Vermischung an der Einleitstelle zur Verfügung steht. Der jeweilige Rechengang zur Ermittlung des Mischungsverhältnisses bei den drei wesentlichen Varianten von Kühlsystemen wird nachfolgend beschrieben.

Im Anhang, Abschnitt 3, sind die zugehörigen **Wertetabellen** aufgeführt. Aus den Tabellen kann für die jeweilige Anforderung gem. Anlage 6 Nr. 2 OGewV und für die beantragte bzw. im Bescheid festgesetzte maximale Kühlwassertemperatur T_{KW} das zugehörige erforderliche Mischungsverhältnis für MNQ und Kühlwasservolumenstrom ohne Berechnung abgelesen werden. Hierbei wurden die Anforderungen für die Fischgemeinschaften berücksichtigt, die in Bayern im Wesentlichen von Vorhaben mit Wärmeeinleitungen betroffen sein können.

Folgende Größen werden verwendet:

MV	Erforderliches Mischungsverhältnis
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss [m^3/s]
Q_{KW}	Kühlwasservolumenstrom an der Einleitstelle [m^3/s]
Q_G	Abfluss im Gewässer oberhalb der Einleitstelle [m^3/s]
Q_V	Verdunstungsverlust [m^3/s]
T_{KW}	Kühlwassertemperatur [$^{\circ}C$]
T_G	Temperatur des unbelasteten Gewässers oberhalb der Einleitstelle [$^{\circ}C$]
T_M	Temperatur des Gewässers bei vollständiger Vermischung mit dem Kühlwasser [$^{\circ}C$]
ΔT_G	Temperaturerhöhung des Gewässers bei vollständiger Vermischung mit dem Kühlwasser [K]

6.2.2 Frischwasserkühlung mit Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer (Durchlaufkühlung oder Ablaufkühlung)

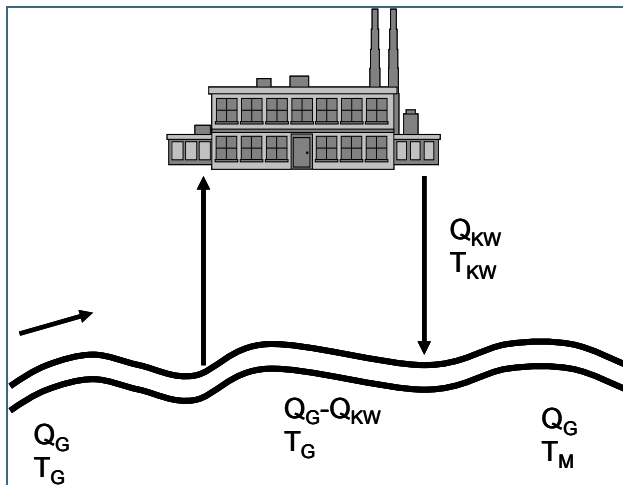


Abb. 1:
Wesentliche Größen für die Relevanzprüfung bei einer Frischwasserkühlung mit Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer

Bei einer Frischwasserkühlung im Durchlauf oder Ablauf treten gegenüber der Wasserentnahme keine nennenswerten Verdunstungsverluste auf. Für die Berechnung des mindestens erforderlichen Mischungsverhältnisses gilt daher:

$$MV = \frac{MNQ}{Q_{KW}} = \frac{T_{KW} - T_G}{\Delta T_G}$$

Resultierende Wertetabelle: s. Anhang, Abschnitt 3

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; max. zulässige Temperaturerhöhung 1,5 K):

$$MV = \frac{MNQ}{Q_{KW}} = \frac{30 - 1}{1,5} = 19,3$$

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

$$MV = \frac{MNQ}{Q_{KW}} = \frac{30 - 21}{0,5} = 18$$

Berechnung des zulässigen Kühlwasservolumenstroms mit höherem Wert für MV (19,3):

$$Q_{KW} = \frac{MNQ}{19,3} = \frac{3}{19,3} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ergebnis: Die Kühlwassereinleitung ist nicht relevant, da der maximal zulässige Kühlwasservolumenstrom (0,15 m³/s) durch den Bescheidswert (0,12 m³/s) unterschritten wird.

