

Marktanalyse Aquathermie



Marktanalyse von Aquathermiesystemen zur thermischen Nutzung von Gewässern

Dipl.-Ing. Martin-Joseph Hloucal; M. Sc. Thaddäus Weniger; M. Sc. Elias Reichel; B. Eng. Ulrike Karsch
Tilia GmbH, Inselstr. 31, 04103 Leipzig

im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Der Bericht wurde im Rahmen der »Förderrichtlinie zur Stärkung der Transformationsdynamik und Aufbruch in den Revieren und an den Kohlekraftwerkstandorten (STARK)« von dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	8
1 Hintergrund und Zielstellung	9
2 Rechtliche und fachliche Grundlagen	14
2.1 Aktueller Rechtlicher Rahmen	14
2.2 Eingrenzung der betrachteten Wärmequellen	21
2.3 Aufbau von Aquathermie-Systemen	22
2.3.1 Entnahmebauwerk	23
2.3.2 Filtersysteme.....	24
2.3.3 Rückleitungsbauwerk	24
2.3.4 Pumpsysteme und Rohrleitungen	25
2.3.5 Wärmeübertrager	25
2.3.6 Wärmeträgermedium	28
2.3.7 Wärmepumpen.....	29
2.3.8 Wärmesenke.....	32
2.4 Typisierung und Bewertung von Aquathermie-Systemen in Bezug auf Gewässerwirkungen	33
3 Marktanalyse.....	36
3.1 Aquathermie Projektliste	36
3.2 Steckbriefe ausgewählter Projekte	38
3.2.1 Steckbrief Aquathermie-Anlage 1 Hainer See.....	39
3.2.2 Steckbrief Aquathermie-Anlage 2 Wittenberge	41
3.2.3 Steckbrief Aquathermie-Anlage 3 Eschweiler.....	43
3.2.4 Steckbrief Aquathermie-Anlage 4 Lemgo	45
3.2.5 Steckbrief Aquathermie-Anlage 5 Zittau	47
3.2.6 Steckbrief Aquathermie-Anlage 6 Feldberg.....	49
3.3 Interviews.....	51
3.3.1 Methodisches Vorgehen	51
3.3.2 Interviewpartner	51
3.3.3 Zusammenfassung der Interviews	52
3.4 Marktübersicht Wärmeübertrager	54

4	Anwendungsbeispiele.....	64
4.1	Optimale Betriebsbedingungen im Allgemeinen	64
4.1.1	Einfluss Volumenstrom und Temperaturspreizung	64
4.1.2	Wie wirkt sich die Wassertemperatur auf die Effizienz (COP) der Wärmepumpe aus?	65
4.1.3	Einfluss von Temperaturprofil von Standgewässern und Entnahmetiefe der Wasserentnahme.....	66
4.1.4	Einfluss der Wassertemperatur im Hinblick auf jahreszeitliche Schwankungen und Speicherwirkung	67
4.2	Geschlossene Systeme	69
4.3	Offene Systeme	71
4.4	Restgefährdung und Havariekonzepte.....	73
4.5	Monitoring und Konzepte zur Reinigung	74
4.6	Zusammenfassung in Bezug zur LAWA	77
	Literaturverzeichnis	80
	Anhang	84
A 1	Fragenkatalog	84
A 2	Zusammenfassung der Interviews	87
A 2.1	Stadtwerke Wittenberge.....	87
A 2.2	Stadtwerke Lemgo	90
A 2.3	Ratioplan GmbH, Dollnstein	92
A 2.4	Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH, Dresden.....	96
A 2.5	TU Darmstadt	99
A 2.6	Hochschule Zittau Görlitz	101
A 3	Produktdatenblätter	104

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Prinzipskizze der zwei grundsätzlichen Typen von Aquathermiesystem mit deren Hauptkomponenten.....	23
Abbildung 2:	Konzeptuelle Darstellung der Reduzierung des Temperaturunterschiedes (A) an der Einleitstelle durch Vormischung (C).....	25
Abbildung 3:	Systematisierung der Möglichkeiten zur Gewässereinbindung	26
Abbildung 4:	Grundprinzip einer Kompressionswärmepumpe mit Verdampfer (1), Verdichter (2), Verflüssiger (3) und Expansionsventil.	30
Abbildung 5:	Übersicht möglicher Einteilungskriterien von Aquathermieanlagen.	35
Abbildung 6:	Auswirkung der Wassertemperatur auf rechnerische Leistungszahl einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit Vorlauftemperatur von 45°C.....	66
Abbildung 7:	Temperaturtiefenprofile am Zwenkauer See (Messpunkt OW 2 von Juli 2020 bis Mai 2021) erhoben im Rahmen der Studie „Seethermie – innovative Wärmeversorgung aus Tagebaurestseen“	67
Abbildung 8:	Stundenmittelwerte der Wassertemperatur (Tiefe 2,5 m) und der Außenluft-Temperatur beim Projekt Hainer See	68
Abbildung 9:	Monatsmittelwerte Temperaturdifferenz zwischen Wassertemperatur (2,5 m) und Außenlufttemperatur am Hainer See	68
Abbildung 10:	Darstellung der Wassertemperaturen der Elbe (Messstelle: Schmilka) in den Jahren 1995 bis 2024. Fehlerhafte Messwerte (v. a. aus dem Jahr 1996) wurden nicht dargestellt (weiß).	69
Abbildung 11:	Temperaturspreizung zwischen Entnahme (VL = Vorlauf) und Rückleitung (RL = Rücklauf) im geschlossenen Wärmequellkreislauf am Hainer See	70
Abbildung 12:	Entwicklung der Gewässertemperatur bei Betrieb der Wärmepumpe für verschiedene Messzeiträume (MZR) zwischen Januar bis Juni 2025 am Hainer See	71
Abbildung 13:	Schnittzeichnung Wärmetauscher roWin der Firma Huber SE mit Darstellung des integrierten mechanischen Reinigungssystems.....	76
Abbildung 14:	Rohrbündelwärmetauscher in Kombination mit einer Kugelreinigungsanlage	77
Abbildung 15:	Darstellung der Jahresdurchschnittstemperaturen des Wassers der Elbe an der Messstelle Schmilka und der Zahl der Tage mit einer Temperatur unter 3°C für die Jahre 1995 bis 2024.	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der Einwohnerzahlen und geschätzten Wärmebedarfe der betrachteten Landkreise sowie eine Auswahl von Fließ- und Standgewässer in der Umgebung.....	10
Tabelle 2:	Zusammenfassung zentraler Chancen und Herausforderungen der Aquathermie aus technischer, wirtschaftlicher, rechtlicher und sozialer Sicht.	12
Tabelle 3:	Übersicht möglicher Wärmeträgermedien nach aus den Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren mit Wassergefährdungsklasse und Anteil an WGK 1-Stoffen.	29

Tabelle 4:	Beispiele für Kältemittel mit ausgewählten Eigenschaften, welche in Wärmepumpen zum Einsatz kommen.	31
Tabelle 5:	Relevante mögliche Umweltrisiken und Aquathermieranlagen je nach Anlagentyp und Gewässerart.	34
Tabelle 6:	Übersicht über laufende und geplante Aquathermieprojekte in Deutschland und weiteren europäischen Staaten. (Kein Anspruch auf Vollständigkeit; fett = Steckbriefe im Bericht)	36
Tabelle 7:	Bilanz der thermischen Arbeit der Wärmepumpenanlage und des Hainer Sees	69
Tabelle 8:	Auslegungs- oder Betriebsparameter der befragten Beispielprojekte mit offenem Entnahmesystem	73
Tabelle 9:	Übersicht gängiger Reinigungsmethoden von Wärmetauschersystemen inkl. eingesetzter Materialien und potenzieller Umweltrisiken.....	75

Abbildungsverzeichnis im Anhang

Abbildung A 1:	Fotos der Anlage der Stadtwerke Wittenberge: oben: Entnahmebauwerk im Bauzustand vor der Flutung, u. links: Rückleitungsgerinne, u. rechts: Gesamtanlage im Betriebszustand	89
Abbildung A 2:	Technische Skizze des Entnahme- und Rückleitungsbauwerks beim Projekt in Eschweiler	95
Abbildung A 3:	Technische Skizze des MEFA-Wärmeübertrager-Systems eingebracht in Betonwanne unterhalb eines Parkplatzes.....	95

Abkürzungsverzeichnis

AB	Arbeitsbreite
Abs.	Absatz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
COP	Coefficient of Performance (Leistungszahl einer Wärmepumpe)
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
IT	Informationstechnik
iKWK	innovative Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserdurchfluss
EZG	Einzugsgebiet
FFH	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Umweltverträglichkeitsprüfung Gesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WÜ	Wärmeübertrager

Zusammenfassung

Der Bericht gibt ein grundlegendes Verständnis über die Technologien der thermischen Nutzung von Oberflächengewässern, der Aquathermie. Hierbei werden ausgehend von dem Potenzial für die nachhaltige Energieversorgung insbesondere deren potenziellen Umweltauswirkungen beleuchtet. Die Ergebnisse sollen als Basis für die umweltverträgliche Verbreitung der Technologie, nicht zuletzt durch effizientere Genehmigungsverfahren, dienen.

Die Studie gibt eine strukturierte Übersicht über vorhandene Aquathermie-Technologien für Oberflächengewässer und zeigt mögliche negative Umweltauswirkungen auf. Grundlage sind Marktrecherche, Experteninterviews und Analysen von Betriebsdaten aus Praxisprojekten.

Durch Experteninterviews werden die Sicht der Technologieentwickler und Betreiber auf das Potenzial der Aquathermie, sowie aktuelle Entwicklungsrichtungen und Herausforderungen dargelegt.

Die gesammelten Daten wurden so aufbereitet, dass die potenziell mit dem Anlagenbetrieb einhergehenden relevanten Belastungsfaktoren für die Gewässer (Seen, Fließgewässer) identifizierbar sind.

Anhand von konkreten Projektbeispielen werden die mit dem Betrieb einhergehenden Temperaturveränderungen dargestellt und eine erste Einschätzung zum ökologischen Risiko gegeben. Zusätzlich werden Ausführungen zu möglichen Einträgen wassergefährdender Stoffe gemacht.

Es erfolgt abschließend eine Einschätzung des Zusammenspiels zwischen Zielen des Anlagenbetriebs und Anforderungen hinsichtlich des Gewässerschutzes, welche durch die „Grundlagen und Leitlinien für eine ökologisch verträgliche Nutzung von Gewässern zur Wärme Gewinnung – der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)“ zugrunde gelegt werden.

Eine umfangreiche Zusammenstellung von marktverfügbaren Produkten und von Projekten, die sich in Betrieb oder Planung befinden, runden die Marktübersicht ab.

1 Hintergrund und Zielstellung

Aquathermie bezeichnet die Nutzung von Oberflächengewässern als Wärmequelle für Wärmepumpensysteme. Sie gilt zunehmend als vielversprechende Option für eine klimaneutrale Wärmeversorgung von Einzelgebäuden und ganzen Quartieren. Das Konzept ist nicht neu, bereits 1938 wurde das Züricher Rathaus durch eine Aquathermieanlage beheizt (Schwinghammer, 2012).

Sowohl der thermischen Erschließung von Fließgewässern (Flussthermie) als auch der von Standgewässern (Seethermie) wird ein hohes Potenzial zur umweltfreundlichen Wärmegegewinnung zugesprochen, so bspw. explizit für die Schweiz oder Bayern (FfE, 2024; Wüest et al., 2013). Auf Deutschland bezogen ergibt sich allein im Umkreis von 1000 m um alle Seen mit einer Fläche von mindestens 50 ha ein jährlicher Wärmebedarf von 58,73 TWh. Das entspricht rund 4,6% des bundesweiten jährlichen Wärmebedarfs und unterstreicht das erhebliche Potenzial der Seethermie (Kammer, 2018). Hinzu käme hier das Potenzial, welches sich aus der thermischen Nutzung von Fließgewässern ergibt.

In den sächsischen Bergbaufolgelandschaften im Lausitzer und im Mitteldeutschen Revier entstehen durch die Flutung ehemaliger Tagebaue zahlreiche neue Seen. Diese können sich als Wärmequelle für Wärmepumpensysteme zur Deckung des Bedarfs an thermischer Energie zur Beheizung von Gebäuden oder Bereitstellung von Warmwasser eignen. Auch die Fließgewässer in der Region bieten zum Teil gute Rahmenbedingungen für die thermische Nutzung. Die Kombination aus künstlich entstandenen Seen und teilweise natürlichen und teilweise künstlich angelegten oder verbauten Fließgewässern eröffnet ein breites Spektrum an Möglichkeiten für eine Wärmeversorgung mit niedrigen CO₂-Emissionen in den betrachteten Regionen. Eine erste Gegenüberstellung des Wärmebedarfs privater Haushalte in diesen Regionen und der potenziell für die Nutzung durch Aquathermie geeigneten Gewässer erfolgt in Tabelle 1. Grundlage der Bedarfsabschätzung sind die aktuellen Einwohnerzahlen der Landkreise und ein durchschnittlicher spezifischer Wärmebedarf von 8,8 MWh pro Einwohner und Jahr für Raumwärme und Warmwasser (Statistisches Bundesamt (Destatis), 2022, 2025).

Es zeigt sich, dass in den betrachteten Landkreisen ein erheblicher Wärmebedarf besteht, der wahrscheinlich teilweise durch die Nutzung von Aquathermie gedeckt werden könnte. Die zahlreichen Seen sowie die vorhandenen Fließgewässer unterstützen diese Vermutung, sofern die technischen und ökologischen Rahmenbedingungen passen. Neben dem Wärmebedarf privater Haushalte kann auch der Wärmebedarf der Sektoren GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) und Industrie zumindest teilweise gedeckt werden. Die tatsächliche Umsetzbarkeit hängt jedoch von Faktoren wie Nähe zu den Wärmesenken, Erschließungsaufwand und der ökologischen Verträglichkeit ab.

Tabelle 1: Übersicht der Einwohnerzahlen und geschätzten Wärmebedarfe der betrachteten Landkreise sowie eine Auswahl von Fließ- und Standgewässer in der Umgebung

Region	Einw./gesch. Wärmebedarf	Fließgewässer	Standgewässer
Stadt Leipzig	611.850 5.384 GWh	Weißer Elster, Pleiße, Parthe, Saale-Leipzig-Kanal, Neue Luppe	Cospudener See, Kulkwitzer See, Zwenkauer See, Auensee, Störmthaler See, Hainer See
Landkreis Leipzig	260.127 2.289 GWh	Mulde, Pleiße, Weißer Elster	Markkleeberger See, Zwenkauer See, Cospudener See, Hainer See, Kulkwitzer See, Harthsee, Störmthaler See, Hainer See
Landkreis Nordsachsen	199.422 1.755 GWh	Elbe, Vereinigte Mulde, Weißer Elster, Saale-Leipzig-Kanal, Neue Luppe, Döllnitz	Seelhausener See, Mühlfeldsee, Schladitzer See, Werbeliner See, Zwochauer See
Landkreis Bautzen	292.608 2.575 GWh	Spree, Schwarze Elster, Kleine Röder, Große Röder, Wesenitz	Dreiweibener See, Bernsteinsee, Knappensee, Scheibe-See, Speicher Knappenrode, Geierswalder See, Speicherbecken Lohsa I und II
Landkreis Görlitz	243.958 2.147 GWh	Neiße, Spree, Mandau, Weißer Schöps, Schwarzer Schöps	Bärwalder See, Talsperre Quitzdorf, Berzdorfer See, Olbersdorfer See

Quelle: (Statistisches Bundesamt (Destatis), 2025), eigene Recherche

Da Wasserwärmepumpen in der Heizperiode deutlich effektiver als Luftwärmepumpen arbeiten können (siehe dazu Kapitel 2.3.7), ergibt sich ein großes technisches und wirtschaftliches Interesse an der Nutzung von Seen und Flüssen als regenerative Energiequelle. Erfahrungen aus Pilotprojekten in Deutschland sowie aus teils langjährig betriebenen Anlagen im internationalen Raum zeigen, dass die thermische Nutzung von Gewässern technisch umsetzbar ist. Einen Überblick über laufende und geplante Aquathermieprojekte bietet die Projektliste in Tabelle 6. Hier werden auch die Vielfältigkeit und Individualität der Anlagen ersichtlich, was die Vergleichbarkeit der Projekte erschwert.

Eine belastbare Bewertung der ökologischen Verträglichkeit erfordert eine langfristige Beobachtung, die bislang nur in wenigen Fällen erfolgt ist. Potenzielle positive Effekte, wie eine geringere Erwärmung des Gewässers in warmen und trockenen Sommermonaten und damit eine Verbesserung des Mikroklimas, sind denkbar. Für das gesamte aquatische Ökosystem fehlen jedoch belastbare Daten, sodass eine abschließende Bewertung derzeit nur schwer möglich ist. Hinzu kommt, dass klare rechtliche Vorgaben

und standardisierte Genehmigungsprozesse aufgrund mangelnder Erfahrungen hinsichtlich Langzeiteffekten der thermischen Gewässernutzung vielerorts fehlen, was die Realisierung solcher Projekte erschwert.

Die aufgezeigten Werte für den Wärmebedarf stellen lediglich einen groben Orientierungspunkt dar. In der Praxis ist davon auszugehen, dass nur ein Teil des Wärmebedarfs über Gewässer gedeckt werden kann. Relevante Faktoren sind dabei unter anderem die Nähe von Wohnquartieren zu geeigneten Gewässern, der technische Aufwand zu Erschließung und die daraus resultierende Wirtschaftlichkeit, sowie die ökologische Verträglichkeit und rechtlichen Rahmenbedingungen, welche durch die Aquathermieanlagen eingehalten werden müssen.

Aus Sicht der Marktteilnehmer bietet die thermische Nutzung von Gewässern aus technischer und wirtschaftlicher Sicht viele Vorteile gegenüber anderen emissionsfreien oder -armen Technologien, ist aber mit Herausforderungen verbunden. Dazu zählen die Komplexität der Erschließung, höhere Investitionskosten, unzureichende bzw. fehlende rechtliche Standards und die Notwendigkeit des gesellschaftlichen Interesses und der Akzeptanz. Die erfolgreiche Umsetzung hängt auch davon ab, dass die ökologische Verträglichkeit sichergestellt werden kann und klare regulatorische Rahmenbedingungen entwickelt werden.

In 2 sind die zentralen Chancen und Herausforderungen der Aquathermie systematisch nach vier Dimensionen zusammengefasst: technisch, wirtschaftlich, rechtlich und sozial.

Im Projekt „RegioNet WasserBoden“ des LfULG, in dessen Rahmen diese Untersuchung erfolgt, sollen verfügbare Technologien verglichen und Steckbriefe erstellt werden, die technische Daten, Einsatzmöglichkeiten und Einflussfaktoren zusammenfassen. Ziel ist es, eine fundierte Grundlage für die Bewertung von Temperaturveränderungen und potenziellen ökologischen Belastungen der Gewässer zu schaffen. In einer späteren Projektphase sollen konkrete Anlagen hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen bewertet werden, um das Gefährdungspotenzial für Gewässer besser einschätzen zu können.

Einige Zielstellungen dieses Projektes konnten aus nachfolgenden Gründen nicht oder nur teilweise erreicht werden. Der geforderte Anlagenvergleich wurde anhand verschiedener Kriterien erarbeitet, wobei in einigen Bereichen Einschränkungen bestanden. Im Hinblick auf die Effizienz konnten Betriebsdaten nicht in ausreichender Form erhoben werden, da diese oft unter Betriebsgeheimnissen stehen und somit nicht beschafft werden konnten. Die Bauart der Anlagen wurde über die Darstellung in den erstellten Steckbriefen verglichen. Für die Kosten lagen ebenfalls wesentliche Daten nicht in ausreichender Qualität vor oder konnten aus Gründen des Betriebsgeheimnisses nicht recherchiert werden. Die Umweltverträglichkeit wurde im Rahmen der Typisierung gemäß Abschnitt 2.4 behandelt und bewertet.

Angaben zum Umwandlungsprozess und Berechnungsmethoden (Kältefluss, Vermischungsverhältnis, Wärmestrom) und Angaben zu Möglichkeiten der technischen Umsetzung von Infrastrukturen (Modulbauweise, Einstellbarkeit Q und T) wurden, soweit verallgemeinerbar, im Kapitel 4.1 behandelt. Eine erste Einschätzung von konkreten Beispielanlagen und deren Betrieb zur Naturverträglichkeit wurde im Kapitel 4.6 vorgenommen. Insgesamt sind jedoch viele Bedingungen sehr projektspezifisch und Daten schwer verfügbar, so dass ein Vergleich von Anlagen oder detaillierte Analysen schwierig sind und hier teilweise nur in Ansätzen erarbeitet werden konnten.

Tabelle 2: Zusammenfassung zentraler Chancen und Herausforderungen der Aquathermie aus technischer, wirtschaftlicher, rechtlicher und sozialer Sicht.

Chancen	Dimension	Herausforderungen
■ Relativ kontinuierliches Temperaturniveau des Gewässers → auch im Winter potenziell gute Effizienz ■ Marktreife Technologie kombiniert mit Wärmepumpen ■ Flexibilität hinsichtlich Systemkonfiguration (mono-/bi-/multivalent) und Integration der Wärmequelle (offen/geschlossen) sowie Abnehmerstruktur (warme / kalte Nahwärme) ■ Heizen und Kühlen möglich ■ Geringer Platzbedarf / hohe Leistungsdichte / Skalierbarkeit ■ Integrationsfähigkeit in bestehende Systeme ■ Keine direkten CO₂-Emissionen ■ Großes Potenzial zu Wärmebereitstellung	Technisch	■ Ökologische Auswirkungen → Einschränkungen bei Systemauslegung und Betrieb ■ Monitoring langfristiger Effekte auf Ökosysteme ■ Fachkräftebedarf und technisches Know-how bei Anwendung ■ Komplexe Planung: fachübergreifende Planung von Wasserbau und Energietechnik ■ Wenig technische Standardisierung der Komponenten, wenige Produkte am Markt
■ Konkurrenzfähige Wärmegehaltungspreise bei guter Planung ■ Kombinierbar mit anderen erneuerbaren Energien	Wirtschaftlich	■ Hohe Investitionskosten ■ Abhängigkeit vom Strompreis ■ Wirtschaftlichkeit oft schwer kalkulierbar
■ Umweltverträgliche Nutzung mit ggf. zusätzlichen Maßnahmen möglich	Rechtlich	■ Komplexe Genehmigungsverfahren ■ Unklarer rechtlicher Rahmen ■ Geringe Erfahrung in Deutschland

Chancen	Dimension	Herausforderungen
■ Verfügbarkeit in Nähe von Wärmebedarfen ■ Beitrag zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ■ Unter Umständen geringe visuelle Beeinträchtigung → hohe Akzeptanz möglich	Sozial	■ Geringer Bekanntheitsgrad ■ Nutzungskonflikte mit Freizeit, Naturschutz oder Fischerei

Quelle: eigene Darstellung

2 Rechtliche und fachliche Grundlagen

2.1 Aktueller Rechtlicher Rahmen

Für den Betrieb einer Aquathermieanlage sind zahlreiche gesetzliche Vorgaben, Verordnungen und technische Regelwerke zu beachten. Welche Bestimmungen im konkreten Fall relevant sind, hängt maßgeblich vom Standort der Anlage sowie von der gewählten Technologie ab. Die nachfolgende Darstellung bietet einen Überblick über die wichtigsten rechtlichen Aspekte. Sie kann jedoch keine Vollständigkeit gewährleisten oder eine juristische Betrachtung durch eine fachkundige Stelle ersetzen.

EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL)

Die Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) (EG-WRRL) bildet seit ihrem Inkrafttreten am 22. Dezember 2000 den zentralen europäischen Rechtsrahmen für den Schutz und die nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern. Sie verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Umsetzung in nationales Recht, was in Deutschland für oberirdische Gewässer unter anderem über das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und die Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) erfolgt.

Im Mittelpunkt der Richtlinie steht die Anerkennung von Wasser als „keine übliche Handelsware, sondern ein ererbtes Gut, das geschützt, verteidigt und entsprechend behandelt werden muss“ (Erwägungsgrund 1). Demnach ist es ein zentrales Ziel bis 2015 und in Ausnahmefällen bis spätestens 2027, den guten ökologischen und chemischen Zustand für Oberflächenwasserkörper, sowie den guten mengenmäßigen und chemischen Zustand des Grundwassers zu erreichen (Art. 4 EG-WRRL).

Ein zentrales Prinzip der Richtlinie ist das sogenannte Verschlechterungsverbot. Dieses besagt, dass sich die Güte eines Gewässers in keiner der für die Bewertung herangezogenen Kategorien um eine Klasse verschlechtern darf.

Ein zentrales Instrument der Richtlinie ist die Bewertung des Gewässerzustands anhand biologischer, hydromorphologischer und physikalisch-chemischer Qualitätskomponenten (Anhang V EG-WRRL). Zu Letzteren zählt auch die Wassertemperatur, die durch wärmeenergetische Nutzungen, etwa bei industrieller Kühlung oder durch Aquathermieanlagen, beeinflusst werden kann.

Die Feststellung der Gewässergüte erfolgt in der Regel durch stichprobenartige Messungen und entsprechende Berechnungen im Rahmen einer Gewässergüteklassifizierung, welche jeweils für einen Zeitraum von 6 Jahren gilt.

Ein geplantes Aquathermieprojekt ist nach WRRL nur dann zulässig, wenn eine Verschlechterung in einer der Bewertungskategorien ausgeschlossen werden kann. Nach Artikel 4 Absatz 7 der EG-WRRL besteht aber grundsätzlich auch die Möglichkeit, in Ausnahmefällen von den Zielvorgaben der Richtlinie

abzuweichen. Ob und inwieweit diese Ausnahmen auch auf die thermische Nutzung von Gewässern anwendbar sind, bedarf jedoch einer gesonderten Prüfung und Bewertung.

Die Richtlinie enthält keine expliziten Temperaturgrenzwerte, verpflichtet die Mitgliedstaaten jedoch zur Einrichtung eines Überwachungsnetzes (Art. 8 EG-WRRL) und zur regelmäßigen Bewertung des Gewässerzustands. Die konkreten Schwellenwerte und Bewertungsmaßstäbe werden auf nationaler Ebene durch Verordnungen wie die OGewV festgelegt.

Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) setzt die Vorgaben der EG-WRRL in deutsches Recht um und bildet den zentralen Rechtsrahmen für den Schutz und die nachhaltige Bewirtschaftung der Gewässer. Ziel ist es, „die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen“ (§ 1 WHG).

Die Relevanz des Gesetzes für die Gewässernutzung durch Aquathermie ergibt sich einerseits aus der Nennung der oberirdischen Gewässer als Teil des Geltungsbereichs in § 2 WHG. Andererseits stellt die Nutzung von Wasser aus oberirdischen Gewässern durch Wärmepumpen eine Benutzung im Sinne des § 9 WHG dar. Dies gilt für offene Aquathermiesysteme, mit Wasserentnahme, und geschlossenen Systemen ohne Wasserentnahme gleichermaßen. Bei offenen Systemen erfolgt eine tatsächliche Entnahme und Ableitung von Wasser, was gemäß § 9 Absatz 1 Nummer 1 WHG als Gewässerbenutzung gilt. Bei geschlossenen Systemen hingegen liegt das Einbringen eines Stoffes, des Wärmeübertragers, vor, was im Sinne des § 9 Absatz 1 Nummer 4 WHG einer Benutzung entspricht. Damit ist für alle Aquathermie-Systeme das mit der Gewässernutzung einhergehende Genehmigungsverfahren erforderlich, einschließlich der diesbezüglichen Beachtung der jeweils geltenden Landeswassergesetze.

Gemäß § 11a Absatz 1 Nummer 4 WHG ist für die „Errichtung, den Betrieb sowie die Modernisierung einer Wärmepumpe, die Wasser aus oberirdischen Gewässern oder Abwasser als Wärmequelle nutzt“, eine ausdrückliche wasserrechtliche Erlaubnis oder Bewilligung erforderlich.

Außerdem regelt das WHG Aspekte, die mit der Gewässerbenutzung einhergehen, wie bspw. den Schutz angrenzender Flächen durch einen Gewässerrandstreifen in § 38 WHG. Dieser dient dem Erhalt der ökologischen Funktionen der Gewässer und unterliegt besonderen Nutzungsbeschränkungen. Für Aquathermieranlagen bedeutet dies, dass bauliche Maßnahmen oder technische Einrichtungen innerhalb des Randstreifens nur unter bestimmten Voraussetzungen zulässig sind.

Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV)

Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) ist eine zentrale Rechtsverordnung zur Umsetzung der EG-WRRL in deutsches Recht. Sie konkretisiert die im WHG formulierten Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer und dient dem Schutz und der nachhaltigen Entwicklung dieser Gewässer.

Ziel der OGewV ist es, den guten ökologischen und chemischen Zustand von natürlichen Oberflächengewässern sowie das gute ökologische Potenzial von künstlichen oder erheblich veränderten Gewässern zu erhalten oder wiederherzustellen.

Die OGewV legt hierzu in § 4 die maßgeblichen Qualitätskomponenten fest (z. B. biologische, hydro-morphologische und physikalisch-chemische Parameter) und konkretisiert in den Anlagen 1 bis 9 die Bewertungsmaßstäbe für den ökologischen und chemischen Zustand bzw. das ökologische Potenzial. Sie entfaltet ihre Wirkung immer dann, wenn eine Gewässerbenutzung, etwa durch eine Aquathermianlage, potenziell dazu führt, dass vorgegebene Werte nicht eingehalten werden und zur Verfehlung des Umweltziels beitragen.

Die Anwendung der OGewV ergibt sich aus § 27 WHG, der die Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer, insbesondere das Verschlechterungsverbot und das Verbesserungsgebot, formuliert, sowie aus § 23 WHG, der den Bund ermächtigt, diese Ziele durch Rechtsverordnungen näher auszugestalten. Die OGewV ist somit die konkretisierende Ausführungsverordnung zu § 27 WHG für oberirdische Gewässer.

Landesgesetzgebung: Sächsisches Wassergesetz (SächsWG)

Das Sächsische Wassergesetz (SächsWG) ist das zentrale wasserrechtliche Landesgesetz des Freistaats Sachsen. Es ergänzt und konkretisiert das WHG des Bundes und regelt die Bewirtschaftung, Nutzung und den Schutz der Gewässer im Landesgebiet. Während das WHG bundesweit gilt und die grundsätzlichen Regelungen vorgibt (z. B. Benutzungstatbestände, Erlaubnispflichten), legt das SächsWG die landesspezifische Ausgestaltung dieser Vorgaben fest, etwa durch Zuständigkeitsregelungen, Verfahrensdetails und technische Anforderungen. Das SächsWG verweist dabei auch auf die Vorgaben der OGewV und regelt deren Vollzug auf Landesebene.

Es regelt bspw. in § 6 SächsWG ergänzend zu den §§ 11, 14 und 15 WHG die Voraussetzungen für die Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis oder Bewilligung, welche auch für Aquathermianlagen erforderlich ist (vgl. auch § 11a WHG). Außerdem benennt es im § 26a Absatz 2 SächsWG die verantwortliche Stelle „für die Verfahren bei Anlagen zur Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen“, worunter auch Aquathermianlagen fallen.

Baugesetzbuch (BauGB)

Das Baugesetzbuch (BauGB) regelt die baurechtlichen Grundlagen in Deutschland, unter anderem auch die Zulässigkeit von Bauvorhaben im Außenbereich, also außerhalb von Baugebieten und zusammenhängend bebauten Ortsteilen.

Nach § 35 Absatz 1 Nr. 5 BauGB sind Anlagen zur Nutzung von Wasserenergie im Außenbereich grundsätzlich zulässig, vorausgesetzt, es stehen keine öffentlichen Belange gemäß Absatz 3 desselben entgegen und die Erschließung ist gesichert.

Für solche Vorhaben gilt gemäß § 35 Absatz 5 BauGB zusätzlich, dass sie flächensparend und unter möglichst geringer Bodenversiegelung auszuführen sind; bei bestimmten Nutzungen ist zudem eine Rückbauverpflichtung abzugeben, um nach dauerhafter Aufgabe der Nutzung die Anlage zu entfernen und versiegelte Flächen zu renaturieren.

Sächsische Bauordnung (SächsBO)

Die Sächsische Bauordnung (SächsBO) ist das zentrale Regelwerk für das Bauen im Freistaat Sachsen. Sie regelt die technischen Anforderungen an bauliche Anlagen, die Verfahren zur Genehmigung, die Zuständigkeiten der Bauaufsichtsbehörden sowie die Pflichten der Bauherren und Fachplaner. Im Unterschied zum BauGB, das die planungsrechtlichen Grundlagen vorgibt, konzentriert sich die SächsBO auf die konkrete bauliche Ausführung und die technischen Anforderungen.

Aquathermieranlagen unterliegen zwar grundsätzlich den Anforderungen der SächsBO; lediglich Leitungssysteme können gemäß § 1 Absatz 2 SächsBO teilweise von den Regelungen ausgenommen sein. Allerdings benötigen, gemäß § 60 SächsBO, Anlagen, die in oder an oberirdischen Gewässern errichtet werden und nach anderen Rechtsvorschriften zulassungsbedürftig sind, wozu auch Aquathermieranlagen zählen, keiner Baugenehmigung, Abweichung, Genehmigungsfreistellung, Zustimmung und Bauüberwachung nach der SächsBO. In diesen Fällen erfolgt die Prüfung und Zulassung durch die für den Vollzug der entsprechenden Rechtsvorschriften, wie bspw. das WHG, zuständige Behörde.

Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und „soll Menschen, Wild- und Nutztiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre, das Klima sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorbeugen sowie schädliche Umwelteinwirkungen durch Emissionen in Luft, Wasser und Boden vermeiden und vermindern“ (§1 BImSchG). Das Gesetz legt ausschließlich die grundlegenden Anforderungen fest. Die maßgeblichen, vorwiegend technischen Details für die praktische Umsetzung sind in zahlreichen Aus-

führungsverordnungen, den sogenannten Bundes-Immissionsschutzverordnungen (BImSchV), geregelt. Die 4. Verordnung zur Durchführung des BImSchG (4. BImSchV) benennt die genehmigungsbedürftigen Anlagen.

Aquathermieranlagen und Wärmepumpen fallen in keine der in Anhang 1 der 4. BImSchV aufgeführten Kategorien und damit nach aktuellem rechtlichem Stand nicht genehmigungspflichtig. Eine Genehmigungspflicht nach BImSchG kann jedoch dann bestehen, wenn die Anlage Teil einer in Anhang 1 der 4. BImSchV genannten Anlage ist, etwa eines Kraftwerks mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 MW oder mehr (Nr. 1.1) oder einer Kälteanlage mit einem Gehalt an Kältemittel $\geq 3\text{t}$ Ammoniak (Nr. 10.25).

Unabhängig von einer Genehmigungspflicht sind bei Planung und Betrieb stets die allgemeinen Anforderungen des BImSchG zur Vermeidung schädlicher Umwelteinwirkungen zu beachten.

Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2023/2413 für Zulassungsverfahren nach BImSchG, WHG und BauGB

Das Gesetz zur Umsetzung von Vorgaben der Richtlinie (EU) 2023/2413 führt Änderungen unter anderem im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und im Bundes-Immissionsschutzgesetz ein und harmonisiert die Verfahren zur Genehmigung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie.

Für die thermische Gewässernutzung durch Aquathermie sind vor allem die Neuregelungen des § 11a WHG relevant, der nun ein strukturiertes, digitalisiertes und fristgebundenes Erlaubnis- und Bewilligungsverfahren für Wärmepumpen vorsieht, die Wasser aus oberirdischen Gewässern oder Abwasser als Wärmequelle nutzen. Aquathermieranlagen werden damit ausdrücklich als genehmigungspflichtige Vorhaben eingeordnet und unterliegen einer beschleunigten, verbindlich terminierten Verfahrensführung (z. B. Drei-Monats-Frist bei Anlagen bis 100 kW, sofern eine rechnerische Temperaturabsenkung nach vollständiger Durchmischung von 1 Kelvin nicht überschritten wird), sobald vollständige Unterlagen vorliegen. Das Gesetz verpflichtet die Behörden außerdem zur Bereitstellung eines einheitlichen digitalen Zugangs und eines Verfahrenshandbuchs, wodurch Antragstellung und Kommunikation vereinfacht werden. Für die thermische Gewässernutzung besonders bedeutsam ist, dass die Prüfung der gewässerökologischen Auswirkungen – einschließlich der Einhaltung der Bewirtschaftungsziele nach § 27 WHG – integraler Bestandteil des beschleunigten Verfahrens bleibt.

Insgesamt führt das Gesetz zu einer klaren Verfahrensstruktur, verbindlichen Behördenfristen und einer deutlichen Stärkung der Planungs- und Genehmigungssicherheit für Aquathermieranlagen, ohne die bestehenden wasserrechtlichen Schutzstandards abzuschwächen.

Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)

Die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) regelt bundesweit die technischen und organisatorischen Anforderungen an Anlagen, in denen mit Stoffen gearbeitet wird, die eine Gefährdung für das Grundwasser oder Oberflächengewässer darstellen können. Für Aquathermieranlagen ist die AwSV besonders relevant, da hier Wärmeträgermedien wie bspw. Glykol-Wasser-Gemische zum Einsatz kommen, die als wassergefährdende Stoffe eingestuft werden können. Die AwSV schreibt in § 17 ff. vor, wie Anlagen geplant, gebaut, betrieben und überwacht werden müssen. Außerdem trifft sie Regelungen bezüglich der Einstufung der Stoffe und der Anforderungen an Sicherheitseinrichtungen.

Auf Wärmeträgermedien im Allgemeinen, welche Stoffe eingesetzt und wie diese eingestuft werden, geht Abschnitt 2.3.6 ein.

Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) / Natura 2000

Die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie, 92/43/EWG) ist eine EU-Richtlinie zum Schutz gefährdeter Arten und Lebensräume. Sie bildet zusammen mit der EU-Vogelschutzrichtlinie die Grundlage für das europäische Schutzgebietsnetz Natura 2000. Ziel ist dabei, die Erhaltung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustands von Arten und Lebensräumen von gemeinschaftlichem Interesse. In Sachsen umfasst es zahlreiche Fließgewässer, Seen, Auen und Feuchtgebiete, die als FFH-Gebiete oder „Special Protection Areas“ (SPA) ausgewiesen sind. Wenn ein Gewässer oder Uferbereich Teil eines Natura-2000-Gebiets ist, und eine Aquathermieranlage dort geplant oder betrieben werden soll, sind die besonderen Anforderungen, die sich aus der FFH-Richtlinie ergeben zu berücksichtigen.

Bodenseerichtlinien der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)

Die Bodenseerichtlinie ist ein internationales Regelwerk zum Schutz des Bodensees und seiner Zuflüsse. Sie geht auf das Übereinkommen über den Schutz des Bodensees gegen Verunreinigung von 1960 zurück und wurde erstmals 1967 als Richtlinie veröffentlicht. Die aktuelle Fassung stammt aus dem Jahr 2005 und wird von der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) betreut. Die Richtlinie gilt für den gesamten Bodensee sowie für angrenzende Gewässer und Einzugsgebiete in Deutschland (Baden-Württemberg und Bayern), Österreich und der Schweiz. Es ist hierbei zu beachten, dass die Bodenseerichtlinie für den Freistaat Sachsen nicht rechtsverbindlich ist, sondern als eine Art „Lex specialis“ ausschließlich für den Bodenseeraum wirkt.

Ziel der Bodenseerichtlinie ist die Sicherung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Sees. Sie enthält Vorgaben zur Reinhaltung des Wassers, zur Vermeidung von Schadstoffeinträgen und zur nach-

haltigen Nutzung. Besonders relevant sind die Regelungen zur Einleitung von Abwasser, zur Wasserentnahme, zur Wärmeeinleitung, zum Anlagenbau in Uferzonen, zur Landwirtschaft, zur Fischzucht und zur Schifffahrt.

Kapitel 5 der Bodenseerichtlinie regelt explizit die thermische Nutzung von Bodenseewasser. Dabei wird nicht nur die Kühlung, sondern ausdrücklich auch die Nutzung zur Wärmegewinnung berücksichtigt. Die Richtlinie definiert unter anderem die maximal zulässige Temperaturveränderung außerhalb eines definierten Mischungsbereichs (1 K), die Rückgabetemperatur (max. 20°C) sowie Anforderungen an die Rückleitungstechnik, um ökologische Beeinträchtigungen zu vermeiden. Um die Anzahl der Eingriffe in das Gewässer zu begrenzen, empfiehlt die Richtlinie zudem, Kleinanlagen mit einer Leistung unter 200 kW möglichst zu vermeiden.

Obwohl die Richtlinie rechtlich nicht bindend ist, dient sie als maßgeblicher Referenzrahmen für wasserbezogene Vorhaben im Bodenseeraum und wird von den beteiligten Ländern nach Maßgabe ihres nationalen Rechts umgesetzt. Sie gilt als Best-Practice-Modell für grenzüberschreitenden Gewässerschutz und wird auch außerhalb des Bodensees als fachliche Orientierung herangezogen. (IGKB, 2023)

Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und Trinkwassereinzugsgebietsverordnung (TrinkwEGV)

Nachfolgend wird der Fall der thermischen Nutzung von Wasser aus Talsperren beleuchtet werden und die ggf. damit einhergehenden zusätzlichen regulatorischen Anforderungen angerissen werden.

Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) bezieht sich auf die Nutzung von Trinkwasser. Da selbst bei der thermischen Nutzung von Talsperren keine Nutzung von Trinkwasser vorliegt, sondern lediglich die von Rohwasser, greift sie in dem angesprochenen Fall nicht.

Nach der Trinkwassereinzugsgebietsverordnung (TrinkwEGV, 2023) ist jedoch der Wasserversorger zur Gefährdungsanalyse (§ 7) und ggf. zu Risikomanagementmaßnahmen (§ 15) verpflichtet, wenn z. B. durch thermische Nutzung eine Beeinträchtigung der Rohwasserqualität droht. Das sollte zusätzlich bei der thermischen Nutzung von Talsperren berücksichtigt werden.

Betreiberhinweise zur Planung, Genehmigung und Betrieb von Wärmetauscheranlagen - Wärmegewinnung aus Fließgewässern (LfU Bayern)

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) hat in diesem Dokument die wichtigsten Hinweise zur Planung, Genehmigung und zum Betrieb von Wärmeübertrageranlagen in Fließgewässern zusammengestellt. Es informiert kompakt über die rechtlichen Anforderungen, technische Kriterien (wie zulässige Temperaturabsenkung) und die notwendigen Antragsunterlagen für Betreiber. Als Hilfestellung zur Antragstellung befindet sich in Anlage 1 dieses Dokuments eine Checkliste. (LfU Bayern, 2025)

Grundlagen und Leitlinien für eine ökologisch verträgliche Nutzung von Gewässern zur Wärme Gewinnung (LAWA)

Die Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) wurden im Jahr 2025 veröffentlicht und dienen als Vollzugshilfe für Behörden und als Orientierung für Betreiber bei der Genehmigung und Planung von Anlagen zur Wärme Gewinnung aus Gewässern. Sie sind nicht rechtsverbindlich, sollen aber eine bundesweit einheitliche Praxis fördern und die Anforderungen der EG-WRRL sowie der nationalen Gesetzgebung (insbesondere OGewV, WHG) berücksichtigen.

Ziel der LAWA- Empfehlungen ist es, die Genehmigungsfähigkeit von Anlagen sicherzustellen und gleichzeitig die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer zu erhalten. Sie definiert mögliche Mindestanforderungen für die thermische Nutzung (siehe Kapitel 4.6), die an Aquathermie-Anlagen gestellt werden können. (Leßmann & Riedmüller, 2025)

2.2 Eingrenzung der betrachteten Wärmequellen

Aquathermie bezeichnet die Nutzung von thermischer Energie aus verschiedenen Wasserressourcen. Dabei kommen grundsätzlich verschiedene Wasservorkommen in Frage:

- Oberflächenwasser (Seen, Flüsse, Kanäle, Talsperren)
- Abwasser (Abwasserleitungen, Aufbereitetes Abwasser aus Klärwerken)

Seltener auch:

- Trinkwasser oder
- Grubenwasser.

Die thermische Nutzung von Grundwasser, wird in der Regel als Form der oberflächennahen Geothermie gesehen und deshalb an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt. Grubenwasser ist Wasser, das im Zusammenhang mit Bergbau in Gruben, Schächten oder Stollen anfällt und nach dem Austritt aus dem Bergwerksbereich zu oberirdischem Wasser wird. Im Unterschied dazu bezeichnet Grundwasser allgemein unterirdisches Wasser in natürlichen Gesteins- und Bodenformationen, unabhängig von Bergbauaktivitäten.

Während Abwasser, Trinkwasser oder Grubenwasser jeweils eigene technische und regulatorische Besonderheiten aufweisen, konzentriert sich diese Untersuchung ausschließlich auf die Nutzung von Oberflächengewässern wie Flüssen, Seen oder Kanälen.

Als Besonderheit sind an dieser Stelle den bergbaubeeinflussten Stand- und Fließgewässern zu nennen. Bei diesen ist zusätzlich zu beachten, dass deren oft stark variierende oder teils schlechte Wasserqualität die Eignung für die thermische Nutzung deutlich einschränken kann. Zudem kann der Wegfall von

Sümpfungswässern, Grundwasser, das aus Bergwerken und Tagebauen gepumpt wird, im Zuge fortschreitender Flutungsprozesse die langfristige Verfügbarkeit der Wärmequelle beeinflussen. Zusätzlich können parallel bergrechtliche Anforderungen oder Abstimmungsprozesse weitere Hürden für Planung und Betrieb darstellen.

2.3 Aufbau von Aquathermie-Systemen

Ein Aquathermie-System ist grundsätzlich so aufgebaut, dass es thermische Energie aus einem Gewässer entnimmt und diese über eine Wärmepumpe auf ein nutzbares Temperaturniveau anhebt. Die Abbildung 1 stellt die zwei unterschiedlichen Prinzipien, mit Wasserentnahmen und ohne Wasserentnahme, in Fließrichtung der Energie dar. Der Prozess beginnt mit der Wärmeaufnahme aus dem Oberflächenwasser, die entweder direkt im Gewässer über eingetauchte Wärmeübertrager (geschlossenes System, Bild unteres Schema) oder außerhalb des Gewässers (offenes System, Bild oberes Schema) über einen Zwischenkreislauf, in dem das Wasser aus dem Gewässer fließt, erfolgt. Die gewonnene Wärmeenergie wird anschließend zur Wärmepumpe transportiert, die den Carnot-Kreisprozess nutzt, um die Temperatur für Heizzwecke oder Warmwasserbereitung zu erhöhen. Außerdem werden Pumpsysteme und Rohrleitungen benötigt, um die Medien zu transportieren. Zusätzlich können Strömungslenker, Fischschutzvorrichtungen sowie Filter- oder Überwachungssysteme Teil der Anlage sein, die die Technik und Ökologie überwachen und schützen.

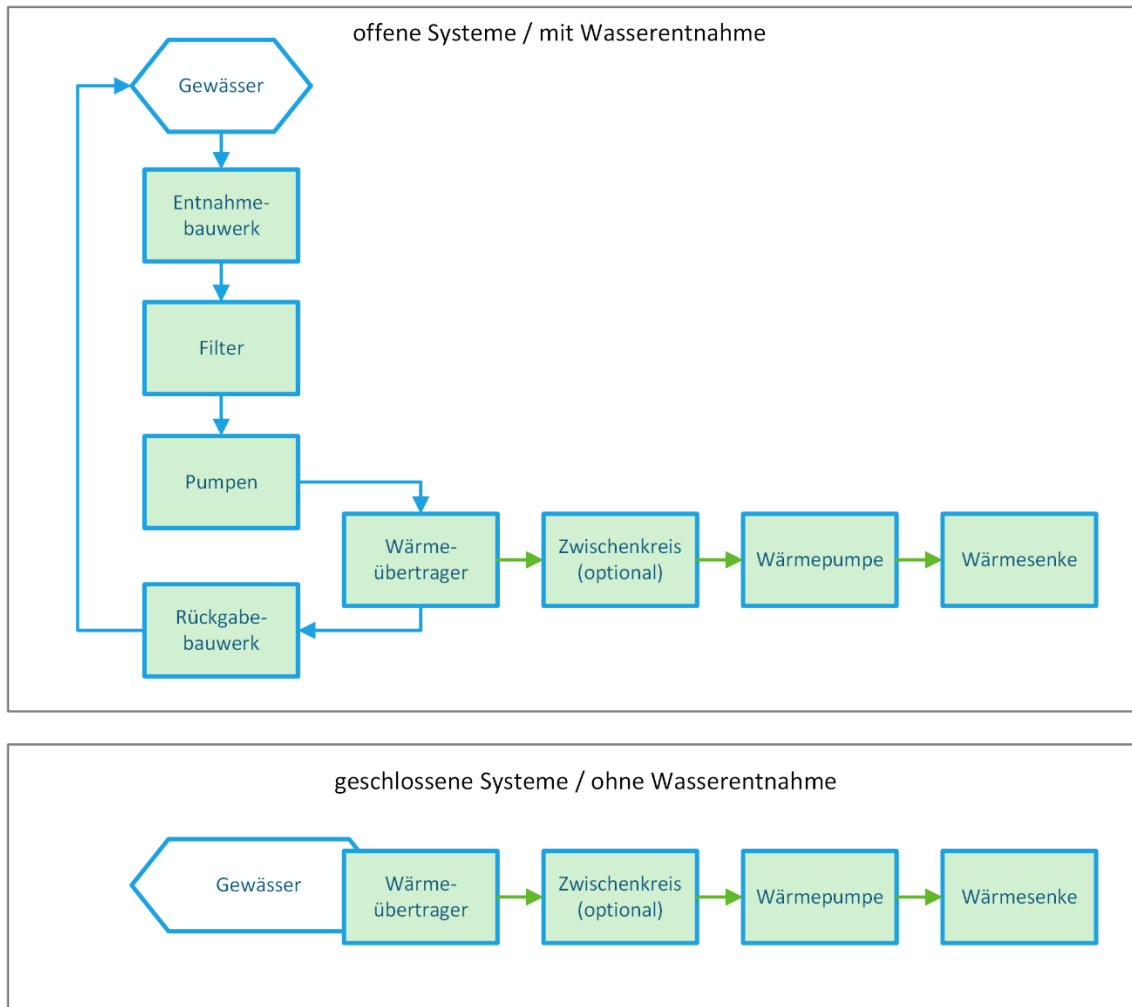


Abbildung 1: Prinzipskizze der zwei grundsätzlichen Typen von Aquathermiesystem mit deren Hauptkomponenten

Quelle: eigene Darstellung

2.3.1 Entnahmebauwerk

Ein Entnahmebauwerk bei einer Aquathermieanlage kommt nur bei offenen Systemen vor und ist eine speziell konstruierte Einrichtung, die der kontrollierten Entnahme von Wasser aus einem natürlichen Gewässer dient. Es handelt sich in der Regel um eine wasserbauliche Struktur, die so ausgelegt ist, dass sie sowohl den Schutz technischer Anlagen wie Pumpen oder Wärmeübertrager als auch den Schutz von Lebewesen im Gewässer sicherstellt. Zu den wichtigsten Funktionen zählen das Filtern von Schmutz und Organismen, damit diese nicht in die angeschlossenen Anlagen gelangen und dort Schäden anrichten können (siehe dazu auch den folgenden Punkt). Außerdem ermöglicht das Entnahmebauwerk die Regulierung des Wasserflusses, sodass je nach Betriebszustand der Wasserentzug gesteuert oder vollständig gestoppt werden kann – beispielsweise bei Niedrigwasser oder Störfällen. Weitere Aufgaben sind die Reduzierung der Ansauggeschwindigkeit zur Minimierung des Einsaugens

von Lebewesen. Maßnahmen wie Leitbleche, strömungsberuhigte Zonen und ökologische Begleitmaßnahmen tragen zusätzlich dazu bei, die Anforderungen des Gewässerschutzes zu erfüllen. Die konstruktive Umsetzung orientiert sich in der Regel an erprobten Lösungen aus anderen wasserwirtschaftlichen Anwendungsbereichen wie der Trinkwassergewinnung, Kraftwerkskühlung oder Bewässerung. Einige Beispiele von Entnahmebauwerken sind in den Projektbeschreibungen im Kapitel 4 dargestellt.

2.3.2 Filtersysteme

Filtersysteme kommen nur bei offenen Systemen zum Einsatz. Der Einsatz von Seihern, Grobfiltern und Fischschutzvorrichtungen ist ein wesentlicher Bestandteil für den sicheren und ökologisch verträglichen Betrieb von Aquathermieranlagen. Diese Komponenten verhindern das Eindringen von Treibgut und Schwebstoffen in das System und schützen gleichzeitig die Anlage vor dem Ansaugen von aquatischen Organismen, die zu Anlagenschäden führen könnten.

Filter sind üblicherweise als Grobfilter und Feinfilter mit jeweils unterschiedlichen Funktionen ausgeführt. Grobfilter mit einer Maschenweite zwischen 1,5 und 10 mm schützen Fische vor größeren Partikeln. Feinfilter hingegen halten Schwebstoffe und Kleinstlebewesen fern; sie müssen regelmäßig durch Rückspülung mit Wasser oder Druckluft gereinigt werden, wobei das Spülwasser anschließend zurückgeleitet wird.

Die Auslegung der Ansaugvorrichtungen muss so erfolgen, dass die hydraulische Belastung für Fische und wirbellose Tiere möglichst gering bleibt. Dabei ist die Maschenweite der Filter sowie die gewählte Reinigungstechnik entscheidend, da Studien zeigen, dass diese Faktoren maßgeblich die Schadwirkung beeinflussen (de Groot, Ida (Deltares), 2022).

Filter wie auch Pumpen zur Wasserentnahme unterliegen Wartungsintervallen und sind daher nicht unterbrechungsfrei zu betreiben. Aber auch bei diskontinuierlichem Betrieb der gesamten Anlage (z.B. saisonal) ist für diese Komponenten Aufwand für die Wiederinbetriebnahme nach längerer Standzeit zu berücksichtigen.

2.3.3 Rückleitungsbauwerk

Rückleitungsbauwerke kommen nur in offenen Systemen, also mit Wasserentnahme vor. Die wichtigste Funktion ist die Wiedereinleitung des thermisch genutzten Wassers. Dabei soll eine das eingeleitete Wasser möglichst ungehindert abfließen und eine gute Durchmischung mit dem thermisch unbeeinflussten Wasser ermöglicht werden. Um dies wirkungsvoll zu erreichen, kann zum Beispiel eine Vormischung mit unbeeinflusstem Wasser erzwungen werden. Dadurch wird der Temperaturunterschied zwischen eingeleitetem Wasser und umgebenden Wasser reduziert. Dies ist konzeptionell in der Abbildung

2 dargestellt. Eine Vormischung kann auch aus technischen Gründen sinnvoll sein, weil damit das entnommene Wasser bis an die technischen Grenzen abgekühlt und somit maximal thermisch genutzt werden kann. Wenn der Pumpaufwand für ein Projekt entscheidend ist, lässt sich dieser senken, indem weniger Wasser gepumpt und dieses thermisch besser genutzt wird – vorausgesetzt, das Vormischwasser muss nicht gefördert werden.

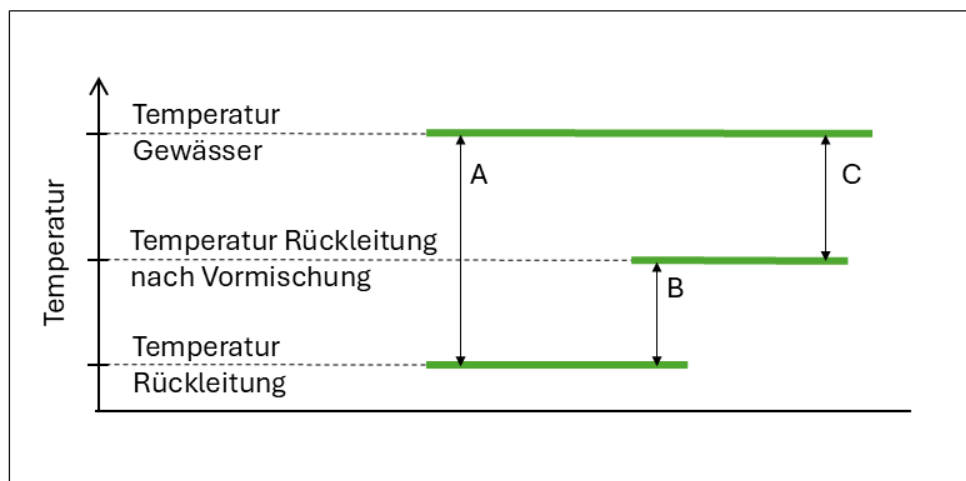


Abbildung 2: Konzeptuelle Darstellung der Reduzierung des Temperaturunterschiedes (A) an der Einleitstelle durch Vormischung (C).

Quelle: eigene Darstellung

2.3.4 Pumpsysteme und Rohrleitungen

Für die Förderung von Gewässerwasser und Wärmeträgermedien in Aquathermie-Anlagen sind robuste Pumpen- und Rohrleitungssysteme erforderlich. Die Auswahl der Pumpentypen richtet sich nach Fördermenge, Förderhöhe, Verschmutzungsgrad des Mediums und den betrieblichen Anforderungen. Typische Bauformen sind Kreisel- und Axialpumpen. Hinsichtlich der Aufstellung kann zwischen Nassschachtpumpen (Tauchpumpen im Gewässer) und Trockenschachtpumpen (Saugpumpen außerhalb des Gewässers) unterschieden werden. Als Materialien mit Wasserkontakt kommen sowohl bei Pumpen als auch bei Rohrleitungen grundsätzlich ähnliche, korrosionsbeständige Materialien in Frage wie in Abschnitt 2.3.8 für Wärmeübertrager vorgestellt.

2.3.5 Wärmeübertrager

Für die thermische Nutzung von Gewässern ist es erforderlich dem Gewässerwasser Energie zu entziehen, ohne dass es zu einer stofflichen Durchmischung kommt, was durch Wärmeübertrager (WÜ) sichergestellt werden kann. Dies kann entweder direkt im Gewässer durch die Platzierung eines WÜ im Fluss oder See erfolgen oder außerhalb des Gewässers, spätestens jedoch in der Wärmepumpe. Erfolgt die Wärmeübertragung im Gewässer, spricht man von einem geschlossenen System. Findet sie außerhalb statt und ist damit ein Transport des Gewässerwassers notwendig, handelt es sich um ein offenes

System. Zur besseren Trennung der Stoffströme können Zwischenkreisläufe eingesetzt werden, um beispielsweise Ablagerungen durch das Gewässerwasser in sensiblen Anlagenteilen zu vermeiden oder im Havariefall ein Freisetzen des Wärmeträgermediums in die Umwelt zu verhindern. Dabei ist zu beachten, dass für die Wärmeübertragung stets eine Temperaturdifferenz (ΔT) erforderlich ist. Mit jedem weiteren WÜ verringert sich die für die Wärmepumpe verbleibende Temperaturdifferenz, was die Systemeffizienz direkt negativ beeinflusst. Das heißt, dass mit jedem Zwischenkreislauf die Effizienz des Gesamtsystems sinkt. In Abbildung 3 sind die möglichen Anlagenkonfigurationen offener und geschlossener Aquathermie-Anlagen zur Wärmeauskopplung aus Oberflächengewässern grafisch dargestellt.

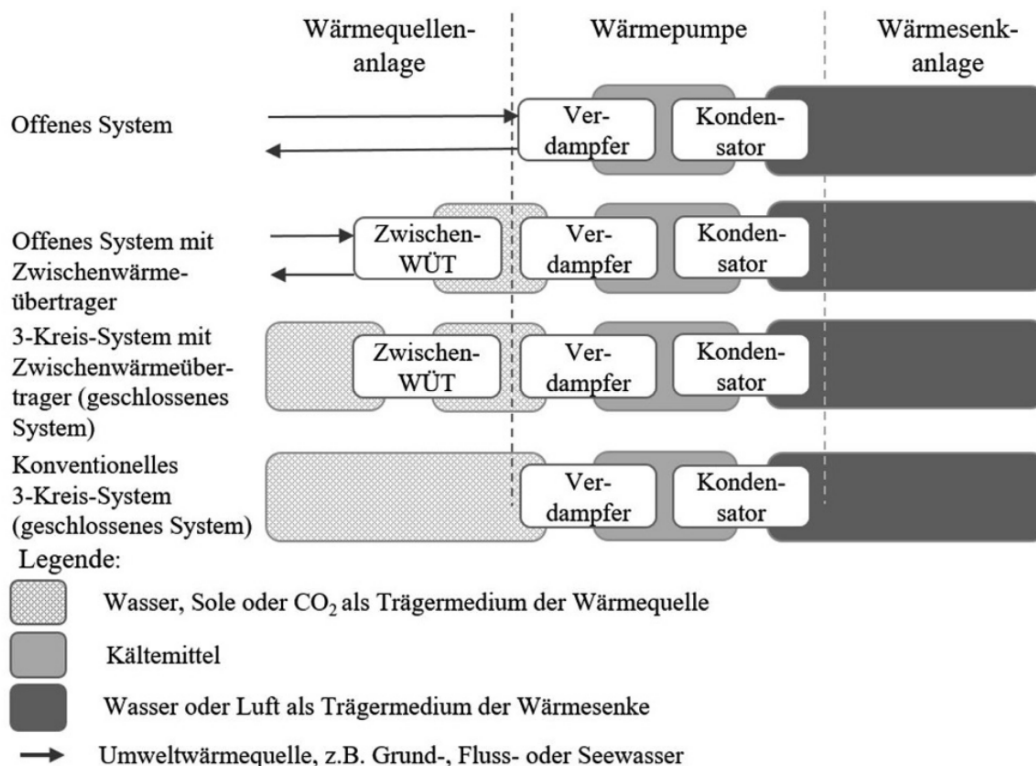


Abbildung 3: Systematisierung der Möglichkeiten zur Gewässereinbindung

Quelle: (Kammer, 2018)

Eine gute Wärmeübertragung wird durch eine kontinuierliche Umströmung der WÜ-Flächen unterstützt. Bei Flüssen mit einer natürlichen Strömung ist dies bereits grundsätzlich sichergestellt. Für den Einsatz in stehenden Gewässern wie Seen oder Talsperren, kann ein Rührwerk, welches eine künstliche Umströmung der WÜ-Flächen erzeugt die Leistungsfähigkeit des WÜ deutlich steigern.

Die Auswahl der passenden Bauform des Wärmeübertragers hängt von vielen Faktoren wie dem Ort der Installation, der Verschmutzungsneigung, dem Wartungsaufwand und den vorhandenen Platzverhältnissen ab. Für Aquathermie-Anlagen ist der Einsatz folgender Wärmeübertrager vorstellbar:

- Platten-Wärmeübertrager: kompakte Bauweise, hohe Wärmeübertragungsleistung und gute Reinigungsmöglichkeiten, Einsatz vor allem in Zwischenkreisläufen und bei geschlossenen Systemen (multiQ, 2025)
- Rohrbündel-Wärmeübertrager: robust, eignen sich für größere Volumenströme, Installation direkt im Gewässer oder in offenen Systemen möglich (HUBER SE, 2024)
- Schlangenrohr-Wärmeübertrager: einfache Konstruktion, robust und kostengünstig, geeignet für offene Systeme, direkt im Gewässer oder indirekt bspw. bei Energiespundwänden umsetzbar

Des Weiteren sind Sonderformen wie die Nutzung von Spiral-Wärmeübertrager (Danfoss, 2020), diversen Schlauchsystemen oder bspw. auch alten Radiatoren (MEFA Energy Systems & Wolthekker, 2022) möglich. Ergänzend werden zwei weitere Sonderformen der Wärmeauskopplung aus Gewässern in separaten Steckbriefen berücksichtigt:

- Die Vakuum-Eis-Technologie, bei der durch kontrollierte Vereisung des Gewässerwassers in der Anlage thermische Energie aus der Erstarrungsenthalpie bereitgestellt wird. (ILK Dresden et al., 2023)
- Die thermische Bauteilaktivierung nutzt bauliche Elemente zur Wärmeübertragung, um beispielsweise mit Energiespundwänden Energie aus einem Gewässer zu gewinnen (Future Energy Technologies PLC, 2022).

Bei der Planung des Wärmeübertragers ist auch die Materialauswahl wichtig. Dabei spielen Korrosionsbeständigkeit, thermische und mechanische Stabilität, Wärmeleitfähigkeit, Ökotoxizität eine wichtige Rolle.

Edelstahl ist dabei ein oft eingesetztes Konstruktionsmaterial, da es viele der positiven Eigenschaften mit sich bringt. Es ist robust, rostet nicht und eignet sich gut für den Kontakt mit Wasser, und ermöglicht einen guten Wärmedurchgang (HUBER SE, 2024). Kunststoffe wie PE oder PP werden teilweise verwendet. Es ist vielseitig einsetzbar, korrosionsbeständig, aber ermöglicht nur einen geringeren Wärmedurchgang und hält nur relativ niedrigen Temperaturen und Drücken stand (FRANK GmbH, 2023; multiQ, 2025). Kupfer leitet Wärme zwar sehr gut, ist aber nicht geeignet für offene Systeme mit Fluss- oder Seewasser, weil es dort schnell korrodiert. Die Wahl des Materials für die Wärmeübertrager muss grundsätzlich die Lebensdauer der Anlage, die Wartungsfreundlichkeit, sowie die ökologische Verträglichkeit berücksichtigen. (Kammer, 2018)

Einige Wärmeüberträger setzen im Betrieb auch Kugelreinigungssysteme zur kontinuierlichen Reinigung der Rohre und Wärmeübertrager ein (Taprogge, 2025b). Das TAPROGGE-System reinigt Wärmetauscherrohre kontinuierlich während des Betriebs („Online-Reinigung“). Reinigungskugeln werden über eine Einspeisung in den Kühlwasserstrom vor dem Wärmetauscher eingebracht. Sie sind etwas größer als der Rohrinnendurchmesser und werden durch den Wasserstrom durch die Rohre gedrückt. Durch ihre Elastizität erzeugen sie einen leichten Anpressdruck, der Ablagerungen wie biologisches Fouling, Kalk oder Sedimente entfernt. Nach dem Durchlauf werden die Kugeln in einer Rückführschleuse gesammelt und erneut in den Kreislauf eingespeist.

2.3.6 Wärmeträgermedium

Das Wärmeträgermedium spielt ebenfalls eine wichtige Rolle in Aquathermie-Anlagen, da es für den Energietransport aus dem Gewässer zur Wärmepumpe verantwortlich ist. Je nach Systemkonfiguration können unterschiedliche Medien zum Einsatz kommen. In geschlossenen Systemen befindet sich der WÜ direkt im Gewässer. Dadurch dass es in einem separaten Kreislauf strömt und die Wärme durch die WÜ-Wände hindurch aufnimmt, kommt es mit dem Gewässerwasser nicht in direkten Kontakt. In offenen Systemen hingegen wird das Gewässerwasser aktiv durch den WÜ des Zwischenkreislafs oder der Wärmepumpe geleitet. Dabei ist das Gewässerwasser selbst ein Wärmeträgermedium. Auf der anderen Seite des WÜ befindet sich dann ein anderes Wärmeträgermedium in einem nachgeschalteten Zwischenkreislauf, welches dann den weiteren Energietransport in die sensibleren Anlagenteile, wie der Wärmepumpe übernimmt.

Im Schadensfall muss immer sichergestellt werden, dass das Wärmeträgermedium keine stofflichen Belastungen verursachen kann. Dies kann bspw. durch die Auswahl eines aus ökologischer Sicht unbedenklichen Fluids, die Anpassung der Stoffkonzentration des eingesetzten wassergefährdenden Stoffes oder durch ein Havarie-Konzept, welches ein Austreten zuverlässig verhindert, geschehen.

Typische Medien sind hier Wasser, Wasser-Glykol-Gemische oder in seltenen Fällen auch andere Flüssigkeiten wie Sole- oder Kaliumacetatlösungen. Diese Medien müssen eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweisen und gleichzeitig frostsicher sein, da sie ganzjährig betrieben werden. Um verschiedene weitere positive Eigenschaften zu erreichen, können Zusätze dem Wärmeträgermedium zugegeben werden. Dies können Korrosionsinhibitoren, Lösungsmittel, Farb- und Duftstoffe, Tenside, Alkalien oder Antischaummittel sein. Deshalb ist es wichtig alle Zusätze mit ihren möglichen Umweltauswirkungen zu berücksichtigen. (Ilieva et al., 2014)

Eine Übersicht über in den Anlagen genutzte Wärmeträgermedien und deren WGK gibt Tabelle 3. Für die Zusammenstellung der Fluide wurde die Positivliste der "Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren" herangezogen.

(Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2025)

Sobald Stoffe mit einer Wassergefährdungsklasse eingesetzt werden, ist die „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (AwSV) zu berücksichtigen.

Tabelle 3: Übersicht möglicher Wärmeträgermedien nach aus den Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren mit Wassergefährdungsklasse und Anteil an WGK 1-Stoffen.

Hauptbestandteil des Wärmeträgermediums	Wassergefährdungsklasse (WGK)	Üblicher Anteil [Massen-%]
Ethylenglykol	1	22-100
Propylenglykol	1	26- 100
Hauptbestandteile von Wärmeträgermedien, die nicht den Kriterien der LAWA-Empfehlungen entsprechen*		
Wasser	nwg	97-100
Ethanol/Glycerin	1	20,9
Ethanol	1	15,92 - >20
Dinatriumsuccinat/ Ethanol	1	21,3
Ethanol/ Propan-1,3-diol	1	36
1,3-Propandiol	1	30
Triethylenglykol	1	90
*Obwohl die hier genannten Wärmeträgermedien in ihrer Hauptkomponente nicht explizit den LAWA-Empfehlungen entsprechen, sind sie hinsichtlich ihres Potenzials zur Gewässergefährdung vergleichbar mit den dort empfohlenen Stoffen oder sogar als nicht wassergefährdend (nwg) eingestuft. Daher können sie aus wasserwirtschaftlicher Sicht eine sinnvolle Alternative zu den im oberen Abschnitt der Tabelle aufgeführten Wärmeträgermedien sein.		

Quelle: (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2025)

2.3.7 Wärmepumpen

Die Wärmepumpe ermöglicht die Nutzung von Wärmequellen mit einem niedrigen Temperaturniveau, wie bspw. Umgebungsluft, Grundwasser oder Wasser aus Oberflächengewässern, für die Raumheizung oder Warmwasserbereitung auf einem höheren Temperaturniveau. Dabei wird der Wärmequelle thermische Energie entzogen und durch das Wärmepumpensystem, meist mittels elektrisch betriebener Verdichter, auf ein höheres Temperaturniveau angehoben. Umgekehrt kann das System auch zur Kühlung eingesetzt werden, vergleichbar mit dem Prinzip eines Kühlschranks.

Das grundlegende Funktionsprinzip einer Wärmepumpe, dargestellt in Abbildung 4, basiert auf einem thermodynamischen Kreisprozess (linksläufiger Carnot-Prozess), bei dem ein Kältemittel durch vier Hauptkomponenten geführt wird: Verdampfer (1), Verdichter (2), Kondensator/Verflüssiger (3) und Expansionsventil (4). Im Verdampfer nimmt das Kältemittel bei niedriger Temperatur Wärme aus der Umgebung (z. B. Luft, Wasser oder Sole) auf und verdampft. Der Dampf wird im Verdichter komprimiert, wodurch seine Temperatur steigt. Im Kondensator gibt der heiße Dampf die Wärme an das Heizsystem ab und kondensiert wieder.

Über das Expansionsventil gelangt das Kältemittel zurück in den Verdampfer und der Kreislauf beginnt von vorn. Als Kältemittel kommen sowohl natürliche, wie Kohlendioxid, Ammoniak oder Propan, als auch synthetische Kältemittel, wie beispielsweise verschiedene Fluorkohlenwasserstoffe, in Frage. Die Wahl des Kältemittels beeinflusst maßgeblich die Effizienz der Wärmepumpe sowie den möglichen Einsatzbereich hinsichtlich der Temperaturniveaus. Ein Überblick möglicher Kältemittel mit einer Auswahl an Eigenschaften wird in Tabelle 4 gegeben.

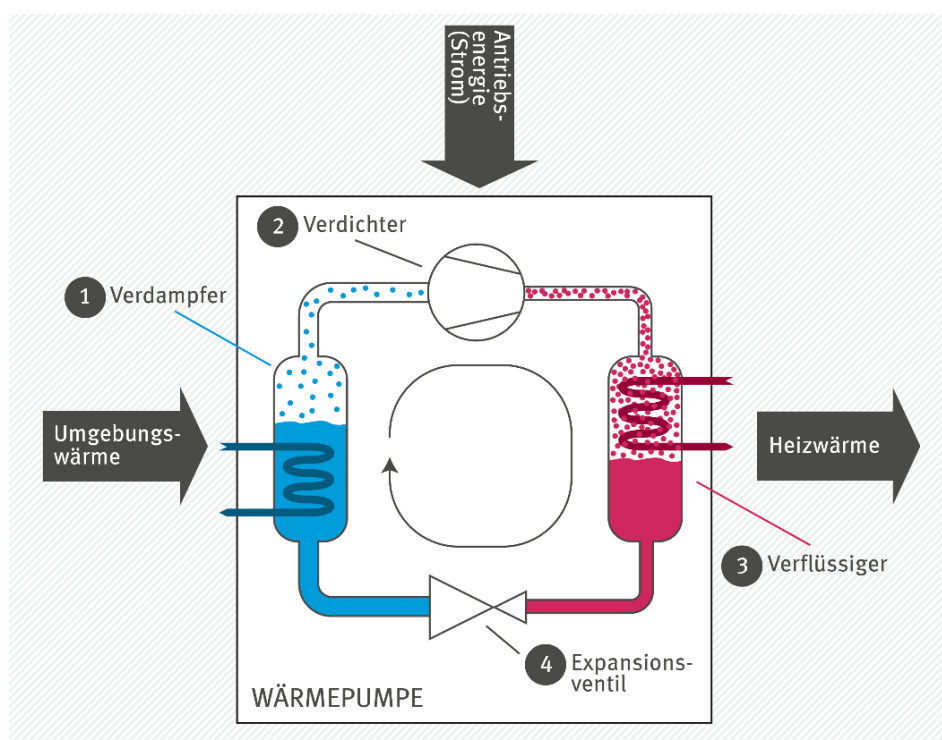


Abbildung 4: Grundprinzip einer Kompressionswärmepumpe mit Verdampfer (1), Verdichter (2), Verflüssiger (3) und Expansionsventil.

Quelle: (Umweltbundesamt (UBA), 2025)

In der Praxis kommen vor allem Kompressionswärmepumpen zum Einsatz, welche mit einem elektrisch betriebenen Verdichter arbeiten. Dabei ist die Wärmepumpe, gerade bei Aquathermie-Anlagen, aus technischer Sicht relativ unabhängig von der genutzten Wärmequelle, da diese in erster Linie lediglich die Energie bereitstellt, aber in der Regel stofflich durch einen Zwischenkreislauf voneinander getrennt

werden. Aber auch wenn die Wärmepumpe keinen direkten Kontakt zum Gewässer hat, ist der Betrieb für die Ökologie des Gewässers durchaus relevant. Besonders schnelle oder häufige Änderungen der Betriebsweise können bspw. zu kurzfristigen Temperaturveränderungen an der Schnittstelle zum Gewässer führen. Das kann für die Gewässerökologie problematisch werden, da sie empfindlich auf Temperaturschwankungen reagieren.

Der COP-Wert (Coefficient of Performance) ist eine zentrale Kennzahl zur Bewertung der Effizienz von Wärmepumpen unter standardisierten Laborbedingungen. Er beschreibt das Verhältnis zwischen der abgegebenen Wärmeleistung und der eingesetzten elektrischen Energie und wird gemäß der Norm EN 14511 ermittelt. Wichtig ist, dass der COP-Wert stets im Zusammenhang mit den verwendeten Temperaturbedingungen angegeben wird (z. B. A2/W35 für Luft bei 2°C und Wasser bei 35°C), um eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Wärmepumpen zu gewährleisten. Da der COP unter idealisierten Bedingungen gemessen wird, dient er vor allem als Grundlage für weiterführende Berechnungen wie die Jahresarbeitszahl (JAZ), die reale Betriebsbedingungen wie zum Beispiel Teillastverhalten und Nebenstrombedarfe berücksichtigt.

Tabelle 4: Beispiele für Kältemittel mit ausgewählten Eigenschaften, welche in Wärmepumpen zum Einsatz kommen.

Eigenschaft	Ammoniak (NH ₃)	Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	Propan (C ₃ H ₈)	Tetrafluorpropen (C ₃ H ₂ F ₄)
Kältemittel-Nomenklatur	R717	R744	R 290	R1234ze
Treibhauspotenzial	0	1	3	7
Sicherheitsklasse	schwer entzündlich, erhöhte Toxizität	unbrennbar	hoch entzündlich	schwer entzündlich
Wassergefährdungsklasse	WGK 2 – deutlich wassergefährdend	WGK 0 – nicht wassergefährdend	WGK 0 – nicht wassergefährdend	WGK 1 – schwach wassergefährdend

Quelle: (Pieper, 2025)

Je höher die Temperatur der Wärmequelle im Verhältnis zur benötigten Vorlauftemperatur des Heizsystems ist, desto geringer ist der erforderliche Temperaturhub. Ein kleiner Temperaturhub reduziert die notwendige Verdichtungsarbeit des Kältemittelkompressors, wodurch der Strombedarf sinkt und die Effizienz steigt.

Sinkt die Quellentemperatur, muss das Kältemittel auf ein entsprechend niedrigeres Temperaturniveau verdampfen, was den Druckverhältnissbereich im Kältekreis erhöht. Dies führt zu höheren Kompressorleistungen, schlechteren COP-Werten. Im Winter zeigt sich dieser Zusammenhang besonders deutlich im Vergleich unterschiedlicher Wärmequellen:

- Wasserwärmepumpen (Grundwasser oder Erdreich mit Sonde/Kollektor) nutzen eine Wärmequelle mit relativ konstanten Temperaturen (typisch etwa 8–12 °C bei Grundwasser). Dadurch bleibt der Temperaturhub auch im Winter moderat, was zu stabilen und hohen COP- bzw. JAZ-Werten führt.
- Luftwärmepumpen sind direkt von der Umgebungsluft abhängig. Im Winter kann die Quellentemperatur häufig nahe oder unter 0 °C liegen. Der erforderliche Temperaturhub ist dann deutlich größer, wodurch die Effizienz sinkt. Zusätzlich treten Energieverluste durch Vereisung des Verdampfers und notwendige Abtauzyklen auf.

Im Winter ist die Effizienz einer Wasserwärmepumpe in der Regel deutlich höher und konstanter als die einer Wärmepumpe mit der Wärmequelle Umgebungsluft. Luftwärmepumpen erfahren bei niedrigen Außentemperaturen einen spürbaren Effizienzabfall, während Wasserwärmepumpen aufgrund der stabileren Quellentemperaturen ihre Leistungsfähigkeit weitgehend beibehalten.

Neben dem Heizbetrieb können Wärmepumpen auch zur aktiven Kühlung des Gebäudes eingesetzt werden. Dies geschieht, indem der thermodynamische Prozess gezielt genutzt wird, um Wärme aus dem Gebäudeinneren aufzunehmen und an die eigentliche Wärmequelle, im Falle der Aquathermie an das Gewässer, abzuführen. Dabei arbeitet die Wärmepumpe wie im Heizbetrieb, allerdings wird die Wärme an der Gebäudeseite entzogen und über den Verdampfer bzw. Rückkühler an die Quelle abgegeben. Diese Betriebsweise ermöglicht effiziente und stabile Kühlleistungen, erfordert jedoch eine entsprechende Berücksichtigung im Genehmigungsprozess um einen zusätzlichen Wärmeeintrag gerade im Sommer, wo der höchste Kühlbedarf besteht, auf ein vertretbares Maß zu begrenzen. Die Möglichkeit zur Nutzung der Wärmepumpe zur aktiven Kühlung muss bereits konstruktiv vorgesehen sein, da hierfür spezifische Leitungsführungen, zusätzliche Ventile sowie eine entsprechend eingerichtete Anlagensteuerung erforderlich sind

2.3.8 Wärmesenke

Die Ausgestaltung der Wärmesenke hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Effizienz und den Betrieb einer Aquathermieanlage. Insbesondere das Temperaturniveau der Wärmesenke bestimmt die zu erreichende Leistungszahl der Wärmepumpe und damit deren Energiebedarf für den Antrieb. Je niedriger die erforderliche Vorlauftemperatur, desto effizienter arbeitet die Anlage. Typische Wärmesenken können Gebäudeheizungssysteme, Nah- bzw. Fernwärmenetze oder industrielle Anlagen sein. Bei jeder

Senke sind die Anforderungen an die Temperatur, die hydraulische Einbindung und die Regelbarkeit zu berücksichtigen.

In Anlagen mit niedrigerer Abnahme ist aufgrund des schwankenden Wärmebedarfs eher ein fluktuierender Betrieb zu erwarten, während Anlagen die in ein größeres System, wie ein Wärmenetz, eher kontinuierlich betrieben werden können. Der Einsatz eines Wärmespeichers kann die Betriebsweise entscheidend beeinflussen, indem er Lastspitzen und -flauten ausgleicht und einen gleichmäßigeren Betrieb ermöglicht.

2.4 Typisierung und Bewertung von Aquathermie-Systemen in Bezug auf Gewässerwirkungen

Nachdem im vorgenannten Kapitel die Funktionsweisen der grundsätzlichen Komponenten Aquathermieanlagen beschrieben wurden, soll in diesem Kapitel ein Überblick über mögliche Umweltauswirkungen der Anlagentypen erfolgen.

Für die Typisierung der Aquathermie-Anlagen gibt es eine Vielzahl an Parametern, hinsichtlich der eine Differenzierung erfolgen kann. Einen systematischen Überblick hinsichtlich welcher Kriterien eine Einteilung möglich ist gibt Abbildung 5. Dabei wird zwischen anlagenseitigen, gewässerseitigen und verbrauchsseitigen Aspekten unterschieden.

