

Schlussbericht, 27. September 2017

Programm «**Thermische Netze**»

Nutzung von Oberflächengewässer für thermische Netze



energie schweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

Autoren

Beatrice Schaffner, HOLINGER AG

Klemens Niederberger, AquaPlus AG

**Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.**

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern

Infoline 0848 444 444. www.energieschweiz.ch/beratung

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| ZUSAMMENFASSUNG | 1 |
| RÉSUMÉ | 3 |
| 1 ZWECK DES DOKUMENTS UND ZIELGRUPPEN | 5 |
| 1.1 Ausgangslage | 5 |
| 1.2 Inhalt dieses Dokuments | 5 |
| 2 ANALYSEN | 7 |
| 2.1 Abgrenzung | 7 |
| 2.2 Auftragsanalyse | 7 |
| 2.3 Situationsanalyse | 9 |
| 2.3.1 Eidgenössische Gesetze und Verordnungen | 9 |
| 2.3.2 Kantonale Gepflogenheiten | 10 |
| 2.3.3 Weitere Anspruchsgruppen | 13 |
| 2.3.4 Potenzial in den Gewässern und landseitiger Bedarf | 13 |
| 2.3.5 Auswirkungen des Klimawandels auf die Technik | 15 |
| 3 UMSETZUNG DER GEWÄSERSEITIGEN GESETZLICHEN GRUNDLAGEN | 16 |
| 3.1 Übergeordnete Anforderungen Gewässerseite | 16 |
| 3.2 Ökologische Anforderungen stehende Gewässer | 18 |
| 3.3 Ökologische Anforderungen Fließgewässer | 22 |
| 3.4 Ökologische Anforderungen See-Fluss-System | 23 |
| 3.5 Bauliche Anforderungen Gewässerseite | 24 |
| 4 BEWILLIGUNGSVERFAHREN | 26 |
| 4.1 Einleitende Bemerkungen | 26 |
| 4.2 Behördliches Verfahren | 27 |
| 4.3 Landseitige Bewilligungen und Verträge | 27 |
| 4.3.1 Anschlusspflicht | 28 |
| 5 TECHNISCHE BESCHREIBUNG: GEWÄSSERNUTZUNG FÜR THERMISCHE NETZE | 29 |
| 5.1 Bausteine | 29 |
| 5.2 Auslegungsgrundlagen | 29 |
| 5.3 Konzept der Gewässernutzung | 30 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.3.1 | Seeleitungen | 30 |
| 5.3.2 | Pumpwerk | 31 |
| 5.3.3 | Systemtrennung (Wärmetauscher) | 31 |
| 5.3.4 | Einbindung | 33 |
| 5.3.5 | Verteilleitungen | 38 |
| 6 | BRANCHENERFAHRUNGEN | 40 |
| 7 | EMPFEHLUNGEN | 42 |
| 7.1 | Ökologische und technische Empfehlungen | 42 |
| 7.2 | Empfehlungen für die Verfahrensseite | 43 |
| 8 | QUELLENVERZEICHNIS | 44 |

Anhang 1: Checkliste für die Umsetzung (Gewässerseite)

Anhang 2: Auswirkungen und Massnahmen betreffend seebürtige Artikel

Anhang 3: Gesetze und Verordnungen

Anhang 4: Gesetzliche Grundlagen im Bereich Ökologie

ZUSAMMENFASSUNG

Gewässer wie Flüsse und Seen weisen ein enormes Potential an thermischer Energie zum Heizen und Kühlen auf. Auch wenn nur ein kleiner Teil davon sowohl ökologisch, wirtschaftlich als auch technisch genutzt werden kann, dürften die Gewässer einen gewichtigen Beitrag an die Zielerreichung der Energiestrategie 2050 leisten. Bei der thermischen Nutzung von Oberflächengewässern sind mit den Kantonen, Gemeinden, dem benachbarten Ausland, Investoren/Energiedienstleistern, Verbänden, Interessengruppen, Grundstückbesitzern und den Energiekunden eine Vielzahl von Anspruchsgruppen zu berücksichtigen.

Der Fokus für Wärme-/Kältenutzungen für Verbünde liegt heute bei den grossen Seen. Dabei wird zwischen Heizen und Kühlen nicht unterschieden. Flusswasser wird heute hauptsächlich für Kühlungen eingesetzt.