Ergebnis: Die Kühlwassereinleitung ist relevant, da der maximal zulässige Kühlwasservolumenstrom ($0,22 \text{ m}^3/\text{s}$) durch den Antragswert ($0,24 \text{ m}^3/\text{s}$) überschritten wird. Es ist eine vertiefte Prüfung durchzuführen.

6.2.4 Kühlsystem mit Entnahme des Kühlwassers aus einem anderen Gewässer

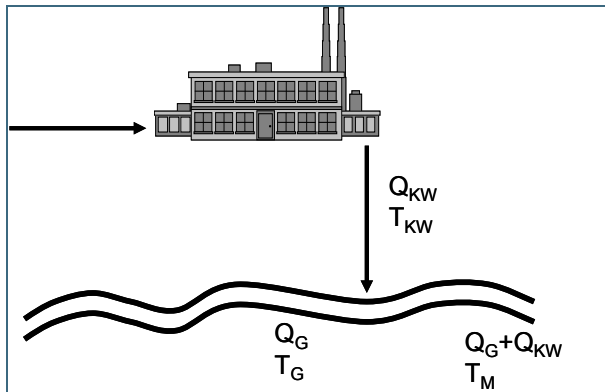


Abb. 3:
Wesentliche Größen für die Relevanzprüfung bei einer Kreislaufkühlung mit Kühlwasserentnahme aus einem anderen Gewässer

Berechnung des mindestens erforderlichen Mischungsverhältnisses:

$$MV = \frac{MNQ}{Q_{KW}} = \frac{T_{KW} - T_M}{\Delta T_G}$$

Resultierende Wertetabelle: s. Anhang, Abschnitt 3

Beispielrechnung

Geplante Kühlwassereinleitung mit max. $27 \text{ }^\circ\text{C}$ und $0,20 \text{ m}^3/\text{s}$ aus einem Industriekühlsystem, das mit Grundwasser als Zusatzwasser versorgt wird, in ein Gewässer der Fischgemeinschaft Sa-HR mit einem MNQ von $7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Winter-Szenario (Gewässertemperatur $1 \text{ }^\circ\text{C}$; max. zulässige Temperaturerhöhung $1,5 \text{ K}$):

$$\frac{MNQ}{Q_{KW}} = \frac{27 - 2,5}{1,5} = 16,3$$

Sommerszenario (Gewässertemperatur $21 \text{ }^\circ\text{C}$; max. zulässige Gewässertemperatur $21,5 \text{ }^\circ\text{C}$):

$$\frac{MNQ}{Q_{KW}} = \frac{27 - 21,5}{0,5} = 11$$

Berechnung des zulässigen Kühlwasservolumenstroms mit höherem Wert für MV ($16,3$):

$$Q_{KW} = \frac{MNQ}{16,3} = \frac{7}{16,3} = 0,43 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ergebnis: Die Kühlwassereinleitung ist nicht relevant, da der maximal zulässige Kühlwasservolumenstrom ($0,43 \text{ m}^3/\text{s}$) durch den Antragswert ($0,20 \text{ m}^3/\text{s}$) unterschritten wird.

7 Vertiefte Prüfung bei relevanten Einleitungen

Bei einer vertieften Prüfung sollen die Einleiteverhältnisse möglichst genau erfasst und bewertet werden. Dies kann schon von vornherein bei kritischen Einleite- und Gewässerverhältnissen, mehreren benachbarten Wärmeinleitungen u. ä. erforderlich sein. Dabei 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 auch die vorliegenden Überwachungsdaten ausgewertet werden.

Eine genaue Anleitung zur Durchführung der vertieften Prüfung ist nicht möglich, da sie von den Umständen des Einzelfalls abhängt. Die nachfolgenden 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.

