

Seidel, Christian; Ostermann, Lars; Clausen, Jens

Research Report

Eine Einführung in die Wärmegewinnung aus Flusswasser

Suggested Citation: Seidel, Christian; Ostermann, Lars; Clausen, Jens (2025) : Eine Einführung in die Wärmegewinnung aus Flusswasser, Borderstep Institut, Berlin, <https://doi.org/10.5281/zenodo.17278638> , <https://www.borderstep.de/publikation/seidel-c-ostermann-l-clausen-j-2025-eine-einfuehrung-in-die-waermegewinnung-aus-flusswasser-berlin-borderstep-institut/>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/327968>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

LEITFADEN

Eine Einführung in die Wärmegewinnung aus Flusswasser

Christian Seidel

Lars Ostermann

Jens Clausen



BORDERSTEP INSTITUT
für Innovation und Nachhaltigkeit
Wissen, das bewegt

IMPRESSUM

AUTOREN

Christian Seidel, TU Braunschweig, c.seidel@tu-braunschweig.de

Dr. Lars Ostermann, TU Braunschweig

Dr. Jens Clausen, Borderstep Institut, clausen@borderstep.de

HERAUSGEBER

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH
Fabeckstraße 62 | 14195 Berlin | +49 (0)30 306 45 100-1 | www.borderstep.de

ZITIERVORSCHLAG

Seidel, C., Ostermann, L. & Clausen, J. (2025). Eine Einführung in die Wärmegewinnung aus Flusswasser. Berlin: Borderstep Institut.

TITELBILD

Foto von [Wolfgang Weiser](#) auf [Unsplash](#)

INHALTSVERZEICHNIS

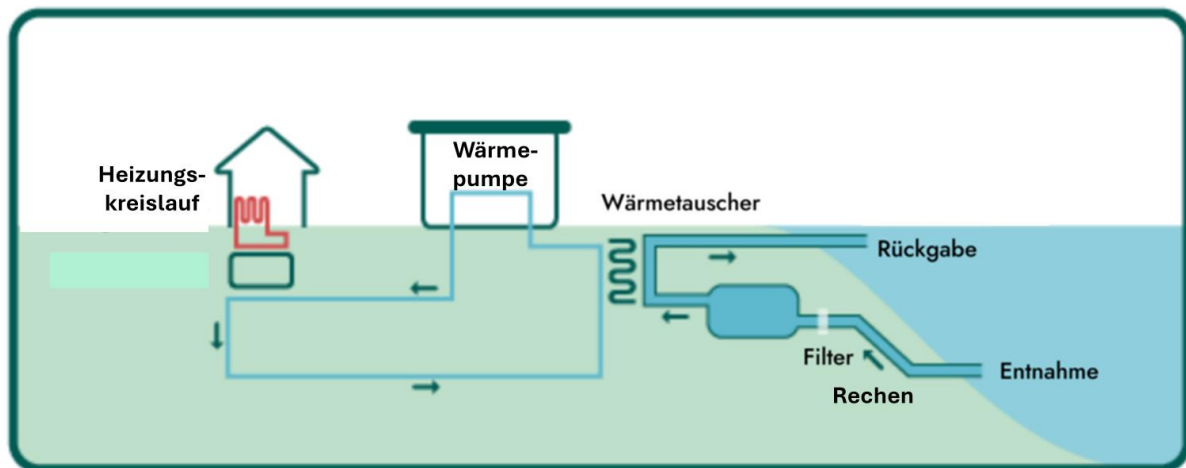
Impressum.....	II
Inhaltsverzeichnis	III
1 Wie können wir mit Flusswasser heizen?	1
2 Wie groß sind die Potenziale?	2
3 Wie lässt sich das lokale Potenzial abschätzen?	5
4 Ökologische Auswirkungen und Aspekte der Genehmigung	7
4.1 Temperatur des Flusswassers.....	7
4.2 Umfang der Flusswasserentnahme	8
4.3 Kältemittel	9
4.4 Der Genehmigungsprozess.....	10
5 Günstige Standorte für Flusswasserwärmepumpen	12
5.1 Nutzung vorhandener wasserbaulicher Anlagen	12
5.2 Nutzung von Wasserkraftanlagen	13
6 Realisierte Flusswasserwärmepumpen	14
6.1 Wärmepumpe an der Bega in Lemgo.....	14
6.2 Wärmepumpe am Mühlbach in Rosenheim	16
6.3 Wärmepumpe am Rhein in Mannheim	16
7 Flusswasserwärme in die Wärmeplanung einbringen	18
Quellen.....	19

1 Wie können wir mit Flusswasser heizen?

Mit über 400.000 km Gesamtlänge sind Fließgewässer in Deutschland flächendeckend vorhanden und über alle Bundesländer verhältnismäßig gleich verteilt. Auf jedem Quadratkilometer Fläche gibt es in Deutschland im Mittel deutlich mehr als 1.100 Meter Flüsse und Bäche. Fast jede Stadt und jedes Dorf wurden in Deutschland an oder in der Nähe von Gewässern errichtet, um die Wasserversorgung zu ermöglichen. So werden auch heute noch alle diese Ortschaften von einem oder mehreren Fließgewässern durchflossen. Eine energetische Nutzung dieser fast überall vorhandenen, gut erschließbaren, kostengünstigen und leistungsstarken Umweltwärmequelle bietet sich damit für die kommunale Wärmeversorgung an.

Um Flusswasser als Wärmequelle nutzen zu können, muss es dem Fluss entnommen werden, um einen Wärmetauscher zu passieren. Dieser Wärmetauscher überträgt einen Teil der Wärme des Flusswassers an das Kältemittel einer Wärmepumpe, wie in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Abbildung 1: Gewinnung von Flusswasserwärme



Quelle: Veränderte Darstellung nach Bürgerbegehren Klimaschutz (2023)

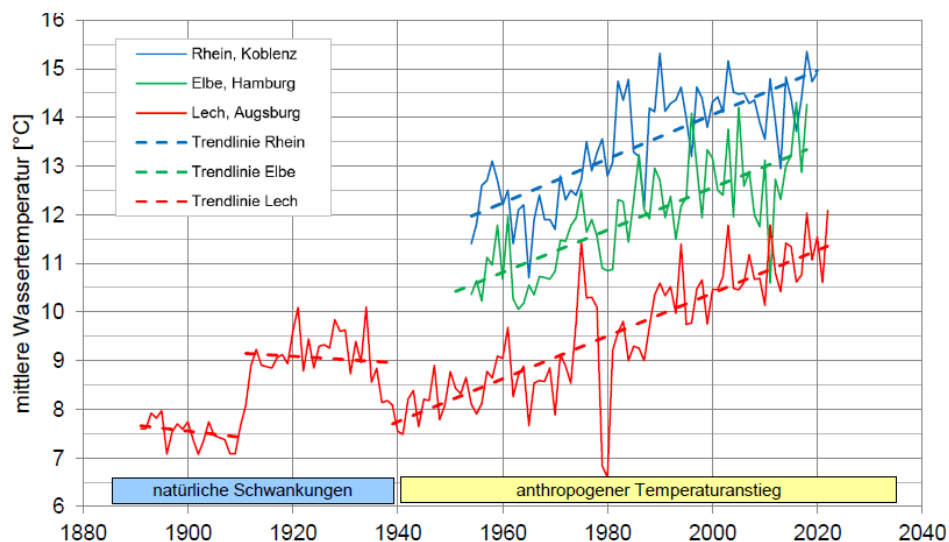
Die Wärmepumpe erhitzt mit der aus dem Fließgewässer gewonnenen Wärmemenge und mit Hilfe des Antriebsstroms das Heizwasser eines Fern- oder Nahwärmesystems. Die Heizenergie setzt sich dabei aus der Umweltwärme und der eingesetzten elektrischen Energie zusammen. Der eingesetzte Strom geht also nicht verloren. Hat das Wärmenetz eine niedrige Vorlauftemperatur von z.B. 65 °C kann dabei etwa 3,5-mal so viel Wärme gewonnen werden, wie Strom verbraucht wird. Ist die Vorlauftemperatur höher, z.B. 95 °C, dann wird nur etwa 2,5-mal so viel Wärme gewonnen, wie Strom verbraucht wird. Bei noch geringeren Vorlauftemperaturen von 35 °C bis 55 °C steigert sich die Effizienz von eingesetztem Strom zur gewonnenen Wärme weiter. Für den Betrieb einer Flusswasserwärmepumpe werden benötigt:

- ▶ ein hinreichend großes Wärmepotenzial des Gewässers (Kapitel 2 und 3),
- ▶ eine wasserrechtliche Genehmigung für den Bau einer solchen Anlage (Kapitel 4),
- ▶ ein Wärmenetz für die Verteilung der Wärme, ein Bauplatz für die Wärmepumpe (Kapitel 5) sowie ein Entnahme- und Wiedereinleitungsbauwerk, Rechenanlage und Wärmetauscher.