Die Gewässer müssen gemäss Bundesverfassung geschützt werden. In der Planungsphase muss, sofern noch keine Daten vorliegen, eine Erhebung der Pflanzen- und Tierwelt sowie Umgebung gemacht werden, um ökologisch und archäologisch sensible Zonen zu dokumentieren sowie allfällige Altlasten zu lokalisieren. Die Effekte der Rückgabe des erwärmten oder abgekühlten Wassers in das Gewässer müssen modelliert werden. Dabei soll die zulässige Temperaturveränderung im Gewässer auf max. 0.5 °C anstatt heute auf 1 °C beschränkt werden, um auch zukünftigen Generationen einen Spielraum zu geben. Die Rückgabetemperatur in Seen bei Kältenutzungen soll näher bei 20 °C als beim gesetzlich maximalen Wert von 30 °C liegen.

Die Ergebnisse der Datenerhebung und Modellierung dienen zur Optimierung der Leitungsführung und Tötigung allfälliger Ersatzmannsnahmen. Dabei sollen sich sowohl die Entnahme- als auch die Rückgabentiefe unterhalb der Sprungschicht eines Sees (unter 25 m Wassertiefe) befinden, um die Flora und Fauna möglichst wenig zu beeinträchtigen. Beim Bau von Seeleitungen sollen bevorzugt Bohrverfahren mit geringer Störung der Vegetation und Tierwelt und weiterer schützenswerter Objekten eingesetzt werden. Zum gesetzlich vorgeschriebenen Fischschutz sind Seiher bei der Entnahmeleitung üblich und bewährt.

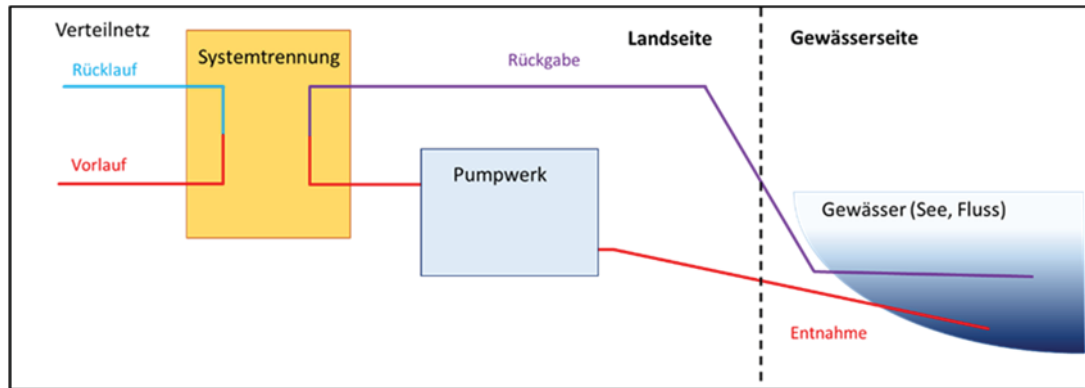
Die Rückgabe von erwärmtem Wasser aus Kühlnutzungen wird als problematischer erachtet als die Rückgabe von abgekühltem Wasser. Deshalb soll bei Kältenutzungen eine (mindestens zukünftige) Abwärmenutzung vorgesehen werden. Kleinanlagen sollen zur Reduktion der Anzahl der Eingriffe in die Gewässer nur bei Vorliegen eines übergeordneten Interesses bewilligt werden.

Die Anlage zur Energienutzung besteht aus:

- Entnahme- und Rückgabeleitungen (Stahlleitungen), Entnahmeleitung mit Seiher, Rückgabelleitung mit Mischrohr (falls erforderlich)
- Pumpwerk (Kreiselpumpe) mit Druckerhöhungsanlage (in der Regel unterirdisch, um einen Pumpenvordruck zu erhalten)
- Systemtrennung zum Schutz der Gewässer und der Anlage vor Ablagerun-

gen (Wärmetauscher, in der Regel geschraubte Plattenwärmetauscher)

- Verteilnetz (PE-Leitungen) mit direkter Einbindung (selten) oder indirekter Einbindung (üblich)



Alle Anlagen sind in gängiger Bauweise und Werkstoffen ausgeführt. Die Überwachung der Anlage soll nach „Stand der Technik“ mit einem Fokus auf den Gewässerschutz ausgeführt werden (Identifizierung von Lecks, auffälligen Temperaturen etc.).

Zur Dimensionierung der Anlagen muss der Wärme- und Kältebedarf des zu versorgenden Perimeters bekannt sein. Der Wärmebedarf kann anhand Erdgasverbrauch und Kennzahlen gut abgeschätzt werden. Der Kältebedarf ist schwierig zu erfassen. Er wird in Zukunft zunehmen, während der Wärmebedarf abnehmen wird.

