

# Gewässerswärmepumpen – Trends, Auswirkungen und naturschutzfachliche Relevanz

Sachverständigengutachten

Henrik Pieper, Jannika E. Maaß-Schoon,  
Johanna Schickling, Jörg Rasmus,  
Jan Laurenz-Nickel, Jasmin Franz,  
Nele Wotha und Daniel Kapteina

BfN-Schriften

**775**

**2026**





# Gewässerwärmepumpen – Trends, Auswirkungen und naturschutzfachliche Relevanz

## Sachverständigengutachten

Henrik Pieper

Jannika E. Maaß-Schoon

Johanna Schickling

Jörg Rasmus

Jan Laurenz-Nickel

Jasmin Franz

Nele Wotha

Daniel Kapteina



## Impressum

**Titelbild:** Ort in hügeliger Landschaft an einem Fluss (iStock-1369027823)

### Adressen der Autorinnen und Autoren:

Dr. Henrik Pieper  
Jannika E. Maaß-Schoon  
Johanna Schickling

HIC Consulting GmbH  
Paul-Nevermann-Platz 5, 22765 Hamburg  
E-Mail: [pieper@hamburg-institut.com](mailto:pieper@hamburg-institut.com)  
[jannika.maass-schoon@hamburg-institut.com](mailto:jannika.maass-schoon@hamburg-institut.com)  
[schickling@hamburg-institut.com](mailto:schickling@hamburg-institut.com)

Jörg Rasmus  
Dr. Jan Laurenz-Nickel  
Dr. Jasmin Franz

Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH  
Stuthagen 25, 24113 Molfsee  
E-Mail: [j.rasmus@gfnmbh.de](mailto:j.rasmus@gfnmbh.de)  
[j.laurenz-nickel@gfnmbh.de](mailto:j.laurenz-nickel@gfnmbh.de)  
[jasmin.franz@gfnmbh.de](mailto:jasmin.franz@gfnmbh.de)

Daniel Kapteina  
Nele Wotha

BWS GmbH  
Georgswerder Bogen 1, 21109 Hamburg  
E-Mail: [daniel.kapteina@bws-gmbh.de](mailto:daniel.kapteina@bws-gmbh.de)  
[nele.wotha@bws-gmbh.de](mailto:nele.wotha@bws-gmbh.de)

### Fachbetreuung im BfN:

Kathrin Ammermann  
Jan-Frederik Möller

Fachgebiet II 4.3 Naturschutz und erneuerbare Energien

### Förderhinweis:

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ ([www.dnl-online.de](http://www.dnl-online.de)).

BfN-Schriften sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter [www.bfn.de/publikationen](http://www.bfn.de/publikationen) heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz  
Konstantinstr. 110  
53179 Bonn  
URL: [www.bfn.de](http://www.bfn.de)

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.



Diese Schriftenreihe wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt ([creativecommons.org/licenses](http://creativecommons.org/licenses)).

ISBN 978-3-89624-539-7

DOI 10.19217/skr775

Bonn 2026

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>6</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Einleitung / Veranlassung</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Überblick und Status Quo</b> .....	<b>10</b>
2.1 Umgesetzte Gewässerwärmepumpen.....	10
2.2 Projektbeispiele.....	12
2.2.1 Kleinanlage Stadtwerke Neustadt in Holstein .....	13
2.2.2 Großanlage MVV AG .....	14
2.3 Genutzte Gewässertypen.....	16
2.3.1 Fließgewässer (Flüsse, Bäche und Kanäle).....	16
2.3.2 Stehende Gewässer (Seen) .....	17
2.3.3 Küstengewässer (Nord- und Ostsee) .....	18
<b>3 Technische Beschreibung</b> .....	<b>19</b>
3.1 Technische Analogien.....	19
3.2 Technische Beschreibung der Entnahme.....	19
3.2.1 Gewässerentnahme .....	20
3.2.2 Grobreinigung .....	22
3.2.3 Feinreinigung.....	23
3.2.3.1 Feinrechenanlagen.....	23
3.2.3.2 Filtersysteme .....	28
3.2.4 Vorländer.....	30
3.2.5 Hochwasserschutz.....	30
3.2.6 Pumpen .....	31
3.2.7 Rohrleitungen und Rohrreinigungssysteme .....	32
3.3 Technische Beschreibung der Wärmepumpe.....	34
3.3.1 Wärmetauscher und Wärmetauscherreinigung.....	35
3.3.2 Kältemittel.....	38
3.3.3 Austreten gefährlicher Stoffe.....	39
3.4 Technische Beschreibung der Einleitung .....	40
3.5 Fazit Technik.....	41
<b>4 Rechtliche Einordnung</b> .....	<b>42</b>
4.1 Genehmigung von Gewässerwärmepumpen .....	43
4.1.1 Gewässerdefinition .....	44

4.1.2	Gewässerbenutzung § 9 WHG .....	44
4.1.3	Arten wasserrechtlicher Gestattungen .....	45
4.1.3.1	Erlaubnis (§§ 8, 10 Abs. 1 Var. 1 WHG) .....	46
4.1.3.2	Gehobene Erlaubnis (§ 15 WHG) .....	46
4.1.3.3	Bewilligung (§§ 8, 10 Abs. 1 Var. 2, § 14 WHG) .....	46
4.1.4	Anlagen an Gewässern § 36 WHG .....	47
4.1.5	Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) .....	48
4.2	Rechtliche Relevanz des Kältemittels .....	49
4.2.1	F-Gase Verordnung und REACH Verordnung .....	50
4.2.2	4. BImSchV .....	51
4.2.3	12. BImSchV .....	52
4.3	Wasserrecht .....	52
4.3.1	Wasserrahmenrichtlinie .....	53
4.3.2	Thermische Auswirkungen von Gewässerwärmepumpen .....	54
4.3.2.1	Anlage 7 der OGewV .....	54
4.3.2.2	Richtlinie der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) .....	55
4.3.2.3	Merkblatt „Wärmegewinnung aus Fließgewässern“ des Bayerischen Landesamts für Umwelt .....	56
4.3.2.4	Novelle des § 11a WHG .....	56
4.3.3	Mindestwasserführung .....	57
4.3.4	Schutz vor schädlichen Gewässerveränderungen .....	58
4.3.5	Allgemeine Grundsätze nachhaltiger Gewässerbewirtschaftung .....	59
4.4	Naturschutzrecht .....	59
4.4.1	Eingriffsregelung .....	60
4.4.2	Umweltschäden .....	60
4.4.3	Geschützte Teile von Natur und Landschaft .....	60
4.4.4	Natura 2000-Gebiete (Europäischer Gebietsschutz) .....	61
4.4.5	Gesetzlich geschützte Biotope .....	61
4.4.6	Artenschutz .....	61
4.4.7	Uferzonen .....	62
4.5	Bestehende Rechtsunklarheiten .....	62
4.5.1	§ 57 WHG Wärmepumpenwasser und Abwasser .....	62
4.5.2	§ 35 WHG Wasserkraftnutzung .....	63

4.5.3	Analogie zur Kraftwerkskühlung .....	64
4.5.4	Umgang mit Altrechten .....	65
4.6	Fazit Recht .....	65
<b>5</b>	<b>Gewässerökologie .....</b>	<b>66</b>
5.1	Wirkfaktoren .....	69
5.2	Baubedingte Auswirkungen .....	71
5.2.1	Uferzonen.....	71
5.2.1.1	Übersicht relevanter Wirkfaktoren.....	71
5.2.1.2	Abiotische Schutzgüter .....	71
5.2.1.3	Biotische Schutzgüter.....	72
5.2.2	Wasserkörper .....	72
5.2.2.1	Übersicht relevanter Wirkfaktoren.....	72
5.2.2.2	Abiotische Schutzgüter .....	72
5.2.2.3	Biotische Schutzgüter.....	73
5.3	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen .....	73
5.3.1	Uferzonen.....	73
5.3.1.1	Übersicht relevanter Wirkfaktoren.....	73
5.3.1.2	Abiotische Schutzgüter .....	73
5.3.1.3	Biotische Schutzgüter.....	73
5.3.2	Wasserkörper .....	74
5.3.2.1	Übersicht relevanter Wirkfaktoren.....	74
5.3.2.2	Abiotische Schutzgüter .....	74
5.3.2.3	Biotische Schutzgüter.....	74
5.4	Kumulative Wirkungen.....	79
5.5	Umweltfachliche Anforderungen an die Zulassungsverfahren .....	80
5.6	Fazit Gewässerökologie.....	80
<b>6</b>	<b>Trend und Prognose.....</b>	<b>83</b>
6.1	Gewässerwärmepumpen .....	84
<b>7</b>	<b>Fazit, Empfehlungen und offene Forschungsfragen.....</b>	<b>87</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>		<b>89</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>		<b>96</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>		<b>98</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>		<b>99</b>
<b>Glossar .....</b>		<b>101</b>

## Zusammenfassung

In diesem Bericht wird zunächst der aktuelle Stand bei der Projektumsetzung von Gewässerwärmepumpen in Deutschland dargestellt sowie anhand von zwei Projekten die umgesetzten Maßnahmen exemplarisch beschrieben. Die für eine Nutzung infrage kommenden Gewässertypen (Fließgewässer, Stillgewässer und Meeresgewässer) werden kurz charakterisiert.

Es folgt eine Beschreibung der technischen Umsetzung von Gewässerwärmepumpen von der Entnahme unter Einsatz von Rechen und Filtern über Reinigungssysteme und die Wärmepumpe selbst bis hin zur Rückführung des entnommenen Wassers in das Gewässer.

Anschließend wird der aktuelle Rechtsrahmen mit Hinblick auf die Gewässerbenutzung und den Naturschutz für die Genehmigung von Gewässerwärmepumpen umrissen. Bestehende Rechtsunklarheiten werden aufgezeigt.

Auf dieser Grundlage wurden die bau-, anlagen- und betriebsbedingten Auswirkungen, die potenziell von einem Gewässerwärmepumpen-Vorhaben auf Gewässer und die darin befindliche Biozönose ausgehen, anhand der verfügbaren Literaturquellen abgeschätzt. Abschließend wurde eine Prognose über die Entwicklung weiterer Gewässerwärmepumpen-Projekte nach Anzahl und Größe gegeben, um einen Eindruck über den bevorstehenden Ausbau geben zu können.

Es zeigt sich, dass Gewässerwärmepumpen insbesondere durch Flächenverbrauch, Fallenwirkungen und die mit der thermischen Nutzung verbundene Abkühlung Auswirkungen auf die biotischen und abiotischen Bestandteile des Gewässerökosystems haben. Die bisher vorliegenden Kenntnisse stammen vorwiegend aus Untersuchungen zu Kraftwerkskühlungen und Wasserkraftwerken oder vergleichbaren Anlagen und lassen sich nur bedingt übertragen. Insbesondere zielen Regelungen im Hinblick auf Temperaturveränderungen eher auf Erwärmungen ab, so dass im Lichte der durch den Klimawandel verursachten generellen Erwärmung von Gewässern fraglich ist, ob eine Abkühlung – anders als eine Erwärmung – in bestimmtem Umfang sogar vorteilhaft für die Biozönose des Gewässers ist. Aus diesem Grund erscheint es als fraglich, ob eine symmetrische Übertragung von Spannen der Temperaturerhöhung auf Abkühlungen der gewässerökologischen Situation gerecht wird.

Daher ist fraglich, ob die vorhandenen Vorschriften und rechtlichen Normen den spezifischen Anforderungen an die Gewässernutzung durch eine Großwärmepumpe, die eine Teilmenge des Gewässers entnimmt, kühlt und wieder zurückführt, gerecht werden. Da die Anzahl an umgesetzten Gewässerwärmepumpen noch sehr gering ist, lassen sich derzeit allerdings noch nicht belastbare Vorschläge für Regelungen ableiten.

Erste Tendenzen bei der technischen Umsetzung und zur ökologischen Optimierung, wie z. B. eine Größenordnung bei Rechenstababständen, Ansauggeschwindigkeiten, Auskühlung oder der Einsatz mit oder ohne Zwischenkreislauf, werden aufgezeigt. Die Prognose über den zukünftigen Ausbau zeigt, dass die Anzahl an Gewässerwärmepumpen deutlich zunehmen wird und zudem die Größe dieser Anlagen deutlich ansteigt. Daher sind Anstrengungen zur Verbesserung des Kenntnisstandes hinsichtlich ökologischer Auswirkungen durch ein betriebsbegleitendes Monitoring und eine darauf basierende Anlagenoptimierung zur Minimierung nachteiliger Auswirkungen dringend geboten.

## Abstract

This report focuses on large-scale heat pumps that use surface water as the heat sources. First, the current status of project implementations in Germany is shown, followed by two more detailed descriptions of implemented projects. The relevant water bodies (rivers, lakes and seawater) are briefly described.

This is followed by a description of the technical implementation of such large-scale heat pumps – from the water intake, the use of rakes and filters, cleaning systems, the heat pump itself, and how the water is returned to the main water body.

Then, the current legal framework for the approval of large-scale heat pumps is presented with the focus on the Water Law and the Natural Conservation Law. Existing legal unclarities are identified and discussed.

On this basis, the possible environmental impacts of a water heat pump on waterbodies and their biocenosis were assessed using the available literature sources. Finally, a forecast was made regarding the development of further water heat pump projects in terms of number and size in order to provide an impression of the upcoming expansion.

It has been shown that water-source heat pumps have impacts on the biotic and abiotic components of the aquatic ecosystem, particularly through land use, impoundment effects, and the cooling associated with thermal utilization. The existing knowledge primarily comes from studies on power plant cooling and hydropower plants or comparable facilities and can only be transferred to a limited extent. In particular, regulations regarding temperature changes tend to focus on warming water bodies. However, in light of the general global warming of water bodies caused by the climate change, it can be discussed whether cooling – unlike warming – could even be beneficial to some extent for the aquatic community. For this reason, it seems questionable whether a symmetrical application of guidelines for temperature increases should be applied to cooling and whether this adequately reflects the ecological situation of water bodies.

It is therefore questionable whether the existing regulations and legal standards meet the specific requirements for water use by large heat pumps which extracts, cools, and returns water. However, since the number of water heat pumps in operation is still very low, it is not yet possible to derive reliable proposals for regulations.

Initial trends in technical implementation and ecological optimization, such as the order of magnitude of rake bar spacing, suction speeds, cooling, or use with or without an intermediate circuit, are highlighted. The forecast for future expansion shows that the number of water heat pumps will increase significantly and that the size of these systems will also increase considerably. Therefore, efforts to improve knowledge of ecological impacts through operational monitoring and system optimization based on this monitoring to minimize adverse effects are urgently needed.

## 1 Einleitung / Veranlassung

Im Bundes-Klimaschutzgesetz ist das Ziel fixiert, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis zum Jahr 2030 um mindestens 65 % gegenüber dem Jahr 1990 zu senken. Bis 2045 soll die Energieversorgung komplett treibhausgasneutral sein. Ein Beschluss des Bundesverfassungsgerichts aus dem Jahr 2021 stellt explizit klar, dass der Staat verpflichtet sei, „den Übergang zur Klimaneutralität rechtzeitig einzuleiten“, dafür müsse „ein Planungshorizont entstehen, vor dem Anreiz und Druck erwachsen, die erforderlichen, teils langwierigen Entwicklungen in großer Breite in Gang zu setzen“ (Beschluss des ersten Senats vom 24. März 2021).

Hierbei kommt dem Wärmesektor eine besondere Bedeutung zu, denn dieser umfasst mit der Beheizung von Gebäuden und der Bereitstellung von Prozesswärme mehr als die Hälfte des Endenergieverbrauchs und ist daher unverzichtbar für die Minderung der Treibhausgasemissionen (Umweltbundesamt [UBA], 2025). Bei der Transformation des Wärmesektors von fossilen zu erneuerbaren Quellen spielen der Ausbau und die Dekarbonisierung der Fernwärme in der Strategie der Bundesregierung eine tragende Rolle. In dem neuen Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze sind verbindliche und steigende Quoten für den Anteil an erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme in den Wärmenetzen fixiert.

Eine der wesentlichen erneuerbaren Wärmeerzeugungsoptionen für Wärmenetze ist die Großwärmepumpe, da darüber erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme kosteneffizient und flexibel in das Wärmesystem integriert werden können. Durch Großwärmepumpen können zahlreiche Wärmequellen (u.a. Oberflächengewässer, Grundwasser, Abwasser, Abwärme) erschlossen werden, deren Nutzbarmachung im dezentral versorgten Gebäudebereich nur schwer möglich ist. Weiterhin sind bei Großwärmepumpen aufgrund der Skaleneffekte Kostenvorteile gegenüber den Kleinanlagen im Objektbereich vorhanden und es können technisch bedingt deutlich höhere Nutztemperaturen erzeugt werden.

Zwar werden Großwärmepumpen bereits seit Jahren in vielerlei Hinsicht als die Schlüsseltechnologie für die erfolgreiche Umstellung des Wärmesektors auf erneuerbare Energien gesehen, doch die Umsetzung konkreter Projekte scheiterte lange an der mangelnden Wirtschaftlichkeit. Erst mit Beginn entsprechender Förderinstrumente wurden erste Großwärmepumpen-Projekte umgesetzt. Dies begann zunächst mit der innovativen Kraft-Wärme-Kopplung (iKWK), welche 2018 ins Leben gerufen wurde und aus der 2022 die Inbetriebnahme eines ersten Systems mit Großwärmepumpe resultierte (2G; IWR-Pressedienst.de, 2022). Daneben trat 2022 die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) in Kraft, die u.a. neben Solarthermie explizit Großwärmepumpen nicht nur investiv, sondern auch deren Betrieb fördert. Aufgrund des Aufbaus der BEW wurden zunächst primär Studien für die Machbarkeit und Transformation von Wärmenetzen ausgearbeitet, ehe es zu der Umsetzung konkreter Projekte kam.

Da Großwärmepumpen, ähnlich wie haushaltsübliche Wärmepumpen, neben dem Einsatz von Strom ihre Energie aus einer Wärmequelle beziehen und diese sehr unterschiedlich gewählt werden kann, sind dadurch zwangsläufig unterschiedlichste Rechtsbereiche betroffen. Ein einheitlicher Rechtsrahmen für die Großwärmepumpe als Technologie wurde hingegen bisher nicht geschaffen. Daher gibt es bislang **kein einheitliches, konzentriertes Genehmigungsverfahren** für Großwärmepumpen, sodass Einzelgenehmigungen in Abhängigkeit von der zum Einsatz kommenden Wärmequelle und den Randbedingungen des Standortes eingeholt werden müssen. Zudem könnte es, aufgrund der aktuell noch nicht auf diese Technologie ausgelegten Rechtslage, die Möglichkeit geben, rechtliche Lücken für Umsetzungen zu nutzen,

wodurch ggf. Entscheidungen mit einem größeren negativen Einfluss auf die Umwelt getroffen werden könnten.

Aufgrund der daraus resultierenden Komplexität und Unsicherheit wird angestrebt und empfohlen, den Planungs- und Genehmigungsprozess von Großwärmepumpen zu vereinfachen, um damit den Klimaschutz und die Versorgungssicherheit zu verbessern (Agora Energiewende, Fraunhofer IEG, 2023; VKU e.V. & AGFW e.V., 2023). Darüber hinaus existiert bisher aufgrund der geringen Zahl an geplanten und umgesetzten Projekten tlw. wenig Erfahrung darüber, wie, wonach und unter welchen Bedingungen Großwärmepumpen genehmigt werden.

Für eine **naturverträgliche Ausgestaltung der Energiewende** ist es jedoch wichtig, bei dem Ausbau der erneuerbaren Energien die **möglichen Auswirkungen auf Umweltschutzgüter** zu berücksichtigen. Um diesem gerecht zu werden, soll dazu dieses Sachverständigengutachten erstellt werden. **Ziel dieses Gutachtens** ist es daher, die derzeit verfügbaren Technologien zu beschreiben, die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Genehmigung von Großwärmepumpen aufzuzeigen sowie den aktuellen Kenntnisstand zu möglichen Umweltauswirkungen zusammenzutragen, um vor diesem Hintergrund die Möglichkeiten zu einer klimaschonenden und umweltverträglichen Wärmegewinnung aus Oberflächengewässern mittels Großwärmepumpen zu beurteilen.

## 2 Überblick und Status Quo

### 2.1 Umgesetzte Gewässerwärmepumpen

Ein Überblick über den Status von Großwärmepumpen, welche Gewässerwärmepumpen mit umfassen, ist online einsehbar. Das Fraunhofer IEG hat im Auftrag der LEA Hessen 2025 eine entsprechende Datenbank veröffentlicht (LandesEnergieAgentur Hessen GmbH [LEA], 2025). Berücksichtigt sind Großwärmepumpen mit einer thermischen Leistung von 420 kW und mehr. Zum 27.01.2026 sind insgesamt 156 Projekte gelistet, die zumindest angekündigt wurden oder sich sogar bereits in Betrieb befinden. Es mag weitere, nicht gelistete Projekte in Deutschland geben, die hier aber nicht genannt sind. Von den 156 Projekten nutzen Großwärmepumpen in 33 dieser Projekte ein Gewässer als Wärmequelle. Eine entsprechende Darstellung ist in Abb. 1 zu erkennen. Von den 33 Projekten wurden

- zehn Projekte bisher nur angekündigt,
- 13 weitere Projekte befinden sich in der Planung,
- drei Projekte sind im Bau und
- sieben Anlagen in Betrieb.

Eine Liste der Großwärmepumpenprojekte, die ein Gewässer nutzen und sich in Betrieb (7x) oder im Bau (3x) befinden, ist in Tab. 1 gegeben. Die weiteren, in Abb. 1 dargestellten Projekte werden in Kapitel 6 Trend und Prognose beschrieben.

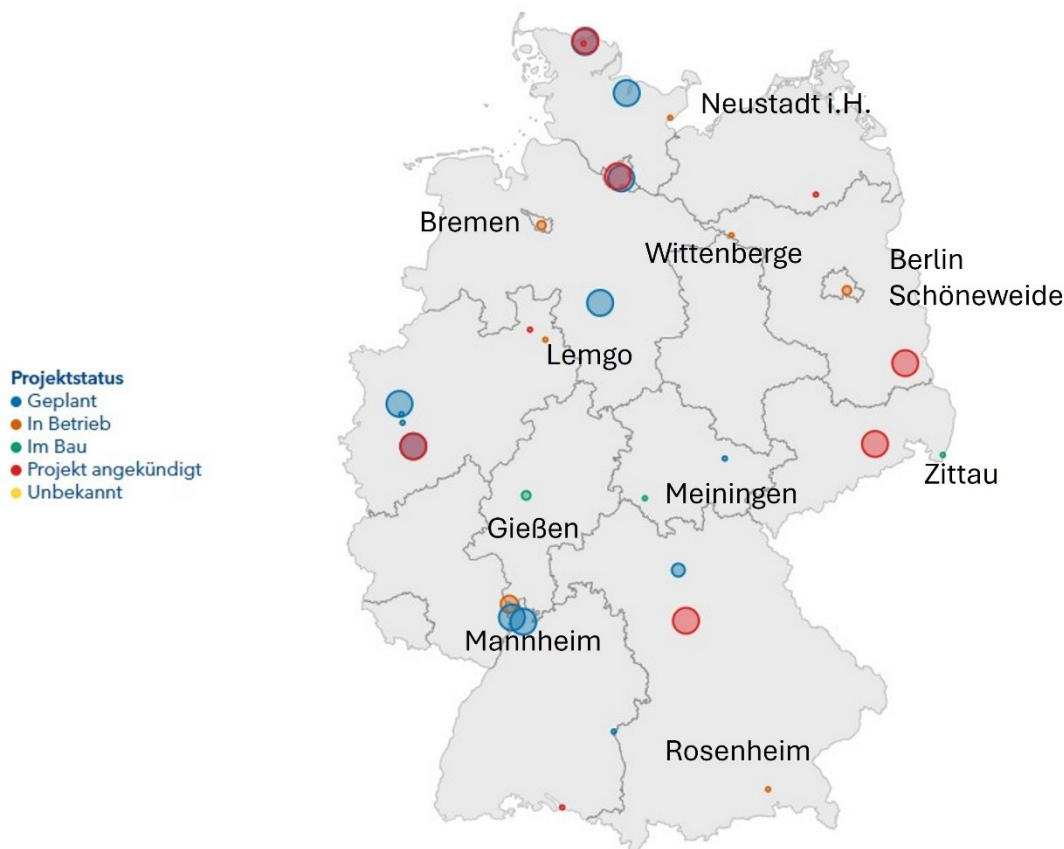


Abb. 1: Großwärmepumpen in Deutschland größer oder gleich 420kW Heizleistung und Gewässer als Wärmequelle. Die Größe des Kreises ist eine Indikation für die Heizleistung des jeweiligen Projektes (Quelle: LandesEnergieAgentur Hessen GmbH, 2025).

Tab. 1: Liste von Großwärmepumpenprojekten in Deutschland größer 500 kW Heizleistung und Gewässer als Wärmequelle

Ort	Wärmequelle	Gewässername und Zustand*	Wärmeleistung, kW	Projektstatus	Entnahmemenge, m <sup>3</sup> /h	Abkühlung Quelle, K	Zwischenkreislauf	Kältemittel
<b>Meiningen</b>	Flusswasser	Werra (o)	2.000	Im Bau	720 <sup>1</sup>	4	Ja <sup>1</sup>	NH <sub>3</sub> <sup>1</sup>
<b>Gießen</b>	Flusswasser	Lahn (o)	5.310	Im Bau	1.080 <sup>1</sup>	3-5 <sup>1</sup>	-	-
<b>Zittau<sup>2</sup></b>	Flusswasser	Mandau (o)	500 <sup>2</sup>	Im Bau	65	3-7 <sup>2</sup>	Ja <sup>2</sup>	Wasser, NH <sub>3</sub> <sup>2</sup>
<b>Neustadt in Holstein</b>	Meereswasser	Ostsee (o)	696	In Betrieb	260	3-6	Ja	NH <sub>3</sub>
<b>Wittenberge</b>	Flusswasser	Stepenitz (u)	1.100	In Betrieb	201,6 <sup>3</sup>	3	Ja	R1234ze(E)
<b>Mannheim</b>	Flusswasser	Rhein (ge)	19.000	In Betrieb	2.520	2-5	Nein	R1234ze(E)
<b>Lemgo</b>	Flusswasser	Bega (u)	1.000	In Betrieb	144 – 288 <sup>4</sup>	3-6	Nein	NH <sub>3</sub>
<b>Rosenheim</b>	Flusswasser	Mühlbach (gr)	4.680	In Betrieb	3 x 145-288	3-6	Ja	NH <sub>3</sub>
<b>Bremen</b>	Flusswasser	Weser (o)	5.000	In Betrieb	1.000 <sup>5</sup>	Ca. 3 <sup>4</sup>	Ja	R1234ze(E)
<b>Berlin Schöne-weide</b>	Flusswasser	Spree (o)	7.000	In Betrieb	700	Ca. 4 <sup>6</sup>	Ja	R1234ze(E) <sup>7</sup>

\*Gewässerökologischer Zustand/Potenzial gemäß WRRL: sehr gut (b=blau), gut (gr=grün), mäßig (ge=gelb), unbefriedigend (o=orange), schlecht (r=rot), unbekannt (u)

Wie zu erkennen ist, befindet sich erst eine geringe Anzahl an Projekten in Betrieb (sechs) oder im Bau (vier). Alle Anlagen dienen primär dem Zweck der Wärmebereitstellung. Neben dem primären Heizzweck wird die Wärmepumpenanlage in Bremen auch für Kühlzwecke

<sup>1</sup> Stadtwerke Meiningen GmbH

<sup>2</sup> Zwischenkreislauf zwischen Stufe 1 (Direktverdampfer) und Stufe 2 NH<sub>3</sub>-Wärmepumpe, Kältemittel: Wasser als Kältemittel in Stufe 1, NH<sub>3</sub> in Stufe 2

<sup>3</sup> Stadtwerke Wittenberge GmbH

<sup>4</sup> Seidel, C., Ostermann, L. & Clausen, J., 2025.

<sup>5</sup> Stadt.Energie.Speicher GmbH

<sup>6</sup> <https://www.btb-berlin.de/innovationen/energie-aus-der-spree/>

<sup>7</sup> David Weiblein, 2023.

eingesetzt. Die Projekte in Tab. 1 unterscheiden sich in Anlagengröße von 500 kW bis hin zu 19.000 kW.

Bis auf eine Ausnahme (Meerwasser) handelt es sich um Fließgewässer. Seen tauchen als Wärmequelle bisher nicht auf. Die Ursache liegt u.a. darin begründet, dass viele Versorgungsunternehmen bereits Standorte am oder in der Nähe von Gewässern haben und Flüsse tendenziell häufiger in Großstädten anzufinden sind als große Seen. Zudem kann in Teilen auf Bestandsgenehmigungen oder Bestandsinfrastruktur zurückgegriffen werden, wie u.a. in Mannheim oder an einem Wehr in Meiningen.

Die Auskühlung des entnommenen Wassers beläuft sich durchweg in einem ähnlichen Bereich von 2-6 K. Im Winter beträgt die Auskühlung typischerweise ca. 3 K, um aufgrund der niedrigen Wassertemperaturen eine dennoch lange Einsatzzeit zu gewährleisten. In der Übergangszeit und im Sommer kann die Auskühlung dann tlw. auf bis zu 6 K angehoben werden, um aus der gleichen Wassermenge mehr Wärme entziehen zu können. Diese zusätzliche Wärmemenge kommt aber nur in Betracht, wenn die Großwärmepumpe eher in der Grundlast läuft, da ansonsten keine ausreichend große Wärmeabnahme für diese Mehrleistung im Sommer vorliegt.

Als Kältemittel kommen bisher Ammoniak oder Hydrofluorolefine zum Einsatz mit einer Ausnahme, wo Wasser direkt verdampft wird. Mehr Informationen zu verwendbaren Kältemitteln sind in Kap. 3.3.2 Kältemittel zu finden.

Der Einsatz eines Zwischenkreislauf ist in den betrachteten Projekten nicht einheitlich oder vom verwendeten Kältemittel abhängig. Ein Zwischenkreislauf entspricht dabei einer zusätzlichen Systemtrennung zwischen Wärmepumpe und Gewässer durch die Verwendung eines zusätzlichen Wärmetauschers. Dadurch wird die vom Gewässer entzogene Wärme zunächst in dem Wärmetauscher auf ein Zwischenträgermedium, ein Gemisch aus Wasser und Frostschutz, übertragen, ehe dieses Zwischenträgermedium die Wärme an das Kältemittel im Verdampfer der Wärmepumpe überträgt, vgl. Kap. 3.3.

Die Abhängigkeit des Einsatzes eines Zwischenkreislaufs vom Kältemittel mag in Einzelfällen vorkommen, es treten jedoch vers. Fälle auf wie  $\text{NH}_3$  und R1234ze(E) jeweils mit und ohne Zwischenkreislauf. Bei Großanlagen, wie in Mannheim, wird aus wirtschaftlichen und Platzgründen typischerweise auf einen Zwischenkreislauf verzichtet. Stattdessen werden entsprechende Sicherheits- und Wartungsmaßnahmen im Verdampfer der Wärmepumpe und davor berücksichtigt.

Die technische Beschreibung erfolgt in der Reihenfolge Wasserentnahme (siehe Kap. 3.2), Wärmepumpe (siehe Kap. 3.3), Wassereinleitung (siehe Kap. 3.4).

## 2.2 Projektbeispiele

Im Folgenden werden zwei unterschiedliche Großwärmepumpen-Projekte vorgestellt. Diese unterscheiden sich maßgeblich in der thermischen Leistung und stehen daher exemplarisch für kleinere Anlagen und Großanlagen. Darüber hinaus sind noch weitere technische Lösungen möglich, einige davon werden in Kap. 3.2 Technische Beschreibung der Entnahme erläutert. In Abhängigkeit der örtlichen Bedingungen ist eine Umsetzung der verschiedenen Systeme sowie eine Kombination einzelner Lösungen denkbar.

### 2.2.1 Kleinanlage Stadtwerke Neustadt in Holstein

Die Stadtwerke Neustadt in Holstein bauen ein neues Nahwärmenetz, welches Wärme aus einem hohen Grad erneuerbarer Energien und Abwärme erzeugt (Stadtwerke Neustadt in Holstein). Die Vorlauftemperaturen betragen  $72^{\circ}\text{C}$ . Der Kern des Erzeugerparks ist eine  $696\text{ kW}_{\text{th}}$  Großwärmepumpe, die die Ostsee als Wärmequelle verwendet. Die Energiezentrale befindet sich ca. 110 m vom Hafenbecken entfernt, von wo das Wasser entnommen wird, in der Energiezentrale durch einen Wärmetauscher geführt und abgekühlt wird, ehe es zurück in das Hafenbecken gepumpt wird. Eine Darstellung des Systems ist in Abb. 2 zu sehen.

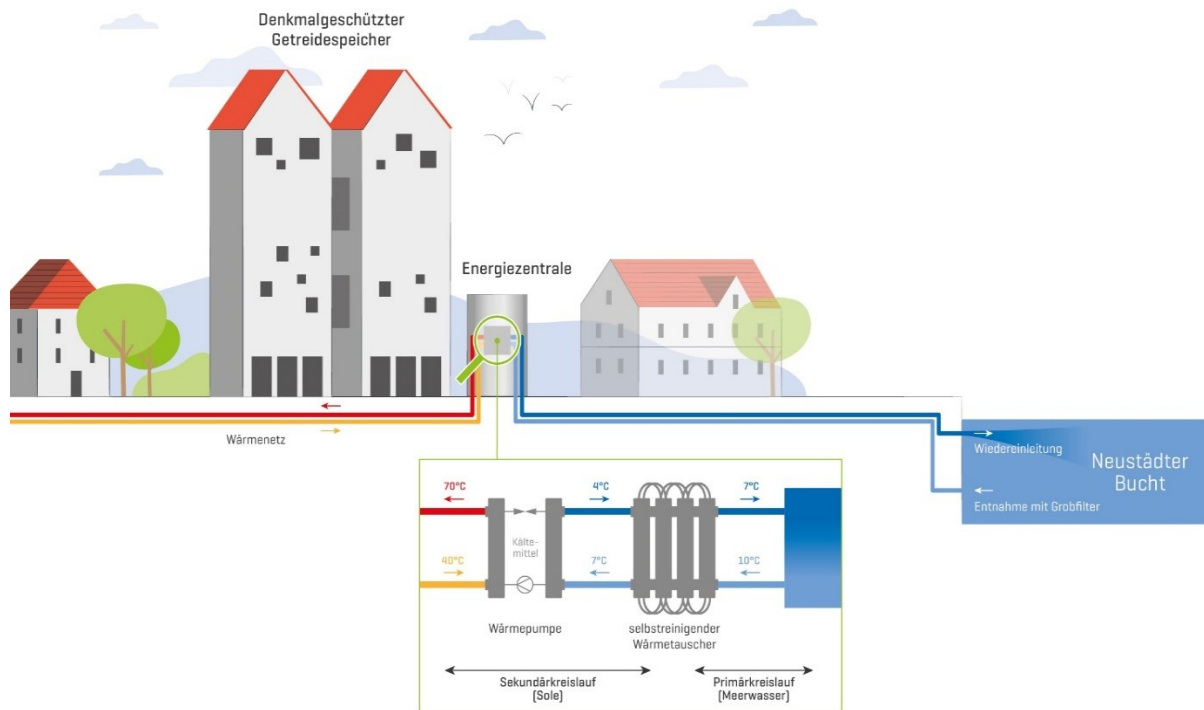


Abb. 2: Schema Nutzung Ostsee in Neustadt in Holstein.

Die Großwärmepumpe ist eine zweistufige Wärmepumpe, die Ammoniak als Kältemittel verwendet. Dadurch können sehr hohe Effizienzen erzielt werden, was in diesem Projekt ein entscheidendes Kriterium ist, da die Großwärmepumpe investiv über die Nationale Klimaschutzinitiative gefördert wird, jedoch keine Betriebskostenförderung nach der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) erhält. Die Verwendung von Ammoniak als Kältemittel bringt Hürden mit sich. Für einen nicht auszuschließenden Leckagefall musste ein Sicherheitskonzept nach Rücksprache mit der Feuerwehr erstellt und abgenommen werden.

Der Wärmetauscher für den Zwischenkreislauf ist ein separater Rohrbündelwärmetauscher mit Kugelreinigungssystem, welches Reinigungskugeln aus abbaubarem Naturkautschuk verwendet. Bei dem Wärmetauscher sowie den Entnahmeleitungen ist aufgrund des Salzgehalts der Ostsee auf eine richtige Materialwahl zu achten. Als Entnahmeleitung wird ein PE-Rohr verwendet, welches eine geringe Haftung an den Rohrinneflächen hat und kostengünstiger ist als die Verwendung von Duplexstahl. Direkt in Hafennähe befindet sich die

Entnahmestation, wo die Pumpen sowie weitere Technik enthalten sind. Bei den Pumpen handelt es sich um Tauchpumpen als Meerwasser-Ausführung in Duplexstahl.

Für die Wasserentnahme ist keine Genehmigung erforderlich. Für die Wassereinleitung wurde eine einfache Erlaubnis beantragt und genehmigt. Dazu wurden die Behörden frühzeitig kontaktiert und in das Projekt eingebunden. Das Vorhaben wurde ausführlich vorgestellt und beschrieben. Zusätzlich wurde eine hydrologische Untersuchung über die mögliche Auskühlung erstellt und Auswirkungen auf Natura 2000-Gebiete geprüft, da sich in ca. 800 m Entfernung das FFH- und VSch-Gebiet „NSG Neustädter Binnenwasser“ befindet. Diese Schritte wurden bereits vor der Antragsstellung durchgeführt. Während der Antragsstellung wurden die entsprechenden Fachabteilungen eingebunden und konnten ihre Stellungnahmen abgeben. Neben der wasserrechtlichen Erlaubnis zur Wiedereinleitung bedurfte es auch weiterer Genehmigungen, da der Hafenbereich eine Wasserstraße und ein Küstengewässer ist. Demnach wurden noch eine strom- und schiffahrtspolizeiliche Genehmigung nach § 31 des Bundeswasserstraßengesetzes (WaStrG) sowie eine Genehmigung für den Eingriff in eine Küstenanlage benötigt.

Die Entnahmemenge des Meerwassers aus dem Hafenbecken beträgt bis zu 260 m<sup>3</sup>/h. Die Wasserbewegungen im Hafenbecken zwischen Bucht und Binnengewässer aufgrund der Wasserstandsschwankungen und des Wasserabflusses von Binnengewässern wurde mit ca. 13,5-16,8 m<sup>3</sup>/s ermittelt, wodurch sich ein Anteil von ca. 0,43-0,54 % des entnommenen Wassers ergibt. Das entnommene Wasser wird im Winter maximal um 3K und im Sommer bis zu max. 6 K heruntergekühlt. Dadurch wird von einer Auskühlung des Hafenbeckens von ca. 0,26 °C ausgegangen. Für den Betrieb ist eine Wassertemperatur von min. 4 °C notwendig. (Stadtwerke Neustadt in Holstein). Zusätzlich werden UV-Röhren zum Schutz vor Fouling eingesetzt, um das entnommene Wasser durch Lichtstrahlung zu desinfizieren.

Für einen angemessenen Fischschutz wurde ein Ansaugkorb aus Edelstahl mit 3 mm Lochdurchmesser gefertigt und an der Ansaugstelle installiert. Die Abmaße des Korbs entsprechen in etwa 0,8 x 0,8 m, um eine entsprechende Ansauggeschwindigkeit geringer als 0,1 m/s einzuhalten. Zusätzlich wird während des Betriebs ein Fischmonitoring erfolgen, um zu untersuchen, welche Arten den Ansaugkorb überwinden.

### 2.2.2 Großanlage MVV AG

Das Fernwärmenetz der Rhein-Neckar-Region ist mit über 600 km Länge, 160.000 angeschlossenen Haushalten und einer jährlichen Wärmeabgabe von ca. 2,2 – 2,4 TWh eines der größten Fernwärmenetze Deutschlands (Felix Hack, 2023). Weiter schreibt Hack, dass bis 2030 das Fernwärmenetz vollständig auf grüne Fernwärme umgestellt werden soll, wobei ca. 25-30 % der Wärmeproduktion durch Flusswärmepumpen erfolgen soll.

Im Rahmen des Transformationsprozesses wurde im Jahr 2023 in Mannheim eine Flusswärmepumpe mit einer Wärmenennleistung von 19 MW<sub>th</sub> in Betrieb genommen. In Abb. 3 ist die Flusswasserentnahme und -abgabe und die Anbindung der Flusswasser-Wärmepumpe an das Fernwärmenetz sowie an einen Wärmespeicher mit einer Kapazität von 1.500 MWh<sub>th</sub> dargestellt.

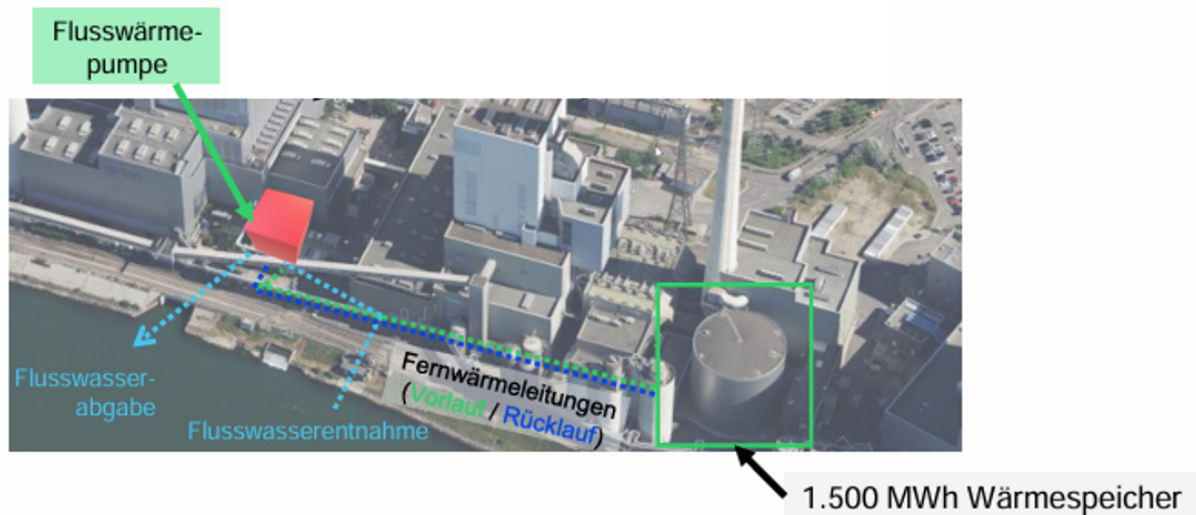


Abb. 3: Standort Flusswasser-Wärmepumpe bei der MVV AG (Quelle: Felix Hack, 2023).