2 Wie groß sind die Potenziale?

Flüsse wurden über viele Jahrzehnte dazu genutzt, die Abwärme aus thermischen Kraftwerken, also Kohlekraftwerken und Kernkraftwerken, aber auch aus Industrie- und Gewerbeproduktionsprozessen abzutransportieren. Das hat die Flüsse stark beeinträchtigt. Infolge der Abwärme stieg die Gewässertemperatur maßgeblich, was besonders im Sommerhalbjahr auf Grund der abnehmenden Sauerstoffkonzentration zu starken Beeinträchtigungen führte. Die Möglichkeit, Flüssen Wärme zu entziehen, wurde dagegen kaum untersucht, weil die niedrigen Preise für Kohle, Erdgas und Heizöl andere Lösungen aufwendig und teuer erscheinen ließen. Heute ist dies anders und zudem werden die Flüsse aufgrund des Klimawandels langsam wärmer. Jedes Jahrzehnt erhöht sich ihre Temperatur um fast ein halbes Kelvin bzw. halbes °C, siehe Abbildung 2. Ihnen Wärme zu entziehen, wird daher auch als wünschenswerte Klimaanpassung bewertet und kann anteilig die Klima bedingte Erwärmung der Fließgewässer in Deutschland rückgängig machen.

Abbildung 2: Entwicklung der Wassertemperaturen in Rhein, Elbe und Lech



Quelle: Seidel & Ostermann (2024).

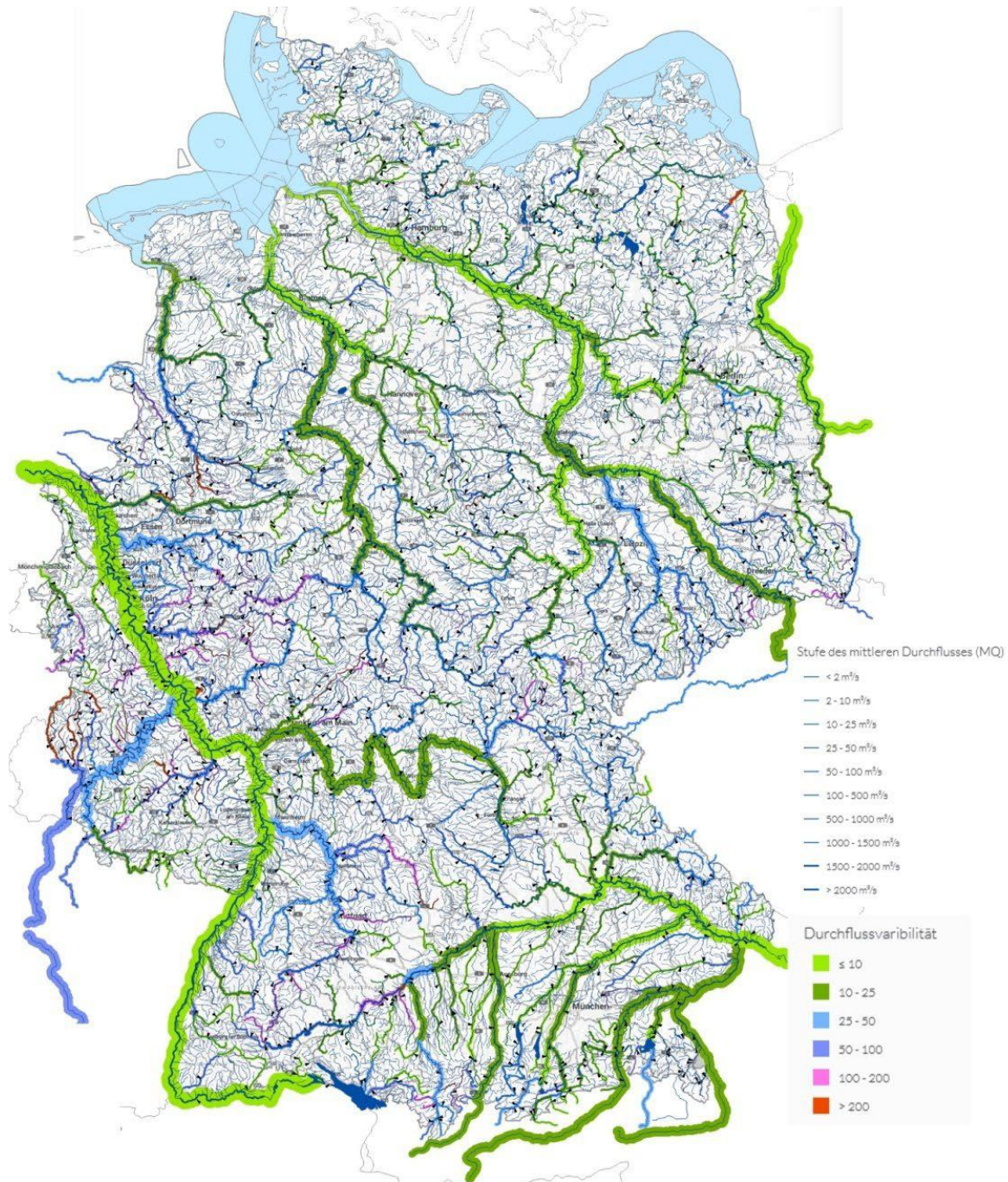
Die Fließgewässer in Deutschland weisen ein gewaltiges Wärmepotenzial auf. Die Wärmeentnahme kann mit hohen Leistungen und über lange Zeit erfolgen, so dass sehr große Wärmemengen gewonnen werden können. Bei einer Temperaturabsenkung der Fließgewässer von nur 2 K, d.h. um 2 °C, ergibt sich eine Wärmeleistung von ca. 50 GW bei einer Einmalentnahme und von ca. 100 GW bei einer Zweimalentnahme der Wärme (Seidel & Ostermann, 2024). Eine Zweimalentnahme ist möglich, weil sich Flüsse von der Quelle bis zur Mündung im Allgemeinen um 2 bis 3 K, d.h. um 2 bis 3 °C, aufwärmen. Fließgewässer stellen dabei riesige Flächenwärmetauscher dar, die in Interaktion mit der Umwelt große Wärmemengen aus dieser aufnehmen und speichern können.

Das Wärmepotenzial für das Gesamtjahr liegt bei einer Einmalentnahme der Wärmemenge bei einem Temperaturentzug von 2 K bei ca. 430 TWh/a und bei einer Zweimalentnahme bei ca. 860 TWh/a. Wird diese Wärmemenge mit Wärmepumpen und einer Jahresarbeitszahl von 2,5 genutzt, erhöht sich die Nutzwärme nach der Wärmepumpe auf ca. 710 TWh/a bei einer Einmalentnahme und ca. 1.400 TWh/a bei einer Zweimalentnahme. Die Größe dieser Menge lässt sich bewerten, wenn man mit dem Erdgasverbrauch der privaten Haushalte und des Gewerbe-, Handels- und

Dienstleistungssektors (GHD) vergleicht, die zusammen in 2022 eine Erdgasmenge von 352 TWh verbraucht haben (AG Energiebilanzen, 2023). Im Gegensatz zu den durchaus begrenzten Holz- und Wasserstoffmengen (Clausen, Seifert & Huber, 2024) handelt es sich bei der Wärme im Flusswasser um eine Energiequelle, die zunächst einmal in großen Mengen verfügbar ist.

Und da Flüsse und Bäche überall im Land fließen, ist der Zugriff auch in vielen Ortschaften möglich und sinnvoll, sowohl wirtschaftlich, technisch und aus Versorgungssicht sowie auch unter ökologischen Aspekten.

Abbildung 3: Mittlerer Durchfluss und Durchflussvariabilität der Fließgewässer in Deutschland



Quelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (2025)

Grundlage für die Ermittlung des Wärmepotenzials ist der Durchfluss eines Fließgewässers. Der Durchfluss bezeichnet dabei den Volumenstrom eines Fließgewässers, d.h. die zeitabhängig einen Pegel passierende Wassermenge. Abflusskenngrößen sind statistische über mehrere Jahre gemittelte Werte. Die Durchflussvariabilität eines Fließgewässers berechnet sich aus dem Quotienten des mittleren höchsten Abfluss MHQ und des mittleren Niedrigwasserabflusses MNQ im betrachteten Zeitraum. Sie ist daher ein Maß dafür, wie konstant Flusswasser bei vollständiger Erschließung des Flusswärmepotenzials für die Wärmepumpe zur Verfügung steht. Der mittlere Abfluss MQ gibt dahingegen den gesamten über einen Zeitraum im Mittel zur Verfügung stehenden Durchfluss eines Fließgewässers an und wird zur Berechnung des gesamten nutzbaren Wärmepotenzials des Fließgewässers benötigt. Mit dem mittleren Abfluss des Winterhalbjahres kann das nutzbare Wärmepotenzial in der Heizperiode berechnet werden. Mit dem mittleren Abfluss des Sommerhalbjahres lässt sich das zur Verfügung stehende Wärmepotenzial für die Grundlastversorgung zur Warmwasserbereitstellung, zur Bereitstellung von Prozesswärme im Niedertemperaturbereich unter 100 °C oder für die permanente Raumwärmebereitstellung ermitteln.

Abbildung 3 zeigt den mittleren Durchfluss MQ und die Durchflussvariabilität MHQ/MNQ verschiedener Fließgewässer in Deutschland. Die Abbildung verdeutlicht darüber hinaus die gleichmäßige Verteilung der Fließgewässer in Deutschland unter Ausprägung von großen Hauptgewässern mit einer Vielzahl von Nebengewässern, die sich jeweils zu einem Flusssystem formieren.