Aus diesen Parametern wurden relevante ausgewählt, um eine Einteilung in verschiedene Anlagentypen vorzunehmen, welche im Rahmen der Steckbriefe weiter betrachtet werden.

- Entnahmesystem (offen, geschlossen)
- Nutzungsart (Heizen, Kühlen, Kombination)
- Gewässertyp (stehend, fließend)

Die Typisierung wird vorgeschlagen, um Genehmigungsbehörden bei der Bewertung der Umweltauswirkungen von Projekten zu unterstützen und den Genehmigungsprozess zu vereinfachen. Der Vorschlag ist ein erster Schritt und kann im Rahmen der Bewertung der Umweltrisiken noch weiter ausgearbeitet werden.

In der Tabelle 5 sind die relevanten möglichen Umweltauswirkungen je nach Gewässerart und Anlagentyp von Aquathermieanlagen aufgeführt.

Tabelle 5: Relevante mögliche Umweltrisiken und Aquathermieranlagen je nach Anlagentyp und Gewässerart.

Fließende Gewässer / Kanäle					
F	Stehende Gewässer / Seen / Teiche				
	S	Offene Systeme / mit Wasserentnahme			
		O	Geschlossene Systeme / ohne Wasserentnahme		
			G	Relevante mögliche Umweltrisiken	Beispiel möglicher Maßnahme
x		x	x	Reduzierung Durchfluss bei Trockenphasen, Niedrigwasser	Sicherung des Mindestabflusses der Gewässer durch geeignete Konstruktion
x	x	x		Tötung von Kleinstlebewesen	Begrenzung maximal entnommener Anteil
x	x	x		Verletzung oder Tötung von größeren Lebewesen wie Fischen	- Grobfilter festgelegter Maschenweite - Festlegung Maximale Anströmgeschwindigkeit bei Entnahme - Schutzgitter
x	x	x		Verschlechterung chemische Wassereigenschaften durch Entgasung oder Ausfällung	- Vormischung vor Wiedereinleitung - Nachkonditionierung von Wiedereinleitung
x	x	x	x	Verschlechterung chemische Wassereigenschaften durch Eintrag von wassergefährdenden Stoffen aus Arbeitsmedien der Anlage	- Verwendung nicht wassergefährdender Stoffe und Materialien - Zurückhaltung z.B. durch Doppelwandige Wärmeübertrager oder Zwischenkreise - Überwachung und Havariekonzept
x	x	x	x	Verschlechterung chemische Wassereigenschaften durch Eintrag von wassergefährdenden Stoffen aus der Abnutzung (z.B. Abrasion in Kunststoffrohrleitungen, etc.)	- Vorrangiger Einsatz von Edelstahl in Rohrleitungen - geringe Strömungsgeschwindigkeiten für reduzierte Abrasion - Vorreinigung des entnommenen Wassers durch Feinfilter. - Verwendung nicht wassergefährdender Materialien bei Einsatz von Reinigungskugeln
x	x	x	x	Verschlechterung thermische Wassereigenschaften durch lokale Temperaturabsenkung	- Einhaltung maximaler Temperaturdifferenz zw. eingeleitetem und umgebenden Wasser - Optimierte Wahl der Entnahme und Einleitstelle - Mischungszonen z.B. vor Einleitung vorsehen - Begrenzung des Anteils thermisch genutzten Wassers
x			x	Verengung des Querschnitts durch Bauwerke im Gewässer als Risiko im Hochwasserfall	Reduzierung zulässige Verengung je nach Hochwasserrisiko.

Quelle: eigene Recherche

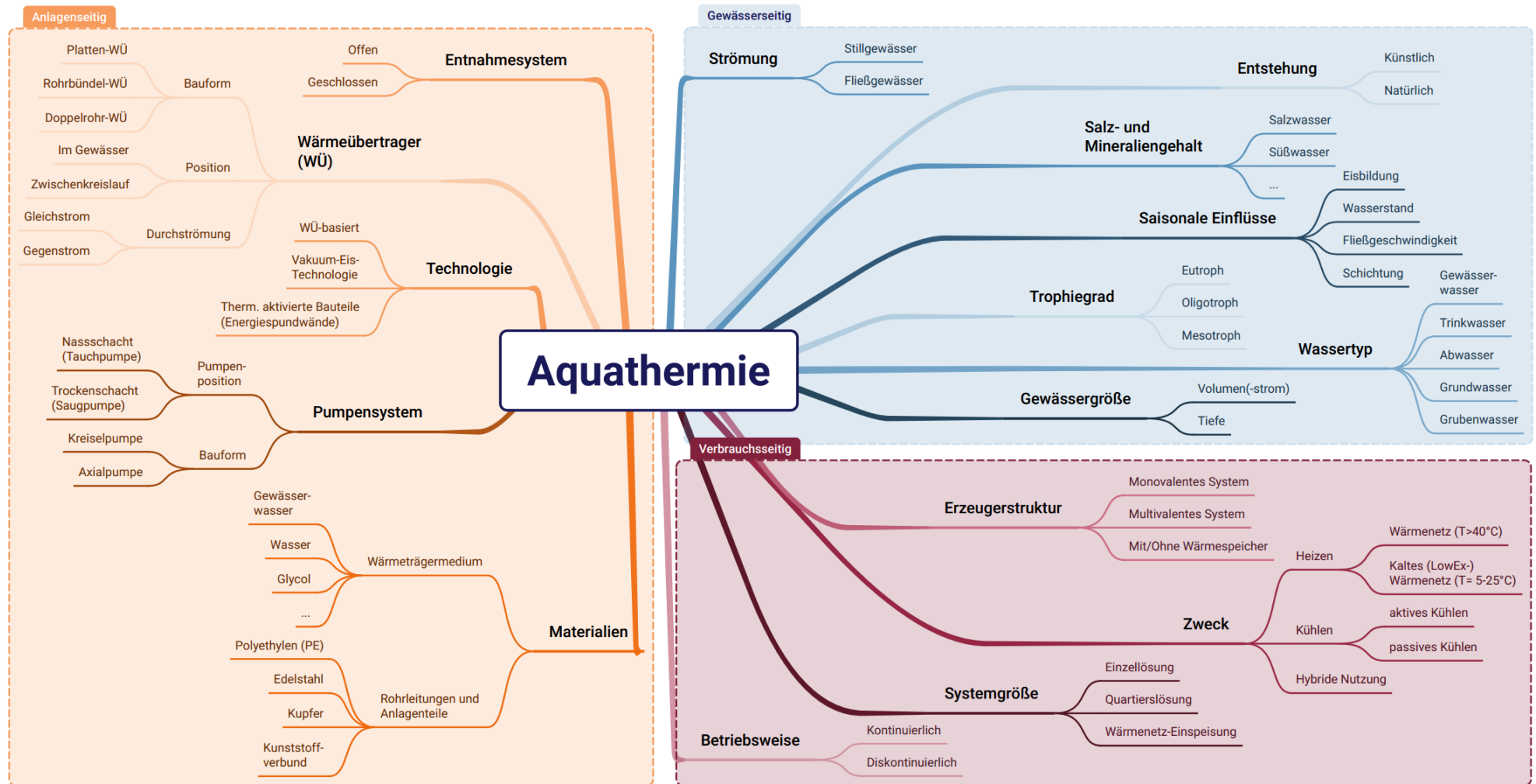


Abbildung 5: Übersicht möglicher Einteilungskriterien von Aquathermieranlagen.

Quelle: eigene Darstellung

3 Marktanalyse

Zu Beginn der Marktanalyse stand eine umfassende Recherche zu bereits umgesetzten sowie geplanten Aquathermieprojekten in Deutschland und angrenzenden Regionen. Die Ergebnisse dieser Recherche sind in der Tabelle 6 dargestellt. Dabei handelt es sich um eine Auswahl von Projekten. Weitere sowie geplante Projekte können in der *Flusswärmepumpendatenbank* der Landes Energie Agentur Hessen sowie des Fraunhofer IEG und zukünftig über den sich derzeit in Entwicklung befindenden *Aquathermie-Viewer Deutschland* der TU Darmstadt eingesehen werden (Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik - TU Darmstadt, o. J.; Fraunhofer IEG & LEA Hessen, o. J.).

Basierend auf der Projektliste (Tabelle 6) werden im weiteren Verlauf Steckbriefe mit detaillierten Informationen zu ausgewählten Projekten vorgestellt (Kap. 3.2), wobei diese in der Projektübersicht durch Fettdruck hervorgehoben sind. Zudem wurden Interviews mit Betreibern, Planern und Wissenschaftlern geführt (3.3). Das Kapitel schließt mit einer Übersicht aktuell verfügbarer Wärmeübertrager-Typen von Herstellern aus der DACH-Region und einem Technologievergleich ab (Kap. 3.4).

3.1 Aquathermie Projektliste

Tabelle 6: Übersicht über laufende und geplante Aquathermieprojekte in Deutschland und weiteren europäischen Staaten. (Kein Anspruch auf Vollständigkeit; fett = Steckbriefe im Bericht)

Inbetriebnahme	Ort, Land	Gewässer	Koordinator/ Betreiber	therm. Leistung [MW]	System- typ
2024	Neukieritzsch, Sachsen	Hainer See	Quartiersenergie	0,16	geschlossen
2023	Mannheim, Baden-Württemberg	Rhein	MVV Energie AG	20	offen
2028	Mannheim, Baden-Württemberg	Rhein	MVV Energie AG	150	offen
	Mannheim, Baden-Württemberg		MVV Energie AG	100	
	Köln, Nordrhein-Westfalen	Rhein	RheinEnergie AG	150	geschlossen
2021	Lemgo, Nordrhein-Westfalen	Bega	Stadtwerke Lemgo	1	offen
	Hamburg	Elbe	Hamburger Energiewerke	60	
	Hamburg	Bille, Elbe	Hamburger Energiewerke	230	
	Esbjerg, Dänemark	Nordsee	DIN Forsyning	70	

Inbetriebnahme	Ort, Land	Gewässer	Koordinator/ Betreiber	therm. Leistung [MW]	System- typ
	Aalborg, Dänemark	Limfjord	Aalborg Forsyning	176	
2025	Wittenberge, Brandenburg	Stepenitz	Stadtwerke Wittenberge	1,1	offen
2023	Berlin, Berlin	Spree	BTB	7	
	Genf, Schweiz	Genfersee	Services Industriels de Genève, Thermique	3	offen
	St. Moritz, Schweiz	St. Moritzersee	-	1,1	offen
	Kings Mill Hospital, United Kingdom	Kings Mill Reservoir	-	5	
2015	Rapperswil, Schweiz	Zürichsee	-	0,28	offen
2005	Wädenswil, Schweiz	Zürichsee	-	0,7	offen
	Wassenach, Rheinland-Pfalz	Laacher See	-	0,1	offen
2007	Cunewalde, Sachsen	Trutzmühlenteich	-	0,09	geschlossen
	Zittau, Sachsen	Mandau	Hochschule Zittau/Görlitz	0,25	offen
2024	Wohlen, Schweiz	Wohlensee	-	3	
2026	Jena, Thüringen	Saale	Stadtwerke Energie Jena-Pößneck	20	offen
	Rosenheim, Bayern	Mühlbach	Rosenheimer Stadtwerken	4,5	
2027	Bamberg, Bayern	Regnitz	Stadtwerke Bamberg	10	offen
2019	Feldberg, Mecklenburg-Vorpommern	Feldberger Haussee	-	0,0254	Energiespundwand
2022	Potsdam, Brandenburg	Havel	HQP Potsdam GmbH & Co. KG	0,192	Energiespundwand

Inbetriebnahme	Ort, Land	Gewässer	Koordinator/ Betreiber	therm. Leistung [MW]	Systemtyp
2021	Niederlande	-	Compagnieshaven Enkhuizen B.V	0,045	Energiespundwand
	Lauterecken, Rheinland-Pfalz	Lauter	-	0,232	offen
	Friedberg, Hessen	Wetter	-	0,009	geschlossen
	Walting, Bayern	Altmühl	-	0,04	geschlossen
	Fürth, Bayern	Rednitz	-	0,8	offen
	Ismaning, Bayern	Seebach	-	0,058	offen
	Esslingen, Baden-Württemberg	Neckar	-	0,765	offen
	Bamberg, Bayern	Regnitz	-	2,4	offen
	Wesseling, Nordrhein-Westfalen	Rhein	-	0,25	offen
2018	Paderborn, Nordrhein-Westfalen	Pader	Biohaus-Stiftung für Umwelt und Gerechtigkeit	0,017	geschlossen
2026	Gießen, Hessen	Lahn	Stadtwerke Gießen	5,322	offen
	Nürnberg, Bayern	Rednitz	N-Ergie	30	-
2026	Eschweiler, NRW	Inde		0,8	offen

Quelle: eigene Recherche

3.2 Steckbriefe ausgewählter Projekte

Um die Vielfalt und Besonderheiten der ausgewählter Aquathermie-Anlagentypen übersichtlich darzustellen, werden von sechs in Tabelle 6 zusammengestellten Anlagen jeweils eigene Steckbriefe erstellt.

Diese Steckbriefe fassen die wichtigsten technischen und betrieblichen Informationen sowie relevante Beispielprojekte. Ziel ist es, einen schnellen und praxisnahen Überblick über die jeweiligen Systeme zu ermöglichen und diese hinsichtlich zentraler Kriterien vergleichbar zu machen.

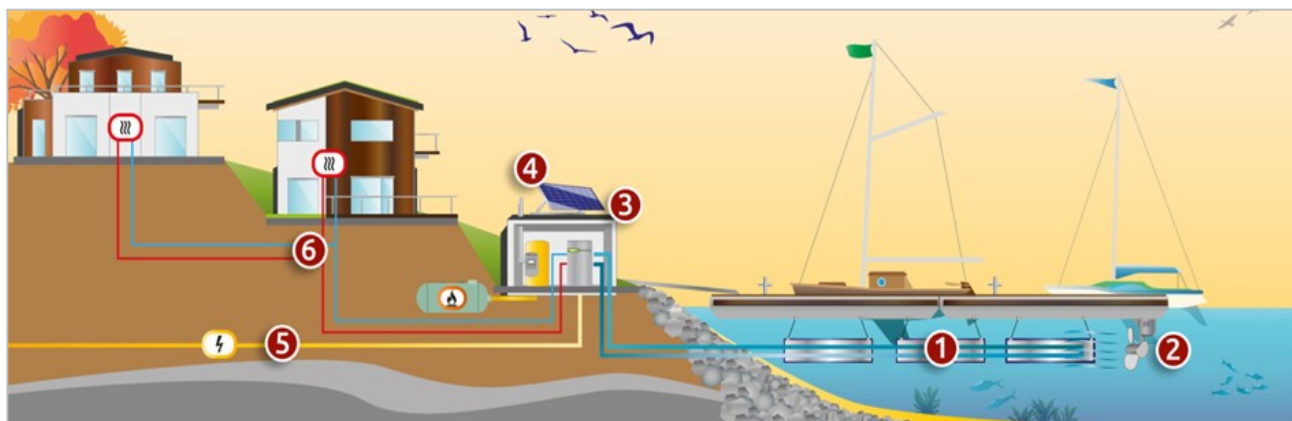
3.2.1 Steckbrief Aquathermie-Anlage 1 Hainer See

Steckbrief Aquathermie-Anlage 1 Hainer See

Typisierung

Gewässertyp	stehend	Anlagengröße	klein (<500 kW)
Entnahmesystem	geschlossen	Wärmeübertragung	WÜ-basiert
Nutzungsart	Heizen/Kühlen (passiv)	Projektreife	in Betrieb

Fotos / Skizze / Symbolbild



- ① Wärmetauscher
- ② Oloid-Rührwerk
- ③ Heizhaus mit Wärmepumpe und Gaskessel (250 kW)
- ④ Photovoltaikanlage
- ⑤ Stromanschluss
- ⑥ Wärmeleitungs-kreislauf

Technische Daten Wärmeübertrager mit Wasserkontakt

Standort & Größe		Leistungsdaten Aquathermie, Betriebsbereich	
Wärmeübertrager	Plattenwärmeübertrager	Anzahl Wärmeübertrager	6 Stk
Hersteller, Typ	MEFA, multiQ water	max. Entnahmemenge	47 m³/h
Standort, Einbringung	unterhalb Steg, hängend	Temperaturspreizung	4 K
Entnahmetiefe	2,5 m	Temperaturbereich	0 °C ... 20 °C
Abstand zum Ufer/ Sohle	20 m	max. Entzugsleistung	220 kW,th
Abmessung, Gesamtanlage	1m x 20m x 1,5m	Anpassbarkeit	modular
Raumanteil im Gewässer	0,000001	Stellgrößen	Volumenstrom
Material Wärmeübertrager	Polypropylen	Einstellbarkeit Q & T	indirekt

Konstruktion & Materialien Entnahmebauwerk

Konstruktion/ Gestell	Bootssteg (Schwimmponton) Edelstahltraversen zur Befestigung der Wärmeübertrager
Rohrleitungen im Wasser	PP
Rohrleitungen an Land	PE, ca. 100 m

Konstruktion & Materialien Rückleitung

Konstruktion, Gestell	nicht vorhanden, da geschlossenes System
Einlaufrichtung, Durchmischung	erzwungene Durchmischung durch Oloidrührwerk

Technische Daten Wärmeübertrager-Medium mit Wasserkontakt

bei direkter Wasserentnahme		Wärmeübertrager-Medium Zwischenkreis	
Grobreinigung/ Seiher	-	Frostschutzmittel	Ethylenglycol
Filtersystem	-	Volumenanteil	0,03
Filterreinigung	-	Gesamtvolumen (Gemisch)	15 m³

Wärmeerzeugung, Wärmeabnehmer

Wärmepumpen		Abnehmer	
Anzahl	2	Typ	Wärmenetz
Nenn-Leistung	80 kW _{th}	Nutzung	Neubau, Wohnnutzung
Kopplung an Gewässer	Trenn-Wärmeübertrager	Vorlauftemperatur	45 °C
Arbeitsmedium	Wasser-Glycol 35%	Wärmebedarf	320 MWh/a
Anlageneffizienz (JAZ)	4,5		

Umweltauswirkungen, Emissionswerte

Temperaturänderung(Heizmodus)	
dTEntnahme/ Rückleitung	ca. 2-3 K
Abkühlung Gewässer	vernachlässigbar
Temperaturänderung(Kühlmodus)	
dTEntnahme/ Rückleitung	ca. 0,5 K
Erwärmung Gewässer	vernachlässigbar

Gewässerkontamination
- Austritt Wasserglycol-Gemisch (3 Vol.-%) bei Leckage möglich - Gefahrenpotential für Leckage: z.B. Beschädigung durch Boote/ Ankerleinen usw. - zur Gefährdungsminimierung besteht Ankerverbot im gesamten Hafenbereich

Monitoring- & Steuerungs-Konzept

- Drucküberwachung Hydrothermie-Kreis
- Temperaturmessung Rückleitungstemperatur und Gewässertemperatur

Havariekonzept

- Abschaltung Pumpen Hydrothermie-Kreis bei Druckabfall
- bei Vereisung der Wärmeübertrager: Herstellung erzwungene Strömung im See durch Rührwerk (Oloid)

Referenz-Projekt

Betreiber	Quartiersenergie GmbH
Betrieb seit / ab	Dez 24
Ort	Neukieritzsch
Gewässer	Hainer See
Volumen / Durchfluss (MNQ)	73 Mio. m³
Tiefe	max. 49 m
Temperatur (Min/ Max)	2 °C ... 30 °C

Weiteres ähnliches Projektbeispiel:

Betreiber	Nexus Immobilien AG
Betrieb seit / ab	2005
Ort	Wädenswil (Schweiz)
Gewässer	Zürichsee
Volumen / Durchfluss (MNQ)	3 900 Mio. m³
Tiefe	max. 136 m
Temperatur (Min/ Max)	-

3.2.2 Steckbrief Aquathermie-Anlage 2 Wittenberge

Steckbrief Aquathermie-Anlage 2 Wittenberge

Typisierung

Gewässertyp	fließend	Anlagengröße	mittel (<5 MW)
Entnahmesystem	offen	Wärmeübertragung	WÜ-basiert
Nutzungsart	Heizen	Projektreife	in Betrieb

Foto Entnahme- und Rückleitungsbauwerk



Technische Daten Wärmeübertrager mit Wasserkontakt

Standort & Größe		Leistungsdaten Aquathermie, Betriebsbereich	
Wärmeübertrager	Rohrbündel-Wärmeübertrager	Anzahl Wärmeübertrager	1 Stk
Hersteller, Typ	Huber RoWin	max. Entnahmemenge	202 m³/h
Standort, Einbringung	In Energiezentrale	Temperaturspreizung	2-3 K
Entnahmetiefe	0m; Zufluss im Freigefälle in Pumpensumpf	Temperaturbereich	10 °C ... 20 °C
Abstand zum Ufer/ Sohle	0 m	max. Entzugsleistung	701 kW,th
Abmessung, Gesamtanlage	ca. 15m x 15m	Anpassbarkeit	modular
Raumanteil im Gewässer	0,05	Stellgrößen	Volumenstrom
Material Wärmeübertrager	Edelstahl	Einstellbarkeit Q & T	indirekt

Konstruktion & Materialien Entnahmebauwerk

Konstruktion/ Gestell	Spundwände im Uferbereich; Pumpensumpf als Betonbauwerk,
Rohrleitungen im Wasser	keine
Rohrleitungen an Land	PE, ca. 300 m

Konstruktion & Materialien Rückleitung

Konstruktion, Gestell	Rohrleitung am Ufer in Splitbett aus Naturstein
Einlaufrichtung, Durchmischung	45° Einlaufrichtung

Technische Daten Wärmeübertrager-Medium mit Wasserkontakt

bei direkter Wasserentnahme		Wärmeübertrager-Medium Zwischenkreis	
Grobreinigung/ Seiher	Enlaufrechen, Stabweite 5 mm	Frostschutzmittel	- (vollentsalztes-Wasser)
Filtersystem	-	Volumenanteil	0%
Filterreinigung	2-3 Wöchentlich, Reinigung des Rechens	Gesamtvolumen (Gemisch)	-

Wärmeerzeugung, Wärmeabnehmer

Wärmepumpen		Abnehmer	
Anzahl	1	Typ	Wärmenetz
Nenn-Leistung	1.100 kW _{th}	Nutzung	Mischnutzung
Kopplung an Gewässer	Trenn-Wärmeübertrager	Vorlauftemperatur	85 °C
Arbeitsmedium	R1234ZE	Wärmebedarf	-
Anlageneffizienz (JAZ)	2,1		

Umweltauswirkungen, Emissionswerte

Temperaturänderung(Heizmodus)		Gewässerkontamination
dTEntnahme/ Rückleitung	ca. 2-3 K	
Abkühlung Gewässer	0,3 K	
Temperaturänderung(Kühlmodus)		
dTEntnahme/ Rückleitung	-	
Erwärmung Gewässer	-	

Monitoring- & Steuerungs-Konzept

- Monitorin Entnahme- & Rückleitungstemperatur
- Drucküberwachung im VE-Wasserkreis

Havariekonzept

- Abschaltung Pumpen Hydrothermie-Kreis

Referenz-Projekt

Betreiber	Stadtwerke Wittenberge
Betrieb seit / ab	2025
Ort	Wittenberge
Gewässer	Stepenitz
Volumen / Durchfluss (MNQ)	0,6 m³/s (MNQ)
Tiefe	ca. 1 m (Wehrbereich)
Temperatur (Min/ Max)	-

Weiteres ähnliches Projektbeispiel:

Betreiber	Stadtwerke Gießen
Betrieb seit / ab	2027
Ort	Gießen
Gewässer	Lahn
Volumen / Durchfluss (MNQ)	-
Tiefe	-
Temperatur (Min/ Max)	-

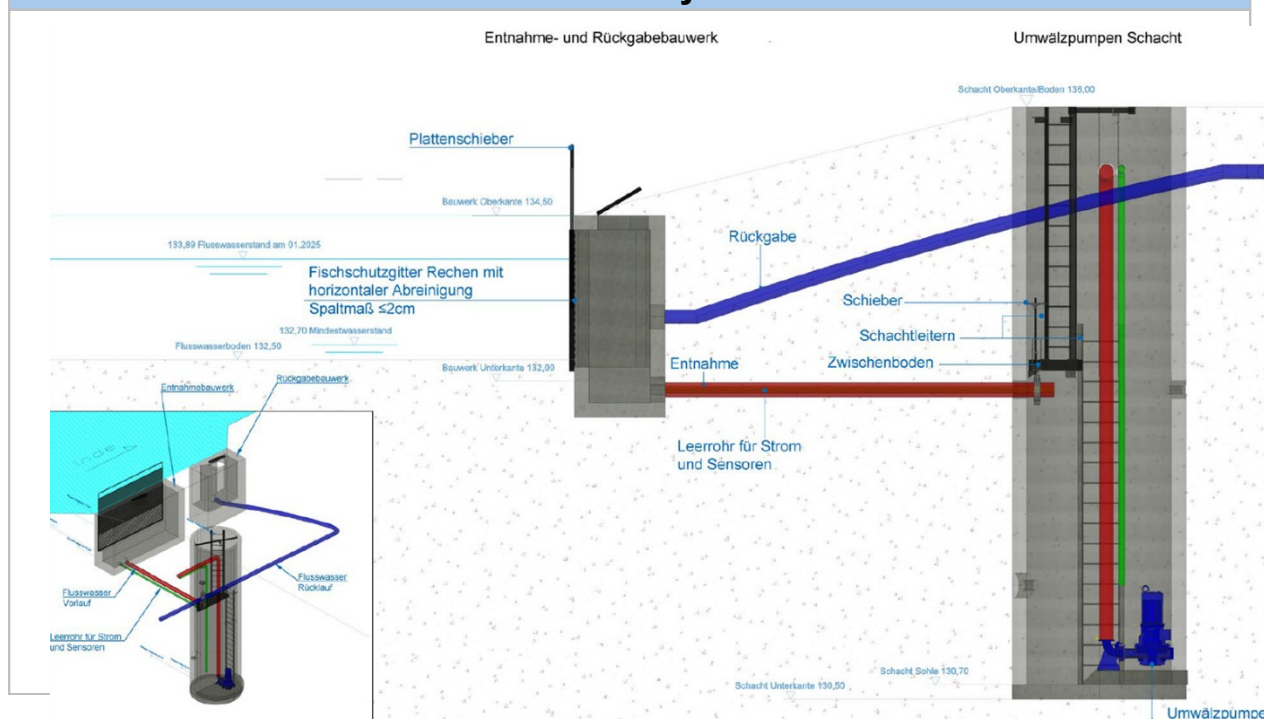
3.2.3 Steckbrief Aquathermie-Anlage 3 Eschweiler

Steckbrief Aquathermie-Anlage 3 Eschweiler

Typisierung

Gewässertyp	fließend	Anlagengröße	mittel (<5 MW)
Entnahmesystem	offen	Wärmeübertragung	WÜ-basiert
Nutzungsart	Heizen	Projektreife	in Planung

Fotos / Skizze / Symbolbild



Technische Daten Wärmeübertrager mit Wasserkontakt

Standort & Größe		Leistungsdaten Aquathermie, Betriebsbereich	
Wärmeübertrager	Plattenwärmeübertrager	Anzahl Wärmeübertrager	4 Stk
Hersteller, Typ	MEFA, multiQwater	max. Entnahmemenge	212 m³/h
Standort, Einbringung	Betonwanne, im Parkplatz integriert	Temperaturspreizung	0-3 K
Entnahmetiefe	0m; Zufluss im Freigefälle in Pumpensumpf	Temperaturbereich	0 °C ... 20 °C
Abstand zum Ufer/ Sohle	0 m	max. Entzugsleistung	739 kW,th
Abmessung, Gesamtanlage	-	Anpassbarkeit	modular
Raumanteil im Gewässer	-	Stellgrößen	Volumenstrom
Material Wärmeübertrager	Polypropylen	Einstellbarkeit Q & T	indirekt

Konstruktion & Materialien Entnahmebauwerk

Konstruktion/ Gestell	Entnahmebauwerk & Pumpensumpf aus Stahlbeton
Rohrleitungen im Wasser	keine
Rohrleitungen an Land	PE, Kaltes Nahwärmenetz

Konstruktion & Materialien Rückleitung

Konstruktion, Gestell	Beton-Rückföhrbauwerk mit Prallblech zur Vorvermischung mit Flusswasser
Einlaufrihtung, Durchmischung	45° Einlaufrihtung

Technische Daten Wärmeübertrager-Medium mit Wasserkontakt

bei direkter Wasserentnahme		Wärmeübertrager-Medium Zwischenkreis	
Grobreinigung/ Seiher	Einlaufrechen, Stabweite klein 2cm	Frostschutzmittel	Ethylenglycol
Filtersystem	-	Volumenanteil	35%
Filterreinigung	Automatische Fischschutzkonforme Abreinigung	Gesamtvolumen (Gemisch)	11 m³

Wärmeerzeugung, Wärmeabnehmer

Wärmepumpen		Abnehmer	
Anzahl	kaltes Netz mit dezentralen Wärmepumpen je Anschluss	Typ	kaltes Netz
Nenn-Leistung	800 kW,th	Nutzung	Mischnutzung
Kopplungan Gewässer	Trenn-Wärmeübertrager	Vorlauftemperatur	-3 °C ... 20 °C (Vereisung der WÜ möglich)
Arbeitsmedium	Propan	Wärmebedarf	1400 MWh/a
Anlageneffizienz (JAZ)	4,5		

Umweltauswirkungen, Emissionswerte

Temperaturänderung (Heizmodus)	
dT Entnahme/ Rückleitung	max. 3 K
Abkühlung Gewässer	0,04 K
Temperaturänderung (Kühlmodus)	
dT Entnahme/ Rückleitung	-
Erwärmung Gewässer	-

Gewässerkontamination	
keine, da Ablauf aus WÜ-Becken sofort gestoppt werden kann	

Monitoring- & Steuerungs-Konzept

- Überwachung und Regelung der Entnahme- und Rückführmenge
- Monitoring Entnahme- & Rückleitungstemperatur
- Drucküberwachung im Glycolkreis

Havariekonzept

- Abschaltung Flusswasserpumpe. Kein Rückfluss von Wärmeträgermedium aus dem Wärmetauscher-Schacht in den Fluss
- automatische Abschaltung jedes einzelnen WÜ-Systems (Betonwanne) bei Druckabfall möglich

Referenz-Projekt

Betreiber	EW Energie- und Wasser-Versorgung GmbH
Betrieb seit / ab	Sep 26
Ort	Eschweiler
Gewässer	Inde
Volumen / Durchfluss (MNQ)	0,45 m³/s (MNQ)
Tiefe	0,2 m
Temperatur (Min/ Max)	3 °C ... 23 °C

Weiteres ähnliches Projektbeispiel:

Betreiber	-
Betrieb seit / ab	-
Ort	-
Gewässer	-
Volumen / Durchfluss (MNQ)	-
Tiefe	-
Temperatur (Min/ Max)	-

3.2.4 Steckbrief Aquathermie-Anlage 4 Lemgo

Steckbrief Aquathermie-Anlage 4 Lemgo

Typisierung

Gewässertyp	fließend	Anlagengröße	mittel (<5 MW)
Entnahmesystem	offen	Wärmeübertragung	WÜ-basiert
Nutzungsart	Heizen	Projektreife	in Betrieb

Foto Entnahmebauwerk



Technische Daten Wärmeübertrager mit Wasserkontakt

Standort & Größe		Leistungsdaten Aquathermie, Betriebsbereich	
Wärmeübertrager	Plattenwärmeübertrager	Anzahl Wärmeübertrager	1 Stk
Hersteller, Typ	direkt in Wärmepumpe	max. Entnahmemenge	100 m³/h
Standort, Einbringung	In Energiezentrale	Temperaturspreizung	3-5 K
Entnahmetiefe	0m; Zufluss im Freigefälle in Pumpensumpf	Temperaturbereich	7 °C ... 20 °C
Abstand zum Ufer/ Sohle	-3 m (Entnahmebucht)	max. Entzugsleistung	580 kW,th
Abmessung, Gesamtanlage	2m x 5m	Anpassbarkeit	nein
Raumanteil im Gewässer	0%	Stellgrößen	Volumenstrom
Material Wärmeübertrager	Edelstahl	Einstellbarkeit Q & T	indirekt

Konstruktion & Materialien Entnahmebauwerk

Konstruktion/ Gestell	Entnahmebauwerk & Pumpensumpf aus Stahlbeton
Rohrleitungen im Wasser	keine
Rohrleitungen an Land	PE, ca. 200 m

Konstruktion & Materialien Rückleitung

Konstruktion, Gestell	Rücklauf-Flächenversickerung (keine direkte Rückleitung ins Gewässer)
Einlaufrichtung, Durchmischung	keine direkter Zufluss / über Grundwasser

Technische Daten Wärmeübertrager-Medium mit Wasserkontakt

bei direkter Wasserentnahme		Wärmeübertrager-Medium Zwischenkreis	
Grobreinigung/ Seiher	Schwimmbalken & Einlaufrechen, Stabweite klein 2cm	Frostschutzmittel	kein Zwischenkreis, direkte Durchströmung der Wärmepumpe
Filtersystem	Aktivkohle-Sandbett Filter	Volumenanteil	-
Filterreinigung	Tägliche Begehung, Reinigung manuell nach Bedarf	Gesamtvolumen (Gemisch)	-

Wärmeerzeugung, Wärmeabnehmer

Wärmepumpen		Abnehmer	
Anzahl	1	Typ	Wärmenetz
Nenn-Leistung	1.000 kW _{th}	Nutzung	Mischnutzung
Kopplung an Gewässer	direkte Durchströmung mit Flusswasser	Vorlauftemperatur	Winter: 100 °C Frühjahr-Herbst: 90 °C
Arbeitsmedium	R717 Ammoniak	Wärmebedarf	-
Anlageneffizienz (JAZ)	2,7		

Umweltauswirkungen, Emissionswerte

Temperaturänderung(Heizmodus)		Gewässerkontamination
dTEntnahme/ Rückleitung	max. 6,5 K	
Abkühlung Gewässer	k.A	
Temperaturänderung(Kühlmodus)		
dTEntnahme/ Rückleitung	0	
Erwärmung Gewässer	0	

keine, da bei Druckabfall Schnellschussventil ausgelöst und Pumpen abgestellt werden
--

Monitoring- & Steuerungs-Konzept

- Monitorin Entnahme- & Rückleitungstemperatur
- Drucküberwachung im Kältemittelkreis
- 4x im Jahr: Messung Aluminium- & Eisengehalt im Flusswasser vor und nach Einlaufbauwerk

Havariekonzept

- Schnellschussventil am Gewässer im Rücklauf bei Druckabfall im Kältemittelkreis
- sofortiges Abstellen der Förderpumpen

Referenz-Projekt

Betreiber	Stadtwerke Lemgo
Betrieb seit / ab	Jan 21
Ort	Lemgo
Gewässer	Bega
Volumen/ Durchfluss (MNQ)	1,03 m³/s (MNQ)
Tiefe	0,3 m
Temperatur (Min/ Max)	-

Weiteres ähnliches Projektbeispiel:

Betreiber	-
Betrieb seit / ab	-
Ort	-
Gewässer	-
Volumen/ Durchfluss (MNQ)	-
Tiefe	-
Temperatur (Min/ Max)	-

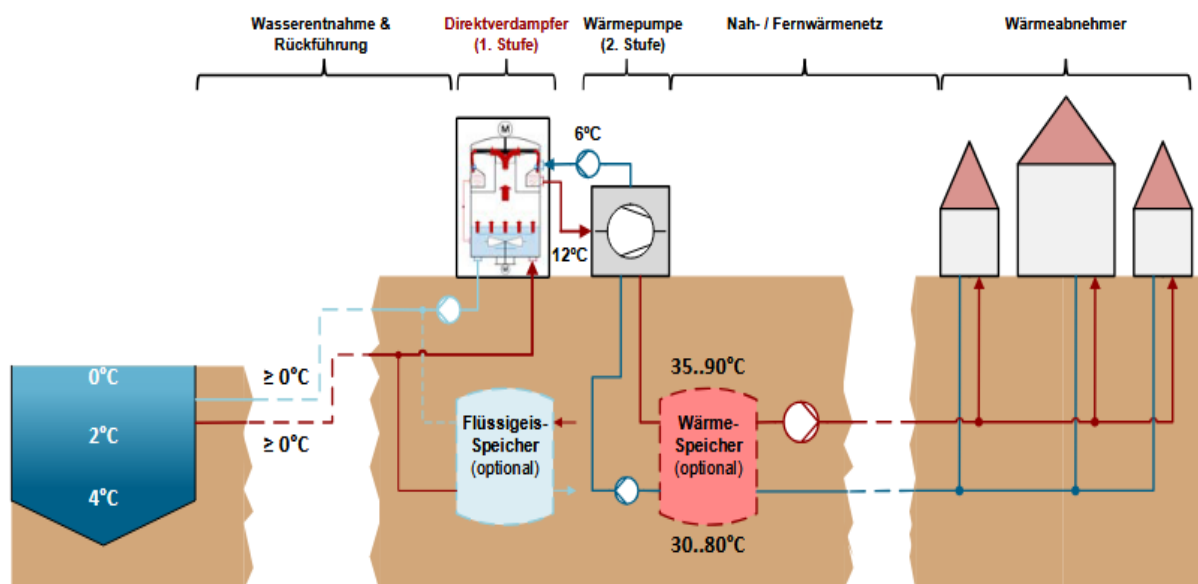
3.2.5 Steckbrief Aquathermie-Anlage 5 Zittau

Steckbrief Aquathermie-Anlage 5 Zittau

Typisierung

Gewässertyp	fließend	Anlagengröße	mittel (<5 MW)
Entnahmesystem	offen	Wärmeübertragung	Vakuum-Eis-Technologie
Nutzungsart	Heizen	Projektreife	Versuchsbetrieb

Fotos / Skizze / Symbolbild



Technische Daten Wärmeübertrager mit Wasserkontakt

Standort & Größe		Leistungsdaten Aquathermie, Betriebsbereich	
Wärmeübertrager	Vakuum-Direktverdampfer	Anzahl Wärmeübertrager	1 Stk
Hersteller, Typ	ILK	max. Entnahmemenge	bis 55 m³/h
Standort, Einbringung	Ufernähe, an der Einleitstelle eines Entwässerungskanaals	Temperaturspreizung	0,25 - 10 K
Entnahmetiefe	Direkt unterhalb Wasseroberfläche über Entnahmekorb	Temperaturbereich	-
Abstand zum Ufer/ Sohle	<1m	max. Entzugsleistung	250 kW
Abmessung, Gesamtanlage	-	Anpassbarkeit	modular, skalierbar
Raumanteil im Gewässer	-	Stellgrößen	Volumenstrom
Material Wärmeübertrager	Stahl	Einstellbarkeit Q & T	indirekt

Konstruktion & Materialien Entnahmebauwerk

Konstruktion / Gestell	Demontierbare Entnahme- und Einleitapparaturen in Ufernähe
Rohrleitungen im Wasser	keine
Rohrleitungen an Land	flexible Schläuche

Konstruktion & Materialien Rückleitung

Konstruktion, Gestell	-
Einlauffrichtung, Durchmischung	-

Technische Daten Wärmeübertrager-Medium mit Wasserkontakt

bei direkter Wasserentnahme		Wärmeübertrager-Medium Zwischenkreis	
Grobreinigung/ Seiher	Entnahmekorb (Siebbleche mit Pumpenhalterung)	Frostschutzmittel	Wasser
Filtersystem	-	Volumenanteil	100%
Filterreinigung	-	Gesamtvolumen (Gemisch)	-

Wärmeerzeugung, Wärmeabnehmer

Wärmepumpen		Abnehmer	
Anzahl	0	Typ	Forschungsbetrieb
Nenn-Leistung	-	Nutzung	-
Kopplungan Gewässer	-	Vorlauftemperatur	-
Arbeitsmedium	-	Wärmebedarf	-
Anlageneffizienz (JAZ)	-		

Umweltauswirkungen, Emissionswerte

Temperaturänderung(Heizmodus)	
dTEntnahme/ Rückleitung	0,25 - 10 K
Abkühlung Gewässer	0,1 - 0,4 K
Temperaturänderung(Kühlmodus)	
dTEntnahme/ Rückleitung	-
Erwärmung Gewässer	-

Gewässerkontamination
- keine chemische Kontamination, aber ggf Einleitung von Eis oder die prozessbedingte Entfernung der gelösten Gase

Monitoring- & Steuerungs-Konzept

- Ausführliches Anlagenmonitoring (Temperatur, O₂-Konzentration, chem. Parameter, biolog. Untersuchungen, ...)