Die Großwärmepumpe und die dazugehörigen Hilfsaggregate werden in einem ufernahen, industrietypischen Gebäude untergebracht. Dort befinden sich u.a. das Großwärmepumpenmodul, die Anschlüsse für Fluss- und Fernheizwasser, ein Kältemitteltank und die notwendigen elektrischen Schaltanlagen. Als Kältemittel kommt R1234ze(E) zum Einsatz und kann Wärme auf einem Temperaturniveau von bis zu 99 °C bereitstellen (Felix Hack, 2023). Bei der thermischen Nennleistung von 19 MW<sub>th</sub> erreicht die Wärmepumpe einen Coefficient of Performance (COP) von 2,78. Ein Zwischenkreislauf wurde nicht berücksichtigt. Dafür kommt eine Schwammkugelreinigungsanlage direkt im Verdampfer der Großwärmepumpe zum Einsatz (siehe dazu Kap. 3.3.1).

Für die Flusswassernutzung konnte auf eine Bestandsgenehmigung für das dort befindliche Kraftwerk zurückgegriffen werden. Somit bedurfte es einer Änderungsanzeige im Rahmen des Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG). Als Unterlagen für die Änderung wurden benötigt:

- Erläuterungsbericht zum Vorhaben
- Schallschutztechnisches Gutachten
- Gewässerökologisches Gutachten
- Hydrologisches Gutachten
- Fachbeitrag Fischschutz

Für den Betrieb der Anlage wird das Wasser aus dem Rhein entnommen, der einen mittleren Abfluss MQ von 1.400 m<sup>3</sup>/s (rd. 5 Mio. m<sup>3</sup>/h) und einen mittleren Niedrigwasserabfluss MNQ von 657 m<sup>3</sup>/s (rd. 2,4 Mio. m<sup>3</sup>/h) aufweist (Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, 2025). Die Entnahme des Flusswassers durch den Betrieb der Großwärmepumpe liegt bei 0,7 m<sup>3</sup>/s (Felix Hack, 2023). Die im Verhältnis zu anderen in Tab. 1 dargestellten Gewässerwärmepumpen große Entnahme in Mannheim entspricht < 1% vom MNQ. Beispielsweise hat das deutlich kleinere Gewässer Bega bei Lemgo, aus dem Wasser für eine Gewässerwärmepumpe entnommen wird (siehe Tab. 1), einen MNQ von 0,4 m<sup>3</sup>/s (1.440 m<sup>3</sup>/h) (Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW, 2025), sodass der Anteil der Entnahme (max. 288 m<sup>3</sup>/h) 20 % vom MNQ bzw. rd. 7 % vom MQ beträgt.

Die Auskühlung des Flusswassers kann beim Betrieb der Wärmepumpe zwischen 2-5 K variieren. Für den Betrieb der Großwärmepumpe ist jedoch eine Flusswassertemperatur von mindestens 3 °C notwendig (Felix Hack, 2023). Die Tagesmitteltemperaturen des Flusswassers des Rheins am Standort Karlsruhe in den Vergleichsjahren 2003, 2021 und 2022 zeigen keine Unterschreitung dieser Mindesttemperatur. Bei Abweichungen von der Tagesmitteltemperatur kann es in den Wintermonaten jedoch innerhalb eines Tages zu temporären Abschaltungen der Flusswärmepumpe aufgrund zu geringer Quelltemperaturen kommen (Felix Hack, 2023).

Für den Fischschutz kommt ein Rechen mit einem Stababstand von 20 mm zum Einsatz sowie eine Siebbandanlage mit einem Stababstand von ca. 2 mm.

### 2.3 Genutzte Gewässertypen

Gewässer bieten sich als Wärmequelle für Großwärmepumpen insbesondere deswegen an, weil aufgrund der großen Wassermengen sowie der spez. Wärmekapazität sehr große Leistungen auf vergleichsweise wenig Fläche im Vergleich z. B. zu Luft-Wärmepumpen erreicht werden können, viele Gewässer sich an oder in Städten befinden und sich die Wassertemperatur von Wasser träger verhält als die von Luft. Die bisher umgesetzten oder im Bau befindlichen Projekte nutzen vorwiegend Fließgewässer (Flüsse, Kanäle und Bäche) als Wärmequelle. Weitere Wärmequellen wären Seen und Küstengewässer.

#### 2.3.1 Fließgewässer (Flüsse, Bäche und Kanäle)

Fließgewässer werden nach der Größe des Einzugsgebietes kategorisiert:

- kleiner Fluss (100- 1.000 km<sup>2</sup>),
- großer Fluss (1.000- 10.000 km<sup>2</sup>)
- Strom (> 10.000 km<sup>2</sup>)

Insbesondere die Nutzung von Flüssen als Wärmequelle ist in Deutschland geplant und umgesetzt worden (LEA, 2025). Diese bieten sich aufgrund der räumlichen Nähe zu Städten und hohen Fließgeschwindigkeiten besonders an. Dadurch können hohe Leistungen und eine gute Durchmischung gewährleistet werden. Oft können bereits vorhandene Entnahme- und Einleitbauwerke bestehender Kraftwerke genutzt werden, um darüber große EntnahmelLeistungen für Großwärmepumpen zu realisieren, vgl. u.a. Projekte in Mannheim, Münster, Rosenheim, Hamburg. Darüber hinaus wird durch die Nutzung bestehender Strukturen und Anlagen der bauliche Eingriff in das Gewässer reduziert.

Insbesondere Tieflandflüsse sind für den Entzug von Wärme geeignet, da die Temperaturen auch im Winter selten unter 4 °C sinken. Daneben ist der Abfluss des Gewässers der entscheidende Parameter für die mögliche Entnahmemenge. Bei Tide beeinflussten Fließgewässern (z. B. Weser, Ems oder Elbe) sind die Zustände des auf- und ablaufenden Wassers hydraulisch zu begutachten, um Kurzschlüsse zwischen wärmeren und abgekühlten Wassern zu vermeiden.

Gemäß des Monitoringberichts vom UBA (UBA, 2023b) nahm die Wassertemperatur von Fließgewässern in allen Fischregionen außer der Äschenregion in den letzten Jahrzehnten zu. Die Äschenregion eines Fließgewässers lässt aufgrund der bisher kurzen Monitoringdauer noch keine längerfristige Aussage zu. In deren Aufzeichnungen der letzten drei Jahrzehnte stieg die Abweichung der Mitteltemperatur in Fließgewässern in den Monaten April bis Oktober in etwa um 2°C an. Solche Temperaturanstiege werden z. B. auch dort angegeben

(Technische Universität Braunschweig, 2024), wo seit 1950 ein Temperaturanstieg der Fließgewässer in Deutschland um 3-4 °C genannt wird. Dort wird bis 2050 von einem weiteren Anstieg um 1 °C ausgegangen. Zudem wird gezeigt, dass der Sauerstoffgehalt dadurch um 7,5-8,4 % abgenommen hat (Technische Universität Braunschweig, 2024).

Um dem Aufheizen von Fließgewässern zu begegnen, ist maßgeblich der Klimawandel zu bekämpfen. Großwärmepumpen, die einen Fluss als Wärmequelle nutzen, könnten demnach die Wassertemperatur in zweierlei Hinsicht positiv beeinflussen. Zum einen durch die direkte, wenn auch geringe, Abkühlung des Wassers und zum anderen durch eine Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu einem konventionellen Erzeuger zur Bereitstellung von Wärme basierend auf fossilen Energien wie Erdgas, Kohle oder Öl.

### 2.3.2 Stehende Gewässer (Seen)

Stehende Gewässer werden u.a. in natürliche und künstliche Seen (z. B. Stauseen, Hochwasserrückhaltebecken, Tagebaurestseen und Pumpspeicherkraftwerke) unterschieden. Diese Unterscheidung hat Auswirkungen auf die Genehmigungsfähigkeit (siehe Kap. 4.3.1). Insbesondere stark anthropogen geprägte Seen, wie z. B. ehemalige Braunkohlereviere oder Baggerseen sind für die Wärmenutzung im Fokus, da sie im Vergleich zu natürlichen Seen ein tendenziell eingeschränktes ökologisches Potenzial haben. Hinzu kommt, je größer der See ist, desto robuster ist er gegenüber Einleitungen thermisch veränderten Wassers (Kammer, 2018).

Seen zeichnen sich oftmals durch deutlich größere Wassertiefen aus als Flüsse. Das hat für die Nutzung als Wärmequelle von Großwärmepumpen wesentliche Vorteile.

Ein See lässt sich in verschiedene Zonen unterteilen. Die obere Wasserschicht (Epilimnion) ist tagsüber und im Jahresverlauf größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt. Im Tiefenwasser (Hypolimnion) ist die Schwankung der Wassertemperatur sehr gering, in dieser tiefsten Schicht liegt die Temperatur bei ca. 4 °C, der größten Dichte von Wasser. Dazwischen liegt die Sprungschicht. Die Verwendung des Wassers aus dem Tiefenwasser hat einige Vorteile. Es kann selbst im Winter ein Betrieb erfolgen, wodurch ein ganzjähriger Betrieb der Wärmepumpe ermöglicht wird. Außerdem kann Sonnenlicht kaum in diese tiefen Regionen vordringen, wodurch dort kaum Pflanzen anzufinden sind. Auch ist der Sauerstoffgehalt niedriger (Sofatutor). Dadurch besteht ein geringerer Einfluss von der Wasserentnahme auf Lebewesen im Wasser sowie ein geringerer Einfluss durch Pflanzen auf die Wasserentnahme in Form von Verunreinigungen. Von Nachteil ist die geringe Wassererneuerungszeit, das mittlere Volumen im Vergleich zum mittleren Abfluss, das im Vergleich zu dem Durchfluss von Flüssen i.d.R. deutlich länger ist. Dadurch ist auch die zur Verfügung stehende Entzugsleistung begrenzt.

Die Wassertemperatur hat zentralen Einfluss auf die in Seen ablaufenden physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse. Gemäß eines Monitoringberichts vom UBA (UBA, 2023c) nahm die Wassertemperatur von 38 betrachteten Seen und Talsperren in den letzten Jahrzehnten signifikant zu. In deren Aufzeichnungen der letzten fünf Jahrzehnte stieg die Abweichung der Mitteltemperatur in den betrachteten Gewässern in den Monaten April bis Oktober in etwa um 3-4 °C an. Dadurch sind neben der Temperaturerhöhung auch stoffliche Veränderungen zu erwarten. Folglich könnten heimische Arten durch nichtheimische Arten verdrängt werden, die mit der höheren Temperatur besser zurechtkommen.

Bei der Wasserentnahme aus stehenden Gewässern ist die Wassermenge an Wasserzuläufen aus dem Einzugsgebiet und ans Seevolumen gekoppelt. In Deutschland werden zulässige Entnahmemengen aus Seen in der Regel bezogen auf die standortspezifischen Randbedingungen

festgelegt. Maßgeblich sind u. a. das Erreichen/Erhalten eines Mindestwasserstands, die ökologische Funktionsfähigkeit in Einklang mit den Zielen der WRRL (siehe Kap. 4.3.1).

### **2.3.3 Küstengewässer (Nord- und Ostsee)**

Die Nutzung der Küstengewässer Nord- und Ostsee als Wärmequelle für die erneuerbare Wärmeversorgung kommt in den Bundesländern mit Meeresküsten in Frage. Definiert ist ein Küstengewässer in § 3 Nr. 2 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) als der Meeresbereich, der landseitig an der Küstenlinie beginnt, die Land-Meer-Grenze bei mittlerem Hochwasser, und bis zu 12 Seemeilen (ca. 22 km) ins Meer hinausreicht. Die Meeresgewässer unterscheiden sich von Binnengewässern durch den Salzgehalt (Nordsee: ca. 3,5 %, Ostsee: ca. 1,5 %), die in der Regel stärkeren Wellenbewegungen sowie in der Nordsee die tidebedingten Änderungen des Wasserstands.

Gemäß des Monitoringberichts vom UBA (UBA, 2023a) nahm die Wassertemperatur der Nordsee in den letzten Jahrzehnten zu. In deren Aufzeichnungen der letzten vier Jahrzehnte stieg die Abweichung der Mitteltemperatur in Fließgewässern in den Monaten April bis Oktober in etwa um 1-2 °C an. Im Mittel um ca. 0,26 °C pro Jahrzehnt. Ähnliches gilt auch für die Ostsee, die sich seit den 1990er Jahren um beinahe 2 °C erwärmt hat (NDR).

### 3 Technische Beschreibung

Für ein besseres Gesamtverständnis über die Komplexität von Gewässerwärmepumpen dient dieses Kapitel zur technischen Beschreibung wichtiger Bestandteile des Systems. Dies lässt sich generell unterteilen in

- die Entnahme vom Gewässer bis zu der Energiezentrale, wo sich die Wärmepumpe und ggf. weitere Anlagentechnik befindet,
- der Anlagentechnik in der Energiezentrale mit Wärmepumpe, Wärmetauscher bei einem Zwischenkreislauf und z. B. Reinigungsvorrichtungen sowie dem Einsatz eines geeigneten Kältemittels,
- die Wiedereinleitung des abgekühlten Wassers in das Gewässer.

Zuvor wird auf technische Analogien eingegangen, die sich aus anderen Bereichen mit teilweise ähnlichen Herausforderungen ergeben.

#### 3.1 Technische Analogien

Die Gewässer in Deutschland unterliegen vielfältigen Nutzungen. So werden Oberflächengewässer zur kommunalen Wasserversorgung (Trinkwasserentnahme und Abwassereinleitung), zur Kühlung von Industrieanlagen, zur Energiegewinnung (Wasserkraft), zur Wärmegewinnung, zur Bewässerung und Fischzucht genutzt. Für jede Nutzung sind unterschiedliche Entnahmebauwerke notwendig. Bezüglich der Entnahmemenge sind Analogien zur Wärmegewinnung im Bereich Kühlwasserentnahme, Trinkwasserentnahme und Entnahme zur Bewässerung und Fischzucht gegeben. Im Gegensatz dazu wird bei der Entnahme zur Wasserkraftnutzung meist ein größerer Teil des zur Verfügung stehenden Wassers genutzt, so dass hier Vergleiche höchstens im Bereich des Fischabstiegs zu finden sind.

Die größte Schnittmenge bezüglich der technischen Auslegung und der zu betrachtende Eingriffe besteht mit der Kühlwasserentnahme. Als wesentlicher Unterschied ist hierbei die Art der thermischen Veränderung des Wassers zu nennen (siehe Kap. 3.4). Bestehenden Analogien zu etablierten Technologien werden in den nachfolgenden Kapiteln aufgegriffen.

#### 3.2 Technische Beschreibung der Entnahme

Bei Gewässerwärmepumpen wird grundsätzlich zwischen offenen und geschlossenen Systemen unterschieden, mit denen einem Gewässer Wärme entzogen wird. Bei geschlossenen Systemen wird der Wärmetauscher direkt im Gewässer platziert, der die Wärme aus dem umgebenden Wasser aufnimmt und an die Wärmepumpe weitergibt, z. B. wie in (FRANK GmbH, 2025). Diese Systeme werden eher bei Kleinanlagen in Betracht gezogen. Bei Großwärmepumpen stehen offene Systeme im Fokus, die das Wasser dem Gewässer zunächst entnehmen, durch einen Wärmetauscher herunterkühlen und dann wieder zurückführen, wie in Abb. 4 dargestellt (Forschungsstelle für Energiewirtschaft [FfE], 2024). Die Entnahme erfolgt in verschiedenen Ebenen (siehe Abb. 4), die in den nachfolgenden Unterkapiteln erläutert werden.

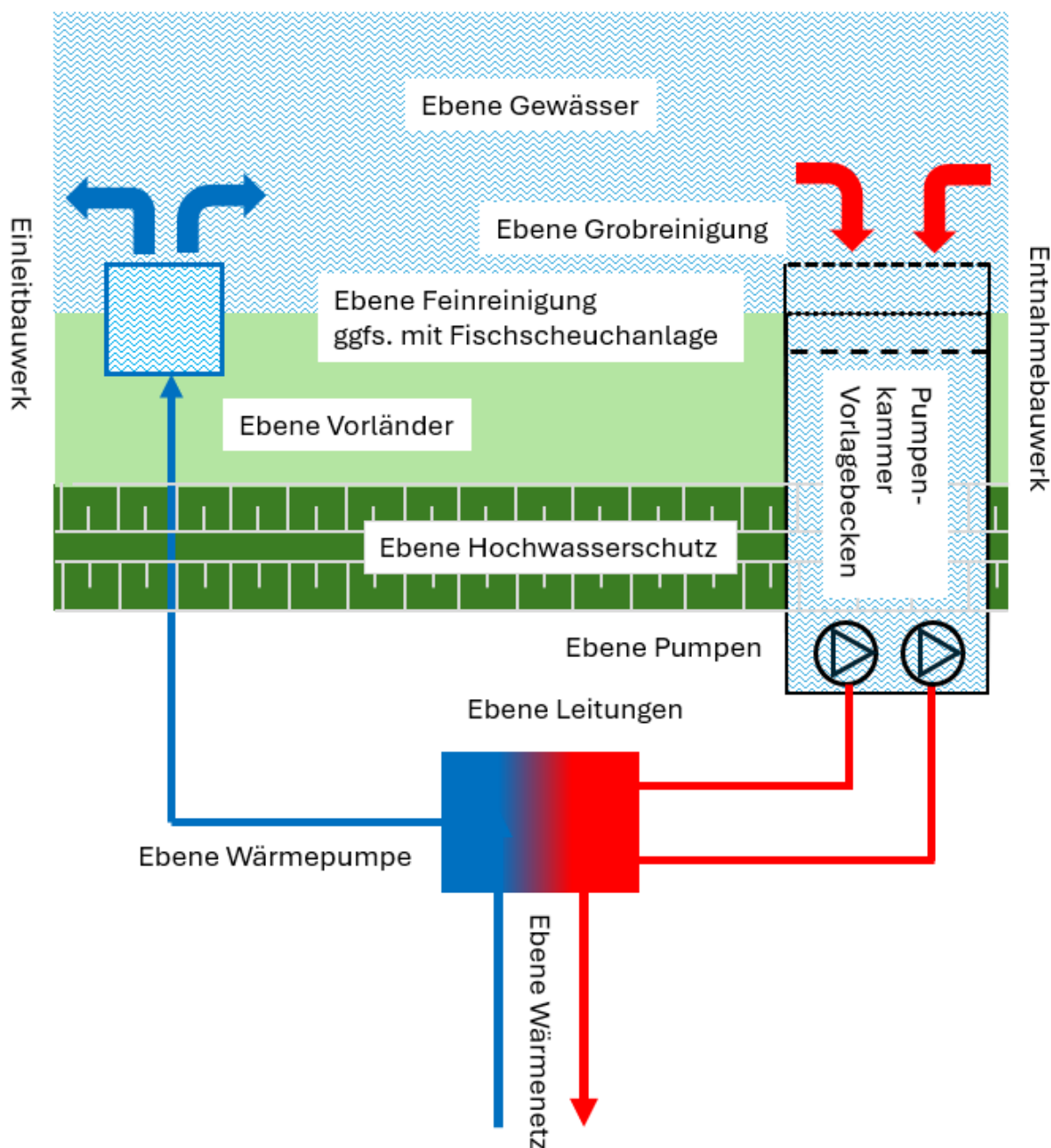


Abb. 4: Skizzenhafte Darstellung der Systemebenen der Wasserentnahme für eine Gewässerwärmepumpe; bei einer Kühlwasserentnahme wechseln die Farben (Quelle: BWS).

### 3.2.1 Gewässerentnahme

Die Entnahmen bei im Bau befindlichen und betriebenen Anlagen in Deutschland (siehe Tab. 1) reichen von ca. 100 bis 300 m<sup>3</sup>/h bei kleineren Anlagen mit einer Wärmeleistung von bis zu 1.000 kW (bspw. Neustadt i.H./Meerwasser oder Lemgo/Flusswasser) bis hin zu rd. 2.500 m<sup>3</sup>/h bei einer Leistung von 19.000 kW wie bei der Anlage in Mannheim.

Es ist zu beachten, dass die Entnahmemenge zwischen Sommer (geringer Wärmebedarf) und Winter (hoher Wärmebedarf) schwankt. Dadurch entstehen Stillstandzeiten, die sich auf die beweglichen Teile (Rechen, Pumpen, etc.) und Becken und Leitungen (Ablagerungen, Sedimentation) auswirken. Hochwasserereignisse im Gewässer bestimmen Bauwerksoberkanten und Anschlüsse an Hochwasserschutzeinrichtungen. Zudem bestimmt der Gewässertyp die

Art und die Lage der Entnahme. Bei Schifffahrt oder Bootsverkehr sind ungünstige Strömungen durch die Wasserentnahme zu berücksichtigen. Während Niedrigwasserphasen kann es ebenfalls zu Einschränkungen bei der Wasserentnahme aus Mindestwasserständen und/oder -abflüssen des Entnahmegewässers, sowohl aus technischen (kein/wenig Zufluss ins Entnahmebauwerk) als auch aus regulatorischen (Gewässerschutz) Gründen, kommen.

Da bei der technischen Auslegung des Entnahmebauwerks ökologische Randbedingungen maßgebend sind, gehen die nachfolgenden Kapitel bereits auf ökologische Zusammenhänge ein. Kap. 5 behandelt darüber hinaus die Wirkfaktoren und Schutzgüter aus gewässerökologischer Perspektive.

Bei Flüssen liegt das Entnahmebauwerk grundsätzlich im Oberwasser des Einleitbauwerks, um Kurzschlussströmungen zu vermeiden. Das Wasser strömt an dem Entnahmebauwerk vorbei. Der Anteil des entnommenen Wassers zum Anteil des Gesamtabflusses ist gering. Aus diesen Gründen sind die Anforderungen an den Anprallschutz für die Grobrechen geringer einzustufen. Die Entnahmemenge sollte so gewählt werden, dass sie an den Durchfluss des Gewässers angepasst ist. Das Wasser wird zwar nur temporär entnommen und in der Bilanz verändert sich der mengenmäßige Zustand nicht. Durch die kurzzeitige Entnahme kann es jedoch in Abhängigkeit von Entnahmemenge und dem Abstand zwischen Entnahmestelle und Wiedereinleitung zu einem verminderten Durchfluss im Gewässer kommen. Die maximal zu entnehmende Wassermenge ist daher gemäß § 33 WHG nach oben beschränkt, um eine „ökologisch verträgliche Mindestwasserführung zu gewährleisten“. Erfahrungswerte aus langjährigen Beobachtungen bieten eine Orientierung zur Begrenzung der Entnahme in Abhängigkeit vom Durchfluss für eine gewässerökologische Verträglichkeit. In der Fachliteratur wird bspw. aufgeführt, dass die Wasserentnahme weniger als 1/3 des MNQ betragen sollte (Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2020), (ARSU GmbH, 2016) und (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV), 2021). Im Jahr 2019 hat die Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zudem Mindestwasserorientierungswerte (MOW) veröffentlicht (Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2019), mit denen eine stärkere Differenzierung in Abhängigkeit vom Gewässertyp möglich ist. Für das Fallbeispiel Bega (siehe Tab. 1) ergibt sich nach Anwendung der darin vorgesehenen Methodik ein erforderlicher Mindestabfluss von  $0,31 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1.124 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Bei einer vorgesehenen maximalen Entnahme von  $288 \text{ m}^3/\text{h}$  wird der nach LAWA (2019) ermittelte Mindestabfluss sowohl unter MQ- als auch unter MNQ-Bedingungen eingehalten.

Bei Seen als Wärmequelle sollte die Rückführung des abgekühlten Wassers in entsprechender Tiefe erfolgen, um die Temperaturschichtung nicht zu stören. Dadurch sind Entnahme- und Einleitungen typischerweise länger als die Wasserentnahme von Flüssen und Küstengewässern.

Bei tidebeeinflussten Gewässern, wie der Nordsee und angrenzenden Flüssen, sind die Zustände des auf- und ablaufenden Wassers hydraulisch zu begutachten, um Kurzschlüsse zwischen warmen und abgekühlten Wassern zu vermeiden. Aus den hohen Salzgehalten der Küstengewässer ergeben sich zudem besondere Anforderungen an den Korrosionsschutz bzw. die Bemessung der Bauwerke.

### 3.2.2 Grobreinigung

Die Grobreinigung bildet die erste Stufe bei der Wasserentnahme und erfasst als solche z. B. große Äste, Baumstämme oder Wurzeln, die zum Schutz der nachfolgenden Feinrechenanlage entnommen werden müssen. Sie erfolgt z. B. unter dem Einsatz robuster Grobrechen, die große Spaltweiten aufweisen.

Reinigungsmaschinen sind aufwendigere Verfahren zur Grobreinigung des Wassers. Die Entfernung des Rechenguts erfolgt automatisch, benötigt jedoch einen hohen Aufwand an Unterhaltung.

Eine weitere Funktion der Grobreinigungselemente stellt bei einer Nutzung des Gewässers durch Schifffahrt der Anprallschutz von Schiffen dar.

Für Anlagen an Seen kann die Entnahme über ein Entnahmerohr erfolgen, sodass hier die Grob- und Feinreinigung im klassischen Sinne bzw. analog zu Wasserkraftanlagen entfällt. Alternativ können Seiher zum Einsatz kommen, wie bspw. in Horw (siehe Abb. 5), die u.a. von der Firma TECmetall GmbH hergestellt werden (<https://www.lochblech.ch/product/seiher/>).



Abb. 5: In Horw (Schweiz) eingesetzter Seiher (Quelle: Energieinstitut Vorarlberg, 2024).

(Gappisch et al., 2024) empfiehlt, die Einlauföffnung der Saugleitung mindestens 0,6 m oder zwei bis vier Rohrdurchmesser über dem Gewässergrund zu legen, um ein Aufwirbeln des Sohlsubstrats zu verhindern. Die Fläche des Filters sollte dabei groß genug sein, um die Anströmgeschwindigkeit gering zu halten.

Auswirkungen:

- Entnahme von Biomasse als Rechengut aus dem Gewässer
- Komplexe Bauwerke mit einem hohen Bauaufwand
- Hoher Wartungsaufwand von beweglichen Teilen insbesondere nach Stillstandzeiten

### 3.2.3 Feinreinigung

Die Feinreinigung hat technisch die primäre Aufgabe, Pumpen vor Verschmutzung zu schützen und kann nach heutigem Stand der Technik und analog z. B. zur Kühlwasserentnahme über Feinrechen oder Filtersysteme erfolgen. Dabei werden zum einen biologische und abfalltechnische Stoffe aus dem Gewässer entnommen zum anderen aktiver Fischschutz betrieben. Eine entsprechende Auslegung der Anströmgeschwindigkeiten, der Stababstände und/oder der Filtergrößen minimiert die Zahl der in die Anlage eindringenden Fische.

Zur Minimierung der Schäden kann die Ebene der Feinreinigung mit elektrischen, optischen oder akustischen Fischechanlagen flankiert werden. Diese Verhaltensbarrieren haben im Vergleich zu mechanischen Barrieren wie Rechen jedoch einen deutlich geringeren Effekt (LUBW, 2016).

#### 3.2.3.1 Feinrechenanlagen

Feinrechenanlagen werden horizontal oder vertikal angeströmt. Die Stäbe können dabei eine vertikale oder horizontale Ausrichtung haben. Aus biologischer Sicht ist die lichte Weite der Stababstände für die Auslegung der Rechen entscheidend. Für Wasserkraftanlagen hat Ebel 2024 Werte zusammengetragen (siehe Tab. 2), die als Orientierung für ähnliche Nutzungen verwendet werden können. Diese werden von (Ecologic Institut und IGF Jena, 2023) bestätigt bzw. ergänzt. Maßgebliches Kriterium bei der Zusammenstellung der Werte war, das Eindringen von Fischen in die Turbinen zu verhindern – kleinere Organismen wurden hierbei nicht berücksichtigt. Im Sinne des Fischschutzes kann die lichte Weite zudem geringer gewählt werden, als aus technischer Sicht bzgl. tolerierbarer Partikelgrößen notwendig (Ebel, 2023), S. 259.

Da das Verhältnis von Entnahme und Wasserkörper bei Gewässerwärmepumpen im Vergleich zu Wasserkraftanlagen (häufig wird ein großer Teil des zu Verfügung stehenden Wassers genutzt) nicht so groß ist, müssen passiv abwandernde Fische, wie zum Beispiel der Aal bei der Wahl der Rechenstababständen nicht vorrangig berücksichtigt werden. Es sind durch die Anströmgeschwindigkeit durch den Pumpenbetrieb eher schwimmschwache Individuen (z. B. Neunauge, Gründling) zu betrachten. Der maximal zulässige Stababstand an Feinrechen liegt für das Neunauge bspw. bei 5 mm.

Tab. 2: Empfehlungen für lichte Weite von physisch undurchlässigen mechanischen Barrieren mit Stab- und Maschenstruktur für ausgewählte Arten und Stadien (Tab. 47 verändert nach (Ebel, 2023), S. 454)

Art/Artengruppe	Stadium	TL (cm)	maximal zulässige Weite (mm)	
			S <sub>Stab</sub>	S <sub>Masche</sub>
Diadrome Arten				
Aale ( <i>Anguillidea</i> )	Gelb-, Blankaal	30	9	9
	Gelb-, Blankaal	50	15	15
	Gelb-, Blankaal	60	18	18
	Smolt	10	10	18

Art/Artengruppe	Stadium	TL (cm)	maximal zulässige Weite (mm)	
			S <sub>Stab</sub>	S <sub>Masche</sub>
Salmoniden ( <i>Salmonidea</i> )	Smolt	15	15	27
	Kelt	50	48	84
Neunaugen ( <i>Petromyzontidea</i> )	Macrophtalmia	10	5	5
	Macrophtalmia	15	7	7
Potamodrome Arten				
Äsche ( <i>Thymallus thymallus</i> )	juvenil	10	11	16
	juvenil	20	20	38
Bachforelle ( <i>Salmo trutta</i> )	juvenil	10	10	18
	juvenil/adult	20	20	36
Barbe ( <i>Barbus barbus</i> )	juvenil	10	10	15
	juvenil/adult	20	21	33
Brasse ( <i>Abramis brama</i> )	juvenil	10	9	28
	juvenil/adult	20	18	60
Döbel ( <i>Squalius cephalus</i> )	juvenil	10	10	17
	juvenil/adult	20	23	39
Gründling ( <i>Gobio gobio</i> )	juvenil/adult	10	11	15
	adult	15	20	26
Nase ( <i>Chondrostoma nasus</i> )	juvenil	10	8	16
	juvenil/adult	20	19	36
Plötze ( <i>Rutilus rutilus</i> )	juvenil	10	10	22
	juvenil/adult	15	16	36
Zander ( <i>Sander lucioperca</i> )	juvenil	10	9	14
	juvenil	20	19	31

TL= Totallänge, S<sub>Stab</sub> = maximal zulässige lichte Weite bei Stabstruktur, S<sub>Masche</sub> = maximal zulässige lichte Weite bei Maschenstruktur (gültig für kreisförmige und quadratische Maschen)

Für die Anlage in Lemgo (siehe Tab. 1) wurde bspw. ein Horizontalrechen mit einem Stababstand von 1,5 cm gewählt. Eine vorgelagerte Schwelle verhindert die Entnahme bei Niedrigwasser (siehe Abb. 6).



Abb. 6: Einlaufbauwerk an der Bega in Lemgo (Quelle: Seidel, C., Ostermann, L. & Clausen, J., 2025).

In Wittenberge an der Stepenitz (siehe Tab. 1) kam stattdessen ein engmaschiger Trommelrechen (keine Angaben zu Maschenweiten) zum Einsatz (siehe Abb. 7). Die Entnahme erfolgt mittels Tauchpumpen, die das Wasser über eine 270 m lange Erschließungsleitung vom Pumpenschacht im Einlaufbauwerk zum Heizkraftwerk pumpen.



Abb. 7: Entnahmehauwerk an der Stepenitz/Wittenberge (Quelle: Windyhill Property GmbH, 2024).

Für eine biologische Schutzwirkung ist zusätzlich die Anströmgeschwindigkeit am Rechen entscheidend (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Empfehlungen für Anströmgeschwindigkeit an konventionell angeordneten Rechen für ausgewählte Arten und Stadien, gültig für T = 5 °C (verändert nach (Ebel, 2023), S. 457)

Art/Artengruppe	Stadium	TL (cm)	V <sub>Anström</sub> [m/s]
Diadrome Arten			
Aale ( <i>Anguillidea</i> )	Gelb-, Blankaal	30	0,27
	Gelb-, Blankaal	50	0,37
	Gelb-, Blankaal	60	0,41
Salmoniden ( <i>Salmonidea</i> )	Smolt	10	0,38
	Smolt	15	0,53
	Kelt	50	0,50
Neunaugen ( <i>Petromyzontidea</i> )	Macrophtalmia	10	0,10
	Macrophtalmia	15	0,15
Potamodrome Arten			
Äsche ( <i>Thymallus thymallus</i> )	juvenil	10	0,38
	juvenil	20	0,66
Bachforelle ( <i>Salmo trutta</i> )	juvenil	10	0,38
	juvenil/adult	20	0,66
Barbe ( <i>Barbus barbus</i> )	juvenil	10	0,38
	juvenil/adult	20	0,66
Brasse ( <i>Abramis brama</i> )	juvenil	10	0,28
	juvenil/adult	20	0,48
Döbel ( <i>Squalius cephalus</i> )	juvenil	10	0,38
	juvenil/adult	20	0,66
Gründling ( <i>Gobio gobio</i> )	juvenil/adult	10	0,38
	adult	15	0,53
Nase ( <i>Chondrostoma nasus</i> )	juvenil	10	0,38
	juvenil/adult	20	0,66
Plötze ( <i>Rutilus rutilus</i> )	juvenil	10	0,28
	juvenil/adult	15	0,39

Art/Artengruppe	Stadium	TL (cm)	$V_{\text{Anström}}$ [m/s]
Zander ( <i>Sander lucioperca</i> )	juvenil	10	0,28
	juvenil	20	0,48

TL= Totallänge,  $V_{\text{Anström}}$  = maximal zulässige Anströmgeschwindigkeit

Die maximale Anströmgeschwindigkeit an einem 90° angeströmten Feinrechen liegt bspw. bei 0,1 m/s für das Neunauge. Die zulässigen Anströmgeschwindigkeiten sollten entsprechend der vorkommenden Arten gewählt werden.

Als Beispiel für einen horizontalen Feinrechen dient folgende Abbildung, in der im Vordergrund der Rechen mit horizontal angeordneten Rechenstäben zu sehen ist. Im Hintergrund steht die Rechenreinigungsmaschine, die das Rechengut aus den Rechenstäben harkt. Der Stababstand und die Anströmgeschwindigkeit ergibt sich aus den im Gewässer vorhandenen Fischpopulation.



Abb. 8: Beispiel für einen Horizontalrechenreiniger vor der Inbetriebnahme (Quelle: Metallbau-Wasserkraft Onnen Krieger GmbH & Co. KG, 2025).

Die Geiger® MultiDisc® Siebbandmaschine ist ein Beispiel für eine mechanische Barriere, bei der sich die im Anströmbereich befindlichen Fische mit Trögen an den Siebelementen aufgenommen und über ein Rinnensystem ins Gewässer rückgeführt werden. (siehe Abb. 9). Das System wird bspw. im Großkraftwerk in Mannheim und im Kraftwerk Moorburg in Hamburg eingesetzt.

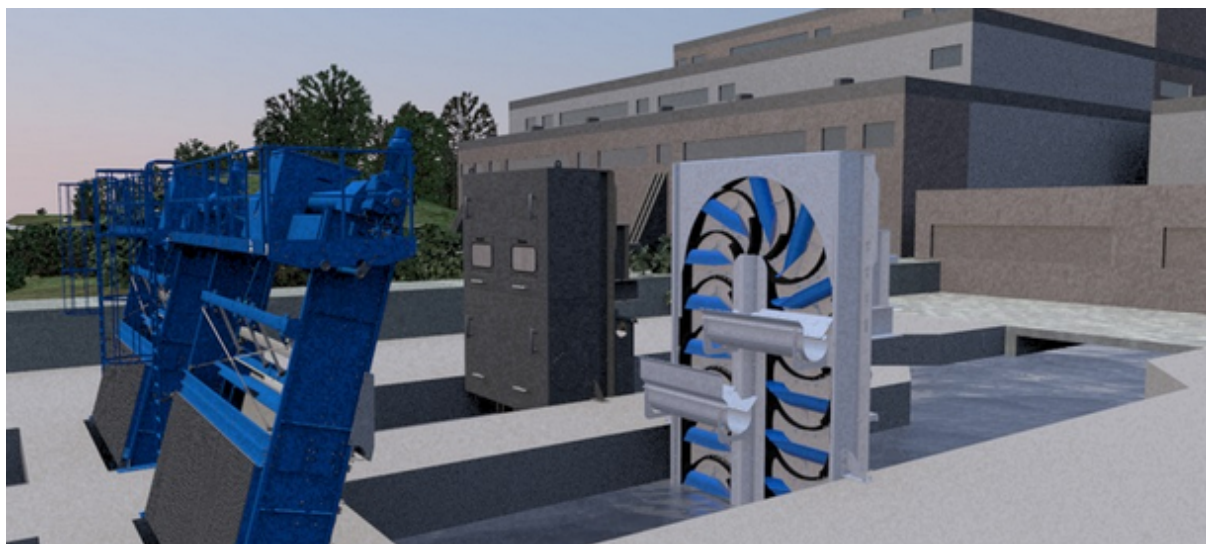


Abb. 9: Geiger® MultiDisc® Siebbandmaschine mit Fischbechern zur Fischrückführung (Quelle: Passavant-Geiger GmbH, 2025b).

Auswirkungen:

- Anströmgeschwindigkeit und lichte Weite von Rechen ergeben die Bauwerksgröße
- Komplexe Bauwerke mit einem hohen Bauaufwand
- Hoher Wartungsaufwand von beweglichen Teilen insbesondere nach Stillstandzeiten

### 3.2.3.2 Filtersysteme

Neben den oben behandelten Feinrechenanlagen können auch Filtersysteme als mechanische Barrieren zum Einsatz kommen, insbesondere bei kleineren Anlagen oder an Standorten mit geringer Belastung durch Schweb- und Treibstoffe. Die Filter bestehen häufig aus Edelstahlgehäuse mit Filterelementen aus Polyamid oder perforierten Blechen, wie in Neustadt i.H., vgl. Kap. 2.2.1, und können je nach Auslegung automatisch oder manuell gereinigt werden. Als ein weiteres Beispiel kann TAPIS® von der Firma Taprogge angeführt werden (siehe Abb. 10), eine Filteranlage mit Rückspüleinrichtung, die u.a. als Vorreinigungsstufe in Haupt- und Nebenkühlkreisläufen von Kraftwerken eingesetzt wird. Die Reinigung der Anlage erfolgt über einen Rückspülstoß mittels Druckluft nach Bedarf oder ca. zweimal pro Tag. Diese Art der automatisierten Reinigung bietet sich eher für Fließgewässer und Küstengewässer an und weniger für Seen, wo stärker auf eine geringe Durchmischung sowie eine Temperaturschichtung geachtet wird.

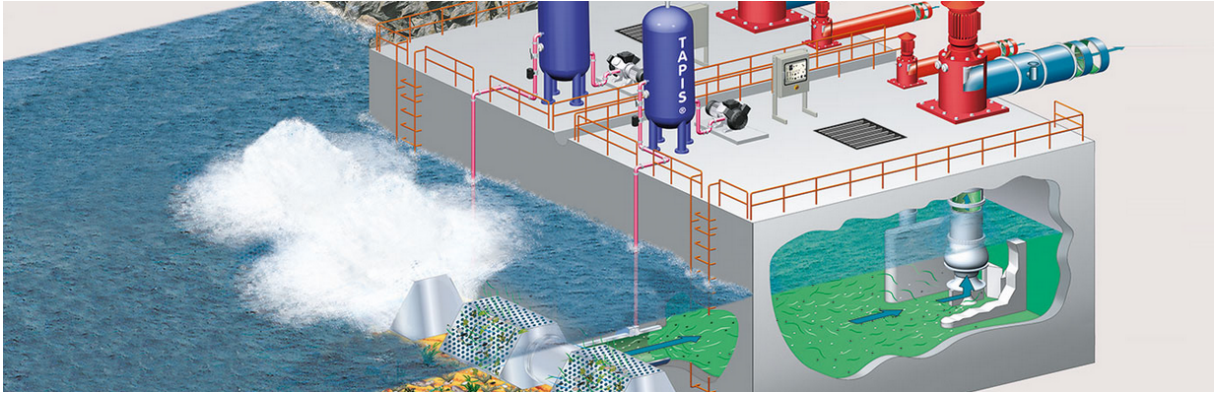


Abb. 10: Systemskizze des TAPIS® mit Rückspülung (Quelle: Taprogge Gesellschaft mbH, 2025).

Die Filteranlagen selbst bestehen aus rechteckigen oder runden Filterelementen (Polyedern), die von allen Seiten angeströmt werden, siehe Abb. 11. Die Filterfläche und damit die Anzahl der Filterelemente ergibt sich analog zu den Rechen aus der Wasserentnahmemenge, der geplanten Anströmgeschwindigkeit und dem geplanten Filtrationsgrad. Eine solche Anlage ist in Esbjerg/Dänemark installiert (Meerwasserentnahme) und wird aktuell für weitere in Planung befindlicherer Anlagen in Betracht gezogen. Die Perforation beträgt standardmäßig 10mm, kann aber entsprechend variiert werden.