3 Wie lässt sich das lokale Potenzial abschätzen?

Bei einer Temperaturabsenkung des Fließgewässers von 2 bis 3 K bzw. 2 bis 3 °C ergibt sich für eine überschlägige Abschätzung eine Wärmeleistung bei einem Abfluss von 10 l/s von 100 bis 150 kW. Bei einem Abfluss von 100 l/s liegt die Wärmeleistung des Fließgewässers bereits bei 1 MW bis 1,5 MW und bei einem Abfluss von 1 m³/s bei 10 bis 15 MW (Seidel & Ostermann, 2024). Auch die kleinen Fließgewässer können also bereits beachtliche Wärmeleistungen bereitstellen und einen wichtigen Beitrag zur Versorgung von Quartieren und Kommunen liefern.

Aber wie lässt sich zumindest grob abschätzen, wie hoch das Wärmepotenzial eines Flusses an einem bestimmten Ort sein könnte? Wir nutzen dazu als Beispiel die Stadt Diepholz in Niedersachsen mit dem Fluss Hunte.

- (1) Auf der Website des „Gewässerkundlichen Jahrbuchs“ (LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2024) ist in der Nähe von Diepholz der Pegel „Hoopen OP“ an der Hunte zu finden.
- (2) Auf der gleichen Website stehen unter dem Menüpunkt „historische gewässerkundliche Jahrbücher“ umfangreiche Datenbände für zehn große Wassereinzugsgebiete zur Verfügung. Da die Hunte dem „Weser- und Emsgebiet“ zuzuordnen ist, wird der neueste Band für dieses Gebiet heruntergeladen (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, 2018).
- (3) Daten zum Pegel „Hoopen OP“ an der Hunte finden sich auf Seite 209. Von Bedeutung ist das langjährige Mittel (1965 bis 2015) des mittleren Abflusses (MQ) im Winter, also während der Heizsaison. Hier gibt das Jahrbuch für das Weser-Ems Gebiet 9,26 m³/s an.

Abbildung 4: Ausschnitt der Daten zum Pegel Hoopen OP an der Hunte

		Jahr	Datum	Winter	Sommer
				1965/2015 (*) 51 Jahre	
NQ	m³/s	0.050	am 05.09.1973	0.860	0.050
MNQ	m³/s	0.786		2.32	0.833
MQ	m³/s	6.16		9.26	3.11
MHQ	m³/s	25.4		24.7	11.5
HQ	m³/s	40.1	am 14.01.1987 bei W= 415 cm	40.1	39.0
HQ ₁	m³/s				
HQ ₅	m³/s				
MNq	l/(skm²)	1.02		3.01	1.08
Mq	l/(skm²)	7.98		12.0	4.03
MHq	l/(skm²)	32.9		32.0	14.9
Mh _N	mm				
Mh _A	mm	252		188	64

Quelle: Niedersächsischer Landesbetrieb für & Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2018)

- (4) Durch einen einfachen Dreisatz lässt sich die thermische Entzugsleistung für die Heizperiode aus dem oben beschriebenen Zusammenhang bei einer Temperaturabsenkung um 2 K bzw. °C mit rund 10 MW/(m³/s) zu 92,6 MW für den ermittelten Durchfluss in der Stadt Diepholz und nach Multiplikation mit der Stundenzahl der Heizperiode mit 212 Tagen (1. Oktober bis 30. April) von 5.088 h das Wärmepotenzial für die Heizperiode errechnen. Das Wärmepotenzial für das Gesamtjahr mit der Jahresstundenzahl von 8.760 h/a wird aus dem mittleren Durchfluss des Gesamtjahres mit 6,16 m³/s und einer Entzugsleistung von 62 MW berechnet.

Die 92,6 MW beziehen sich auf die Leistung, die dem gesamten Flusswasser im Winter entnommen werden kann. Bei einer Direktentnahme aus dem Fließgewässer ohne Nutzung von bestehenden wasserbaulichen Infrastrukturen wie z.B. Wasserkraftanlagen, die i.a. den gesamten Durchfluss eines Fließgewässers verarbeiten dürfen, wird in der Regel nur ein Teil des Wassers den Wärmetauscher durchströmen. In Rosenheim begrenzt z.B. die Genehmigung diesen Wert auf 25 % des maximalen Durchflusses (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., 2024). Wird dieser Wert beispielhaft auch an der Hunte angesetzt, reduziert sich die mögliche Leistung der Entnahme von Wärme aus dem Flusswasser auf 23 MW. Der thermisch nicht genutzte Durchfluss steht dann an weiteren Entnahmestellen entsprechend den Vorgaben der Genehmigungsbehörde zur Verfügung bis 100 % des Gesamtwärmepotenzials im Rahmen der möglichen Temperaturspreizung erschlossen sind. Hinzu kommt die Wärmemenge, die der Fluss auf seinem weiteren Lauf aus der Umgebung wieder aufnimmt.

Unter Annahme einer Netzvorlauftemperatur von 95 °C und damit in Anlehnung an Briddigkeit (2024) einer Arbeitszahl von ca. 2,5 würde dem Wärmenetz eine Wärmeleistung von 38 MW zur Verfügung stehen; 23 MW Umweltwärme aus dem Fluss und 15 MW elektrische Antriebsleistung der Wärmepumpe. Würde diese Anlage in der Mittellast mit ca. 4.000 Einsatzstunden pro Jahr betrieben, würde sie eine Wärmemenge von ca. 150 GWh liefern.

Diepholz hat ca. 19.000 Einwohnende. Verbraucht jede dieser Personen die dem bundesdeutschen Durchschnitt entsprechende Menge an Heizenergie von 6.200 kWh/a ergibt sich ein Gesamtverbrauch von ca. 120 GWh (Statistisches Bundesamt, 2022). Theoretisch könnte eine Flusswasserwärmepumpe damit im Jahr mehr Wärme erzeugen als die Wohnungen in Diepholz insgesamt benötigen. Als Vollversorgung ist bei dem Beispiel für Diepholz eine solche Anlage aber aus mehreren Gründen nur begrenzt geeignet:

- ▶ Gewerbliche und industrielle Heizenergiebedarfe kommen noch hinzu, so dass der Anteil an der Deckung des Gesamtbedarfs niedriger ausfallen wird.
- ▶ Es wäre zu teuer, eine Wärmepumpenanlage auf die erforderliche winterliche Spitzenlast ausulegen. Ein funktionaler Wärmemix würde also noch elektrische oder brennstoffbetriebene Spitzenlastkessel oder größere Wärmespeicher erfordern.

Dennoch ist festzuhalten, dass die Nutzung von Flusswasserwärme in Diepholz, sollte dort ein größeres Wärmenetz entstehen, aller Voraussicht nach einen erheblichen Anteil der Versorgung mit Grund- oder Mittellast leisten könnte.

Die Nutzung einer Flusswasserwärmepumpe für die Grundlast ist dabei besonders anzustreben. Denn gerade im Sommer sind Flüsse besonders warm und würden hier von einer Wärmeentnahme besonders profitieren. Ebenso ist die durchgehende Abkühlung der Fließgewässer im Winterhalbjahr von Bedeutung, um den auch hier erfolgten Anstieg der Wassertemperaturen infolge des Klimawandels auszugleichen. Wird ein Wärmenetz neu geplant, dann hat dies Auswirkungen auf die Wahl anderer Wärmeerzeuger, die mit der Wärmepumpe kombiniert werden sollen.

Das hier beschriebene Verfahren zur Abschätzung des Potenzials ist grob und mit Unsicherheiten behaftet. Dennoch kann durch diese Abschätzung Klarheit darüber gewonnen werden, ob eine professionelle Untersuchung des real nutzbaren Potenzials durch einschlägige Fachleute erfolgen sollte.

Ist das lokale Gewässer in den verfügbaren Gewässerkundlichen Jahrbüchern nicht verzeichnet, kann die lokale untere Wasserbehörde ggf. Auskunft geben oder das Hinzuziehen von entsprechenden Fachleuten auf dem Gebiet der Fließgewässerwärmenutzung empfehlenswert sein.

4 Ökologische Auswirkungen und Aspekte der Genehmigung

4.1 Temperatur des Flusswassers

Flüsse spielen in der Wärmewirtschaft schon lange eine Rolle, denn sie dienen in vielen Fällen der Abführung überschüssiger Wärme aus fossilen Kraftwerken. Mit der Einleitung von Wärme, so problematisch diese gerade im Sommer auch ist, haben Energiewirtschaft und Genehmigungsbehörden insoweit schon lange Erfahrung. Dies gilt ebenfalls in Bezug auf den Bau großer Wärmetauscher, die fischfreundliche Konstruktion der wasserbaulichen Anlagen für die Entnahme und Wiedereinleitung des Wassers sowie für die Durchführung der wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren. Auch der Bau, Betrieb und die Genehmigung von Wasserkraftanlagen als etablierte wasserbauliche Infrastruktur ist seit Jahrhunderten bekannt. Diese bieten sich zukünftig besonders für die Entwicklung von kombinierten Wasser-Wärmekraftwerken an. Denn der genehmigte Ausbaudurchfluss kann sowohl thermisch als auch mechanisch-elektrisch zur Energiegewinnung genutzt werden. Dies zeigt die Untersuchung der in Betrieb befindlichen 271 Wasserkraftanlagen in den 80 deutschen Großstädten, die mit 302 TWh/a fast die Hälfte des gesamten in Deutschland benötigten Raumwärmebedarfs von 674 TWh (2021) nur aus der Nutzung ihres bereits genehmigten Ausbaudurchflusses bereitstellen könnten (Seidel und Ostermann, 2024). Insoweit sollte eine gute Chance bestehen, die Entnahme von Wärme aus Flüssen sowohl technisch ebenso wie juristisch in den Griff zu bekommen. In manchen Fällen können zudem die früher zum Zwecke der Kühlung von Kraftwerken angelegten Entnahme- und Einleitungsbauwerke für die Nutzung von Flusswasserwärme durch Wärmepumpen wieder reaktiviert und mit geänderter Nutzung weiter betrieben werden (Briddigkeit, 2023). Dies gilt auch für die Reaktivierung von Altstandorten der Wasserkraft, wie die überall in Deutschland noch bestehenden historischen Wassermühlen, ehemaligen Elektrizitätswerke und mit Wasserkraft arbeitenden Fabriken und Gewerke, da für diese Anlagen ebenso wie bei den thermischen Kraftwerkskühlungen die wasserbauliche Infrastruktur wie Einlauf- und Auslaufbauwerk, Rechenanlage etc. bereits vorhanden ist oder modernisiert werden kann und die Durchgängigkeit durch Fischwanderhilfen sichergestellt wird. Die wasserrechtliche Genehmigung ist bei bestehenden Anlagen mit Blick auf die Beschränkung auf eine Nutzungsänderung in der Regel einfacher.