Havariekonzept

keine Informationen

Referenz-Projekt

Betreiber	ILK/HSZG/BTU
Betrieb seit / ab	-
Ort	Zittau
Gewässer	Mandau
Volumen / Durchfluss (MNQ)	0,461 m ³ /s (MNQ)
Tiefe	-
Temperatur (Min/ Max)	- 0,1 °C ... 23,2 °C

Weiteres ähnliches Projektbeispiel:

Betreiber	ILK/HSZG/FhG IEG
Betrieb seit / ab	Q4/2025
Ort	Weißwasser
Gewässer	Ziegeleiteich
Volumen / Durchfluss (MNQ)	-
Tiefe	max. 3,5 bis 4 m
Temperatur (Min/ Max)	-

3.2.6 Steckbrief Aquathermie-Anlage 6 Feldberg

Steckbrief Aquathermie-Anlage 6 Feldberg

Typisierung

Gewässertyp	stehend	Anlagengröße	Klein (<500 kW)
Entnahmesystem	geschlossen	Wärmeübertragung	Energiespundwand
Nutzungsart	Heizen	Projektreife	in Betrieb

Fotos / Skizze / Symbolbild



Technische Daten Wärmeübertrager mit Wasserkontakt

Standort & Größe		Leistungsdaten Aquathermie, Betriebsbereich	
Wärmeübertrager	Spundwand mit U-Profilen	Anzahl Wärmeübertrager	4 Kreisläufe
Hersteller, Typ	Hoesch Spundwand, Typ Larssen 601	max. Entnahmemenge	4 m³/h (geschlossener Kreislauf)
Standort, Einbringung	Uferbefestigung	Temperaturspreizung	-
Entnahmetiefe	0,5 m ... 6,5 m	Temperaturbereich	0 °C ... 25 °C
Abstand zum Ufer/ Sohle	0 m	max. Entzugsleistung	<10 kW
Abmessung, Gesamtanlage	14,4 m x 6 m (thermisch Aktivierter Bereich)	Anpassbarkeit	modular
Raumanteil im Gewässer	-	Stellgrößen	Volumenstrom
Material Wärmeübertrager	Stahl	Einstellbarkeit Q & T	indirekt

Konstruktion & Materialien Entnahmebauwerk

Konstruktion/ Gestell	Uferspundwand
Rohrleitungen im Wasser	keine
Rohrleitungen an Land	PE

Konstruktion & Materialien Rückleitung

Konstruktion, Gestell	-
Einlaufführung, Durchmischung	-

Technische Daten Wärmeübertrager-Medium mit Wasserkontakt

bei direkter Wasserentnahme		Wärmeübertrager-Medium Zwischenkreis	
Grobreinigung/ Seiher	-	Frostschutzmittel	-
Filtersystem	-	Volumenanteil	-
Filterreinigung	-	Gesamtvolumen (Gemisch)	-

Wärmeerzeugung, Wärmeabnehmer

Wärmepumpen		Abnehmer	
Anzahl	1	Typ	Dimplex WPSI 26TU
Nenn-Leistung	25 kW,th	Nutzung	Heizen
Kopplungan Gewässer	geschlossener Zwischenkreislauf	Vorlauftemperatur	45 °C (weitere Erhöhung durch Gastherme)
Arbeitsmedium	R410A	Wärmebedarf	-
Anlageneffizienz (JAZ)	3,45		

Umweltauswirkungen, Emissionswerte

Temperaturänderung(Heizmodus)		Gewässerkontamination
dTEntnahme/ Rückleitung	-	
AbkühlungGewässer	keine belastbaren Messwerte	
Temperaturänderung(Kühlmodus)		
dTEntnahme/ Rückleitung	-	
ErwärmungGewässer	-	
		keine, da baulicher Eingriff zu Uferbefestigung ohnehin erforderlich

Monitoring- & Steuerungs-Konzept

- ausführliche Temperaturüberwachung

Havariekonzept

-

Referenz-Projekt

Betreiber	Hotel „Deutsches Haus“
Betrieb seit / ab	Ende April 2019
Ort	Feldberg
Gewässer	Feldberger Haussee
Volumen / Durchfluss (MNQ)	ca. 6 Mio m³
Tiefe	max. 12,5 m
Temperatur (Min/ Max)	-

Weiteres ähnliches Projektbeispiel:

Betreiber	HQP Projektentwicklung GmbH & Co. KG
Betrieb seit / ab	2022
Ort	Potsdam
Gewässer	Havel
Volumen / Durchfluss (MNQ)	-
Tiefe	-
Temperatur (Min/ Max)	-

3.3 Interviews

3.3.1 Methodisches Vorgehen

Zur Erhebung relevanter Informationen wurden Interviews mit vornehmlich regionalen Expertinnen und Experten aus Forschung und Praxis durchgeführt. Die Auswahl der Interviewpartner erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber, um sowohl wissenschaftliche Perspektiven als auch praktische Erfahrungen zu technischen und gewässerökologischen Fragestellungen einzubeziehen.

Die Interviewpartner sind hauptsächlich Nutzer von Aquathermie und konzentrieren sich auf die Möglichkeiten zur Energie- und Wärmeerzeugung. Die Bewertung ökologischer Risiken fällt daher nicht in ihren Kompetenzbereich.

Die Interviews wurden als etwa einstündige, semistrukturierte Gespräche über eine Video-Schaltung durchgeführt. Diese Form ermöglichte eine flexible Gesprächsführung, bei der sowohl vorbereitete Fragen als auch spontane Vertiefungen einzelner Themenbereiche möglich waren. Der den Gesprächen zugrunde gelegte Fragenkatalog ist im Anhang angefügt (Anhang A 1). Die Gespräche wurden mithilfe einer Sprache-zu-Text-Software transkribiert, um eine effiziente Weiterverarbeitung der Inhalte zu gewährleisten.

Zur inhaltlichen Verdichtung und Analyse der Transkripte kam eine Large-Language-Modell-Applikation (MS Copilot) zum Einsatz. Diese unterstützte bei der Erstellung strukturierter Zusammenfassungen der Interviews. Die Zusammenfassungen der Transkripte sind im Anhang zu finden (Abschnitt A 2). Auf Basis dieser Zusammenfassungen sowie der vollständigen Transkripte wurden zentrale Aussagen zu technischen und gewässerökologischen Aspekten herausgearbeitet und systematisch verarbeitet.

3.3.2 Interviewpartner

Folgenden Interviewpartner wurden ausgewählt und standen für ein Interview bereit.

■ Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH:	Leiter Hauptbereich Angewandte Energietechnik
■ TU Darmstadt:	Wissenschaftliche Mitarbeiterin
■ BTU Zittau:	Forschungsmitarbeiter
■ Stadtwerke Wittenberge GmbH:	Abteilung Netzbetrieb/ Fernwärme
■ ratioplan GmbH:	Anlagenplaner
■ Stadtwerke Lemgo GmbH:	Mitarbeiter Betrieb/Erzeugung

3.3.3 Zusammenfassung der Interviews

3.3.3.1 Wie schätzen die Interviewpartner das Potenzial der Aquathermie allgemein ein?

Die Interviewpartner sehen in Aquathermie ein hohes Potenzial für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung, insbesondere durch die gute Verfügbarkeit und hohe Wärmekapazität von Gewässern. Die Technologie eignet sich sowohl für zentrale Anwendungen wie die Einspeisung in Fernwärmenetze als auch für dezentrale Lösungen in Quartieren. Auch international wird Aquathermie bereits genutzt und erforscht, etwa in Dänemark und der Schweiz. Sie bewerten die Technologie als wirtschaftlich attraktiv und technisch effizient, betonen aber die Hürden durch komplexe Genehmigungsverfahren und fehlende Standards in Deutschland. Ökologische Aspekte wie Fischschutz und Temperaturmanagement sind aus der Sicht der Interviewpartner etabliert, und innovative Ansätze erweitern die Einsatzmöglichkeiten. Insgesamt wird Aquathermie als zukunftsfähige Lösung mit großem Ausbaupotenzial eingeschätzt.

3.3.3.2 Welche Materialien kommen im Kontakt mit dem Gewässer zum Einsatz?

In den untersuchten Aquathermieprojekten kommen verschiedene Materialien im direkten Kontakt mit dem Gewässer zum Einsatz: Rohr-Wärmeübertrager und Platten-Wärmeübertrager bestehen meist aus Edelstahl oder korrosionsbeständige Kunststoffe wie Polypropylen oder Polyethylen. Für Einlauf- und Rücklaufbauwerke werden vorgefertigte Betonschächte verwendet, die unter anderem unter Parkplätzen installiert werden. Thermisch aktivierte Spundwände aus Stahl finden Anwendung in urbanen Bereichen mit begrenztem Platzangebot. Schutzgitter und Rechen bestehen ebenfalls aus Metall und dienen dem Fischschutz und der Sedimentrückhaltung. In geschlossenen Systemen kommen zusätzlich Kunststoffe wie PE oder PVC für Rohrleitungen zum Einsatz, insbesondere in Kombination mit Sicherheitsmaßnahmen wie doppelwandigen Ausführungen oder Druckdifferenzsystemen zur Vermeidung von Leckagen.

3.3.3.3 Welche Aspekte der Genehmigung nennen die Interviewpartner?

Die wasserrechtliche Genehmigung stellt für die Interviewpartner im Bereich der Planung und Umsetzung eine zentrale Herausforderung dar. Die Interviewpartner benennen folgende Aspekte im Zusammenhang mit der Genehmigung von Aquathermieranlagen:

- **Komplexität und Dauer:** Genehmigungsverfahren werden als aufwendig, langwierig und kostenintensiv beschrieben. Einzelne Verfahren dauern über ein Jahr und erfordern einen hohen Kommunikationsaufwand weil Positionen verschiedener Behörden (z.B. Wasserbehörde, Naturschutzbehörde, Fischereibehörde) abgeglichen werden müssen.

- **Uneinheitliche Praxis der Genehmigung:** Es fehlen bundesweit einheitliche Standards. Die Verfahren sind stark von der Einschätzung einzelner Sachbearbeitender abhängig, was zu Unsicherheiten und zum Teil zu kritischen Haltungen führt.
- **Regulatorische Vorgaben:** Kritisiert werden pauschale Grenzwerte, z. B. zur Wasserentnahme (fester Prozentsatz des Trockenwetterabflusses), die das Potenzial der Technologie einschränken. Stattdessen wird für eine dynamische Regelung in Abhängigkeit von Umweltparametern plädiert.
- **Ökologische Auflagen:** Temperaturspreizungen, Mindestflusstemperaturen, Fischschutzmaßnahmen und Monitoring sind in der Regel Teil der Genehmigungsauflagen. In mehreren Projekten wurden Temperaturgrenzwerte und Rücklaufbedingungen festgelegt.
- **Konstruktive Zusammenarbeit:** Trotz der Herausforderungen wird die Zusammenarbeit mit Behörden als konstruktiv beschrieben, insbesondere wenn frühzeitig kommuniziert wird.
- **Harmonisierung und Digitalisierung:** genannt werden Projekte wie der „Aquathermie-Viewer“ (Aquathermieviewer, 2025; Technische Universität Darmstadt, 2025; WarmingUp, 2025). Diese zielen auf die Vereinheitlichung von Genehmigungsentscheidungen zur Vereinfachung der Projektentwicklung.

3.3.3.4 Welche ökologischen Risiken sehen die Interviewpartner und welche Gegenmaßnahmen schlagen sie vor?

Die Interviewpartner benennen folgende ökologische Risiken und die jeweils umgesetzten Maßnahmen zu deren Begrenzung:

■ Temperaturveränderung im Gewässer

Risiko: thermische Belastung durch Rücklaufwasser

Maßnahmen: Begrenzung der Temperaturspreizung (z. B. 2–3 K) und ggf. Abschaltung bei Unterschreitung kritischer Gewässertemperaturen, Monitoring möglicher Veränderungen durch Fischereivereine, Rücklaufbauwerke mit 45°-Versatz zur Fließrichtung zur besseren Durchmischung, Saisonal angepasste Temperaturgrenzen für Rückleitung

■ Fischschutz

Risiko: Ansaugung und Tötung in offenen Systemen

Maßnahmen: Einlaufrechen oder Schutzgitter mit festgelegter Stabweite, Diffusoren zur Strömungsreduktion, Überlaufkanten

■ Kleinstlebewesen

Risiko: Ansaugung und Tötung in offenen Systemen

Maßnahmen: Begrenzung des Anteils genutzten Wassers vom Gesamtdurchfluss z.B. durch erhöhte Auskühlung des genutzten Wassers in Kombination mit Vormischung mit unbeeinflusstem Wasser vor Wiedereinleitung

■ **Leckagerisiken durch wassergefährdende Medien (z. B. Glykol)**

Risiko: Eintrag in das Gewässer

Maßnahmen: Einsatz von doppelwandigen Wärmeübertragern, Drucksensoren mit automatischer Abschaltung, getrennte Kreisläufe, Schnellschlussventile, Verzicht auf Glykol bei Sommerbetrieb.

■ **Einfluss auf Uferstruktur und Strömung**

Risiko: Ausspülung und lokale Belastung

Maßnahmen: Rückführung über Flächenbrunnen oder Splittbett, Verteilung über mehrere Gerinne.

■ **Potenzielle positive Effekte**

Chance: Entnahme überschüssiger Wärme aus überhitzten Gewässern

Maßnahmen: gezielte Nutzung zur ökologischen Entlastung

3.3.3.5 Wie schätzen die Interviewpartner die Risiken der Aquathermie zur Beheizung im Gegensatz zur Nutzung von Gewässern zur Einleitung von Kühlwasser ein?

Die thermische Nutzung von Gewässern zur Beheizung wird als ökologisch deutlich verträglicher eingeschätzt als die Einleitung von Kühlwasser. Während Kühlwassereinleitungen punktuell hohe Temperaturerhöhungen verursachen können, führt Aquathermie in der Regel zu moderaten Abkühlungen.

Aus den Interviews wurde deutlich, dass potenziellen Risiken jeweils mit ausgewählten Maßnahmen begegnet werden konnte und somit die energetische Nutzung und das Ziel eines guten ökologischen Zustandes überein gebracht werden konnten und können.

3.4 Marktübersicht Wärmeübertrager

Die Untersuchung konzentriert sich auf Wärmeübertragungssysteme sowie innovative Wärmeentzugsverfahren, die für die Nutzung von Wärmeenergie aus Oberflächen- und Abwässern konzipiert sind bzw. sich dahingehend eignen. Auf den folgenden Seiten wird die Bandbreite der verfügbaren Technologien aufgezeigt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, um einen repräsentativen Überblick über den aktuellen Stand des Marktes zu geben.

Die Wahl der geeigneten Technologie hängt stark von den Rahmenbedingungen des Projekts ab. In sensiblen ökologischen Gewässern, in denen der Einsatz von Frostschutzmitteln unbedingt vermieden werden soll, bieten sich Systeme an, die ohne solche Zusätze arbeiten – wie die Vakuumeistechnologie oder doppelwandige Plattenwärmetauscher, die höchste Sicherheit gegen Medienvermischung gewährleisten. Für Oberflächengewässer wie Seen und Flüsse, bei denen eine einfache Installation und modulare Erweiterbarkeit gefragt sind, sind Systeme wie FRANK WET oder der Therm-Liner Stack eine effiziente Lösung.

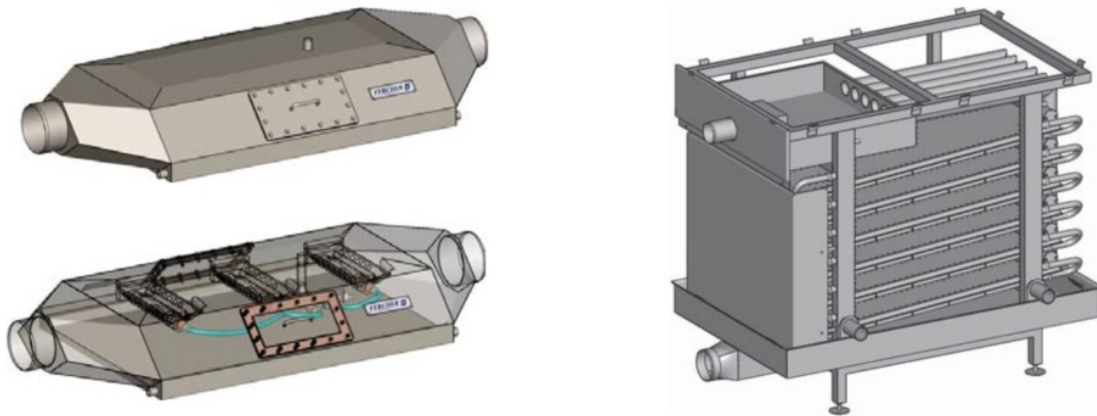
Wenn die baulichen Gegebenheiten ohnehin Spundwände erfordern, beispielsweise bei Uferbefestigungen, können Energiespundwände eine wirtschaftliche Option sein, da sie statische Sicherung und Energiegewinnung kombinieren. Für kompakte Einbausituationen in Kanälen oder Schächten eignen sich robuste Systeme wie die FERCHER-Filmstromwärmetauscher, während multiQ-Wasserabsorber durch ihre flexible Skalierbarkeit und einfache Installation sich gut für kleinere bis mittlere Leistungsbereiche eignen.

Zusammenfassend lässt sich keine allgemeingültige Aussage darüber treffen, welche Technologie am kostengünstigsten, effizientesten oder umweltverträglichsten ist. Die Eignung hängt von den örtlichen Gegebenheiten, dem Leistungsbedarf und den Projektzielen ab. Grundsätzlich gibt es für nahezu jede Anwendung eine passende technische Lösung und alle vorgestellten Systeme können bei richtiger Auslegung gleich umweltverträglich betrieben werden.

Entnahme- und Rückleitungsbauwerke, Rechen- und Filtersysteme oder Pumpensysteme sind nicht Bestandteil der Darstellung, da der Fokus auf den eigentlichen Wärmeübertragern bzw. Wärmeentzugssystemen liegt. Solche Bauwerke unterscheiden sich nicht von Wasserentnahmeanlagen von Wasserwerken oder Kraftwerken und sind daher in der Regel den Genehmigungsbehörden bekannt. Hersteller und Errichter solcher Systeme sind zum Beispiel:

- Huber SE (*HUBER Technology Home* | *HUBER Technology*, 2025)
- Gesellschaft für Planung, Maschinen- und Mühlenbau Erhard Muhr mbH (*Rechenreiniger & Stahlwasserbau* | *Lose-Verlader & Mischer - Muhr*, 2021)
- Taprogge GmbH (*Efficiency in Energy and Water - TAPROGGE GmbH*, o. J.)

Im Folgenden werden einige Technologie zur Wärmegewinnung aus Gewässern von den zuvor aufgeführten Herstellern vorgestellt.



Betrieb und Effizienz:

Die FERCHER-Wärmeübertrager nutzen das Prinzip des Filmstromwärmetauschs. Das Wasser fließt über großflächige, speziell geformte Edelstahlplatten, auf denen sich ein dünner Wasserfilm bildet. Dieser dünne Wasserfilm auf Edelstahlplatten ermöglicht eine hohe Wärmeübertragungsleistung bei minimalem hydraulischem Widerstand. Leistungsbereiche reichen je nach Typ von ca. 4 kW bis über 100 kW, abhängig von Durchfluss und Temperatur.

Bauart:

Der Wärmeübertrager besteht aus einer robusten Edelstahlkonstruktion mit modularen Platten in einem Rahmen. Das Sekundärmedium wird in flachgepressten Rohren in einem geschlossenen Kreislauf hinter den Platten geführt. Darüber hinaus besteht eine Selbstreinigung, da durch die glatte Plattenoberfläche und die Strömungsführung Ablagerungen reduziert werden. Die Installation ist bei begrenztem Platz möglich, auch in Kanälen oder Schächten. Die Wärmeübertrager können ohne Betriebsunterbrechung gewartet werden, da Zugangsklappen vorhanden sind.

Kosten:

Investitionskosten variieren je nach Größe und Durchflusskapazität. Die modulare Bauweise erlaubt eine Anpassung an unterschiedliche Leistungsanforderungen, was die Wirtschaftlichkeit erhöht.

Umweltverträglichkeit:

Durch den Edelstahl besitzen die Wärmeübertrager eine lange Lebensdauer und weisen eine hohe Beständigkeit gegen Korrosion und Biowachstum aus. Die Selbstreinigung wird durch die glatte Oberfläche und die Strömungsführung unterstützt, sodass keine chemischen Prozesse erforderlich sind.



Prinzipbild 3-fach Modul

FRANK WET-Wasserwärmetauscher



FRANK Flow-Wasserwärmetauscher

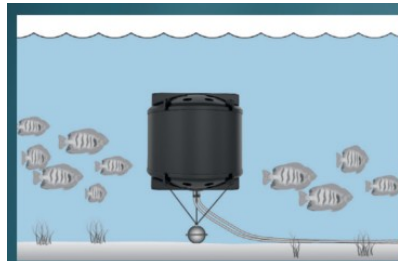


Abb. 1: Befestigung mit Verankerungsgewicht

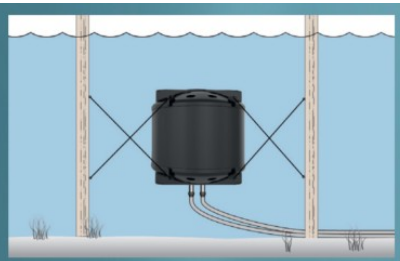


Abb. 2: Befestigung durch Verspannung unter Bootssteg

Betrieb und Effizienz:

Die FRANK Flow- und WET-Wärmetauscher sind speziell zur Wärmegewinnung aus Oberflächengewässern konzipiert und werden in Kombination mit einer Wärmepumpe eingesetzt. Sie besitzen eine hohe Wärmeübertragungsleistung durch große Wärmeübertragerflächen und optimierte Strömungsführung. Der WET ist modular aufgebaut und ermöglicht so eine projektspezifische Skalierung je nach Einsatz des 1-fach (3 bis 6 kW), 2-fach (7 bis 10 kW) oder 3-fach Moduls (11 bis 13 kW). Der FLOW stellt je nach Wassertemperatur eine Entzugsleistung von 3 bis 6 kW zur Verfügung.

Bauart:

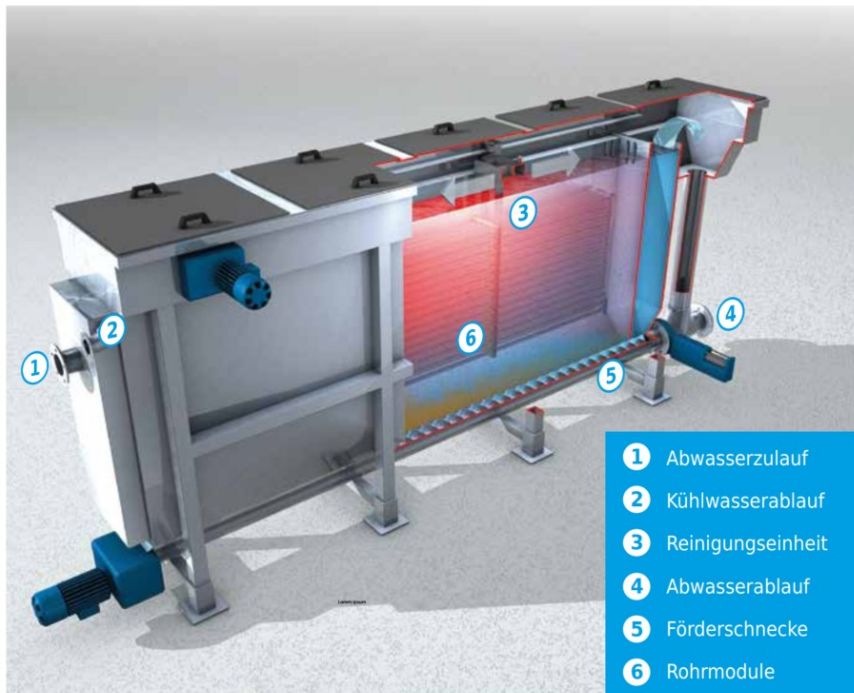
Der WET-Wärmetauscher befindet sich in einem Schutzgehäuse. Dabei handelt es sich um eine kompakte Einheit aus Polyethylen mit geschweißten Rohrverbindungen. Diese ist in drei Modulgrößen verfügbar. Die Installation erfolgt ohne aufwendige Bauarbeiten am Gewässergrund oder an Stegen. Der Flow-Wärmetauscher ist ein aus Polyethylen bestehender Rohr-Wärmeübertrager, der sich insbesondere für Fließgewässer eignet.

Kosten:

Aufgrund der einfachen Installation ohne aufwendige Bauarbeiten weisen die Wärmetauscher geringe Montagekosten auf. Darüber hinaus reduziert die Skalierbarkeit des WET das Investitionsrisiko, da eine schrittweise Leistungsanpassung möglich ist.

Umweltverträglichkeit:

Das verwendete Material Polyethylen ist korrosionsbeständig und recyclingfähig.



Schematische Darstellung der Behälterversion des HUBER Abwasserwärmetauschers RoWin.

Effizienz:

Horizontale Rohrmodule aus Edelstahl sorgen für hohe Wärmeübertragungsleistung. Durch einen modularen Aufbau sind die Systeme an projektspezifische Anforderungen, sodass in Kombination mit einer Wärmepumpe eine thermische Leistung bis zu mehreren 100 kW bereitgestellt werden können. Eine automatische Selbstreinigung verhindert Biofilm und Sedimentablagerungen, sichert dauerhaft hohe Effizienz.

Bauart:

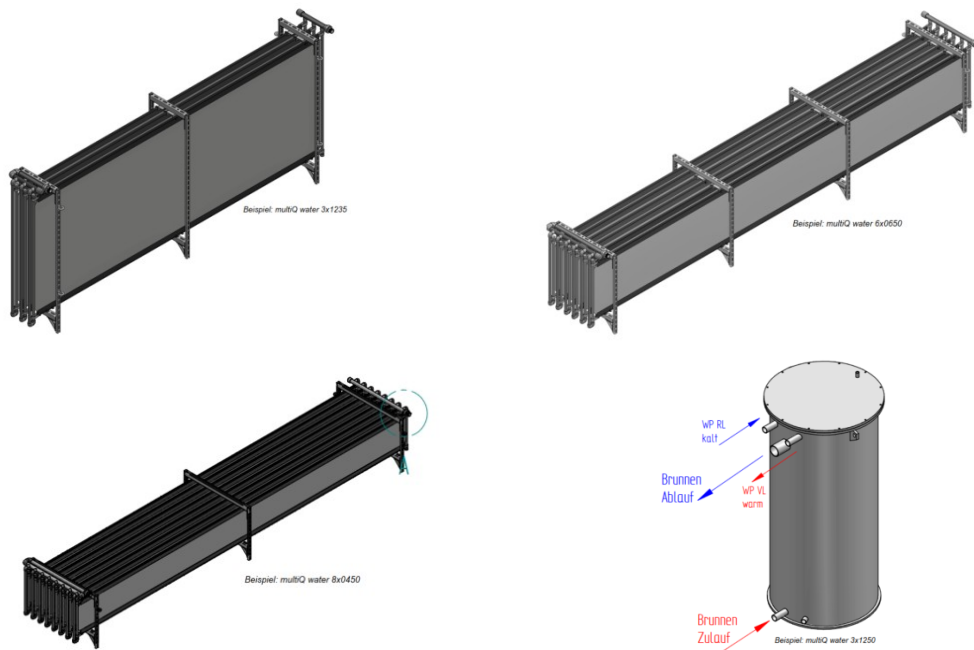
Die HUBER-Wärmeübertrager der Baureihe RoWin sind speziell für die Wärmegewinnung aus Abwasser und Oberflächenwasser konzipiert. Es handelt sich um eine geschlossene Edelstahlbehälterkonstruktion, in dem horizontale Rohrmodule parallel angeordnet sind. Die Installation kann oberirdisch im Behälter oder im Gerinne erfolgen.

Kosten:

Durch die komplexe Mechanik resultieren höhere Investitionskosten, jedoch weisen diese Wärmeübertrager niedrige Betriebskosten dank automatisierter Reinigung und wartungsfreundlicher Bauweise auf.

Umweltverträglichkeit:

Das verwendete Material Edelstahl ist langlebig und recyclingfähig.



Betrieb und Effizienz:

Die Wärmeübertrager der Serie multiQ sind wasserbasierte Wärmeabsorbersysteme, die speziell für den Einsatz mit Sole/Wasser-Wärmepumpen entwickelt wurden. Sie weisen je nach Ausführung einen Quellenleistungsbereich von ca. 6–26 kW pro Modul auf. Vollflächig durchströmte Register-Wärmeübertrager ermöglichen effiziente Wärmeübertragung bei niedrigen Temperaturdifferenzen.

Bauart

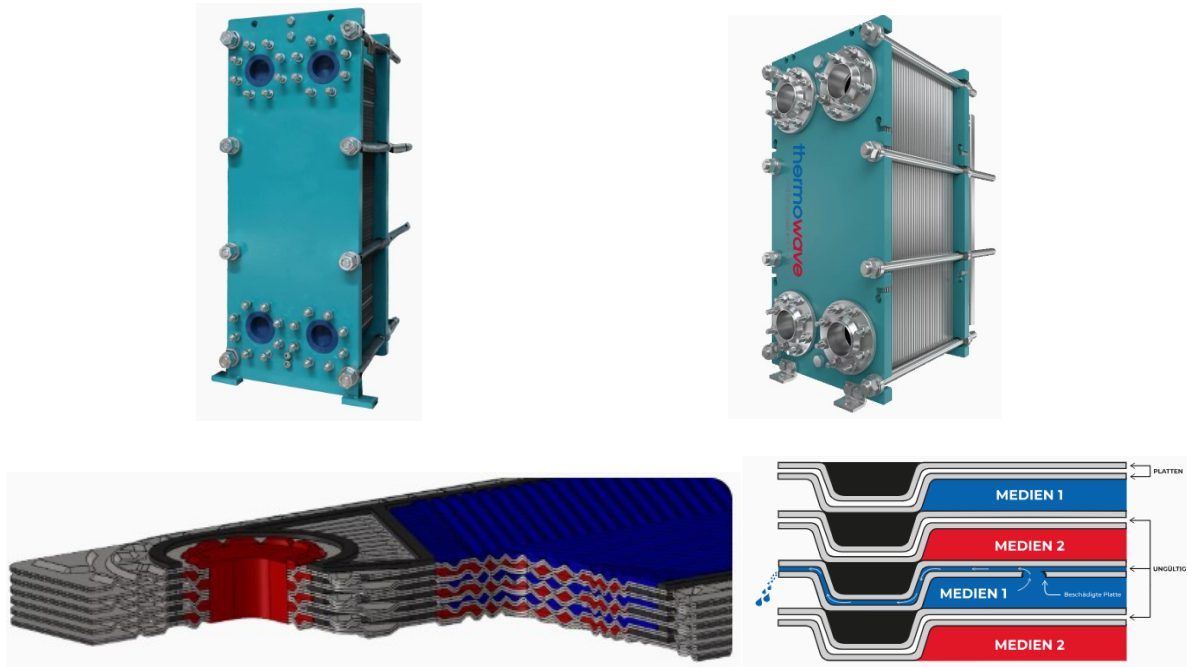
Sie bestehen aus unabgedeckten, vollflächig durchströmten Register-Wärmeübertragern, einem robusten Edelstahlgestell sowie Verrohrung und werden komplett vormontiert geliefert. Die Wärmeübertrager sind kaskadierbar für größere Leistungen und bestehen aus Edelstahl und Polypropylen. Die Installation erfolgt vollständig im Gewässer und es ist eine Sicherung gegen Auftrieb und Treibgut erforderlich.

Kosten:

Die Wärmeübertrager weisen moderate Investitionskosten durch einfache Konstruktion und flexible Skalierung auf. Aufgrund der Wartungsfreundlichkeit ergeben sich geringe Betriebskosten.

Umweltverträglichkeit:

Die Materialien Polypropylen und Edelstahl sind langlebig und recyclingfähig.



Betrieb und Effizienz:

Bei den thermowave-Wärmeübertragern handelt es sich um Platten-Wärmeübertrager, die je nach Anwendungsspezifikation in verschiedenen Materialien, Rahmendesign und Größen konfiguriert werden können. Darunter sind Varianten für Standard-, Hochdruck- und Sicherheitsanwendungen (bis 63 bar). Darüber hinaus sind die Wärmeübertrager mit verschiedensten Medien kompatibel (Wasser, Sole, Glykologemische, natürliche und synthetische Kältemittel).

Bauart:

Ein Alleinstellungsmerkmal ist die Möglichkeit der doppelwandigen Ausführung, die speziell für Anwendungen mit hohen Sicherheitsanforderungen entwickelt wurde. Für die Wärmeübertrager werden Edelstahl und korrosionsbeständige Legierungen verwendet. Es handelt sich um eine modulare Plattenbauweise (gedichtet oder halbverschweißt).

Kosten:

Es bestehen höhere Anschaffungskosten für Hochdruckvarianten, jedoch geht damit auch eine hohe Betriebseffizienz und lange Lebensdauer einher.

Umweltverträglichkeit:

Die doppelwandige Bauweise verhindert eine Vermischung der Medien und ermöglicht eine sofortige Leckageerkennung und lange Lebensdauer. Darüber hinaus ist der Einsatz natürlicher Kältemittel (z.B. CO₂) möglich.



Therm-Liner Bauform A



Therm-Liner Bauform B



Therm-Liner Wärmetauscher-Stack

Betrieb und Effizienz:

Die Therm-Liner-Technologie nutzt die Temperaturen von Abwasser (im Winter ca. 10–12 °C, im Sommer bis 20 °C) und Wasser in Seen und Flüssen als Wärmequelle. Durch die Integration der Wärmeübertrager direkt in den Kanal, Kläranlagenablauf oder Fließgewässern und Seen wird eine hohe Wärmeübertragungsleistung erzielt. Leistungsbereiche reichen beim Therm-Liner Stack von 50 kW bis mehrere MW, abhängig von Kanalgröße und Durchfluss. Die Systeme sind passiv, d. h. ohne zusätzliche Pumpenergie, was die Betriebseffizienz erhöht.

Bauart:

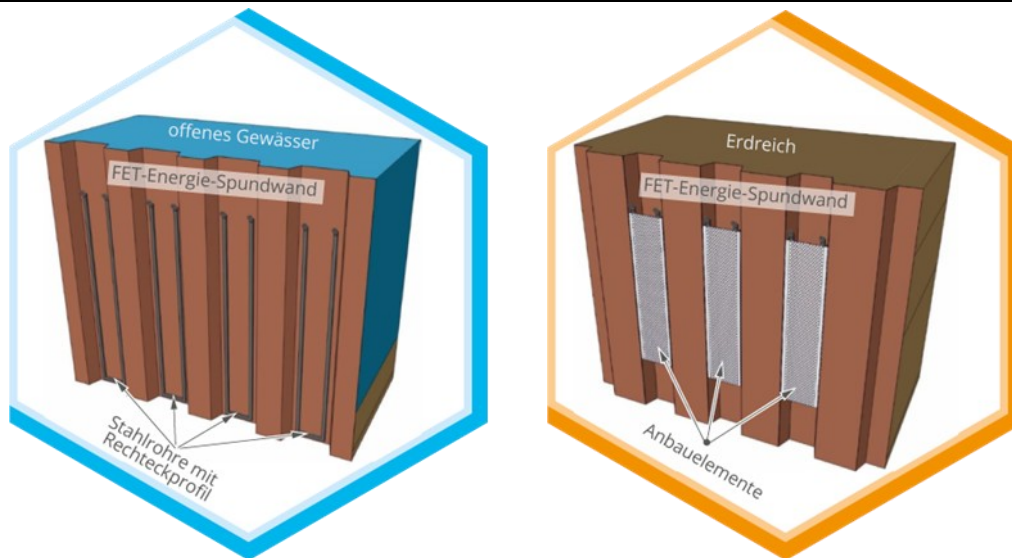
Die Wärmeübertrager bestehen aus Edelstahl, gebeizt und passiviert für Korrosionsbeständigkeit. Die modulare Konstruktion erlaubt flexible Anpassung an unterschiedliche Einsatzbereiche. Die Varianten A und B sind für den Einbau in Kanälen konzipiert und können wahlweise als offenen oder geschlossene Bypass-Systeme oder direkt in bestehende Infrastruktur integriert werden. Der Therm-Liner Stack ist für die Wärmeentnahme aus Flüssen und Seen ausgelegt. Er wird als kompakte, gestapelte Einheit installiert und eignet sich besonders für Projekte mit großem Energiebedarf aus Oberflächengewässern. Das Entstehen von Biofilm wird bereits bei der Auslegung berücksichtigt, sodass die Systeme wartungsarm und störungsresistent konzipiert werden.

Kosten:

Die Investitionskosten sind projektabhängig. Die Betriebskosten sind gering, da keine Pumpen oder Filter erforderlich sind. Der Wartungsaufwand ist minimal durch strömungsoptimierte Oberflächen und optional integrierte Reinigungseinheiten.

Umweltverträglichkeit:

Das verwendete Material Edelstahl ist langlebig und recyclingfähig. Zudem ist das System fischfreundlicher und erfüllt alle relevanten Kanalbau-Normen (DWA-M 114).



Betrieb und Effizienz:

Energiespundwände nutzen die im Erdreich gespeicherte Wärmeenergie. Durch integrierte Absorberrohre in den Spundwandprofilen wird Wärme aus dem Boden oder Grundwasser entzogen und an eine Wärmepumpe übertragen. Die Effizienz ist hoch, da die Wärmequelle ganzjährig relativ konstante Temperaturen bietet. Typische Leistungsbereiche liegen im Bereich von 120 bis 700 W/m.

Bauart:

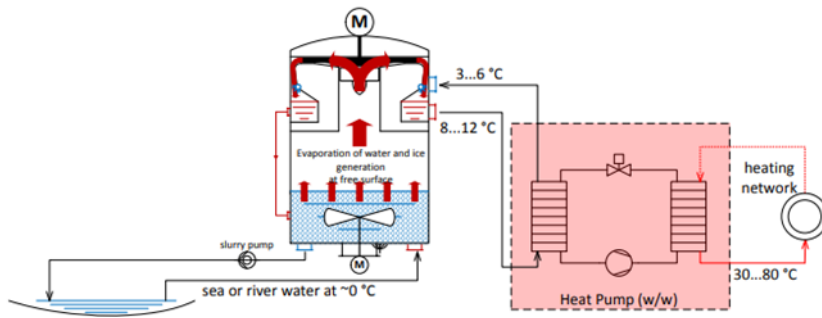
Die Technologie kombiniert die Funktion einer klassischen Stahlspundwand (Bauwerksabdichtung und statische Sicherung) mit einem integrierten Wärmeübertragungssystem. Die Rohre (aus Metall oder Kunststoff) sind werkseitig in die Spundwandprofile eingebaut, was eine platzsparende Lösung darstellt. Ideal für Bauprojekte wie Uferbefestigungen oder Gründungen, bei denen ohnehin Spundwände erforderlich sind. Ergänzend dazu gibt es auch Anbauelemente, die bei bestehenden Spundwänden nachgerüstet werden können.

Kosten:

Durch die Integration des Wärmeübertragungssystems in die ohnehin notwendige Baukonstruktion entfallen separate Erschließungskosten für andere Wärmequellen. Die Wirtschaftlichkeit steigt besonders bei Projekten, die Spundwände ohnehin vorsehen.

Umweltverträglichkeit:

Die Technologie nutzt vorhandene geotechnische Strukturen und vermeidet zusätzliche Eingriffe in die Umwelt.



Betrieb und Effizienz:

Die Vakuumeistechnologie nutzt die Phasenwechselenergie von Wasser unter Vakuumbedingungen. Wenn Wasser im Vakuum verdampft, wird dem System Wärme entzogen. Dieser Effekt wird normalerweise für die Kälteerzeugung genutzt. Gleichzeitig entsteht bei der Kondensation des Wasserdampfes Wärmeenergie. Diese Kondensationswärme kann über einen Wärmeübertrager abgeführt und für Heizzwecke genutzt werden. In Kombination mit einer Wärmepumpe lässt sich die Temperatur dieser Wärme auf ein nutzbares Niveau anheben, sodass die Technologie sowohl Kühlung als auch Heizung ermöglicht. Dadurch eignet sich das System für hybride Anwendungen, bei denen saisonal zwischen Wärme- und Kältebedarf gewechselt wird. Die Verdampfung erfolgt bei sehr niedrigem Druck (ca. 6 mbar), was eine effiziente Wärmeentnahme bei moderaten Temperaturen (etwa +5 °C) ermöglicht. Durch die gleichzeitige Bereitstellung von Kälte und Wärme kann die Primärenergieeinsparung gegenüber getrennten Systemen erheblich sein.

Bauart:

Das System besteht aus einem vakuumdichten Behälter, in dem Wasser unter Unterdruck verdampft. Die Bauweise erfordert eine robuste Vakuumtechnik, Kondensationsflächen und eine Steuerungseinheit zur Druckregelung.

Kosten:

Die Investitionskosten sind höher als bei konventionellen Wärmeübertragern, da Vakuumtechnik und spezielle Materialien erforderlich sind. Die Betriebskosten sind moderat, da keine mechanische Bewegung großer Massen erfolgt, jedoch Wartung für die Vakuumpumpen notwendig ist.

Umweltverträglichkeit:

Die Technologie arbeitet ohne chemische Kältemittel und nutzt Wasser als Arbeitsmedium, was sie besonders umweltfreundlich macht. Dadurch entfallen Risiken durch fluoridierte Kältemittel und die Lösung ist sicherer und nachhaltiger.