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 für die Einleittemperatur und den Kühlwasservolumenstrom anzusetzen sind und diese auch voll ausgeschöpft werden. Die tatsächlichen Ablaufwerte können aber 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 im Winter bei gleicher Aufwärmspanne des Kühlwassers 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.

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 Sa-HR (Gewässererwärmung 1,5 K; Temperatur < 21,5 °C). Die Relevanzprüfung ergibt folgendes:

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

$$MV = \frac{MNQ}{Q_{KW}} = \frac{30 - 1}{1,5} = 19,3$$

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

$$MV = \frac{MNQ}{Q_{KW}} = \frac{30 - 21}{0,5} = 18$$

Berechnung des zulässigen Kühlwasservolumenstroms mit höherem Wert für MV (19,3):

$$Q_{KW} = \frac{MNQ}{19,3} = \frac{2,3}{19,3} = 0,12 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Gemäß Relevanzprüfung wird das erforderliche Mischungsverhältnis bei MNQ gerade eingehalten, wenn die Antragswerte vollständig ausgenutzt werden. 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 zu (s. Anhang, Abschnitt 1.3):

$$\Delta T_{KW} = \frac{5[\text{MJ} / \text{s}]}{0,12[\text{m}^3 / \text{s}] \cdot 4,19[\frac{\text{MJ}}{\text{m}^3 \cdot \text{K}}]} = 10 \text{ K}$$

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

$$\text{Mischtemperatur Winter: } T_M = \frac{(0,12 \cdot 11) + (1 \cdot [2,3 - 0,12])}{2,3} = 1,68^\circ \text{C}$$

$$\text{Gewässererwärmung Winter: } T_M - T_G = 1,68 - 1 = 0,68 \text{ K}$$

$$\text{Mischtemperatur Sommer: } T_M = \frac{(0,12 \cdot 30) + (21 \cdot [2,3 - 0,12])}{2,3} = 21,47^\circ \text{C}$$

$$\text{Gewässererwärmung Sommer: } T_M - T_G = 21,47 - 21 = 0,47 \text{ K}$$

$$\text{Mischtemperatur Sommer auf Basis MNQ/3: } T_M = \frac{(0,12 \cdot 30) + (21 \cdot [0,77 - 0,12])}{0,77} = 22,40^\circ \text{C}$$

Ergebnis: Bezogen auf MNQ zeigt auch 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. Bei extremem Niedrigwasser (MNQ/3) wird die Anforderung an die Gewässertemperatur (21,5 K) um 0,9 K überschritten. Eine Verfehlung des guten ökologischen Zustandes infolge der beantragten Einleitung ist in der Regel nicht zu erwarten.

8 Daten für die vertiefte Prüfung

Für die vertiefte 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:
 - Wasserkörper gem. Gewässerverzeichnis
 - Zugehörige Fischgemeinschaft (Anlage 6 Nr. 2 OGewV)
 - Zugehörige Anforderungen an Temperatur und Temperaturerhöhung (Anlage 6 Nr. 2 OGewV)
- MNQ
- 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 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

Anhang: Hinweise zur fachlichen Prüfung von Wärmeeinleitungen

1 Parameter zur Begrenzung von Wärmeeinleitungen

1.1 Emissionsbezogene Parameter

Überwachungswerte für die **Einleittemperatur** und den **Abwasservolumenstrom** sind im Bescheid festzusetzen. 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, die nicht überschritten werden darf.

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

1.2 Immissionsbezogene Parameter

Anforderungen zur Begrenzung der Auswirkungen auf die **Gewässermischtemperatur** und die **Gewässererwärmung** sind im Bescheid festzusetzen, sofern zumindest zeitweise mit deren Überschreitung zu rechnen wäre, wenn nicht Abhilfemaßnahmen des Einleiters ergriffen würden (z. B. Leistungsrücknahme bei der Stromerzeugung oder Einsatz von Notkühlern).