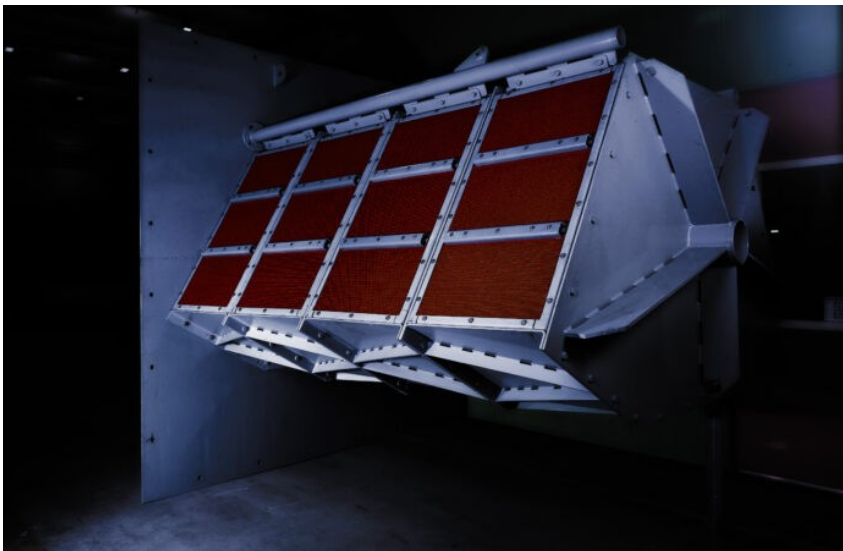


Abb. 11: Filterelemente (Polyeder) zur Wasserentnahme, genannt TAPIS® (Quelle: Taprogge Gesellschaft mbH).

Die gesamte Filterfläche, bzw. Rechenfläche ergibt sich aus der Entnahmemenge, der Rechenstababstände bzw. dem Filtrationsgrad und der Anströmgeschwindigkeit. Folglich sind Anlagen mit einer hohen Wärmeproduktion und hohen ökologischen Schutzansprüchen mit großen Filter- oder Rechenflächen versehen.

Auswirkungen:

- Anströmgeschwindigkeit und lichte Weite von Filtern ergeben die Bauwerksgröße
- Vergleichsweise geringer Wartungsaufwand durch jährliche Inspektion, da keine beweglichen Teile vorhanden sind

### 3.2.4 Vorländer

Je nach Art und Größe einer Gewässerwärmepumpe ist die Verlegung von Entnahme- und Einleitstrukturen inklusive Leitungen erforderlich, um den Wassertransport zwischen dem Gewässer und der Wärmepumpenanlage zu gewährleisten. Hierbei müssen die Vorländer wie z. B. Deiche oder Uferzonen gequert werden. Bei Anordnung des Entnahmebauwerks an einer festen Uferstruktur (Stahlbeton oder Spundwände), wie zum Beispiel einer Hochwasserschutzmauer oder Kaimauer, sowie anderen Dammbauwerken, entfällt die Kreuzung der Vorländer. Bei Anordnung im Bereich von Hochwasserschutzdeichen werden die Vorländer gekreuzt. Diese Kreuzung stellt einen Eingriff in das Abflussregime des Gewässers dar und ist unter ökologischen und bautechnischen Gesichtspunkten planerisch herausfordernd. Um die Natur und das Gewässer zu schonen, empfiehlt es sich bereits vorhandene Bauwerke und Eingriffe wie z. B. an (Wasser-)Kraftwerken zu nutzen, falls vorhanden, u.a. (FfE, 2024).

Insbesondere bei Seen mit einer ausgedehnten Flachwasserzone ist deren besondere gewässerökologische Bedeutung für die Reinigungsleistung des Sees zu berücksichtigen. Der Eingriff beim Einbringen der Leitung kann durch den Einsatz von Spülbohrverfahren verringert werden (Kammer, 2018). In einer Machbarkeitsstudie (Landespressestelle Vorarlberg, 2024) wird bspw. vorgeschlagen, die Entnahme- und Rückführungsleitung im Bereich der Flachwasserzone mittels Bohrung herzustellen und erst ab dem Übergang zum Tiefenwasser auf dem Seeboden zu verlegen. Ein Spülbohrverfahren kam bspw. in Steinach/St. Gallen<sup>8</sup> und Kesswil/Thurgau<sup>9</sup> bei der Leitungsverlegung zur Entnahme von Wasser aus dem Bodensee zur Anwendung.

Auswirkungen:

- Bautechnischer Eingriff in die Flachwasserzone und den Uferbereiche
- Hoher Bauaufwand – temporäre Wasserhaltung
- Entwicklung des Hochwasserschutzes durch den Klimawandel – z. B. Deichrückverlegungen und Bauwerkserhöhung

### 3.2.5 Hochwasserschutz

Bei der Leitungskreuzung oder Bauwerkseinbindung in Hochwasserschutzbauwerke sind die gesetzlichen Planungsanforderungen herausfordernd. Dazu kommen die Anforderungen resultierend aus dem Klimawandel bezüglich der Höhe der Hochwasserschutzeinrichtungen bzw. der integrierten Bauwerke.

Bei der Planung und dem Bau von Gewässerwärmepumpen sind die Anforderungen aus dem bestehenden und zukünftigen Hochwasserschutz zu berücksichtigen.

Auswirkungen:

- Risiko für Hochwasserschutz bei Bauwerksdurchführungen - Sollbruchstellen
- Hoher Bauaufwand

---

<sup>8</sup> <https://www.triton-ing.ch/post/w%C3%A4rmegewinnung-aus-dem-bodensee-dank-realisierter-seewasserfassung-und-r%C3%BCckgabe-in-steinach>

<sup>9</sup> [https://www.baublatt.ch/index.php/baupraxis/ausbau-von-seewasserwerk-kesswil-leitungsverlegung-im-bodensee-31318?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.baublatt.ch/index.php/baupraxis/ausbau-von-seewasserwerk-kesswil-leitungsverlegung-im-bodensee-31318?utm_source=chatgpt.com)

- Entwicklung des Hochwasserschutzes durch den Klimawandel – z. B. Deichrückverlegungen und Bauwerkserhöhung

### 3.2.6 Pumpen

Die Pumpanlage fördert das Wasser aus dem Gewässer zu der Wärmepumpe. Die Anlage bemisst sich aus der zu fördernden Wassermenge bzw. Fördervolumen und die Förderhöhe als Druckhöhe. Daneben sind der Wirkungsgrad und der Leistungsbedarf bei der Auswahl der Pumpen zu berücksichtigen.

Um die Dauerhaftigkeit der Pumpe sicherzustellen, muss darauf geachtet werden, dass es am Einlass zur Pumpe zu keiner Kavitation kommt. Damit die Pumpanlagen zu jederzeit Wasser fördern können, werden sie redundant ausgelegt. Das bedeutet, wenn eine Pumpe gewartet wird oder ausfällt, steht die andere Pumpe zu Verfügung.

Pumpen zur Wasserentnahme können unterschiedlich konfiguriert werden:

- Entweder wird das Wasser aus einem Vorlagebecken bzw. Speicherbecken zur Wärmepumpe gefördert. Das Becken wird nach der Ebene „Feinreinigung“ angeordnet. Über den Wasserstand in dem Becken wird kontrolliert, ob der Zustrom zur Anlage ausreicht, oder ob der Rechen oder Filter gereinigt werden muss (siehe Abb. 12).

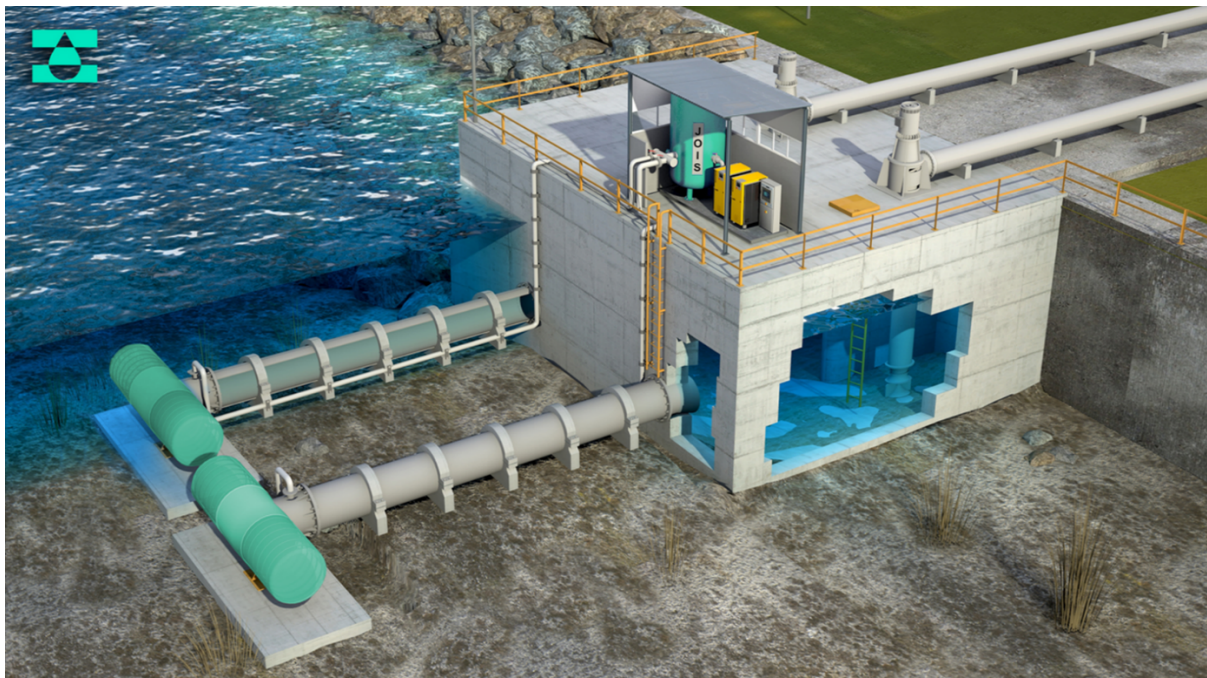


Abb. 12: Pumpanlage mit Filter und Vorlagebecken (Quelle: Aqseptence Group GmbH).

- Zum anderen kann das Wasser direkt aus dem Gewässer gefördert werden, dabei muss jedoch ein Filtersystem (siehe Kap. 3.2.3 und Abb. 13) vorgeschaltet sein. Die Saugleitung beginnt an der Filtereinheit und führt bis zur Pumpe. Die Druckrohrleitung beginnt an der Pumpe und endet an der Wärmepumpe. Der Reinigungsbedarf am Filter wird über eine Differenzdruckmessung festgestellt.

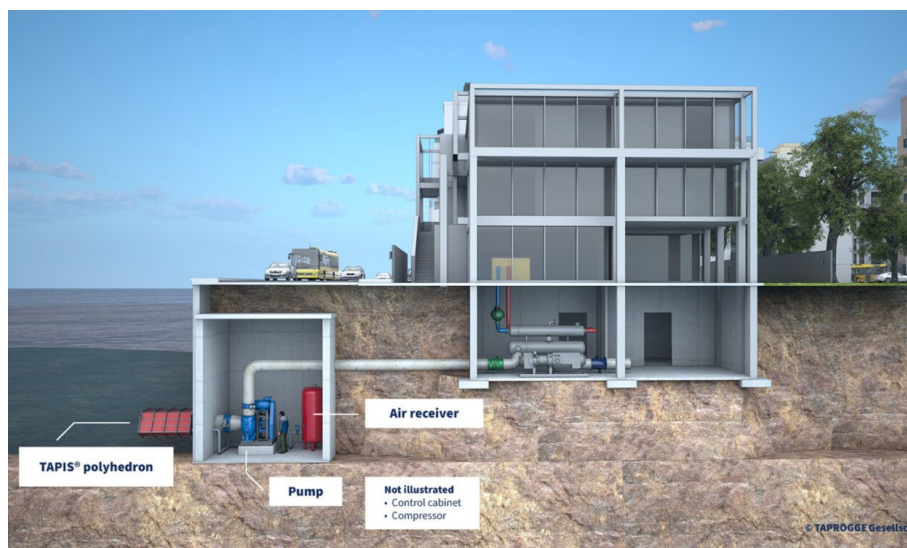


Abb. 13: Einlaufbauwerk mit Filter ohne Vorlagebecken (Quelle: Taprogge Gesellschaft mbH).

Auswirkungen:

- Lange Stillstandzeiten (Lebensdauer Stahlwasserbau; Unterhaltungsaufwand, Vorhaltung)
- Sedimentablagerung im Vorhaltebecken während der Stillstandzeit im Sommer mit hohem Reinigungsaufwand
- Entwicklung von aquatischen Leben in dem Vorlagebecken während der Sommerzeit
- Wiederinbetriebnahme und Reinigung der Pumpen
- Hoher Eingriff in die Fläche durch Gebäude- und Pumpenbau

### 3.2.7 Rohrleitungen und Rohrreinigungssysteme

Je nach hydraulischer Auslegung der Wärmepumpe und der daraus resultierenden Entnahmemenge und der Entfernung von Entnahmebauwerk und Wärmepumpe sind die Leitungsdimensionen entsprechend unterschiedlich. Da die Leitungen hohen Drücken ausgesetzt sind, kommen nur bestimmte Materialien wie zum Beispiel Kunststoff, Stahl oder duktiles Gusseisen zum Einsatz. Bei der Materialauswahl spielt neben der Druckfestigkeit auch die Korrosionsbeständigkeit der Leitungen eine große Rolle. Im Bau sind sehr aufwendige Baugruben notwendig, die einen temporären Eingriff in den Boden und das Grundwasser darstellen.

Bei der Verwendung eines Gewässers als Wärmequelle sollte der Grad der Verunreinigung und die Qualität des Wassers beachtet werden, um Probleme wie Korrosionsschäden, Ablagerungen und Verschmutzung in den Leitungen oder dem Wärmetauscher durch Muschelwuchs, Sedimentation oder Algenaufwuchs zu vermeiden. Durch Stillstandzeiten kann es zu einem erhöhten Reinigungsaufwand kommen. Unterschieden wird bei dem Grad der Verunreinigung zwischen Makrofoiling, der grobteiligen Ablagerung von bspw. Algen, Muscheln und Blätter und Mikrofoiling, welches z. B. Muschelwuchs, Sedimentation und Bakterienansiedlung inkludiert.

Werden diese Aspekte im Vorhinein bei der Wahl des Systems nicht beachtet, kann dies zu einem ungenügenden Durchfluss, einer schlechten Wärmeübertragung oder im äußersten Fall zu einem Ausfall des Systems führen. Reinigungsmaßnahmen und Filtersysteme in der Entnahmeleitung oder im Wärmetauscher können dabei unterstützen, Fouling zu vermindern.

Um eine gute Durchströmung in den Rohrleitungen zu und vom Wärmetauscher zu gewährleisten, müssen Rohrleitungen regelmäßig gereinigt werden. Mögliche Lösungsansätze, um Fouling in den Entnahmeleitungen auf dem Weg zum Reinigungssystem zu verringern sind u.a.:

- Der Einsatz von Reinigungsbürsten bzw. Reinigungsmolchen, sogenannten Cleaning Pigs, siehe Abb. 14. Diese benötigen Einlassöffnungen und Entnahmemöglichkeiten für die entfernten Überreste. Da diese Überreste aus dem Gewässer stammen und keine weiteren Zusätze beinhalten, sollte es möglich sein, diese wieder in das Gewässer zu leiten. Die Bandbreite der Bürsten ist groß und beginnt u. a. bei DN80 Leitungen und geht hoch bis zu DN1600 Leitungen.
- Die Kappung der Sauerstoffzufuhr durch die Verwendung eines Vier-Leiter-Systems: Es werden jeweils zwei Entnahme- und Einleitleitungen verlegt. Im Wechselbetrieb kann, in den nicht verwendeten Rohrleitungen, die Sauerstoffzufuhr mit dem Schließen der Leitungen gekappt werden. Dadurch würden die in den Rohrleitungen vorhandenen Organismen absterben. Die Rohre könnten mechanisch gereinigt/durchgespült werden. Danach wechselt der Betrieb der Leitungen.
- Verwendung einer permanenten UV-Desinfektion des entnommenen Wassers mittels entsprechender Leuchtmittel innerhalb der Rohrleitungen, siehe Abb. 15. Dadurch sterben nahezu 100 % der eingesaugten Organismen ab, wodurch ein Anhaften und Wachstum an den Rohrrinnenseiten maßgeblich reduziert wird. Die Anwendungsbreite mit 0,5 bis 4.000 m<sup>3</sup>/h ist dabei sehr groß und würde alle in Tab. 1 dargestellten Vorhaben beinhalten können.
- In Abhängigkeit des Leitungsquerschnitts kann auch die regelmäßige manuelle Reinigung erfolgen, z. B. durch Taucher oder mobiler Spülvorrichtungen.
- Hohe Strömungsgeschwindigkeiten in den Rohrleitungen (nicht bei der Entnahmeöffnung) sowie auf glatte Rohroberflächenbeschaffenheit achten, um ein Anhaften zu vermeiden. Als Material für die Rohrleitungen könnte z. B. PE oder GFK in Frage kommen. Die Strömungsgeschwindigkeit sollte min. 1,6 m/s betragen.



Abb. 14: Reinigungsmolch (Quelle: ROSEN).



Abb. 15: Wedeco Spektron® UV-Desinfektion (Quelle: xylem).

Jeder Lösungsansatz hat verschiedene Vor- und Nachteile. Darüber hinaus können auch noch weitere Lösungsansätze existieren, die hier nicht aufgeführt sind. Oftmals resultiert ein Lösungsansatz, der in einen geringeren Wartungsaufwand führt, zu höheren Investitionskosten. Welches System zur Anwendung kommen soll, ist situationsbedingt je nach Vorhaben zu entscheiden.

Auswirkungen:

- Entwicklung von aquatischen Leben in der Rohrleitung
- Trockenlegung / Entleerung des Leitungssystems
- Reinigung des Leitungssystem bei Inbetriebnahme
- Hoher Eingriff in die Fläche durch Leitungsbau

### 3.3 Technische Beschreibung der Wärmepumpe

Die Ebene der Wärmepumpe ist einmal detaillierter mit und ohne Zwischenkreislauf in Abb. 16 dargestellt. Ein Zwischenkreislauf entspricht dabei einer zusätzlichen Systemtrennung zwischen Wärmepumpe und Gewässer durch die Verwendung eines zusätzlichen Wärmetauschers. Dadurch wird die vom Gewässer entzogene Wärme zunächst in dem Wärmetauscher auf ein Zwischenträgermedium, ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel, übertragen, ehe dieses Zwischenträgermedium die Wärme an das Kältemittel im Verdampfer der Wärmepumpe überträgt. Im Wärmepumpenkreislauf wird das Kältemittel entsprechend verdichtet und die daraus resultierende hohe Temperatur genutzt, um die Wärme an das Wärmenetz zu übertragen. Anschließend wird das Kältemittel entspannt, indem der Druck reduziert wird, ehe der Kreislauf erneut beginnt.

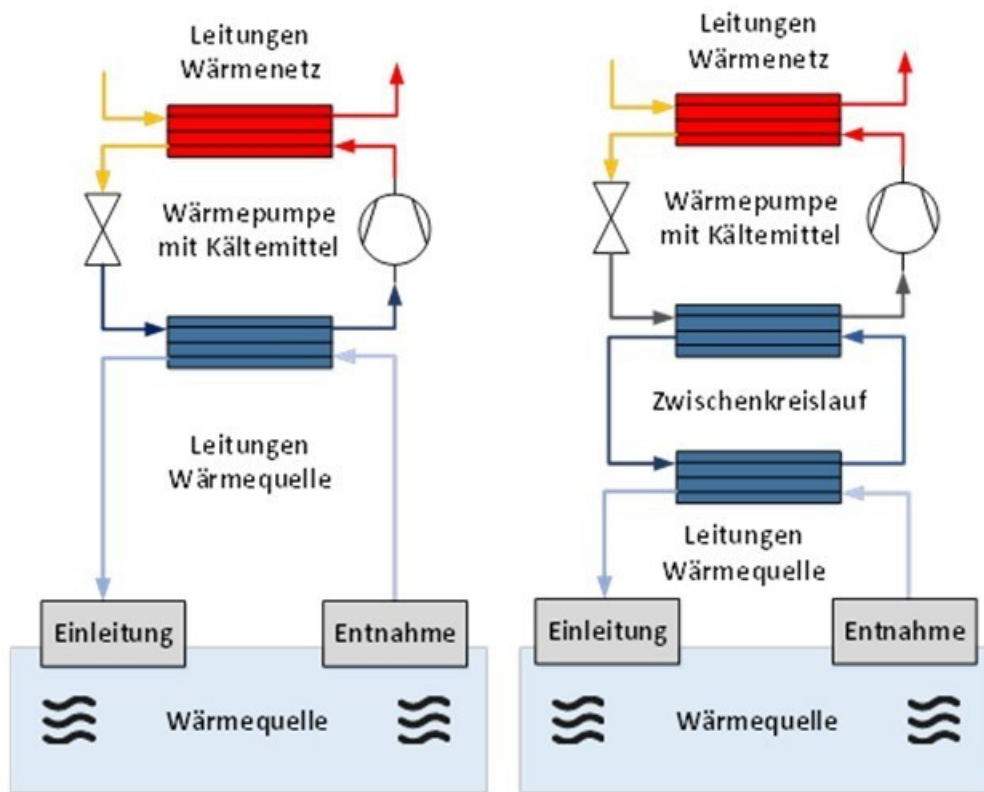


Abb. 16: Schematische Darstellung der Wärmepumpe mit (rechts) und ohne (links) Zwischenkreislauf

Generell wird davon ausgegangen, dass der Betrieb ab einer Gewässertemperatur von  $< 4\text{ }^{\circ}\text{C}$  eingestellt wird, um bei einer Temperaturspreizung von 2-4 K die Entnahmemengen und Bauteile in einer moderaten Größe im Vergleich zur Leistung zu haben sowie den Betrieb oberhalb der Frostgrenze zu gewährleisten. Eine Auskühlung unterhalb von 2-4 K wäre technisch anspruchsvoll und würde aufgrund der sehr hohen Volumenströme in große und kostenintensive Anlagenteile resultieren. Solche Systeme existieren auch vereinzelt, sind hier aber nicht weiter beschrieben. Aus diesem Grund ist bei der Planung von Gewässerwärmepumpen in den meisten Fällen kein Betrieb über das ganze Jahr hinweg möglich. Im Falle der Gewässerpumpe am Fließgewässer Bega in Lemgo (siehe Tab. 1) wird bspw. von einem Betrieb über ca. 300 Tage ausgegangen, der grundsätzlich bei Temperaturen ab  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  möglich ist (Seidel, C., Ostermann, L. & Clausen, J., 2025). Ab einer Wassertemperatur von  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  wäre noch eine Temperaturspreizung von 5 K ausschöpfbar.

### 3.3.1 Wärmetauscher und Wärmetauscherreinigung

Bei den Wärmetauschern gibt es selbstreinigende Wärmetauscher und manuell zu reinigende Wärmetauscher.

Bei Großanlagen wird aus wirtschaftlichen, technischen und Platzgründen typischerweise auf einen Zwischenkreislauf verzichtet. Stattdessen werden entsprechende Sicherheits- und Wartungsmaßnahmen im Verdampfer der Wärmepumpe und davor berücksichtigt, die dieselben Sicherheitsanforderungen erfüllen. Bei kleineren Großwärmepumpenanlagen kann ein Zwischenkreislauf zum Einsatz kommen. Durch diese weitere Systemtrennung können zum einen die für erforderlich angesehenen Sicherheitsmaßnahmen reduziert werden und zum anderen wird nicht in die Komponente Verdampfer eines Wärmepumpenherstellers eingegriffen. Das

wiederum würde sonst zu kundenspezifischen Einzellösungen führen, was bei Großanlagen jedoch ohnehin der Fall ist.

- Manuell reinigende Wärmetauscher: z. B. Plattenwärmetauscher in Redundanz ausgeführt. Ein Wärmetauscher wird geöffnet, um die Platten z. B. mit Hochdruck manuell zu reinigen, während der andere weiterhin in Betrieb sein kann. Die regelmäßige Reinigung kann mit einem hohen Aufwand verbunden sein und ist daher weniger anwenderfreundlich.
- Selbstreinigende Wärmetauscher: Wärmetauscher, die während des Betriebs automatisch gereinigt werden. Z. B. Rohrbündel-Wärmetauscher mit Reinigungskugeln, -bürsten oder Molchen, um die einzelnen Rohre des Wärmetauschers zu reinigen, wie in Abb. 17 dargestellt.

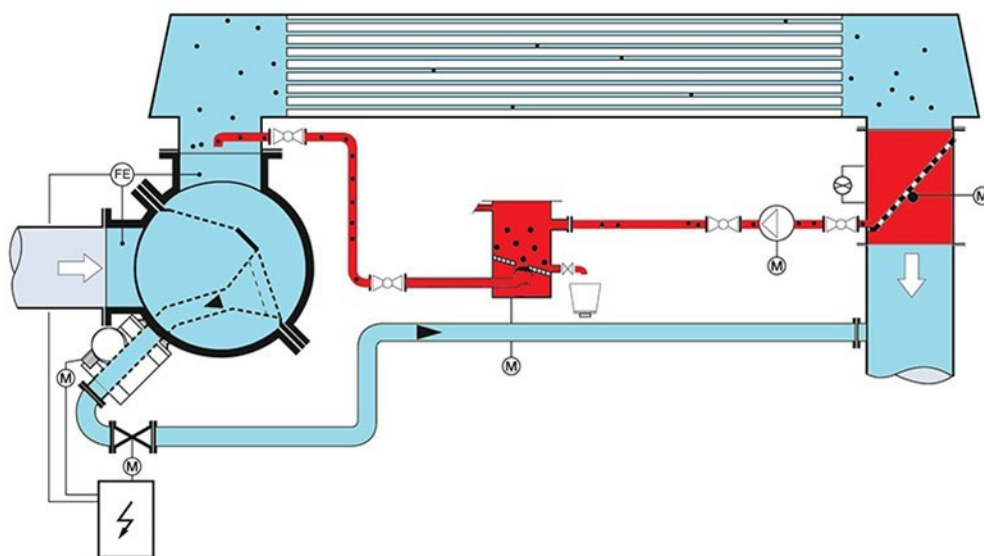


Abb. 17: Kugelrohrreinigungssystem (Quelle: Taprogge Gesellschaft mbH).

Für Rohrbündelwärmetauscher gibt es verschiedene Hersteller, die Reinigungssysteme anbieten. Eines davon, vielfach in der Kraftwerkskühlung eingesetzt, ist das der Firma Taprogge. Das System kann in den Verdampfer von Großwärmepumpen oder Wärmetauschern von Zwischenkreisläufen integriert werden. Die Reinigungskugeln werden vor den Rohren eingelassen und verteilen sich statistisch auf die einzelnen Rohre und durchströmen diese. Die Reinigungswirkung in den Rohren wird durch eine milde Scheuerwirkung auf die inneren Wände der Rohre hervorgerufen. Es werden 12 Kugeln je Verdampferrohr benötigt, um statistisch gesehen alle 5 Minuten ein Rohr mit einer Kugel zu reinigen. Nach dem Reinigungsvorgang werden diese durch ein Sieb aufgefangen und wieder vor die Rohre geführt und eingelassen. Die Reinigungskugeln erfahren einen geringen Abrieb und müssen daher in regelmäßigen Abständen ausgetauscht werden. Die Kugeln besitzen ein Übermaß von 1-2 mm, wodurch diese je nach Verschmutzungsgrad ca. alle 3-4 Wochen getauscht werden müssten. Der Abrieb würde ohne Zwischenkreislauf im Gewässer landen. Daher werden Materialien aus Naturkautschuk angeboten und verwendet.

Zusätzlich zu der Reinigungsanlage wird empfohlen vor dem Verdampfer einen Filter zu installieren, der ankommende Verschmutzungen in Kammern auffängt und diese während des Betriebs im rotierenden Verfahren entleert, und diese nach dem Verdampfer der

wasserführenden Leitung zurückführt. Ausgelöst wird die Reinigung durch einen Differenzdruckwert. Die Perforation beträgt standardmäßig 9 mm.

Eine Alternative zu Reinigungskugeln stellen Molche oder Reinigungsbürsten dar. Diese Molche sind aus Kunststoff und werden u.a. in Lebensmittelqualität angeboten. Der Abrieb ist im Bereich weniger Hundert mg/Jahr und es wird nur ein Molch je Verdampferrohr benötigt. Allerdings ist die Integration bisher in Wärmetauschern eines Zwischenkreislaufs erfolgt, bisher aber nicht im Verdampfer der Wärmepumpe selbst zum Einsatz gekommen. Entsprechende Hersteller wären z. B. Kalvo Vogler GmbH oder die Jaske & Wolf Verfahrenstechnik GmbH.

Selbstreinigende Plattenwärmetauschersysteme existieren ebenfalls und haben langjährige Betriebserfahrung im EU-Ausland. Beispielsweise bietet Alfa Laval einen Plattenwärmetauscher für diese Zwecke an. In Finnland werden z. B. 100 MW Kühlleistung für ein Rechenzentrum über solch ein System mit Nutzung der Ostsee bereitgestellt.

Da sind die ersten Bauabschnitte bereits seit mehr als sechs Jahren im Betrieb. Um einen effizienten und wartungsarmen Anlagenbetrieb zu gewährleisten, ist ein mehrstufiges Reinigungssystem erarbeitet worden. Hierbei lässt sich zwischen drei Prozessschritten unterscheiden:

1. Filtration des Wassers über einen automatischen Rückspülfilter: Durch den Rückspülfilter werden Grobpartikel und Schmutz vor dem Eintritt in den Plattenwärmeübertrager abgetrennt, siehe Abb. 18. Über eine automatische Rückspülung wird der Filter periodisch gereinigt.
2. Entfernung von Ablagerungen im Zwischenwärmeüberträger durch ein Rückspülventil (Backflush): Durch eine Umkehr der Fließrichtung werden Ablagerungen an den Plattenoberflächen entfernt.
3. Entfernung von starken Ablagerungen und Fouling durch chemisches Reinigungsverfahren: Bei stärkeren Verunreinigungen wird im Zuge einer jährlichen Wartung bei Anlagenstillstand, z. B. ein chemisches Reinigungsmittel durch die Anlagenkomponenten geleitet. Hierfür wird eine Cleaning-In-Place-Anlage in das Anlagekonzept integriert. Im Anschluss werden die Anlagenkomponenten mit Frischwasser nachgespült und das kontaminierte Wasser entsorgt.



Abb. 18: Automatischer Rückspülfilter Alfa Laval Filter (Quelle: Alfa Laval)

Weiterhin gibt es Wärmetauscher Ausführungen in doppelwandiger Form, als Rohrbündel oder auch Platte, um zu gewährleisten, dass im Leckagefall ein Übertritt des Kältemittels zur Wärmequelle verhindert wird.

### 3.3.2 Kältemittel

Für den Einsatz in Großwärmepumpen stehen unterschiedliche Kältemittel zur Verfügung. Die gängigen Kältemittel, die bei Großwärmepumpen für Nah- und Fernwärme, typischerweise zum Einsatz kommen, sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt und den verschiedenen, sie betreffenden, Gefahrenpotenzialen (z. B. Wassergefährdung, Brennbarkeit und Toxizität nach ISO 817 und DIN EN 378) zugeordnet:

Tab. 4: Übersicht zum eingesetzten Kältemittel bei Großwärmepumpen für die Nah- und Fernwärme

Eigenschaft	Ammoniak	Kohlenstoffdioxid	Kohlenwasserstoffe	Hydrofluorolefine (HFO)
Alternative Bezeichnung / Beispiele	NH <sub>3</sub> , R717	CO <sub>2</sub> , R744	Propan (R290), Butan (R600), Isobutan (R600a), Propylen (R1270)	R1234ze(E), R1234yf, R1233zd
Treibhausgaspotenzial	0	1	2-4, 10	4-7
Ozonabbau-potenzial	0	0	0	0
Sicherheitsklasse	B2L – schwer entzündlich u. erhöhte Toxizität	A1 – unbrennbar	A3 – hoch entzündlich	A2L – schwer entzündlich
Wassergefährdungs-kategorie	2 – deutlich wassergefährdend	0 – nicht wassergefährdend	0 – nicht wassergefährdend	1 – schwach wassergefährdend

Die Auswahl des Kältemittels erfolgt im Einzelfall anhand verschiedener Faktoren. Technisch besonders relevant ist der Einfluss der Kältemittelwahl auf die Effizienz einer Großwärmepumpe. Diese wird als COP (Coefficient of Performance) angegeben und beschreibt bei Wärmepumpen das Verhältnis der abgegebenen Nutzwärmeleistung zur aufgenommenen Antriebsleistung (zumeist elektrische Energie). Außerdem ist der Markt für Großwärmepumpen herstellerseitig nicht so groß, dass jede Konstruktionsart in jeder Leistungsklasse mit verschiedenen Kältemitteln zu erhalten ist. Es besteht eine gewisse angebotsseitige Begrenzung.

Aus den in der Tabelle aufgeführten Gefahrenpotenzialen ergeben sich außerdem verschiedene Anforderungen an die Sicherheitsvorkehrungen im Aufstellraum der Großwärmepumpe. Auch diese Anforderungen führen zur Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes Kältemittel.

Abschließend, und für diese Betrachtung besonders relevant, hängt die Kältemittelwahl von den zu erwartenden Umweltauswirkungen des konkreten Kältemittelleinsatzes ab. Eine Gefährdung der Umwelt durch das Kältemittel wünschen auch die Planenden nicht. Zudem gilt:

je schädlicher oder gefährlicher ein eingesetztes Kältemittel für die Umwelt ist, desto risikobehafteter ist der Genehmigungsprozess für ein Projekt.

### 3.3.3 Austreten gefährlicher Stoffe

Großwärmepumpen sind technische Systeme, die hohe Sicherheitsstandards zu erfüllen haben. Dazu befinden sich diese oftmals in geschlossenen Maschinenräumen und besitzen zudem, in Abhängigkeit des zum Einsatz kommenden Kältemittels, Detektionsmöglichkeiten, um auf mögliche Gefahren durch einen Austritt gefährlicher Stoffe zu reagieren. Dennoch sollten mögliche Gefahren während des normalen Betriebs sowie während eines unwahrscheinlichen Leckagefalls bekannt sein und mit entsprechenden Sicherheits- und Warnsystemen darauf reagiert werden können.

Jährliche Kältemittelleckageraten liegen im niedrigen einstelligen Prozentbereich von bis zu 1-2 % gemessen an der gesamten Kältemittelfüllmenge (Ashford et al., 2006; Natiesta et al., 2023). Diese geringen Leckagemengen kommen in Kontakt mit der Luft und ggf. dem Maschinenraum. Ein Austritt direkt in die Wärmequelle, z. B. ein Gewässer, erfolgt nicht. Daher muss unterschieden werden zwischen einem Kältemittelaustritt in das Gewässer, welcher im Havariefall eintreten könnte, aber durch entsprechende Sicherheitsmaßnahmen verhindert wird und dem Kältemittelschlupf am Verdichter einer Wärmepumpe, welches in den Maschinenraum oder die umgebende Luft geraten kann.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass geringe Mengen Schmieröl in den Kältemittelkreis gelangen können. Das könnte bei dem unwahrscheinlichen Fall einer Leckage des Wärmetauschers bei der Wärmequelle zu einem Übertritt führen. Es gibt verschiedene Sicherheitskonzepte, die gewährleisten können, dass im Leckagefall kein Kältemittel oder ggf. geringe Mengen Schmieröl in die Wärmequelle, z. B. ein Gewässer, gelangen. Insbesondere bei einer Direktverdampfung sollte jedoch gewährleistet werden, dass ein Übertritt nicht möglich ist bzw. die weitere Ausbreitung unterbunden werden kann. Der Einsatz eines Zwischenkreislaufs ist bereits eine Absicherung gegen ungewollten Eintritt von Stoffen, ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

Leckagefallanforderungen sollten in Abhängigkeit des Kältemittels (Wassergefährdungsstufe), dem weiteren Sicherheitskonzept sowie dem gewässerökologischen Zustand des Gewässers vorgeschrieben werden. Andere Vorsichtsmaßnahmen wären z. B. der Einsatz durch ölfreie Verdichter, entsprechende Sicherheitssysteme, die Verwendung eines höheren Druckniveaus bei der Wärmequelle als bei dem Kältemittel im Verdampfer, Einbau von Detektionen oder Sicherheitswärmetauscher (doppelwandig).

Sollte ein Zwischenkreislauf zum Einsatz kommen, können als Zwischenkreislaufmedium zum Frostschutz verschiedene Medien eingesetzt werden. Typischerweise wird ein Glykol-Wasser-Gemisch (bis zu 35%-Zusatz, Rest Wasser), ein Ethylen-Wasser-Gemisch, ein Ethanol-Wasser-Gemisch, ein Propylen-Wasser-Gemisch oder auch salzhaltiges Wasser verwendet. Auch hier ist auf eine mögliche Wassergefährdung zu achten und dies bei der Wahl des Mediums sowie den damit ggf. einhergehenden Maßnahmen zu beachten.

Anstelle der Verwendung kostspieliger und flächenintensiver Wärmetauscher für Zwischenkreis oder in doppelwandiger Ausführung, bieten Frühwarnsysteme gute Möglichkeiten, übergetretene Stoffe zu detektieren. Möglichkeiten zur Feststellung eines ungewünschten Austritts wären z. B. ein Leckage-Überwachungssystem, welches die Kältemittelmenge im Wasser aufgrund eines unterschiedlichen pH-Wertes, der Wärmeleitfähigkeit oder des Drucks

identifizieren könnte. Im Leckagefall könnte z. B. automatisch ein Schieber in ausreichender Entfernung zur möglichen Leckage geschlossen werden, um einen Übertritt zu der Wärmequelle zu verhindern. Weiterhin kann in einem Leckagefall ein zusätzliches Bypass-System mit schnellschließenden Ventilen und einer Abschaltung des Verdichters den Wärmetauscher der Wärmepumpe umgehen und die Wärmepumpe sicher abschalten.

### 3.4 Technische Beschreibung der Einleitung

Das entnommene Wasser wird im Wärmetauscher eines Zwischenkreislaufs oder dem Verdampfer einer Wärmepumpe (ebenfalls ein Wärmetauscher) heruntergekühlt. Danach wird es über Rohrleitungen zurück ins Gewässer geführt.

Das Rückgabewasser hat aufgrund des Wärmeentzugs eine geringere Temperatur als das Umgebungswasser. Da die Wärmenutzung vorwiegend in den Wintermonaten erfolgt, verlängert sich die Periode niedriger Wassertemperaturen. Für alle Gewässer gilt, dass die Rückgabe weit genug von der Entnahme erfolgen sollte, um Kurzschlüsse zu verhindern. In der Praxis wurden bisher Entfernungen von ca. 50 m für ausreichend befunden, vgl. die Projekte in Neustadt i.H. und Bremen in Tab. 1 mit Entnahmemengen von 260 und 1.000 m<sup>3</sup>/h.

In einem **Fließgewässer** wird die Wassertemperatur des Abschnittes unterhalb der Einleitstelle verändert. Bei Tideeinfluss kann auch der Abschnitt oberhalb der Einleitung betroffen sein. In einer Machbarkeitsstudie für eine Flusswärmepumpe an der Elbe (Hamburg) wurde mittels eines hydronumerischen Modells gezeigt, dass bei einer Entnahme von 11 m<sup>3</sup>/s (39.600 m<sup>3</sup>/h) und einer Temperaturspreizung von -3 K die Temperaturänderungen im sohnahen Bereich am stärksten ausgeprägt ist (DHI, 2023). Die Abkühlung ist unmittelbar an den Rückgabepositionen mit bis zu -1,4 K am größten und nimmt mit zunehmender Entfernung zur Rückgabestelle kontinuierlich ab (siehe Abb. 19, (DHI, 2023)). Temperaturänderungen von bis zu -1 K sind bis etwa 1,2 km Elbabwärts und 900 m Elbaufwärts zu beobachten (DHI, 2023). Dabei ist zu beachten, dass diese Entnahmemenge der Menge bei äußerst großen Anlagen entspricht, ca. 200 MW.

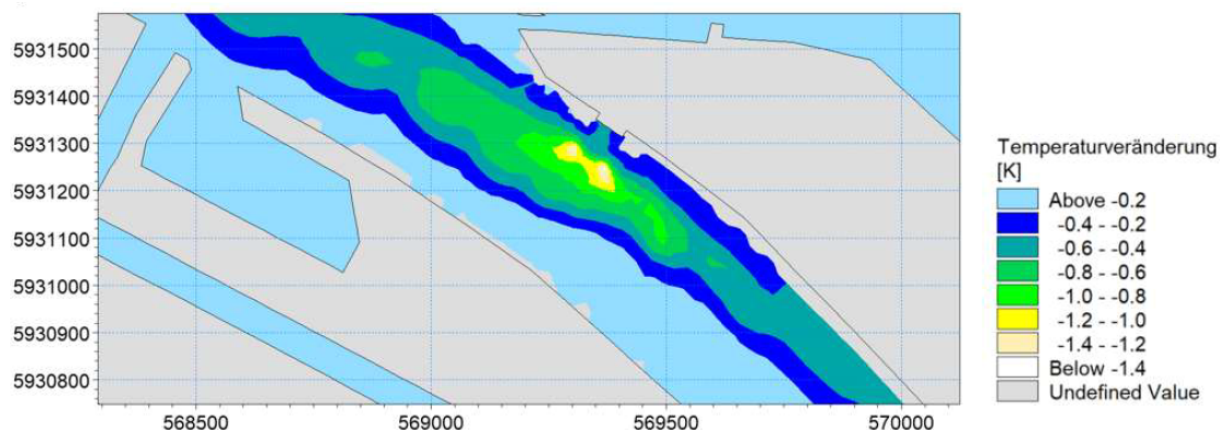


Abb. 19: Maximale sohnnahe Temperaturänderung durch Kälteeinleitung (Quelle DHI, 2023).

Bei Flut bildet sich eine sohnnahe Kältefahne mit einer Ausdehnung von etwa 1,7 km Elbaufwärts aus. Nach etwa 60 m Entfernung zur Rückleitung hat sich die sohnnahe Temperaturveränderung auf unter -0,4 K verdünnt.

Bei **Seen** kann sich die Einleitung thermisch veränderten Wassers, das eine veränderte Dichte im Vergleich zum Umgebungswasser besitzt, auf die Stabilität der Schichtung auswirken

(Gaudard A. et al., 2018). Bspw. kann die Störung der Schichtung eine Verlagerung von Nährstoffen fördern (Kammer, 2018). Der Temperaturunterschied zwischen dem eingeleiteten Wasser und der Gewässerschicht, in die es eingeleitet wird, sollte daher so gering wie möglich sein.