Die Gemeinden können Perimeter mittels eines Energieplans/Richtplans definieren. Deren Versorgung mit Wärme und Kälte muss für einen Energiedienstleister technisch und wirtschaftlich machbar sein (z. B. dicht besiedelt mit grossen Anschlüssen, Nähe zum Gewässer). Neben dem Recht zur (exklusiven) Versorgung des Perimeters muss der Energiedienstleister auch Pflichten wie die termingerechte Energielieferung mit einem vorher vertraglich vereinbarten Energiemix eingehen. Bei einer allfälligen Anschlusspflicht für Liegenschaftsbesitzer muss der Gemeinde das Recht eingeräumt werden, die Energiepreise zu überprüfen.

Im Bewilligungsverfahren soll der Kanton als Leitbehörde das Verfahren führen und die Entscheide der kantonalen Stellen in einem konzentrierten Entscheid zusammenführen. Grundvoraussetzungen für eine Bewilligung sind der Nachweis, dass keine negativen Auswirkungen auf das Gewässer zu erwarten sind, der landseitige Bedarfsnachweis für Wärme und Kälte, Konformität mit Energiegesetzen, -Konzepten und -Richtplänen sowie das Vorliegen eines öffentlichen Interesses. Die Gemeinde führt das landseitige Bewilligungsverfahren. Die Kantone sollen ein Anlagenregister führen.

Unter den mehreren realisierten Seewassernutzungen sind der Seewasserverbund Meilen (indirekte Einbindung, Heizen), Spital Männedorf (indirekte Einbindung, Heizen und Kühlen), Genève Lac Nations (direkte Einbindung, Heizen und Kühlen) und GeniLac (direkte Einbindung, Heizen und Kühlen, Fassung im See und Rückgabe in Rhone).

RÉSUMÉ

Les plans d'eau tels que les rivières et les lacs possèdent un énorme potentiel thermique pour chauffer et rafraîchir les bâtiments. Bien qu'une infime part du potentiel puisse être utilisée de manière écologique et économique, ces eaux devraient apporter une contribution importante à la réalisation des objectifs de la stratégie énergétique 2050. Un grand nombre d'acteurs sont impliqués dans les projets utilisant les eaux de surface à des fins thermiques tels que cantons, communes, pays voisins, investisseurs/services industriels, associations, groupes d'intérêt, propriétaires fonciers et clients.

Aujourd'hui, les grands lacs sont principalement sollicités pour le chauffage et le froid à distance alors que l'eau des fleuves est principalement utilisée à des fins de refroidissement.

Les cours d'eau doivent être protégés conformément à la Constitution Fédérale. Si des données ne sont pas encore disponibles dans la phase de planification, une étude de la flore, de la faune et de l'environnement doit être effectuée afin de documenter les zones écologiquement et archéologiquement sensibles et les sites contaminés doivent être localisés. Les effets du retour de l'eau réchauffée ou refroidie dans le plan d'eau doivent être modélisés. Cette étude propose que le changement de température admissible dans le cours d'eau devrait être limité à un maximum de 0,5 °C au lieu de 1 °C prescrit aujourd'hui afin de laisser aux générations futures une marge de manœuvre. La température de retour dans les lacs lors du refroidissement devrait être plus proche de 20 °C que la valeur maximale légale définie de 30 °C.

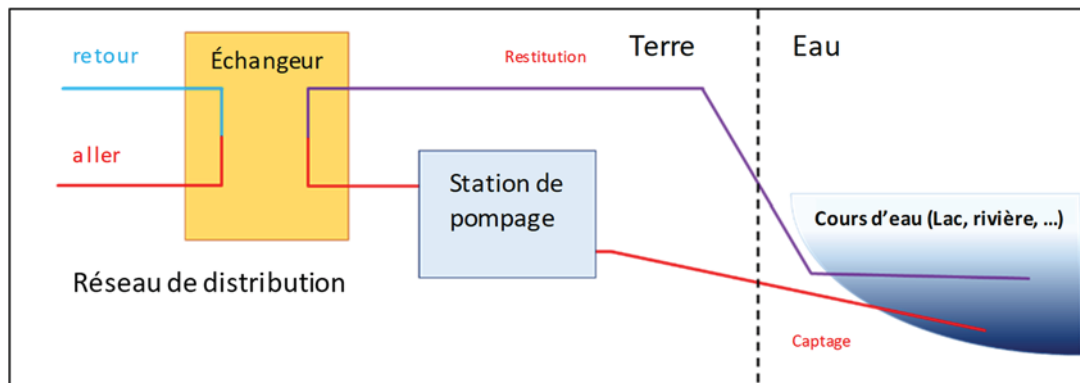
Le résultat des échantillonnages et de la modélisation servent à optimiser la pose de conduites et à entreprendre d'éventuelles mesures alternatives. La profondeur d'extraction et de retour doivent être inférieures à la thermocline (en-dessous de 25 m) afin de minimiser l'impact sur la flore et la faune. Lors de la pose de conduites, des méthodes de forage peu perturbatrices pour la végétation, la faune et la flore et d'autres objets dignes de protection doivent être privilégiées. Lors du soutirage de l'eau, une grille conforme à l'ordonnance sur la protection des poissons doit être placée à l'extrémité de la conduite.