Ausgangspunkt ist dabei, dass unsere Flüsse aufgrund des Klimawandels im Mittel wärmer sind, als sie dies noch vor einigen Jahrzehnten waren. Die europäische Umweltagentur dokumentiert z.B. für den Niederrhein an der niederländischen Grenze in den letzten hundert Jahren einen Anstieg der Wassertemperaturen um ca. 2 °C (European Environmental Agency, 2021) und stellt vergleichbare Effekte an allen wesentlichen Flüssen in Europa fest.

Die umfangreichen Untersuchungen von Seidel und Ostermann (2024) zeigen, dass die Fließgewässer in Deutschland seit 1950 sogar um 3 bis 4 °C wärmer geworden sind. Bezogen auf das Sommer- und Winterhalbjahr zeigen die Untersuchungen, dass der Winterhalbjahresabfluss um 2 bis 3 °C wärmer geworden ist und der Sommerhalbjahresabfluss um 3 bis 5 °C.

Schwinghammer (2012) führt zur thermischen Nutzung von Fließgewässern aus, dass einerseits eine Minimaltemperatur des entnommenen Flusswassers zur Benutzung mittels einer Wärmepumpe von 2 °C zu berücksichtigen ist, da bei noch tieferen Temperaturen die Wärmetauscher vereisen und eine Nutzung nicht möglich ist. Andere technische Ausführungen, wie z.B. ein Zwischenkreislauf, andere Kältemittel oder Entnahmetechnologien ermöglichen technisch auch tiefere Wassertemperaturen bis 0 °C oder niedriger. Diese Wassertemperaturen sind aus gewässerkundlicher Sicht in den deutschen Gewässern vor der Klimaerwärmung auch temporär typische Gewässertemperaturen im Winter

gewesen und die Aquafauna und Aquaflore der Fließgewässer ist auf diese niedrigen Wassertemperaturen angepasst. Eine untere Grenze für die Abkühlung der Fließgewässer zur Wärmeentnahme wird daher bei 0 bis 2 °C gesehen, um die ursprüngliche winterliche Durchkühlung der Fließgewässer wieder herzustellen, was auch den an amtlichen Pegeln temporär im Winter gemessenen Gewassertemperaturen entspricht. Oberhalb dieser Minimaltemperatur nimmt Schwinghammer als maximale Temperaturspreizung im Wärmepumpen-Kreislauf den Wert von 5 K an. Hat ein Fluss also z.B. Ende Oktober eine Temperatur von 12 °C kann eine Wärmepumpenanlage das entnommene Flusswasser theoretisch um bis zu 5 °C auf 7 °C abkühlen. Aus gewässerökologischer Sicht sollte dabei der Gesamtabfluss eines Fließgewässers je nach Gewässer um maximal 2 bis 3 K abgekühlt werden.

Die Abkühlung von Fließgewässern durch die Entnahme von Wärme kann im Sommer ebenso wie im Winter grundsätzlich als ökologisch positiv betrachtet werden und ist in der Regel unkritischer als eine Erwärmung (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., 2024). Aber wie weit darf das Wasser abgekühlt werden?

Die Oberflächengewässerverordnung (Die Bundesregierung, 2020) regelt in Anlage 7 die zulässige Temperaturerhöhung durch die Einleitung von Abwärme. Bei der Nutzung von Fließgewässern zu Heizzwecken wird das Wasser allerdings abgekühlt und für eine solche Einleitung von Wasser, das kälter ist als die Gewässertemperatur, gibt es bisher keine Vorgaben. Als Orientierung wird jedoch die von der jeweiligen Fischgemeinschaft abhängige Aufwärmspanne der Oberflächengewässerverordnung (Anlage 7) zwischen 1 und 3 °C auch als „Abkühlspanne“ empfohlen (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., 2024).

Dies deckt sich mit den Vorgaben der Schweizer Gewässerschutzverordnung (Schweizerischer Bundesrat, 2023), welche in Anhang 2 sowohl für den Wärmeeintrag als auch für den Wärmeentzug in Fließgewässern gleiche maximal zulässige Temperaturänderungen vorschreibt:

„Die Temperatur eines Fließgewässers darf durch Wärmeeintrag oder -entzug gegenüber dem möglichst unbeeinflussten Zustand um höchstens 3 °C, in Gewässerabschnitten der Forellenregion um höchstens 1,5 °C, verändert werden; dabei darf die Wassertemperatur 25 °C nicht übersteigen. Diese Anforderungen gelten nach weitgehender Durchmischung.“

Die von Seidel & Ostermann angenommene Temperaturabsenkung um 2 bis 3 K im Wärmetauscher ist daher ein guter Ausgangswert für die Auslegung einer Flusswasserwärmepumpe und kann gut an die jeweils zulässige Temperaturabsenkung im Hauptgewässer angepasst werden.

4.2 Umfang der Flusswasserentnahme

Neben der Frage der Temperaturabsenkung ist auch der Umfang der Flusswasserentnahme Gegenstand des Genehmigungsverfahrens. Mit der aktuellen Fassung vom April 2010 stellt das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) des Bundes eine länderübergreifende Vollregelung bezüglich des Wasserrechts dar, die durch die jeweiligen Landesgesetze gegebenenfalls ergänzt wird. Die Wasserentnahme ist hierhin z.B. im § 9 Abs. 1 Nr. 1 WHG das Entnehmen und Ableiten von Wasser aus oberirdischen Gewässern geregelt. Desweiteren ist zu prüfen, ob weitere Benutzungen nach § 9 WHG vorliegen, wie z.B. § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG - das Einbringen und Einleiten von Stoffen in Gewässer oder § 9 Abs. 2 Nr. 2 - Maßnahmen, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen. Grundsätzlich ist eine vollständige Nutzung des zur Verfügung stehenden Wassers nach Wasserhaushaltsgesetz möglich. Der Umfang der Nutzung kann ggf. durch weitere Nutzungsinteressen eingeschränkt sein. Bei der

Kühlwasserentnahme für thermische Kraftwerke werden i.a. nur anteilige Wassermengen genehmigt, da die Erwärmung der Gewässer eine besondere Belastung ist. Bei der Wärmeentnahme aus Fließgewässern stellt sich dies grundsätzlich anders dar, da die Fließgewässer sich infolge des Klimawandels immer stärker erwärmen, was zu maßgeblichen Beeinträchtigungen der Gewässerbiozönose führt. Eine Kühlung der Gewässer durch die Wärmeentnahme ist daher ökologisch sinnvoll.

Bei den bisher in Deutschland umgesetzten Projekten zur Fließgewässerwärmenutzung handelt es sich um Projekte, bei denen eine Direktentnahme aus dem Fließgewässer erfolgt. In den Projekten wurde dabei bisher nur ein Teil des vorhandenen Abflusses des genutzten Gewässers benötigt. In Rosenheim werden für die drei Gewässerwärmepumpen nur 25 % des maximalen Durchflusses des Mühlbachs gebraucht und wurden diesbezüglich entsprechend genehmigt, wobei die vergleichsweise kleine Menge von 40 l/s je Gewässerwärmepumpe entnommen wird (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., 2024).

In Mannheim beträgt der Entnahmevolumenstrom für die Wärmepumpe ca. 800–1.000 l/s. Die Genehmigung zur Kühlwassernutzung am gleichen Standort beläuft sich auf den weit höheren Wert von ca. 60.000 l/s (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., 2024). Bezogen auf einen mittleren Abfluss (MQ) von ca. 1.000.000 l/s, den der Rhein schon bei Basel erreicht (Informationsplattform Undine, 2024), wird in Mannheim also nur ca. 1 Promille des Rheinwassers für die Wärmepumpe entnommen. Für eine Direktentnahme aus dem Fließgewässer bieten sich daher im Regelfall an einem Standort 10 bis 20 % des vorhandenen Durchflusses an. Die nicht genutzte Flusswärme steht dann an weiteren Standorten zur Verfügung oder kann durch eine höhere Temperaturspreizung am Wärmetauscher anteilig gewonnen werden, so dass eine gute Durchmischung sichergestellt ist.