Eine bestehende Schichtung kann durch die Einleitung auch stabilisiert und somit positiv beeinflusst werden, wenn das Rückgabewasser in die richtige Schicht eingeleitet wird und sich möglichst schnell mit dem Umgebungswasser durchmischt. Um das Wasser gezielt in einer bestimmten Tiefe einzuleiten, kann bspw. ein vertikal angeordnetes Rohrsystem mit mehreren regelbaren Öffnungen verwendet werden. Die Rückgabtiefe ist dadurch variabel anpassbar mit der Temperatur des eingeleiteten Wassers und der Gewässertemperatur.

Bei **Küstengewässern** kann die Temperatur des eingeleiteten Wassers aufgrund des Salzgehaltes des Wassers die angenommenen  $1\text{ °C}$  bei Süßwasser unterschreiten. Der Salzgehalt liegt in der Ostsee in den deutschen Gewässern bei etwa  $0,3\text{-}1,7\%$ . Die Nordsee hat hingegen einen Salzgehalt von  $1,6\text{-}3,2\%$  (OGewV/20.06.2016; zuletzt geändert 9.12.2020). In Küstennähe entsprechen die Werte aufgrund von Regenwasser und abfließenden Flüssen tendenziell dem niedrigeren Bereich. Der Gefrierpunkt sinkt mit erhöhtem Salzgehalt linear ab und kann dadurch in der Nordsee auf  $-1,9\text{ °C}$  abfallen. In der Ostsee reduziert sich der Gefrierpunkt nur leicht auf ca.  $-0,5\text{ °C}$  (Meereisportal, 2025).

### 3.5 Fazit Technik

Wasserentnahmen und -einleitungen gibt es seit Jahrhunderten und die Entwicklung von technischen Bauwerken ist aufgrund der ökologischen und hydraulischen Anforderungen in den letzten Jahren weit fortgeschritten. Filter und Rechensysteme erfüllen weitestgehend die oben beschriebenen Anforderungen.

Alle baulichen Maßnahmen zum Bau einer Gewässerwärmepumpe sind mit unterschiedlichen hohen Aufwendungen je nach Standort umsetzbar. Es gibt demnach technische Lösungen, die den Anforderungen von Gewässerwärmepumpen gerecht werden. Aufgrund der geringen Anzahl an Projekten lassen sich zwar erste Trends bei der Umsetzung erkennen, sich jedoch kein einheitliches Bild vollumfänglich ableiten. Erste Trends wären demnach z.B. eine Verwendung von Sicherheitsmaßnahmen, um ein Kältemittelübertritt in ein Gewässer zu vermeiden mithilfe von Zwischenkreisläufen oder Detektionseinrichtungen in Kombination mit Absperrvorrichtungen. Andererseits kommen bei den bisher umgesetzten Anlagen fast ausschließlich Ammoniak oder R1234ze(E) als Kältemittel zum Einsatz. Darüber hinaus wird oftmals ein Fließgewässer als Wärmequelle genutzt sowie eine Auskühlung zwischen  $3\text{-}6\text{ K}$  typischerweise berücksichtigt.

## 4 Rechtliche Einordnung

Der Unterschied zwischen Großwärmepumpen und herkömmlichen Wärmepumpen, die in Ein- und Mehrfamilienhäusern eingesetzt werden, liegt im Wesentlichen in der größeren Leistung der Großwärmepumpen. Einen verbindlichen technischen Standard, der vorgibt, ab welchen Bedingungen eine Wärmepumpe als Großwärmepumpe bezeichnet wird, gibt es aktuell nicht. David et al. (2017) berücksichtigen in ihrer Analyse nur elektrisch-betriebene Großwärmepumpen ab einer thermischen Leistung größer 1 MW (David et al., 2017). Im Gebäudeenergiegesetz § 22 Abs. 2 GEG (GEG/2023) wird von einer Großwärmepumpe gesprochen, sofern die thermische Leistung mindestens 500 kW beträgt. Der Bundesverband Wärmepumpe e. V. betrachtet Wärmepumpen bereits ab einer thermischen Leistung von 100 kW als Großwärmepumpe (Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V., 2022). In der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) gibt es bei der Ermittlung der Betriebskostenförderung eine Unterteilung, sofern die Großwärmepumpe eine thermische Leistung von größer 400 kW aufweist (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle [BAFA], 2023). Die Agora Energiewende berücksichtigt für ihre Studie zu Großwärmepumpen aus 2023 nur Wärmepumpen mit einer Heizleistung von mindestens 500 kW (Agora Energiewende, Fraunhofer IEG, 2023). Im Praxisleitfaden des AGFW (AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK [AGFW], 2020) werden Großwärmepumpen als solche angesehen, deren Leistung und Temperaturniveau ausreicht, um in ein Wärmenetz einzuspeisen. Zur Begriffsabgrenzung beitragen könnte ggf. die noch im Entwurf befindliche Richtlinie der VDI 4646:2024-01, in der es um die Anwendung von Großwärmepumpen geht.

Die Definitionsschwierigkeiten bei der Festlegung, was eine Großwärmepumpe ist, sind symbolisch für die bisherigen Genehmigungsverfahren von Großwärmepumpenprojekten. Die Neuheit der Technologie und das Fehlen eines darauf angepassten Rechtsrahmens erschweren die Realisierung diverser Projekte.

**Großwärmepumpen an Gewässern** können ein zentraler Baustein der Wärmewende sein, um das Ziel der Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 (§ 3 Abs. 2 KSG) zu erreichen. Ihre Errichtung und der Betrieb berühren jedoch sensible Schutzbereiche des Naturschutz- und Wasserrechts, sodass bereits vor der Inbetriebnahme ein zuweilen komplexer Genehmigungsprozess zu durchlaufen ist, dessen Zweck es ist, sicherzustellen, dass von der Anlage oder ihrem Betrieb keine nachteiligen Wirkungen ausgehen. Der Prüfraumen ist vielschichtig und standortabhängig.

Im Zentrum stehen regelmäßig das Wasserrecht und das Naturschutzrecht. In wasserrechtlichen Verfahren wird das Naturschutzrecht typischerweise als Fachrecht integriert mitgeprüft, sodass eine umfassende Begutachtung beider Schutzgüter erfolgt. Daneben werden regelmäßig das Immissionsschutzrecht sowie das Bauplanungs- und Bauordnungsrecht relevant. Welche konkreten Genehmigungen im Einzelfall erforderlich sind, hängt maßgeblich von der Lage der geplanten Anlage, der Einbindungs- und Erschließungstechnik sowie den örtlichen Schutzkulissen ab.

Standortbezogene Besonderheiten können zusätzliche Genehmigungspflichten auslösen. So kommen auf oder an Bundeswasserstraßen strom- und schiffahrtspolizeiliche Genehmigungen in Betracht. Greift die Maßnahme in denkmalgeschützte Bereiche ein, sind denkmalrechtliche Erlaubnisse erforderlich. In Küsten- und tidebeeinflussten Bereichen treten Belange des Küstenschutzes hinzu; entlang von Fließgewässern sind regelmäßig Vorgaben des

Hochwasserschutzes zu beachten. Diese Querschnittsbetroffenheit führt zu einer erheblichen Koordinations- und Abwägungsdichte.

Die Vielzahl potenziell erforderlicher Genehmigungen bildet schon heute einen umfangreichen Prüfraum, siehe dazu auch Abb. 20, der in der Praxis – insbesondere bei Großvorhaben – Realisierungszeiten von mehreren Jahren erwarten lässt.

Zugleich gilt es, die Großwärmepumpe, die für die Dekarbonisierung zentrale Technologie, rechtssicher und planbar zu ermöglichen, ohne die gebotene Sorgfalt beim Schutz empfindlicher Umweltgüter zu vernachlässigen. Vor diesem Hintergrund richtet sich der folgende Beitrag auf die rechtliche Einordnung von Großwärmepumpen an Gewässern und die Frage, wie sich diese Anlagen auf die Schutzbereiche des Naturschutz- und Wasserrechts auswirken. Im Fokus stehen die für eine wasserrechtliche Genehmigung heute maßgeblichen materiellen Voraussetzungen, die den Gewässerschutz sicherstellen sollen; die naturschutzrechtlichen Anforderungen werden – entsprechend der verwaltungsverfahrensrechtlichen Verklammerung – mitbetrachtet.



Abb. 20: Tangierte Rechtsbereiche bei der Genehmigung einer Gewässer-Wärmepumpe

#### 4.1 Genehmigung von Gewässerwärmepumpen

Für jedes Gewässerwärmepumpen-Projekt ist zunächst zu prüfen, ob durch die geplante Großwärmepumpe, gleichgültig, ob Fluss-, See- oder Meereswassernutzung, eine nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) gestattungspflichtige Benutzung im Sinne von § 9 WHG vorliegt. Anschließend ist festzustellen welche Gestattungsart in Betracht kommt.

Das WHG enthält drei Gestattungsarten für die Gewässerbenutzung: die Erlaubnis, die gehobene Erlaubnis und die Bewilligung (Hasche, 2025a).

Daneben können weitere wasserrechtliche Tatbestände berührt sein. Beispielsweise bedarf die Errichtung von Anlagen in einem Gewässer oder am Ufer (etwa Entnahme- und Einleitbauwerke, Verrohrungen, Wärmetauscher) einer zusätzlichen wasserrechtlichen Genehmigung nach § 36 WHG. Falls durch das Vorhaben eine Umgestaltung des Gewässers selbst erfolgt (was sehr selten ist), braucht es sogar ein förmliches Planfeststellungsverfahren nach § 68 WHG. Die Wasserbehörde wird sämtliche Eingriffe ganzheitlich prüfen, die in Frage kommenden einschlägigen Tatbestände identifizieren und ihr Bewirtschaftungsermessen ausüben.

Eine Gestattungsbedürftigkeit setzt voraus, dass in einem Gewässer eine gestattungspflichtige Gewässerbenutzung nach § 9 WHG vorliegt und kein gesetzlicher Ausnahmetatbestand eine Rückausnahme von der Genehmigungspflicht konstituiert. Wasserrechtliche Gestattungen sind von einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung regelmäßig nicht konzentriert (Kahl et al., 2023).

### 4.1.1 Gewässerdefinition

Für die Frage, ob ein Großwärmepumpen-Vorhaben überhaupt einer wasserrechtlichen Gestattung bedarf, ist entscheidend, welcher Gewässertyp genutzt wird. Je nach Gewässertyp können sich die zuständige Behörde, die einschlägigen Vorschriften und die Umweltziele, die im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen sind, ändern. Die Definition des Gewässertyps ist daher für die Anwendung des Wasserrechts notwendig.

- Wird Wasser aus einem Fluss, Kanal, Bach oder See entnommen und nach dem Wärmetausch wieder eingeleitet, handelt es sich um die Benutzung eines oberirdischen Gewässers. Definiert sind oberirdische Gewässer in § 3 Abs. 1 Nr. 1 WHG als „ständig oder zeitweilig in Betten fließende oder stehende oder aus Quellen wild abfließende Wasser“. Für Fluss- und Seewasser-Großwärmepumpen bedeutet das: Es gilt das volle Instrumentarium des Wasserhaushaltsgesetzes und der jeweiligen Landeswassergesetze; Maßstab der Bewirtschaftung ist der „gute ökologische Zustand“ oder das „gute ökologische Potenzial“, sofern der betreffende Abschnitt bereits stark verändert ist.
- Greift die Großwärmepumpe auf Meerwasser innerhalb der Zwölf-Seemeilen-Zone zurück, liegt ein Küstengewässer im Sinne des § 3 Nr. 2 WHG vor. Definiert ist ein Küstengewässer als der Meeresbereich, der landseitig an der Küstenlinie beginnt, die Land-Meer-Grenze bei mittlerem Hochwasser, und bis zu 12 Seemeilen (ca. 22 km) ins Meer hinausreicht. Auch für Küstengewässer gilt nach § 2 Abs. 1 Nr. 2 WHG grundsätzlich das wasserrechtliche Regime.
- Sowohl bei oberirdischen Gewässern als auch bei Küstengewässern kann es sich zudem um „künstliche Gewässer“ (§ 3 Nr. 4 WHG) oder um „erheblich veränderte Gewässer“ (§ 3 Nr. 5 WHG) handeln. Das kann etwa bei einem Baggersee, einem kanalisierten Flusslauf oder einem Hafenbecken der Fall sein. Solche „von Menschen geschaffenen“ oder „durch den Menschen in ihrem Wesen physikalisch erheblich veränderten oberirdischen Gewässer oder Küstengewässer“ (§ 3 Nr. 4 und 5 WHG) ermöglichen keine vollständige Renaturierung, sodass sich das Anforderungsregime ändert. Sollen Großwärmepumpen-Projekte in diesen Gewässern realisiert werden, sind die ökologischen Anforderungen regelmäßig geringer.

### 4.1.2 Gewässerbenutzung § 9 WHG

Eine Großwärmepumpe bedarf einer wasserrechtlichen Gestattung, wenn eine Gewässerbenutzung nach § 9 Abs 1 oder Abs.2 WHG gegeben ist. Dabei kategorisiert Abs.1 die

Benutzungen und Abs. 2 die benutzungsgleichen Einwirkungen (Hasche, 2025b), die gemeinsam unter den Begriff Gewässerbenutzungen zu fassen sind. Die nicht immer trennscharfen Tatbestände sollen einen möglichst hohen Gewässerschutz sicherstellen. Als Gewässerbenutzung ist daher grundsätzlich jedes zweckgerichtete Verhalten, das auf ein Gewässer bezogen ist, zu verstehen.

Von den in § 9 Abs. 1 und 2 WHG genannten Gewässerbenutzungen könne im Rahmen eines Projektes mehrere Gewässerbenutzungstatbestände verwirklicht sein. Das bedeutet auch, dass im Zweifelsfall ein einheitlicher Lebenssachverhalt verschiedene Gewässerbenutzungen umfasst.

Nachfolgend soll dargestellt werden welche Funktionsweise einer Großwärmepumpe eine Gewässerbenutzung i. S. d. § 9 WHG darstellt und unter welche Handlungen der Abs. 1 und 2 die Benutzung rechtlich zu fassen sind:

Wasserentnahmen und Wiedereinleitungen: Wenn für die Großwärmepumpe Wasser entnommen, durch einen Wärmetauscher gekühlt und dann wieder eingeleitet wird, handelt es sich dabei eigentlich sowohl um das Entnehmen und Ableiten von Wasser nach § 9 Abs. 1 Nr. 1 WHG als auch um ein Einleiten nach § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG.

- § 9 Abs. 1 Nr. 1 WHG erfasst die Entnahme und das Ableiten von Wasser aus oberirdischen Gewässern (**nicht von Küstengewässern**). Entnahme bedeutet dabei eine künstliche Wasserentnahme durch Pumpen oder über andere Entnahmesysteme. Ableiten bedeutet, dass das natürliche Gefälle des Gewässers (z. B. über Gräben oder Rohre) genutzt wird, um das Wasser zu nutzen.
- Die Rückführung des Wassers stellt eine Gewässerbenutzung nach § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG durch Einleiten eines Stoffes in ein Gewässer dar. Zwar suggeriert der Wortlaut der Norm, dass es um die Einleitung gewässerfremder Stoffe handelt, jedoch hat das Bundesverwaltungsgericht in höchstrichterlicher Rechtsprechung dieser Interpretation eine Absage erteilt und entschieden, dass „auch das dem Gewässer selbst zuvor entnommene Wasser als Stoff [...] anzusehen“ ist (Benutzung des Gewässers durch Entnahme und des Treibwassers, 21.08.1986). Damit kann die Wiedereinleitung des zuvor entnommenen Wassers als Einleiten im Sinne des § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG zu qualifizieren sein. Das Einleiten ist als Gewässerbenutzungstatbestand explizit nicht auf oberirdische Gewässer beschränkt. Umfasst sind auch Küstengewässer.

Hier wird deutlich, dass eine Klassifizierung des Gewässers für das Prüfregime relevant ist. Während das Einleiten in alle Gewässer, also Meer-, Fluss und Seewasser als Gewässerbenutzung relevant ist, unterliegen nur die Entnahme und das Ableiten aus oberirdischen Gewässern, also Seen- und Flüssen, dem Benutzungstatbestand des § 9 Abs. 1 Nr. 1 WHG. Würde also einem Küstengewässer Wasser entnommen, das später nicht wieder in das Küstengewässer eingeleitet würde, läge keine Gewässerbenutzung vor.

#### 4.1.3 Arten wasserrechtlicher Gestattungen

Im Wasserrecht spricht man von Gestattungen statt von Genehmigungen, weil es für verschiedene Wasserbenutzungen verschiedene behördliche Gestattungen gibt, die unter diversen Namen, wie Erlaubnis, Bewilligung, Genehmigung etc. zu finden sind.

Im Folgenden soll ein Überblick über die für ein Gewässerwärmepumpen-Projekt potenziell notwendigen Gestattungen gegeben werden. Die Art der erforderlichen Gestattung richtet sich nach dem Umfang und der Bedeutung der Gewässerbenutzung.

### 4.1.3.1 Erlaubnis (§§ 8, 10 Abs. 1 Var. 1 WHG)

Die Erlaubnis ist die Grundform der wasserrechtlichen Gestattung und wird nach dem Ermessen der zuständigen Behörde für Gewässerbenutzungen erteilt, die keine Bewilligung oder gehobene Erlaubnis erfordern. Für die meisten Arten der Gewässerbenutzung ist die **Erlaubnis das Standardinstrument**. Einige bisherige Großwärmepumpen-Projekte basieren wasserrechtlich ebenfalls auf einer Erlaubnis. Die Erlaubnis ist eine nach § 18 Abs. 1 WHG widerrufliche Befugnis zur Nutzung eines Gewässers auf eine bestimmte Weise. Sie gewährt dem Rechteinhaber in ihrem Geltungsbereich eine Schutzposition gegen behördliches Einschreiten, weil sie die Gewässerbenutzung legalisiert (Knopp & Müller, 2024a, 2024b). Voraussetzung für die Erteilung ist, dass keine schädlichen Veränderungen des Gewässers zu erwarten sind oder diese durch Nebenbestimmungen verhindert werden können (§ 12 Abs. 1 WHG) und das sonstige öffentlich-rechtliche Vorschriften (§ 12 Abs. 2 WHG) nicht verletzt werden. Das Verfahren zum Erlangen einer Erlaubnis ist in vielen Fällen einfacher als für die anderen Gestattungen, da ein nicht-förmliches Verfahren durchlaufen wird, bei dem eine Öffentlichkeitsbeteiligung unterbleiben kann (Czychowski & Reinhardt, 2023). Wegen ihrer relativen rechtlichen Unsicherheit (widerrufbar) eignet sich die Erlaubnis jedoch eigentlich eher für kleinere, zeitlich begrenzte Vorhaben oder Nutzungen mit geringer Umweltrelevanz.

### 4.1.3.2 Gehobene Erlaubnis (§ 15 WHG)

Die gehobene Erlaubnis ist eine Erweiterung der einfachen Erlaubnis für Nutzungen, die im öffentlichen Interesse liegen oder bei denen der Vorhabenträger ein besonderes wirtschaftliches oder sonstiges anerkanntes „berechtigtes Interesse“ an der langfristigen Nutzung darlegt (Pape, 2025). Klassische Anwendungsfälle der gehobenen Erlaubnis im öffentlichen Interesse sind die öffentliche Wasserversorgung und die Abwasserbeseitigung (Breuer & Gärditz, 2017). Die erneuerbare Wärmeversorgung sollte in einem vergleichbaren öffentlichen Interesse liegen. Ob die zuständige Behörde die Erlaubnis für Großwärmepumpen jedoch als gehobene Erlaubnis ausgestaltet, liegt letztlich in ihrem Ermessen. Die gehobene Erlaubnis bietet eine höhere Rechtssicherheit als eine einfache Erlaubnis, da sie nur unter bestimmten Bedingungen widerrufen werden kann (§§ 10, 18 WHG). Im Erteilungsprozess, der in Anlehnung an die Bewilligung als förmliches Verfahren inklusive Abwägung mit den Belangen betroffener Dritter ausgestaltet ist (Schendel & Scheier, 2025), müssen jedoch auch mögliche Beeinträchtigungen Dritter (Nachbarn etc.) geprüft und vermieden werden (§ 14 Abs. 3–5 WHG). Eine gehobene Erlaubnis eignet sich wegen der größeren Rechtssicherheit eher für Vorhaben mit strategischer Bedeutung oder langfristigem Nutzungsbedarf, bedarf jedoch auch eines umfangreicheren Gestattungsprozesses.

### 4.1.3.3 Bewilligung (§§ 8, 10 Abs. 1 Var. 2, § 14 WHG)

Die Bewilligung ist die sicherste Form der wasserrechtlichen Gestattung. Sie räumt dem Vorhaben ein dauerhaftes und rechtlich gesichertes Nutzungsrecht ein. Eine Bewilligung wird nach § 14 Abs. 1 WHG jedoch nur erteilt, wenn die Nutzung ohne eine gesicherte Rechtsstellung nicht zumutbar wäre und einem geplanten, festgelegten Zweck dient. Die Bewilligung ist insbesondere für große Infrastrukturprojekte relevant, bei denen hohe Investitionen nur tragbar sind, wenn die Gewässerbenutzung über die gesamte Laufzeit der Anlage gesichert ist (Guckelberger, 2025), denn im Gegensatz zur Erlaubnis ist die Bewilligung nur in

Ausnahmefällen widerruflich (§ 18 Abs. 2 WHG). Allerdings ist diese besonders rechtssichere Gestattung nur zum Preis eines deutlich umfangreicheren Genehmigungsverfahrens zu bekommen. Erteilung einer Bewilligung erfordert ein förmliches Verfahren, in dem Betroffene und beteiligte Behörden Einwendungen geltend machen können. Durch die umfassendere Prüfung und Beteiligung verschiedener Stellen kann sich das Genehmigungsverfahren deutlich verlängern. Außerdem gelten höhere Anforderungen an Antragsunterlagen. Diese Nachteile machen die Bewilligung insbesondere für Vorhaben mit hohem Investitionsvolumen und langfristigen Nutzungsinteressen sinnvoll, bei denen eine gesicherte Rechtsstellung erforderlich ist.

Das könnte beim Bau und Betrieb bestimmter, sehr großer Großwärmepumpen zutreffen. Allerdings gilt für Gewässerbenutzungen im Sinne des § 9 Abs. 1 Nr. 4 und Abs. 2 Nr. 2 WHG, also das Einleiten von Stoffen in Gewässer, und bei Maßnahmen, bei denen nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit drohen, grundsätzlich ein Bewilligungsverbot. Betroffen davon sind zwei von drei, die für eine Gewässerwärmepumpe relevanten Benutzungstatbestände; das Einleiten eines Stoffes in ein Gewässer und eine potenziell nicht unerhebliche nachteilige Veränderung. Jedoch ist von diesem Bewilligungsverbot wiederum eine Ausnahme zugelassen für das „Wiedereinleiten von nicht nachteilig verändertem Triebwasser bei Ausleitungskraftwerken.“ Es handelt sich bei Ausleitungskraftwerken um Wasserkraftwerke einer bestimmten Konstruktionsart<sup>10</sup>. Nach dem Wortlaut der Vorschrift sind Gewässerwärmepumpen von dieser Ausnahme nicht erfasst und die Vorschrift soll eng am Wortlaut ausgelegt werden (Knopp & Müller, 2024b). Es muss nicht ausgeschlossen sein, technologische Neuerungen, die physikalisch, chemisch und biologisch ähnlich wenig auf das Gewässer einwirken, analog von der Rückausnahme zu erfassen. Wenn nicht in analoger Anwendung so doch bei einer Reform des Gesetzes.

#### 4.1.4 Anlagen an Gewässern § 36 WHG

Nach § 36 Abs. 1 S. 1 WHG sind „Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern [...] so zu errichten, zu betreiben, zu unterhalten und stillzulegen, dass keine schädlichen Gewässeränderungen zu erwarten sind und die Gewässerunterhaltung nicht mehr erschwert wird, als es den Umständen nach unvermeidbar ist.“ Diese Anforderung begründet für sich genommen kein Genehmigungserfordernis. Allerdings wird in § 35 Abs. 1 S. 3 WHG darauf verwiesen, dass „landesrechtliche Vorschriften“ gelten.

Bei dieser Formulierung handelt es sich um eine Öffnungsklausel, die das vor dem Bundesrecht entstandene, gewachsene Anlagenrecht der Länder aufrechterhält. Kern dieses Landesrechts ist eine Genehmigungspflicht für Anlagen in, an, über oder unter oberirdischen Gewässern, bei der die bauliche Beeinflussung des Gewässers und seines Abflusses im Mittelpunkt steht. Viele Landeswassergesetze<sup>11</sup> verlangen eine Genehmigung für solche Anlagen, variieren aber bei räumlicher Reichweite (etwa Einbeziehung des Uferstreifens), Ausnahmetatbeständen und Bußgeldnormen<sup>12</sup>. In den meisten Ländern besteht ein Anspruch auf die Erteilung dieser Genehmigung (Czychowski & Reinhardt, 2023). Sie kann mit Nebenbestimmungen versehen, befristet und aus bestimmten Gründen widerrufen werden. Ausgenommen sind

---

<sup>10</sup> Welche Wasserkraftwerkarten gibt es? Überblick | EEA

<sup>11</sup> Art. 20 Bayerisches Wassergesetz ; § 87 Brandenburgisches Wassergesetz ; § 22 Landeswassergesetz ; §§ 57, 83 Niedersächsisches Wassergesetz

<sup>12</sup> Vgl. § 123 Abs. 1 Nr. 4 Landeswassergesetz

Anlagen, die bereits nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) genehmigt sind, da hier die Konzentrationswirkung des § 13 BImSchG greift (Riedel, 2025).

#### 4.1.5 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)

Generell bedarf es für die Errichtung einer Gewässerwärmepumpe keiner immissionsschutzrechtlichen Genehmigung gemäß Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG). Wird die Großwärmepumpe allerdings am Standort einer nach BImSchG bereits genehmigten Anlage, z. B. einem Heizkraftwerk, errichtet, ist das Erfordernis einer Änderungsgenehmigung im Einzelfall zu prüfen. Besteht keine Genehmigungspflicht sind dennoch die Vorgaben der §§ 22 ff. BImSchG anwendbar.

Eine Änderungsgenehmigung für Bestandsanlagen ist nur dann erforderlich, wenn die Erweiterung um oder die Umrüstung auf eine Großwärmepumpe im Einzelfall als wesentliche Änderung nach § 16 BImSchG eingestuft wird. Eine „wesentliche Änderung“ mit dem Erfordernis einer Änderungsgenehmigung liegt vor, wenn der Umbau der genehmigten Anlage eine rechtlich relevante Änderung darstellt (Änderung der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebs der Anlage), hierdurch nachteilige Auswirkungen auf die Schutzgüter des Immissionsschutzrechts hervorgerufen werden können und diese Änderungen in einer Prüfung zur Sicherstellung der immissionsschutzrechtlichen Pflichten erheblich sein können (Reidt & Schiller, 2025).

Auch wenn Großwärmepumpen gemäß BImSchG nicht genehmigungsbedürftig sind, greifen jedoch stets Betreiberpflichten, die einzuhalten sind. Zentral für das Verständnis der Betreiberpflichten im Immissionsschutzrecht ist der Begriff der schädlichen Umwelteinwirkungen. Dieser ist für alle Großwärmepumpen potenziell relevant und soll nachfolgend erörtert werden.

- Schädliche Umwelteinwirkungen werden in § 3 Abs. 1 BImSchG legaldefiniert als „Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“. Der Begriff der Immissionen wiederum ist in § 3 Abs. 2 BImSchG definiert als „auf Menschen, Wild- und Nutztiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre, das Klima sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen.“

Vorstellbar ist, dass eine Großwärmepumpe auf die genannten Schutzgüter durch verschiedene Faktoren einwirkt, beispielsweise:

- Geräusche (Verdichter, ggf. Ventilatoren von Rückkühlwerken oder Pumpen),
- Leckagen oder Kontakt mit Kältemitteln,
- Erschütterungen,
- Gewässerabkühlungen.

Die Schädlichkeit der Immissionen bestimmt sich anhand ihres Störungspotenzials. Maßgeblich ist eine ex-ante-Betrachtung: Es genügt, wenn bei prognostischer Würdigung nach allgemeiner Lebenserfahrung und Stand der Wissenschaft ernsthaft die Möglichkeit besteht, dass Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen eintreten (Thiel, 2025). Ein tatsächlicher Schadenseintritt muss nicht nachgewiesen werden. Die sehr umfassende Bestimmung des § 3 Abs. 1 BImSchG, was als schädlich gilt (Gefahr, Nachteil und Belästigung), entspricht dem Vorsorgegedanken des Immissionsschutzrechts.

Um eine Ausuferung des Begriffes dennoch zu vermeiden, sollen geringfügige, sozial akzeptierte oder gelegentliche Beeinträchtigungen hinzunehmen sein, während übermäßige Belastungen als schädliche Umwelteinwirkungen untersagt sind (Jarass, 2024). Bei der Bestimmung der Erheblichkeitsschwelle werden Kriterien wie Art der Beeinträchtigung, Ausmaß, Dauer und Häufigkeit der Einwirkung, die Vorbelastung des betroffenen Gebiets sowie der Maßstab eines durchschnittlich empfindlichen Betroffenen berücksichtigt (Jarass, 2024), (Kahl et al., 2023).

Die unbestimmten Rechtsbegriffe in der Definition der schädlichen Umwelteinwirkungen: „Gefahr“, „Nachteil“, „Belästigung“ und „erheblich“, bedürfen einer Würdigung unter Rückgriff auf wissenschaftliche Erkenntnisse, Verwaltungsvorschriften und technische Regelwerke. Diese Würdigung erfolgt jeweils im Einzelfall. Ob ein Tatbestandsmerkmal erfüllt ist, ist ein wertungsoffener Maßstab.

## 4.2 Rechtliche Relevanz des Kältemittels

Aus rechtlicher Perspektive stellen Kältemittel Gefahren dar, die von einer Großwärmepumpe ausgehen könnten. Das Ziel ordnungsrechtlicher Regelungen ist es, das vom jeweiligen Fachrecht geschützte Rechtsgut vor Gefahren zu bewahren.

Aus wasserrechtlicher Perspektive gilt es „die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen“ (WHG § 1). Die Natur ist darüber hinaus „auf Grund ihres eigenen Wertes und als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen“ (BNatSchG §1) rechtlich geschützt. Wenn ein bestimmtes Kältemittel in seiner geplanten Verwendung eines der vorgenannten Schutzgüter beeinträchtigen könnte, begründet das einen Ansatzpunkt für ordnungsrechtlichen Handlungsbedarf.

Um diesen Schutzbedarf strukturiert zu untersuchen, werden zunächst die in Großwärmepumpen verwendeten Kältemittel vorgestellt. Anschließend wird das die einzelnen Kältemittel betreffende Regelungsregime dargelegt.

Es kommen verschiedene Kältemittel für den Einsatz in Großwärmepumpen in Betracht. Die gängigen Kältemittel, die bei Großwärmepumpen für Nah- und Fernwärme typischerweise zum Einsatz kommen, wurden bereits in Kap. 3.3.2 beschrieben und sind namentlich Ammoniak, Kohlenstoffdioxid, Kohlenwasserstoffe oder Hydrofluorolefine, wie in Tab. 5 dargestellt.

Tab. 5: Übersicht betroffener Rechtsbereiche für Kältemittel, die für gewöhnlich bei Großwärmepumpen für die Nah- und Fernwärme zum Einsatz kommen

Eigenschaft	Ammoniak	Kohlenstoffdioxid	Kohlenwasserstoffe	Hydrofluorolefine (HFO)
Alternative Bezeichnung / Beispiele	NH <sub>3</sub> , R717	CO <sub>2</sub> , R744	Propan (R290), Butan (R600), Isobutan (R600a), Pentan (R601), Isopentan (R601a), Propylen (R1270), Cyclopentan	R1234ze(E), R1234yf, R1233zd
Betroffen von F-Gase Verordnung	Nein	Nein	Nein	Nein
Ggf. betroffen von REACH-Verordnung	Nein	Nein	Nein	Möglich
Grenzwert für 4. BImSchV	3 t	Nein	Nein	Nein
Grenzwert für 12. BImSchV	50 t / 200 t	Nein	50 t / 200 t	Nein

#### 4.2.1 F-Gase Verordnung und REACH Verordnung

Keines dieser genannten Kältemittel ist von der F-Gase Verordnung betroffen, in der das Inverkehrbringen fluorierter Kältemittel seit 01. Januar 2015 geregelt wird (EU-Verordnung Nr. 517/2014 und in überarbeiteter Fassung Nr. 2024/573). Das Treibhausgaspotenzial der genannten Kältemittel liegt jeweils weit unter dem Grenzwert von 150, wie in Tab. 4 gezeigt.

Entscheidender ist die aktuelle Diskussion um ein mögliches Verbot von PFAS-haltigen Stoffen (Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen), die in einen Teil synthetischer Kältemittel vorkommt und aufgrund chemischer Abbauprozesse Ursache für die Entstehung von Trifluoressigsäure (TFA) sind. Aufgrund der chemischen Stabilität von TFA lässt sich das Molekül als sehr persistent einordnen, welches nicht durch natürliche Prozesse abgebaut werden kann. Des Weiteren weist TFA hydrophile Eigenschaften auf, wodurch sich die rasche Verbreitung in den Gewässern begründet (UBA, 2021).

Die ECHA (European Chemicals Agency) hat aufgrund der neuesten Erkenntnisse zu PFAS in 2023 in einem Entwurf (REACH Verordnung) eine Beschränkung für den Einsatz der PFAS-Stoffgruppen vorgeschlagen (European chemical agency [ECHA], 2023b). Der Einsatz der PFAS-Stoffgruppe kommt allerdings nicht allein in synthetischen Kältemitteln vor, sondern umfasst ca. 10.000 Stoffe und Bereiche aus der Lebensmittelindustrie, Kosmetika, Textilien, Löschmittel u.v.m. Ob es tatsächlich zu einem Verbot synthetischer Kältemittel bei dem Einsatz von Großwärmepumpen kommt, wird voraussichtlich erst in 2026/27 entschieden. Der Konsultationsprozess läuft derzeit (ECHA, 2023a).

In der Diskussion um ein mögliches Verbot von PFAS-Kältemitteln wird aktuell über ein pauschales Verbot diskutiert, nicht aber berücksichtigt, dass die Kältemittel unterschiedlich stark zu einer Entstehung von TFA beitragen, weil die chemisch erforderlichen Bestandteile nur begrenzt zur Verfügung stehen, wie in folgender Tabelle dargestellt.

Somit hätte das oftmals zur Verwendung kommende R1234ze(E) ein deutlich geringeres Potenzial TFA zu bilden als andere synthetische Kältemittel.

Tab. 6: Molare TFA-Ausbeute ausgewählter Kältemittel (Quelle: Behringer et al., 2021).

Stoffname	Molare TFA-Ausbeute	Quelle
R245fa	<10%	WMO (2010)
R134a	7-20%	Wallington et al. (1996)
R143a	<10%	Behringer et al. (2021)
R365mfc	<10%	WMO (2010)
R227ea	100%	WMO (2010)
R1234yf	100%	Hurley et al. (2008)
R1234ze(E)	<10%	WMO (2010)
R1336mzz(Z)	<20%	Qing et al. (2018)
R1225ye(E und Z)	100%	Behringer et al. (2021)
R1233zd(E)	2%	Sulbaek Andersen et al. (2018)
R1224yd(Z)	100%	Behringer et al. (2021)

#### 4.2.2 4. BImSchV

Das Immissionsschutzrecht unterscheidet zwischen genehmigungsbedürftigen und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen. Die genehmigungspflichtigen Anlagentypen sind in § 4 BImSchG und im Anhang 1 zur 4. Bundes-Immissionsschutzverordnung (4. BImSchV/31.05.2017; zuletzt geändert am 12.11.2024) abschließend aufgeführt. Großwärmepumpen oder auch Wärmepumpen sind in der 4. BImSchV, Anlage 1 nicht aufgeführt, was bedeutet, dass sie auf Grundlage ihrer Funktionsweise grundsätzlich keiner Genehmigung nach dem Immissionsschutzrecht bedürfen. Unter andere genehmigungsbedürftige Anlagen, wie die in Ziffer 1 der 4. BImSchV, Anlage 1, enthaltenen Anlagen zur Wärmeerzeugung, lassen sich Großwärmepumpen ebenfalls nicht subsumieren, da in der Großwärmepumpe keine Verbrennungsprozesse ablaufen.

Einzig in Betracht käme eine Subsumtion von Großwärmepumpen unter Ziffer 10.25 der 4. BImSchV, Anlage 1, wenn Großwärmepumpen, bei denen Ammoniak als Kältemittel mit einer Füllmenge von mindestens 3 t verwendet wird, unter „Kälteanlagen mit einem Gesamtinhalt an Kältemittel von 3 t Ammoniak oder mehr“ fallen. Nicht abschließend geklärt ist, ob Großwärmepumpen unter den Begriff Kälteanlagen zu fassen sind. Behördenseits werden dabei offenbar unterschiedliche Ansichten vertreten. Technisch gesehen verläuft ein gleicher Prozess innerhalb der Anlage ab, wobei nicht die kalte Seite wie bei Kälteanlagen, sondern die warme Seite bei Großwärmepumpen nutzbar gemacht wird. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal könnten die ggf. unterschiedlichen Temperaturniveaus sein, da Kälteanlagen für gewöhnlich etwas herunterkühlen, dabei allerdings auf eine Temperatur unterhalb der Umgebungstemperatur gehalten werden müssen. Die dabei entstandene Abwärme geben sie dann an die Umgebung ab. Währenddessen erzeugen Großwärmepumpen Wärme auf einem Temperaturniveau, welches deutlich über die Umgebungstemperatur hinausgeht.

Die Anwendung der 4. BImSchV käme nur bei einer Kältemittelfüllmenge von mehr als 3 t Ammoniak in Betracht. Das betrifft nur Großanlagen. In Abhängigkeit von Hersteller und der Bauweise (Rohrbündel oder Plattenwärmetauscher, einstufig oder Kaskade) kann eine mit

Ammoniak befüllte Großwärmepumpe wohl erst ab einer Leistung von ca. 6 MW genehmigungsbedürftig werden.

#### 4.2.3 12. BImSchV

Innerhalb des Immissionsschutzgesetzes ist in den §§ 23b oder 16a BImSchG eine von der Genehmigungsbedürftigkeit im Übrigen unabhängige, störfallrechtliche Genehmigung vorgesehen (Kahl et al., 2023). Auf Grundlage der Seveso-III-RL (Seveso-III-RL/24.07.2012) besteht eine Genehmigungspflicht für Anlagen in denen **störfallrelevante Mittel** oberhalb einer festgesetzten Mengenschwelle nach der 12. BImSchV (Störfall-Verordnung) zum Einsatz kommen (12. BImSchV/15. 03.2017; zuletzt geändert 03.07.2024).

Auch Großwärmepumpen können unter die Störfall-Verordnung fallen, wenn gefährliche Stoffe (insbesondere Kältemittel) in den im Anhang I festgelegten Mengenschwellen vorhanden sind oder vorhanden sein können. Die Schwellen gelten je Betriebsbereich (Zusammenfassung der dort befindlichen Anlagen bzw. Mengen); maßgeblich sind die Höchstmengen, die vorhanden sind oder sein können (Additions-/Quotientenregel beachten).

Nachfolgend ist aufgeführt, welche Kältemittel bei welchen Füllmengen bei Großwärmepumpen störfallrechtlich relevant sind:

- Kohlenwasserstoffe, wie in Tab. 5 aufgeführt: **2.1 Verflüssigte entzündbare Gase**, Kategorie 1 oder 2, (einschließlich Flüssiggas) und Erdgas: 50 t (§ 1 Abs. 1 S. 1 der 12. BImSchV) oder 200 t § 1 Abs. 1 S. 2 der 12. BImSchV)
- Ammoniak: **2.5 Ammoniak, wasserfrei**: 50 t (§ 1 Abs. 1 S. 1 der 12. BImSchV) oder 200 t § 1 Abs. 1 S. 2 der 12. BImSchV)

Die Anwendung der unterschiedlichen Schwellenwerte ist gemäß § 1 Abs. 1 der 12. BImSchV abhängig vom Betriebsbereich. Der Schwellenwert von 50 t Kältemittelfüllmenge kann erst bei sehr großen Anlagen erreicht werden. Wird eine Großwärmepumpe mit Ammoniak als Kältemittel betrieben, liegt die Grenze etwa bei Anlagen mit rund 100 MW Leistung. Bei Großwärmepumpen mit Kohlenwasserstoffen kann der Wert bei ungefähr 60 MW erreicht werden. Der Schwellenwert von 200 t Kältemittelfüllmenge für Betriebsbereiche der oberen Klassen (§ 1 Abs. 1 S. 2 der 12. BImSchV) wird entsprechend erst bei ca. 400 MW für Anlagen mit Ammoniak als Kältemittel erreicht bzw. bei ca. 240 MW für Anlagen mit Kohlenwasserstoffen.

Aufgrund des Aggregatzustandes der Kältemittel in der Großwärmepumpe weisen „P2 Entzündbare Gase der Kategorie 1 oder 2 mit von Schwellenwerten 10 t oder 50 t (zu finden in Anhang I Nr. 1.2.2 der 12. BImSchV) keine gesteigerte Relevanz für die Projekte auf, da die Kältemittel hauptsächlich in verflüssigter Form vorliegen. Die etwaig vorhandenen gasförmigen Mengen reichen für gewöhnlich nicht aus, um die genannten Schwellenwerte der Nr. 1.2.2 (s.o.) zu erreichen.

#### 4.3 Wasserrecht

Im Folgenden soll dargestellt werden, an welchen konkreten Regelungen des Wasserrechtes Großwärmepumpen im aktuellen Rechtsrahmen gemessen werden. Wasserrechtliche Vorschriften, insbesondere das Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (WHG) (WHG/31.07.2009; zuletzt geändert 22.12.2023) sowie die Wassergesetze der Länder, spielen bei Planung und Betrieb von Großwärmepumpen eine zentrale Rolle. Sobald eine Großwärmepumpe ein Gewässer als Wärmequelle nutzt (z. B. Fluss-, See-, Meerwasser), liegt darin regelmäßig eine

Gewässerbenutzung, die nur mit behördlicher Gestattung zulässig ist. Das WHG gilt bundesweit für oberirdische Gewässer, Küstengewässer und Grundwasser, sodass sowohl Binnen- als auch Meeresgewässer diesen Regeln unterfallen.