4 Anwendungsbeispiele

In diesem Abschnitt erfolgt die vertiefte Auswertung von bestehenden Anlagenkonzepten (Betrieb oder Planung) in Bezug auf Betriebsrahmenbedingungen. Dafür werden zunächst auf Basis realer Anlagenmesswerte oder Gewässerbedingungen optimale Betriebsbedingungen erläutert. Im Folgenden wird anhand von Beispielanlagen eines geschlossenen Systems und offener Systeme beschrieben, wie im konkreten Fall mit diesen Rahmenbedingungen umgegangen wurde. Es folgt eine Beschreibung, welche Restgefährdung besteht und wie diese mit Anlagenmonitoring, Reinigung der Anlagen und Havariekonzepten minimiert werden. Das Kapitel schließt mit einer Stellungnahme von Betreibern von Aquathermieranlagen zu den in der LAWA-Richtlinie (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2025) vorgeschlagenen Richtwerten zur Genehmigungsfähigkeit von Aquathermie-Anlagen.

4.1 Optimale Betriebsbedingungen im Allgemeinen

Im folgenden Abschnitt werden die optimalen Betriebsbedingungen einer Aquathermieranlage beschrieben, wobei insbesondere die thermodynamischen Parameter (Temperatur, Volumenstrom, Stoffparameter) entscheidend sind.

4.1.1 Einfluss Volumenstrom und Temperaturspreizung

Am Beginn jeder Planung eines Aquathermie-Systems ermittelt der Anlagenplaner die benötigte Wärmeleistung, die von der Wärmepumpe bereitgestellt werden soll. Diese resultiert in der Regel aus der maximalen Heizleistung des zu versorgenden Gebäudes oder Wärmenetzes an einem kalten Wintertag. Unter Berücksichtigung des COP der Wärmepumpe kann die benötigte maximale Quell-Wärmeleistung $\dot{Q}$ berechnet werden (vgl. Abschnitt 2.3.1). Für den Betreiber und Antragsteller einer Aquathermie-Anlage gibt es zwei Hauptstellgrößen, mit der die benötigte Wärmeentzugsleistung aus dem Gewässer erreicht werden kann: der Volumenstrom $\dot{V}$ in m^3/s des entnommenen Wassers und die eingestellte Temperaturspreizung zwischen Entnahme und Rückleitung ($T_{VL} - T_{RL}$) in K (s. Formel (1)).

$$\dot{Q} = \dot{V} * \rho * c_p * (T_{VL} - T_{RL}) \quad (1)$$

$\dot{Q}$	Quell-Wärmeleistung der Hydrothermie [kW]
$\dot{V}$	Volumenstrom des entnommenen Flusswassers [m^3/s]
ρ	Dichte Wasser [kg/m^3]
c_p	spezifische Wärmekapazität Gewässer [$\text{kJ}/(\text{kg K})$]
T_{VL}	Vorlauftemperatur des entnommenen Gewässers [K]
T_{RL}	Rücklauftemperatur des zurückgeleiteten Gewässers [K]

Aus dieser Formelbeziehung lassen sich die optimalen Betriebsbedingungen einer Aquathermie-Anlage ableiten: ein möglichst geringer Volumenstrom $\dot{V}$, da so der Strombedarf der Saugpumpen und die Dimensionierung der Rohrleitungen und Wärmeübertrager minimiert wird und daraus folgend eine möglichst hohe Temperaturspreizung zwischen Entnahme und Rückleitung. Trotz dieser Beziehungen verzichten Betreiber von Aquathermieanlagen in der Regel auf höhere Temperaturspreizungen als 5 K, da bei höheren Spreizungen andere Nachteile eintreten: Zum einen resultiert eine höhere Temperaturspreizung in einem schlechteren Wirkungsgrad und damit höherem Stromverbrauch in der Wärmepumpe (COP), zum anderen ist die Spreizung begrenzt, wenn die Vereisung der Anlage bei Rückleitungstemperaturen von 0°C eintritt.

Bei höheren Gewässertemperaturen in der Übergangszeit und im Sommer kann eine erhöhte Temperaturspreizung über 5 K im Einzelfall sinnvoll und notwendig sein und sollte im Genehmigungsprozess offen diskutiert werden.

4.1.2 Wie wirkt sich die Wassertemperatur auf die Effizienz (COP) der Wärmepumpe aus?

In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist die Auswirkung der Gewässertemperatur auf die Effizienz einer Wärmepumpe dargestellt. Die gemessenen COP-Werte stammen vom Aquathermie-Projekt „Hainer See“ (vgl. Steckbrief 1, Kap. 3.2), wobei es sich um ein geschlossenes System (3-Kreis-System mit Zwischen-Wärmeübertrager – vgl. Abbildung 3) handelt. Der dargestellte rechnerische COP wird anhand des Carnot-Wirkungsgrades ermittelt, wobei eine Vorlauftemperatur in der Wärmepumpe von 45 °C und ein Gütegrad von 65 % angenommen wird.

Für diese Anlagenkonfiguration darf die Rücklauftemperatur nicht unter 0°C fallen, da die Anlage sonst vereisen würde. Dadurch ist die Leistungszahl bei Gewässertemperaturen unter 3°C in diesem Fall begrenzt auf 3,7. Höhere Wassertemperaturen und damit höhere Vorlauftemperaturen führen zu einer Erhöhung des COPs auf bis zu 7,0. **Folglich wird für die Wärmepumpen eine möglichst hohe Quelltemperatur angestrebt.** Zusätzliche Wärmeübertrager zwischen Wärmequelle (Gewässer) und Wärmepumpe führen aufgrund des Temperaturverlusts im Wärmeübertrager immer zu einer Reduktion des COPs, daher sind Zwischen-Wärmeübertrager aus Effizienzgründen zu vermeiden. Im Projekt Hainer See führt der Zwischen-Wärmeübertrager zu einer Reduktion der nutzbaren Quelltemperatur von ca. 2-3 K, wodurch der COP um ca. 5 % sinkt.

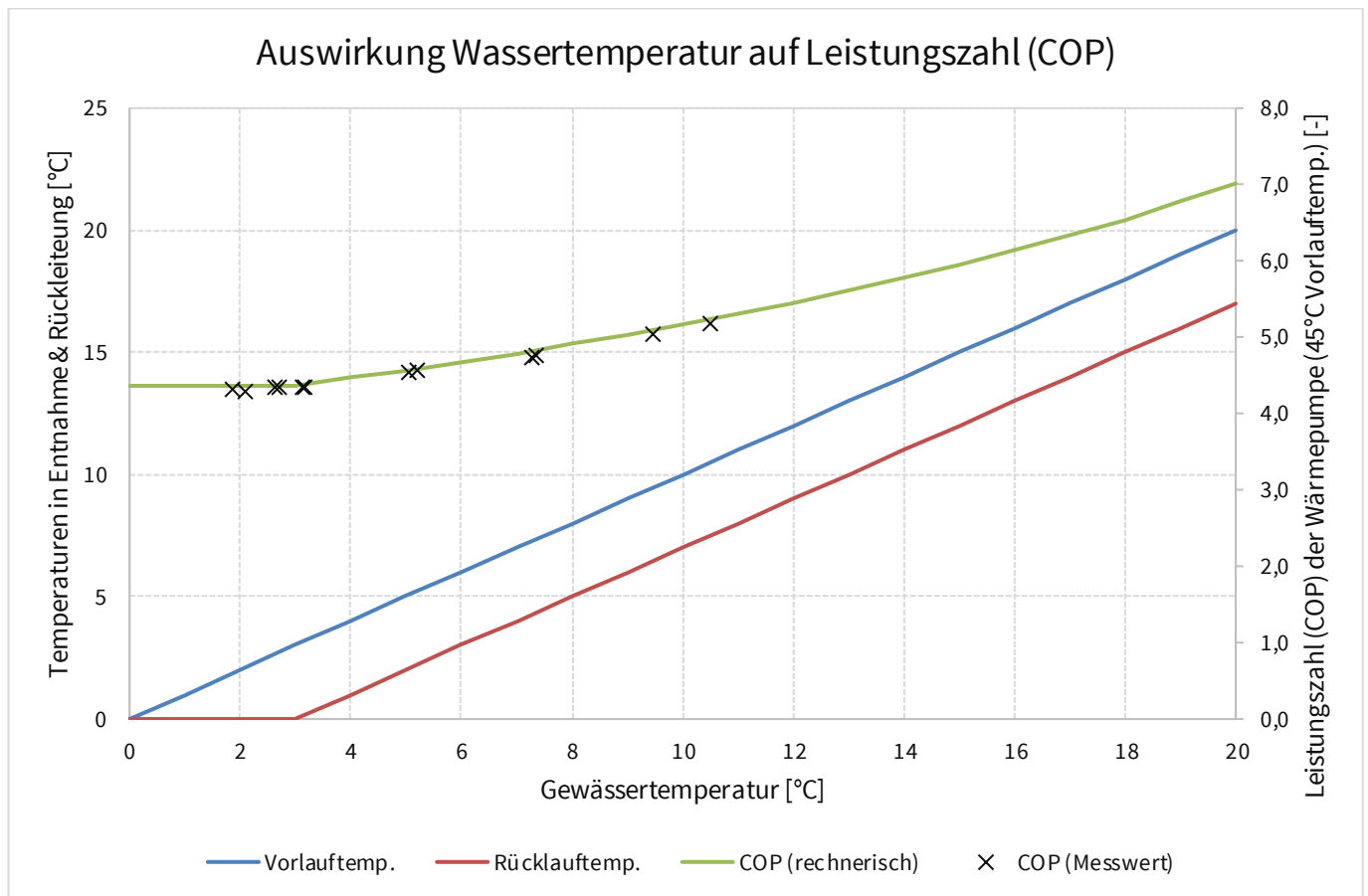


Abbildung 6: Auswirkung der Wassertemperatur auf rechnerische Leistungszahl einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit Vorlauftemperatur von 45°C

Quelle: Messwerte Quartiersenergie GmbH

4.1.3 Einfluss von Temperaturprofil von Standgewässern und Entnahmetiefe der Wasserentnahme

Abbildung 7 zeigt die Monatsmittelwerte der Wassertemperatur in verschiedenen Wassertiefen am Zwenkauer See. Unterhalb von 20 m Wassertiefe schwankt die Wassertemperatur in einem deutlich geringeren Bereich zwischen 4 bis 9°C während die Temperaturen nahe der Wasseroberfläche deutlich stärker durch den Einfluss von Luft-Temperatur und Solarstrahlung beeinflusst werden (4°C bis 23°C).

Für eine Aquathermieanlage zur reinen Heizwärmeversorgung ist daher grundsätzlich eine Wärmeauskopplung möglichst nahe der Wasseroberfläche (ca. 1-3 m) erstrebenswert. Hier kann von der Temperaturerhöhung durch Wärmeeinträge aus Solarstrahlung und Umgebungsluft profitiert werden. Für eine Aquathermieanlage zur Kälteversorgung wäre dagegen eine Entnahme in Wassertiefen größer 15 m sinnvoll, da hier ganzjährig geringere Quelltemperaturen vorliegen. Bei einer Kombination von Wärme- und Kälteversorgung kann daher, vor allem bei größeren Anlagen, eine Entnahme in zwei Tiefen sinnvoll werden. Bei der Planung des Entnahmepunktes sollte auch die natürliche Eisbildung im

Winter berücksichtigt werden, durch die sich die Strömungsverhältnisse im Gewässer und damit auch die Wärmeübertragung stark verändern kann.

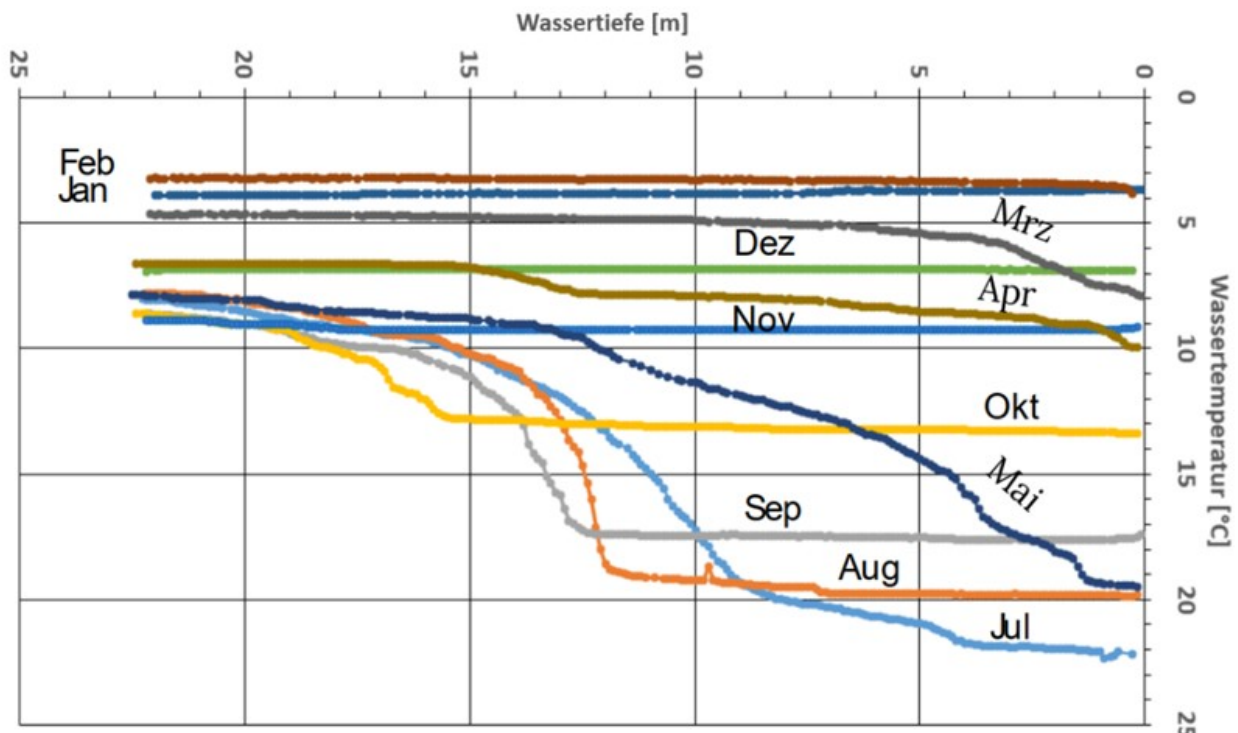


Abbildung 7: Temperaturtiefenprofile am Zwenkauer See (Messpunkt OW 2 von Juli 2020 bis Mai 2021) erhoben im Rahmen der Studie „Seethermie – innovative Wärmeversorgung aus Tagebaurestseen“

Quelle: (Böttger et al., 2021)

4.1.4 Einfluss der Wassertemperatur im Hinblick auf jahreszeitliche Schwankungen und Speicherwirkung

In Abbildung 8 und Abbildung 9 werden die jahreszeitlichen Schwankungen der Gewässertemperatur eines stehenden Gewässers (Beispiel: Hainer See) dargestellt und dem Verlauf der Außenluft-Temperatur gegenübergestellt. In Abbildung 10 erfolgt die Darstellung der jahreszeitlichen Temperaturen der Elbe in Schmilka als Beispiel für ein Fließgewässer über den Zeitraum der letzten 30 Jahre. (SMUL, 2025)

Die Wassertemperatur folgt grundsätzlich dem saisonalen Verlauf der Außentemperatur, verändert sich aber weniger stark. Im Winter verläuft die Wasser-Temperaturkurve glatter als im Sommer, was durch die geringe solare Einstrahlung begründet werden kann. An der Messstelle am Hainer See in 2,5m Wassertiefe wurden seit April 2025 Temperaturen zwischen 2°C und maximal 30°C erreicht (Abbildung 8). Die Temperaturen der Elbe folgen dem gleichen saisonalen Verlauf und schwanken zwischen 0,1°C bis 26,7°C (Abbildung 10).

In Abbildung 9 wird die Differenz zwischen den Monatsmittelwerten der Wassertemperatur und der Lufttemperatur aus Abbildung 8 (Hainer See) dargestellt. Dadurch wird die saisonale Speicherwirkung

des Gewässers deutlich: Durch die Erwärmung im Sommer bleibt der See bis Januar/Februar wärmer als die Außenluft und bietet dadurch eine deutlich bessere Wärmequelle zum Heizen im Vergleich zur Außenluft. Gegen Ende der Heizsaison (März bis Ende Mai) kehrt sich dieses Verhältnis um, da sich der See im Frühjahr nicht so schnell erwärmt wie die Außenluft.

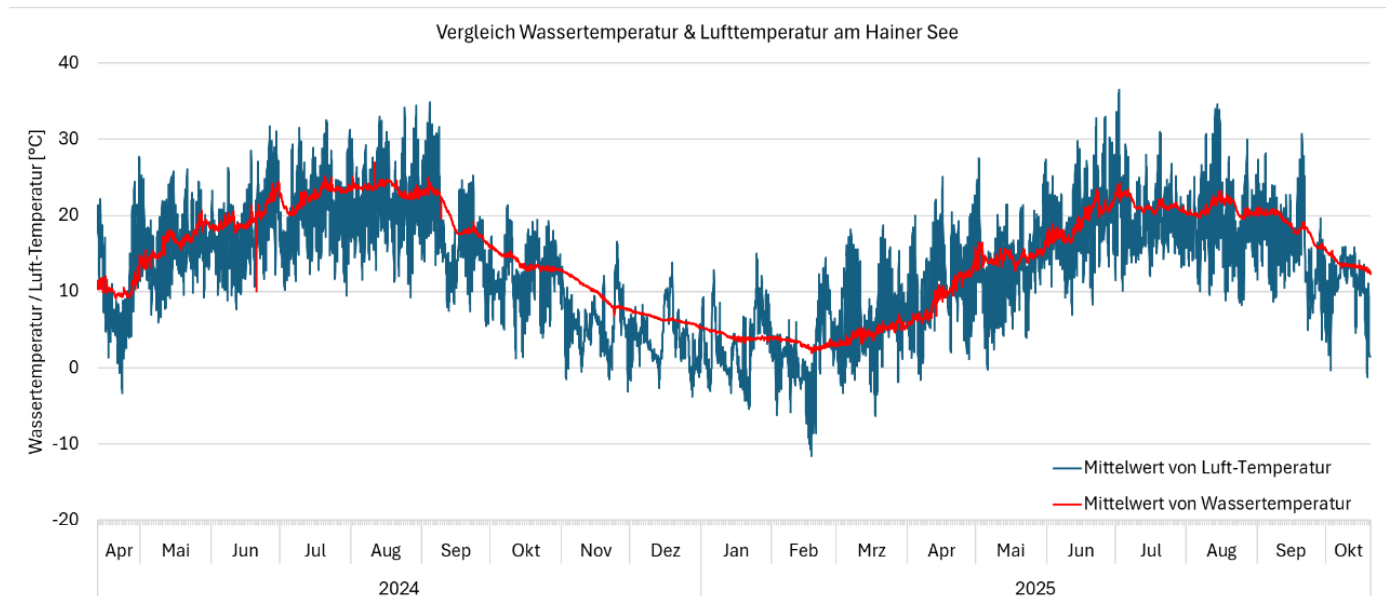


Abbildung 8: Stundenmittelwerte der Wassertemperatur (Tiefe 2,5 m) und der Außenluft-Temperatur beim Projekt Hainer See

Quelle: Messwerte Quartiersenergie GmbH

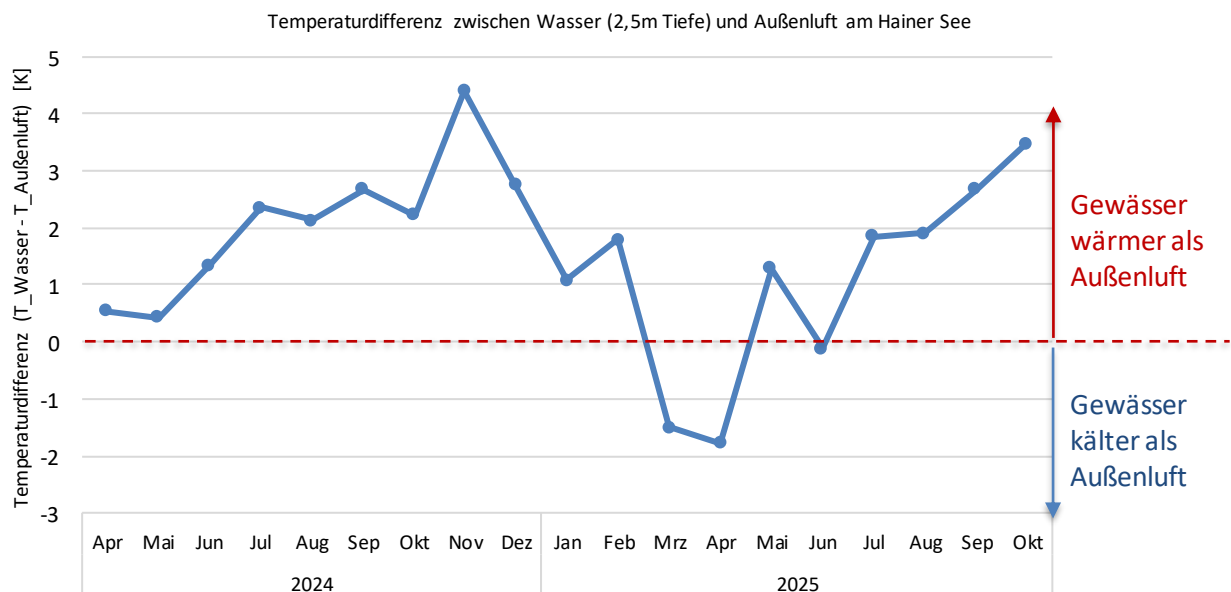


Abbildung 9: Monatsmittelwerte Temperaturdifferenz zwischen Wassertemperatur (2,5 m) und Außenlufttemperatur am Hainer See

Quelle: Messwerte Quartiersenergie GmbH

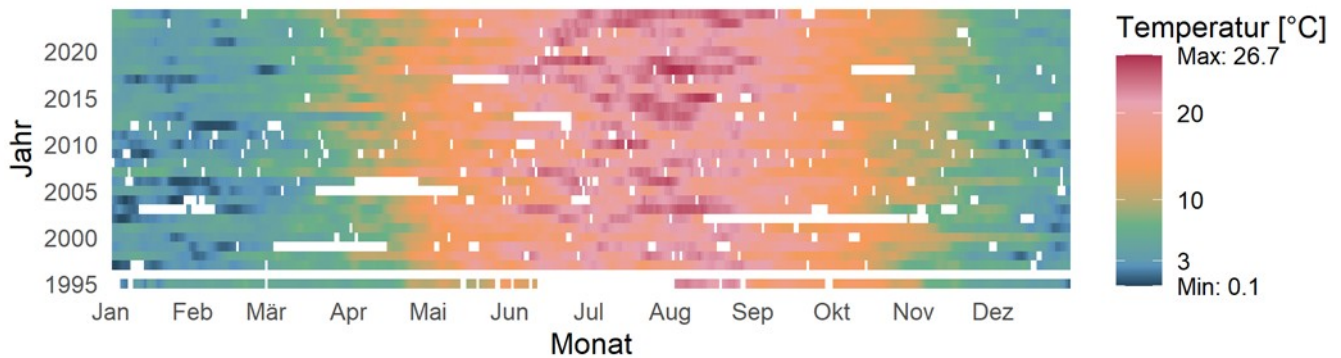


Abbildung 10: Darstellung der Wassertemperaturen der Elbe (Messstelle: Schmilka) in den Jahren 1995 bis 2024. Fehlerhafte Messwerte (v. a. aus dem Jahr 1996) wurden nicht dargestellt (weiß).

Quelle: eigene Darstellung

4.2 Geschlossene Systeme

Die folgende projektbezogene Auswertung für ein geschlossenes System erfolgt auf Basis des im Betrieb befindlichen Projekts Hainer See (vgl. Steckbrief 1, Kap. 3.2). Beim Hainer See handelt es sich um ein geflutetes Tagesbaurestloch im Revier südlich von Leipzig. Der See wird seit 2010 infrastrukturell erschlossen wird. An dem 5,45 km² großen See wird seit 2024 eine Ferienhaussiedlung über eine Aquathermie-Anlage betrieben. Dabei handelt es sich um ein geschlossenes System, d.h. es wird kein Wasser entnommen und zurückgeleitet. Die Aquathermie-Wärmeübertrager des Herstellers MEFA wurden direkt ins Gewässer, unterhalb eines Bootsstegs gehängt und sind über Kunststoffleitungen mit der Wärmepumpe an Land verbunden. Im Verhältnis zum gesamten Gewässer handelt es sich bei dieser Anlage mit einer maximalen Entzugsleistung von 220 kW_{th} und einem jährlichen Wärmentzug von 400 MWh/a um eine sehr kleine Anlage. Dieser Wärmeentzug hat im Vergleich zum jährlichen Wärmeeintrag durch Globalstrahlung einen sehr geringen Anteil von 0,0075% (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Bilanz der thermischen Arbeit der Wärmepumpenanlage und des Hainer Sees

Kennwert	Symbol	Wert	Einheit
Fläche des Hainer Sees	A	5.450.000	m ²
Mittlere jährliche Globalstrahlung 1991-2020 in Mitteldeutschland (DWD)	G	1.090	kWh/(m ² * a)
Mittlerer Albedo über Wasserflächen	α	0,1	-
Wärmeeintrag in den Hainer See	$Q_{\text{Umwelt}} = A * G * (1 - \alpha)$	5.350.000	MWh/a
Geplanter Wärmeentzug Hainer See	Q_{Entzug}	400	MWh/a
Anteil Wärmeentzug am Wärmeeintrag	$\Phi = Q_{\text{Entzug}} / Q_{\text{Umwelt}}$	0,0075	%

Quelle: (Böttger et al., 2021)

Die Anlagenperformance wird über ein umfangreiches Monitoring gesteuert und ausgewertet. Es werden Temperaturen, Drücke und Durchflussmengen im Gewässer und im Heizsystem erfasst. In Abbildung 11 ist die Temperaturspreizung zwischen Entnahme- und Rückleitung im Aquathermiekreis dargestellt. Die Temperatur-Spreizung zwischen Entnahme und Rückleitung wird in Abhängigkeit der Gewässertemperatur dargestellt. Die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen werden dabei auf Spannen der Gewässertemperatur bezogen (jeweils Bereiche von 2 K) und gemittelt. Im dargestellten Diagramm wird ein typisches Verhalten einer Aquathermie-Anlage sichtbar: je kälter das Gewässer ist, desto geringer wird die Temperaturspreizung zwischen Entnahme und Rückleitung. Die Spreizung steigt von 2,2 K bei Gewässertemperaturen von ca. 5°C auf 2,7 K bei 15°C. **Grundsätzlich wird demnach die in den LAWA-Studien vorgeschlagene Begrenzung auf 5 K-Temperaturspreizung eingehalten.** In der Praxis stellt sich die Vorlauftemperatur (Entnahme) dabei meist 0,5 bis 1 K unterhalb der Gewässertemperatur ein.

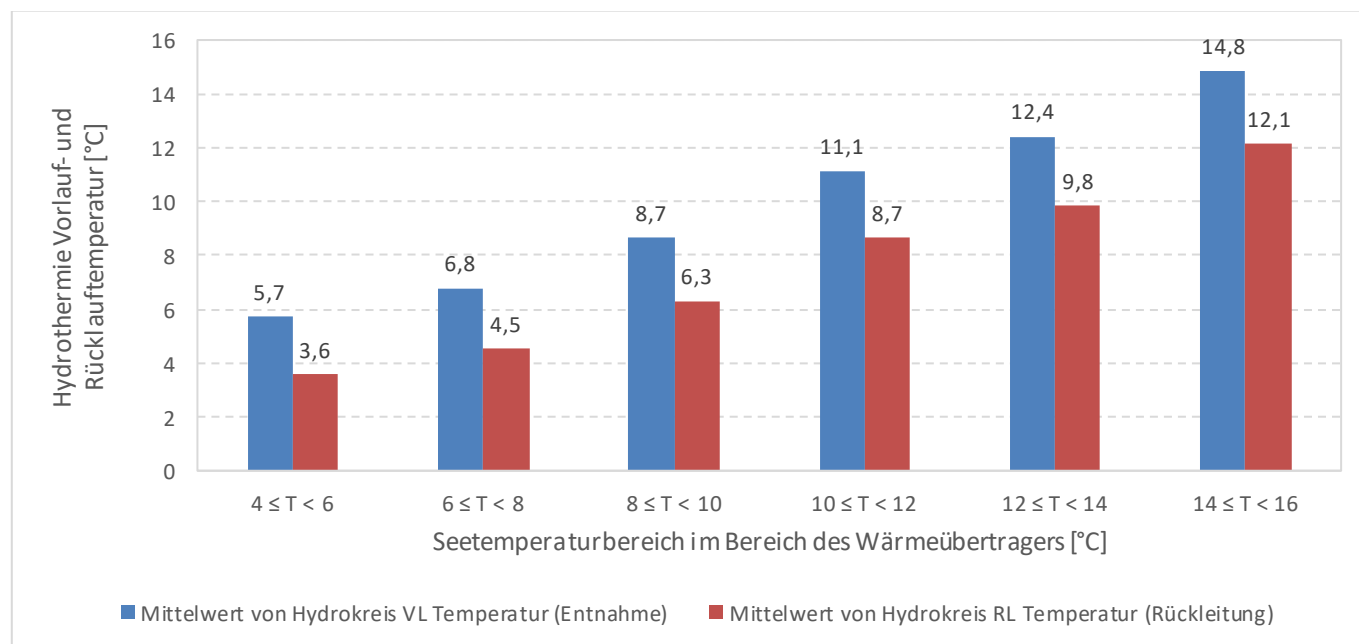


Abbildung 11: Temperaturspreizung zwischen Entnahme (VL = Vorlauf) und Rückleitung (RL = Rücklauf) im geschlossenen Wärmequellkreislauf am Hainer See

Quelle: Messwerte Quartiersenergie GmbH

Die Betrachtung der Temperaturänderungsrate durch die Aquathermieanlage im Gewässer erfolgt in Abbildung 12. Die gezeigten Temperatursensoren befinden sich direkt an den MEFA-Wärmeübertragern unterhalb des Stags und zeigen somit die lokale Temperaturänderung an. Die Auswertung erfolgt für verschiedene Messzeiträume mit unterschiedlichen Start-Gewässertemperaturen für maximal zwei Stunden, da die Wärmepumpen i.d.R. nicht länger am Stück betrieben wurde. Je nach Messzeitraum beträgt die **Temperaturänderungsrate im Gewässer lokal am Wärmeübertrager dem-**

nach maximal 0,4 K/h. Eine Temperaturänderung des gesamten Hainer Sees ist aufgrund des verhältnismäßig sehr geringen Wärmeentzugs im Vergleich zur Erwärmung durch Globalstrahlung nicht messbar (vgl. Tabelle 7). Zu beachten ist, dass die hier gemessene Temperaturspreizung und Temperaturänderungsraten aufgrund des geschlossenen Systems nicht direkt ins Gewässer gelangen kann, da durch den MEFA-Wärmeübertrager eine hydraulische Trennung zwischen Hydrothermiekreis und Gewässer existiert.

Die Anlage am Hainer See wird nur betrieben, wenn die Wassertemperatur im See über 2,5°C liegt; sinkt sie darunter, schaltet das System automatisch ab. So wird sichergestellt, dass der Betrieb stets oberhalb der Eisflockungstemperatur des Wasser-Glykol-Gemischs erfolgt und die wasserrechtlichen Vorgaben eingehalten werden.

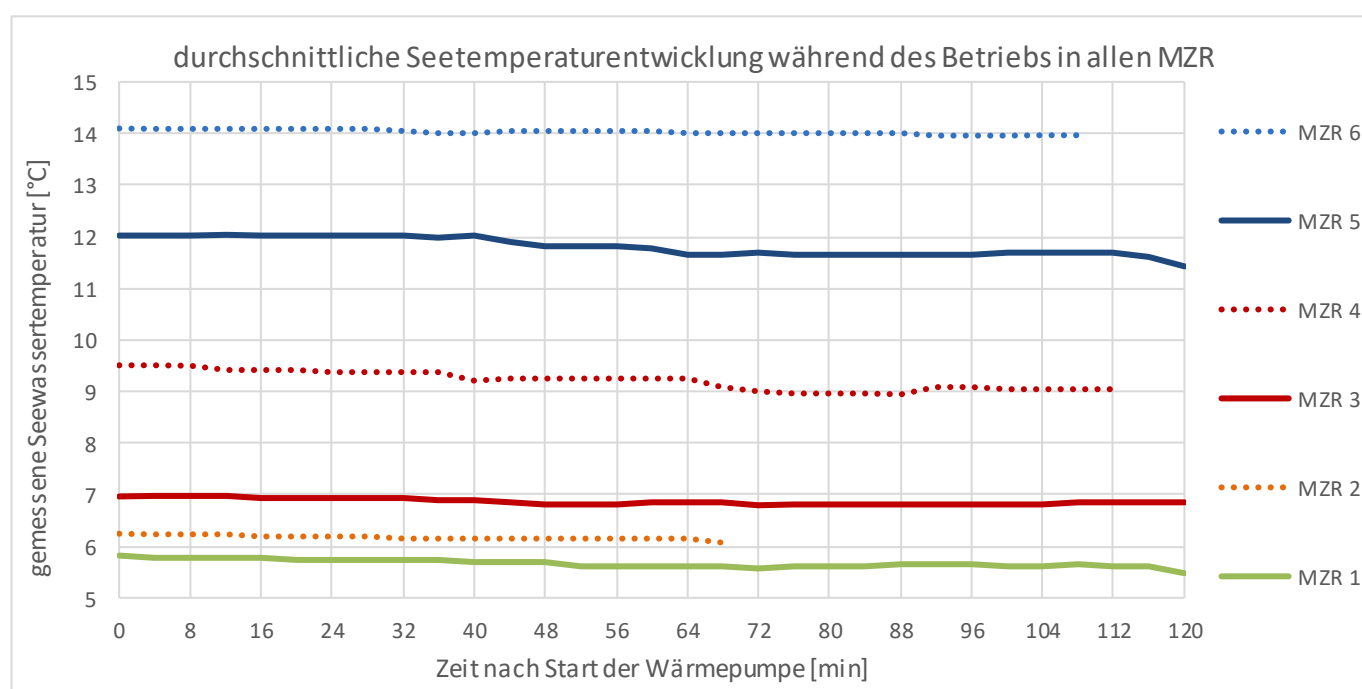


Abbildung 12: Entwicklung der Gewässertemperatur bei Betrieb der Wärmepumpe für verschiedene Messzeiträume (MZR) zwischen Januar bis Juni 2025 am Hainer See

Quelle: angepasst nach (Ondracek, 2025)

4.3 Offene Systeme

Die folgende projektbezogene Auswertung für ein geschlossenes System erfolgt auf Basis der folgenden drei Projekte:

- Fluss Stepenitz: Projekt der Stadtwerke Wittenberg (vgl. Steckbrief 2, Kap. 3.2)
- Fluss Inde: Projekt in Eschweiler – in Planung (vgl. Steckbrief 3, Kap. 3.2)
- Fluss Bega: Projekt der Stadtwerke Lemgo (vgl. Steckbrief 4, Kap. 3.2)

Da eine zur Verfügungsstellung von Monitoringdaten durch die Betreiber der drei Projekte nicht möglich oder gewünscht war, erfolgt die projektbezogene Bewertung anhand der mündlichen Aussagen der Betreiber oder Planer der Projekte aus den Interviews. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 zusammengefasst.

Bei den drei betrachteten Anlagen handelt sich um kleinere Anlagen an kleinen Flüssen bzw. Bächen. Diese stellen damit ein typisches Beispiel für zukünftige Aquathermie-Projekte in Sachsen dar, da es abgesehen von den Städten an der Elbe viele kleine und mittlere Städte an entsprechenden Fließgewässern in Sachsen gibt. Bezogen auf den MNQ der Fließgewässer, der im Falle vom Projekt an der Inde sogar unterhalb des in LAWA-Leitlinie (Leßmann & Riedmüller, 2025) zur Aquathermie diskutierten Grenzwerts von $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt, wird bei den drei Projekten ca. 10 % des MNQ im Aquathermie-System entnommen und zurückgeleitet.

Bei den drei Projekten wird eine **Temperaturspreizung zwischen 2 bis maximal 5 K** gemessen bzw. geplant. Obwohl die Stadtwerke Lemgo eine maximale Temperaturspreizung von 6,5 K genehmigt bekommen haben, wird hier die maximale zulässige Spreizung nicht ausgereizt. Die möglichen Gründe dafür wurden bereits im Abschnitt 4.1.1 diskutiert. Die geplante Anlage in Eschweiler wird über einen Bypass verfügen, der bei Überschreitung der Temperaturspreizung eine Vermischung von Rücklauf mit dem Vorlauf ermöglicht.

Die Begrenzung der Temperaturänderungsrate im Rückleitungswasser auf 1 K/h wurde in keinem Genehmigungsprozess der befragten Projekte als Grenzwert diskutiert bzw. vorgegeben, weshalb die Befragten Projektbeteiligten dazu keine Angabe machen konnten. Die Tabelle 8 genannten Werte basieren daher auf Annahmen der Autoren dieser Studie: die beiden Wärmepumpen in Wittenberge und Lemgo sind Bestandteil sogenannter iKWK-Anlagen (innovative Kraft-Wärme-Kopplungsanlage) und werden daher vorzugsweise zu Zeiten mit geringen Strompreisen betrieben. Dies führt dazu, dass die Anlagen keinen konstanten Tagesbedarf haben, sondern z.B. nur tagsüber bei hohen Photovoltaik-Erträgen im Stromnetz betrieben werden. Beim Startvorgang einer Großwärmepumpe dieser Größenordnung dauert es etwa 15 Minuten, bis die Zieltemperaturspreizung von 5 K erreicht wird. **Es resultieren Änderungsraten von 3 bis 5 K/h** im Rückleitungswasser, wobei diese Änderung bereits nach 15 Minuten abgeschlossen ist. Dass sich diese Temperaturänderung direkt auf das Gewässer auswirkt, wird in den drei Projekten mit verschiedenen Ansätzen verhindert: Im Projekt Lemgo wird das Rückleitungswasser über eine größere Fläche im Uferbereich versickert und gelangt nicht direkt zurück ins Gewässer. In Wittenberge läuft das Rückleitungswasser im Freigefälle über ein Geröllbett, bevor es in den Fluss gelangt, wodurch eine Dämpfung der Temperaturänderung möglich ist. Im Projekt Eschweiler ist an die Aquathermie-Wärmeübertrager ein kaltes Wärmenetz angeschlossen, in welchem dezentrale Wärmepumpen in jedem Gebäude die Wärmebereitstellung

gewährleisten. Da diese nicht alle gleichzeitig starten, kann eine erhöhte Temperaturänderungsrate im Rückleitungswasser hier ausgeschlossen werden. Für alle Projekte lässt sich zusammenfassend beurteilen, dass die Temperaturänderungsraten deutlich unter 1 K/h liegen, sobald die Anlagen im Dauerbetrieb befinden. In diesem Fall wird sich Temperaturänderungsrate im Rückleitungswasser an die Temperaturänderung des Gewässers an sich angleichen.

In allen untersuchten Projekten wird die Abkühlung des Gesamtgewässers hinter dem inneren Mischungsbereich als äußerst gering eingeschätzt und liegt zwischen **0,04 K bis 0,34 K**. Die erhobenen Messwerte der tatsächlichen Abkühlung der Stepenitz in Wittenberge lagen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Berichts noch nicht vor.