Für eine Entnahme von bis zu 100 % des Durchflusses zur thermischen Nutzung bieten sich genehmigungsrechtlich Wasserkraftanlagen an, da diese i.a. bereits den gesamten Durchfluss nutzen dürfen, über die notwendigen Entnahme- und Wiedereinleitungsbauwerke, Rechenanlagen verfügen und i.a. die ökologische Durchgängigkeit durch Fischwanderhilfen und Abstiegsanlagen sicherstellen (Seidel und Ostermann, 2024). Eine Genehmigung der Wärmeentnahme stellt bei den vorliegenden Rechten nur eine Erweiterung der bisherigen Rechte dar. Darüber hinaus können Wasserkraftanlagen für eine optimale Durchmischung des abgekühlten Wassers durch die Turbinierung bzw. durch die Kraftwerksauströmung sorgen und damit eine gleichmäßige Abkühlung des Gewässerabschnittes bewirken, was ökologisch sinnvoll ist. Auch andere wasserbauliche Infrastrukturen wie z.B. Wehranlagen, Querbauwerke, Rohr- und Brückendurchlässe, Düker, Rauhe Rampen, Wasserentnahmen, Ausleitungen und Wiedereinleitungen etc. sind für die Nutzung größerer Durchflussmengen geeignet.

4.3 Kältemittel

Für Flusswasserwärmepumpen kommen verschiedene Kältemittel in Frage, z.B. CO₂, Ammoniak und Propan (Agora Energiewende & Fraunhofer IEG, 2023). Durch den Einsatz möglichst ungefährlicher Kältemittel ist den Anforderungen an den Gewässerschutz zu entsprechen. MAN realisiert z.B. in Esbjerg und Aalborg Großwärmepumpen mit dem Kältemittel CO₂, welches mit Blick auf den Gewässerschutz unbedenklich ist. In Hannover ist u.a. die Nutzung von Ammoniak mit einer Wassergefährdungsklasse von 2 möglich. Hier wurde seitens der Genehmigungsbehörde gefordert, Vorkehrungen gegen einen Austritt des Kältemittels in das Gewässer zu treffen. Hierfür wäre entweder ein zwischengeschalteter Wärmetauscher bzw. eine Doppelwandigkeit des Flusswasser-Wärmetauschers erforderlich gewesen oder es ist ein anderes Sicherheitskonzept vorzusehen. Möglich sind hier u.U. auch die Überwachung des Systemdrucks in Verbindung mit einer Schnellabschaltung der Anlage. Da

eine Doppelwandigkeit die Wärmeübertragung beeinträchtigt und so die Effizienz der Anlage senkt, werden Druckabfallsensoren und automatische Schnellabschaltung prioritär verfolgt.

4.4 Der Genehmigungsprozess

Für die Errichtung einer Flusswasser-Wärmepumpe sind eine einfache Baugenehmigung sowie eine wasserrechtliche Genehmigung der Nutzungsart zur Entnahme von Wärme erforderlich, wenn bereits vorhandene wasserbauliche Infrastrukturen wie Kühlwasserentnahmen, Wasserkraftanlagen etc. genutzt werden. Können keine bereits bestehenden wasserbaulichen Infrastrukturen genutzt werden, sind neben der Wasserbenutzung auch noch die Wasserentnahme und das Wiedereinleiten zu genehmigen. Auch weitere Vorgaben können je nach geplanten Vorhaben sowie Größe und Standort der Anlage von Bedeutung sein und weitere Genehmigungsbedarfe erfordern, die zwingend zu beachten sind, wie z.B. die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV), die Störfallverordnung etc., was mit den zuständigen Behörden zu klären ist und in jeden Fall rechtzeitig vor Konkretisierung der Planungsabsichten geschehen sollte. Als wichtiger Punkt erweist sich u.a. die Sicherheit der Anlage bezüglich des unkontrollierten Eintritts des Kältemittel/Öl-Gemisches in den Fluss oder die Atmosphäre.

Grundsätzlich ist bei Genehmigungsverfahren eine enge Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden wie der unteren Wasser- und Naturschutzbehörde (UWB und UNB) und der Baubehörde sowohl bei der Planung, Genehmigung, Bau und Inbetriebnahme erforderlich wie auch empfehlenswert. Bei bestimmten Vorhaben oder Verfahren, wie z.B. bei der Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens, kann es sinnvoll bzw. notwendig sein, Oberbehörden zur Bündelung der verschiedenen Genehmigungsprozesse einzubinden. Neben den Genehmigungsbehörden sind die Träger öffentlicher Belange (TÖB), der Energieversorger und Netzbetreiber und die anerkannten Verbände, u.a. die Fischerei- und Naturschutzverbände und die Bevölkerung zu informieren und zu beteiligen.

Eine offene Kommunikation und ein Austausch mit den verschiedenen Verfahrensbeteiligten (z.B. über Informationsveranstaltungen, separate Gespräche, etc.) ist hierbei wichtig, um die lokalen Randbedingungen, die für das geplante Vorhaben von Bedeutung sind, zu erfassen und entsprechend im Planungsprozess berücksichtigen zu können. Damit können die Akteure vor Ort für das Vorhaben gewonnen sowie Hindernisse und Bedenken ausgeräumt, Fragen geklärt und Anregungen und Vorschläge eingearbeitet werden. Im Rahmen des Genehmigungsprozesses und dessen Vorbereitung ergeben sich dann aus diesen unterschiedlichen Bereichen die verschiedenen Vorgaben, Auflagen und Randbedingungen die zu berücksichtigen sind.

Die Notwendigkeit der Dekarbonisierung der Wärmeherzeugung und die Erschließung leistungsstarker, kostengünstiger und gut verfügbarer Umweltwärmequellen, die eine sozial gerechte Wärmewende überhaupt erst ermöglichen, liegen auf der Hand und stellen eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe dar. Dies ist in einem Genehmigungsverfahren durch den Antragsteller herauszuarbeiten ebenso wie die ökologischen Vorteile der Fließgewässerwärmegewinnung, die zu einer Abkühlung der in Folge des Klimawandels immer wärmer werdenden Fließgewässer führt. Dies ist vorteilhaft für die Gewässerbiozönose und führt zu einem höheren Luftsauerstoffgehalt in den Fließgewässern, da die physikalische Sauerstoffaufnahme im Wasser mit der Abnahme der Wassertemperaturen steigt.

Auch besteht das überragende öffentliche Interesse an erneuerbaren Energien, was bedeutet, dass der Ausbau dieser Energien im Gesetz als wichtig für die Gesellschaft, die öffentliche Gesundheit und

Eine Einführung in die Wärmegewinnung aus Flusswasser

Sicherheit gesehen wird. Dies führt dazu, dass bei Entscheidungen, die den Ausbau erneuerbarer Energien betreffen, diese Interessen gegenüber anderen Belangen Vorrang haben.

5 Günstige Standorte für Flusswasserwärmepumpen

5.1 Nutzung vorhandener wasserbaulicher Anlagen

Grundsätzlich steht bei der Wärmeversorgung fest, dass die Wärmegegewinnung stets da stattfinden muss, wo sie gebraucht wird, da der Transport von Wärme über längere Strecken wesentlich aufwendiger und ineffizienter ist als der Transport von Strom. Die Erschließung von Umweltwärmequellen sollte daher möglichst im unmittelbaren Bereich des Wärmeverbrauchs erfolgen, d.h. direkt in den Kommunen. Für eine schnelle Erschließung der Fließgewässerwärme sollten, bevor ein vollständiger Neubau in Betracht kommt, zunächst bereits bestehende wasserwirtschaftliche Infrastrukturen innerhalb der Kommunen erfasst, untersucht und auf Eignung geprüft werden. Mit Blick auf die Genehmigung von Anlagen zur Nutzung der Flusswasserwärme bietet sich dabei folgende Reihenfolge bei der Suche nach möglichen Standorten an:

- (1) Zunächst sollten a) Wasserkraftanlagen, von denen über 7.600 in Deutschland meist in den Kommunen vor Ort verbrauchernah in Betrieb sind, und b) die an vielen Standorten existierenden vorhandenen Ein- und Auslaufbauwerke zur Kühlwasserentnahme bei thermischen Kraftwerken und Industrieanlagen untersucht werden. Zu dem neuen Zweck der Wärmeentnahme sind die bestehenden Rechte ggf. zu erweitern, falls die vorliegenden Rechte nicht die Wärmeentnahme bereits umfassen bzw. ermöglichen. Hierbei werden sowohl Temperaturgrenzen wie auch Entnahmemenge festgelegt, bestätigt, umgewidmet oder die Genehmigung um diese Aspekte erweitert. Vorteilhaft ist bei den genannten Anlagen neben den bereits vorliegenden Genehmigungen, dass die erforderliche wasserbauliche Infrastruktur wie Entnahme- und Einleitungsbauwerke, Rechen und teilweise sogar die Pumpenanlagen bereits vorhanden sind. Auch Düker und Ausläufe von Kläranlagen bieten sich in diesem Kontext an.
- (2) Anschließend ist an gegenwärtig stillgelegte Wasserkraftanlagen und Altstandorte der Wasserkraft sowie an außer Betrieb befindliche Anlagen der Kühl- und Brauchwasserversorgung oder für Bewässerungszwecke zu denken, für die Erlaubnisse oder Genehmigungen für die Entnahme von Brauch- und Kühlwasser oder den Betrieb einer Wasserkraftanlage oder Wassermühle aus der Vergangenheit existieren bzw. existierten. Die Reaktivierung solcher Anlagen ist ebenfalls eine Option, die einfacher zum Erfolg führen kann als die Beantragung einer solchen Anlage auf der „grünen Wiese“, da die vorhandene Infrastruktur häufig genutzt werden kann und sich eine Vielzahl zusätzlicher Synergien ergeben, wie z.B. der Erhalt von technischen Denkmälern und Kulturgütern, wie Wassermühlen etc.
- (3) Darüber hinaus könnte eine Umnutzung von Querbauwerken wie z.B. vorhandenen Staustufen erfolgen. Die Zukunft von Querbauwerken ist gegenwärtig in manchen Fällen umstritten. Aus Sicht der Gewässerökologie wird z.B. vereinzelt der Umbau einer Staustufe in eine raue Rampe gefordert, aus Sicht der Landwirtschaft wirken sich Staustufen dagegen in trockenen Jahren positiv auf den Grundwasserspiegel aus und spielen auch im Kontext des Hochwasserschutzes eine wichtige Rolle (Theobald, 2023). Der Umbau eines Querbauwerks kann daher ein Anlass sein, eine Flusswasserwärmepumpe in eine neue Konstruktion zu integrieren und hier auch im Sinne des § 35 WHG die energetische Nutzung eines Querbauwerkes für Wärme und Strom durch die Errichtung eines kombinierten Wasser-Wärme-Kraftwerkes zu ermöglichen und gleichzeitig die ökologische Durchgängigkeit herzustellen.
- (4) Generell ist darüber hinaus davon auszugehen, dass geeignete Standorte häufig auch abseits vorhandener Anlagen vorhanden und genehmigungsfähig sein können. Hierzu gilt es, zu Projektbeginn mit den zuständigen Stellen in den Dialog einzutreten, die gegebenen Möglichkeiten auszuloten und die Restriktionen abzustimmen.

Die Standortsuche für eine Flusswasserwärmepumpe beginnt also damit, die vorhandenen wasserbaulichen Anlagen zu erfassen und zu bewerten.

5.2 Nutzung von Wasserkraftanlagen

Vorhandene Wasserkraftanlagen bieten mögliche Synergien für die Gewinnung von Flusswasserwärme. Denn gerade an kleinen und mittleren Gewässern existieren teils seit Jahrhunderten historische Altstandorte traditioneller Wassermühlen und Wasserkraft nutzender Fabriken wie z.B. Hammerwerke, Textilfabriken, Papiermühlen etc.. Diese Anlagen können einen wesentlichen Beitrag für die zukünftige Wärmeversorgung liefern. Die an diesen Standorten vorliegenden mechanischen Leistungen zur Elektrizitätsgewinnung, typischer Weise von 3 bis 200 kW, weisen bei Nutzung des Durchflusses auch zur Wärmegegewinnung zusätzlich Wärmeleistungen im Bereich von 1 MW bis 100 MW auf (Seidel & Ostermann, 2024). Dort, wo eine stromerzeugende Wasserkraftanlage nur wenige Kilowatt elektrische Leistung gewinnt, kann ein Vielfaches dieser Energie als Wärme gewonnen werden. Auch alle anderen Wasserkraftanlagen bieten Synergiepotenziale.

Die Wasserentnahme ist bei Wasserkraftanlagen bereits genehmigt. Die thermische Nutzung des Kraftwerksausbaudurchflusses stellt i.a. nur eine Erweiterung der Genehmigung zur Wasserkraftnutzung dar und kann bei vielen vorliegenden Genehmigungen bereits durch die erteilten Rechte abgebildet sein, was ggf. im Einzelfall zu prüfen ist. Wasserkraftanlagen verfügen zudem bereits über Ein- und Auslaufbauwerke, Rechenanlagen und Fischwanderhilfen. Zudem existiert ein umfangreiches Fachwissen, um die ökologische Durchgängigkeit an einem Standort für Wasserkraftanlagen sicherzustellen. Die zusätzliche Gewinnung der Fließgewässerwärme bietet sich neben der elektrischen Energiegewinnung bei Wasserkraftwerken daher besonders an. Auch weisen Wasserkraftanlagen durch ihre historische Nutzung als große Mühlenbetriebe oder Fabriken oft ausreichend Bauplatz für die Errichtung einer Flusswärmepumpe auf. Vorteilhaft ist hier ebenfalls, dass die Wärmepumpe zumindest anteilig mit dem im Wasserkraftwerk erzeugten Strom betrieben werden kann. Da der Verbrauch auf dem gleichen Grundstück stattfindet, gilt der Strom als Eigenverbrauch und ist besonders günstig, da das Stromnetzentgelt nicht gezahlt werden muss (erneuerbare.tv, 2021).

An Standorten von Wasserkraftwerken ist bauartbedingt auch die thermische Nutzung von 100 % des Durchflusses möglich. Bei Nutzung von 100 % des Durchflusses ist allerdings zu beachten, dass nur eine reduzierte Abkühlung des Durchflusses um 1,5 bis 3 °C möglich ist, da diese sich letztlich 1:1 auf die Temperatur des Gewässers auswirkt. Um Kältebarrieren auszuschließen, ist eine gute Durchmischung der Wassertemperatur im Volumenstrom zu ermöglichen.

Wasserkraftanlagen können dabei durch die Turbinierung bzw. die Kraftwerksauströmung für eine optimale Durchmischung des abgekühlten Wassers und damit für eine gleichmäßige Abkühlung des Gewässerabschnittes sorgen, was ökologisch gewünscht ist. Durch die bestehende Fragmentierung des Gewässerabschnittes durch die Wehranlage ist diese Möglichkeit besonders geeignet, um Gewässer abschnittsweise herunterzukühlen.

Nicht nur die in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen, sondern auch die Reaktivierung von Altanlagen oder der Neubau an bestehenden Querbauwerken und Wehren eignen sich für die Errichtung von kombinierten Wasser-Wärmekraftwerken.

6 Realisierte Flusswasserwärmepumpen

Die Studie „Rollout von Großwärmepumpen“ (Agora Energiewende & Fraunhofer IEG, 2023) dokumentiert 2023 zwei in Betrieb und weitere ca. zehn im Planungsstadium befindliche Flusswärmepumpenprojekte. Schon zwei Jahre später, Anfang 2025, listet das Großwärmepumpen-Infoportal (LEA, 2025) neben fünf in Betrieb befindlichen Anlagen vier weitere in Bau, elf in Planung sowie elf weitere angekündigte Anlagen auf. Drei dieser Projekte werden im Folgenden kurz beschrieben. Neben den in der Studie der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (2024) erwähnten Projekten Rosenheim und Mannheim wird hier die Anlage in Lemgo vorgestellt. Mit Leistungen von 1 MW in Lemgo, 4,5 MW in Rosenheim und 20,5 MW in Mannheim decken die drei Beispiele das Spektrum der in kleinen und mittleren Ortschaften oder für die Versorgung von Stadtteilen oder Quartieren interessanten Leistungsklassen ab.

6.1 Wärmepumpe an der Bega in Lemgo

Seit 2022 ist in Lemgo eine Flusswasserwärmepumpe in Betrieb. Die Anlage entzieht dem Flüsschen Bega Wärme und ist Teil einer sogenannten iKKW-Anlage. Neben drei 2,5 MW Erdgas-BHKWs, einer 5,2 MW Solarthermieranlage und einer zweistufigen Wärmepumpenanlage am Klärwerk trägt die Flusswasserwärmepumpe so zur Versorgung der Fernwärme in Lemgo mit regenerativer Wärme bei (erneuerbare.tv, 2021).

Die Wärmepumpe „AGO Calora“ nutzt Flusswasser und erreicht durch den eigens entwickelten zweistufigen Wärmepumpenprozess, welcher mit den natürlichen Arbeitsmedien Ammoniak/Wasser arbeitet, eine hohe Effizienz und bei Einsatz von Frühjahr bis Herbst eine Jahresarbeitszahl von ca. 3,0. Die Einspeisung in das Wärmenetz erfolgt mit 82 °C bis 95 °C (AGO, 2022). Der Einsatz dieser Wärmepumpe ist bei Wassertemperaturen ab ca. 6 °C an ca. 300 Tagen im Jahr möglich. Dabei hat es sich aus technischer Sicht bewährt, die Anlage über lange Zeiträume durchlaufen zu lassen und zur Grund- und Mittellastbereitstellung zu nutzen (Weber, 2025).

Tabelle 1: Kerndaten der Wärmepumpenanlage in Lemgo

Wärmepumpe	AGO Calora
Wärmequelle	Fluss Bega, Mindesttemperatur 6 °C, Abkühlung im Wärmetauscher um 3 bis 6 K.
Thermische Leistung	1.000 kW
Elektrische Leistung	334 kW
Vorlauftemperatur	85 °C bis 95 °C
Kältemittel	450 kg Ammoniak (R717, natürliche Kältemittel), Ammoniaksensor im Wasserablauf und schnell wirkendes Absperrventil
Gewicht	Ca. 30 t
Geplante Betriebsstunden	bis zu 7.000 h p.a.
Erreichter COP	2,6 (Winter) bis 3,3 (Sommer), Jahresmittelwert ca. 3,0
Investitionsvolumen	2 Mio €, davon die Wärmepumpe ca.1 Mio. €
Inbetriebnahme	2022

Quelle: Weber (2022, 2025), AGO (2022)

Die Stromversorgung der Wärmepumpe erfolgt aus dem Stromnetz, anders als bei der bereits in 2019 installierten Klärwasserwärmepumpe. Hier wurde neben Netzstrom auch Eigenstrom aus einem vorhandenen 2 MW Erdgas-BHKW genutzt.