Verkompliziert wird die wasserrechtliche Beurteilung eines Großwärmepumpen-Vorhabens dadurch, dass Wasserrecht unter die konkurrierende Gesetzgebung nach Art. 74 Abs. 1 Nr. 32 GG (GG/23.05.1949; zuletzt geändert 22.03.2025) fällt. Das bedeutet gem. Art. 72 Abs. 1 S. 1 GG, dass solange und soweit der Bund von seiner Regelungskompetenz Gebrauch macht, die Normen des Bundesrechts (WHG) das Landeswasserrecht verdrängen. Regelungen zum wasserrechtlichen Verfahren enthält das WHG jedoch kaum. Hier liegt die Ausgestaltung bei den Landeswassergesetzen, die diverse Verfahrensaspekte (zuständige Behörden, Zustimmungsvorbehalte, Fristen, Gebühren, etc.) adressieren.

Außerdem enthält das WHG diverse Öffnungsklauseln, die es den Ländern ermöglichen individuelle materielle Regelungen zu treffen. Die Abweichungen dürfen nach Art. 72 III 1 Nr. 5 GG jedoch keine stoff- oder anlagenbezogenen Regelungen betreffen, da das Bundesgesetz hier einen einheitlichen Mindestschutz garantiert, von dem nicht abgewichen werden kann (Kahl et al., 2023). Regelmäßig finden sich Abweichungen mit Bezug zu strengeren Schutzstandards oder Abweichungen die regionalen Besonderheiten Rechnung tragen sollen (z. B. Fischerei an der Küste). Die Benennung und Analyse einzelner Landesregelungen würden den Rahmen dieser Darstellung jedoch sprengen.

Auf Bundesebene gibt es außerdem, auf Basis von § 23 WHG und zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL/23.10.2000; zuletzt geändert 20.11.2014) (WRRL), geschaffene Rechtsverordnungen, die bei der Genehmigung von Großwärmepumpen eine Rolle spielen können. Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) (OGewV/20.06.2016; zuletzt geändert 9.12.2020) konkretisiert beispielsweise die Umweltziele der WRRL die den Schutz von Oberflächengewässern durch eine Überwachung und der Bewertung des Gewässerzustands erreichen soll, um das Gewässer in einen guten ökologischen Zustand zu bringen oder diesen zu erhalten (Dörr & Walter, 2025). Auch die Anlagenverordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) (AbwV/17.06.2004; zuletzt geändert 17.04.2024) könnte im Rahmen der wasserrechtlichen Prüfung eine Rolle spielen, sofern der Einsatz wassergefährdender Stoffe, wie etwa bestimmter Kälte- oder Frostschutzmittel, geplant ist. Die AwSV und die OGewV erweitern den materiell-rechtlichen Prüfrahmen, an dem jede wasserrechtliche Gestattung für Großwärmepumpen gemessen wird.

Das umfassende, wasserschützende Rechtsregime dient dem Schutz der Gewässer als Ökosystem und Ressource und ist auf die thermische Nutzung nicht angepasst. Das führt in der Praxis aktuell zu langen Genehmigungsverfahren und einem erheblichen Umsetzungsverzug.

#### **4.3.1 Wasserrahmenrichtlinie**

Die Einhaltung des europarechtlichen Verschlechterungsverbotes ist für die Gestattungsbehörde unbedingt bindend. Das „Verschlechterungsverbot und das Verbesserungsgebot (Art. 4 Abs. 1 Buchst. a Ziff. i bis iii WRRL) [sind] keine bloßen Zielvorgaben für die Gewässerbewirtschaftung, sondern zwingende Vorgaben für die Zulassung von Vorhaben“.

Für natürliche oberirdische Gewässer gilt nach § 27 WHG, dass sie so zu bewirtschaften sind, dass eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands vermieden wird (§ 27 Abs. 1 Nr. 1 WHG). Für künstliche oder erheblich veränderte Gewässer gilt

Entsprechendes bezogen auf das ökologische Potenzial und den chemischen Zustand (§ 27 Abs. 2 Nr. 1 WHG). Die Verschlechterungstatbestände beinhalten im Einzelnen:

- Ökologischer Zustand/ökologisches Potenzial: Eine Verschlechterung des Zustands ist kleinschrittig und detailliert zu überprüfen. Sie ist bereits dann anzunehmen, wenn eine der in Anhang V zur WRRL genannten Qualitätskomponenten des Gewässers sich um eine Klasse verschlechtert. Befindet sie sich schon in der schlechtesten Klasse, genügt jede weitere negative Veränderung.
- Flussgebietspezifische Schadstoffe: Eine messbare Überschreitung einer Umweltqualitätsnorm der Anlage 6 OGeWV in einem Gewässer mit sehr gutem/gutem ökologischem Zustand/-potenzial stellt eine Verschlechterung des ökologischen Zustands/Potenzials dar.
- Chemischer Zustand: Eine Verschlechterung liegt vor, sobald eine Umweltqualitätsnorm nach Anlage 8 OGeWV überschritten wird; ist die Norm bereits überschritten, genügt jede messtechnisch erfassbare Erhöhung der Konzentration.

Für Küstengewässer gelten kraft Verweisung in § 44 S. 1 WHG die §§ 27 bis 31 WHG entsprechend.

Neben dem Verschlechterungsverbot ist das Erreichen oder Erhalten des guten Zustands eigenständiges Bewirtschaftungsziel für oberirdische Gewässer (§ 27 Abs. 1 Nr. 2 WHG) und Küstengewässer (§ 44 S. 1 WHG).

#### 4.3.2 Thermische Auswirkungen von Gewässerwärmepumpen

Als Anhaltspunkt für mögliche Einschränkungen der zulässigerweise durch Großwärmepumpen verursachten Wassertemperaturveränderungen ist zunächst **Anlage 7 der OGeWV** heranzuziehen.

##### 4.3.2.1 Anlage 7 der OGeWV

**Anlage 7 der OGeWV** enthält in Nr. 1.1.1 („Anforderungen an den sehr guten ökologischen Zustand und das höchste ökologische Potenzial - Fließgewässer - Werte für Temperatur und Temperaturerhöhung mit Zuordnung der Fischgemeinschaften“) zu den Gewässertypen gewässertyp- und fischökologisch differenzierte Orientierungswerte für Wassertemperaturen und zulässige Temperaturerhöhungen ( $\Delta T$ ) an Einleitstellen von Abwärme. Diese Werte werden zur Beurteilung des „guten ökologischen Zustands“ herangezogen und finden sich im Kontext von Kühlwasser regelmäßig als Nebenbestimmungen, ausgestaltet als Betriebsgrenzen oder Abschaltkriterien, in Erlaubnissen wieder. Typisch sind  $\Delta T$ -Spannen zwischen 1 K und 3 K je nach Gewässertyp und Fischgemeinschaft zulässig, siehe Tab. 7.

Eine bisherige Regelungslücke ist darin zu sehen, dass es zur verträglichen Abkühlung (bezogen auf den ökologischen Zustand beziehungsweise das ökologische Potenzial eines Gewässers) noch keine entsprechenden Regelungen gibt. Es ist jedoch die Aufgabe der Wasserbehörde, eine Verschlechterung des Gewässerzustands auszuschließen, sodass das Fehlen expliziter Abkühlungsregelungen aktuell nicht automatisch dazu führt, dass jedwede Temperaturschwankungen zulässig sind. Die zulässige Abkühlungsrate zu bestimmen, ist jedoch eine Herausforderung. Solange die OGeWV noch keine Anpassung erfahren hat, liefern verschiedene Quellen Hinweise zur verträglichen Abkühlung.

#### 4.3.2.2 Richtlinie der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)

Die **Richtlinie der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)** ist eine Norm im deutschsprachigen Raum, die neben der Erwärmung auch für die Abkühlung Regelungen aufstellt. Diese Richtlinie dient zum Schutz des Bodensees gegen Verunreinigung (Die Bodensee-Richtlinien, 2023/September 2023, 6. Version). Die Wasserqualität des Bodensees ist gut (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2024) und das Wasser wird entsprechend auch für die Trinkwassernutzung verwendet. Daher ist die Aufrechterhaltung dieser Wasserqualität von besonderem Interesse. In dieser Richtlinie steht in den allg. Grundsätzen der thermischen Nutzung, dass

- Wärmetauscher über Zwischenkreisläufe betrieben werden müssen,
- das entnommene Wasser nur physikalisch geändert werden darf,
- eine stoffliche Änderung nicht zulässig ist,
- die Rückgabetemperatur 20 °C nicht überschreiten darf,
- die Temperaturänderung in einer Mischungszone (20 x 20 x 10 m) < 1 K bleiben muss und
- Summationseffekte zu berücksichtigen sind.

Aufgrund der Frostgefahr sollte die Einleittemperatur des abgekühlten Wassers bei Seen etwa 1 °C nicht unterschreiten. Die Nutzung von Seewasser vom Bodensee wird durch Projekte in Bregenz (AT) (Stadtwerke Bregenz GmbH, 2023) und Konstanz (Universität Konstanz, 2024) vorangetrieben und untersucht. Böttger et al. 2022 kommt nach Untersuchungen an Tagebaurestseen zu der Einschätzung, dass „vor dem Hintergrund der natürlichen Temperaturvarianz [...] Veränderungen von 1 K außerhalb einer gewässerspezifisch zu definierenden Durchmischungszone gegenüber dem unbeeinflussten Zustand als ökologisch nicht relevant anzusehen [sind]“ und dass „hinsichtlich Auswirkungen auf das Gewässerökosystem [...] zwischen Temperaturerhöhung und –verminderung [...] keine Differenzierung möglich [ist]“. Konkret konnte für den Zwenckauer See (Sachsen) mittels Modellberechnungen gezeigt werden, dass bei ganzjährigem Wärmepumpenbetrieb, einer Entnahme von max. 120 m<sup>3</sup>/h und einer Temperaturspreizung von 3 K die zu erwartenden Temperaturänderungen an allen betrachteten Stellen zu keinem Zeitpunkt 1 K erreichen. Aus dem prognostizierten Wärmepumpenbetrieb ließ sich „keine nachteiligen Veränderungen auf die Gewässerökologie hinsichtlich des natürlichen Schichtungsverhaltens“ ableiten. Nach Kammer 2018 „ist das ökologische Risiko [grundsätzlich] begrenzt, wenn die Wassertemperaturänderung unterhalb von 0,5 K bleibt“, da die Differenz gegenüber der natürlichen Variabilität vernachlässigbar ist. Gleichzeitig wird von den von Kammer 2018 verschiedenen angefragten Behörden angegeben, dass die maximale Temperaturspreizung bei bestehenden Anlagen an Seen „zwischen Entnahme und Rückleitung [...] zwischen 4 K bis 10 K“ beträgt.

Aktuelle Beispiele zeigen, dass der in der Bodenseerichtlinie genannte Wert der Auskühlung um 1 K auch an anderer Stelle in Deutschland als Orientierung für die Praxis herangezogen wird. So gibt der Genehmigungsbescheid für das Nahwärmenetz Lauterecken (Rheinland-Pfalz, Fluss Lauter) vor, dass die Temperaturspreizung maximal 5 K betragen darf (Schwinghammer 2012) und „die Absenkung der Temperatur des Lauterwassers nach der Einleitstelle [...] 1 K nicht überschreiten [darf]“. Auch das in das Hafenbecken eingeleitete Wasser der sich im Bau befindenden Anlage in Neustadt i. H. (siehe Tab. 1) senkt die Wassertemperatur des Hafenbeckens bei einer Spreizung von max. 6 K um ca. 0,26 K ab und würde den IGKB-Grenzwert

damit ebenfalls einhalten (<https://www.swnh.de/services/faq/>). In Tab. 1 sind weitere Daten zur Temperaturveränderung bei Projekten in Deutschland aufgeführt.

Allerdings ist bei der Anwendung dieser Vorgaben zu berücksichtigen, dass sie speziell für den Bodensee entwickelt wurden, weshalb eine Übertragung auf andere Seen oder gar Gewässer nicht automatisch gegeben ist. Für eine Orientierung an den Werten der Richtlinien sprechen jedoch die insgesamt sehr hohen Standards („Ökologische und andere Schutzaspekte (z. B. Trinkwasserentnahmen) sind [...] mit oberster Priorität zu berücksichtigen.“ (Die Bodensee-Richtlinien, 2023/September 2023, 6. Version)).

#### 4.3.2.3 Merkblatt „Wärmegewinnung aus Fließgewässern“ des Bayerischen Landesamts für Umwelt

Das **Merkblatt „Wärmegewinnung aus Fließgewässern“** des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU-Merkblatt) (Bayerisches Landesamt für Umwelt [LfU], 2025) legt ökologisch zulässige Temperaturveränderungen für Fließgewässer folgendermaßen fest. Werden die Schwellen eingehalten, gilt die Nutzung grundsätzlich als möglich; bei Überschreitung oder Summationseffekten ist eine vertiefte gewässerökologische Prüfung und Optimierung der Einmischung erforderlich.

- Nach vollständiger Durchmischung am Einleitort muss die Wassertemperatur mindestens 3°C betragen.
- Die rechnerische Abkühlung soll 3 K nicht überschreiten, in Salmonidengewässern 1,5 K.
- Der im Wärmetauscher abgekühlte Teilstrom soll maximal um 10 K heruntergekühlt werden.
- Die maximal zu erwartende Gewässerabkühlung ist auf Basis des mittleren Niedrigwasserabflusses (MNQ) zu ermitteln und kann saisonal (Sommer/Winter<sup>13</sup>) differenziert anzusetzen sein.

Für einen Betrieb im Winter ist zu beachten, dass die Wassertemperatur von Flüssen oftmals bei Temperaturen wenige Grad oberhalb des Gefrierpunktes in einer Spanne von etwa 3 °C bis 5 °C liegt (Pflum, 2017). Aufgrund der Frostgefahr sollte die Einleittemperatur des abgekühlten Wassers bei Flüssen etwa 1 °C nicht unterschreiten.

#### 4.3.2.4 Novelle des § 11a WHG

Die seit 15.08.2025 geltende **Novelle des § 11a WHG** liefert Anhaltspunkte bezüglich der vom Gesetzgeber aktuell angenommenen zulässigen Abkühlung. Nach § 11a Abs. 7 S. 1 Nr. 2b WHG besteht eine zusätzliche Beschleunigung für die Genehmigung von Wärmepumpen „die das Wasser eines oberirdischen Gewässers als Wärmequelle nutzt [...] wenn an der Einleitungsstelle in das Gewässer eine rechnerische Temperaturabsenkung nach vollständiger Durchmischung von 1 Kelvin nicht überschritten wird“. Hieraus lässt sich im Umkehrschluss schließen, dass eine Temperaturabsenkung nach Durchmischung von über 1 K zulässig ist, da die Beschleunigungsschwelle nicht mit der Generellen Zulässigkeitschwelle übereinstimmen darf. Anderenfalls wäre die rechtsstaatlich gebotene Möglichkeit der Einzelfallbeurteilung nicht mehr gegeben.

---

<sup>13</sup> Hinweis: Nach der Tabelle in Nr. 1.1.1 der Anlage 7 der OGewV ist Sommer von April bis November und Winter von Dezember bis März definiert.

Daneben wurden mit der Novelle des § 11a WHG folgende Erleichterungen und Beschleunigungen für das Verfahren bei „Errichtung und Betrieb sowie Modernisierung einer Wärmepumpe, die das Wasser eines oberirdischen Gewässers oder Abwasser als Wärmequelle nutzt“ eingeführt:

- § 11a Abs. 2: Auf Antrag des Vorhabenträgers werden das Erlaubnis- oder Bewilligungsverfahren sowie alle sonstigen Zulassungsverfahren, die für die Durchführung des Vorhabens nach Bundes- oder Landesrecht erforderlich sind, über eine **einheitliche Stelle** abgewickelt.
- § 11a Abs. 3: Die einheitliche Stelle nach Absatz 2 stellt ein **Verfahrenshandbuch** für Träger von Vorhaben bereit und macht die im Verfahrenshandbuch enthaltenen Informationen auch im Internet zugänglich.
- § 11a Abs. 4: Antragssteller können **Anträge elektronisch** einreichen.
- § 11a Abs. 5 und 6: Behörde muss **Vollständigkeit des Antrags innerhalb von 45 Tagen** nach dessen Eingang bestätigen oder etwaig fehlende Unterlagen und Angaben binnen selbiger Frist bezeichnen und nachfordern. Anschließend erstellt Behörde **Zeitplan für weiteres Verfahren** und teilt diesen mit.
- § 11a Abs. 7: Behörde entscheidet innerhalb der folgenden **Fristen über die Erteilung der Erlaubnis oder der Bewilligung**:
  - innerhalb von **drei Monaten** bei
    - der Errichtung und dem Betrieb einer Wärmepumpe, die das Wasser eines oberirdischen Gewässers als Wärmequelle nutzt, mit einer thermischen Leistung **bis zu 100 Kilowatt**, wenn an der Einleitungsstelle in das Gewässer eine rechnerische Temperaturabsenkung nach vollständiger Durchmischung von **1 Kelvin nicht überschritten** wird;
  - innerhalb von **sechs Monaten** bei
    - der Modernisierung einer Wärmepumpe, die das Wasser eines oberirdischen Gewässers als Wärmequelle nutzt;
  - innerhalb **eines Jahres** bei
    - der Errichtung und dem Betrieb einer Wärmepumpe, die das Wasser eines oberirdischen Gewässers als Wärmequelle nutzt,
    - mit einer thermischen Leistung von bis zu 100 Kilowatt, wenn an der Einleitungsstelle in das Gewässer eine rechnerische Temperaturabsenkung nach vollständiger Durchmischung von **1 Kelvin überschritten** wird, oder
    - mit einer thermischen Leistung von mehr als 100 Kilowatt.

#### 4.3.3 Mindestwasserführung

§ 33 WHG enthält Regelungen zur Mindestwasserführung oberirdischer Gewässer: Für Großwärmepumpen ist das relevant, weil das Entnehmen oder Ableiten aus Gewässern danach nur zulässig ist, wenn die für das Gewässer erforderliche Abflussmenge zur Einhaltung der Bewirtschaftungsziele erhalten bleibt. Die Mindestwasserführung ist damit ein ausdrücklicher Versagungsgrund in Gestattungsverfahren.

Darüber hinaus führt das in den Nummern 2 des § 27 Abs. 1 und 2 WHG enthaltene Verbesserungsgebot dazu, dass jede in das Gewässer eingreifende Maßnahme nicht lediglich am Status Quo, sondern an den Bewirtschaftungszielen, mit einer Möglichkeit zur Verbesserung des Zustands oder Potenzials, zu messen ist. Das Verbesserungsgebot verlangt jedoch auch keine „künstliche Erhöhung“ der Abflussmenge.

Einige Länder haben die Abweichungskompetenz nach Art. 72 Abs. 3 S. 1 Nr. 5 GG genutzt und eigene landesgesetzliche Vorgaben für die Mindestwasserfestsetzung gemacht.

Für die Genehmigung von Gewässer-Großwärmepumpen ist § 33 WHG relevant, wenn offene Systeme Wasser entnehmen und abgekühlt wieder einleiten. Die zulässige Entnahmemenge muss so bemessen und betrieblich abgesichert werden (z. B. durch saisonal variierende Entnahmegrenzen, Niedrigwasser-Abschaltungen, saisonale Betriebsregime), dass die nach § 33 WHG (beziehungsweise den geltenden Landesregelungen) erforderliche Abflussmenge jederzeit verbleibt. Andernfalls ist die Erlaubnis zu versagen oder mit Nebenbestimmungen zu versehen. Geschlossene Systeme mit im Gewässer liegenden Wärmetauschern können § 33 WHG tlw. umgehen, weil keine Entnahme erfolgt.

Der Einfluss der Entnahmemenge im Vergleich zum Durchfluss sowie in Abhängigkeit der Auskühlung des eingeleiteten Wassers wurde in (Schwinghammer, 2012) untersucht. Bei einer Beschränkung der Entnahmemenge von 20 % zum Durchfluss sowie einer Temperaturspreizung am Wärmetauscher um 5 K, ergibt sich gemäß der Erhaltung der Energiebilanz eine Auskühlung des Wasserkörpers nach vollständiger Durchmischung von 1 K.

Unter Gewährleistung von § 33 WHG (Mindestwasserführung) könnte die Entnahmemenge bei einer rechnerischen Temperaturabsenkung des Gewässers nach Durchmischung von 1,5 K bzw. 3 K in Abhängigkeit der Temperaturspreizung am Wärmetauscher von einer Entnahmemenge von 20 % auch abweichen und z. B. bis zu 33 % bei einer Spreizung von 3 K erhöht werden. Allerdings wird in (Schwinghammer, 2012) vermutet, dass höhere Entnahmemengen als 20 % nicht genehmigungsfähig wären, ohne das genauer zu belegen.

### **4.3.4 Schutz vor schädlichen Gewässerveränderungen**

In § 62 WHG sind die materiellen Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen in Anlagen beschrieben. In § 62 Abs. 4 WHG ist zudem eine Ermächtigungsgrundlage enthalten, auf der die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) basiert. Diese konkretisiert die Anwendung des § 62 WHG.

Sobald wassergefährdende Stoffe zur Erfüllung der Funktion einer stationären Anlage verwendet werden, die der gewerblichen Wirtschaft oder öffentlichen Einrichtungen dient, ist der Anwendungsbereich der Vorschrift eröffnet. Unter „verwenden“ versteht sich der Einsatz eines wassergefährdenden Stoffes, der nicht Herstellung, Behandlung oder Erhaltung ist, aber für einen bestimmten Zweck eingesetzt wird.

Für Großwärmepumpen betrifft diese Vorschrift insbesondere Kältemittel, von denen einige als wassergefährdend einzustufen sind, sowie Frostschutzmittel in Zwischenkreisläufen. Eine Anwendung auf Schmieröl ist ebenfalls nicht auszuschließen.

Nach § 62 Abs. 1 WHG müssen betroffene Anlagen so betrieben und instandgehalten werden, dass eine nachteilige Gewässerveränderung nicht zu besorgen ist (Besorgnisgrundsatz). Diese Pflicht ist von stoff- bzw. emissionsbezogenen Vorgaben der WRRL zu trennen. Außerdem gelten für die Einleitung bestimmter gefährlicher Stoffe gesonderte Genehmigungen.

Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen müssen nach § 62 WHG „entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik beschaffen sein“. Diese Regeln werden in der AwSV konkretisiert.

§ 17 AwSV enthält die Grundsatzanforderungen für Anlagen, nach denen:

- wassergefährdende Stoffe nicht austreten dürfen,
- Undichtheit, schnell und zuverlässig erkennbar sein muss,
- austretende wassergefährdende Stoffe und Gemische schnell und gut zurückgehalten und entsorgt werden.

Nach § 17 Abs. 2 AwSV müssen Anlagen „dicht, standsicher und gegenüber den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Einflüssen hinreichend widerstandsfähig sein.“ Die §§ 18-25 AwSV enthalten weitere allgemeine Anforderungen, in §§ 26-38 AwSV werden besondere Rückhaltung für bestimmte Anlagentypen beschrieben und die §§ 39-48 AwSV statuieren Pflichten in Abhängigkeit von Gefährdungstufen.

#### **4.3.5 Allgemeine Grundsätze nachhaltiger Gewässerbewirtschaftung**

Im Rahmen ihres Bewirtschaftungsermessens nach § 12 Abs. 2 WHG hat die zuständige Behörde die Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung aus § 6 WHG zu berücksichtigen. Besonders relevant für Großwärmepumpen sind die Vorgaben nach denen Gewässer so zu bewirtschaften, dass:

- ihre ökologischen Funktionen und Leistungen als Teil des Naturhaushalts gewahrt,
- ihre Eignung als Lebensraum für Tiere und Pflanzen erhalten oder verbessert,
- nachteilige Veränderungen der Gewässereigenschaft verhindert werden.

Außerdem soll die Gewässerbewirtschaftung dem Allgemeinwohl dienen, die öffentliche Wasserversorgung sichern sowie möglichen Folgen des Klimawandels vorbeugen.

Als Dekarbonisierungstechnologie leisten Großwärmepumpen einen wichtigen Beitrag zur Vorbeugung des fortschreitenden Klimawandels, der sich zunehmend negativ auf den Zustand der Gewässer auswirkt. Damit leisten Großwärmepumpen mittelbar auch einen Beitrag zur Erhaltung der ökologischen Funktion von Gewässern im Naturhaushalt im Allgemeinen. Ferner wirkt eine Abkühlung von Gewässern durch thermische Nutzung der nachteiligen Veränderung durch Erwärmung (vgl. dazu Anlage 7 OGewV) aktiv entgegen.

Schließlich verlangt die nachhaltige Gewässerbewirtschaftung, die Gewässer als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu erhalten und zu verbessern und sie vor nachteiligen Veränderungen von Gewässereigenschaften zu schützen. Das umfasst auch den Fischschutz an Entnahme- und Wiedereinleitbauwerken von Gewässerwärmepumpen.

#### **4.4 Naturschutzrecht**

Die naturschutzrechtlichen Anforderungen werden durch das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und die entsprechenden Landesgesetze normiert. Von Bedeutung für die Beurteilung von Gewässerwärmepumpen sind insbesondere die Vorschriften zur Eingriffsregelung (§§ 13ff), zu Umweltschäden (§ 19), zu geschützten Teilen von Natur und Landschaft (§§ 22-29) einschließlich europäischen Gebietsschutz (§ 34), zum Biotopschutz (§ 30) und Artenschutz (§ 44) sowie zu Uferzonen (§ 61).

#### 4.4.1 Eingriffsregelung

Eingriffe in Natur und Landschaft sind Veränderungen der Gestalt und Nutzung von Grundflächen, die die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts oder des Landschaftsbildes erheblich beeinträchtigen können (§ 14 BNatSchG). Zu den Grundflächen gehören neben den Landflächen und Ufern auch das Gewässerbett und Wasserflächen, nicht aber das Wasser selbst (vgl. Frenz und Müggenborg 2021 § 14 RN 17). Gewässerwärmepumpen stellen daher regelmäßig Eingriffe in Natur und Landschaft dar. Die Eingriffsfolgen sind dann im Hinblick auf alle Bestandteile des Naturhaushalts – biotisch wie abiotisch – zu ermitteln. Verursacher eines Eingriffs sind nach § 15 Abs. 1 BNatSchG verpflichtet, vermeidbare Beeinträchtigungen zu unterlassen. Dabei ist auch zu prüfen, ob der verfolgte Zweck am gleichen Ort ohne oder mit geringeren Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft erreicht werden kann. Dies erfordert regelmäßig eine Überprüfung, ob die Wahl der baulichen Ausführung oder die räumliche Anordnung von Anlagenbestandteilen zu der geringstmöglichen Beeinträchtigung führt. Dabei sind alle möglichen Auswirkungen in den Blick zu nehmen.

#### 4.4.2 Umweltschäden

Ein Umweltschaden wird in § 19 Abs. 1 und 2 BNatSchG definiert als Schädigung von

- Vogelarten nach Art. 4. Abs. 2 und Anhang I der VSch-RL oder deren Lebensräumen,
- Arten nach Anhang II der FFH-RL oder deren Lebensräumen,
- Arten nach Anhang IV der FFH-RL oder deren Fortpflanzungs- und Ruhestätten oder
- natürlichen Lebensraumtypen nach Anhang I FFH-RL,

welcher nachteilige Auswirkungen auf die Erreichung oder Beibehaltung des günstigen Erhaltungszustands dieser Lebensräume oder Arten hat, sofern diese Schädigungen nicht zuvor z. B. im Rahmen einer Eingriffsgenehmigung genehmigt wurden oder zulässig sind. Daher ist die Betroffenheit dieser Arten und Lebensräume im Voraus zu ermitteln. Dabei ist der Prüfungsauftrag gegenüber der artenschutzrechtlichen Prüfung um die Lebensräume nach Anhang I und die Arten nach Anhang II FFH-RL erweitert.

#### 4.4.3 Geschützte Teile von Natur und Landschaft

Gemäß § 22 BNatSchG können Teile von Natur und Landschaft durch Erklärung unter Schutz gestellt werden. Dabei bestimmt die Erklärung die zur Erreichung des Schutzzwecks notwendigen Gebote und Verbote, die bei der Genehmigung von Gewässerwärmepumpen beachtlich sind. Geschützte Teile von Natur und Landschaft können sein (§§ 22-29):

- Naturschutzgebiete,
- Nationalparke, Nationale Naturmonumente,
- Biosphärenreservate,
- Landschaftsschutzgebiete,
- Naturparke,
- Naturdenkmäler,
- geschützte Landschaftsbestandteile.

#### 4.4.4 Natura 2000-Gebiete (Europäischer Gebietsschutz)

Im Hinblick auf Natura 2000-Gebiete (FFH- und VSch-Gebiete) gelten über die ggf. einschlägigen nationalen Schutzvorschriften die Bestimmungen des § 34 BNatSchG. Danach ist ein Projekt nur zulässig, wenn es nicht zu erheblichen Beeinträchtigungen des Gebiets in seinen für die Erhaltungsziele oder den Schutzzweck maßgeblichen Bestandteilen führen kann. Die Maßstäbe für die Prüfung der Verträglichkeit ergeben sich aus dem Schutzzweck und den dazu erlassenen Vorschriften, wenn hierbei die jeweiligen Erhaltungsziele bereits berücksichtigt wurden. Da eine Abweichung von dieser Vorschrift nur möglich ist, wenn zumutbare Alternativen, den mit dem Projekt verfolgten Zweck an anderer Stelle, ohne oder mit geringeren Beeinträchtigungen zu erreichen, nicht gegeben sind, dürfte eine Realisierung von Wärmepumpen, die zu erheblichen Beeinträchtigungen von Natura 2000-Gebieten führen können, regelmäßig nicht möglich sein.

#### 4.4.5 Gesetzlich geschützte Biotope

Handlungen, die zu einer Zerstörung oder sonstigen erheblichen Beeinträchtigungen der in § 30 Abs. 2 BNatSchG aufgeführten Biotope führen können, sind verboten. Im Hinblick auf Gewässerwärmepumpen sind dabei insbesondere

- natürliche oder naturnahe Bereiche fließender und stehender Binnengewässer einschließlich ihrer Ufer und der dazugehörigen uferbegleitenden natürlichen oder naturnahen Vegetation sowie ihrer natürlichen oder naturnahen Verlandungsbereiche, Altarme und regelmäßig überschwemmten Bereiche,
- Moore, Sümpfe, Röhrichte, Großseggenrieder, seggen- und binsenreiche Nasswiesen und Quellbereiche sowie
- Bruch-, Sumpf- und Auenwälder

von Bedeutung, da diese im Bereich der in Anspruch genommenen Gewässer, Ufer und Auenbereiche häufig anzutreffen sind.

Von den Verboten kann nach § 30 Abs. 3 BNatSchG auf Antrag im Einzelfall eine Ausnahme zugelassen werden, wenn die Beeinträchtigungen ausgeglichen werden können. Daneben kommt eventuell eine Befreiung nach § 67 BNatSchG in Betracht.

#### 4.4.6 Artenschutz

Durch das in § 44 BNatSchG normierte spezielle Artenschutzrecht werden bestimmte Tier- und Pflanzenarten besonders geschützt. Insbesondere ist es verboten, die betreffenden Tierarten zu schädigen oder zu töten, während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Mauser-, Überwinterungs- und Wanderungszeiten erheblich zu stören oder ihre Fortpflanzungs- oder Ruhestätten aus der Natur zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören. Entsprechend dürfen die betreffenden Pflanzenarten und ihre Entwicklungsformen nicht beschädigt oder aus der Natur entnommen oder ihre Standorte beschädigt oder zerstört werden.

Da Wasserwärmepumpen einen zu genehmigenden Eingriff in Natur und Landschaft darstellen, sind für die artenschutzrechtliche Prüfung die Erleichterungen des § 44 Abs. 5 BNatSchG einschlägig. Insbesondere sind danach die artenschutzrechtlichen Verbote nur im Hinblick auf europäische Vogelarten sowie Tier- und Pflanzenarten des Anhangs IV FFH-RL zu prüfen.

Im Hinblick auf Gewässerwärmepumpen können dabei z. B. im und am Gewässer lebende Tier- (z. B. Fische, Amphibien, Libellen, Mollusken) und Pflanzenarten des Anhangs IV FFH-RL

betroffen sein. Darüber hinaus können in Uferbereichen nistende oder auf Wasserflächen rastende Vögel artenschutzrechtlich relevant sein. Die entsprechende artenschutzrechtliche Prüfung ist im Zulassungsverfahren beizubringen.

Die Möglichkeiten für eine artenschutzrechtliche Ausnahme sind gem. § 44 Abs. 7 BNatSchG beschränkt. Voraussetzung wäre u.a. der Nachweis von zwingenden Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art. Eine Ausnahme darf im Übrigen nur zugelassen werden, wenn zumutbare Alternativen nicht gegeben sind und sich der Erhaltungszustand der Populationen einer Art nicht verschlechtert. Diese Voraussetzungen dürften bei Wasserwärmepumpen regelmäßig nicht vorliegen.

#### **4.4.7 Uferzonen**

Gem. § 61 BNatSchG dürfen im Außenbereich an Bundeswasserstraßen und Gewässern erster Ordnung sowie an stehenden Gewässern mit einer Größe von mehr als 1 Hektar im Abstand bis 50 Meter von der Uferlinie keine baulichen Anlagen errichtet oder wesentlich geändert werden, sofern keine wasserrechtliche Erlaubnis oder Bewilligung vorliegt. An den Küstengewässern ist abweichend von Satz 1 ein Abstand von mindestens 150 Metern von der mittleren Hochwasserlinie an der Nordsee und von der Mittelwasserlinie an der Ostsee einzuhalten. Da für Gewässerwärmepumpen regelmäßig eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich ist, entfaltet diese Norm voraussichtlich keine Wirksamkeit.

### **4.5 Bestehende Rechtsunklarheiten**

Im Folgenden wird auf rechtliche Unklarheiten eingegangen, die in dem Kontext von Gewässerwärmepumpen bestehen können und in den vorgenannten Kapiteln noch nicht näher adressiert wurden.

#### **4.5.1 § 57 WHG Wärmepumpenwasser und Abwasser**

Wer in Deutschland Abwasser in ein Gewässer einleiten möchte, benötigt dafür eine Erlaubnis. Diese sogenannte Direkteinleitungserlaubnis nach § 57 WHG ist für Großwärmepumpen an Gewässern potenziell relevant, denn, ob das von der Wärmepumpe zurückgeführte Wasser oder Teilmengen davon als Abwasser zu qualifizieren ist, ist nicht eindeutig. Sollte eine Abwassereigenschaft bejaht werden, bedürfte es einer Einleitungserlaubnis nach § 57 WHG.

Die Diskussion um die Abwassereigenschaft im Sinne des § 54 WHG stellt sich folgendermaßen dar: Da das ausgestoßene Wasser im Vergleich zum entnommenen Wasser kälter ist, also eine physikalische Veränderung erfahren hat und das Wasser somit gezielt genutzt und in einer Beschaffenheit verändert wurde, könnten die Voraussetzungen von Schmutzwasser, dass eine Form von Abwasser ist, gemäß § 54 Abs. 1 WHG erfüllt sein. Ein Anhaltspunkt für diese Auslegung in der Behördenpraxis könnte sein, dass auch Kühlwasser regelmäßig als Abwasser eingestuft wird. Außerdem ist die Nutzung ein Prozess außerhalb des natürlichen Wasserkreislaufs zu menschlichem Gebrauch. Eine Abwasserqualifikation würde sicherstellen, dass die Einleitungen kontrolliert und ggf. durch Auflagen reguliert werden können, um potenzielle ökologische Auswirkungen zu minimieren.

Gegen die Einstufung als Abwasser könnte sprechen, dass eine bloße Temperaturveränderung (und insbesondere eine Abkühlung) regelmäßig nur eine unwesentliche Eigenschaftsveränderung ist, insbesondere wenn sie innerhalb natürlicher Schwankungen des Gewässers liegt. Wird die Bagatellschwelle nicht durch nachweislich negative Umweltwirkungen überschritten, sollte keine relevante Beeinträchtigung des Gewässers vorliegen. Außerdem fehlt es am

Entledigungswillen der Anlagenbetreiber, da das Wasser nach seiner Nutzung unmittelbar wieder in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt wird.

Ob es sich bei dem von Gewässerwärmepumpen verwendeten Wasser um Abwasser handelt, wird abschließend von der zuständigen Wasserbehörde beurteilt werden. Bleibt die Temperaturänderung gering und ohne ökologische Auswirkungen, können die Argumente gegen eine Einstufung als Abwasser gehört werden. Es gibt jedoch in der juristischen Literatur bereits Stimmen, die das beim Betrieb von Energiegewinnungsanlagen, wie Wärmepumpen, abgekühlte Wasser, zum Abwasser zählen, ohne sich mit der Schädlichkeit im Einzelnen auseinanderzusetzen. Hier besteht Klärungsbedarf.

#### 4.5.2 § 35 WHG Wasserkraftnutzung

§ 35 WHG Wasserkraftnutzung ist eine Spezialvorschrift für den Fischschutz bei Errichtung und Betrieb von Wasserkraftanlagen. Ob Wasserkraft in diesem Zusammenhang auch Gewässer-Wärmepumpe umfasst, ist nicht geklärt.

Der Wortlaut „Wasserkraftnutzung“ wird im allgemeinen Sprachgebrauch zwar regelmäßig mit der Elektrizitätsgewinnung durch Wasserkraft gleichgesetzt, erlaubt aber auch eine weitergehende Interpretation, die eine mechanische Wassernutzung wie Sägewerke oder Wassermühlen erfasst. Allerdings ist die thermische Nutzung in der juristischen Kommentarliteratur zu § 35 WHG nicht benannt. Auch, wenn Wärmepumpen damit nicht unter die Definition der Wasserkraft fallen, ist der Fischschutz ein Anliegen, das bei Gewässer-Wärmepumpen zu prüfen ist. Die nachfolgenden Ausführungen behalten daher unabhängig von der Anwendbarkeit des § 35 WHG Bedeutung. Die rechtlichen Voraussetzungen zur Nutzung von Wasserkraft verlangen, dass geeignete Maßnahmen zum Schutz der Fischpopulationen, nicht der einzelnen Tiere, ergriffen werden. Populationsschutz bedeutet, dass die Reproduktion der betroffenen Fischarten trotz Nutzung der Wasserkraft sichergestellt bleibt.

Als „geeignete Maßnahmen“ verstehen sich alle technisch möglichen Optionen des Fischschutzes. Für herkömmliche Staukraftwerke sind dies üblicherweise durchgängigkeitsverbessernde Bauten, wie Fischtreppe oder eine Schutzvorrichtung vor Turbinen. Bei Gewässer-Wärmepumpen sind die Fischbestände hingegen regelmäßig vor der Zerstörung durch Ansaugung zu schützen. Eine mögliche Maßnahme des Fischschutzes sind Siebe vor den Ansaugstutzen des Entnahmebauwerks mit möglichst geringer Maschenweite, diese verhindern, dass juvenile und adulte Fische in den Pumpkreislauf gelangen können. Außerdem ist die Ansauggeschwindigkeit zu begrenzen, um Eier und sehr junge Larvenstadien von Fischen, die nicht oder nur sehr eingeschränkt schwimmfähig sind und durch die Maschen des Siebs gelangen könnten, zu schützen. Um den Fischschutz sicherzustellen, kann eine wasserrechtliche Gestattung mit konkreten Nebenbestimmungen versehen werden.

Nach Auffassung des Energieeffizienzverbandes für Wärme, Kälte und KWK e. V (AGFW) würde der Ausbau von Gewässerwärmepumpen davon profitieren für die Gewässer und ihre Population unproblematische Nutzungen zu definieren. So können Einzelfallprüfungen für einen Teil der Nutzungen entfallen oder wesentlich vereinfacht werden. Der AGFW schlägt daher eine Erweiterung des § 35 WHG vor (AGFW 2024, S. 50f), um die für Wasserkraft geltenden Regeln auf Gewässerwärmepumpen auszuweiten. Dadurch könnten die im Bereich der Wasserkraft gesammelten Erkenntnisse des Fischschutzes genutzt werden, um einen Regelungsrahmen für den Ausbau von Gewässerwärmepumpen zu entwerfen.

### 4.5.3 Analogie zur Kraftwerkskühlung

Aufgrund fehlender Erfahrungen und Untersuchungen gibt es noch keine bundesweiten Regelungen und Vorschriften, die Vorgaben zur Nutzung eines Gewässers für die Wärmeabfuhr machen. Daher bietet sich zunächst ein Vergleich zur Kraftwerkskühlung an, bei der das Gewässer erwärmt wird. Großwärmepumpen haben im Gegensatz zu Kraftwerken eine abkühlende statt erwärmende Wirkung auf das Gewässer. Die maximal zulässige Temperaturerhöhung durch eingeleitetes Wasser z. B. durch Kraftwerkskühlung wird in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV/20.06.2016; zuletzt geändert 9.12.2020) Anlage 7 begrenzt, siehe Tab. 7. Die Begrenzung ist abhängig von dem ökologischen Zustand natürlicher Gewässer bzw. von dem ökologischen Potenzial erheblicher veränderter und künstlicher Gewässer, der im Gewässer vorkommenden Fischgemeinschaft sowie einer Unterscheidung zwischen Sommer (Apr-Nov) und Winter (Dez-Mär). Hervorzuheben dabei ist, dass es sich um die maximal zulässige Wassertemperatur sowie die maximale Temperaturerhöhung des Gewässers nach der Erwärmung handelt, nicht um die eingeleitete Wassertemperatur. Zur besseren Anwendung hat u.a. das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) dazu zwei Merkblätter herausgegeben (LfU, 2023; Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2023) mit folgenden Definitionen:

- „Die Gewässermischtemperatur ist die Temperatur des Gewässers, die sich unterhalb der Einleitstelle infolge der Kühlwassereinleitung maximal einstellen darf.“
- „Die Gewässererwärmung bezieht sich auf die maximal zulässige Temperaturdifferenz zwischen der Gewässermischtemperatur [°C] und der Temperatur des unbelasteten Gewässers [°C] oberhalb der Einleitstelle. [...] 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.“

Tab. 7: Anforderungen an die Temperaturerhöhung durch Einleitung von Wärme gemäß OGewV

	Sehr guter Zustand/Potenzial		Guter Zustand/Potenzial	
	Winter (Dez-Mär)	Sommer (Apr-Nov)	Winter (Dez-Mär)	Sommer (Apr-Nov)
Maximale Wassertemperatur	8-10°C*	18-25°C*	8-10°C*	20-28°C*
Maximale Temperaturerhöhung	1-3 K*	0 K*	1-3 K*	1,5-3 K*

\*in Abhängigkeit der vor Ort vorkommenden Fischgemeinschaft, vgl. OGewV Anhang 7

Um die Analogie zur Gewässerkühlung bei Nutzung als Wärmequelle von Großwärmepumpen herzustellen, sei auf (FfE, 2024) sowie die darin genannten Referenzen (Fink et al., 2014; Gappisch, 2017) verwiesen mit der Aussage, dass eine geringe Abkühlung des Gewässers grundsätzlich als positiv beurteilt wird, weil sie steigenden Wassertemperaturen aufgrund des Klimawandels entgegenwirkt (FfE, 2024). Die ansteigenden Wassertemperaturen sind evident, wie z. B. von (Pflum, 2017) für 14 verschiedene Messstationen untersucht wurde, wovon ca. dreiviertel einen Anstieg um 0,18-0,73 K/Dekade aufzeigen.