Tabelle 8: Auslegungs- oder Betriebsparameter der befragten Beispielprojekte mit offenem Entnahmesystem

Gewässer & Projekt	Entnahmemenge im Verhältnis zum MNQ	Temperaturspreizung zw. Entnahme und Rückleitung	Temperaturänderungsrate Rückleitungswasser	Abkühlung Gewässer im äußeren Mischungsbereich
Fluss Stepenitz, Stadtwerke Wittenberge	11 % von 0,6 m ³ /s	2 – 3 K	Im Dauerbetrieb: max. 1 K/h Im Startvorgang 15min: 3 K/h	max. 0,34 K
Fluss Bega, Stadtwerke Lemgo	5 % von 1,0 m ³ /s	3 – 5 K	Im Dauerbetrieb: max. 1 K/h Im Startvorgang 15min: 5 K/h	k.A. (Schätzung Autor: max. 0,25 K)
Fluss Inde, Projekt in Eschweiler	13 % von 0,45 m ³ /s	3 K	Im Dauerbetrieb: max. 1 K/h Kein Startvorgang da kaltes Netz	0,04 K

Quelle: eigene Recherche

4.4 Restgefährdung und Havariekonzepte

Die Betreiber der Aquathermie-Anlagen setzen verschiedene Havariekonzepte ein, um zu verhindern, dass wassergefährdende Stoffe – wie z. B. Kältemittel oder Glykol – ins Gewässer gelangen können. Insgesamt zeigen die Betreiber, dass der Schutz des Gewässers höchste Priorität hat und die eingesetzten Havariekonzepte zuverlässig verhindern, dass wassergefährdende Stoffe ins Ökosystem gelangen können. Typische Maßnahmen sind:

- **Drucküberwachung und automatische Abschaltung:** In den Anlagen werden Drucksensoren eingesetzt, die einen Druckabfall im Wärmeträgerkreis (z. B. Glykolkreis) sofort erkennen. Im Havariefall schalten sich die Förderpumpen automatisch ab und Ventile schließen, sodass kein weiterer Stoffaustritt ins Gewässer möglich ist. (alle Projekte)

- **Räumliche Trennung und Rückhaltebehälter:** Die Wärmeübertrager und Zwischenkreise sind so ausgelegt, dass bei einer Leckage das wassergefährdende Medium in einem separaten Behälter verbleibt und nicht direkt ins Flusswasser gelangen kann. (Eschweiler, Lemgo, Wittenberge)
- **Schnellschlussventile:** Einige Betreiber setzen Schnellschlussventile ein, die bei Störfällen innerhalb weniger Sekunden den betroffenen Kreislauf absperren. (Lemgo)
- **Verwendung von nicht-wassergefährdenden Wärmeträgern:** Durch Verwendung von VE-Wasser (entsalztes Wasser) oder einem Wasser-Glykol-Gemisch mit reduziertem Glykolgehalt von 3-Vol% in Kreisläufen mit nur einfacher Trennung zum Gewässer über den Wärmeübertrager werden selbst bei Leckage negative Auswirkungen ausgeschlossen (Hainer See, Lemgo)
- **Redundante Sicherheitsmechanismen:** Durch mehrstufige Sicherheitskonzepte (z. B. doppelte Trennung von Kreisläufen, Monitoring von Konzentrationen) wird das Risiko eines Stoffaustritts weiter minimiert. (alle Projekte)

4.5 Monitoring und Konzepte zur Reinigung

Monitoring-Vorgaben:

- Die Betreiber messen kontinuierlich die Temperaturen von Entnahme- und Rücklaufwasser sowie den Volumenstrom. Diese Daten dienen dazu, die Einhaltung der genehmigten Betriebsparameter (z. B. maximale Temperaturspreizung, Mindesttemperaturen) zu gewährleisten. (alle Projekte)
- Die Temperaturüberwachung erfolgt automatisiert und ist mit der Anlagensteuerung gekoppelt, sodass bei Abweichungen von den Vorgaben (z. B. zu niedrige Gewässertemperatur) die Anlage automatisch abgeschaltet wird. (alle Projekte)
- In einer Anlage werden zusätzlich vierteljährlich Wasserproben vor und nach dem Ein- bzw. Auslaufbauwerk entnommen, um etwaige Veränderungen der Wasserqualität (z. B. Aluminium- oder Eisenkonzentrationen) zu überwachen. (Lemgo)

Reinigungskonzepte:

- Zum Schutz der Anlage und des Gewässers werden an den Entnahmebauwerken Rechen oder Fischschutzgitter mit feiner Stababstand (z. B. 5–10 mm) installiert, die regelmäßig – teils automatisch, teils manuell – gereinigt werden. (Lemgo, Wittenberge, Eschweiler)
- Die Reinigung der Filter und Wärmeübertrager erfolgt je nach Verschmutzungsgrad in festen Intervallen oder nach Bedarf. Bei einigen Anlagen ist eine automatische Abreinigung (z. B. mit Bürsten oder Spülvorrichtungen) vorgesehen, bei anderen wird die Reinigung durch das Betriebspersonal durchgeführt. (Lemgo, Wittenberge, Eschweiler).
- Die Reinigung ist besonders für die Oberflächen der Wärmeübertrager wichtig, um die Leistung der Anlage aufrecht zu erhalten. Daher werden in Tabelle 9 die derzeit vor allem in der Kraftwerkstech-

nik eingesetzten gängigen Reinigungskonzepte für Wärmetauscher mit ihren jeweiligen potenziellen Umweltauswirkungen dargestellt. Chemische Reinigungsverfahren kommen aus Gründen der Umweltrisiken der Reinigungsmittel nicht in Betracht. Daher werden sie hier nicht aufgeführt.

Tabelle 9: Übersicht gängiger Reinigungsmethoden von Wärmetauschersystemen inkl. eingesetzter Materialien und potenzieller Umweltrisiken.

Reinigungsart	Beispiel	Betriebsart	Eingesetzte Materialien	Potenzielle Umwelt- risiken (nicht abschließend)
Mechanische Reinigung Rohrbündel außen	Abbildung 13	Wiederkehrend, nach Bedarf	Edelstahl	Eintrag von Schmiermitteln aus Lagern bewegter Teile
Mechanische Reinigung Rohrbündel innen (Kugelreinigungssystem)	Abbildung 14	kontinuierlich	Kugeln aus Kautschuk oder Schaumstoff	Eintrag von Mikroplastik

Quelle: eigene Darstellung

- Das bei der Reinigung von Filtern anfallende Spülwasser wird entweder in das Gewässer zurückgeführt oder – falls erforderlich – einer Kläranlage zugeführt. (Lemgo, Wittenberge, Eschweiler)
- Geschlossene Systeme mit Wärmeübertrager im Gewässer mit MEFA-Wärmeübertragern sind so ausgelegt, dass die Wärmeübertragung trotz Bildung eines leichten Biofilms weiter möglich ist, so dass regulär keine Reinigung geplant werden muss. Probenahmen des Herstellers nach 10 Jahren Betrieb zeigten nur einen geringen Bewuchs (Hainer See)

In der Abbildung 13 und Abbildung 14 werden exemplarisch zwei technische Reinigungslösungen von Aquathermiesystemen dargestellt. Abbildung 13 zeigt den Wärmetauscher RoWin der Firma Huber SE, bei dem ein integriertes mechanisches Reinigungssystem mittels einer gelochten Matrice die Rohrbündel wiederkehrend abfährt, Anhaftungen entfernt und diese kontrolliert nach unten austrägt.

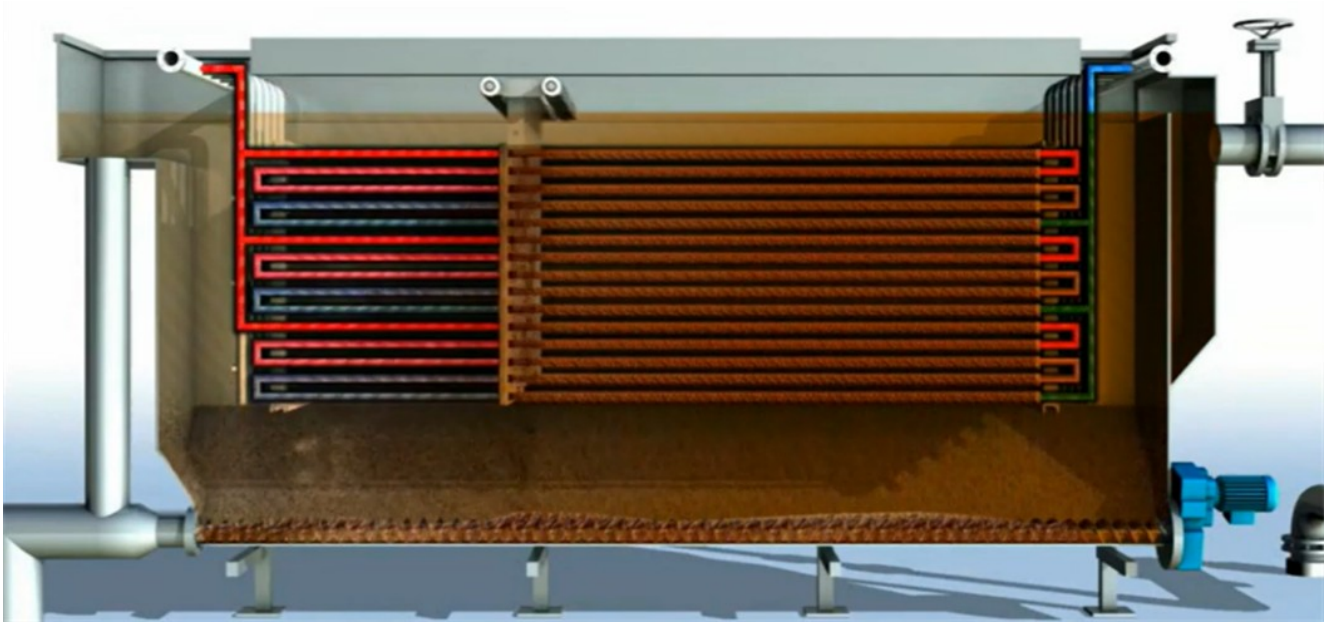


Abbildung 13: Schnittzeichnung Wärmetauscher roWin der Firma Huber SE mit Darstellung des integrierten mechanischen Reinigungssystems

Quelle: (HUBER SE, o. J.)

Abbildung 14 stellt hingegen eine Kugelreinigungsanlage dar, bei der elastische Reinigungskugeln kontinuierlich durch das Rohrbündel geführt werden, um Ablagerungen von den Innenwänden zu lösen. Im unteren Teil der Abbildung 14 sind das Abscheidesieb und Pumpe zum Kugeltransport erkennbar. sind das Abscheidesieb und Pumpe zum Kugeltransport erkennbar.

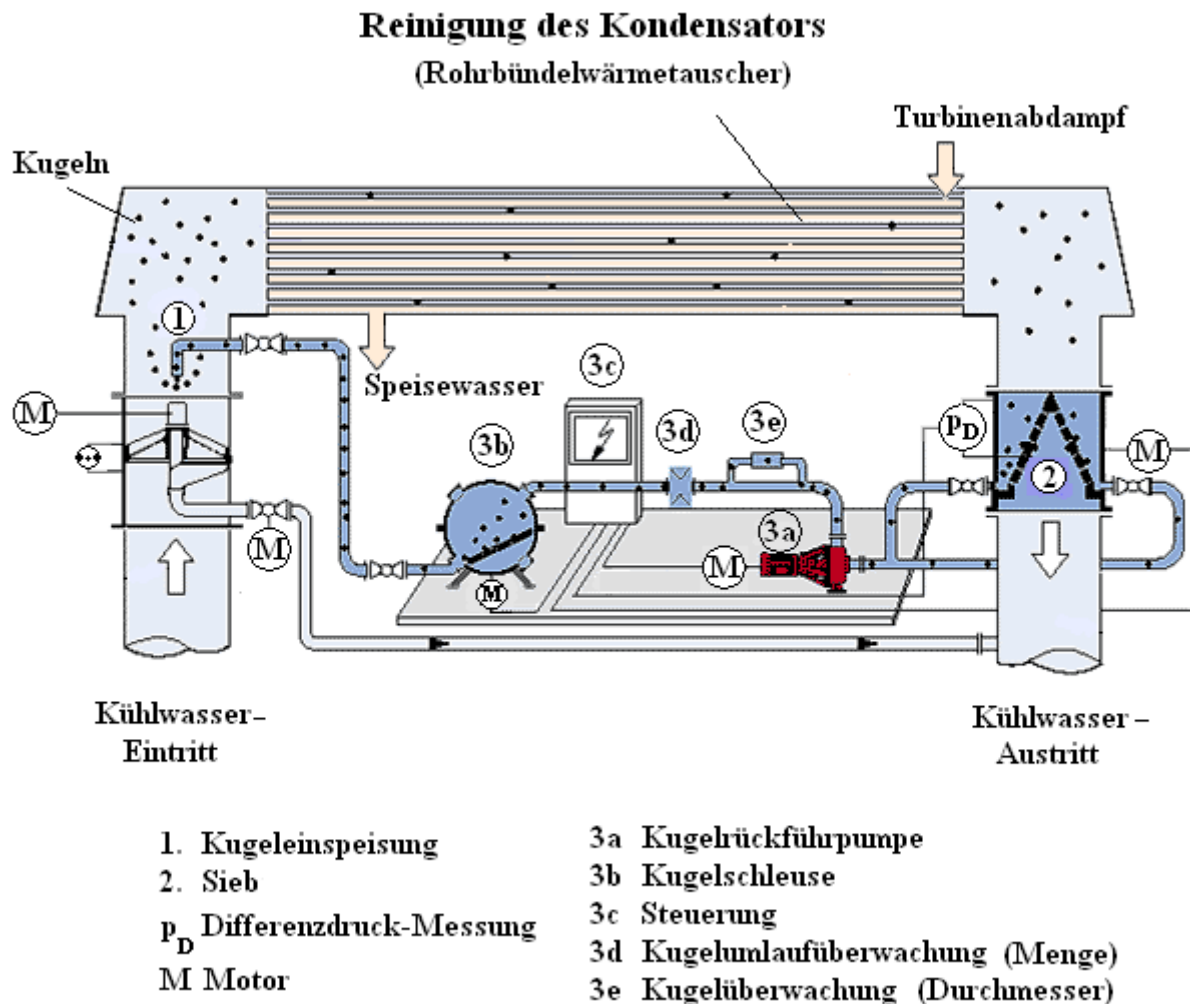


Abbildung 14: Rohrbündelwärmetauscher in Kombination mit einer Kugelreinigungsanlage

Quelle: („Taprogge“, 2025a)

4.6 Zusammenfassung in Bezug zur LAWA

Mindestgewässergröße/Durchfluss und Gewässertiefe

Die Betreiber und Planer der untersuchten Aquathermie-Anlagen stehen den LAWA-Empfehlungen (Leßmann & Riedmüller, 2025) grundsätzlich offen gegenüber, sehen aber die Notwendigkeit, die Vorgaben differenziert und standortspezifisch anzuwenden. Die Vorgabe einer Mindestgewässergröße bzw. eines Mindestdurchflusses (MNQ von 500 L/s und 20 cm Tiefe) wird von den Praktikern nicht pauschal als sinnvoll erachtet. In der Praxis werden die Entnahmemengen individuell anhand von Abflussmessungen und lokalen Gegebenheiten festgelegt. So wurde beispielsweise bei einer Anlage eine Entnahme von 56 L/s genehmigt, was etwa 10–13 % des Niedrigwasserabflusses entspricht. Die Betreiber betonen, dass eine starre Grenze wenig zielführend ist und vielmehr eine flexible, an die tatsächlichen Gewässerverhältnisse angepasste Regelung sinnvoll wäre.

Maximale Temperaturspreizung von 5 K

Die Begrenzung der Temperaturspreizung (ΔT) auf 5 K wird als technische Einschränkung wahrgenommen, die in bestimmten Betriebsphasen nicht immer optimal ist. Betreiber berichten, dass sie in der Praxis häufig mit 3–5 K arbeiten, aber auch Betriebszustände existieren, in denen eine größere Spreizung (z. B. 6–6,5 K) sinnvoll und technisch unproblematisch wäre. Die Planer weisen darauf hin, dass eine pauschale Begrenzung nicht immer den realen Anforderungen entspricht und eine gewisse Flexibilität, abhängig von der Anlagen- und Gewässerkonfiguration, wünschenswert wäre.

Maximale Temperaturänderungsrate im Rücklaufwasser: 1 K/h

Die Vorgabe, dass die Temperaturänderungsrate im rückgeleiteten Wasser 1 K/h nicht überschreiten soll, war bei den genannten Anlagen kein Bestandteil des Genehmigungsprozesses. In der Praxis wird diese Rate insbesondere beim Einschalten der Anlage häufig überschritten (vgl. Kap. 4.3). Der Einsatz von Pufferspeichern, um einen durchgehenden Betrieb und die Einhaltung der 1 K/h-Grenze sicherzustellen, ist in den meisten Fällen nicht realisierbar.

Planer und Betreiber weisen zudem darauf hin, dass externe Einflüsse – wie das Einleiten von Niederschlags- oder Schmelzwasser über Regenentwässerungskanäle im Winter – ebenfalls zu Temperaturänderungsraten deutlich über 1 K/h führen können, insbesondere wenn das Wasser über sehr kaltes Gestein nahe 0°C geführt wird. Insgesamt wird die Einhaltung dieser Vorgabe als herausfordernd betrachtet und sollte aus Sicht der Praxis differenziert und standortspezifisch bewertet werden.

Zudem sollte die Temperaturänderungsrate in geschlossenen Systemen differenziert betrachtet werden. Hier wirkt sich die Temperaturänderungsrate im Rücklaufwasser nur indirekt und daher auch verlangsamt auf das Gewässer aus, da eine hydraulische Trennung zwischen Gewässer und Rückleitungswasser besteht. Die Anwendung des 1 K/h-Grenzwerts ist daher auf geschlossenen Systemen nicht übertragbar (vgl. Kap. 4.2).

Geforderte Antragsunterlagen für Genehmigung

Die Anforderungen an die Antragsunterlagen werden von den Betreibern und Planern als sehr umfangreich und teilweise aufwendig empfunden. Zu den geforderten Unterlagen zählen u. a. Erläuterungsberichte, technische Zeichnungen, Angaben zu Abfluss- und Temperaturdaten, Sicherheits- und Havariekonzepte, Datenblätter zu eingesetzten Materialien und Wärmeträgern, sowie naturschutzrechtliche Gutachten (z. B. FFH-Voranfragen). Besonders für kleinere und dezentrale Anlagen wird der Aufwand als hoch eingeschätzt und könnte ein Hemmnis für die Umsetzung weiterer Projekte darstellen. Die Betreiber wünschen sich eine Standardisierung und Vereinfachung der Genehmigungsverfahren, um die Planung und Realisierung von Aquathermie-Anlagen zu erleichtern.

Abkühlung Gewässer: 1,0 bis 2,0 K und $T_{\min}$ 3°C im äußeren Mischungsbereich

Die Vorgaben zur maximalen Abkühlung des Gewässers (1–2 K) und zur Mindesttemperatur im äußeren Mischungsbereich (3°C) werden in den untersuchten Anlagen meist deutlich unterschritten. Die tatsächliche Abkühlung des Gesamtgewässers liegt häufig im Bereich von 0,03–0,3 K, da nur ein kleiner Teil des Flusswassers entnommen und abgekühlt wird. Die Betreiber und Planer sehen daher keine Gefahr für die Gewässerökologie und halten die Vorgaben für erfüllbar.

Der Grenzwert, dass das Gewässer nicht unter 3°C abgekühlt werden darf, wurde in den Projekten eingehalten und war explizite Vorgabe im Genehmigungsprozess. In den Projekten Lemgo und Wittenberge wird aus betriebswirtschaftlichen Gründen (geringer COP der Wärmepumpe) auf einen Anlagenbetrieb unterhalb von 7°C (Lemgo) bzw. 8–10°C (Wittenberge) Flusstemperatur verzichtet. Dadurch wird der Grenzwert von 3°C mit deutlichem Abstand eingehalten und ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb sichergestellt.

Durch den fortschreitenden Klimawandel und die damit einhergehende Erwärmung der Gewässer nimmt die Anzahl der Tage, an denen die Flusstemperatur unter 3°C fällt, kontinuierlich ab (siehe beispielsweise Abbildung 10 und Abbildung 15 zur Elbe). Dies führt dazu, dass Aquathermie-Anlagen über längere Zeiträume im Jahr betrieben werden können, was die Betriebssicherheit für Anlagenbetreiber deutlich erhöht. Dennoch bleibt es notwendig, für die seltenen Tage mit sehr niedrigen Wassertemperaturen eine Redundanz-Lösung vorzuhalten, was insbesondere bei kleineren, dezentralen Anlagen die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen kann. Grundsätzlich tragen Aquathermie-Anlagen jedoch dazu bei, dem seit Jahrzehnten messbaren Temperaturanstieg in den Gewässern entgegenzuwirken und leisten somit einen Beitrag zur Verbesserung der ökologischen Qualität.

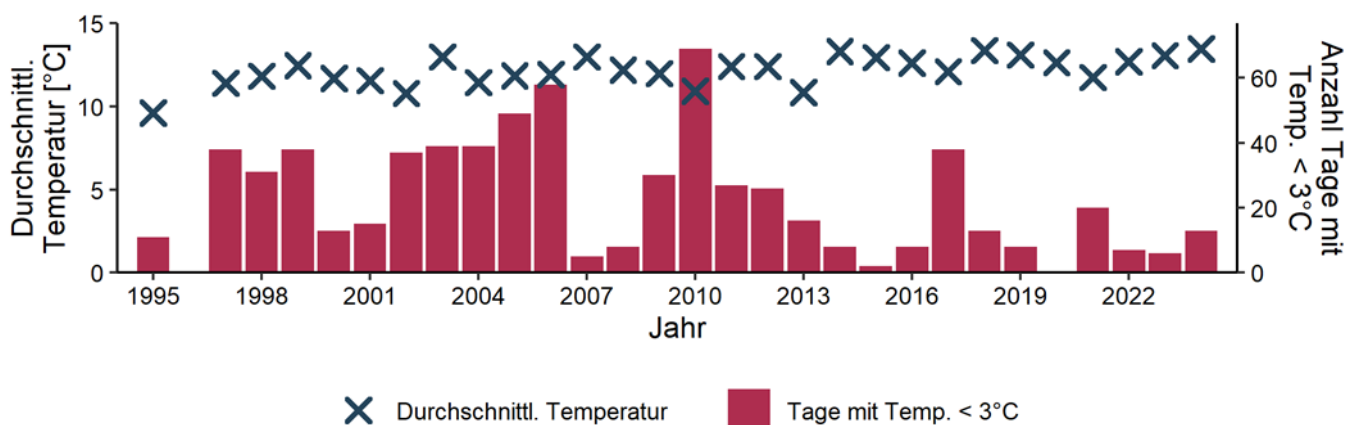


Abbildung 15: Darstellung der Jahresdurchschnittstemperaturen des Wassers der Elbe an der Messstelle Schmilka und der Zahl der Tage mit einer Temperatur unter 3°C für die Jahre 1995 bis 2024.

Quelle: eigene Darstellung

Literaturverzeichnis

- Aquathermievviewer. (2025, November 27). *Aquathermievviewer NL*. <https://aquathermievviewer.nl/>
- BÖTTGER, S., FELGENTREFF, B., DR. GEROLD HESSE, HLOUCAL, M.-J., DR. DIETER LEßMANN, MIX, S., DR. KERSTEN ROSELT, DR. MATHIAS SAFARIK, SCHMIDT, J., STEFFAN, C., & DR. WILFRIED UHLMANN. (2021). *Seethermie: Innovative Wärmeversorgung aus Tagebaurestseen* (Metropolregion Mitteldeutschland).
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). (2025, September). *Positivliste der „Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren“*. <https://www.lawa.de/Publikationen-363-Waermetraeger,-Erdwaerme-.html>
- Danfoss. (2020). *SONDEX® Spiral heat exchanger*.
<https://assets.danfoss.com/documents/211347/AI324652101045en-000101.pdf>
- de Groot, Ida (Deltares). (2022, November 10). *Effecten van TEO [Vortrag]*.
<https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/AGENDA/Agenda%202022/20221110%20Ecologische%20effecten%20TEO/221109%20KennisdagTEO.pdf>
- Efficiency in Energy and Water—TAPROGGE GmbH. (o. J.). Abgerufen 15. Januar 2026, von
<https://www.taprogge.de/>
- Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik - TU Darmstadt. (o. J.). *Aquathermie-Viewer*. Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik – TU Darmstadt. Abgerufen 22. Januar 2026, von
https://www.wasserbau.tu-darmstadt.de/forschung_wb/fo_forschungsprojekte/aquathermie_viewer.de.jsp
- Fercher GmbH. (2025). *FERCHER Abwasserwärmetauscher—Www.fercher.at*.
https://fercher.at/de/abwasser_schmutzwasser_waermetauscher.html
- FfE. (2024). *Wärmepumpen an Fließgewässern—Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern*. FfE.
- FRANK GmbH. (2022). *FRANK WET-Wasserwärmetauschersystem*. https://www.frank-gmbh.de/de-wAssets/docs/download-deutsch/geothermie/WET-Wasseraermetauscher_Prospekt.pdf
- FRANK GmbH. (2023). *FRANK Flow / Wasserwärmetauscher für Fließgewässer*. <https://www.frank-gmbh.de/de-wAssets/docs/download-deutsch/geothermie/Produktinformation-FRANK-Flow.pdf>
- FRANK GmbH. (2025). *Wasserwärmetauscher—Heizen & Kühlen aus Flüssen, Seen & Gewässer*.
<https://www.frank-gmbh.de/de/produkte/geothermie/wasserwaermetauscher.php>
- Fraunhofer IEG & LEA Hessen. (o. J.). *Großwärmepumpenprojekte in Deutschland*.
Großwärmepumpenprojekte. Abgerufen 22. Januar 2026, von <https://grosswaermepumpen-info.de/de/projekte/>
- Future Energy Technologies PLC. (2022). *Datenblatt—Energiespundwand*. https://fet.energiespundwand.com/wp-content/uploads/2024/01/2024-01-FET-QsHeat%C2%AELieferprogram_AS.pdf

- Future Energy Technologies PLC. (2023). *Datenblatt—Nachrüstelemente*. <https://fet.energiespundwand.com/wp-content/uploads/2024/01/2023-11-FET-Daten-Nachruestelemente-1.pdf>
- Future Energy Technologies PLC. (2025). *Energie-Spundwand von Future Energy Technologies*. <https://fet.energiespundwand.com/de/start/spundwaende-bauprojekt/>
- HUBER SE. (o. J.). *HUBER Abwasserwärmetauscher RoWin*. Abgerufen 27. November 2025, von <https://www.huber-se.com/de-de/produkte/detail/huber-abwasserwaermetauscher-rowin/>
- HUBER SE. (2024). *HUBER Abwasserwärmetauscher RoWin*. https://www.huber-se.com/fileadmin/user_upload/huber-technology/brochures/10-heat-exchanger/brochure-rowin-de.pdf
- HUBER Technology Home | HUBER Technology. (2025). <https://www.huber-se.com/>
- IGKB. (2023). *Bodensee-Richtlinien 2005—Mit Ergänzungen und Änderungen bis 09/2023*. Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB).
- Ilieva, D., Haderlein, S. B., & Morasch, B. (2014). Grundwassergefährdungspotenzial von Additiven in Wärmeträgerflüssigkeiten aus Erdwärmesonden. *Grundwasser*, 19(4), 263–274. <https://doi.org/10.1007/s00767-014-0272-6>
- ILK Dresden. (2017). *Flüssigeis zur Wärme- und Kälteversorgung*. https://www.ilkdresden.de/fileadmin/user_upload/170130_Broschuere_Vakuumeis_de.pdf
- ILK Dresden. (2025). *Vakuum-Flüssigeis-Technologie*. https://www.ilkdresden.de/leistungen/produkte-und-prototypenbau/projekt/vakuum-fluessigeis-technologie?tx_news_pi1%5B%40widget_0%5D%5BcurrentPage%5D=5&tx_powermail_pi1%5Baction%5D=create&tx_powermail_pi1%5Bcontroller%5D=Form
- ILK Dresden, Hochschule Zittau/Görlitz (FH) / Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik (IPM), & Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg / Fachgebiet Gewässerökologie. (2023). *AQVA HEAT I* [Schlussbericht]. Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH. <https://edocs.tib.eu/files/e01fb24/1893118215.pdf>
- KAMMER, H. (2018). *Thermische Seewassernutzung in Deutschland*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-20901-8>
- Leßmann, D., & Riedmüller, U. (2025). *Empfehlungen zu ökologischen Anforderungen für Fließgewässer und Seen für den behördlichen Vollzug (LAWA – LFP 2023, Projekt O 5.23)*.
- LfU Bayern. (2025). *Betreiberhinweise zur Planung, Genehmigung und Betrieb von Wärmetauscheranlagen—Wärmegewinnung aus Fließgewässern*. Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- MEFA Befestigungs- und Montagesysteme GmbH. (o. J.). *multiQ water*. Abgerufen 28. November 2025, von <https://www.multiq.energy/Energiequellen/multiQ-water>

MEFA Befestigungs- und Montagesysteme GmbH. (2022). *Datenblatt multiQ water*.

<https://www.multiq.energy/Energy%20Systems/Dokumente/Datenblatt%20multiQ%20water.pdf>

MEFA Energy Systems, & Wolthecker, L. (2022). *Kleinschalige aquathermie systemen* [Vortrag].

multiQ. (2025). *Wasserwärmeabsorbersystem*. [https://www.mefa.it/multiq/wp-](https://www.mefa.it/multiq/wp-content/uploads/2023/02/Istruzioni-di-montaggio-multiQ-water.pdf)

[content/uploads/2023/02/Istruzioni-di-montaggio-multiQ-water.pdf](https://www.mefa.it/multiq/wp-content/uploads/2023/02/Istruzioni-di-montaggio-multiQ-water.pdf)

Ondracek, D. (2025). *Untersuchung des Einflusses erzwungener Strömung durch ein Rührwerk auf die Effizienz der Wärmebereitstellung mithilfe von Wärmepumpen in stehenden Gewässern*

[Masterarbeit]. Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig.

PIEPER, H. (2025, November 18). *Gewässerwärmepumpen aus Naturschutzsicht* [Hamburg Institut].

Rechenreiniger & Stahlwasserbau | Lose-Verlader & Mischer—Muhr. (2021).

<https://www.muhr.com/de/home.html>

Schwinghammer, F. (2012). *Thermische Nutzung von Oberflächengewässern* [Masterarbeit]. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.

SMUL. (2025). *Messstation Schmilka, Elbe rechts, (Fluss-km: 726; alte Kilometrierung 4)*

[Messwerttabellen 1995 - 2024]. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft.

[https://www.wasser.sachsen.de/messstation-schmilka-elbe-rechts-fluss-km-726-alte-](https://www.wasser.sachsen.de/messstation-schmilka-elbe-rechts-fluss-km-726-alte-kilometrierung-4-18339.html)

[kilometrierung-4-18339.html](https://www.wasser.sachsen.de/messstation-schmilka-elbe-rechts-fluss-km-726-alte-kilometrierung-4-18339.html)

Statistisches Bundesamt (Destatis). (2022, März 1). *Alleinlebende verbrauchen 38 % mehr Wohnenergie als der Pro-Kopf-Durchschnitt aller Haushalte*.

[https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2022/PD22_09_p002.html)

[Woche/2022/PD22_09_p002.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2022/PD22_09_p002.html)

Statistisches Bundesamt (Destatis). (2025). *Daten aus dem Gemeindeverzeichnis Kreisfreie Städte und Landkreise nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte* [Dataset].

Taprogge. (2025a). In *Wikipedia*.

<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Taprogge&oldid=256061157>

Taprogge. (2025b). *Taprogge Reinigungskugeln*. [https://www.taprogge.de/anwendungsfelder-](https://www.taprogge.de/anwendungsfelder-produkte/effizienz-in-energie-und-wasser-kraftwerke-und-industrie/taprogge-reinigungskugeln/)

[produkte/effizienz-in-energie-und-wasser-kraftwerke-und-industrie/taprogge-reinigungskugeln/](https://www.taprogge.de/anwendungsfelder-produkte/effizienz-in-energie-und-wasser-kraftwerke-und-industrie/taprogge-reinigungskugeln/)

Technische Universität Darmstadt. (2025). *Aquathermie-Viewer Deutschland*.

[https://www.wasserbau.tu-](https://www.wasserbau.tu-darmstadt.de/forschung_wb/fo_forschungsprojekte/aquathermie_viewer.de.jsp)

[darmstadt.de/forschung_wb/fo_forschungsprojekte/aquathermie_viewer.de.jsp](https://www.wasserbau.tu-darmstadt.de/forschung_wb/fo_forschungsprojekte/aquathermie_viewer.de.jsp)

thermowave. (2025a). Doppelwandige Plattenwärmeübertrager. *thermowave*.

<https://www.thermowave.de/produkte/doppelwandige-plattenwaermetauscher/>

thermowave. (2025b). thermolineECO: Gedichtete Plattenwärmetauscher. *thermowave*.

<https://www.thermowave.de/produkte/thermolineeco/>

thermowave. (2025c). thermolineVARIO - Hochflexible Plattenwärmetauscher. *thermowave*.

<https://www.thermowave.de/produkte/thermolinevario/>

UHRIG Energie GmbH. (o. J.). *Systembeschreibung—Energie aus Abwasser mit dem Therm-Liner von UHRIG*.

UHRIG Energie GmbH. (2023, Juli 12). *Abwasserwärme gewinnen mit Therm-Liner System von Uhrig*.

<https://energie.uhrig-group.com/>

UHRIG Energie GmbH. (2025, Oktober 20). *Energie aus Oberflächengewässern*.

Umweltbundesamt (UBA). (2025, November 16). Umgebungswärme und Wärmepumpen.

[https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-](https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/umgebungswaerme-waermepumpen#funktion)

[energien/umgebungswaerme-waermepumpen#funktion](https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/umgebungswaerme-waermepumpen#funktion)

WarmingUp. (2025, November 27). *Aquathermieviewer WarmingUp*. <https://warmingup.geoapps.nl/>

WÜEST, A., FINK, G., & SCHMID, M. (2013, Juni 13). *Zuviel und zu wenig – Ausgleich von Wärmeenergie mit Seen—Wieviel ist möglich?* [Vortrag].

Anhang

A 1 Fragenkatalog

Der hier aufgeführte Fragenkatalog dient für die Interviews als Richtschnur. Je nach Interviewpartner wurden einige Fragen nicht gestellt, da sie nicht in das Fachgebiet des jeweiligen Partners fielen oder sich das Interview in bestimmten Fragenkomplexen vertiefte.

Stammdaten		
<i>Datum:</i> «Termin_Interview»	<i>Person:</i> «Ansprechperson»	<i>Position / Rolle in der Organisation:</i> «Rolle_in_der_Organisation»
<i>Stakeholder:</i> «Forschung»		<i>Nr.</i> «Nr»
Ablauf Interview:		
1. Kurze Vorstellung des Projektes 2. Ziel und Ablauf des Interviews 3. Fragerunde 4. Abschluss und Absprache der nächsten Schritte		
Dauer: bis zu 1h		
1. Allgemeines und Einordnung		
1.1. Wie sind Sie mit dem Thema Aquathermie (AT) in Berührung gekommen? 1.2. In welcher Rolle sind Sie in Ihrer Institution aktiv? 1.3. Welche Relevanz hat AT für Ihre Institution? 1.4. Wie schätzen Sie das Potenzial von AT für das Mitteldeutsche und das Lausitzer Revier und die Branche allgemein ein? 1.5. Welche Herausforderungen oder Risiken bestehen aus Ihrer Sicht für Planung, Betrieb oder Genehmigung von Aquathermieranlagen?		
2. Genehmigungsprozess		
2.1. Welche Erkenntnisse konnten Sie bisher hinsichtlich Genehmigungsverfahren und relevanter Normen/Gesetze gewinnen? 2.2. Welche Normen und Gesetze sind/waren zu beachten? (Wasserrahmenrichtlinie, Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, ...) 2.3. Welche Art von Genehmigung ist/war erforderlich? (z. B. Wasserrechtliche Genehmigung, Naturschutzrechtliche Prüfung, BImSchG-Genehmigung, ...) 2.4. Wie lange dauert/dauerte das Genehmigungsverfahren? 2.5. Welche Institutionen oder Behörden sind/waren involviert? (Untere Wasserbehörden, Obere Wasserbehörde, Landestalsperrenverwaltung, ...)		

- 2.6. Welche Nachweise müssen/mussten zur Genehmigung erbracht werden (z. B. Voruntersuchungen, Gutachten, etc.)?
- 2.7. Welche Genehmigungsaufgaben müssen/mussten erfüllt werden?
- 2.8. Welche weiteren Voraussetzungen sind/waren für die Genehmigung erforderlich? (ggf. Grenzen für zeitliche Änderungen von Temperaturen oder maximale Temperaturunterschiede im Gewässer)
- 2.9. Welche Herausforderungen sind im Genehmigungsprozess aufgetreten?
- 2.10. Welche Lösungen wurden dafür gefunden?
- 2.11. Wie unterstützt der Aquathermie-Viewer Behörden und Projektentwickler bei der Planung und Genehmigung?

3. Technologie und Anwendung

- 3.1. Welche Aquathermietechnologien werden im Rahmen Ihres Projekts erfasst und wie erfolgt die Auswahl?
- 3.2. Wie werden die Daten zu bestehenden Anlagen erhoben, geprüft und in die Datenbank integriert?
- 3.3. Welche Herausforderungen bestehen bei der Harmonisierung und Standardisierung der Datenerfassung?
- 3.4. Wie wird die ökologische Bewertung der Anlagen in die Plattform integriert?
- 3.5. Konnten Sie bereits Best-Practice-Beispiele identifizieren?
- 3.6. Gibt es Erkenntnisse zu typischen Anwendungsfällen (z. B. Heizen, Kühlen, Speicherung, Kombination) oder regionalen Besonderheiten?
- 3.7. Welche (Heiz-)leistung wird typischerweise von den in Ihrer Datenbank erfassten Aquathermieranlagen bereitgestellt? Gibt es typische Leistungsbereiche?
- 3.8. Wie erfolgt nach Ihren Erkenntnissen die Integration von Aquathermieranlagen in bestehende Wärme-/Kälteverteilungssysteme? Gibt es häufig genutzte Systemarchitekturen?
- 3.9. Gibt es aus Ihrer Sicht Mindestgrößen (z. B. Leistung, Gewässergröße) die für eine wirtschaftliche oder technische Umsetzung von Aquathermieprojekten erforderlich sind? Werden solche Schwellenwerte in der Datenbank dokumentiert?
- 3.10. Welche Materialien kommen in vorhandenen Aquathermiesystemen in Kontakt mit dem Wasser aus dem Gewässer?

4. Systemkomponenten und Betrieb

- 4.1. Welche Systemkomponenten werden typischerweise in den erfassten Anlagen eingesetzt (Wärmeübertrager (WÜ), Primär- und Sekundärkreislauf, Wärmespeicher, ...)
- 4.2. Werden in Ihrer Datenbank auch Angaben zu den verwendeten Materialien und Wärmeträgermedien der Anlagen erfasst?
- 4.3. Gibt es Erkenntnisse zu Betriebsweisen, Wartungsintervallen oder Lebensdauer aus den gesammelten Daten?
- 4.4. Wurden Risiken oder Herausforderungen im Betrieb der Anlagen identifiziert?
- 4.5. Welche Sicherheitsvorkehrungen sind Teil des Gesamtsystems (z. B. bei Havarien)?

5. Gewässerbezug

- 5.1. Welche Gewässertypen sind in der Datenbank vertreten und wie erfolgt die ökologische Bewertung?
- 5.2. Gibt es Hinweise auf Wechselwirkungen zwischen Aquathermieranlagen und Gewässerökologie?
- 5.3. Wie werden Vorbelastungen oder Einschränkungen in der Gewässernutzung dokumentiert?
- 5.4. Welche ggf. vorhandenen Bauwerke am und im Gewässer eignen sich besonders gut für die Anwendung von Aquathermiesystemen?

6. Gewässereinbindung: Offen vs. Geschlossen

- 6.1. Gibt es in Ihrer Datenbank eine Unterteilung in offene und geschlossene Aquathermiesysteme?

1. 6a) offene Systeme:

- 6.2. Welche Pumpentechnologien kommen bei offenen Systemen zum Einsatz (z. B. Tauchpumpe, Saugpumpe)?
- 6.3. In welcher Gewässertiefe erfolgt die Entnahme und Rückleitung des Wassers und warum?
- 6.4. Wie ist die geometrische Anordnung des Entnahme- und Rückleitungspunktes und warum? (Vermeidung von Kurzschlussströmungen, Auflagen, ...)

2. 6b) geschlossene Systeme:

- 6.5. Wie wird die Dichtheit eines geschlossenen Systems sichergestellt und überwacht?
- 6.6. Welche Komponenten sind zum Schutz des WÜ gegen Treibgut oder zum Schutz von Lebewesen wie Fischen vorgesehen?

Anmerkung:

- **Beispielprojekt gesucht:** Gibt es Beispielprojekte in Fließgewässern, die Sie besonders relevant finden und die sich gut eignen würden, um sie im Rahmen unserer Studie darzustellen? Gibt es Unterlagen oder Daten zu Fließgewässerprojekten, die Sie für eine Darstellung geeignet finden würden?
- **Steckbriefe:** Für unsere Steckbriefe wäre es besonders hilfreich, wenn wir auf konkrete Projektinformationen zurückgreifen könnten.

A 2 Zusammenfassung der Interviews

A 2.1 Stadtwerke Wittenberge

Stammdaten

<i>Datum:</i>	<i>Person:</i>	<i>Position / Rolle in der Organisation:</i>
13.10.2025	anonymisiert	Leiter Netzbetrieb Strom/Fernwärme

Stakeholder: «Planung / Umsetzung»

Persönlicher Hintergrund

Der Interviewpartner ist bei den Stadtwerken Wittenberge für den Netzbetrieb Strom und Fernwärme zuständig und in diesem Zuge auch für die Umsetzung von Aquathermieprojekten verantwortlich. Im Rahmen des Transformationsplans zur Dekarbonisierung der Fernwärme spielt Aquathermie eine zentrale Rolle. Erste praktische Erfahrungen wurden mit einer bestehenden Flusswasserwärmepumpe gesammelt, weitere Projekte sind in Planung.

Potenzial der Aquathermie

Aquathermie wird als relevante Technologie zur Dekarbonisierung der Fernwärme eingeschätzt. Die bestehende Anlage deckt etwa 10 % der Absatzmenge ab, eine neue Anlage mit 2,8 MW ist geplant. Ziel ist es, bis 2030 rund 30 % der Wärme aus erneuerbaren Quellen bereitzustellen. Die Nutzung hängt stark von Betriebsstunden, Flusswassertemperaturen und Netzgröße ab.