Der etwa zwei Kilometer flussaufwärts von Lemgo gelegene Pegel Vossheide an der Bega (LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2024) weist einen mittleren Abfluss (MQ) von $1,08 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. 1.080 l/s aus, was nach Seidel & Ostermann (2024) einem Wärmepotenzial von 10 MW bei einer Abkühlung um 2 K entspricht. Die Flusswasser-Wärmepumpe nutzt von diesem Potenzial ca. 40 bis 80 l/s, wie die Nachrechnung für die gegebenen Parameter ergibt, und damit ungefähr 7 bis 14 % des mittleren Durchflusses, bei hohen Durchflussmengen im Herbst deutlich weniger, da wesentlich mehr Wasser zur Verfügung steht als entnommen wird. Effektiv wird der Fluss im Sommer nur um wenige Zehntel Grad (laut Nachrechnung ca. $0,4 \text{ }^\circ\text{C}$) abgekühlt. Im Frühjahr und Herbst, bei meist deutlich höherem Abfluss, ist die Abkühlung kaum messbar. Winterliche Hochwassersituationen führen in Lemgo dazu, dass das Einlaufbauwerk überschwemmt wird und Ablagerungen von Schlamm und Treibgut nach Sinken des Wasserstands entfernt werden müssen (Weber, 2025), was aber auch bei anderen wasserwirtschaftlichen Anlagen typisch ist.

Ein Einlaufbauwerk musste für die Versorgung der Wärmepumpe mit Flusswasser neu errichtet werden (vgl. Abbildung 5). Ein Feinrechen als Horizontalrechen mit einem Stababstand von 1,5 cm dient dazu, Fische und Treibgut daran zu hindern, in den Wärmtauscher zu geraten. Eine vorgelagerte feste Tauchwand mit einer Länge von rund 3,7 m verhindert, dass bei sehr niedrigem Wasserstand noch Wasser entnommen werden kann (Weber, 2025).

Abbildung 5: Neu gebautes Einlaufbauwerk an der Bega in Lemgo, Situation bei Niedrigwasser



Quelle: Stadtwerke Lemgo

Der Auslauf erfolgt über einen bereits bestehenden Regenwasserkanal und leitet das abgekühlte Wasser flussabwärts in die Bega ein.

Sowohl die Errichtung des Einlaufbauwerks wie auch die Entnahme von Flusswasser für die Wärmepumpe bedurften einer Genehmigung durch die untere Wasserbehörde des Landkreises. Zur Behörde bestand bereits Kontakt. Sie wurde frühzeitig über die Planung informiert und reagierte auf die

Idee der Wärmeentnahme grundsätzlich positiv, da die ökologischen Probleme durch zu hohe Gewässertemperaturen bereits bekannt waren. Für die Genehmigung war die Erarbeitung eines Artenschutzfachbeitrags sowie einer Eingriffsbilanzierung erforderlich. Ziel war die Sicherstellung, dass Flora und Fauna durch die Wasserentnahme und die Abkühlung nicht gefährdet werden. Mit der Erstellung wurde ein Büro beauftragt, welches sowohl den Fluss Bega bereits gut kannte, aber auch bei den Behörden bekannt war. Dies erleichterte den Prozess und senkt auch die Kosten, da es weniger Aufwand für die Einarbeitung in die spezielle Lage vor Ort bedurfte. Letztlich entstand ein Dokument zur Eingriffsbilanzierung mit ca. 10 Seiten Text sowie drei Anlagen mit Fokus auf den Artenschutz mit zusammen etwa 20 Seiten Text. Die Kosten der Arbeiten betrugen ca. 5.000 €.

6.2 Wärmepumpe am Mühlbach in Rosenheim

Die Stadtwerke Rosenheim GmbH & Co. KG haben 2021/2022 drei Großwärmepumpen in die Fernwärmeerzeugung des Müllheizkraftwerkes (MHKW) in Rosenheim integriert und nutzen dabei die Temperatur des benachbarten Mühlbaches. Jede einzelne Wärmepumpe stellt 1,5 MW Heizleistung bereit. Installiert wurden spezielle Geräte der Firma Johnson Controls: zweistufige Wärmepumpen mit Schrauben- und Hubkolbenverdichter. Die drei Wärmepumpen schaffen Jahresarbeitszahlen von 2,5 bis 2,8 abhängig von der Last und den Temperaturschwankungen des Flusses. Die Vorlauftemperaturen betragen bis zu 88 °C und erwärmen den Rücklauf des Wärmenetzes zum Müllkraftwerk. Für die Wasserversorgung der Großwärmepumpen in Rosenheim konnte ein bestehendes Einlaufbauwerk mit Rechenanlage und ein gleichfalls bestehendes Auslaufbauwerk genutzt werden.

Tabelle 2: Kerndaten der Wärmepumpenanlage in Rosenheim

Wärmepumpe	Johnson Controls SaBROE/NS-DualPAC
Wärmequelle	Flusswasser (Mühlbach), gerecht und gesiebt, Entnahmevolumenstrom für jede Wärmepumpe: 40 l/s, Abkühlung des Entnahmevolumenstroms: $\Delta T = 3-6$ K, Minimale Rückführtemperatur: 1 °C, Temperaturveränderung des Gesamtflusses durch Wärmepumpenbetrieb: max. 0,5 K
Thermische Leistung	3 mal 1.566 kW
Elektrische Leistung	3 x 628 kW (Lastbereich: 40–100 Prozent)
Vorlauftemperatur	88 °C
Kältemittel	R717 (Ammoniak, natürliches Kältemittel), ca. 3 x 260 kg
Gewicht	Ca. 19 t je Wärmepumpe
Geplante Betriebsstunden	Ca. 4.500 h p.a.
COP	2,5 bis 2,8
Investitionsvolumen	3,8 Mio. € (Wärmepumpen), 8,5 Mio. € (inkl. Gebäude u. Anbindung)
Inbetriebnahme	Juni 2022

Quelle: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (2024)

6.3 Wärmepumpe am Rhein in Mannheim

Für die Mannheimer MVV Energie AG ist grüne Wärme wichtig für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Ein wesentlicher Baustein dieser Dekarbonisierung ist die Nutzung der Wärme des Rheinwassers mit Wärmepumpen. Da die Kühlwasserinfrastruktur mit Ein- und Auslaufbauwerken und Kühlwasserpumpen am Standort des Großkraftwerks Mannheim bereits vorhanden war, musste baulich nicht in den Rhein bzw. das Rheinufer eingegriffen werden. Die für die Wärmepumpe

genutzte Wassermenge von 800 bis 1.000 l/s ist im Verhältnis zum Abfluss des Rheins so gering, dass eine Abkühlung des Rheins nicht messbar ist. Zudem ist gegenüber einer Wasserentnahme zu Kühlzwecken und der damit verbundenen Aufheizung des Rheinwassers eine Abkühlung für den im Zuge des Klimawandels immer wärmer werdenden Rhein vorteilhaft.

Das Kältemittel R1234ze(E) mit einem GWP von 7 und mit Wassergefährdungsklasse 1 wird in einem geschlossenen Kreislauf geführt. Vorsorglich wurde im Rahmen der Genehmigung abgestimmt, dass ein Kältemitteldetektionssystem installiert wird, das kleinste Kältemittelmengen im Wasser erkennen kann und bei Bedarf Alarm schlagen und ein sofortiges Abschalten der Anlage auslösen würde. Mit der Großwärmepumpe können ca. 3.500 Haushalte versorgt werden. Die Vorlauftemperaturen betragen 83 bis 99 °C

Tabelle 3: Kerndaten der Wärmepumpenanlage in Mannheim

Wärmepumpe	Siemens Energy SHP 600
Wärmequelle	Entnahmevolumenstrom für Wärmepumpe: 800–1.000 l/s, Abkühlung des Entnahmevolumenstroms: $\Delta T = 1,8\text{--}3,8\text{ K}$, Minimale Rückführtemperatur: 1,2 °C, Temperatur Wärmequelle: 3–25 °C; während Heizperiode: 3–12 °C (Mindesttemperatur für Betrieb: 3 °C), Temperaturveränderung des Gesamtflusses durch Wärmepumpenbetrieb: sehr gering (kaum messbar, ca. 0,0006 K)
Thermische Leistung	20,5 MW
Elektrische Leistung	7 MW (Lastbereich: 65–100 Prozent)
Vorlauftemperatur	83 °C bis 99 °C
Kältemittel	R1234ze(E) (HFO, synth. Kältemittel), ~12.000kg
Gewicht	142 t
Geplante Betriebsstunden	Ca. 2.000 h p.a.
COP	2,5–3,0 (JAZ geplant 2,7)
Investitionsvolumen	15 Mio. €
Inbetriebnahme	Oktober 2023

Quelle: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (2024)

In 2025 hat die MVV die Ausschreibungsphase für eine weitere, nochmals deutlich größere Flusswärmepumpen-Anlage mit 150 MW thermischer Leistung begonnen.