Le retour de l'eau chauffée après le refroidissement est considéré comme plus problématique que le retour de l'eau refroidie. Pour cette raison, l'utilisation future de l'eau du lac à des fins de refroidissement devrait prévoir une récupération interne de la chaleur fatale. Afin de réduire l'impact sur les cours d'eau, les installations à petite échelle ne devraient être approuvées qu'en cas d'un intérêt supérieur.

L'installation pour l'utilisation de l'énergie des cours d'eau se compose de :

- Conduites d'extraction et de retour (conduites en acier), conduite d'extraction avec crépine, conduite de retour avec tube mixte (si nécessaire)
- Station de pompage (pompe centrifuge) avec système de surpression (généralement souterraine pour obtenir une pression d'entrée de pompe)
- Séparation du système pour protéger l'eau et l'installation des dépôts (échangeur de chaleur, généralement à plaques vissées)

- Réseau de distribution (conduites PE) avec raccordement direct (rare) ou indirect (commun)



Toutes les installations sont construites avec des matériaux communs. La surveillance de l'installation doit être effectuée selon les règles de l'art, en mettant l'accent sur la protection de l'eau (identification des fuites, températures atypiques, etc.).

Pour dimensionner le système, il faut connaître les besoins en chauffage et de refroidissement du périmètre de distribution. La demande de chaleur peut être estimée selon la consommation de gaz naturel et d'autres chiffres clés. La demande de refroidissement est difficile à déterminer. Celle-ci augmentera à l'avenir, tandis que la demande en chaleur diminuera.

Les communes peuvent définir des périmètres d'approvisionnement au moyen d'un plan énergétique. Il doit être techniquement et économiquement faisable pour les services industriels de fournir de la chaleur et du froid (par exemple, densément peuplé avec de grandes connexions, proche de l'eau). Outre le droit à la fourniture (exclusive) du périmètre, le fournisseur de services énergétiques doit également s'engager à respecter des obligations telles que la distribution de l'énergie dans les délais convenus préalablement par contrat. En cas d'obligation de raccordement pour les propriétaires fonciers, la municipalité doit s'accorder le droit de réviser les prix de l'énergie.

Le canton doit gérer la procédure d'autorisation, en tant qu'autorité principale, et rassembler les décisions des autorités cantonales. Les exigences de base pour octroyer un permis sont la démonstration qu'aucun impact négatif sur le plan d'eau n'est prévue, qu'il y ait un besoin de chauffage et de refroidissement sur le terrain, que la conformité à la loi soit respectée, qu'il existe des concepts et plans directeurs énergétiques et un intérêt public prépondérant. La municipalité est responsable de la procédure d'octroi de permis pour les terrains. Les cantons doivent tenir un registre des installations.

Parmi les nombreuses utilisations de l'eau du lac réalisées, citons le réseau d'eau du lac Meilen (intégration indirecte, chauffage), Spital Männedorf (intégration indirecte, chauffage et refroidissement), Genève Lac Nations (intégration directe, chauffage et refroidissement) et GeniLac (intégration directe, chauffage et refroidissement, captage dans le lac et retour dans le Rhône).

1 ZWECK DES DOKUMENTS UND ZIELGRUPPEN

1.1 Ausgangslage

Die Energiestrategie 2050 zielt auf eine Zunahme der erneuerbaren einheimischen Energieträger ab. Die Nutzung der thermischen Energie in Oberflächengewässern in thermischen Netzen kann gerade in den dicht besiedelten Städten einen wichtigen Beitrag dazu leisten. Solche Vorhaben sind Generationenprojekte mit grossen Investitionsvolumen, die nur langfristig betrachtet wirtschaftlich betrieben werden können. Das gewässerseitige Potenzial an Wärme und Kälte und die Nachfrage auf der Nutzerseite sind vorhanden. Um das sowohl ökologisch, technisch, als auch wirtschaftlich verwertbare Potenzial zu nutzen, sind übergeordnete Anstrengungen erforderlich.