Die **Gewässermischtemperatur** ist die Temperatur des Gewässers [°C], die sich unterhalb der Einleitstelle infolge der Kühlwassereinleitung maximal einstellen darf. 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 Einmischung 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 entsprechende 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-Instruments 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** (Gewässeraufwärmspanne) 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 entsprechenden 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 [MJ/s]. 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:

$$F = \Delta T \cdot Q \cdot 4,19$$

F = Wärmeleistung [MJ/s]

ΔT = Erwärmung des Kühlwassers [K]

Q = Kühlwasservolumenstrom [m³/s]

4,19 = Wärmekapazität des Wassers [MJ/m³ x K]

Beispiel

Bei einem Biomasseheizkraftwerk beträgt die nicht nutzbare Abwärme gemäß Anlagenauslegung 10 MJ/s. Das Kühlsystem ist auf eine Kühlwassererwärmung von 10 K ausgelegt. Für die Abfuhr der Abwärme ist dann 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).

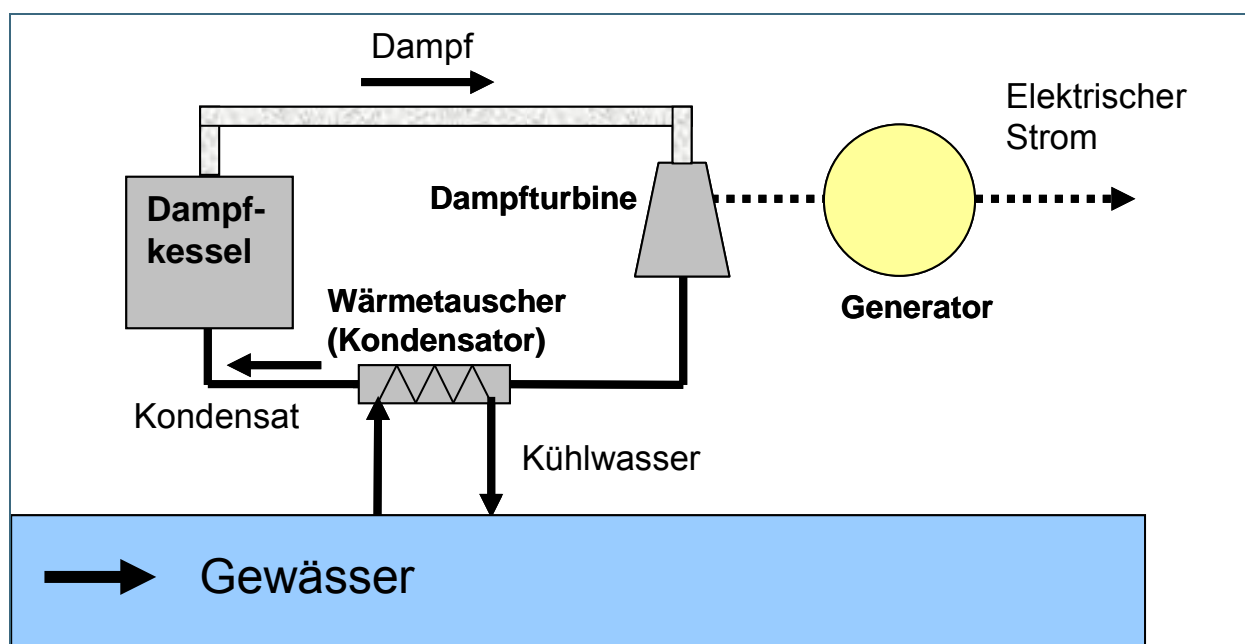


Abb. 4: Anordnung der Anlagen in einem Wärmekraftwerk mit Durchlaufkühlung

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 (s. 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.