Technologische Umsetzung und Beispiele

Im Rahmen eines iKWK-Projektes haben die Stadtwerke Wittenberge ein offenes Aquathermiesystem umgesetzt. Die bestehende Anlage nutzt Wasser aus der Stepenitz mit einer Entnahmeleistung von 56 L/s, was etwa 11 % des Niedrigwasserabflusses entspricht. Das Einlaufbauwerk wurde als Fertigteil installiert und erlaubt eine passive Wasserzufuhr, die mit Tauchpumpen zum Heizkraftwerk transportiert wird.

Als Wärmeübertrager kommt ein Rohr-Wärmeübertrager zum Einsatz, der direkt mit Flusswasser betrieben wird und über eine automatische Reinigung verfügt.

Ein Zwischenkreis mit VE-Wasser wurde installiert, da im Rahmen der Projektabsprachen auf den Einsatz von Glykol verzichtet wurde – unter anderem, weil die Anlage nur im Sommer betrieben wird und

somit geringere Anforderungen an Frostsicherheit bestehen. Da dieser Zwischenkreis keine Frostschutzmittel enthält, besteht bei niedrigen Temperaturen die Gefahr des Einfrierens. Infolgedessen kann die Anlage nur bis zu einer minimalen Flusswassertemperatur von etwa 7–8 °C betrieben werden, da der Rücklauf des Zwischenkreises sonst Richtung 0 °C sinkt und einfrieren könnte.

Die Wärmepumpe arbeitet mit dem Kältemittel R1234ze und erreicht Vorlauftemperaturen bis 85 °C. Die Jahresarbeitszahl liegt bei etwa 2,1 mit rund 3,3 GWh erzeugter Wärme und 3600 Betriebsstunden im ersten Betriebsjahr.

Genehmigungsprozess und ökologische Aspekte

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens für das iKWK-Projekt umfassten geforderte Unterlagen u. a. FFH-/SPA-Gutachten, Erläuterungsbericht, Stellungnahmen von Abfall- und Bodenschutzbehörden sowie naturschutzrechtliche Bewertungen.

Darüber hinaus wurde wasserrechtlich eine Temperaturspreizung von 2–3 K genehmigt, was laut Gutachten einer Gesamtabkühlung des Flusses von nur 0,34 K entspricht.

Monitoring durch den Binnenfischereiverein zeigte keine signifikanten Temperaturveränderungen durch die Aquathermieanlage. Es wurden Messpunkte vor und hinter dem Bauwerk eingerichtet.

Zudem schützt ein Einlaufrechen mit 5 mm Stabweite und automatischer Reinigung Fische und Kleinstlebewesen. Der Rücklauf erfolgt über ein Rohr mit Splittbett und Naturstein, ergänzt durch ein Schutzgitter (10 mm) und eine 45°-Versetzung zur Fließrichtung zur besseren Durchmischung und um die Ausspülung des gegenüberliegenden Ufers zu verhindern.

Im Allgemeinen werden die Genehmigungsverfahren als komplex und aufwendig wahrgenommen. Im Zuge der Genehmigung anderweitiger Aquathermieprojekte bestehen Unklarheiten hinsichtlich Zuständigkeiten aufgrund von bundeslandabhängig variierenden Genehmigungsprozessen.

Chancen und Herausforderungen von Aquathermie

Die größten Herausforderungen liegen im Genehmigungsprozess und den damit verbundenen Kosten. Insbesondere bei kleineren Aquathermieanlagen stehen die zeitlichen und finanziellen Aufwendungen zur Erfüllung der Anforderungen der Rentabilität entgegen und limitieren das Potenzial der Technologie für eine nachhaltige Wärmeversorgung.

Neben dem hohen zeitlichen Aufwand für die Genehmigungsverfahren stellen die erheblichen Kosten der Tiefbauarbeiten – insbesondere Wasserhaltung und Spundwandsetzung – die größten Herausforderungen für die Aquathermieanlagen dar.

Die Stadtwerke zeigen sich mit der bestehenden Anlage zufrieden und planen weitere Schritte zur Integration erneuerbarer Wärmequellen. Für zukünftige Projekte wird zudem der Einsatz von Glykol zur Effizienzsteigerung und Verlängerung der Betriebszeiten angestrebt.

Fotos und Skizzen der Anlage



Abbildung A 1: Fotos der Anlage der Stadtwerke Wittenberge: oben: Entnahmebauwerk im Bauzustand vor der Flutung, u. links: Rückleitungsgerinne, u. rechts: Gesamtanlage im Betriebszustand

A 2.2 Stadtwerke Lemgo

Stammdaten

<i>Datum:</i>	<i>Person:</i>	<i>Position / Rolle in der Organisation:</i>
24.10.2025	anonymisiert	Leitung Betrieb Erzeugung – Stadtwerke Lemgo

Stakeholder: «Planung / Umsetzung»

Persönlicher Hintergrund

Der Interviewpartner ist Betriebsingenieur für Strom- und Wärmeerzeugung der Stadtwerke Lemgo und Ansprechpartner für das Thema Aquathermie und verfügt über umfassende Erfahrung im Anlagenbau sowie in der Umsetzung innovativer Wärmeversorgungskonzepte. Im Gespräch wird deutlich, dass er sowohl die technischen als auch die genehmigungsrechtlichen und betrieblichen Aspekte solcher Anlagen sehr gut kennt.

Potenzial der Aquathermie

Aquathermie spielt für die Stadtwerke Lemgo eine zentrale Rolle bei der Transformation des Fernwärmenetzes hin zu erneuerbaren Energien. Die Flusswasserwärmepumpe und die Klärwasserwärmepumpe tragen gemeinsam etwa 15 % zum erneuerbaren Anteil im Fernwärmenetz bei. Weitere Aquathermieranlagen sind derzeit nicht geplant, allerdings wird eine Erweiterung der bestehenden Klärwasserwärmepumpe geprüft. Wirtschaftlich betrachtet ist die Aquathermie – insbesondere ohne Berücksichtigung der Investitionskosten – günstiger als ein Gaskessel und vergleichbar mit KWK-Anlagen.

Technologische Umsetzung und Beispiele

Die technologische Umsetzung der Aquathermielösung bei den Stadtwerken Lemgo erfolgt über ein Einlaufbauwerk mit Rechen und einem Schwimmbleiter zur Grobreinigung. Das Wasser gelangt in einen Pumpensumpf und wird anschließend durch einen Aktivkohlesandbettfilter geführt. Die Wärmeübertragung erfolgt über einen Plattenwärmeübertrager, der das gefilterte Flusswasser direkt mit der Ammoniak-Wärmepumpe (ca. 1 MW thermisch) koppelt. Die Rohrleitungen zwischen Fluss und Wärmepumpe sind etwa 200 Meter lang. Die typische Temperaturspreizung zwischen Entnahme und Rückleitung liegt bei 5 K, bei niedrigen Temperaturen (7 °C) wird mit 3 K gefahren. Die Anlage wird bei Flusstemperaturen von mindestens 7 °C betrieben, im Sommer sind bis zu 20 °C möglich.

Genehmigungsprozess und ökologische Aspekte dieser Anlage

Im Genehmigungsprozess wurde die maximale Entnahmemenge auf 180 m³/h festgelegt, tatsächlich werden 100 m³/h entnommen. Die Genehmigung erfolgte auf Basis eines hydrogeologischen Gutachtens und der Angabe der geplanten Betriebsweisen (Delta T bis 6,5 K). Es gibt keine expliziten Vorgaben oder Messpflichten zur Abkühlung des Flusses; die Betriebsweisen wurden genehmigt. Vierteljährlich werden Wasserproben auf Aluminium und Eisen genommen, um mögliche Einflüsse des Filterprozesses zu überwachen. Die Auswirkungen auf die Gewässerökologie wurden als gering bewertet.

Rückmeldung aus Betreibersicht zu Genehmigungsaufgaben und geplanten LAWA-Vorgaben

Aus Betreibersicht beschreibt der Interviewpartner die Zusammenarbeit mit der Genehmigungsbehörde als konstruktiv und die Auflagen als handhabbar. Die Form des Einlaufbauwerks wurde durch die Behörde vorgegeben, was aus seiner Sicht nicht optimal war. Vorgaben wie eine Begrenzung der Temperaturspreizung auf 5 K (LAWA-Entwurf) sieht er kritisch, da sie den Betrieb technisch einschränken könnten. Insgesamt betrachtet der Interviewpartner die bestehenden Auflagen als umsetzbar, die geplanten LAWA-Vorgaben jedoch als potenziell zu restriktiv für einen effizienten Betrieb.

A 2.3 Ratioplan GmbH, Dollnstein

Stammdaten

<i>Datum:</i>	<i>Person:</i>	<i>Position / Rolle in der Organisation:</i>
14.10.2025	Anonymisiert	Stellv. Geschäftsführer bei ratioplan GmbH

Stakeholder: «Planung / Umsetzung»

Persönlicher Hintergrund

Der Interviewpartner ist als Planer tätig und betreut verschiedene Aquathermieprojekte. Seine Arbeit umfasst die technische Konzeption, Genehmigungsbegleitung und Umsetzung von Anlagen zur Nutzung von Flusswasser als Wärmequelle. Er bringt umfangreiche praktische Erfahrung aus mehreren genehmigten und geplanten Projekten ein.

Potenzial der Aquathermie

Aquathermie wird als sehr relevante und zukunftsfähige Technologie eingeschätzt. Besonders Flusswasser gilt als vielversprechende Wärmequelle, obwohl die Genehmigungsverfahren komplex und zeitintensiv sind. Aktuell betreut die ratioplan GmbH mehrere genehmigte Anlagen sowie weitere Projekte in der Antrags- oder Planungsphase.

Technologische Umsetzung und Beispiele

Die von der ratioplan GmbH geplanten Anlagen reichen von Kleinanlagen mit ca. 100 kW bis hin zu Großprojekten im Megawattbereich. Es kommen sowohl offene als auch geschlossene Systeme zum Einsatz, wobei die Entscheidung stets projektspezifisch erfolgt. Einflussfaktoren sind u. a. die Anlagengröße, die geodätischen Gegebenheiten, der Reinigungsaufwand sowie die Investitionskosten.

Die ratioplan GmbH setzt überwiegend auf monovalente Systeme, bei denen die gesamte Wärmebereitstellung über Flusswasserwärmepumpen erfolgt. Diese Auslegung wird bevorzugt, wenn eine hohe Versorgungssicherheit und eine stabile Quellverfügbarkeit gegeben sind. In bestimmten Fällen – etwa bei industriellen Anwendungen mit hohem Kältebedarf oder bei regulatorischen Einschränkungen wie einem nicht genehmigten Kühlbetrieb – wird eine bivalente Auslegung gewählt. Dabei kommen ergänzend Luftwärmepumpen oder Gaskessel zum Einsatz, um Redundanz und Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Ein konkretes Beispiel ist das Projekt in Eschweiler für die EWW Energie- und Wasser-Versorgung GmbH: Ein kaltes Nahwärmenetz versorgt einen Schulkomplex sowie ein angrenzendes Neubaugebiet. Die Anlage nutzt vier Mefa-Wasser-Wasser-Wärmeübertrager, die in vorgefertigten Betonschächten unter Parkplätzen installiert sind. Die Entnahme erfolgt aus der Inde, einem kleinen Fluss mit einer Wassertiefe von ca. 20 cm im Trockenabfluss. Die genehmigte Entzugsleistung beträgt 59 l/s bei einer Temperaturspreizung von bis zu 3 K, was einer thermischen Leistung von ca. 740 kW entspricht. Die Inbetriebnahme ist für Herbst 2026 geplant.

Genehmigungsprozess und ökologische Aspekte

Der Interviewpartner betont die zentrale Rolle des Genehmigungsprozesses für die Realisierbarkeit von Aquathermieprojekten. Während er die ökologische Verträglichkeit solcher Projekte als notwendig und sinnvoll erachtet, kritisiert er die derzeitige Genehmigungspraxis als zu aufwendig und langwierig. Einzelne Verfahren ziehen sich teils über ein Jahr hin, was die Planungssicherheit erheblich beeinträchtigt und Projekte verzögert.

Besonders kritisch sieht er pauschale regulatorische Vorgaben, wie etwa die Begrenzung der Wasserentnahme auf einen festen Prozentsatz des Trockenwetterabflusses. Solche starren Grenzwerte würden das Potenzial der Technologie stark einschränken. Stattdessen plädiert er für eine dynamische Regelung der Anlagen in Abhängigkeit von Umweltparametern – etwa dem aktuellen Durchfluss oder der Gewässertemperatur. Mit entsprechender Steuerungs- und Regelungstechnik könnten Anlagen flexibel betrieben werden, sich automatisch an ökologische Bedingungen anpassen und eine ökologische Verträglichkeit sicherstellen, wie es in anderen Bereichen der Energietechnik längst üblich ist.

Im Rahmen bisheriger Projekte erfolgte die Genehmigung durch die Untere Wasserbehörde und das Bauamt. Gefordert wurden u. a. technische Zeichnungen, Sicherheitskonzepte, Angaben zu Materialien und Medien, Datenblätter zu Wärmepumpen und Wärmeträgern sowie ein biologisches Gutachten zur Bewertung der Auswirkungen auf Flora und Fauna. Die Zusammenarbeit mit den Behörden wurde als konstruktiv beschrieben, da trotz der Neuartigkeit der Technologie ein offener Austausch möglich war.

Im Projekt Eschweiler wird auf umfassende ökologische Schutzmaßnahmen geachtet: Dazu zählen ein Fischschutzgitter mit automatischer Abreinigung, eine Rückführung des entnommenen Wassers mit 45°-Ausrichtung zur Fließrichtung zur besseren Durchmischung. Darüber hinaus liegt im Fall einer Überschneidung von minimalem Abfluss und maximaler Entnahme die Nutzung bei 13,4 % des Gewässerdurchflusses, wobei die resultierende Abkühlung des Gesamtgewässers lediglich 0,04 Kelvin beträgt. Bei Flusswassertemperaturen unter 3 °C wird der Volumenstrom erhöht, um die Rücklauftemperatur bei 0 °C zu halten und so die ökologischen Anforderungen einzuhalten. Die Rücklauftemperatur ist dabei ein zentraler Parameter, da sie die thermische Belastung des Gewässers bestimmt.

Die Anlagen sind mit Drucksensoren ausgestattet, die bei Leckagen automatisch die Wasserentnahme stoppen. Der Glykolkreislauf ist durch ein Sicherheitskonzept vom Flusswasser getrennt; der Glykolgehalt beträgt ca. 35 %, um auch einen Eisspeicherbetrieb zu ermöglichen.

Chancen und Herausforderungen von Aquathermie

Die größten Herausforderungen liegen weniger in der Technik als vielmehr im Genehmigungsprozess. Eine Standardisierung der Verfahren würde insbesondere kleineren Anlagen den Marktzugang erleichtern. Derzeit führen die Vielzahl angeforderten Nachweisen, Gutachten und pauschalen Anforderungen zu hohen Kosten, die bei kleinen Projekten wirtschaftlich kaum tragbar sind – obwohl diese technisch und ökologisch sinnvoll wären. Dies hemmt den flächendeckenden Ausbau einer nachhaltigen Wärmeversorgung.

Ein weiterer wirtschaftlicher Aspekt betrifft die Investitionskostenstruktur: Ähnlich wie bei Fernwärmeprojekten entfallen auch bei Aquathermieanlagen große Teile der Investitionskosten auf den Tiefbau. Die eigentliche Anlagentechnik macht dabei nur einen vergleichsweise kleinen Anteil aus.

Die Anlagen sind so konzipiert, dass sie flexibel auf Umweltbedingungen reagieren können – etwa durch Volumenstromregelung bei niedrigen Temperaturen. Zusätzlich können die Systeme als Eisspeicher und Erdwärmekollektor genutzt werden, was zusätzliche Redundanz und ökologische Vorteile bietet. Das Verteilnetz selbst fungiert als thermischer Speicher und ermöglicht auch bei Ausfall der Flusswasserquelle eine temporäre Weiterführung des Betriebs.

Darüber hinaus strebt die ratioplan GmbH eine Standardisierung der Entnahme- und Rückführbauwerke an, um Planungs- und Bauprozesse zu vereinfachen. Erste Projekte mit vorgefertigten Betonschächten befinden sich bereits in der Umsetzung.

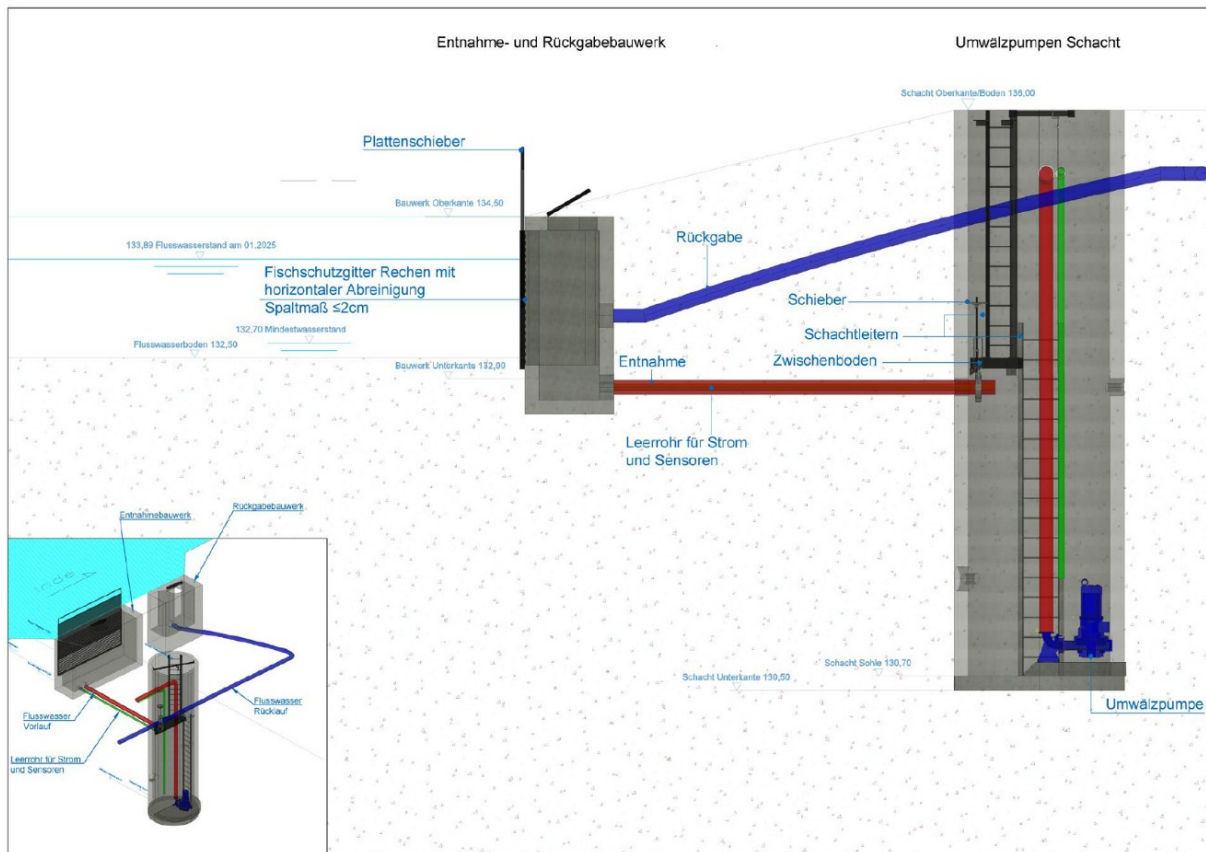


Abbildung A 2: Technische Skizze des Entnahme- und Rückleitungsbauwerks beim Projekt in E-schweiler

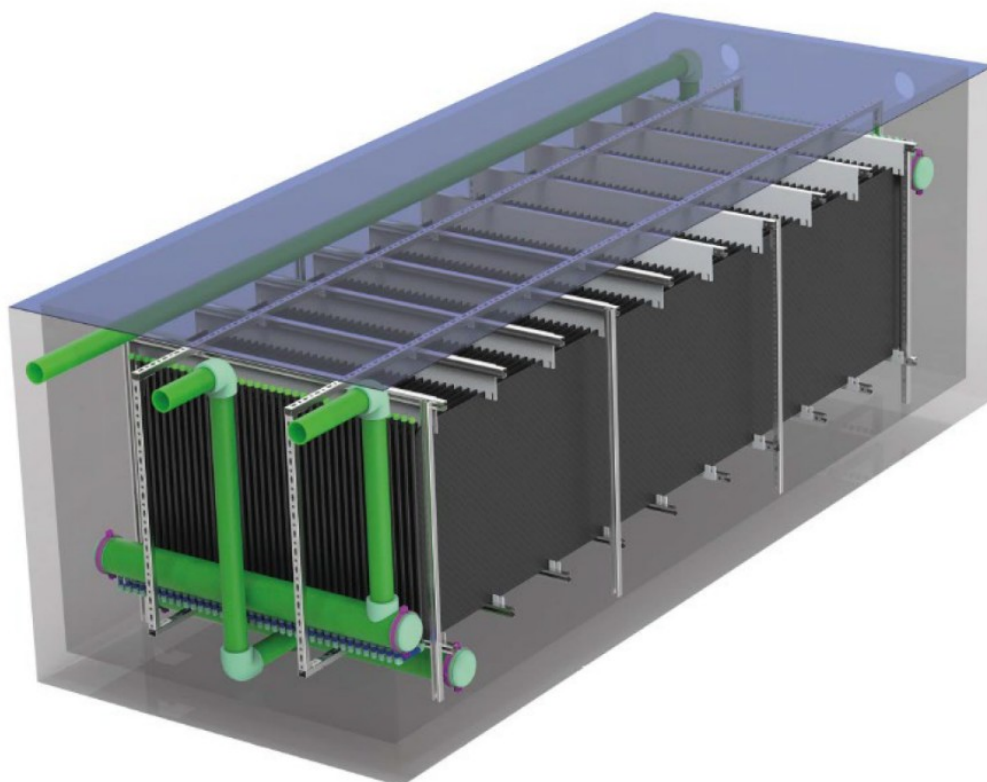


Abbildung A 3: Technische Skizze des MEFA-Wärmeübertrager-Systems eingebracht in Betonwanne unterhalb eines Parkplatzes

A 2.4 Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH, Dresden

Stammdaten

Datum:

Person:

Position / Rolle in der Organisation:

01.09.2025

Anonymisiert

LK Dresden - Hauptbereichsleiter
Angewandte Energietechnik

Stakeholder: «Forschung»

Persönlicher Hintergrund

Der Interviewpartner ist am Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK) Dresden tätig und war maßgeblich am Projekt „AQVA HEAT“ beteiligt. Seine Arbeit konzentriert sich auf die Entwicklung und Erprobung innovativer Technologien zur Nutzung von Oberflächengewässern als Wärmequelle, insbesondere durch Vakuum-Flüssigeiserzeugung.

Potenzial der Aquathermie

Die Vakuum-Flüssigeis-Technologie wird als zukunftsweisende Technologie zur thermischen Nutzung von Gewässern eingeschätzt. Die Technologie erlaubt eine ganzjährige Nutzung von Gewässern zur Wärmebereitstellung, da diese Anlage auch bei geringen Gewässertemperaturen effizient betrieben werden kann.

Technologische Umsetzung und Beispiele

Die Vakuumeistechnologie (VET) basiert auf der Direktverdampfung von Wasser unter Grobvakuumbedingungen. Dabei wird Wasser nahe dem Tripelpunkt bei einem Sättigungsdruck von etwa 6 mbar verdampft, wodurch nicht nur sensible Wärme durch Temperaturabsenkung, sondern auch latente Wärme aus dem Gefrierprozess gewonnen wird. Diese Methode erlaubt eine besonders effiziente Wärmeentnahme selbst bei niedrigen Gewässertemperaturen bis 0°C und reduziert den erforderlichen Wasserentnahmestrom um den Faktor 5 bis 8 gegenüber konventionellen Verfahren.

Im Projekt „AQVA HEAT I“, koordiniert vom ILK Dresden in Zusammenarbeit mit der Hochschule Zittau/Görlitz und der BTU Cottbus-Senftenberg, wurde diese Technologie erstmals in einem realen Gewässerumfeld getestet. Ziel war die Entwicklung und Erprobung eines Vakuum-Flüssigeiserzeugers zur ganzjährigen Nutzung von Oberflächengewässern als Wärmequelle. Der Kurzzeitfunktionstest fand an der Mandau in Zittau statt, wo ein modifiziertes Flüssigeisspeichersystem installiert und betrieben wurde. Die Versuchsanlage

umfasste Komponenten wie Vorentgaser, Direktverdampfer und Flüssigeisseparator und wurde hydraulisch sowie regelungstechnisch an die Anforderungen eines Gewässerbetriebs angepasst [2].

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen sind weitere Projekte geplant, bei denen die VET zum Wärmeentzug genutzt werden soll. In Bremen, auf der Überseeinsel, wird im Rahmen des Programms „Wärmenetze 4.0“ ein Folgeprojekt realisiert, das zusätzlich die Integration eines Flüssigeisspeichers vorsieht.

Genehmigungsprozess und ökologische Aspekte

Im Rahmen des Projekts „AQVA HEAT I“ erfolgte in Hinblick auf die wasserrechtliche Erlaubnis der Wasserentnahme in Zittau ein Austausch mit der Unteren Wasserbehörde des Landkreises Görlitz, der unteren Naturschutzbehörde des Landkreises Görlitz, der Landestalsperrenverwaltung Sachsen sowie dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie/Fischereibehörde.

Besonderes Augenmerk lag auf der ökologischen Verträglichkeit der thermischen Nutzung von Fließgewässern. Ein zentraler Aspekt für die Genehmigungsfähigkeit des Projekts war die Einhaltung von Grenzwerten für die entnommene Wassermenge, die Temperaturveränderung nach der Durchmischungszone sowie der Sauerstoffgehalt nach der Durchmischungszone.

Im Kurzzeitfunktionstest an der Mandau in Zittau wurden keine negativen Auswirkungen auf die Gewässerbiozöten festgestellt. Diese Ergebnisse, ergänzt durch chemische und physikalische Untersuchungen, bilden eine solide Grundlage für zukünftige Genehmigungsverfahren vergleichbarer Anlagen.

Technisch wurde ein Entnahmekorb mit einer Maschenweite unter 10 mm eingesetzt, um Sedimente, Laub und Fische zurückzuhalten. Die Rückführung des Wassers bzw. Flüssigeises erfolgte etwa fünf Meter unterhalb der Entnahmestelle als freier Auslauf, um eine ausreichende Durchmischung sicherzustellen.

Eine zusätzliche Auflage im Zuge des Genehmigungsprozesses war die Erstellung eines Artenschutzfachbeitrags durch ein externes Ingenieurbüro, da zuvor keine Erfahrungswerte mit der Technologie vorlagen.

Chancen und Herausforderungen von Aquathermie

Die thermische Nutzung von Oberflächengewässern bietet ein erhebliches Potenzial für die nachhaltige Wärmeversorgung – insbesondere im Kontext der Wärmewende und der Sektorenkopplung. Die Vakuumeistechnologie (VET) ermöglicht durch die direkte Verdampfung von Wasser unter Grobvakuum eine besonders effiziente Wärmeentnahme, selbst bei sehr niedrigen Temperaturen bis zum Gefrierpunkt.

Damit ermöglicht sie, Gewässer ganzjährig als Wärmequelle zu nutzen und auf die kostspielige Installation bivalenter Systeme - ergänzende, andere Wärmeerzeuger - zu verzichten. Der Gesamtaufwand für die Dekarbonisierung kann somit reduziert werden.

Trotz dieser technologischen Vorteile bestehen weiterhin Herausforderungen, insbesondere im Bereich der Genehmigungspraxis. Derzeit mangelt es auf Seiten der zuständigen Behörden an Erfahrung mit Gewässerthermie und v. a. innovativen Technologien wie der VET, was zu langwierigen und komplexen Genehmigungsverfahren führt. Dabei bietet gerade die VET durch den Verzicht auf wassergefährdende Stoffe und Wärmeübertrager ein geringeres Umweltrisiko.

Ein weiterer kritischer Punkt ist die Temperaturuntergrenze von 3°C im Gewässer im Rahmen der noch nicht veröffentlichten LAWA-Richtlinie. Auch wenn diese von den Verfasser:innen als Empfehlung betrachtet wird, besteht auf Seiten der Aquathermie-Entwickler und Projektträger die Sorge, dass diese Richtlinie nach baldiger Veröffentlichung von Genehmigungsbehörden aufgrund fehlender Erfahrungswerte als streng anzulegender Maßstab aufgefasst wird. Eine solche pauschale Begrenzung würde das Potenzial der Aquathermietechnologien limitieren und insbesondere das der VET erheblich einschränken, da gerade deren Stärke in der effizienten Nutzung von Gewässern mit Temperaturen nahe dem Gefrierpunkt liegt. Die VET kann auch bei Temperaturen um 0°C zuverlässig und ökologisch verträglich arbeiten, da sie nicht auf sensible Wärmeentnahme, sondern auf latente Wärme aus dem Gefrierprozess setzt. Eine starre 3°C-Grenze würde somit nicht nur das technische Potenzial einer innovativen, sächsischen Technologie untergraben, deren Demonstration und Weiterentwicklung vom Freistaat gefördert wird [1], sondern auch die wirtschaftliche Tragfähigkeit vieler Projekte gefährden.

Nacherfolgreichem Kurzzeittest entsteht derzeit am Standort Zittau (Mandau) eine dauerhafte Gewässerthermieranlage zur Einspeisung von 500 kW Wärme in das Zittauer Fernwärmenetz. Ein gewässerökologisches Monitoring ist vorgesehen.

[1] Freistaat Sachsen. (2025, November 18). *Medienservice Sachsen – News: 1080803*. Abgerufen von: <https://www.medienservice.sachsen.de/medien/news/1080803>

[2] Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH, Hochschule Zittau/Görlitz, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Stadtwerke Zittau GmbH & Landratsamt Kreis Görlitz. (2023). *Schlussbericht AQVA HEAT I & II – Entwicklung und Erprobung eines Vakuum-Flüssigeisergezeugers zur ganzjährigen Nutzung von Oberflächengewässern als Wärmequelle*. Dresden, Zittau, Cottbus. Verfügbar unter <https://edocs.tib.eu/files/e01fb24/1893118215.pdf>

A 2.5 TU Darmstadt

Stammdaten

<i>Datum:</i>	<i>Person:</i>	<i>Position / Rolle in der Organisation:</i>
09.10.2025	Anonymisiert	Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik (TU Darmstadt)

Stakeholder: «Forschung»

Persönlicher Hintergrund

Die Interviewpartnerin kam über ihr Studium und erste Forschungsprojekte mit dem Thema Aquathermie in Berührung. Ihre Bachelor- und Masterarbeiten sowie ihre Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der TU Darmstadt vertiefen ihre Expertise.

Derzeit wirkt sie im Forschungsprojekt *Aquathermie-Viewer Deutschland* des Fachgebiets Wasserbau und Hydraulik der Universität mit. Im Rahmen des Projektes wird ein öffentlich zugängliches Karten-Tool zur Erfassung und Bewertung von Aquathermie-Anlagen in Deutschland entwickelt. Ziel ist es, ökologische Auswirkungen standortübergreifend zu analysieren und Genehmigungsverfahren zu harmonisieren, um die Wärmewende zu unterstützen.

Potenzial der Aquathermie

Aquathermie wird als äußerst vielversprechende Technologie zur Wärmeversorgung beschrieben. Insbesondere aufgrund der hohen spezifischen Wärmekapazität von Wasser wird eine effiziente Wärmenutzung ermöglicht. Darüber hinaus bieten Flüsse als leicht zugängliche Wärmequelle Vorteile gegenüber Geothermie und Aerothermie, die in dicht bebauten oder hügeligen Regionen oft schwerer umsetzbar sind.

Technologische Umsetzung und Beispiele

Aquathermieranlagen können grob in offene und geschlossene Systeme unterteilt werden.

Offene Systeme entnehmen das Wasser direkt aus dem Gewässer und führen es an der Wärmepumpe vorbei. Diese Variante gilt als besonders effizient, ist jedoch anfällig für Verschmutzungen durch Sedimente und ökologische Risiken wie Fischansaugung. Der technische Aufbau umfasst Saugrohre mit Filtern, Diffusoren zur Reduktion der Strömungsgeschwindigkeit sowie Sedimentabscheider. In der Praxis zeigte sich, dass offene Systeme bei schlechter Wasserqualität oft unwirtschaftlich sind und auf geschlossene Systeme umgestellt werden.

Geschlossene Systeme hingegen setzen Wärmeübertrager direkt ins Gewässer ein, ohne Wasser zu entnehmen. Sie gelten als robuster und ökologisch weniger störanfällig, weisen jedoch potenziell geringere Effizienz auf. Herausforderungen bestehen in der Ablagerung von Biofilm und Partikeln am Wärmeübertrager, was den Wärmewiderstand erhöht. Eine innovative Variante sind thermisch aktivierte Spundwände, die sich besonders für urbane und schifffahrtsrelevante Bereiche eignen, da sie platzsparend in bestehende Infrastruktur integriert werden können.

Es wurden bereits kleinere und größere Aquathermieranlagen innerhalb von Deutschland umgesetzt. In Mannheim wird beispielsweise im Rahmen eines Aquathermieprojektes die bestehende Infrastruktur eines Kraftwerks zur Wasserentnahme genutzt. Die Wärmepumpe wird bei Stromüberschuss betrieben, um Wasser in einem Warmwasserspeicher zu erhitzen und später ins Fernwärmenetz einzuspeisen. Betriebsdaten sind bislang nicht veröffentlicht, aber das Projekt dient als Orientierung für andere Städte.

Genehmigungsprozess und ökologische Aspekte

Die Genehmigungspraxis ist derzeit stark individuell geprägt und hängt von der Einschätzung einzelner Sachbearbeitenden ab. Bisher existieren keine einheitlichen Standards, was zu Unsicherheiten führt.

Im Rahmen des *Aquathermie-Viewers* wird auch darauf abgezielt, durch Kartierung und Dokumentation von Genehmigungsentscheidungen eine Harmonisierung zu fördern.

Chancen und Herausforderungen von Aquathermie

Die Nutzung von Aquathermie erfordert eine sorgfältige ökologische Abwägung. Temperaturveränderungen im Gewässer müssen moderat bleiben und sich an natürlichen Schwankungen orientieren, um das ökologische Gleichgewicht nicht zu gefährden. Ebenso sind potenzielle Stoffeinträge – etwa durch wassergefährdende Medien wie Glykole – kritisch zu betrachten. Zwar gelten diese in den eingesetzten Konzentrationen häufig als unbedenklich, dennoch werden konstruktive Sicherheitsmaßnahmen wie doppelwandige Wärmeübertrager oder Druckdifferenzsysteme in Erwägung gezogen, um Leckagen vorzubeugen und Risiken zu minimieren.

Richtig umgesetzt kann Aquathermie sogar zur ökologischen Entlastung beitragen – etwa durch die gezielte Entnahme überschüssiger Wärme aus überhitzten Gewässern infolge des Klimawandels.

A 2.6 Hochschule Zittau Görlitz

Stammdaten

Datum:

Person:

Position / Rolle in der Organisation:

10.11.2025

Anonymisiert

Forschungsmitarbeiter am Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik – Hochschule Zittau/Görlitz

Stakeholder: «Forschung»

Persönlicher Hintergrund

Der Interviewpartner ist seit mehreren Jahren in der Forschung zur Aquathermie aktiv. Der Einstieg erfolgte über das Projekt „Saale-to-Heat“ (2019–2020), eine Machbarkeitsstudie zur Nutzung der Saale zur Sommergrundlastdeckung für die Stadt Halle. Darüber hinaus war er am Projekt „AQVA HEAT“ beteiligt, welches die ganzjährige Nutzung von Gewässern als Wärmequelle, unter anderem am Standort in Zittau, untersucht.

Potenzial der Aquathermie

Aquathermie bietet ein erhebliches Potenzial für die Wärmeversorgung. Die Technologie eignet sich in Abhängigkeit des Wärmebedarfs und Gewässertyp sowohl für zentrale Anwendungen wie die Einspeisung in Fernwärmenetze als auch für dezentrale Lösungen in Quartieren. Auch international wird Aquathermie genutzt und erforscht, etwa in Dänemark und in der Schweiz.

Technologische Umsetzung und Beispiele

Herr Gubsch war maßgeblich an einer Machbarkeitsstudie des Projekts „Saale to Heat“ beteiligt, das in den Jahren 2019–2020 gemeinsam mit der EVH in Halle durchgeführt wurde. Ziel war die Nutzung des Saalewassers zur Sommergrundlastdeckung der Stadt Halle mittels einer konventionellen Wärmepumpe, ergänzt durch ein Blockheizkraftwerk (BHKW). Die Anlage war für den Einsatz im Sommer und Übergangszeiten (Frühjahr, Herbst) konzipiert, wodurch Herausforderungen wie niedrige Wintertemperaturen vermieden wurden. Technologisch wurde ein Zwischenkreis eingesetzt, um die Gewässerseite von der Wärmepumpenseite zu trennen und einen Eintrag von Kältemittel oder Frostschutzmittel ins Gewässer zu verhindern. Trotz weit fortgeschrittener Planung wurde das Projekt aufgrund fördertechnischer Hürden, wie das Eigenstromverbot im iKWK-Programm, zunächst zurückgestellt. Die Notwendigkeit, erzeugten Strom ins Netz einzuspeisen und wieder zurückzukaufen, hätte die Betriebskosten erheblich erhöht.

Aufbauend auf diesen Erfahrungen wurde das Projekt „AQVA HEAT“ in Zittau initiiert, das eine ganzjährige Nutzung von Gewässern zur Wärmegewinnung verfolgt. Kerntechnologie ist die vom ILK Dresden entwickelte Vakuum-Flüssigeisttechnologie, die in einem Kurzzeittest an der Mandau erfolgreich erprobt wurde. Die Anlage besteht aus zwei Wärmepumpenstufen: einer Direktverdampfungseinheit, die ein konstantes Temperaturniveau liefert, und einer konventionellen Wärmepumpe, die dieses Niveau auf das Fernwärmeniveau von 92 °C hebt. Die Technologie erlaubt einen effizienten Ganzjahresbetrieb und ist robust gegenüber Verschmutzungen. Ergänzt wird das System durch ein umfassendes Monitoringkonzept, das physikalische und biologische Auswirkungen auf das Gewässer untersucht. Die Ergebnisse sollen über eine Onlineplattform Behörden zugänglich gemacht werden, um zukünftige Genehmigungsprozesse zu erleichtern.

Genehmigungsprozess und ökologische Aspekte

Die wasserrechtliche Genehmigung stellte in beide Projekten eine zentrale Herausforderung dar. Trotz einer vorangegangenen Kurzzeitgenehmigung dauerte das Verfahren für das „AQVA HEAT“ Projekt über 14 Monate und erforderte intensive Abstimmungen mit verschiedenen Behörden, darunter die Wasserbehörde, Naturschutzbehörde, Fischereibehörde und die Landestalsperrenverwaltung (LTV). Besonders kritisch waren Fragen zur baulichen Gestaltung am Gewässer, zur Vermeidung von Hochwasseraufstauungen sowie zur ökologischen Verträglichkeit der Anlage. Im Rahmen des Projekts wurde ein umfassendes Monitoringkonzept entwickelt, das sowohl physikalische als auch biologische Parameter erfasst – etwa durch den Einsatz von Aufwuchsträgern in der Mandau zur Untersuchung möglicher Auswirkungen auf die Gewässerbiologie. Die Rückführung des genutzten Wassers erfolgt saisonal angepasst: Im Sommer über ein Oberflächengerinne, im Winter unterhalb der Wasseroberfläche, um Oberflächenvereisung zu vermeiden. Zusätzlich wurde ein Bypass-System zur Vormischung mit unbeeinflusstem Wasser installiert, um eine schnelle Durchmischung und minimale Temperaturveränderungen im Gewässer zu gewährleisten. Die Entnahmemenge liegt bei Volllast unter 1 % des mittleren Niedrigwasserstands, was eine geringe ökologische Belastung sicherstellen soll.

Zum Schutz der Gewässerfauna wurden am Einlaufbauwerk ein Rechen und eine Überlaufkante zur Fischabwehr installiert. In enger Abstimmung mit der Fischereibehörde wurde ein Stababstand von 10 Millimetern festgelegt, um das Eindringen von Fischen zu verhindern. Zusätzlich kamen variable Filterkassetten zum Einsatz, um unterschiedliche Maschenweiten zu testen und die Anfälligkeit für Verstopfungen zu bewerten.

Chancen und Herausforderungen von Aquathermie

Aquathermie bietet große Chancen für die Wärmewende, da Gewässer ein hohes Potenzial als Wärmequelle besitzen und so den Umstieg auf erneuerbare Systeme unterstützen können – wie bereits in anderen Ländern erfolgreich umgesetzt.

Derzeit existiert in Deutschland in Bezug auf die Genehmigung von Aquathermieprojekten noch keine eindeutige Rechtslage. Diese Unsicherheit erschwert die Planung und Umsetzung von Projekten. Ein zentraler Genehmigungsleitfaden sollte dahingehend behördliche Hürden vereinfachen.

Zukünftig können technische Anlagen kostengünstiger und robuster ausgeführt werden, was die Wirtschaftlichkeit und Attraktivität der Aquathermie weiter steigern wird.