#### 4.5.4 Umgang mit Altrecht

Nicht selten eignen sich (ehemalige) Kraftwerksstandorte mit bestehenden Entnahmebauwerken für die Installation einer Gewässerwärmepumpe. Zu der Frage, ob es grundsätzlich als möglich erachtet wird, bestehende Wasserrechte für die Kühlwassernutzung zum Betrieb einer Großwärmepumpe zu verwenden oder auf diese auszuweiten, kommt der Energieverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. zu einer positiven Einschätzung. Demnach sei in solchen Fällen nicht zwingend eine neue wasserrechtliche Zulassung erforderlich, sondern lediglich eine Abänderung oder Ergänzung der vorliegenden Erlaubnis oder Bewilligung [AGFW 2024]. Eine Einzelfallprüfung durch die untere Wasserbehörde kann selbstverständlich auch zu einer anderen Einschätzung kommen.

Aus gewässerökologischer Sicht ist die Frage naheliegend, inwieweit ältere Bestandsgenehmigungen hinsichtlich des Schutzes der Gewässerökologie den neuesten ökologischen Standards entsprechen, weiterhin Bestand haben bzw. in welcher Form diese verlängert werden können. Andererseits wurde der Eingriff in die Natur durch das entsprechende Bauwerk bereits getätigt sowie die Maßnahme zum jeweiligen damaligen Stand der Technik zum gewässerökologischen Schutz berücksichtigt. Es könnte dahingehend zielführender und ein geringerer Eingriff entstehen, Bestandsgenehmigungen aufrechtzuerhalten und diese ggf. auf die neuen Bedingungen anzupassen, statt einen Eingriff an einem neuen Standort durchzuführen.

#### 4.6 Fazit Recht

Als für den Gesetzgeber neue Technologie, gab es bis in der jüngsten Vergangenheit keinen auf die Gewässerwärmepumpe zugeschnittenen Rechtsrahmen, was erhebliche Unsicherheiten für Vorhabenträger und Behörden barg. Der Gesetzgeber hat die Bedeutung der Gewässerwärmepumpe als für die Dekarbonisierung zentrale Technologie inzwischen erkannt und sie mit dem neuen § 11a WHG erstmals explizit rechtlich verankert. Die Novelle schafft wichtige Erleichterungen und einen ersten Rahmen, um den Ausbau zu beschleunigen.

Nichtsdestotrotz bestehen weiterhin erhebliche Regelungslücken und offene Fragen, etwa ob Wärmepumpen rechtlich als Kälteanlagen angesehen werden, inwieweit sich Wärmepumpen und Großwärmepumpen rechtlich unterscheiden, ob das entnommene und wieder zurückzuführende Wasser rechtlich als Abwasser einzuordnen ist, welche Wasserauskuhlung rechtlich zulässig ist und wie mit Altrecht umzugehen ist.

Die verbleibenden Regelungslücken bergen die Gefahr, dass die spezifischen Auswirkungen auf Gewässerökosysteme nicht ausreichend oder einheitlich bewertet werden. Um den Schutz unserer Gewässer als Lebensgrundlage für Flora und Fauna umfassend und rechtssicher zu garantieren, müssen diese Unsicherheiten beseitigt und ein klarer Rahmen für eine naturverträgliche Nutzung geschaffen werden.

Die rechtliche Einordnung von Gewässerwärmepumpen spiegelt im Ergebnis den Spagat und die wesentliche Herausforderung des Gesetzgebers wider: eine für die Dekarbonisierung zentrale Technologie rechtssicher zu ermöglichen, ohne den Umwelt- und Naturschutz zu vernachlässigen.

## 5 Gewässerökologie

Die Gewässerökologie beschreibt den Zustand der Lebensgemeinschaft eines Gewässers sowie deren abiotische Voraussetzungen, die sich z. B. aus der Morphologie, den Bodenverhältnissen, den Strömungsverhältnissen und strukturellen Parametern ergeben, sowie die Wechselwirkungen der einzelnen Komponenten untereinander. Ein besseres Verständnis der gewässerökologischen Auswirkungen ist eine wesentliche Grundlage für die Bewertung der naturschutzfachlichen Relevanz von Gewässerwärmepumpen. In die Betrachtung werden auch die Uferbereiche einbezogen, soweit sie bei Hochwasserereignissen regelmäßig überflutet werden.

Gewässer sind in Fließgewässer, Stillgewässer und Meeresgewässer zu differenzieren, die sich in ihren ökologischen Parametern grundlegend unterscheiden. Während in Fließgewässern durch das kontinuierlich strömende Wasser abiotische Einflüsse wie z. B. physikalische oder chemische Veränderungen i.d.R. schnell stromab transportiert und dadurch durchmischt und verdünnt werden, können Auswirkungen in Stillgewässern ohne nennenswerte Strömung eher über die Zeit akkumulieren und dann kritische Schwellen erreichen. Darüber hinaus entstehen in Stillgewässern eher stabile Schichtungen, die durch Temperaturveränderungen oder Strömungen gestört werden können. In Fließgewässern sind Organismen darüber hinaus eher an Strömungsverhältnisse angepasst und daher leichter in der Lage, auf strömungsbedingte Veränderungen zu reagieren.

Meeresgewässer unterscheiden sich von Fließ- und Stillgewässern durch die Salinität, die Brandungseinflüsse und den insgesamt bedeutend größeren Wasserkörper, in denen dadurch in wesentlich größerem Umfang Durchmischungsvorgänge stattfinden.

Hinsichtlich der Lebensgemeinschaft des Gewässers kann unterschieden werden zwischen

- am Gewässerboden lebenden wirbellosen Tieren (Makrozoobenthos),
- am Gewässerboden anhaftenden Pflanzenarten (Phytobenthos),
- auf dem Gewässerboden wurzelnden oder treibenden Wasserpflanzen (Makrophyten),
- im Wasserkörper schwebenden Mikroalgen (Phytoplankton),
- im Wasserkörper schwebenden Tieren (Zooplankton),
- im Wasserkörper frei beweglichen Tieren (z. B. Fische),
- Tierarten, die nur zeitweise Gewässer nutzen, z. B. Amphibien, Vögel.

Fische, Makrozoobenthos, Phytobenthos, Makrophyten, und Phytoplankton stellen zudem die biologischen Qualitätskomponenten nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) dar, die bei der Bewertung des ökologischen Zustands bzw. ökologischen Potenzials der Oberflächenwasserkörper von besonderer Bedeutung sind. Ziel der EU war es mit Inkrafttreten der Richtlinie in 2000, den ökologischen Zustand aller Fließgewässer im Jahr 2021 sowie aller Seen bis 2015 von gut oder sehr gut zu erreichen. Nach den Daten zur Umwelt des UBA (UBA, 2022b) wurde im Berichtsjahr 2021 der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potenzial von 54 % der Gewässerkörper in Deutschland als unbefriedigend oder schlecht und nur 8% als gut oder sehr gut eingestuft (vgl. Abb. 21, Abb. 22).

Die gewässerökologischen Zustände bzw. Potenziale der genannten Gewässer aus Tab. 1 sind oftmals (6x) unbefriedigend (Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2025b). Die Werra ist bspw.

durch den Abbau von Kalisalzen und dem Einleiten der Abfallsalze stark belastet und in einem ökologisch unbefriedigenden Zustand (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V [BUND], 2025; Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2025a). Der Mühlbach (Mangfall) hingegen hat ein gutes ökologisches Potenzial, der Rhein ein mäßiges Potenzial. Die Stepenitz ist wiederum als eines der saubersten Fließgewässer Brandenburgs bekannt und zudem als Naturschutzgebiet ausgewiesen (Kähler & Lehmborg, 2025).

Im Licht dieser Bewertung sind den gewässerökologischen Auswirkungen bei der Planung und Zulassung von Gewässerwärmepumpen auch in der Abwägung mit anderen Belangen ein hohes Gewicht beizumessen. Da das vorgegebene Ziel deutlich verfehlt wurde, soll dies im Rahmen des nächsten Bewirtschaftungszyklus bis 2027 erfolgen (UBA, 2022a, 2022b). Wesentliche Gründe für das Nichterreichen der Ziele sind gemäß Umweltbundesamt (UBA, 2022b):

- die zu hohen, meist aus der Landwirtschaft stammenden Belastungen durch Nährstoffe, Feinsedimenteinträge und Pflanzenschutzmittel sowie
- hydromorphologische Degradation der Gewässer durch Verbauung und Begradigung sowie die durch Wehre unterbrochene Durchgängigkeit der Fließgewässer.

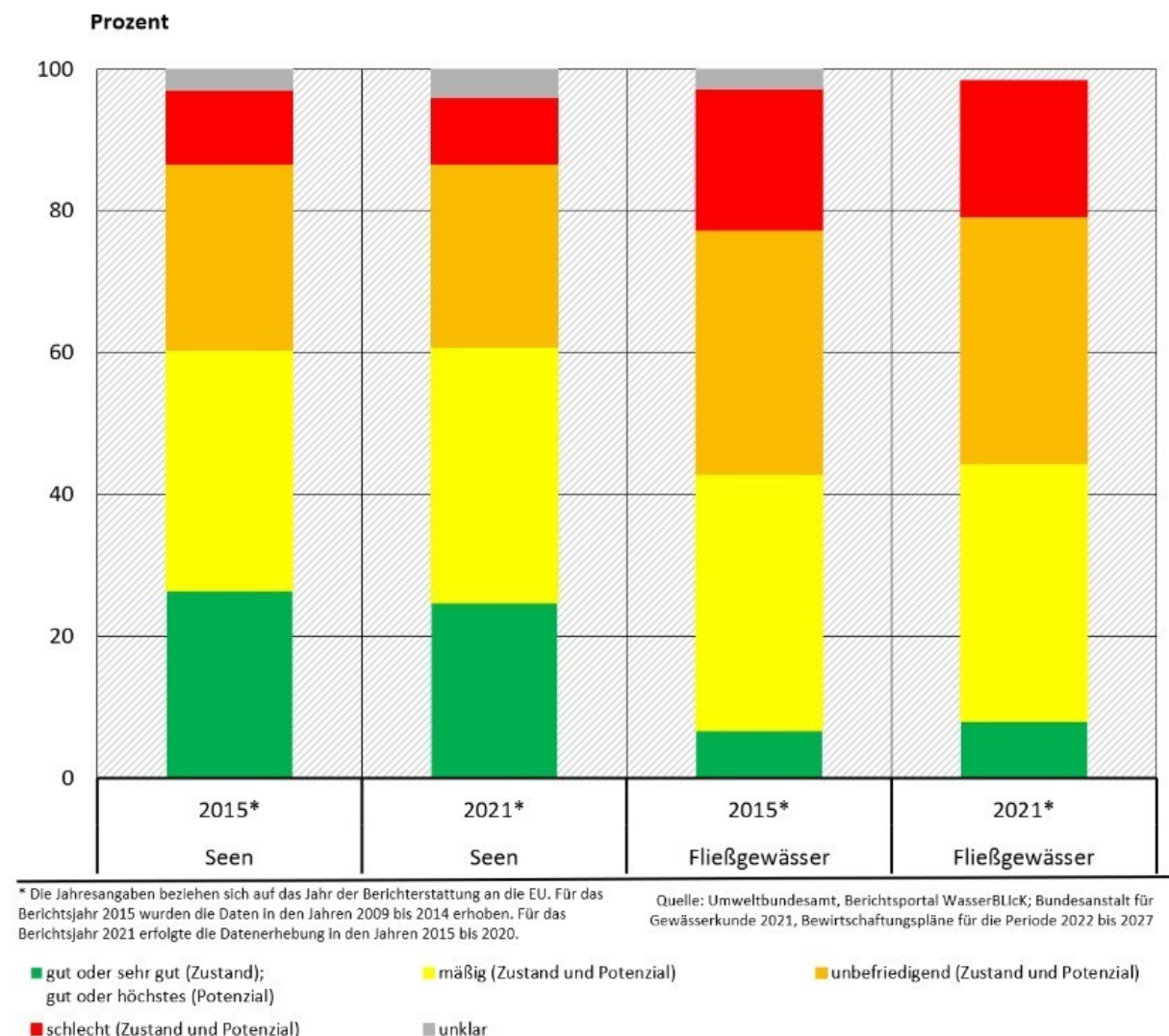
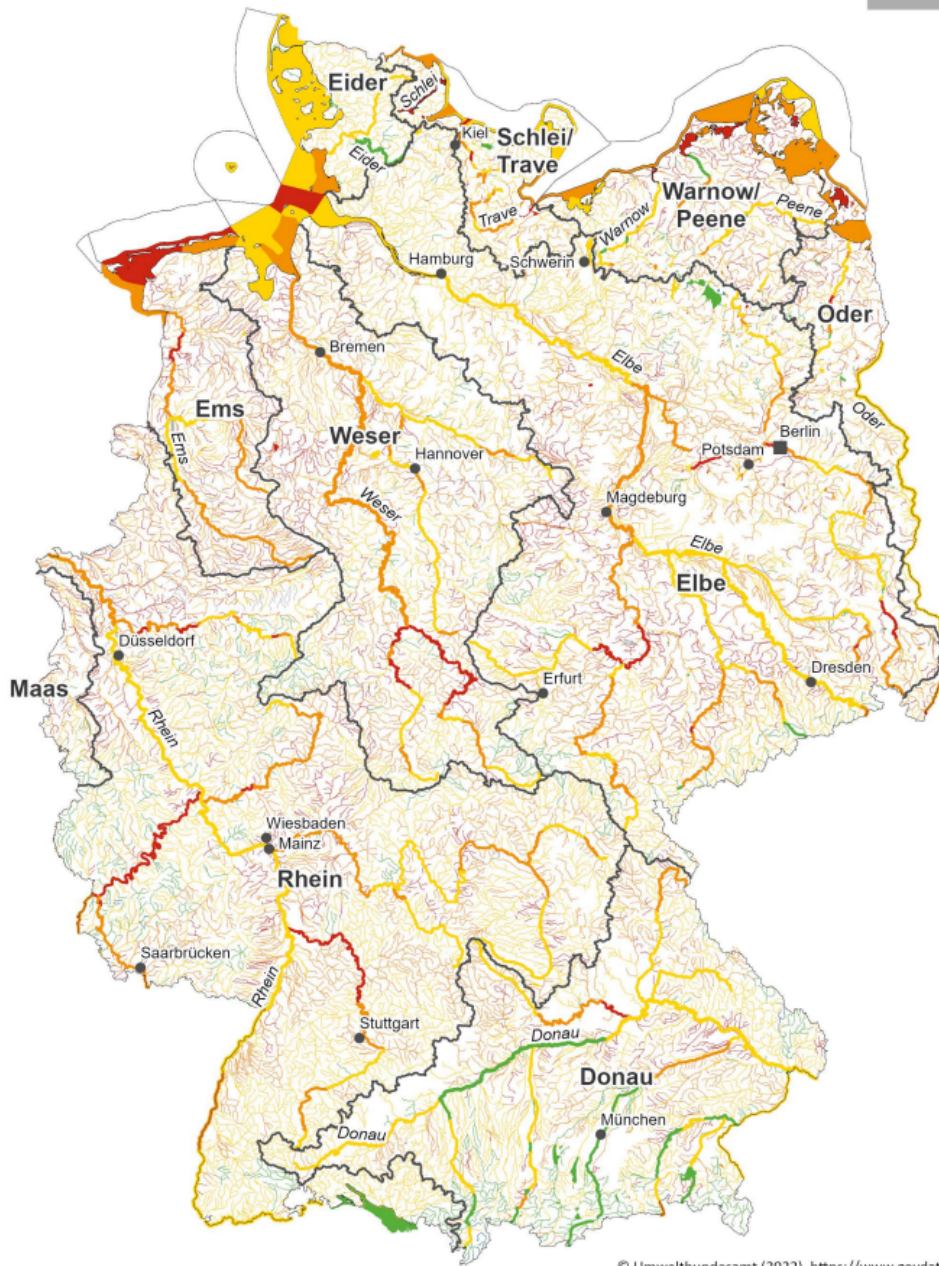


Abb. 21: Anteil der Wasserkörper in Seen und Fließgewässern in min. gutem Zustand oder mit min. gutem Potenzial (Quelle: Umweltbundesamt).

Ökologischer Zustand / Ökologisches Potenzial



© Umweltbundesamt (2022), <https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>

- sehr gut
- gut
- mäßig
- unbefriedigend
- schlecht
- nicht bewertet
- keine Bewertung des ökologischen Zustands erforderlich

Geobasisdaten: GeoBasis-DE / BKG 2015  
 Fachdaten: WasserBLick/BfG & Zuständige Behörden der Länder, 29.03.2022  
 Bearbeitung: Umweltbundesamt, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Abb. 22: Bewertung des ökologischen Potenzials/Zustands (Quelle: Bundesumweltamt. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3630/bilder/dateien/2\\_karte\\_oekolog-zustand.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3630/bilder/dateien/2_karte_oekolog-zustand.pdf)).

## 5.1 Wirkfaktoren

Im Folgenden werden mögliche, durch Gewässerwärmepumpen verursachte, gewässerökologische Veränderungen analysiert. Aufgrund der räumlich und zeitlich unterschiedlichen Wirkungsbereiche wird zwischen baubedingten Wirkungen einerseits und anlagen- und betriebsbedingten Auswirkungen andererseits unterschieden. Im Hinblick auf die möglichen Akzeptoren wird zwischen den Uferbereichen und dem eigentlichen Gewässer unterschieden. Der Klassifizierung der Wirkfaktoren liegt das Gliederungsschema des BfN (Bundesamt für Naturschutz [BfN], 2025) zugrunde:

### 1-1 Überbauung, Versiegelung

Überbauung und Versiegelung resultieren z. B. aus der Errichtung baulicher Anlagen und schließen beim Gewässerausbau die Beseitigung von Lebensräumen durch Befestigung der Sohle oder der Ufer mit ein. Eine mit der Überbauung zumeist einhergehende Beseitigung der Vegetationsdecke wird unter dem Wirkfaktor 2-1 erfasst, die damit ggf. verbundene Tötung von Individuen unter Wirkfaktor 4-1.

### 2-1 Direkte Veränderung von Vegetations- / Biotopstrukturen

Der Wirkfaktor umfasst jede substanzielle Veränderung der auf dem Boden wachsenden Pflanzendecke oder der vorkommenden Benthosgemeinschaften. Ebenso werden entsprechende Veränderungen in Gewässerbetten, z. B. durch Beseitigung der Unterwasservegetation oder das Einbringen von technischen Bauwerken, auf denen sich andere Arten ansiedeln können, erfasst.

### 3-1 Veränderung des Bodens bzw. Untergrundes

Der Untergrund bzw. Boden bildet sowohl im terrestrischen als auch im aquatischen und semiaquatischen Bereich entscheidende Rahmenbedingungen für die Ausbildung bestimmter Lebensraumtypen sowie die Besiedlung durch Tiere und Pflanzen. Physikalische Veränderungen, hervorgerufen z. B. durch Abtrag, Auftrag, Vermischung von Böden, sind hier in den meisten Fällen relevant.

### 3-2 Veränderungen der morphologischen Verhältnisse

Veränderungen am Relief bzw. Geländeaufbau oder der Gewässermorphologie (z. B. Form des Gewässerbettes, Uferstruktur). Morphologische Veränderungen, die Änderungen in den Temperaturverhältnissen zur Folge haben (insbesondere durch Änderung der Exposition) und primär über diese relevant werden, werden unter dem Wirkfaktor 3-5 erfasst.

### 3-3 Veränderungen der hydrologischen / hydrodynamischen Verhältnisse

Veränderungen an den bedeutsamen wasserbezogenen Standortfaktoren wie Wasserstände, Druckverhältnisse, Fließrichtung, Strömungsverhältnisse, -geschwindigkeit, Überschwemmungs- und Tidenverhältnisse etc. Dies schließt entsprechende Veränderungen in Gewässern, im Bodenwasser und im Grundwasser, soweit dieses im Kontakt zur Oberfläche steht und Einfluss auf die Habitatverhältnisse hat, ein.

### 3-4 Veränderungen der hydrochemischen Verhältnisse

Zu einer Veränderung der Gewässerbeschaffenheit (z. B. des pH-Werts oder des Sauerstoffgehalts) führende Einwirkungen (z. B. durch Einleitung/Infiltration von Wasser mit einer anderen Beschaffenheit in Grund-/Oberflächenwasser). Nährstoff- bzw. Schadstoffeinträge werden i. d. R. unter den entsprechenden Faktoren (Wirkfaktoren 6-1 bis 6-9) berücksichtigt.

Veränderungen in der Gewässerbeschaffenheit können in Abhängigkeit der Empfindlichkeit bestimmter Pflanzen- und Tierarten zu substanziellen Veränderungen der Habitatcharakteristika führen.

### **3-5 Veränderungen der Temperaturverhältnisse**

Anthropogen bedingte Änderung der Temperaturverhältnisse u. a. in Gewässern (z. B. durch Einleitung anders temperierter Wässer) oder anderer für den Wärmehaushalt bestimmender Faktoren (z. B. aufgrund der Exposition oder der Belichtungs-/Beschattungsverhältnisse), wenn dies wesentlich für das Vorkommen bestimmter Lebensraumtypen oder Habitate ist. Veränderungen der Temperaturverhältnisse in Gewässern führen regelmäßig zu Folge- und Synergieeffekten, z. B. zu verändert wirksamen Wuchsbedingungen von Organismen, die dann ursächlich für Veränderungen an lebensraumtypspezifischen Charakteristika sind. Direkt artbezogen können veränderte Temperaturverhältnisse reduzierte Nutzung, geringeren Fortpflanzungserfolg bis hin zu Habitatverlust zur Folge haben oder - bei extremeren Werten - direkt letal auf Individuen wirken.

#### **4-1 Baubedingte Barriere- oder Fallenwirkung / Mortalität**

Baubedingt kann es zu Barrieren oder Schädigungen von Organismen durch mechanische Einwirkungen (z. B. Tritt, Maschineneinsatz, Überbauung) oder Wasserhaltungsmaßnahmen kommen, wenn zur Errichtung von z. B. Entnahme- und Einleitbauwerken trockene Baugruben benötigt werden.

#### **4-2 Anlagenbedingte Barriere- oder Fallenwirkung / Mortalität**

Anlagebedingte Barrierewirkungen im Ufer- und ggf. auch Wasserbereich können durch eine ungünstige Lage bzw. Bauform von Ab- und Einleitbauwerken entstehen. Da anders als bei Wasserkraftwerken die Durchgängigkeit des Wasserkörpers selbst nicht unterbrochen wird, sind anlagebedingte Barrierewirkungen vermutlich gering.

#### **4-3 Betriebsbedingte Barriere- oder Fallenwirkung / Mortalität**

Eine betriebsbedingte Fallenwirkung bzw. Mortalität kann eintreten, wenn Organismen durch Strömungen oder Leitvorrichtungen an Baukörper gelenkt werden und dort zu Schaden kommen. Im Hinblick auf Barrieren sind neben physischen Barrieren wie Stauwehren auch Barrieren im Blick zu behalten, die veränderte abiotische Bedingungen entstehen lassen können (z. B. Kaltwasserfahnen bzw. -bereiche).

#### **5-1 Akustische Reize**

Akustische Signale jeglicher Art (einschl. unterschiedlicher Frequenzbereiche), die zu einer Beeinträchtigung von Tieren oder deren Habitaten führen können. Derartige Reize treten bei Wärmepumpen vorwiegend baubedingt und je nach Bauart der Anlage betriebsbedingt auf.

#### **5-2 Optische Reizauslöser / Bewegung**

Visuell wahrzunehmende Reize, z. B. durch Bewegung, Reflektionen, Veränderung der Strukturen (z. B. durch Bauwerke), die Störwirkungen bis hin zu Flucht- und Meidereaktionen auslösen können und die Habitatnutzung von Tieren im betroffenen Raum verändern. Dies schließt Störungen von Tieren ein, die unmittelbar auf die Anwesenheit von Menschen (z. B. als Feindschablone) zurückzuführen sind.

### 5-3 Licht

Unterschiedlichste - i. d. R. technische - Lichtquellen, die Störungen von Tieren und deren Verhaltensweisen und/oder Habitatnutzung auslösen können (Irritation, Schreckreaktionen, Meidung). Umfasst sind auch Beeinträchtigungen durch Anlockwirkungen (z. B. Anflug von Insekten an Lampen oder von Zugvögeln an Leuchttürmen), die letztendlich auch eine Verletzung oder Tötung der Tiere (durch Kollision) zur Folge haben können (vgl. hierzu auch Wirkfaktor 4-2).

### 5-4 Erschütterungen / Vibrationen

Vibrationen, die z. B. durch Maschineneinsatz entstehen. Dieser Wirkfaktor hat vermutlich aber keine besondere Bedeutung und wird hier vernachlässigt. Zudem befinden sich Gewässerwärmepumpen i. d. R. innerhalb von Gebäuden in einiger Entfernung vom Gewässer.

### 5-5 Mechanische Einwirkung / Wellenschlag

Mechanische Einwirkungen auf den Wasserkörper können während der Bauzeit bei der Herstellung der Einleit- und Entnahmebauwerke und während des Betriebs z. B. durch Reinigung der Abweisgitter an den Entnahmebauwerken entstehen. Neben mechanischen Reinigungsrechen kommt für die Entfernung von Verschmutzungen auch Druckluft in Frage. Dabei wird ein großes Luftvolumen unter Druck durch die Rohre geblasen, das an den Gittern anhaftende Partikel oder Organismen von dem Einlaufbauwerk entfernt und über eine größere Strecke (i.d.R. zunächst an die Wasseroberfläche) transportiert.

### 6-1 Eintrag von Stickstoff- und Phosphatverbindungen

Stoffeinträge in das Gewässer treten im Regelbetrieb der Wärmepumpen nicht auf. Im Fall von Leckagen des Wärmetauschers zwischen Gewässer und Kältemittel sind Einträge von Ammoniak denkbar, das aufgrund seiner guten thermodynamischen Eigenschaften als Kältemittel in Großwärmepumpen öfter zum Einsatz kommt.

## 5.2 Baubedingte Auswirkungen

Auswirkungen durch Gewässerwärmepumpen ergeben sich während des Baus durch die Bautätigkeit im Ufer- und Gewässerbereich, die je nach Sediment- und Strömungsverhältnissen zu weitreichenden Auswirkungen führen kann und von der regelmäßig visuelle und akustische Störreize ausgehen. Je nach Größe potenzieller Überflutungs- oder Auenbereiche können auch angrenzende, durch das Gewässer geprägte Lebensräume betroffen sein.

### 5.2.1 Uferzonen

#### 5.2.1.1 Übersicht relevanter Wirkfaktoren

In Uferzonen kommt es durch den Bau von Leitungen sowie für den erforderlichen Transport von Baumaterialien, Maschinen und Personen für die Errichtung der Entnahme- und Einleitbauwerke zu Flächeninanspruchnahme (1-1), Vernichtung von Vegetation (2-1), Eingriffen in den Boden (3-1), und Störungen durch optische Reize (5-2) und Lärm (5-1).

#### 5.2.1.2 Abiotische Schutzgüter

Die Verlegung der Rohrleitungen ist regelmäßig mit Eingriffen in den Boden verbunden, was zu Veränderungen des Bodengefüges (im Graben), schädlichen Bodenverdichtungen (Arbeitsflächen) und ggf. auch Veränderungen des Bodenwasserhaushalts im Fall von Wasserhaltungsmaßnahmen führen kann. Sofern in organische Böden eingegriffen wird, besteht auch

die Gefahr von chemischen Veränderungen bei Luftzutritt. Insbesondere feuchte und organische Böden sind gegenüber Verdichtungen besonders empfindlich.

Die Errichtung von Bauwerken in Uferbereichen mit instabilem Untergrund sollte vermieden werden, da es ansonsten z. B. zu Sedimentrutschungen kommen kann (Eawag, 2022).

Die Struktur der Uferzone ist zudem ein hydromorphologisches Qualitätskriterium zur Einstufung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials von Oberflächengewässern von Flüssen und Seen (OGewV, Anlage 3).

### **5.2.1.3 Biotische Schutzgüter**

Die Baumaßnahmen führen i.d.R. zu einer erheblichen Schädigung der Vegetation in den betroffenen Ufer- und Auenbereichen. Bei naturnahen Gewässern sind die Uferzonen und Verlandungsbereiche gesetzlich geschützt. Auch die landseitig anschließenden Bereiche unterliegen i.d.R. dem Biotopschutz, z. B. Moore, Sümpfe, Röhrichte, Großseggenrieder, seggen- und binsenreiche Nasswiesen und Quellbereiche, sowie Bruch-, Sumpf- und Auenwälder. Beeinträchtigungen sind daher soweit wie möglich zu minimieren. Geeignete Maßnahmen sind die Minimierung der in Anspruch genommenen Fläche, die vorrangige Nutzung solcher Flächen, die eine geringere Empfindlichkeit und ein höheres Regenerationspotenzial aufweisen, die Ausweisung von Tabuflächen sowie die Wahl geeigneter Bauweisen (z. B. Unterbohrung von Uferbereichen, siehe auch Kapitel 3.2.4).

Darüber hinaus können Tiere direkt (z. B. durch Tritt oder Vernichtung von Fortpflanzungsstadien im Zuge der Entnahme von Vegetation) oder Störungen (insbesondere brütende Vögel) geschädigt werden. Europäische Vögel und zahlreiche andere Arten unterliegen den Bestimmungen des besonderen Artenschutzes. Beeinträchtigungen können insbesondere durch die Wahl einer geeigneten Bauzeit (vorzugsweise außerhalb der Brutperiode bzw. außerhalb der Laichzeit von Amphibien), Vergrämungsmaßnahmen sowie den Einsatz einer ökologischen Baubegleitung minimiert werden.

## **5.2.2 Wasserkörper**

### **5.2.2.1 Übersicht relevanter Wirkfaktoren**

Im Bereich des Gewässers ist insbesondere die ggf. über die eigentliche Grundfläche der Anlagen hinausgehende Inanspruchnahme des Gewässerbodens (1-1) zu nennen, wobei es auch hier je nach Tiefe und Qualität des Gewässers zu einer Vernichtung von Vegetation (2-1) kommen kann. Im Einzelfall können auch Eingriffe in den Boden auftreten, z. B. für die Ausbildung von Punktfundamenten oder zur Herstellung einer geeigneten Standfläche (3-1).

Sofern für die Baumaßnahmen Wasserfahrzeuge erforderlich sind, können von diesen Schadstoffeinträge sowie Störungen durch optische Reize (5-2) und Lärm (5-1) ausgehen.

### **5.2.2.2 Abiotische Schutzgüter**

Hinsichtlich der abiotischen Schutzgüter sind die baubedingten Auswirkungen im Wasserkörper voraussichtlich gering, da für die Herstellung von Entnahme- und Einleitbauwerken i.d.R. keine größeren baulichen Eingriffe in die Gewässermorphologie erforderlich sind, die über die anlagenbedingten Beeinträchtigungen hinausgehen. Nicht auszuschließen sind jedoch Verschmutzungen v.a. des Wasserkörpers, die von Wasserfahrzeugen oder Baumaschinen ausgehen. Eine Verminderung bzw. Vermeidung von Beeinträchtigung ist durch eine entsprechende Ausrüstung der Fahrzeuge, die Emissionen zurückhält, und den Einsatz von Baustoffen mit

einer geringen Wassergefährdungsklasse und biologisch abbaubarer Öle und Schmierstoffe möglich.

Die Gewässermorphologie ist eine Qualitätskomponente bei der Bewertung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials von Flüssen und Seen (OGewV, Anlage 3). Dazu zählen

- Bei Flüssen: Tiefen- und Breitenvariation sowie Struktur und Substrat des Bodens
- Bei Seen: Tiefenvariation sowie Menge, Struktur und Substrat des Bodens

### 5.2.2.3 Biotische Schutzgüter

Auswirkungen auf biotische Schutzgüter sind einerseits im Bereich des Gewässerbodens möglich, wenn Organismen durch die Baumaßnahmen direkt geschädigt werden, oder Sedimentaufwirbelungen und -verdriftungen zu einer Überdeckung und dadurch Schädigung von Organismen führen (2-1). Oberhalb der Wasseroberfläche können durch die für den Bau benötigten Wasserfahrzeuge ggf. Störungen durch optische Reize (5-2) und Lärm (5-1) für auf dem Gewässer rastende Wasservögel entstehen.

## 5.3 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen

Anlage- und betriebsbedingte Wirkungen entstehen einerseits durch die Flächeninanspruchnahme von Entnahme- und Einleitbauwerken, Rohrleitungen oder Einrichtungen zur Unterhaltung sowie ggf. Emissionen der Großwärmepumpe selbst. Darüber hinaus kommt es durch die Wärmegewinnung zu einer Abkühlung des Gewässers sowie ggf. zu Veränderungen der Strömungsverhältnisse. Bei Störfällen oder zur Wartung sind ggf. auch stoffliche Einträge in das Gewässer von vornherein nicht auszuschließen.

### 5.3.1 Uferzonen

#### 5.3.1.1 Übersicht relevanter Wirkfaktoren

Sofern nicht in größerem Umfang wertvolle Flächen der Uferbereiche dauerhaft in Anspruch genommen werden, ist davon auszugehen, dass nach Herstellung der Wärmepumpenanlage in der Uferzone nur geringe Auswirkungen auftreten, die z. B. auf betriebsbedingte Emissionen der Wärmepumpe selbst zurückgehen und die zu einer Einbuße an Habitatqualität aufgrund von Störungen durch optische Reize (5-2) und Lärm (5-1) führen können. Da sich Großwärmepumpen jedoch in Gebäuden befinden und die Anforderungen der TA-Lärm einzuhalten sind, ist der Einfluss vermutlich vernachlässigbar.

#### 5.3.1.2 Abiotische Schutzgüter

Auswirkungen auf die abiotischen Schutzgüter, die über die baubedingten Auswirkungen hinausgehen, sind nicht oder nur in geringem Umfang zu erwarten.

#### 5.3.1.3 Biotische Schutzgüter

In den Uferzonen kann es zu einer Minderung der Habitatqualität für Organismen kommen, die gegenüber Störungen empfindlich sind. Es ist allerdings davon auszugehen, dass die meisten Organismengruppen sich schnell an regelmäßig auftretende Emissionen gewöhnen und darüber hinaus die meisten Uferhabitate aufgrund der hochwüchsigen Vegetationsstruktur eine gute Deckung aufweisen, wodurch i. d. R. eine hohe Störungstoleranz der Organismen erzielt wird. Dennoch sind im Hinblick auf Dauerlärm Beeinträchtigungen von gegenüber Dauerlärm empfindlichen Vögeln, wie z. B. dem Wachtelkönig, vgl. Garniel & Mierwald (2010), zu beachten.

## 5.3.2 Wasserkörper

### 5.3.2.1 Übersicht relevanter Wirkfaktoren

Die Entnahme von Wasser aus dem Gewässer kann sich auf den mengenmäßigen Zustand eines Gewässers auswirken, wenn im Verhältnis zum Durchfluss große Mengen für die Wärmeerzeugung abgeführt werden. Weiterhin kann es u.a. zu einer Falleinwirkung für Organismen kommen, wenn diese trotz Schutzvorrichtungen in die Wärmepumpe gelangen (4-1). Strömungen im Bereich der Einleitstelle können zu strömungsbedingten morphologischen Veränderungen des Lebensraums führen (3-3).

Darüber hinaus ist die Abkühlung des Wassers durch den Wärmeentzug von Bedeutung (3-5). Ferner können betriebsbedingte Störungen durch optische Reize (5-2) und Lärm (5-1) auftreten, die von der Wärmepumpe selbst verursacht werden. Schließlich ist nicht auszuschließen, dass trotz der notwendigen Sicherungsmaßnahmen chemische Stoffe im Fall von Leckagen oder bei Reinigungsvorgängen in das Gewässer gelangen (3-4 / 6).

### 5.3.2.2 Abiotische Schutzgüter

Hinsichtlich der abiotischen Schutzgüter ist v. a. die Einleitung relevant, da im Bereich der Entnahme zum Schutz von Tieren die Strömung i.d.R. soweit reduziert ist, dass Auswirkungen auf die Sedimentstruktur nicht zu erwarten sind. Es ist bei großen Entnahmemengen relativ zum Durchfluss allerdings zu beachten, dass in Fließgewässern Entnahme- und Einleitstelle nicht zu weit auseinanderliegen, um „Restwasserstrecken“ mit signifikant verringertem Durchfluss zu vermeiden (Eawag, 2022).

Im Bereich der Einleitung verändert sich jedoch die Wasserbeschaffenheit, insbesondere im Hinblick auf die Temperatur und ggf. eingetragene Schadstoffe. Während in Fließgewässern von einer raschen Durchmischung auszugehen ist, kann sich das abgekühlte Wasser in Stillgewässern eher sammeln und somit stärker auswirken. Abgekühlte Wasserpakete fließen dabei entlang der Sohle bis in diejenige Tiefenzone hinein, die eine ähnliche Dichte aufweist. Das Einfließen von kühlem, sauerstoffreichem Oberflächenwasser kann dabei zu positiven Effekten in den sedimentnahen Schichten führen, u. a. auch zu einer verminderten Rücklösung von Nährstoffen (Ursula Riedmüller & Dieter Leßmann, 2025). Auch den oberflächennahen Wasserschichten sind Auswirkungen möglich. Modellierungen für den Zwenkauer See (Braunkohletagebau) ergaben eine geringfügig (max. 0,5 Tage) längere Eisbedeckung, wobei die Eisdicke nur geringfügig erhöht wurde. Insgesamt wurde hier eine durchschnittliche Abkühlung des Wasserkörpers von  $< 0,25$  K Abkühlung errechnet. Während der Winterstagnation war die Abkühlung aufgrund der fehlenden Durchmischung am stärksten und betrug über der Einleitstelle max. 0,6 K, für die Abnahme der Sauerstoffkonzentration wurden max. 0,6 mg/l angegeben. Insgesamt wurde allerdings keine relevante Veränderung des Temperaturhaushalts erwartet (Böttger et al. 2021). Es wird allerdings darauf verwiesen, dass sich bei Beckenstrukturen im Gewässer kühleres Wasser sammeln könnte, so dass hier die Abkühlung höhere Werte erreichen könnte.

Darüber hinaus kann es in Seen zu Verlagerungen von Wasser aus unterschiedlichen Schichten (z. B. im Hinblick auf Nährstoffgehalte) oder Störung der Schichtungsverhältnisse kommen, wenn Entnahme und Rückführung in unterschiedlicher Tiefe stattfinden.

### 5.3.2.3 Biotische Schutzgüter

Im Bereich der **Wasserentnahme** besteht die Gefahr, dass Organismen bei einer zu hohen Ansaugströmung geschädigt werden, weil sie an die Rechen gedrückt, bei der Reinigung der

Rechen verletzt oder durch die Rechen in die Wärmepumpe transportiert werden (Fallenwirkung). Geist et al. (2024) stellen nach 10 Jahren Forschung an Wasserkraftanlagen fest, dass ein Stababstand von 20 mm jedenfalls nicht ausreicht, um Fischschädigungen zu vermeiden und empfiehlt deutlich engere Maschenweiten. So konnten die untersuchten Fischschutzrechen bei 20 mm Stababstand von adulten Barben, Bachforellen, Flussbarschen und Huchen mit bis 39 cm Totallänge passiert werden, wobei dies z. T. auch auf größere Spalten zwischen Rechen und Betonbauwerk oder Schäden am Rechen zurückgeführt wurde. Die folgende Abbildung zeigt, wie sich die Passierbarkeit durch eine Verringerung des Stababstands um weitere 5 mm auf 15 mm reduziert.

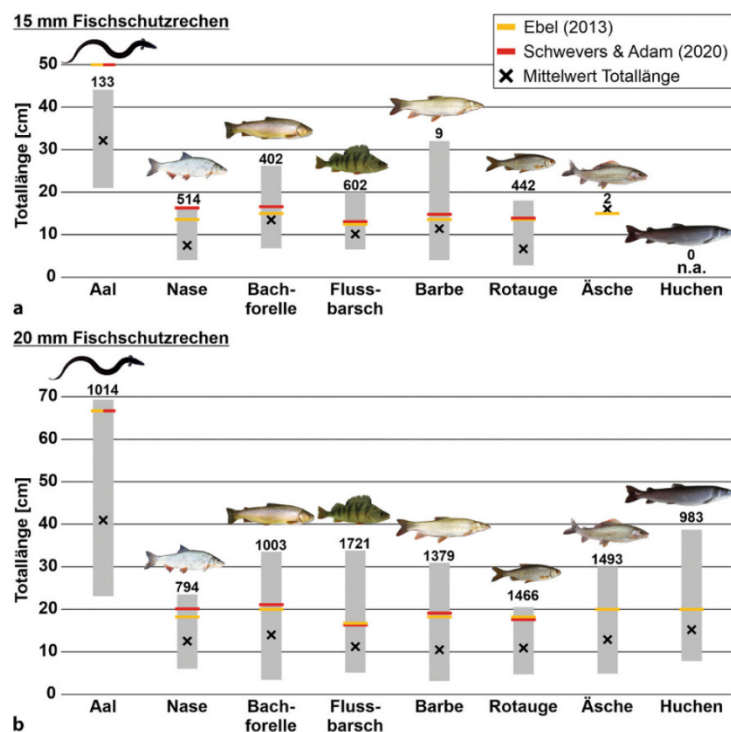


Abb. 23: Passierbarkeit von Rechen in Abhängigkeit vom Stababstand (Quelle: Geist et al., 2024).