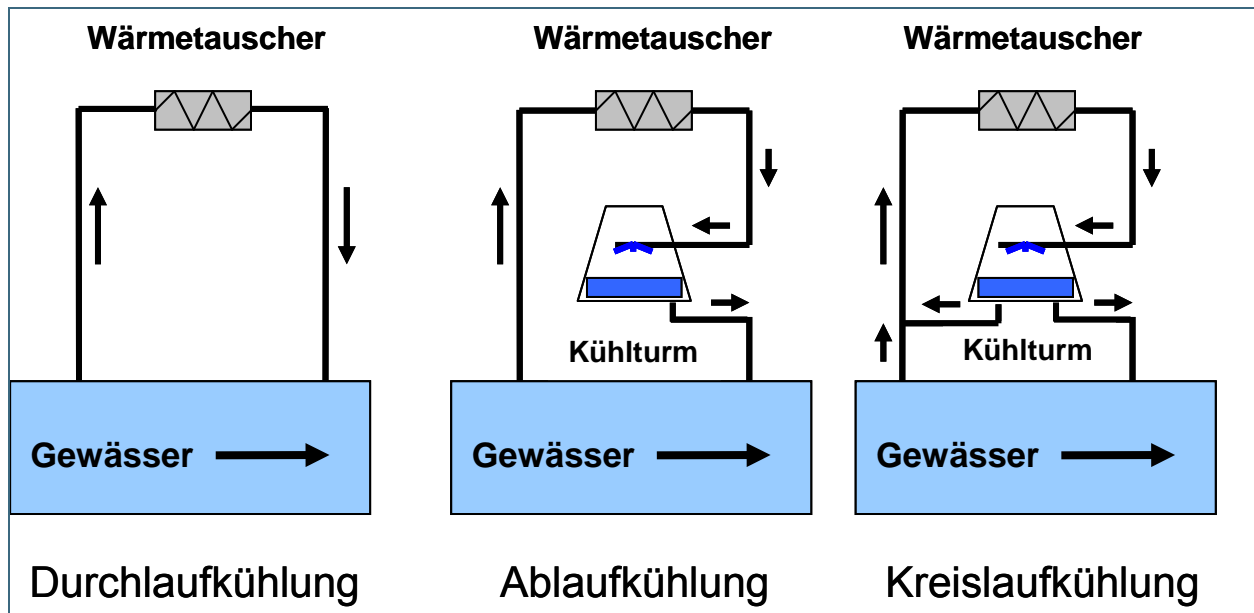


Abb. 5: Kühlverfahren

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. Als Maß für die Aufkonzentrierung der Inhaltsstoffe („Aufsälzung“) infolge der Verdunstungsverluste wird die Eindickungszahl EZ verwendet. Sie gibt das Verhältnis von Zusatzwasser zu Abschlämzung wieder:

$$EZ = \frac{Q_Z}{Q_{KW}} = 1 + \frac{Q_V}{Q_{KW}}$$

Q_Z = Zusatzwasser [m^3/s]

Q_{KW} = Abflutung (eingeleitetes Kühlwasser) [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 36 l/s je 1 MW installierter elektrischer Leistung benötigt. Dabei wird die gesamte Abwärme 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 eingeschränkt 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:

Kühlsystem	Wärmeabgabe in das Gewässer	Wärmeabgabe in die Atmosphäre
Durchlauf	100%	0%
Ablauf	30 – 90%	70 – 10%
Kreislauf	10%	90%

3 Wertetabellen für die Relevanzprüfung

Nachfolgend sind die Werte tabellarisch aufgeführt, die sich für die verschiedenen Kühlsysteme ergeben, wenn die in 6.2.2 mit 6.2.4 aufgeführten Berechnungen des erforderlichen Mischungsverhältnisses MV durchgeführt werden. Aus den Tabellen kann für die jeweilige Anforderung gem. Anlage 6 Nr. 2 OGeWV und für die beantragte bzw. im Bescheid festgesetzte maximale Kühlwassertemperatur T_{KW} das zugehörige mindestens erforderliche Mischungsverhältnis für MNQ und Kühlwasservolumenstrom Q_{KW} abgelesen werden. Es ist jeweils nur der höhere Wert für MV angegeben, der sich aus der Betrachtung der Winter- und Sommerszenarien ergibt.