A 3 Produktdatenblätter

► FET-DATENBLATT NACHRÜSTELEMENTE

Nr.	Profile	Eigenlast kg/Einheit	Eigenlast kg/m ²	SPW-Breite EB mm	FET-Kollektor m ² /m	FET-Kollektor Dicke "S" mm	theoretische Entzugsleistung W/m	Bestellnummer
1.1	QsHeat®-K6-6000	202,7	57,7	675	0,74	6,0	ca. 300 - 700 *	FET-K6 6000
	Lochblech 8-14 / Durchlass 29,6%		33,8					
1.2	3 x L 50x30x4 / 5,5 m	50,7				4,0		FET-L 50304 500
1.3	2 x Einschweißmuffe	0,5						FET-SM DN32
1.4	2 x PE-Übergangsbogen 90°	1,0						FET-ÜB PE DN32
		254,9			4,42			
2.1	QsHeat®-K6-5000	168,9	57,6	675	0,74	6,0	ca. 300 - 700 *	FET-K6 5000
	Lochblech 8-14 / Durchlass 29,6%		33,8					
2.2	2 x L 50x30x4 / 4,5 m	41,5				4,0		FET-L 50304 400
2.3	2 x Einschweißmuffe	0,5						FET-SM DN32
2.4	2 x PE-Übergangsbogen 90°	1,0						FET-ÜB PE DN32
		211,9			3,68			
3.1	QsHeat®-K6-4500	152,0	57,5	675	0,74	6,0	ca. 300 - 700 *	FET-K6 4500
	Lochblech 8-14 / Durchlass 29,6%		33,8					
3.2	2 x L 50x30x4 / 4,0 m	36,9				4,0		FET-L 50304 350
3.3	2 x Einschweißmuffe	0,5						FET-SM DN32
3.4	2 x PE-Übergangsbogen 90°	1,0						FET-ÜB PE DN32
		190,4			3,31			
4.1	QsHeat®-K6-4000	135,1	57,4	675	0,74	6,0	ca. 300 - 700 *	FET-K6 4000
	Lochblech 8-14 / Durchlass 29,6%		33,8					
4.2	2 x L 50x30x4 / 3,5 m	32,3				4,0		FET-L 50304 300
4.3	2 x Einschweißmuffe	0,5						FET-SM DN32
4.4	2 x PE-Übergangsbogen 90°	1,0						FET-ÜB PE DN32
		168,9			2,94			

► FET-DATENBLATT NACHRÜSTELEMENTE

Nr.	Profile	Eigenlast kg/Einheit	Eigenlast kg/m ²	SPW-Breite EB mm	FET-Kollektor m ² /m	FET-Kollektor Dicke "S" mm	theoretische Entzugsleistung W/m	Bestellnummer
5.1	QsHeat®-K6-3000	101,3	57,0	675	0,74	6,0	ca. 300 - 700 *	FET-K6 3000
	Lochblech 8-14 / Durchlass 29,6%		33,8					
5.2	2 x L 50x30x4 / 2,5 m	23,1				4,0		FET-L50304 200
5.3	2 x Einschweißmuffe	0,5						FET-SM DN32
5.4	2 x PE-Übergangsbogen 90°	1,0						FET-ÜB PE DN32
		125,9			2,21			
6.1	QsHeat®-K6-2500	84,5	56,7	675	0,74	6,0	ca. 300 - 700 *	FET-K6 2500
	Lochblech 8-14 / Durchlass 29,6%		33,8					
6.2	2 x L 50x30x4 / 2,0 m	18,4				4,0		FET-L50304 150
6.3	2 x Einschweißmuffe	0,5						FET-SM DN32
6.4	2 x PE-Übergangsbogen 90°	1,0						FET-ÜB PE DN32
		104,4			1,84			
7.1	QsHeat®-K6-2000	67,6	56,3	675	0,74	6,0	ca. 300 - 700 *	FET-K6 2000
	Lochblech 8-14 / Durchlass 29,6%		33,8					
7.2	2 x L 50x30x4 / 1,5 m	13,8				4,0		FET-L50304 100
7.3	2 x Einschweißmuffe	0,5						FET-SM DN32
7.4	2 x PE-Übergangsbogen 90°	1,0						FET-ÜB PE DN32
		82,9			1,47			

* Die Angaben zu den Entzugsleistungen sind gemessene Laborwerte und müssen für jedes Bauwerk separat ermittelt werden.
Dabei hängt die möglich Wärmeentzugsleistung stark von den örtlichen Randbedingungen ab.

Die FET-Kollektoren bestehen aus unlegierten sowie legierten Stählen und entsprechen dem Regelwerk des DVGW für geschweißte Stahlrohre mit Druckbeanspruchung.
Die Aufzählungspreise beinhalten das erforderliche Material zur Fertigung der Kollektoren und deren Montage im Werk, ohne das Spundwandmaterial!
Für Sonderlängen unterbreiten wir Ihnen gerne ein separates Angebot.

► FET QsHeat® LIEFERPROGRAMM

Nr.	Profile	Widerstands- moment Wy (cm ³)	Eigenlast kg/m ²	Profilbreite EB mm	FET Kollektor Breite ca. mm	FET Kollektor Dicke "S" mm	theor. mögliche Entzugsleistung W/m	Bestellnummer
1	QsHeat® U-22-500	355	123,6	500	200	4,0	ca. 120 - 375 *	L 500 022 200
2	QsHeat® U-23-500	527	155,0	500	200	4,0	ca. 120 - 375 *	L 500 023 200
3	QsHeat® U-601-600	745	78,0	600	200	4,0	ca. 150 - 450 *	L 600 601 200
4	QsHeat® U-602-600	830	89,0	600	200	4,0	ca. 150 - 450 *	L 600 602 200
5	QsHeat® U-603-600	1.200	108,0	600	300	4,0	ca. 150 - 450 *	L 600 603 300
6	QsHeat® U-605-600	2.020	139,2	600	300	3,0 - 5,0	ca. 150 - 450 *	L 600 605 300
7	QsHeat® U-606-600	2.500	157,0	600	300	3,0 - 5,0	ca. 150 - 450 *	L 600 606 300
8	QsHeat® U-12-600	1.200	110,0	600	300	3,0 - 4,0	ca. 150 - 450 *	P 600 012 000
9	QsHeat® U-18-600	1.800	128,0	600	300	3,0 - 4,0	ca. 150 - 450 *	P 600 018 000
10	QsHeat® U-22-600	2.200	144,0	600	300	3,0 - 4,0	ca. 150 - 450 *	P 600 022 000
11	QsHeat® AU-17-750	1.665	119,0	750	200	3,0 - 4,0	ca. 180 - 560 *	A 750 017 000
12	QsHeat® AU-20-750	2.000	129,0	750	200	3,0 - 5,0	ca. 180 - 560 *	A 750 020 000
13	QsHeat® Z-13-770	1.300	99,0	770	300	3,0 - 5,0	ca. 180 - 580 *	Z 13 770 300
14	QsHeat® Z-17-700	1.730	104,0	700	300	3,0 - 5,0	ca. 160 - 525 *	Z 17 700 300
15	QsHeat® Z-20-700	1.945	119,0	700	300	3,0 - 5,0	ca. 160 - 525 *	Z 20 700 300
16	QsHeat® Z-28-700	2.760	157,0	700	300	3,0 - 6,0	ca. 160 - 525 *	Z 28 700 300
17	QsHeat® Z-46-700	4.595	229,0	580	300	5,0 - 6,0	ca. 150 - 435 *	Z 46 000 300
18	QsHeat® Z-50-700	5.015	253,0	580	300	5,0 - 6,0	ca. 150 - 435 *	Z 50 000 300
19	QsHeat® LP-700-6	409	66,9	700	300	3,0	ca. 160 - 525 *	LP 700 006 300
20	QsHeat® LP-700-7	474	77,6	700	300	3,0	ca. 160 - 525 *	LP 700 007 300
21	QsHeat® LP-700-8	540	88,5	700	300	3,0	ca. 160 - 525 *	LP 700 008 300

* Die Angaben zu den Entzugsleistungen sind gemessene Laborwerte und müssen für jedes Bauwerk separat ermittelt werden.

Dabei hängt die möglich Wärmeentzugsleistung stark von den örtlichen Randbedingungen ab.

Die FET-Kollektoren bestehen aus unlegierten sowie legierten Stählen und entsprechen dem Regelwerk des DVGW für geschweißte Stahlrohre mit Druckbeanspruchung.

Die Aufzahlungspreise beinhalten das erforderliche Material zur Fertigung der Kollektoren und deren Montage im Werk, ohne das Spundwandmaterial!

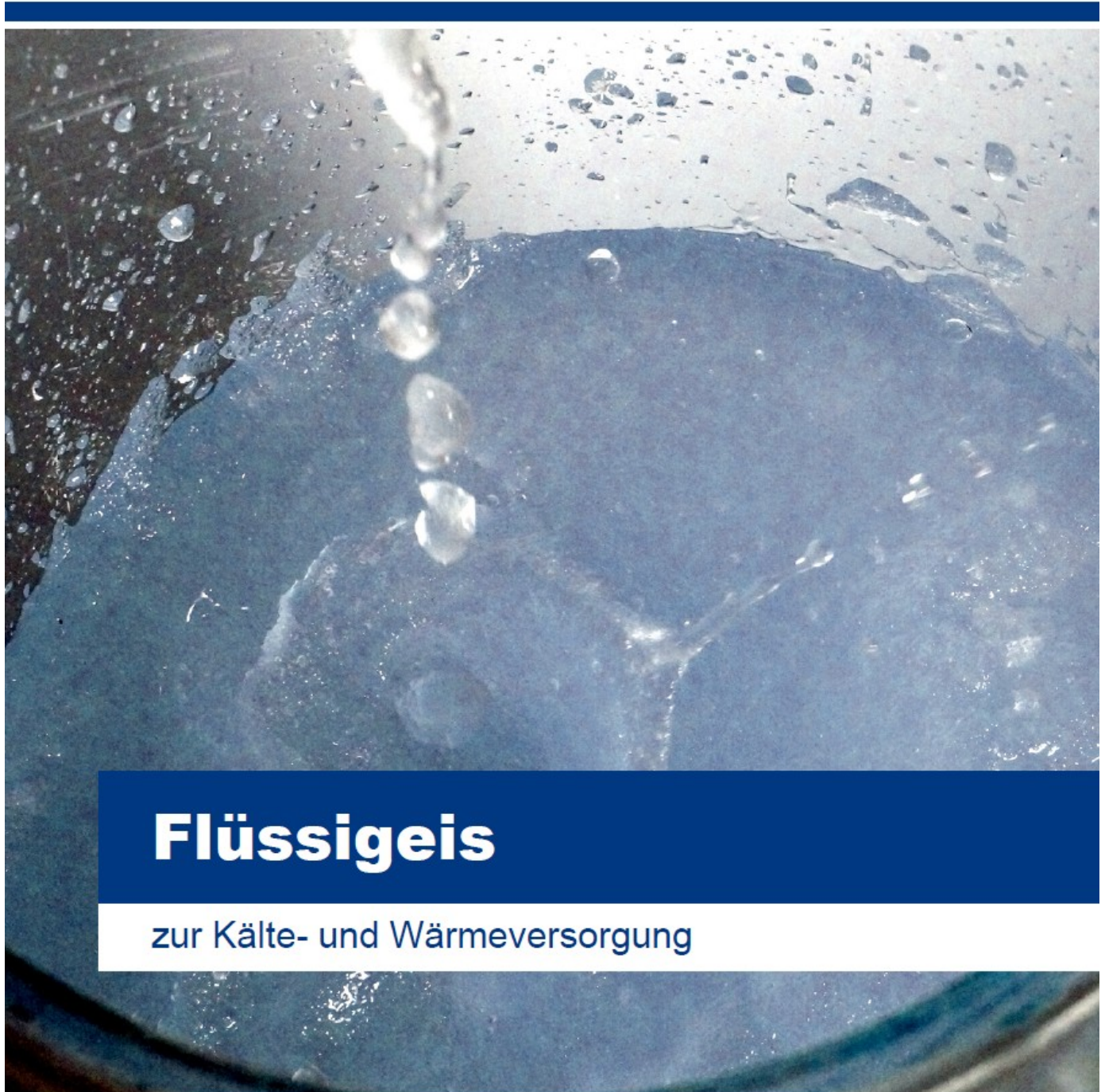
Für Sonderlängen unterbreiten wir Ihnen gerne ein separates Angebot.



ILK Dresden



1. Platz: Vakuum-Flüssigeis-Technologie
Kategorie: Innovationen in der Kälte- und Klimatechnik



Flüssigeis

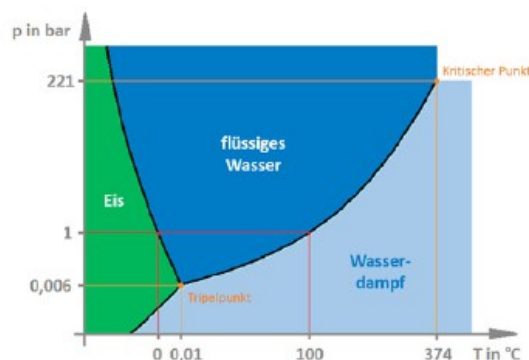
zur Kälte- und Wärmeversorgung



Kälte und Wärme erzeugen, Energie speichern – Wir brauchen dafür nur Wasser

Der zunehmende Ausbau regenerativer Energien wird uns zukünftig vor die Herausforderung stellen, den erzeugten Strom dann zu nutzen, wenn er zur Verfügung steht. Aber wie soll die Energie gespeichert werden, die zum Zeitpunkt der Erzeugung nicht benötigt wird? Im Bereich der Kälteversorgung stellt unsere Flüssigeis-Technologie eine sichere, umweltfreundliche und sehr effiziente Lösung zur Energiespeicherung dar. Auch für alle traditionellen Anwendungen der Kühlung industrieller Prozesse und der Klimatisierung

von Gebäuden setzt unsere Flüssigeis-Technologie Maßstäbe im Effizienzvergleich der Kälteerzeugung. Mit Hilfe des Flüssigeises kann zudem Wärme gewonnen werden, da Oberflächengewässer als Wärmequelle für den Einsatz von Wärmepumpen erschlossen werden können.



Wenn das Prinzip so einfach ist, was macht diese Technologie so einzigartig?

Unser Verfahren beruht auf dem natürlichen Phänomen, dass am Tripelpunkt von Wasser die Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig gleichzeitig vorliegen. Durch die Verdampfung einzelner Wassermoleküle an der Wasseroberfläche wird der umgebenden Flüssigkeit Energie entzogen. Da die Verdampfung bei etwa -0,5 °C im Bereich des Tripelpunktes im Vakuum erfolgt, gefrieren andere Wassermoleküle und bilden Eispartikel. Zur technischen Nutzung dieses Phänomens muss für die Gewährleistung eines kontinuierlichen Betriebs der Wasserdampf mit einem Verdichter aus dem Eiszeuger abgesogen werden. Die geringe Dichte des Wasserdampfes bei einem Druck

von 6 mbar stellt für den Verdichtungsprozess eine besondere Herausforderung dar. Das ILK Dresden verfügt inzwischen über eine jahrzehntelange Erfahrung in der Entwicklung spezieller Turboverdichter für diese Einsatzbedingungen und konnte deren zuverlässigen Betrieb in zahlreichen Anlagen in den verschiedensten Anwendungen nachweisen. Neben der direkten Nutzung von Wasser als Kältemittel in R718-Turbo-Kaltwassersätzen mit einer Leistungsgröße bis zu 1 MW werden derartige Verdichter auch in mechanischen Brüden-Kompressionsanlagen zur Meerwasserentsalzung eingesetzt.



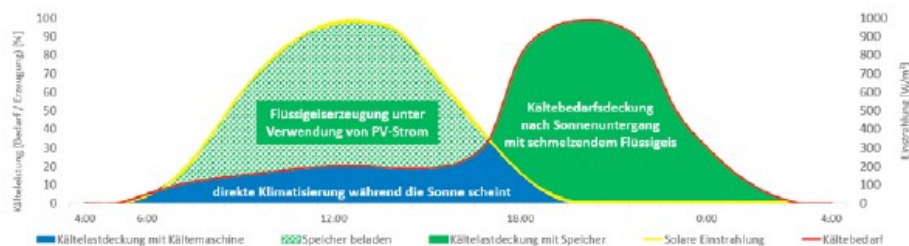
Kälte speichern – Vorteile und Möglichkeiten

Kältespeicher dienen zur Abdeckung von Kältebedarfs-
spitzen, die typisch für viele Anwendungsfälle bei der Kli-
matisierung von Gebäuden oder der Prozesskühlung sind.
Mit dem Einsatz von thermischen Speichern kann sowohl
die elektrische Spitzenlast gesenkt als auch die Kälteer-
zeugung in Zeiten verlagert werden, in denen preiswerter
bzw. regenerativer Strom verfügbar ist. Die Umwandlung
„überschüssiger“ (erneuerbarer) elektrischer Energie in
nutzbare Kälte wird auch als „Power-to-Cold“ bezeich-

net. Speicherbehälter für Flüssigeis sind kostengünsti-
ger als herkömmliche Festeisspeicher, da im Speicher
selbst kein Wärmeübertrager benötigt wird. Somit sind
auch große Speicherkapazitäten darstellbar, mit denen
ein „Power-to-Cold“ Betrieb realisiert werden kann. Käl-
tespeicher leisten somit einen wesentlichen Beitrag zur
Energiewende durch Integration regenerativer Energien
im Bereich der Kälte- und Klimatechnik.



Spitzenlastdeckung mit Flüssigeis
Beispiel: Kältebedarfsdeckung eines Bürogebäudes oder einer Produktionsstätte



Entkopplung von Kälteerzeugung und Kältebedarf zur Erhöhung des Eigenverbrauchs von PV-Strom
Beispiel: Theater mit Abendvorstellung

	Leistung des Eiszeugers	Speicher- kapazität	Entladeleistung des Speichers	Speichervolumen
Minimum (pro Modul)	100 kW	500 ... 10.000 kWh	100 ... 2.000 kW	für 500 kWh: 8 m³
Maximum (pro Modul)	500 kW			für 10 MWh: 160 m³ (60 % Eisanteil; inkl. 0 bis 6 °C)

Mit einem Verdichter realisierbarer Leistungsbereich (größere Leistungen durch Parallelschaltung mehrerer Verdichter)



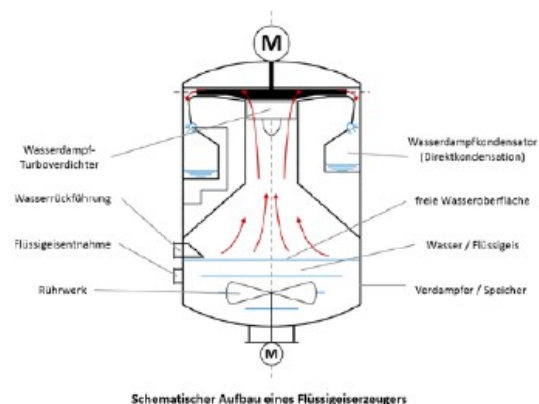
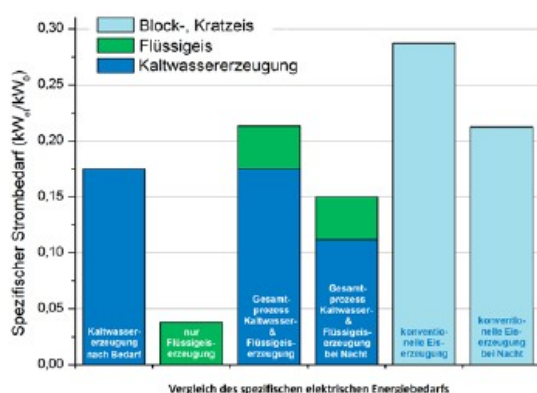
Flüssigeis zum Speichern von Kälte – die Technologie im Vergleich

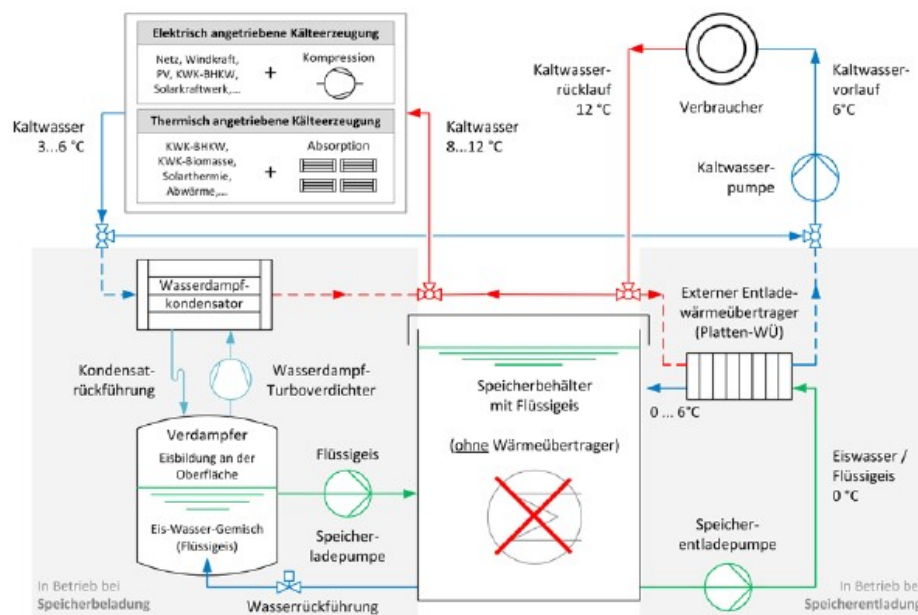
Ein Kältespeicher stellt eine spezielle Form des Wärmespeichers dar, dessen Speichermedium beim Beladen Energie entzogen und beim Entladen Energie in Form von Wärme zugeführt wird. Prinzipiell wird unterschieden zwischen sensiblen Speichern, in denen das enthaltene Medium nur aufgrund von Temperaturänderung seinen Energiegehalt ändert, und Latentspeichern, in denen das Medium seinen Aggregatzustand wechselt.

Die erzielbare Energiespeicherdichte in sensiblen Speichern ist eher niedrig. In **Kaltwasserspeichern** mit einem Temperaturunterschied von 6 °C bis 12 °C können in einem Kubikmeter nur rund 7 kWh gespeichert werden.

Durch den Gefrierprozess kann in reinem Eis pro Kubikmeter knapp 90 kWh latente Energie gespeichert werden. In **herkömmlichen Festeispeichern** wird Wasser zu einem Block gefroren. Für die Eiszerzeugung (Ladeprozess) wird chemisches Kältemittel bei einer Temperatur um -10 °C oder tiefer verdampft. Sobald sich an der Rohroberfläche Eis gebildet hat, wirkt es isolierend zwischen umgebenden Wasser und Kältemittel, so dass sich der Wärmetransport und damit die Gesamteffizienz signifikant verschlechtern. Das bedeutet, die Menge an erzeugtem Eis pro Zeiteinheit sinkt und das Verhältnis von eingesetzter elektrischer Energie

zur bereitgestellten Kälteenergie wird schlechter. Wird von Verbraucherseite die Kälte des durchgefrorenen Eisspeichers benötigt, wird die Rohrwendel mit Sole durchströmt und das Eis abgetaut (Entladeprozess). Auch beim Entladen nimmt die Leistung aufgrund des wachsenden Wasserspaltes zwischen Rohr- und Eisoberfläche ab. Um dem Leistungsabfall entgegenzuwirken, werden großflächige Wärmeübertrager – teilweise mit zusätzlichen Oberflächenvergrößerungen – eingesetzt. Aufgrund der im Speicher benötigten, voluminösen Wärmeübertrager können nach heutigem Stand der Technik pro Kubikmeter Speicher nur ungefähr 45 - 55 kWh Energie gespeichert werden.





Mögliche Einbindung eines Flüssigeisspeichers in ein Kaltwassernetz

Die Vorteile der beiden vorgenannten Verfahren können mit sogenanntem Flüssigeis, einer Suspension von kleinen Eiskpartikeln in Wasser, verknüpft werden. Auch bei einem Eisgehalt um die 50 % ist das Gemisch noch pumpfähig. In anderen Verfahren werden die Eiskpartikel unter hohem Energieaufwand in Kälteerzeugern durch die Verdampfung chemischer Kältemittel erzeugt, mechanisch zerkleinert und Wasser beigemischt. In unserem **Flüssigeisspeicher** ist das enthaltene Wasser Kältemittel und Speichermedium zugleich. Im Eiserzeuger werden beim Ladeprozess durch die Verdampfung von Wasser an der Oberfläche Eiskpartikel erzeugt. Für diese Direktverdampfung ist weder ein chemisches Kältemittel noch ein zusätzlicher Wärmeübertrager

für die Eiserzeugung notwendig. Das entstehende Eisgemisch kann direkt im Eiserzeuger/Verdampfer gespeichert oder aber in einen separaten Speicher gepumpt werden. Zum Entladen des Eisspeichers wird das Flüssigeis durch einen externen Wärmeübertrager gepumpt, in dem ein Kälte-träger (Kaltwasser, Sole oder Luft) oder ein Produkt (z.B. Milch) abgekühlt wird. Sowohl die Leistung als auch die Temperatur bleiben beim Be- und Entladen des Speichers über den gesamten Zeitraum konstant. Durch fehlende integrierte Wärmeübertrager ist die volumetrische Kapazität eines Flüssigeisspeichers annähernd identisch mit der Energiespeicherdichte des Flüssigeises, die bei 60 % Eisanteil 54 kWh/m³ beträgt.



Flüssigeis als Kälteträger

Viele industrielle Anwendungen, z.B. in der Lebensmittelindustrie, erfordern eine Kühlung unter $6\text{ }^{\circ}\text{C}$, häufig mit stark wechselnden Lasten. Das pumpfähige Flüssigeis oder das Eiswasser aus dem Speicher kann auch direkt als Kälteträger eingesetzt werden, um diese Prozesse effizient und mit hoher Leistung zu kühlen. So können beispielsweise Luft/Wasser- bzw. Luft/Glykol-Wärmeübertrager, die zur Entfeuchtung der Luft in Reiferräumen für Käse oder Wurst eingesetzt werden, alternativ mit Flüssigeis durchströmt werden. Durch die konstante Temperatur des Kälteträgers (Schmelzen des Eises) kann die übertragene Leistung erhöht sowie die Gesamteffizienz gesteigert werden. Die Reifbildung auf der Luftseite und somit erforderliche Abtau-

zyklen werden effektiv vermieden.

Die kombinierte Anwendung von Flüssigeis zur Kältespeicherung und als Kälteträger bietet sich insbesondere bei industriellen Batchprozessen mit einem Kältebedarf bei etwa $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ an. Hier kann die Kälteversorgung mit dem flexiblen Flüssigeissystem abgedeckt werden.

Beispielhafte Anwendungsfelder sind:

- industrielle Batchprozesse
- Brauereien
- Molkereien, Käsereien
- Bäckereien
- Fleisch- und Wurstverarbeitung



Ammoniak-Füllmenge zu groß? – Alternative: Flüssigeis

Ammoniak (R717) ist ein natürliches, effizientes und v.a. in industriellen Kälteanlagen verbreitet eingesetztes Kältemittel der Sicherheitsklasse B (toxisch). Die Nutzung von Ammoniak in Pumpenumlauf-Systemen, z.B. in Kühltälern, bei denen das flüssige Ammoniak bis zum luftbeaufschlagten Verdampfer im Kühltälgefördert wird, führt jedoch häufig zu großen Ammoniak-Füllmengen. In Abhängigkeit der Füllmenge sind teilweise kostspielige Sicherheitsauflagen zu erfüllen.

Insbesondere bei Anwendungen im Bereich der Normal-kälte (Plusbereich) ist die Verwendung von Flüssigeis anstelle von Ammoniak eine attraktive Alternative. Wie bei der Verdampfung von Ammoniak gewährleistet Flüssigeis eine konstante Temperatur auf der kalten, wärmeaufnehmenden Seite des luftbeaufschlagten Wärmeübertragers (Luftkühlers). Die Nutzung von Ammoniak als Kältemittel kann auf die Kälteerzeugung im Maschinenraum begrenzt werden. Die Kälteverteilung erfolgt durch Flüssigeis.



Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)

Neben der klassischen Kraft-Wärme-Kopplung, die vorrangig im Winter benötigt wird, kann mit Absorptionskältemaschinen im Sommer die Abwärme aus der (dezentralen) Stromerzeugung zur thermischen Kälteerzeugung verwendet werden. Der Betrieb von KWKK-Anlagen wird zunehmend durch die Einspeisung erneuerbarer Energie in die Stromnetze beeinflusst. Dies hat zur Folge, dass die Antriebswärme für AKM nicht gesichert zu den Zeiten zur Verfügung gestellt werden kann, in denen Kältebedarf besteht bzw. die AKM betrieben werden müsste. Die Speicherung von Kälte mit hoher Effizienz und Energiedichte mittels Flüssigeis bietet die Möglichkeit, den Betrieb von KWKK-Systemen weitgehend zu flexibilisieren. Das bedeutet, wenn die Antriebswärme zur Verfügung steht, Kälte zu

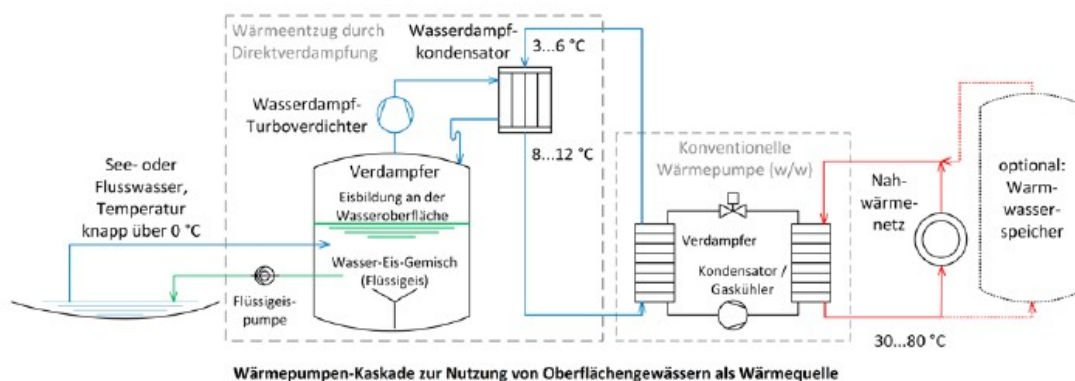
erzeugen und den Kältebedarf zu einem anderen Zeitpunkt abzudecken. In Anwendungen mit ausgeprägten Lastspitzen kann durch einen Kältespeicher die Installation zusätzlicher Kältemaschinen vermieden bzw. der KWKK-Anteil in der Kälteversorgung gesteigert werden.

Durch die Kombination von Wasser-LiBr-AKM mit einem Flüssigeiserzeuger können vielfältige Prozesskühlanwendungen im Nutztemperaturbereich um 0 °C, Lebensmittelverarbeitung und -lagerung, versorgt werden. Damit wird für Wasser-LiBr-AKM ein Anwendungsbereich erschlossen, der bisher Ammoniak-Wasser-AKM vorbehalten war. In diesem Fall wird der Verbraucher stets mit Eiswasser oder Flüssigeis aus dem Speicherbehälter versorgt

Heizen mit Eis

Wärmepumpensysteme sind ein wichtiger Baustein zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung und verbreiten sich zunehmend. Aufgrund der geringeren Investitionskosten werden momentan überwiegend luftbasierte Wärmepumpen eingesetzt. Nachteile sind neben den Lärmemissionen die geringe Effizienz und Leistungsfähigkeit bei niedrigen Lufttemperaturen, also gerade dann, wenn ein hoher Heizwärmebedarf besteht. Aufgrund der Frostgefahr werden in unseren Breiten Oberflächengewässer bislang nicht als Wärmequelle für

Wärmepumpen eingesetzt. Mit dem Flüssigeissystem als erste Stufe in einer Wärmepumpenkaskade können leicht erschließbare, natürliche oder künstliche Wasserreservoirs mit Wassertemperaturen knapp über dem Gefrierpunkt als Wärmequelle verwendet werden. Aufgrund der konstanten und gegenüber Luftwärmepumpen höheren Wärmequellentemperatur wird ein signifikanter Effizienzvorteil erreicht. Der Erschließungsaufwand gegenüber Wärmepumpen, die das Erdreich als Wärmequelle nutzen, ist deutlich geringer.





Systembeschreibung

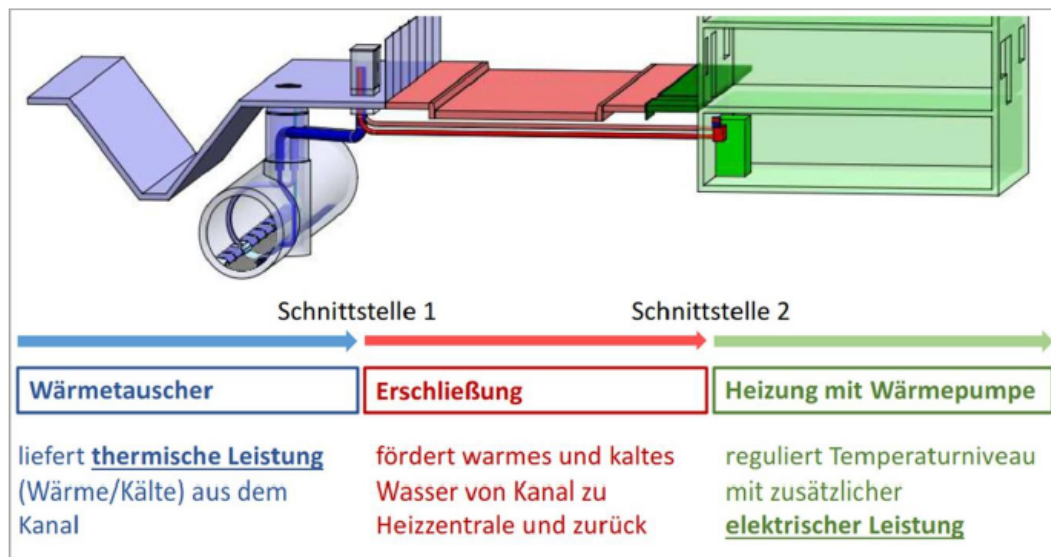
Energie aus Abwasser mit dem Therm-Liner von UHRIG

1. Funktionsweise Energie aus Abwasser

Im Abwasser, das in unseren Kanälen ständig und in großen Mengen vorhanden ist, steckt ein enormes Energiepotenzial. Abwasser ist im Winter durchschnittlich 10 bis 12°C warm, im Sommer etwa zwischen 17 und 20°C. Diese Temperatur steht für Wärme bzw. thermische Energie, mit der Gebäude im Winter beheizt und im Sommer gekühlt werden können. Energie aus Abwasser ist eine Wärmepumpentechnologie, die aus drei Komponenten besteht:

- Wärmetauscher: Sie werden im Kanal montiert, sodass warmes Abwasser über den Wärmetauscher fließt und thermische Energie an das kältere Wasser im Wärmetauscher überträgt.
- Erschließung: Diese Leitung bringt die im Kanal gewonnene Energie zur Heizzentrale.
- Wärmepumpe: Sie macht die Energie aus dem Kanal mit geringem Stromeinsatz nutzbar.

An guten Standorten bietet Energie aus Abwasser Gestehungskosten von ca. 7 Cent pro kWh Heizleistung. Diese Wärmegestehungskosten umfassen Investitions- und Betriebskosten für Wärmetauscher, Hausanschluss und Wärmepumpe. Gute Standorte befinden sich in Städten und Ballungsgebieten, aber auch in kleineren Ortschaften mit einer Nähe zu einem ausreichend großen Abwassersammler. Energie aus Abwasser ist auch ohne Subvention fossilen Energieträgern gegenüber wettbewerbsfähig.



2. Projektentwicklung Energie aus Abwasser

Wenn ein neues Gebäude errichtet oder ein Bestandsgebäude saniert wird, dann stellen sich für die Energiegewinnung aus Abwasser drei Fragen:

- Gibt es einen öffentlichen Kanal in der Nähe?
- Wieviel Wasser fließt durch den Kanal?
- Welche Temperatur hat das Abwasser?

Mit diesen drei Informationen lässt sich schnell berechnen, wieviel Energie zu welchem Preis verfügbar gemacht werden kann. Dann kann der Kunde entscheiden, welche Energiequelle er nutzen will.

3. Funktionsweise Therm-Liner von UHRIG

Das Therm-Liner System ist europaweit bereits über 75 Mal im Einsatz. Die Anlagengrößen sind unterschiedlich. Mit Abwasserenergie lassen sich sowohl einzelne Gebäude als auch ganze Quartiere versorgen. Das Therm-Liner System ist

- für den nachträglichen Einbau in Bestands- und Neubaukanäle entwickelt worden.
- so konzipiert, dass es den eigentlichen Kanalbetrieb in keiner Weise beeinträchtigt.
- immer eine Maßanfertigung, die passgenau auf die jeweilige Kanalsituation abgestimmt wird.
- leicht montierbar, da die Module über die vorhandene Schachteinfrasturktur eingebracht werden.
- jederzeit demontier- oder erweiterbar.
- patentiert und zertifiziert.

Wir bieten, zugeschnitten auf den jeweiligen Kanal, verschiedene Therm-Liner an:



Therm-Liner Bauform A



Therm-Liner Bauform B

4. Produktion und Montage Therm-Liner von UHRIG

Die Wärmetauscherelemente werden einbaufertig von uns produziert. Sie bestehen aus austenitischem Edelstahl 1.4404, der aufgrund höchster Beständigkeit gegen Lochfraß und Korrosion prädestiniert für die Verwendung im Abwasser ist. Die Wärmetauscheroberfläche ist gebeizt und passiviert. Die Struktur der Oberfläche sorgt für eine Verwirbelung des Abwassers. So wird die Biofilmbildung auf dem Wärmetauscher reduziert.

Ein mechanisches Kupplungssystem mit internationaler Zulassung und Zertifizierung verbindet die Wärmetauscherelemente im Kanal. Das Verbindungssystem gewährleistet eine sichere Montage und ein Höchstmaß an Flexibilität. Die Anbindeleitungen werden an die baulichen Gegebenheiten von Kanal und Schachtbauwerk angepasst. Das System erfüllt alle Kanalbau-Anforderungen gemäß DWA-M 114.

Nach Anlieferung vor Ort erfolgt der Einbau durch unser Team. Die Module werden nach Einbringung in den Kanal in Reihe montiert und nach dem „Tichelmann Prinzip“ verschaltet. Eine mechanische Verbindung im Kanal sowie eine Anlauf- bzw. Auslauframpe fixieren das Therm-Liner System. Die Zu- und Rücklaufleitung mit Absperrarmaturen werden nach oben über den Schacht oder eine Kernbohrung aus dem Kanal herausgeführt. Das System wird befüllt, entlüftet und anschließend gemäß DIN EN 805 im Kontraktionsverfahren mit dem 1,5-fachen Betriebsdruck geprüft. Der Betriebsdruck der Gesamtanlage wird im Regelfall auf 2,5 bar reguliert. Dokumentation und Beschriftung erfolgen gemäß dem SI-System.

Die Therm-Liner-Anlagen sind auf eine Nutzungsdauer von bis zu 50 Jahren ausgelegt. Die tatsächliche Betriebsdauer und -sicherheit ergibt sich aber aus der nachgeschalteten Systemtechnik.

5. Ansprechpartner

Stephan von Bothmer
UHRIG Energie GmbH
Geschäftsentwicklung Energie aus Abwasser
Am Roten Kreuz 2
78187 Geisingen
T +49 7704 806-48
E s.bothmer@uhrig-bau.de
I www.uhrig-bau.de

Christian Bechler
UHRIG Energie GmbH
Projektentwicklung Energie aus Abwasser
Am Roten Kreuz 2
78187 Geisingen
T +49 7704 806-61
E bechler@uhrig-bau.de
I www.uhrig-bau.de

Herausgeber

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0; Telefax: + 49 351 2612-1099
E- Mail: Poststelle@lfulg.sachsen.de
www.lfulg.sachsen.de

Autoren

Dipl.-Ing. Martin-Joseph Hloucal, M. Sc. Thaddäus Weniger,
M. Sc. Elias Reichel, B. Eng. Ulrike Karsch
Tilia GmbH
Inselstraße 31, 04103 Leipzig
Telefon: + 49 341 339 76 000; Telefax: + 49 341 339 76 399
E-Mail: info@tilia.info
<https://tilia.info/de/>

Redaktion

Maren van Riel
Abteilung 4/Referat 44
Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden
Telefon: + 49 351 8928-4416; Telefax: + 49 351 8928-4099
E-Mail: maren.vanriel@lfulg.sachsen.de

Bildnachweis

Tilia GmbH

Redaktionsschluss

23.01.2026

Bestellservice

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei heruntergeladen werden aus der Publikationsdatenbank des Freistaates Sachsen (<https://publikationen.sachsen.de>).

Hinweis

Diese Publikation wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom LfULG (Geschäftsbereich des SMUL) kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Das Vorhaben „RegioNet WasserBoden“ wird im Rahmen der »Förderrichtlinie zur Stärkung der Transformationsdynamik und Aufbruch in den Revieren und an den Kohlekraftwerkstandorten (STARK)« von dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert.

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Täglich für ein gutes Leben.

www.lfulg.sachsen.de