7 Flusswasserwärme in die Wärmeplanung einbringen

Um den Gedanken an die Nutzung von Flusswasser in die kommunale Wärmeplanung einzubringen, sind folgende Schritte erforderlich.

Zunächst ist wichtig zu ermitteln, ob in der Kommune wesentliche Wärmemengen einem Gewässer entzogen werden können. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Fließgewässern, bei denen ständig neues Wasser nachfließt. Werden an dem Gewässer schon Flusswärmepumpen betrieben, sind hier ggf. bilanzielle Untersuchungen erforderlich, um die Abkühlung des Gewässers bewerten zu können und die Möglichkeiten der Wiedererwärmung des Gewässers zu untersuchen. Auch aus Kanälen und stehenden Gewässern kann grundsätzlich Wärme entzogen werden, aber die Berechnung der Kapazität ist hier komplizierter und sollte durch Fachleute erfolgen. In Fließgewässern kann das verfügbare Wärmepotenzial dagegen auf Basis öffentlicher Daten grob abgeschätzt werden. Ein Einstieg ist die Website des deutschen gewässerkundlichen Jahrbuchs www.dgj.de/. Hier lassen sich an großen und mittleren Gewässern Messdaten an den verschiedenen Pegeln finden. Grundsätzlich ist aber auch diesbezüglich das Hinzuziehen von Fachleuten sinnvoll.

Kann auf diese Weise geklärt werden, dass ein wesentliches Potenzial zu vermuten ist, beginnt eine erste Suche nach einem geeigneten Standort für eine Flusswasserwärmepumpe. Hilfreich kann hier sein, nach bereits bestehenden wasserbaulichen Anlagen zu suchen. Diese kennen die Wasserbehörden (UWB), die regionalen Mühlenvereine und die Denkmalschutzbehörden bezüglich der historischen Wasserkraftanlagen, ggf. der Bundesverband deutscher Wasserkraftwerke (BDW) und die Abwasserbetriebe und Kläranlagenbetreiber ebenso wie der lokale Energieversorger bzgl. der Kühlwasserentnahme für den Kraftwerksbetrieb am besten. Ein Gespräch mit der unteren Wasserbehörde könnte hilfreich sein, bei dem die Ziele der kommunalen Wärmeplanung dargestellt werden und gemeinsam überlegt wird, ob im Gemeindegebiet mögliche Standorte bekannt sind. Dabei ist zu beachten, dass der mögliche Standort einer Flusswasserwärmepumpe nicht nur Zugang zum Flusswasser benötigt, sondern auch der Anschluss an das Nah- oder Fernwärmenetz und an das Stromnetz hergestellt werden muss. Auch ist ein ausreichender Platzbedarf sicherzustellen, ggf. lassen sich hier aber auch geeignete konstruktive Lösungen finden, was dann jeweils vor Ort zu überlegen ist.

Findet sich auf diese Weise ein möglicher Standort, muss im nächsten Schritt eine Vorplanung in Form einer Machbarkeitsstudie erfolgen. Hierfür müssen ggf. im Maßnahmenplan der kommunalen Wärmeplanung Mittel eingestellt werden.

Zusammengefasst lassen sich also folgende wesentliche Schritte festhalten:

- (1)** Zuerst ist z.B. im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung der Wärmebedarf festzustellen,
- (2)** dann ist das Wärmepotenzial im Gewässer zu ermitteln
- (3)** und anschließend erfolgt die Standortsuche.

Vorhandene wasserbauliche Anlagen sind dabei der Ausgangspunkt der Standortsuche, denn wenn solche Anlagen genutzt werden können, ist vieles einfacher. Aber auch ein Neubau auf der „grünen Wiese“ ist möglich, wie er z.B. in Lemgo erfolgte.

QUELLEN

- AG Energiebilanzen. (2023). *Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland. Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken 2021-2022*. Berlin. Zugriff am 13.4.2024. Verfügbar unter: https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/01/AGEB_22p2_rev-1.pdf
- AGO. (2022, September 7). AGO Calora Flusswärmepumpe leistet Beitrag zur Energietransformation. Zugriff am 22.12.2024. Verfügbar unter: <https://www.ago-energie.de/news-presse/news/ago-calora-flusswaermepumpe-leistet-beitrag-zur-energietransformation/>
- Agora Energiewende & Fraunhofer IEG. (2023). *Roll-out von Großwärmepumpen in Deutschland Strategien für den Markthochlauf in Wärmenetzen und Industrie*. Berlin. Zugriff am 20.10.2023. Verfügbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/roll-out-von-grosswaermepumpen-in-deutschland/>
- Briddigkeit, T. (2023, September 21). Wärmepumpen an Klärwerken und Flüssen zur Gewinnung regenerativer Fernwärme. Gehalten auf der Onlinetagung Flusswasser und Abwasser als Wärmequelle für Wärmepumpen in Wärmenetzen. Zugriff am 3.10.2023. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/event/flusswasser-fuer-waermepumpen/>
- Briddigkeit, T. (2024, Oktober 8). Flusswasserwärmepumpe am Klärwerk Herrenhausen zur Gewinnung regenerativer Wärme. Gehalten auf der Tagung Großwärmepumpen für Wärmenetze. Zugriff am 20.12.2024. Verfügbar unter: <https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/aktuelles/Grosswaermepumpen-fuer-Waermenetze-4053>
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). (2025). Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD). Zugriff am 27.5.2025. Verfügbar unter: https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/1_Portale_Dienste/HAD/HAD_node.html
- Bürgerbegehrenklimaschutz. (2023). Die Flusswärmepumpe. Zugriff am 20.12.2024. Verfügbar unter: <https://buerger-begehren-klimaschutz.de/news/waerme-wissen-kompakt-die-flusswaermepumpe/>
- Clausen, J., Seifert, T. & Huber, M. (Hrsg.). (2024). *Die Wärmewende. Zentrale Aufgabe einer klimaverantwortlichen Kommunalpolitik*. Berlin: Scientists for Future. Zugriff am 20.2.2024. Verfügbar unter: <https://de.scientists4future.org/keypoints-kommunale-waermewende/>
- Die Bundesregierung. (2020). *Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV)*. Berlin. Zugriff am 21.12.2024. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/OGewV.pdf
- erneuerbare.tv. (2021). *Klimaneutral heizen – Lemgo schafft die Wärmewende/ Der Energiewende-Report*. Zugriff am 22.12.2024. Verfügbar unter: <https://youtu.be/zQO7KSbSRq4>
- European Environmental Agency. (2021). Water temperature. Zugriff am 20.5.2023. Verfügbar unter: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-temperature-2/assessment>
- Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (2024). *Wärmepumpen an Fließgewässern. Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern*. München. Zugriff am 18.7.2024. Verfügbar unter: <https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2024/04/Waermepumpen-an-Fliessgewaessern-1.pdf>
- Informationsplattform Undine. (2024). Pegel im Rheingebiet: Basel, Rheinhalle, Rhein. Zugriff am 21.12.2024. Verfügbar unter: https://undine.bafg.de/rhein/pegel/rhein_pegel_basel.html
- LEA. (2025, Mai 27). Großwärmepumpen Infoportal. Zugriff am 27.5.2025. Verfügbar unter: <https://grosswaermepumpen-info.de/>

- LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. (2024). Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch im Internet. Zugriff am 20.12.2024. Verfügbar unter: <https://www.dgj.de/>
- Niedersächsischer Landesbetrieb für & Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. (2018). *Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Weser- und Emsgebiet*. Norden. Zugriff am 20.12.2024. Verfügbar unter: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/publikationen/deutsches_gewasserkundliches_jahrbuch/deutsches-gewaesserkundliches-jahrbuch-weser-und-emsgebiet-43607.html
- Schweizerischer Bundesrat. (2023). *Gewässerschutzverordnung (GSchV)*. Bern. Zugriff am 21.12.2024. Verfügbar unter: https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Bioregelwerk-2024/deutsch/1_bund/GSchV_d.pdf
- Schwinghammer, F. (2012). *Thermische Nutzung von Oberflächengewässern*. Freiburg. Verfügbar unter: http://www.hydrology.uni-freiburg.de/abschluss/Schwinghammer_F_2012_MA.pdf
- Seidel, C. & Ostermann, L. (2024). *Grüne Nah- und Fernwärme aus Fließgewässern. Untersuchung für die 80 Großstädte in Deutschland*. Braunschweig. Verfügbar unter: https://www.efzn.de/fileadmin/Sites/EFZN/Documents/efzn-Foerderung_2022-23/2024-12-Abschlussbericht-Hydro2HEAT.pdf
- Statistisches Bundesamt. (2022, März 1). Alleinlebende verbrauchen 38 % mehr Wohnenergie als der Pro-Kopf-Durchschnitt aller Haushalte. Zugriff am 20.2.2024. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2022/PD22_09_p002.html
- Theobald, S. (2023, Mai 24). Kasseler Studie: Staustufen-Management kann Hochwasser verringern. Zugriff am 21.12.2024. Verfügbar unter: <https://www.uni-kassel.de/uni/aktuelles/sitemap-detail-news/2023/05/24/kasseler-studie-staustufen-management-kann-hochwasser-verringern?cHash=a769e6bb08b81986de87281e619b3c1a>
- Weber, U. (2022, April 28). Strategie der Transformation zur erneuerbaren Wärmeerzeugung. Lemgo.
- Weber, U. (2025). *Interview zur Flusswasserwärmepumpe an der Bega am 7.1.2025*.