Frischwasserkühlung mit Entnahme des Kühlwassers aus demselben Gewässer (Durchlaufkühlung oder Ablaufkühlung)												
Anforderung (OGeWV)	T_{KW} (°C)	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
$\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ $T_M < 20^\circ\text{C}$	MV Sommer					19	21	23	25	27	29	31
	MV Winter	16	16,7	17,3	18							
$\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ $T_M < 21,5^\circ\text{C}$	MV Sommer							20	22	24	26	28
	MV Winter	16	16,7	17,3	18	18,7	19,3					
$\Delta T_G = 3 \text{ K}$ $T_M < 25^\circ\text{C}$	MV Sommer						11	13	15	17	19	21
	MV Winter	8	8,3	8,7	9	9,3						

Offene Kreislaufkühlung mit Entnahme des Kühlwassers aus demselben Gewässer und Eindickungszahl EZ = 2												
Anforderung (OGewV)	T_{KW} (°C)	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
$\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ $T_M < 20^\circ\text{C}$	MV Sommer					20	22	24	26	28	30	32
	MV Winter	17	17,7	18,3	19							
$\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ $T_M < 21,5^\circ\text{C}$	MV Sommer							21	23	25	27	29
	MV Winter	17	17,7	18,3	19	19,7	20,3					
$\Delta T_G = 3 \text{ K}$ $T_M < 25^\circ\text{C}$	MV Sommer						12	14	16	18	20	22
	MV Winter	9	9,3	9,7	10	10,3						

Offene Kreislaufkühlung mit Entnahme des Kühlwassers aus demselben Gewässer und Eindickungszahl EZ = 3												
Anforderung (OGewV)	T_{KW} (°C)	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
$\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ $T_M < 20^\circ\text{C}$	MV Sommer					21	23	25	27	29	31	33
	MV Winter	18	18,7	19,3	20							
$\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ $T_M < 21,5^\circ\text{C}$	MV Sommer							22	24	26	28	30
	MV Winter	18	18,7	19,3	20	20,7	21,3					
$\Delta T_G = 3 \text{ K}$ $T_M < 25^\circ\text{C}$	MV Sommer						13	15	17	19	21	23
	MV Winter	10	10,3	10,7	11	11,3						

Offene Kreislaufkühlung mit Entnahme des Kühlwassers aus demselben Gewässer und Eindickungszahl EZ = 4												
Anforderung (OGewV)	T _{KW} (°C)	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
$\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ $T_M < 20^\circ\text{C}$	MV Sommer					22	24	26	28	30	32	34
	MV Winter	19	20,7	20,3	21							
$\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ $T_M < 21,5^\circ\text{C}$	MV Sommer							23	25	27	29	31
	MV Winter	19	19,7	20,3	21	21,7	22,3					
$\Delta T_G = 3 \text{ K}$ $T_M < 25^\circ\text{C}$	MV Sommer						14	16	18	20	22	24
	MV Winter	11	11,3	11,7	12	12,3						

Kühlsystem mit Entnahme des Kühlwassers aus einem anderem Gewässer (z. B. Grundwasser)												
Anforderung (OGewV)	T _{KW} (°C)	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
$\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ $T_M < 20^\circ\text{C}$	MV Sommer					18	20	22	24	26	28	30
	MV Winter	15	15,7	16,3	17							
$\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$ $T_M < 21,5^\circ\text{C}$	MV Sommer							19	21	23	25	27
	MV Winter	15	15,7	16,3	17	17,7	18,3					
$\Delta T_G = 3 \text{ K}$ $T_M < 25^\circ\text{C}$	MV Sommer						10	12	14	16	18	20
	MV Winter	7	7,3	7,7	8	8,3						