Darüber hinaus ist darauf zu achten, dass der Rechen in einem flachen Winkel zur Fließrichtung des Gewässers angeordnet wird, damit Organismen nicht gegen den Rechen gepresst werden können. In zahlreichen weiteren Untersuchungen im Zusammenhang mit Kühlwasserentnahmen für Kraftwerke oder Wasserkraftwerke wurden Stangenabstände und Strömungsgeschwindigkeiten abgeleitet, um Schädigungen von Fischen zu verhindern, siehe Tab. 2 und Tab. 3.

Es ist allerdings zu beachten, dass diese Untersuchungen sich vor allem auf ana- bzw. katadrome Fische fokussieren, also Individuen in Entwicklungsstadien, die bereits eine gewisse Größe erreicht haben und gezielt in Bezug auf die natürliche Strömung wandern. Im Hinblick auf die Auswirkungen von Gewässerwärmepumpen auf die Gewässerökologie sind aber auch kleinere, nicht oder nur schwach schwimmfähige Organismen wie Plankton oder Larven zu beachten. Empfohlen werden z. B. gestaffelte Rechen/Siebe (Grob-, Mittel- und Feinrechen mit geringer werdenden Stangenabständen) und einer abschließenden Siebbandanlage (z. B. 2 mm Maschenweite), die verbleibende Partikel aus dem Wasser entfernt. Damit auch schwimmschwache Tiere in der Lage sind, die gesamte Zulaufstrecke aktiv gegen die Strömung zu verlassen, wird in der Literatur eine Ansaugströmung von weniger als 0,1 m/s empfohlen

(Eawag, 2022). Da nicht alle Wasserorganismen aktiv schwimmen können, muss auch sichergestellt sein, dass kleine Organismen aus der Filterung wieder in das Gewässer zurückgeführt werden (Passavant-Geiger GmbH, 2025b). Daher sollte die Rückleitung stets in dasselbe Gewässer erfolgen, um die Ausbreitung von Krankheiten oder Neozoen zu vermeiden. Darüber stehen auch andere Systeme zur Reinigung von Rechen und Rückführung des angestauten Materials zu Verfügung, z. B. zur Entfernung von Treibgut mittels Druckluft, vgl. Abb. 10. Untersuchungen zu möglichen Schädigungen von Organismen liegen hierzu bisher nicht vor. Ggf. können zusätzliche elektrische, optische oder akustische Fischabweiseanlagen installiert werden (z. B. (Sonny et al., 2006), (Schmalz, 2016), (Passavant-Geiger GmbH, 2025a)).

Insgesamt kann nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht ausgeschlossen werden, dass zumindest ein Teil der kleineren Gewässerorganismen die Rechen und Filteranlagen passieren und entlang des Weges von Entnahme zur Einleitung geschädigt werden, wobei die Gefährdung am ehesten durch die Förderpumpe oder die Reinigungsmaßnahmen zum Schutz der Technik, vgl. Kap. 3.3.1, verursacht wird. Die Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaft des Gewässers sind dann maßgeblich vom Anteil des entnommenen Wassers im Bezug zur Größe des Wasserkörpers insgesamt sowie die Reproduktionsfähigkeit der betroffenen Populationen abhängig.

Im Bereich der **Einleitung** kann es zu Auswirkungen durch Strömungen oder die herabgesetzte Wassertemperatur kommen. Da die Anforderungen bei der Entnahme nicht denen der Einleitung entsprechen, sind höhere Einleitgeschwindigkeiten von 1- 2 m/s möglich, wie sie auch in den Rohrleitungen vorkommen. Daher sollte das Einleitbauwerk so konstruiert werden, dass es nicht zu Erosionserscheinungen an den Ufern oder am Gewässerboden kommt. Darüber hinaus wäre – gerade bei großen Einleitmengen – sicherzustellen, dass aktiv schwimmfähige Organismen die Kaltwasserfahne problemlos verlassen können, z. B. wenn es zu starken Abkühlungen bei Betriebsbeginn kommt. Diskutiert wird darüber hinaus, ob ausgedehnte Kaltwasserfahnen für einige Arten auch eine Barrierewirkung entfalten können, wenn wärmeliebende Arten diese Bereiche meiden. Um diesen Wirkungspfad zu beurteilen, wären Modellierungen der Kaltwasserfahne sinnvoll (vgl. Abb. 20).

Zu den konkreten Auswirkungen einer Wasserabkühlung liegen bisher nur wenig Untersuchungen vor, die sich auf Gewässerwärmepumpen unmittelbar übertragen lassen. Für die Kälteresistenz von Fischen liegen Laboruntersuchungen zum Kälteschock (Temperaturgradient mehrere K/h) und Kältestress (Temperaturgradient 1-2 K/Tag) vor, wobei es hier v.a. um physiologische Auswirkungen geht, da die Tiere die Wassertanks nicht verlassen konnten und innerhalb der Tanks auch keine räumlichen Gradienten vorhanden waren (Donaldson et al., 2008; Reid et al., 2022). Dabei zeigte sich, dass für die Kälteresistenz insbesondere die „Akklimatisierungstemperatur“ maßgeblich ist. Das bedeutet, dass Tiere aus bereits abgekühlten Gewässern (z. B. im Winter) deutlich geringere Temperaturen ertragen können, als dies bei Tieren aus wärmeren Gewässern der Fall wäre. Im Januar zeigen sich in den meisten Fließgewässern einheitlich Medianwerte von 3 °C und Tagesamplituden von < 1 K, sodass dann auch von einer höheren Kältetoleranz der Individuen ausgegangen werden kann. Küttel et al. (2002) schließen dennoch nicht aus, dass eine Temperaturerniedrigung im Winter zu Problemen für Cypriniden und andere wärmeliebende Fische führen kann. Hinsichtlich des Makrozoobenthos, des Phytoplankton scheinen lokale Temperaturveränderungen eine geringere Rolle zu spielen.

Die folgenden Abbildungen zeigen Laichtemperaturen und Entwicklungsbereiche von Eiern, Juvenilen und Adulten ausgewählter Fischarten (Küttel et al., 2002).

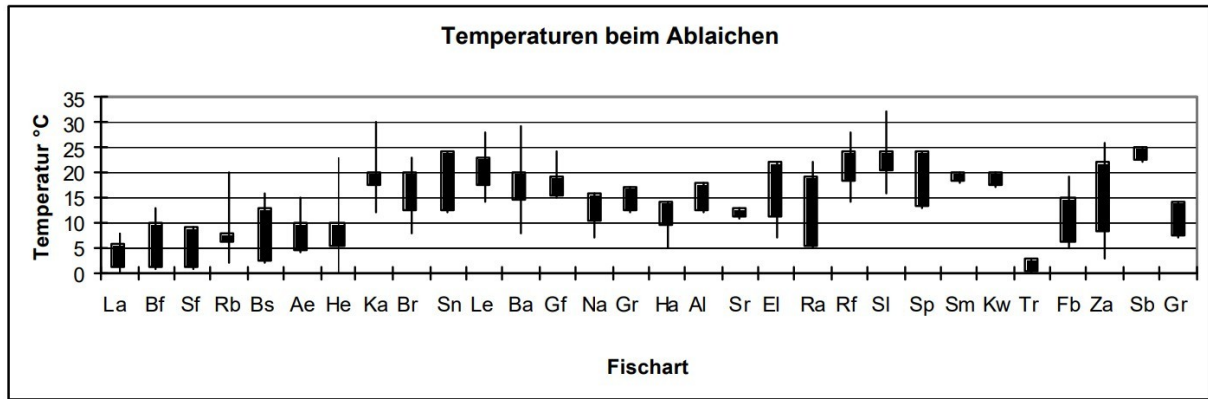


Abb. 24: Laichtemperaturen von Adulten ausgewählter Fischarten. La: Lachs; Bf: Bachforelle; Sf: See-forelle; Rb: Regenbogenforelle; Bs: Bachsaibling; Ae: Äsche; He: Hecht; Ka: Karpfen; Br: Brachsen; Sn: Schneider; Le: Laube; Ba: Barbe; Gf: Goldfisch; Na: Nase; Gr: Gründling; Ha: Hasel; Al: Alet; Sr: Strömer; El: Elritze; Ra: Rotaug; Rf: Rotfeder; Sl: Schleie; Sp: Schlammpeitzger; Sm: Schmerle; Kw: Katzenwels; Tr: Trüsche; Fb: Flussbarsch; Za: Zander; Sb: Sonnenbarsch; Gr: Groppe (Quelle: Küttel et al., 2002).

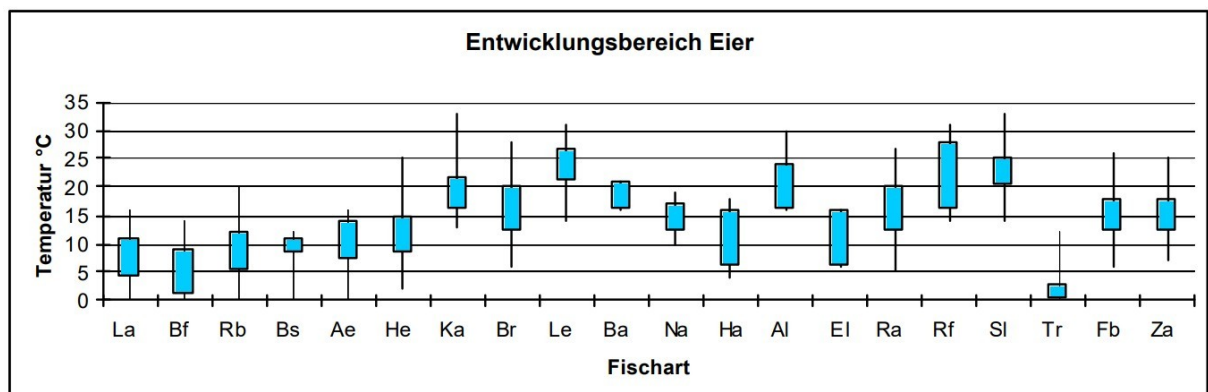


Abb. 25: Entwicklungsbereich (Temperatur in °C) der Eier ausgewählter Fischarten. La: Lachs; Bf: Bachforelle; Rb: Regenbogenforelle; Bs: Bachsaibling; Ae: Äsche; He: Hecht; Ka: Karpfen; Br: Brachsen; Le: Laube; Ba: Barbe; Na: Nase; Ha: Hasel; Al: Alet; El: Elritze; Ra: Rotaug; Rf: Rotfeder; Sl: Schleie; Tr: Trüsche; Fb: Flussbarsch; Za: Zander (Quelle: Küttel et al., 2002).

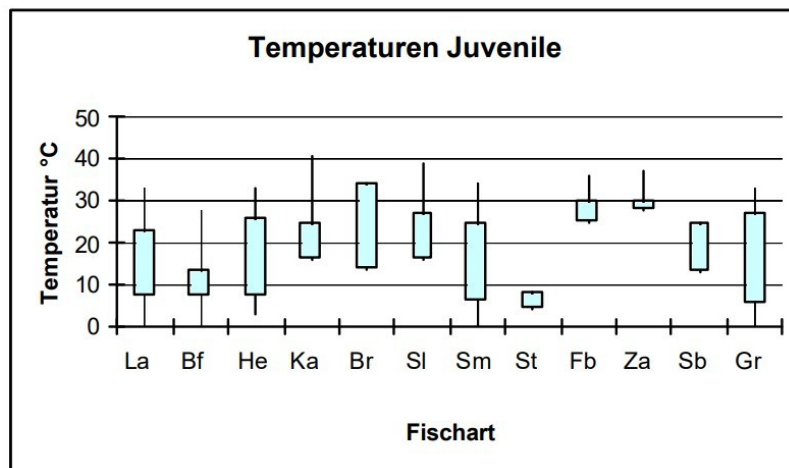


Abb. 26: Entwicklungsbereich (Temperatur in °C) der Juvenilen ausgewählter Fischarten. La: Lachs; Bf: Bachforelle; He: Hecht; Ka: Karpfen; Br: Brachsen; Sl: Schleie; Sm: Schmerle; St: Stichling; Fb: Flussbarsch; Sb: ; Za: Zander; Gr: Groppe (Quelle: Küttel et al., 2002).

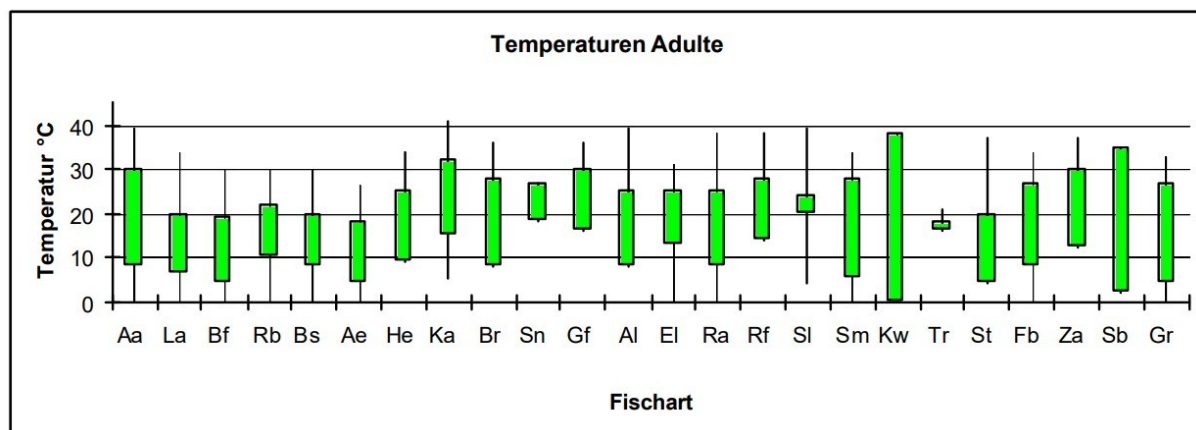


Abb. 27: Entwicklungsbereich (Temperatur in °C) der Adulten ausgewählter Fischarten. Aa: Aal; La: Lachs; Bf: Bachforelle; Rb: Regenbogenforelle; Bs: Bachsaibling; Ae: Äsche; He: Hecht; Ka: Karpfen; Br: Brachsen; Sn: Schneider; Gf: Goldfisch; Al: Alet; El: Elritze; Ra: Rotaugen; Rf: Rotfeder; Sl: Schleie; Sm: Schmerle; Kw: Katzenwels; Tr: Trüsche; St: Stichling; Fb: Flussbarsch; Za: Zander; Sb: Sonnenbarsch; Gr: Groppe (Quelle: Küttel et al., 2002).

Die genannten Laboruntersuchungen sind insgesamt hinsichtlich der Temperaturspanne, der Geschwindigkeit der Abkühlung und der fehlenden Möglichkeit, aktiv die abgekühlten Bereiche zu verlassen, kaum auf natürliche Gewässer übertragbar. Vielmehr ist davon auszugehen, dass mobile Organismen (Fische adult / juvenil) einerseits mit der Strömung von der Einleitstelle wegtransportiert werden und darüber hinaus aktiv den abgekühlten Bereich verlassen können, so dass bei schwimmfähigen Arten nur im Ausnahmefall mit Auswirkungen zu rechnen ist. Bei einer dauerhaften Abkühlung kann es u.a. zur Entstehung von sekundären Salmonidengewässern durch Abwanderung aus den Oberläufen oder durch Besatz kommen (Küttel et al., 2002). Wichtig ist das Vorhandensein geeigneter Habitatstrukturen in den Ausweichbereichen, die der Temperaturpräferenz der Arten entsprechen (Steffan et al., 2023).

Anders sieht die Situation bei wenig mobilen oder immobilen Organismen (Muscheln, Laich) aus, da diese ggf. dauerhaft einer kühleren Umgebung ausgesetzt sind. Untersuchungen zeigen, dass sich die Entwicklungsdauer von Laich und Juvenilen bei Salmoniden deutlich

verlängern könnte, so dass der Schlupf dann verspätet und zu jahreszeitlich ungünstigen Zeitpunkten erfolgt. Bei Cypriniden und anderen wärmeliebenden Fischen wird eine Beeinträchtigung der Reproduktion nicht ausgeschlossen (Küttel et al., 2002). Daher sollte bei der Konzeption der Einleitbauwerke darauf geachtet werden, dass v.a. bekannte Laichgründe und Bereiche mit Muschelvorkommen nicht unmittelbar im Anströmungsbereich vorkommen.

Ferner könnte durch eine dauerhafte Temperaturverringerung die Selbstreinigungskraft des Gewässers und die Biomasseproduktion herabgesetzt werden. Allerdings deuten bisherige Untersuchungen eher darauf hin, dass in natürlichen Gewässern die Temperatur nur einen geringen Einfluss auf die Selbstreinigungskraft hat (Kresser, 1957).

In der Literatur werden für die Abkühlung von Gewässern verschiedentlich vorsorgeorientierte Temperaturspannen genannt. So schlagen z. B. Treeck und Wolter (2021) als maximale Abkühlung zur Erhaltung eines guten ökologischen Potenzials Werte von  $\leq 1$  K im Salmoniden-Epirhithral,  $\leq 1,5$  K im Salmoniden-Meta und -Hyporhithral und  $\leq 2$  K in den übrigen Fischgemeinschaften vor. Im Factsheet der Eawag (2022) wird bezogen auf das „Rückgabevolumen“ eine Abkühlung  $< 0,5$  K als unproblematisch betrachtet, während eine Abkühlung bis 1 K eine Einzelfallbetrachtung erfordert und Werte über 1 K vermieden werden sollten. Hinsichtlich artspezifischer Bewertungen ist zu bedenken, dass durch das Verbesserungsgebot der WRRL im Hinblick auf die Verbesserung der chemischen Qualität, die Vermeidung von Gewässerverbau und Schaffung von Aufstiegsmöglichkeiten zukünftig durchaus mit mehr Arten zu rechnen ist.

Die Vorgabe fester Temperaturspannen erscheint fachlich allerdings problematisch, da die Toleranzbereiche der Arten weit divergieren. Darüber hinaus herrscht in natürlichen Fließgewässern eine starke Habitatheterogenität, die neben einer hohen hydromorphologischen Strukturvielfalt auch die Ausbildung einer Vielzahl unterschiedlich temperierter Lebensräume begünstigt. Die unterschiedlichen Bereiche wechseln oft kleinräumig ab und werden von Tieren aktiv aufgesucht, um in geeignete Temperaturbereiche zu gelangen (Treeck und Wolter 2021).

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass es durch den Klimawandel in den letzten Jahrzehnten zu einer kontinuierlichen Erwärmung der Gewässer gekommen ist, die überwiegend nachteilige Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften der Gewässer hat, siehe dazu auch Kap. 2.3.1, Kap. 2.3.2 und Kap. 2.3.3. Daher erscheint eine Abkühlung grundsätzlich geeignet, dieser negativen Entwicklung entgegenzuwirken. Sofern ein „Referenzzustand“ definiert werden kann, der die Gewässertemperatur ohne Erwärmung durch den Klimawandel oder andere anthropogene Wärmequellen widerspiegelt, könnten Begrenzungen der Abkühlung durch Wärmepumpen auch auf diese Zieltemperatur bezogen werden, so dass eine größere Wärmeentnahme möglich wäre als bei einem Bezug auf die aktuelle Temperatur des erwärmten Gewässers. Da die Abkühlung in der Regel allerdings nur zeitweise eintritt und nur räumlich begrenzte Bereiche von Gewässern im Bereich der Einleitstelle betreffen wird, wäre zu untersuchen, ob sich die Lebensgemeinschaften auf diese Verhältnisse einstellen und kälteliebende Arten entsprechende kühlere Habitate nutzen können.

## 5.4 Kumulative Wirkungen

Die vorstehenden Ausführungen befassen sich zunächst mit den möglichen Auswirkungen einzelner Gewässerpumpen. Es liegt auf der Hand, dass bei einer Errichtung mehrerer Anlagen am selben Gewässer die Auswirkungen, sowohl was den Flächenbedarf, Individuenverluste durch Fallenwirkung, mögliche Störungen, insbesondere aber auch die insgesamt zu erwartende Abkühlung und die Ausdehnung des signifikant abgekühlten Bereichs im Gewässer

betrifft, additiv zu betrachten sind. Die insgesamt resultierenden Abkühlungen können durch entsprechende Modellierungen ermittelt werden.

## 5.5 Umweltfachliche Anforderungen an die Zulassungsverfahren

Als umweltfachliche Anforderungen an das Zulassungsverfahren wären nach dem jetzigen Kenntnisstand hervorzuheben:

- Bestandserfassung der Uferzonen und Gewässer: Erfassung besonderer Habitats (Laichhabitate), Vorkommen seltener/geschützter Arten mit enger ökol. Amplitude; Jahrestemperaturverlauf im Gewässer einschließlich der Tagesschwankungen,
- Wahl geeigneter Standorte im Hinblick auf Uferstrukturen und Habitats im Gewässer zur Minimierung von Beeinträchtigungen (Wirkungsprognose),
- Monitoring im Hinblick auf die tatsächlichen maximalen und durchschnittlichen Temperaturveränderungen, Reichweite der thermischen Belastungen im See/Fließgewässer, Reaktion sensibler Arten.

## 5.6 Fazit Gewässerökologie

Es zeigt sich, dass hinsichtlich der gewässerökologischen Auswirkungen drei Aspekte von besonderer Bedeutung sind:

- die mit der baulichen Anlage selbst verbundenen baubedingten Eingriffe in Gewässer und Uferzone einschließlich des dauerhaften Verlustes von Habitats durch Überbauung,
- die Schädigung oder Tötung von Organismen bei der Zuführung von Wasser zur Wärmepumpe, beim Durchgang durch die Wärmepumpe sowie im Rahmen von Reinigungsmaßnahmen,
- die Auswirkungen der Wärmeentnahme auf Physiologie von Organismen.

Auswirkungen durch stoffliche Einträge in das Gewässer durch Leckagen oder bei Reinigungsmaßnahmen können durch geeignete Maßnahmen mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden, siehe auch Einhaltung der AwSV beschrieben in Kap. 4.3.4. Diese sind entsprechend der zum Einsatz kommenden Technik und Kältemittel zu berücksichtigen.

Dabei lassen sich die Auswirkungen der baulichen Anlage vergleichsweise leicht fassen. Wenn betroffene Lebensräume und planungsrelevante Arten im Uferbereich und im Gewässer im Rahmen von ökologischen Erfassungen frühzeitig ermittelt werden, können diese bei der Anlagenplanung z. B. im Hinblick auf einen möglichst umweltverträglichen Standort berücksichtigt werden. Dabei sind die rechtlichen Anforderungen, z. B. im Hinblick auf den Biotopschutz, auf arten- und gebietsschutzrechtlichen Bestimmungen sowie die Eingriffsregelung zu beachten.

Die Schädigung von Organismen im Zuge der Entnahme und Durchleitung von Wasser ist dagegen mit dem aktuellen Kenntnisstand schwieriger. Es liegen zwar für Fische v.a. im Hinblick auf Kühlwasserentnahmen und Wasserkraftwerke Aussagen zur Mortalität bzw. Schädigung an Rechenanlagen oder Turbinen vor, die zumindest teilweise auf Gewässerwärmepumpen übertragbar sind. Diese Kenntnisse sollten hinsichtlich einer fischverträglichen Ausgestaltung der Entnahme (Stabweiten der Rechen, Anströmgeschwindigkeit, Anströmwinkel,

Reinigungsvorgänge) berücksichtigt werden. Für kleinere und nicht gerichtet schwimmfähige Organismen wie Muschellarven oder Zooplankter liegen solche Studien bisher jedoch nicht vor, so dass die Auswirkungen auf diese Gruppen nur schwer zu beurteilen sind. Es ist zu befürchten, dass im Verhältnis zu der abgeleiteten Wassermenge zum Gesamtdurchfluss Teile der Populationen geschädigt oder vernichtet werden. Daher sollte die abgeführte Wassermenge stets nur einen begrenzten Teil des Gesamtdurchflusses betragen, so dass keine populationswirksamen Auswirkungen zu befürchten sind. Entsprechend sind daher Vorkommen (insbesondere europarechtlich) geschützter Arten zu ermitteln und bei der Anlagenplanung zu berücksichtigen.

Auch hinsichtlich der Auswirkungen des Wärmeentzugs sind die Auswirkungen von Gewässerwärmepumpen nicht abschließend zu beurteilen. Viele Studien befassen sich mit Auswirkungen von Erwärmungen, die für Wärmepumpen keine Relevanz haben. Studien zur Kälteempfindlichkeit wurden überwiegend im Labor durchgeführt und sind hinsichtlich der dort angesetzten Temperaturgradienten nur sehr eingeschränkt auf Gewässerwärmepumpen übertragbar, zumal die Tiere dort nicht aktiv die abgekühlten Bereiche verlassen konnten. Für viele Organismengruppen (z. B. Zoo- und Phytoplankton, Makrophyten, adulte Fische) ist aber anzunehmen, dass eine räumlich begrenzte Abkühlung des Gewässers keine Beeinträchtigung darstellt, selbst wenn es zu einer lokal begrenzten Verschiebung der Artenzusammensetzung kommen sollte. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in natürlichen Gewässern oft eine große Habitatvielfalt vorhanden ist und dass Organismen jeweils die geeigneten Habitate aufsuchen.

Es ist auch zu bedenken, dass die Abkühlung der zunehmenden Erderwärmung entgegenwirkt, so dass die abgekühlten Bereiche ggf. eine größere Natürlichkeit aufweisen als die übrigen Teile des Gewässers. Schwimmfähige Organismen dürften ohnehin aktiv optimale Habitate aufsuchen. Ein Problem könnten allerdings ortsfeste Laich- oder Larvalstadien darstellen, wenn die Ontogenese stark von der Temperatur abhängt und somit verfrühte, verspätete oder verzögerte Entwicklungsvorgänge zu befürchten sind. Auch hierzu liegen bisher keine in situ Studien vor. Es erscheint daher sinnvoll, im Rahmen der Zulassung von Vorhaben die Ausdehnung des vsl. abgekühlten Bereichs zu ermitteln und diesen auf besondere Qualitäten z. B. als Laichhabitat zu überprüfen.

Wie die vorstehenden Auswirkungen zeigen, bestehen derzeit hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen von Gewässerwärmepumpen noch Wissenslücken. Insbesondere sind weder die Auswirkungen durch Individuenverluste durch die Entnahme von Wasser und Durchleitung durch die Wärmepumpe, noch die Auswirkungen durch die Abkühlung sicher zu prognostizieren.

Hinsichtlich der Individuenverluste fokussieren sich die meisten der ausgewerteten Studien auf wandernde Fische, während kleinere Organismen kaum Beachtung finden. Inwieweit diese an den Filteranlagen oder ggf. beim Passieren der Wärmepumpe geschädigt werden und welche baulichen Maßnahmen hier zu einer Verminderung beitragen können, ist für die Beurteilung nachteiliger Effekte der Wärmepumpe aber von entscheidender Bedeutung. Dies wäre z. B. für die Beurteilung der Auswirkungen auf Laichhabitate von Fischen oder Larven geschützter Muscheln von Relevanz.

Während zu den Auswirkungen anthropogener Erwärmung von Gewässern aus den vergangenen Jahrzehnten zahlreiche Studien vorliegen, ist der Kenntnisstand zur entsprechenden Abkühlung deutlich lückiger. Dies zeigt sich auch an den einschlägigen Richtlinien und Verordnungen, die zwar Angaben zu den im Hinblick auf den ökologischen Zustand tolerierbaren

Erwärmungen, nicht aber zu Abkühlung machen (z. B. OGewV). Auch vorliegende Regelungen für die thermische Nutzung einzelner Gewässer (z. B. Bodensee: IGKB 2023) machen lediglich pauschale Vorgaben wie z. B.  $< 1$  K Temperaturänderung außerhalb der Mischungszone.

Viele der ausgewerteten Studien zu physiologischen Auswirkungen von kühlerem Wasser beschreiben Erkenntnisse aus Laborexperimenten, die sich nur schwer auf die tatsächliche Situation in einem Gewässer übertragen lassen, insbesondere da sie naturgemäß das Verhalten von Organismen in situ nicht berücksichtigen können. Da zu erwarten ist, dass auch bei einer stationären Einleitung von abgekühltem Wasser Tiere aktiv thermisch geeignete Bereiche aufsuchen und selbst im Fall eines „Kälteschocks“ mit der Strömung schnell aus dem stärker abgekühlten Bereich in durchmischte Bereiche transportiert werden, erscheinen die Ergebnisse aus den Laborstudien kaum übertragbar.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die durch den Klimawandel bedingte allgemeine Erwärmung der Gewässer ökologisch eher als nachteilig zu bewerten ist. Inwieweit die Abkühlung von Wasser durch Gewässerwärmepumpen dazu beitragen kann, dieser Tendenz entgegenzuwirken und nachteilige Gewässerveränderungen durch Erwärmung zu vermindern, wäre im Rahmen geeigneter Monitoringmaßnahmen zu prüfen.

## 6 Trend und Prognose

In den aktuellen Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland, im Auftrag des BMWF, basieren im Jahr 2045 mehr als 70 % der Fernwärmeerzeugung auf Großwärmepumpen. Das verdeutlicht, welches Ausmaß Großwärmepumpen im zukünftigen Fernwärmesystem ausmachen werden.

In den kommenden zehn Jahren ist mit einer Erzeugung von bis zu 88 TWh/a zu rechnen, wenn die Prognosen so eintreten. Bei angenommenen durchschnittlichen 4.500 jährlichen Vollbenutzungsstunden (VBA/a) in 2035, würde das einer installierten thermischen Leistung von fast 20 GW entsprechen.

Angenommen diese Leistung würde sich in kleine (1 MW), mittlere (5 MW) und große (50 MW) Leistungsklassen aufteilen, dann würde sich daraus ein jährlicher Zubau von z. B. 450 x 1 MW Anlagen, 200 x 5 MW Anlagen und 10 x 50 MW Anlagen ergeben. Dieser jährliche Zubau von ca. 660 Anlagen würde sich entsprechend deutschlandweit auf den Genehmigungsprozess auswirken. Dabei kann die Leistung einzelner Anlagen entsprechend variieren und ein Projekt auch aus mehreren Anlagen bestehen.

Als Wärmequelle kommen neben Gewässer weitere Wärmequellen, wie u.a. Luft, Geothermie, Abwärme oder Klarwasser von Kläranlagen in Betracht. Dennoch werden Gewässer als Wärmequelle einen bedeutsamen Anteil ausmachen. Angenommen der gleiche prozentuale Anteil von 25 % an Gewässerpumpen wie bisher wird fortgeschrieben (vgl. Kap. 2.1, 33 von 131 Projekten), würde das 165 Anlagen pro Jahr entsprechen oder 1.650 beispielhafter Anlagen bzw. 5.000 MW installierter Leistung bis 2035.

Das theoretische Potenzial von Fließgewässern als Wärmequelle für Großwärmepumpen wurde für Bayern in (FfE, 2024) ermittelt. Bei einer Auskühlung der Fließgewässer um 1 K, stünden theoretisch 114 TWh/a allein in Bayern zur Verfügung. Das entspricht in etwa 80 % des Raum- und Warmwasserbedarfs für die gleiche Region in Höhe von 142,5 TWh/a. Werden saisonale Effekte, wie das Heizen, berücksichtigt, ergibt sich ein geringerer Deckungsgrad.

Eine Studie von Overberg hat das über georeferenzierte Analysen technische Potenzial von Oberflächengewässern in Schleswig-Holstein erhoben (Maja Overberg, 2024). Ca. 26 TWh des jährlichen Wärmebedarfs von 35 TWh/a in 2022 befinden sich in einem Abstand von weniger als 1.000 m zu Oberflächengewässern. Der potenziell vorhandene Wärmeabsatz in einem bestehenden oder neu zu errichtenden Wärmenetz im Umkreis von 1.000 m zu einem Oberflächengewässer könnte sich auf ca. 4,7 TWh beschränken, wovon Oberflächengewässer in diesen Bereichen 2,97 TWh bereitstellen könnten.

Ohne näher ins Detail zu gehen, wird in den beiden Studien deutlich, dass Fließ- bzw. Oberflächengewässer zum einen ein hohes thermisches Potenzial besitzen und sich zum anderen in der räumlichen Nähe von Wärmebedarfen befinden. Anhand der Zahlen für Bayern und Schleswig-Holstein wird angenommen, dass das deutschlandweite Potenzial ausreichend groß ist, die Quelleistung für die oben aufgeführten 5 GW installierter Heizleistung bzw. ca. 22 TWh/a an Wärme in 2035 bereitzustellen.

Hilfreich wäre eine nicht nur länderspezifische, **sondern deutschlandweite Erhebung des technisch nutzbaren Potenzials von Oberflächengewässern in Wärmenetzen.**

## 6.1 Gewässerwärmepumpen

Tab. 8 zeigt die derzeit geplanten Großwärmepumpenprojekte in Deutschland, welche Gewässer als Wärmequelle verwenden, Stand 27. Jan. 2026 (LEA, 2025).

Anhand von Tab. 8 und den Herleitungen in Kap. 6 lassen sich verschiedene Entwicklungen in Bezug auf Gewässerwärmepumpen ableiten:

- Mit einem Anteil von derzeit ca. 25 % haben Gewässerwärmepumpen einen substantiellen Beitrag am Markthochlauf von Großwärmepumpen.
- Das theoretisch und technische Potenzial von Gewässerwärmepumpen ist, ohne es für Deutschland konkret quantifiziert zu haben, ausreichend groß, um einen substantiellen Anteil des geplanten Ausbaus von Großwärmepumpen für die Fernwärme abzudecken.
- Flüsse als Wärmequelle dominieren im Vergleich zu anderen Oberflächengewässern (Küste, Seen) die Anzahl und die Größe von Projekten.

Die Anlagenleistung von Projekten nimmt zunehmend zu. Die durchschnittliche Leistung der Projekte in Tab. 1 beträgt 4,63 MW, die der 16 Projekte mit genannter Leistung gelistet in beträgt 62 MW.

Tab. 8: Liste von geplanten Großwärmepumpenprojekten in Deutschland größer 500 kW Heizleistung und Gewässer als Wärmequelle, Stand September 2025 (Quelle: LEA, 2025)

Ort	Wärmequelle	Wärmeleistung	Projektstatus
Herford	Flusswasser	-	Projekt angekündigt
Hamburg	Flusswasser	200 MW	Projekt angekündigt
Nürnberg - Gebersdorf	Flusswasser	30 MW	Projekt angekündigt
Dresden	Flusswasser	42 MW	Projekt angekündigt
Köln - Merkenich	Flusswasser	50 MW	Projekt angekündigt
Flensburg	Meereswasser	-	Projekt angekündigt
Flensburg	Meereswasser	60 MW	Projekt angekündigt
Meersburg	Seewasser	-	Projekt angekündigt
Neustrelitz	Seewasser	-	Projekt angekündigt
Cottbus	Seewasser	35 MW	Projekt angekündigt
Jena	Flusswasser	-	Geplant
Düsseldorf	Flusswasser	-	Geplant
Neu-Ulm	Flusswasser	-	Geplant
Bamberg	Flusswasser	10 MW	Geplant
Köln - Niehler Kraftwerksgelände	Flusswasser	150 MW	Geplant
Mannheim	Flusswasser	150 MW	Geplant
Münster	Flusswasser	2 MW	Geplant
Heidelberg	Flusswasser	30 MW	Geplant
Hamburg	Flusswasser	60 MW	Geplant
Hannover	Flusswasser	60 MW	Geplant
Kiel	Meereswasser	50 MW	Geplant
Flensburg	Meereswasser	60 MW	Geplant
Düsseldorf EUREF-Campus	Seewasser	3 MW	Geplant

Zwischenkreisläufe mit einem separat aufgestellten Wärmetauscher werden bei großen Anlagenleistung keine Anwendung finden. Das wäre vom Flächenbedarf und wirtschaftlich nicht darstellbar. Stattdessen werden bzw. sollten ausreichend gute Sicherheitsmechanismen greifen oder Materialien zum Einsatz kommen, um auf etwaige austretende Stoffe (Kältemittel, Schmierstoffe) im Leckagefall reagieren zu können, damit eine Ausbreitung in das Gewässer verhindert wird.

In Abhängigkeit des Entscheidungsprozesses bzgl. einer möglichen Einschränkung PFAS-haltiger Kältemittel, der in den kommenden paar Jahren erwartet wird, vgl. Kap. 4.2.1, ist die verstärkte Anwendung natürlicher Kältemittel, wie Ammoniak, Kohlenstoffdioxid und Kohlenwasserstoffe, vgl. Kap. 3.3.2 wahrscheinlich.

Großwärmepumpen sind bisher nach wie vor auf Förderung angewiesen, um gleichwertig oder wirtschaftlicher zu sein als fossile Erzeugungstechnologien. Die Umsetzung konkreter Projekte scheiterte lange an der mangelnden Wirtschaftlichkeit. Erst mit Beginn entsprechender Förderinstrumente wurden erste Großwärmepumpen-Projekte umgesetzt. Dies begann zunächst mit der innovativen Kraft-Wärme-Kopplung (iKWK), welche 2018 ins Leben gerufen wurde und aus der 2022 die Inbetriebnahme eines ersten Systems mit Großwärmepumpe resultierte (IWR-Pressedienst.de, 2022), (2G). Daneben trat 2022 die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) in Kraft, die u.a. explizit Großwärmepumpen neben Solarthermie nicht nur investiv, sondern auch den Betrieb fördert. Aufgrund des Aufbaus der BEW wurden zunächst primär Studien für die Machbarkeit und Transformation von Wärmenetzen ausgearbeitet, ehe es zu der Umsetzung konkreter Projekte kam. Essentiell für den Markthochlauf von Großwärmepumpen in den kommenden Jahren ist die Fortführung bestehender Förderung.

## 7 Fazit, Empfehlungen und offene Forschungsfragen

Wasserwärmepumpen sind in hohem Maße dazu geeignet, zu einer dezentralen regenerativen Erzeugung von Wärmeenergie beizutragen. Entsprechend dem weitläufig ausgeprägten Gewässernetz erscheint eine Nutzung in vielen Regionen möglich. Durch die Wärmeentnahme kann ggf. sogar der anthropogenen – nicht zuletzt durch den Klimawandel verursachten – nachteiligen Erwärmung von Gewässern entgegengewirkt werden.

Dabei sind – insbesondere vor dem Hintergrund der wasser- und naturschutzrechtlichen Schutzbestimmungen – die Auswirkungen auf die Gewässer in den Blick zu nehmen. Gewässerwärmepumpen haben insbesondere durch Flächenverbrauch, Fallenwirkungen und die mit der thermischen Nutzung verbundene Abkühlung Auswirkungen auf die biotischen und abiotischen Bestandteile des Gewässerökosystems, die von der Schädigung von Individuen oder Populationen durch die Wasserentnahme über verzögerte Entwicklungszeiten von Eiern und Larven bis hin zu dauerhaften Habitatveränderungen reichen können. Da bisher nur wenige Studien zu konkreten Auswirkungen von Wasserwärmepumpen in situ vorliegen, sind die prognostizierten Auswirkungen allerdings mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Viele der bisher vorliegenden Kenntnisse stammen aus Laboruntersuchungen oder aus Untersuchungen zu Kraftwerkskühlungen und Wasserkraftwerken oder vergleichbaren Anlagen und lassen sich somit nur bedingt auf Wasserwärmepumpen anwenden. Trotzdem können einige Ergebnisse auf Gewässerwärmepumpen übertragen werden. Zu nennen wären z. B. die Erfahrungen mit Rechen und Filteranlagen, mit Makro- und Mikrofouling oder zum Einsatz kommende Materialien und Technologien.

Aktuelle Vorschläge für Regelungen im Hinblick auf Temperaturveränderungen sind aus diesem Grund häufig aus Daten zur Erwärmung abgeleitet, die zweifelsohne regelmäßig als nachteilig für den Wasserkörper zu bewerten ist. Im Lichte der durch den Klimawandel verursachten generellen Erwärmung von Gewässern wie auch anderer anthropogener Wärmequellen könnte sich eine Abkühlung dagegen in bestimmten Umfang sogar als vorteilhaft für die Biozönose des Gewässers und damit dessen ökologischen Zustand erweisen. Aus diesem Grund ist fraglich, ob eine symmetrische Übertragung von Spannen der Temperaturerhöhung auf Abkühlungen der gewässerökologischen Situation gerecht wird. Zu diskutieren wäre jedenfalls auch, ob als Referenztemperatur für eine zulässige Abkühlung eine (hypothetische) Gewässertemperatur ohne anthropogene Wärmequellen einschließlich des Klimawandels herangezogen werden könnte.

Es ist daher zu befürchten, dass die vorhandenen Vorschriften und rechtlichen Normen den spezifischen Anforderungen an die Gewässernutzung durch eine Großwärmepumpe, die eine Teilmenge des Gewässers entnimmt, kühlt und wieder zurückführt, nicht gerecht werden. Dies kann dazu führen, dass die Nutzung von Wasserwärmepumpen beschränkt wird, ohne dass zwingende Gründe dies erfordern. Ein Regelungsbedarf ist hier unverkennbar. Auf der anderen Seite sollten die Möglichkeiten der Nutzung von Altanlagen zur Wasserentnahme für den Betrieb von Wärmepumpen kritisch geprüft werden. Wenn bei fehlenden rechtlichen Zwängen aus wirtschaftlichen Gründen „alte“ Infrastrukturen weitergenutzt werden, ohne aktuelle ökologische Standards zu implementieren, kann dies zu entsprechenden negativen Folgen für die Umwelt führen.