4 Schema zur Vorgehensweise bei der Prüfung von Wärmeeinleitungen

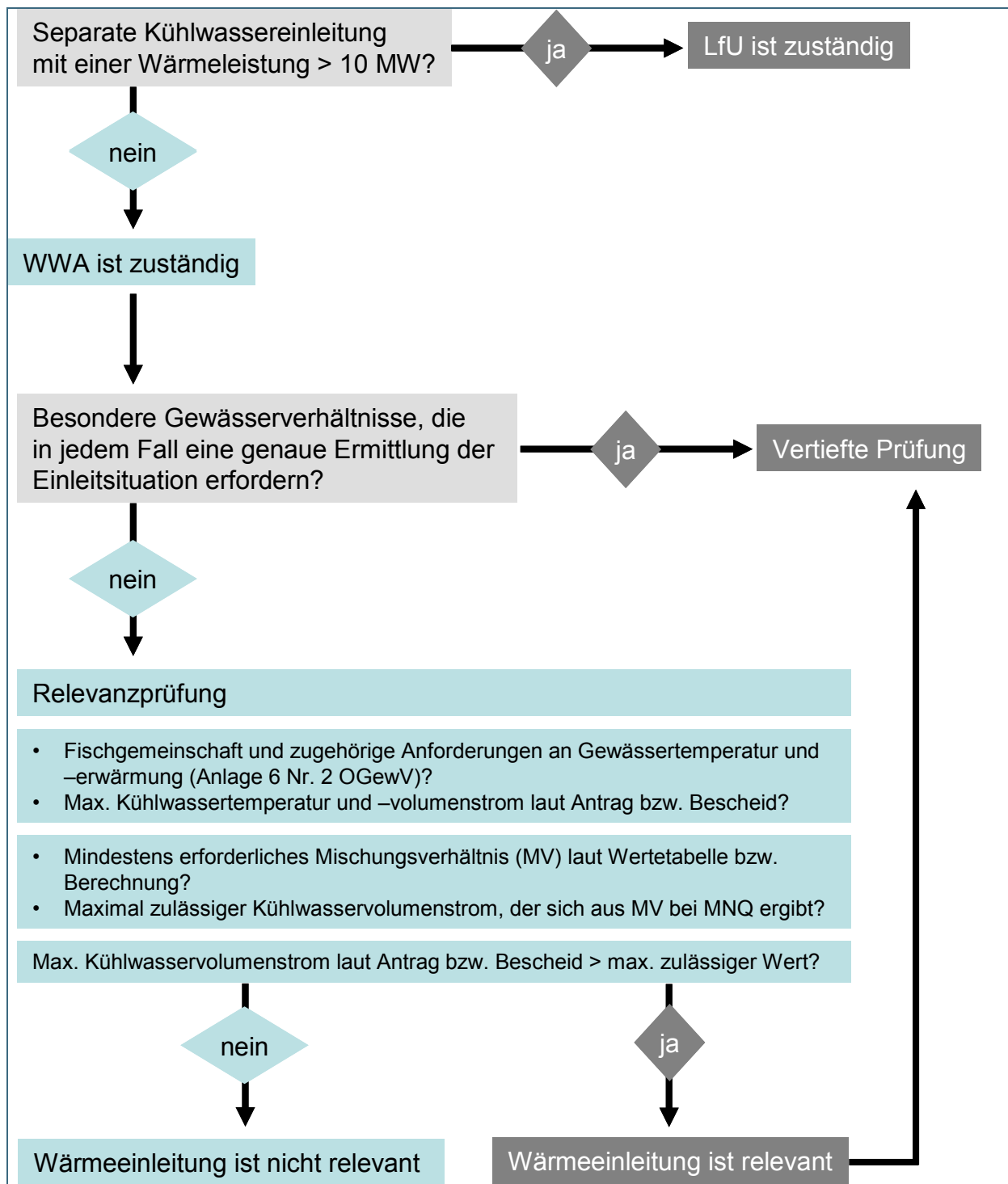


Abb. 6: Vorgehensweise zur Prüfung von Wärmeeinleitungen

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: <http://www.lfu.bayern.de>

Bearbeitung:

Ref. 68 / Dr. Kurt Müller

Bildnachweis:

LfU

Stand:

06.08.2013