Da die Anzahl an umgesetzten Gewässerwärmepumpen derzeit noch sehr gering ist und keine entsprechenden Monitoringdaten vorliegen, können zum heutigen Zeitpunkt noch keine belastbaren Empfehlungen für einen ökologisch verträglichen und technisch sinnvollen Einsatz

von Wasserwärmepumpen abgeleitet werden. Unabhängig davon sollte eine Optimierung der Anlagen aus gewässerökologischer Sicht angestrebt werden. Insbesondere ist der Verlust von Gewässerorganismen durch die Wasserentnahme zu minimieren. Neben einer entsprechenden Anordnung von Rechen und Filtern mit kleinen Stab- und Filterweiten und einer geringen Anströmgeschwindigkeit wären v.a. die Rückführung von Organismen aus Filteranlagen in das Gewässer und ggf. die Vermeidung von Schädigungen beim Durchlaufen des Primärkreislaufes in den Blick zu nehmen. Darüber hinaus sollte durch eine entsprechende Anlagensteuerung sichergestellt werden, dass möglichst keine starken Temperaturniedrigungen in kurzer Zeit auftreten („Kälteschock“).

Im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge bei Gewässerwärmepumpen sollte sichergestellt werden, dass Habitate von erhöhter Bedeutung (wie Vorkommen seltener, insbesondere stenothermer Arten oder bekannte Laichgründe) bei der Planung frühzeitig erfasst und Beeinträchtigungen in diesen Bereichen vermieden werden. An diesen Anlagen können im Rahmen eines geeigneten Monitorings dann konkrete Auswirkungen auf die Gewässer ermittelt werden, um geeignete Rahmenbedingungen für den Betrieb von Wasserwärmepumpen zu entwickeln und Regelungen, die auf worst-case-Annahmen oder der Übertragung von Effekten durch Temperaturerhöhung basieren, zu überprüfen und ggf. zu korrigieren. In diesem Zuge wäre auch die Frage nach der CO<sub>2</sub>-Bilanz von Interesse: In welchem Verhältnis steht der CO<sub>2</sub>-Verbrauch aus Bau, Betrieb und Unterhaltung einer neuen Anlage zu dem Nutzen aus der Wärmeerzeugung in Bezug auf andere Wärmequellen?

Um die Realisierung der Vorhaben nicht zu erschweren, ist dieser zusätzliche Mehraufwand zur Grundlagenforschung möglichst aus Bundes- oder Landesmitteln zu finanzieren und darf nicht den Vorhabenträgern aufgebürdet werden. Für die in Betracht kommenden Wärmequellen bieten sich eine Reihe von Projekten an, die sich in unterschiedlichen Stadien befinden und vorangetrieben werden, vgl. Tab. 8.

## Literaturverzeichnis

- 2G. Blaupause für systemdienliche Verknüpfung. <https://2-g.com/de/referenzen/blaupause-fur-systemdienliche-verknuepfung~cs1767> (zugegriffen am 15.09.2025)
- AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK. (2020). Praxisleitfaden Großwärmepumpen. <https://www.agfw.de/technik-sicherheit/erzeugung-sektorkopplung-speicher/aktuelles-aus-dem-bereich/newsdetail/agfw-veroeffentlicht-praxisleitfaden-zu-grosswaermepumpen-in-zweiter-auflage> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Agora Energiewende, Fraunhofer IEG. (2023). Roll-out von Großwärmepumpen in Deutschland: Strategien für den Markthochlauf in Wärmenetzen und Industrie. <https://www.agora-energie-wende.de/publikationen/roll-out-von-grosswaermepumpen-in-deutschland#downloads> (zugegriffen am 15.09.2025)
- ARSU GmbH. (2016). Wasserrechtliche Bewilligung zur Entnahme von Wasser aus dem Dortmund-Ems-Kanal für das Kernkraftwerk Emsland in Lingen: Gewässerökologisches Gutachten (GÖK). <https://nlwkn.niedersachsen.de/download/116152> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Ashford, P., Baker, J. A., Clodic, D., Devotta, S., Godwin, D., Harnisch, J., Irving, W., Jeffs, M., Kuijpers, L., McCulloch, A., Peixoto, R. D. A., Uemura, S., Verdonik, D. P., Kenyon, W. G., Rand, S. & Woodcock, A. (2006). Chapter 7: Emissions of Fluorinated Substitutes for Ozone Depleting Substances. [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3\\_Volume3/V3\\_7\\_Ch7\\_ODS\\_Substitutes.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_7_Ch7_ODS_Substitutes.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2023). Beurteilung von Wärmeeinleitungen - Merkblatt Nr. 4.5/18. [https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil4\\_oberirdische\\_gewaesser/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil4_oberirdische_gewaesser/index.htm) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2023). Gewässerökologische Begutachtung von Wärmeeinleitungen - Merkblatt Nr. 4.5/19. Bayerische Staatskanzlei. [https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop\\_app000007?SID=1087021143&ACTIONxSESSx-SHOWPIC\(BILDxKEY:%27lfu\\_was\\_00324%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27\)](https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000007?SID=1087021143&ACTIONxSESSx-SHOWPIC(BILDxKEY:%27lfu_was_00324%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27)) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2025). Wärmegewinnung aus Fließgewässern: Betreiberhinweise zur Planung, Genehmigung und Betrieb von Wärmetauscheranlagen. [https://www.lfu.bayern.de/publikationen/get\\_pdf.htm?art\\_nr=lfu\\_was\\_00364](https://www.lfu.bayern.de/publikationen/get_pdf.htm?art_nr=lfu_was_00364) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) (Hrsg.). (2021). Handlungsanleitung zu ökologischen und energiewirtschaftlichen Aspekten der Mindestwasserfestlegung: Bestehende kleine Wasserkraftanlagen mit Ausleitungsstrecken. [https://www.lfu.bayern.de/wasser/wasserkraftnutzung\\_oekologie/wasserrechtliche\\_anforderungen/doc/3\\_handlungsanleitung.pdf](https://www.lfu.bayern.de/wasser/wasserkraftnutzung_oekologie/wasserrechtliche_anforderungen/doc/3_handlungsanleitung.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Behringer, D., Heydel, F., Gschrey, B., Osterheld, S., Schwarz, W., Warncke, K., Freeling, F., Nödler, K., Henne, S., Reimann, S., Blepp, M., Jörß, W., Liu, R., Ludig, S., Rüdener, I. & Gartiser, S. (2021). Persistente Abbauprodukte halogenerter Treib- und Kältemittel in der Umwelt: Art, Umweltkonzentrationen und Verbleib unter besonderer Berücksichtigung neuer halogenerter Ersatzstoffe mit kleinem Treibhauspotenzial. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06\\_texte\\_36-2021\\_abbau\\_kaelte-treibmittel.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_texte_36-2021_abbau_kaelte-treibmittel.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Benutzung des Gewässers durch Entnahme und Wiederinleiten des Treibwassers, 4 B 110/86, NVwZ 1988, 150 (BVerwG 21. August 1986).
- Beschluss des ersten Senats vom 24. März 2021, 1 BvR 2656/18, BVerfGE (BVerfG). [https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2021/03/rs20210324\\_1bvr265618.html](https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2021/03/rs20210324_1bvr265618.html) (zugegriffen am 15.09.2025)

- Brandenburgisches Wassergesetz, GVBl.I/12, Nr. 20; zuletzt geändert GVBl.I/24, Nr. 9, S.14 02.02.2012; zuletzt geändert 05.03.2024).
- Breuer, R. & Gärditz, K. F. (2017). Öffentliches und privates Wasserrecht (4., völlig neu bearbeitete Auflage). NJW-Praxis: Band 24. C.H. Beck. [https://beck-online.beck.de/?vpath=bibdata/komm/BreuerGaeHdbWassR\\_4/cont/BreuerGaeHdbWassR%2Ehtm](https://beck-online.beck.de/?vpath=bibdata/komm/BreuerGaeHdbWassR_4/cont/BreuerGaeHdbWassR%2Ehtm) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (2025). Kaliabbau: Werra und Weser leiden unter Wasserverschmutzung durch Kalisalze. <https://www.bund.net/fluesse-gewaesser/kaliabbau/> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.). (2019). Herleitung von ökologisch begründeten Orientierungswerten für die Mindestwasserführung von Fließgewässern: Projekt O 8.17 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall. [https://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/O%208.17\\_Mindestwasser\\_Endbericht.pdf](https://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/O%208.17_Mindestwasser_Endbericht.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.). (2020). Fachtechnische Hinweise für die Erstellung der Prognose im Rahmen des Vollzugs des Verschlechterungsverbots. [https://www.wasser.sachsen.de/download/1\\_LAWA\\_Fachtechnische\\_Hinweise\\_Verschlechterungsverbot\\_Version1.pdf](https://www.wasser.sachsen.de/download/1_LAWA_Fachtechnische_Hinweise_Verschlechterungsverbot_Version1.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bundesamt für Naturschutz. (2025). Einführung [FFH-VP-Info]. Bundesamt für Naturschutz (BfN). <https://ffh-vp-info.de/FFHVP/Page.jsp> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (2023). Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW): Technische Anforderungen der Module 1 bis 4. [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew\\_merkblatt\\_technik.html](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew_merkblatt_technik.html) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde. (2025a). Mittlere Werra bis Tiefenort (2) (Fließgewässer) [BfG Web Viewer]. Bundesanstalt für Gewässerkunde. [https://geoportal.bafg.de/birt\\_viewer/frame-set?\\_\\_report=RW\\_WKSB\\_21P1.rptdesign&param\\_wasserkoerper=DERW\\_DETH\\_41\\_170-222\\_2&agreeToDisclaimer=true](https://geoportal.bafg.de/birt_viewer/frame-set?__report=RW_WKSB_21P1.rptdesign&param_wasserkoerper=DERW_DETH_41_170-222_2&agreeToDisclaimer=true) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde. (2025b). Wasserkörpersteckbriefe aus dem 3. Zyklus der WRRL (2022-2027). Bundesanstalt für Gewässerkunde. [https://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/WKSB\\_2021/index.html?lang=de&tabs=on&vm=2D&s=36111.9818670124&r=0&c=806484.3217486036%2C5819930.0298710335](https://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/WKSB_2021/index.html?lang=de&tabs=on&vm=2D&s=36111.9818670124&r=0&c=806484.3217486036%2C5819930.0298710335) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz. (2025). Rhein. Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz. [https://dgi-daten.bafg.de/Rhein/Worms/23900200\\_WQ.pdf](https://dgi-daten.bafg.de/Rhein/Worms/23900200_WQ.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts 1) 2). [https://www.gesetze-im-internet.de/whg\\_2009/\\_1.html](https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/_1.html) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, BGBl. I S. 2585; zuletzt geändert BGBl. 2023 I Nr. 409 31.07.2009; zuletzt geändert 22.12.2023).
- Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1; zuletzt geändert BGBl. 2025 I Nr. 94 23.05.1949; zuletzt geändert 22.03.2025).
- Oberflächengewässerverordnung, BGBl. I S. 1373; zuletzt geändert BGBl. I S. 2873 20.06.2016; zuletzt geändert 9.12.2020).
- Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer, BGBl. I S. 1108, 2625; zuletzt geändert BGBl. 2024 I Nr. 132 17.06.2004; zuletzt geändert 17.04.2024).
- Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV), BGBl. I S. 1440; zuletzt geändert BGBl. 2024 I Nr. 355 31.05.2017; zuletzt geändert am 12.11.2024).

- Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung - 12. BImSchV), BGBl. I S. 483; zuletzt geändert BGBl. 2024 I Nr. 225 15. 03.2017; zuletzt geändert 03.07.2024).
- Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V. (2022). Schulungen nach VDI-MT 4645 Blatt 1.
- Czychowski, M. & Reinhardt, M. (2023). Wasserhaushaltsgesetz: Unter Berücksichtigung der Landeswassergesetze : Kommentar (13., neubearbeitete Auflage). *Beck-online Bücher*. C.H.Beck. [https://beck-online.beck.de/?vpath=bibdata%2Fkomm%2FCzychowskiReinhardt-KoWHG\\_13%2Fcont%2FCzychowskiReinhardtKoWHG%2Ehtm](https://beck-online.beck.de/?vpath=bibdata%2Fkomm%2FCzychowskiReinhardt-KoWHG_13%2Fcont%2FCzychowskiReinhardtKoWHG%2Ehtm) (zugegriffen am 15.09.2025)
- David, A., Mathiesen, B. V., Averfalk, H., Werner, S. & Lund, H. (2017). Heat Roadmap Europe: Large-Scale Electric Heat Pumps in District Heating Systems. *Energies*, 10(4), 578. <https://doi.org/10.3390/en10040578>
- David Weiblein. (2023). Grüne Fernwärme in Berlin: Spreewärme, GeoSpeicher & Co. [https://innobb.de/sites/default/files/2023-09/230911%20BTB-Pr%C3%A4sentation%20Clusterkonferenz\\_handout.pdf](https://innobb.de/sites/default/files/2023-09/230911%20BTB-Pr%C3%A4sentation%20Clusterkonferenz_handout.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. [https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg\\_2009/\\_1.html](https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/_1.html) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG) 2023). <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf> (zugegriffen am 15.09.2025)
- DHI (Hrsg.). (2023). Flusswärmekraftwerk am Standort Hamburg-Kaltehofe.
- Dörr & Walter. (2025). Vorbemerkungen OGeWV. In M. Beckmann, W. Durner, T. Mann & M. Röckinghausen (Hrsg.), *Umweltrecht: Kommentar*. C.H. Beck (Stand: 1. Januar 2025 (106. Ergänzungslieferung), 4).
- Eawag (Hrsg.). (2022). Fact Sheet: Wärmenutzung aus Seen und Fließgewässern. [https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Beratung/Beratung\\_Wissenstransfer/Publ\\_Praxis/Faktenblaetter/fb\\_waermenutzung\\_2022.pdf](https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Beratung/Beratung_Wissenstransfer/Publ_Praxis/Faktenblaetter/fb_waermenutzung_2022.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Ebel, G. (2023). *Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen - Handbuch Rechen- und Bypasssysteme: Ingenieurbiologische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung, Qualitätssicherung, Praxisbeispiele*. (4. Aufl.). Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie: Bd. 4. Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel.
- Ecologic Institut und IGF Jena. (2023). Körperproportionsbasierte Stababstände für Rechen zum Verhindern des Einschwimmens von Fischen in Gefahrenbereiche: Infografik. [https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2023/3581.Rechengroesse\\_de\\_Final-1.pdf](https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2023/3581.Rechengroesse_de_Final-1.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1; zuletzt geändert ABl. L. 311, S. 32 23.10.2000; zuletzt geändert 20.11.2014).
- Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffe, Amtsblatt der Europäischen Union L 197/1 24.07.2012).
- European chemical agency. (2023a). Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS). <https://echa.europa.eu/de/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas> (zugegriffen am 15.09.2025)
- European chemical agency. (2023b). Zu prüfende eingereichte Beschränkungen. <https://echa.europa.eu/de/restrictions-under-consideration/-/substance-rev/72301/term> (zugegriffen am 15.09.2025)

- Felix Hack. (2023). Grüne Wärme aus dem Fluss - Von der Idee bis zur Umsetzung in Mannheim.
- Fink, G., Schmid, M. & Wüest, A. (2014). Large lakes as sources and sinks of anthropogenic heat: Capacities and limits. *Water Resources Research*, 50(9), 7285–7301. <https://doi.org/10.1002/2014WR015509>
- Forschungsstelle für Energiewirtschaft. (2024). Wärmepumpen an Fließgewässern: Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern.
- FRANK GmbH. (2025). FRANK Flow & FRANK WET System Wasserwärmetauscher. <https://www.frank-gmbh.de/de/produkte/geothermie/wasserwaermetauscher.php> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Bayerisches Wassergesetz, GVBl. S. 66, 130; zuletzt geändert GVBl. S. 608 25.02.2010; zuletzt geändert 09.11.2021).
- Gappisch, J. (2017). Wärmeenergetische Leistungsfähigkeit ausgewählter Fließgewässer [Bachelorthesis]. Technische Universität Darmstadt. [https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/7182/1/Bachelorthesis\\_JessikaGappisch.pdf](https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/7182/1/Bachelorthesis_JessikaGappisch.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Gappisch, J., Borchardt, S. & Lehmann, B. (2024). Potential Analysis and Feasibility Study on the Hydrothermal Utilization of Rivers—Using Marburg on the Lahn River as Case Study. *Energies*, 17(1), 36. <https://doi.org/10.3390/en17010036>
- Gaudard A, Schmid M & Wüest A. (2018). Thermische Nutzung von Seen und Flüssen. Potenzial der Schweizer Oberflächengewässer. <https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag%3A16440> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Guckelberger. (2025). § 14 WHG. In L. Giesberts & M. Reinhardt (Hrsg.), BeckOK Umweltrecht. C.H. Beck (74. Edition, Stand: 01.04.2025).
- Hasche, F. (2025a). § 8 WHG. In L. Giesberts & M. Reinhardt (Hrsg.), BeckOK Umweltrecht. C.H. Beck (74. Edition, Stand: 01.04.2025).
- Hasche, F. (2025b). § 9 WHG. In L. Giesberts & M. Reinhardt (Hrsg.), BeckOK Umweltrecht. C.H. Beck (74. Edition, Stand: 01.04.2025).
- Die Bodensee-Richtlinien (2023 & i.d.F.v. September 2023, 6. Version). <https://www.igkb.org/die-igkb/bodensee-richtlinien> (zugegriffen am 15.09.2025)
- IWR-Pressedienst.de. (2022). Meilenstein für die Wärmewende: Erste innovative KWK-Anlage erhält in Papenburg Zulassung. <https://www.iwrpressedienst.de/energie-themen/pm-7580-meilenstein-fuer-die-waermewende-erste-innovative-kwk-anlage-erhaelt-in-papenburg-zulassung#:~:text=Meilenstein%20f%C3%BCr%20die%20W%C3%A4rmewende:%20Erste,in%20Papenburg%20Zulassung%20%2D%20IWR%2DPressedienst> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Jarass, H. D. (2024). Bundes-Immissionsschutzgesetz: Kommentar : unter Berücksichtigung der Bundes-Immissionsschutzverordnungen, der TA Luft sowie der TA Lärm (15., vollständig überarbeitete Auflage). C.H. Beck.
- Kahl, W., Gärditz, K. F. & Schmidt, R. (2023). Umweltrecht: Ein Studienbuch (13., vollständig neu bearbeitete Auflage des von Dr. Reiner Schmidt begründeten Lehrbuchs). Juristische Kurz-Lehrbücher: Band 98. C.H. Beck.
- Kähler, L. & Lehberg, K. (2025). Innovatives Flusswärmeprojekt in Wittenberge: Pionierarbeit für klimaschonende Fernwärme. Stadtwerke Wittenberge GmbH. [https://stadtwerke-wittenberge.de/files/stadtwerke/media/pdf/Aktuelles/EHP25\\_1-2\\_41\\_Wittenberge.pdf](https://stadtwerke-wittenberge.de/files/stadtwerke/media/pdf/Aktuelles/EHP25_1-2_41_Wittenberge.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Kammer, H. (2018). Thermische Seewassernutzung in Deutschland. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-20901-8>

- Knopp, G.-M. & Müller, J. (2024a). § 10 WHG. In F. Sieder, H. Zeitler, H. Dahme & G.-M. Knopp (Hrsg.), Wasserhaushaltsgesetz, Abwasserabgabengesetz. C.H. Beck (59. Ergänzungslieferung (Stand: 1.8.2024)).
- Knopp, G.-M. & Müller, J. (2024b). § 14 WHG. In F. Sieder, H. Zeitler, H. Dahme & G.-M. Knopp (Hrsg.), Wasserhaushaltsgesetz, Abwasserabgabengesetz. C.H. Beck (59. Ergänzungslieferung (Stand: 1.8.2024)).
- Küttel, Peter & Wüest. (2002). Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer: Rhone Revitalisierung. Publikation No 1.
- LandesEnergieAgentur Hessen GmbH. (2025). Projekte. LEA LandesEnergieAgentur Hessen GmbH. <https://grosswaermepumpen-info.de/de/projekte/> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Landespressestelle Vorarlberg. (2024, 11. März). Der Schatz im Bodensee: Wie wir mit Seewärme in Zukunft heizen können [Pressemitteilung]. <https://presse.vorarlberg.at/land/servlet/Article?action=downloadAttachment&id=67248&attId=52961> (zugegriffen am 15.09.2025)
- LUBW. (2016). Handreichung Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen: Fachliche Grundlagen. <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/89720>
- Maja Overberg. (2024). Potenzialanalyse von Ober ächengewässern als Wärmequelle für Großwärmepumpen in Schleswig-Holstein.
- Meereisportal. (2025). Gefrierprozesse. <https://www.meereisportal.de/wissen/meereisphysik/gefrierprozesse> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Metallbau-Wasserkraft Onnen Krieger GmbH & Co. KG. (2025). Horizontal-Rechenreinigung. <https://www.metallbau-onnen-krieger.de/rechenreiniger/horizontal-rechenreinigung> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (2024). Bodensee 2022: Gute Gewässerqualität trotz schlechter Zirkulation [Umweltdaten Bericht 2024]. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. <https://umweltportal.baden-wuerttemberg.de/umweltdaten-bericht-2024/bodensee-gewaesserqualitaet> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW. (2025). Wasserdaten NRW. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW. <https://www.elwasweb.nrw.de/elwasweb/data/ow/menge/pegel/pegelDetailsTab.xhtml;jsessionid=9C855F13A387A745BFC8E121C84A5631?cid=1> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Natiesta, T., Köfinger, C., Rieberer, R., Verdnik, M., Zach, F., Stadler, M. & Vidovic, P. (2023). IEA Wärmepumpentechnologien (HTP) Annex 54: Wärmepumpensysteme mit Kältemitteln mit niedrigem Treibhausgaspotenzial. [https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea\\_pdf/schriftenreihe-2023-56-iea-hpt-annex-54.pdf](https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/schriftenreihe-2023-56-iea-hpt-annex-54.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- NDR. Von Blaualgen zu Vibrionen - wie sich die Ostsee verändert. <https://www.ndr.de/nachrichten/ndrdata/von-blaualgen-zu-vibrionen-wie-sich-die-ostsee-veraendert,blaualgen-122.html> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Niedersächsisches Wassergesetz, Nds. GVBl. S. 64 - VORIS 28200; zuletzt geändert Nds. GVBl. 2024 Nr. 82 19.02.2012; zuletzt geändert 25.09.2024).
- Landeswassergesetz, GV. NW. S. 248; zuletzt geändert GV. NRW. S. 1470 25.06.1995; zuletzt geändert 17.12.2021).
- Pape. (2025). § 15 WHG. In M. Beckmann, W. Durner, T. Mann & M. Röckinghausen (Hrsg.), Umweltrecht: Kommentar. C.H. Beck (Stand: 1. Januar 2025 (106. Ergänzungslieferung)).

- Passavant-Geiger GmbH. (2025a). *Geiger®* Elektrisches Fisch-Scheuch-/ Immobilisierungssystem. Passavant-Geiger GmbH. <https://www.passavant-geiger.com/de/product/geigerr-elektrisches-fisch-scheuch-immobilisierungssystem> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Passavant-Geiger GmbH. (2025b). *Geiger® MultiDisc®* Siebbandmaschine mit Fischrückführungssystem. <https://www.passavant-geiger.com/de/product/geiger-multidiscr-siebbandmaschine-mit-fischrueckfuehrungssystem> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Pflum, A. (2017). Wärmeenergetische Nutzung von Fließgewässern [Bachelorthesis]. Technische Universität Darmstadt. [https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/8123/1/Thesis%20Pflum\\_W%C3%A4rmeenergetische%20Nutzung%20von%20Flie%C3%9Fgew%C3%A4ssern.pdf](https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/8123/1/Thesis%20Pflum_W%C3%A4rmeenergetische%20Nutzung%20von%20Flie%C3%9Fgew%C3%A4ssern.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Reidt, O. & Schiller, G. (2025). § 16 BImSchG. In M. Beckmann, W. Durner, T. Mann & M. Röckinghausen (Hrsg.), *Umweltrecht: Kommentar*. C.H. Beck (Stand: 1. Januar 2025 (106. Ergänzungslieferung), 55, 83).
- Riedel, D. (2025). § 36 WHG. In L. Giesberts & M. Reinhardt (Hrsg.), *BeckOK Umweltrecht*. C.H. Beck (74. Edition, Stand: 01.04.2025).
- Schendel, F. A. & Scheier, M. (2025). § 15 WHG. In L. Giesberts & M. Reinhardt (Hrsg.), *BeckOK Umweltrecht*. C.H. Beck (74. Edition, Stand: 01.04.2025, 6–7).
- Schwinghammer, F. (2012). Thermische Nutzung von Oberflächengewässern [Masterthesis]. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. [https://www.hydrology.uni-freiburg.de/abschluss/Schwinghammer\\_F\\_2012\\_MA.pdf](https://www.hydrology.uni-freiburg.de/abschluss/Schwinghammer_F_2012_MA.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Sofatutor (Hrsg.). *Ökosystem See*. <https://www.sofatutor.ch/biologie/videos/oekosystem-see> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Sonny, D., Knudsen, F. R., Enger, P. S., Kvernstuen, T. & Sand, O. (2006). Reactions of cyprinids to infrasound in a lake and at the cooling water inlet of a nuclear power plant. *Journal of Fish Biology*, 69(3), 735–748. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01146.x>
- Stadtwerke Bregenz GmbH. (2023). Thermische Seewassernutzung: Factsheet. Stadtwerke Bregenz GmbH. [https://www.stadtwerke-bregenz.at/fileadmin/user\\_upload/user\\_upload/Dokumente/Regenerative\\_Energien/Factsheet\\_zur\\_Seewassernutzung.pdf](https://www.stadtwerke-bregenz.at/fileadmin/user_upload/user_upload/Dokumente/Regenerative_Energien/Factsheet_zur_Seewassernutzung.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Stadtwerke Neustadt in Holstein. FAQ - SWNH Stadtwerke Neustadt: Häufige Fragen - schnell & einfach beantwortet. <https://www.swnh.de/services/faq/> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Stadtwerke Neustadt in Holstein. Meerwasser-Wärmepumpe: Für erneuerbare Wärme. <https://www.swnh.de/waerme/meerwasserwaermepumpe/> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Taprogge Gesellschaft mbH. (2025). Einstufiges System. <https://www.taprogge.de/anwendungsfelder-produkte/effizienz-in-energie-und-wasser-kraftwerke-und-industrie/wasserentnahmesysteme/einstufiges-system/> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Technische Universität Braunschweig. (2024). Grüne Nah- und Fernwärmegewinnung aus Fließgewässern. Technische Universität Braunschweig. [https://www.efzn.de/fileadmin/Sites/EFZN/Images/Ereignisse/2024-11-NET16/Vortrage/NET2024\\_FF1\\_Seidel\\_Gruene\\_Nah\\_und\\_Fernwaerme\\_aus\\_Fliessgewaessern.pdf](https://www.efzn.de/fileadmin/Sites/EFZN/Images/Ereignisse/2024-11-NET16/Vortrage/NET2024_FF1_Seidel_Gruene_Nah_und_Fernwaerme_aus_Fliessgewaessern.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Thiel. (2025). § 3 BImSchG. In M. Beckmann, W. Durner, T. Mann & M. Röckinghausen (Hrsg.), *Umweltrecht: Kommentar*. C.H. Beck (Stand: 1. Januar 2025 (106. Ergänzungslieferung).
- Umweltbundesamt. (2021). Chemikalieneintrag in Gewässer vermindern: Trifluoracetat (TFA) als persistente und mobile Substanz mit vielen Quellen. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/2021\\_hg\\_chemiekalieneintrag\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/2021_hg_chemiekalieneintrag_bf.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)

- Umweltbundesamt. (2022a). Indikator: Ökologischer Zustand der Seen. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-oekologischer-zustand-der-seen#die-wichtigsten-fakten> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Umweltbundesamt. (2022b). Ökologischer Zustand der Fließgewässer. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/fliessgewaesser/oekologischer-zustand-der-fliessgewaesser#oekologischer-zustand-der-flusse-und-bache> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Umweltbundesamt. (2023a). KM-I-1: Wassertemperatur des Meeres: Monitoringbericht 2023 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. <https://www.umweltbundesamt.de/monitoring-zur-das/handlungsfelder/kuesten-meeresschutz/km-i-1/indikator> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Umweltbundesamt. (2023b). WW-I-10: Wassertemperatur von Fließgewässern: Monitoringbericht 2023 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. <https://www.umweltbundesamt.de/monitoring-zur-das/handlungsfelder/wasserhaushalt/ww-i-10/indikator> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Umweltbundesamt. (2023c). WW-I-8: Wassertemperatur von Seen: Monitoringbericht 2023 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. <https://www.umweltbundesamt.de/monitoring-zur-das/handlungsfelder/wasserhaushalt/ww-i-8/indikator> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Umweltbundesamt. (2025). Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Universität Konstanz. (2024). Mit Seewärme die Universität heizen. <https://www.uni-konstanz.de/universitaet/aktuelles-und-medien/aktuelle-meldungen/aktuelles-1/mit-seewaerme-die-universitaet-heizen/#:~:text=Die%20Gro%C3%9Fw%C3%A4rmepumpen%20werden%20auf%20dem,um%20die%20W%C3%A4rmenutzung%20zu%20erweitern.&text=Parallel%20dazu%20wird%20die%20Universit%C3%A4t,eingespeist%20und%20auch%20dort%20genutzt> (zugegriffen am 15.09.2025)
- Ursula Riedmüller & Dieter Leßmann. (2025). Grundlagen und Leitlinien für eine ökologisch verträgliche thermische Nutzung von Gewässern: Literaturstudie und Auswertung von Monitoringdaten zur Ermittlung und Absicherung von Anforderungen an die thermische Gewässernutzung. LAWA – LFP 2023, Projekt O 5.23. [https://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Daten/LAWA/AO/LAWA-O5\\_23\\_Studie-Gewthermie.pdf](https://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Daten/LAWA/AO/LAWA-O5_23_Studie-Gewthermie.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- VKU e.V. & AGFW e.V. (2023). Klimaschutz und Versorgungssicherheit durch einen schnellen Hochlauf der Nutzung und Integration Erneuerbarer Wärme und Abwärme in Wärmenetze: ein gemeinsamer Vorschlagskatalog des AGFW e. V. und VKU e. V. [https://www.vku.de/fileadmin/user\\_upload/Verbandsseite/Positionen/Kommunale\\_Energieversorgung/230908\\_AGFW\\_VKU\\_Empfehlungen\\_Hochlauf\\_EE\\_Abwaerme.pdf](https://www.vku.de/fileadmin/user_upload/Verbandsseite/Positionen/Kommunale_Energieversorgung/230908_AGFW_VKU_Empfehlungen_Hochlauf_EE_Abwaerme.pdf) (zugegriffen am 15.09.2025)
- Werner Kresser. (1957). Temperaturverhältnisse in Gewässern im Hinblick auf deren Selbstreinigung: Band 2: Aktuelle Abwasserfragen.
- Windyhill Property GmbH. (2024). Flusswasser sorgt für warme Stuben. <https://edison.media/energie/flusswasser-sorgt-fuer-warme-stuben/25251696/> (zugegriffen am 15.09.2025)

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Großwärmepumpen in Deutschland größer oder gleich 420kW Heizleistung und Gewässer als Wärmequelle. Die Größe des Kreises ist eine Indikation für die Heizleistung des jeweiligen Projektes.....	10
Abb. 2:	Schema Nutzung Ostsee in Neustadt in Holstein.....	13
Abb. 3:	Standort Flusswasser-Wärmepumpe bei der MVV AG (Quelle: Felix Hack, 2023).....	15
Abb. 4:	Skizzenhafte Darstellung der Systemebenen der Wasserentnahme für eine Gewässerwärmepumpe; bei einer Kühlwasserentnahme wechseln die Farben (Quelle: BWS). ....	20
Abb. 5:	In Horw (Schweiz) eingesetzter Seiher (Quelle: Energieinstitut Vorarlberg, 2024).....	22
Abb. 6:	Einlaufbauwerk an der Bega in Lemgo (Quelle: Seidel, C., Ostermann, L. & Clausen, J., 2025).....	25
Abb. 7:	Entnahmebauwerk an der Stepenitz/Wittenberge (Quelle: Windyhill Property GmbH, 2024). ....	25
Abb. 8:	Beispiel für einen Horizontalrechenreiniger vor der Inbetriebnahme (Metallbau-Wasserkraft Onnen Krieger GmbH & Co. KG, 2025). ....	27
Abb. 9:	Geiger® MultiDisc® Siebbandmaschine mit Fischbechern zur Fischrückführung (Passavant-Geiger GmbH, 2025b). ....	28
Abb. 10:	Systemskizze des TAPIS® mit Rückspülung (Taprogge Gesellschaft mbH, 2025).....	29
Abb. 11:	Filterelemente (Polyeder) zur Wasserentnahme, genannt TAPIS® (Quelle: Taprogge Gesellschaft mbH). ....	29
Abb. 12:	Pumpanlage mit Filter und Vorlagebecken (Quelle: Aqseptence Group GmbH). ....	31
Abb. 13:	Einlaufbauwerk mit Pumpanlage und Filter ohne Vorlagebecken (Quelle: Taprogge Gesellschaft mbH). ....	32
Abb. 14:	Reinigungsbürsten (Quelle: ROSEN).....	33
Abb. 15:	Wedeco Spektron® UV-Desinfektion (Quelle: xylem).....	34
Abb. 16:	Schematische Darstellung der Wärmepumpe mit (rechts) und ohne (links) Zwischenkreislauf (Quelle: bitte ergänzen).....	35
Abb. 17:	Kugelrohrreinigungssystem (Quelle: Taprogge Gesellschaft mbH). ....	36
Abb. 18:	Automatischer Rückspülfilter Alfa Laval Filter (Quelle: Alfa Laval).....	37
Abb. 19:	Maximale sohlnahe Temperaturänderung durch Kälteeinleitung (Quelle DHI, 2023).....	40
Abb. 20:	Tangierte Rechtsbereiche bei der Genehmigung einer Gewässer-Wärmepumpe (Quelle: bitte ergänzen). ....	43

Abb. 21:	Anteil der Wasserkörper in Seen und Fließgewässern in min. gutem Zustand oder mit min. gutem Potenzial (Quelle: Umweltbundesamt).....	67
Abb. 22:	Bewertung des ökologischen Potenzials / Zustands (Quelle: Umweltbundesamt. <a href="https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3630/bilder/dateien/2_karte_oekolog-zustand.pdf">https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3630/bilder/dateien/2_karte_oekolog-zustand.pdf</a> ).....	68
Abb. 23:	Passierbarkeit von Rechen in Abhängigkeit vom Stababstand (Quelle: Geist et al., 2024).....	75
Abb. 24:	Laichtemperaturen von Adulten ausgewählter Fischarten. La: Lachs; Bf: Bachforelle; Sf: Seeforelle; Rb: Regenbogenforelle; Bs: Bachsaibling; Ae: Äsche; He: Hecht; Ka: Karpfen; Br: Brachsen; Sn: Schneider; Le: Laube; Ba: Barbe; Gf: Goldfisch; Na: Nase; Gr: Gründling; Ha: Hasel; Al: Alet; Sr: Strömer; El: Elritze; Ra: Rotaug; Rf: Rotfeder; Sl: Schleie; Sp: Schlammpeitzger; Sm: Schmerle; Kw: Katzenwels; Tr: Trüsche; Fb: Flussbarsch; Za: Zander; Sb: Sonnenbarsch; Gr: Groppe (Quelle: Küttel et al., 2002). .....	77
Abb. 25:	Entwicklungsbereich (Temperatur in °C) der Eier ausgewählter Fischarten. La: Lachs; Bf: Bachforelle; Rb: Regenbogenforelle; Bs: Bachsaibling; Ae: Äsche; He: Hecht; Ka: Karpfen; Br: Brachsen; Le: Laube; Ba: Barbe; Na: Nase; Ha: Hasel; Al: Alet; El: Elritze; Ra: Rotaug; Rf: Rotfeder; Sl: Schleie; Tr: Trüsche; Fb: Flussbarsch; Za: Zander (Quelle: Küttel et al., 2002). .....	77
Abb. 26:	Entwicklungsbereich (Temperatur in °C) der Juvenilen ausgewählter Fischarten. La: Lachs; Bf: Bachforelle; He: Hecht; Ka: Karpfen; Br: Brachsen; Sl: Schleie; Sm: Schmerle; St: Stichling; Fb: Flussbarsch; Sb: ; Za: Zander; Gr: Groppe. (Quelle: Küttel et al., 2002). .....	78
Abb. 27:	Entwicklungsbereich (Temperatur in °C) der Adulten ausgewählter Fischarten. Aa: Aal; La: Lachs; Bf: Bachforelle; Rb: Regenbogenforelle; Bs: Bachsaibling; Ae: Äsche; He: Hecht; Ka: Karpfen; Br: Brachsen; Sn: Schneider; Gf: Goldfisch; Al: Alet; El: Elritze; Ra: Rotaug; Rf: Rotfeder; Sl: Schleie; Sm: Schmerle; Kw: Katzenwels; Tr: Trüsche; St: Stichling; Fb: Flussbarsch; Za: Zander; Sb: Sonnenbarsch; Gr: Groppe. (Quelle: Küttel et al., 2002). .....	78

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Liste von Großwärmepumpenprojekten in Deutschland größer 500 kW Heizleistung und Gewässer als Wärmequelle .....	11
Tab. 2:	Empfehlungen für lichte Weite von physisch undurchlässigen mechanischen Barrieren mit Stab- und Maschenstruktur für ausgewählte Arten und Stadien (Tab. 47 verändert nach Ebel, 2023, S. 454) .....	23
Tab. 3:	Empfehlungen für Anströmgeschwindigkeit an konventionell angeordneten Rechen für ausgewählte Arten und Stadien, gültig für $T = 5\text{ °C}$ (verändert nach Ebel, 2023, S. 457) .....	26
Tab. 4:	Übersicht zum eingesetzten Kältemittel bei Großwärmepumpen für die Nah- und Fernwärme .....	38
Tab. 5:	Übersicht betroffener Rechtsbereiche für Kältemittel, die für gewöhnlich bei Großwärmepumpen für die Nah- und Fernwärme zum Einsatz kommen.....	50
Tab. 6:	Molare TFA-Ausbeute ausgewählter Kältemittel (Quelle: Behringer et al., 2021).....	51
Tab. 7:	Anforderungen an die Temperaturerhöhung durch Einleitung von Wärme gemäß OGewV.....	64
Tab. 8:	Liste von geplanten Großwärmepumpenprojekten in Deutschland größer 500 kW Heizleistung und Gewässer als Wärmequelle, Stand September 2025 (Quelle: LEA, 2025) .....	85

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
AwSV	Anlagenverordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
BArtSchVO	Bundesartenschutzverordnung
BEW	Bundesförderung effizienter Wärmenetze
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
Bspw.	Beispielweise
Ca.	Circa
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
COP	Coefficient of Performance
ECHA	European Chemicals Agency
Etc.	Et cetera
FFH-Gebiet	Schutzgebiet gem. FFH-RL
FFH-RL	Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GG	Grundgesetz
IGKB	Richtlinie der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee
iKWK	innovative Kraft-Wärme-Kopplung
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LfU	Landesamt für Umwelt
Min.	Mindestens

---

MNQ	mittlerer Niedrigwasserabfluss
MQ	mittlerer Abfluss
MOW	Mindestwasserorientierungswert
NSG	Naturschutzgebiet
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
PE	Polyethylen
TFA	Trifluoressigsäure
u. a.	Unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
u. v. m.	Und vieles mehr
VSch-Gebiet	Schutzgebiet gem. VSch-RL
VSch-RL	Vogelschutzrichtlinie
WaStrG	Wasserstraßengesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
z. B.	Zum Beispiel

## Glossar

Stichwort	Erklärung
Fließgewässer	Fließgewässer sind oberirdisch fließende Gewässer des Binnenlandes, wie z. B. Quellabflüsse, Bäche, Flüsse und Ströme. Das Wasser kann ständig oder nur zeitweise fließen.
Großwärmepumpe	Bisher keine einheitliche Definition vorhanden. Umfasst sind in diesem Bericht Wärmepumpen mit einer thermischen Leistung von mindestens 400 kW.
Küstengewässer	Ein Küstengewässer gilt als der Meeresbereich, der landseitig an der Küstenlinie beginnt, die Land-See-Grenze bei mittlerem Hochwasser, und bis zu 12 Seemeilen (ca. 22 km) ins Meer hinausreicht.
Makrofouling	Grobteilige Ablagerung von beispielsweise Algen, Muscheln und Blätter.
Makrophyten	Auf dem Gewässerboden wurzelnde oder treibende Wasserpflanzen.
Makrozoobenthos	Am Gewässerboden lebende, wirbellose Tiere.
Meeresgewässer	Meeresgewässer sind natürliche Wasserflächen, die die Landmassen der Erde umgeben und miteinander verbinden.
Mikrofouling	Ablagerungen unter anderem durch Muschelwuchs, Sedimentation und Bakterienansiedlung.
Oberirdische Gewässer	Oberirdische Gewässer sind ständig oder zeitweilig in Betten fließende oder stehende oder aus Quellen wild abfließende Wasser.
Phytobenthos	Am Gewässerboden anhaftende Pflanzenarten.
Phytoplankton	Im Wasserkörper schwebende Mikroalgen.
Stehende Gewässer	Stehende Gewässer sind natürliche oder künstlich geschaffene Gewässer, in denen keine oder nur eine geringfügige Fließgeschwindigkeit vorhanden ist. Sie gehören zu den Binnengewässern.
Zooplankton	Im Wasserkörper schwebende Tiere.
Zwischenkreislauf	Ein Zwischenkreislauf entspricht einer zusätzlichen Systemtrennung zwischen Wärmepumpe und Gewässer durch die Verwendung eines zusätzlichen Wärmetauschers. Dadurch wird die vom Gewässer entzogene Wärme zunächst in dem Wärmetauscher auf ein Zwischenträgermedium übertragen, ehe dieses Zwischenträgermedium die Wärme an das Kältemittel im Verdampfer der Wärmepumpe überträgt.

Die „BfN-Schriften“ sind eine seit 1998 unperiodisch erscheinende Schriftenreihe in der institutionellen Herausgeberschaft des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) in Bonn. Sie sind kurzfristig erstellbar und enthalten u.a. Abschlussberichte von Forschungsvorhaben, Workshop- und Tagungsberichte, Arbeitspapiere oder Bibliographien. Viele der BfN-Schriften sind digital verfügbar. Printausgaben sind auch in kleiner Auflage möglich.

**DOI 10.19217/skr775**