- Es müssen technische und ökologische Grundlagen vor dem Einstieg ins Bewilligungsverfahren greifbar sein, damit schon in einer frühen Planungsphase (vor der Bewilligungsphase) eine minimale Planungssicherheit vorhanden ist.
- Es braucht ein (kantonsübergreifendes) Gesamtkonzept, um die Ziele zu erreichen.
- Die Gewässernutzung muss auf Stufe Energiekonzept/Energierichtplan abgebildet werden.
- Die Gewässerseite und die Landseite müssen koordiniert werden, damit ein Bewilligungsverfahren innert nützlicher Frist durchgeführt werden kann.
- Es braucht Planungssicherheit: Die Standortgemeinden und die Energiedienstleister vereinbaren miteinander Ziele, Rechte und Pflichten.

Neben den technischen Fragestellungen müssen die Anspruchsgruppen koordiniert werden:

- Investoren wie Energiedienstleister, Contractoren, private Zusammenschlüsse mit einem hohen Energiebedarf
- Bewilligungsbehörden:
 - Kanton für die überwiegend kantonseigenen Gewässer
 - Gemeinde als Bewilligungsbehörde für die Landseite mit Rechten und Verpflichtungen
 - Wärme- und Kältekunden

Damit können tragfähige Lösungen erarbeitet werden und ein möglicher Weg für die langfristig ökologische Nutzung der Gewässer aufgezeigt werden.

1.2 Inhalt dieses Dokuments

Dieses Grundlagendokument stellt den heutigen Stand der Praxis für die thermische

Nutzung von Oberflächengewässern dar. Es beinhaltet:

- Einen Überblick über die thermische Nutzung von stehenden Gewässern (Seen) mit einer Tiefe über 20 m und Fließgewässer mit einer Abflussmenge Q_{347} über 500 l/s. (Für Flachseen ist eine eigene Betrachtung erforderlich.)
- Situationsanalyse, Bedarfsanalyse
- Die gesetzlichen Grundlagen, Normen, Richtlinien für die thermische Nutzung von Oberflächengewässern auf Gewässerseite und Landseite
- Kantonale Unterschiede im Vollzug der Bundesgesetze
- Ökologische und bauliche Anforderungen auf der Gewässerseite
- Umsetzung der gesetzlichen Grundlagen auf der Gewässer- und der Landseite
- Übersicht über die landseitige Bewilligungspraxis
- Übersicht über die Technologie der Gewässernutzung von der Fassung/Rückgabe bis zum Verteilnetz (ohne Temperaturerhebung)
- Typische Beispiele für realisierte Vorhaben
- Empfehlungen und Entscheidungskriterien

Das Dokument bildet eine Praxishilfe für Entscheidungsträger, Planer, Behörden, Investoren und Bauherren. Der Fokus liegt auf der Umsetzung der Gesetze zur Erfüllung der gewässerseitigen ökologischen Anforderungen. Landseitig gibt es durch die Vielzahl von realisierten thermischen Netzen in allen Kantonen ausreichend Praxiserfahrung. Hier besteht Klärungsbedarf bei den Rechten und Pflichten der diversen Anspruchsgruppen.

In diesem Dokument sind alle allgemeinen und übergeordneten Anforderungen enthalten, die auch in einem Merkblatt erwähnt werden müssten. Das vorliegende Dokument dient jedoch wegen der kantonalen Unterschiede *nicht* als Merkblatt für die Einreichung eines Konzessionsgesuchs und Bewilligung eines thermischen Netzes. Die hier aufgeführten Vorgaben sollten in einem Merkblatt enthalten sein.

2 ANALYSEN

2.1 Abgrenzung

Dieses Grundlagendokument bildet den heutigen Stand der Praxis ab und beschreibt die gesetzlichen Grundlagen für die thermische Nutzung von Oberflächengewässern¹. Daraus wurden Empfehlungen abgeleitet, um die Planung solcher Vorhaben zu vereinfachen.

Es werden die Bereiche von den Wasserfassungen bis und mit den Verteilungen betrachtet (Abbildung 1). Die Energienutzung (Temperaturerhöhung, Nutzung als Kälte-träger) ist nicht Bestandteil dieses Dokuments.

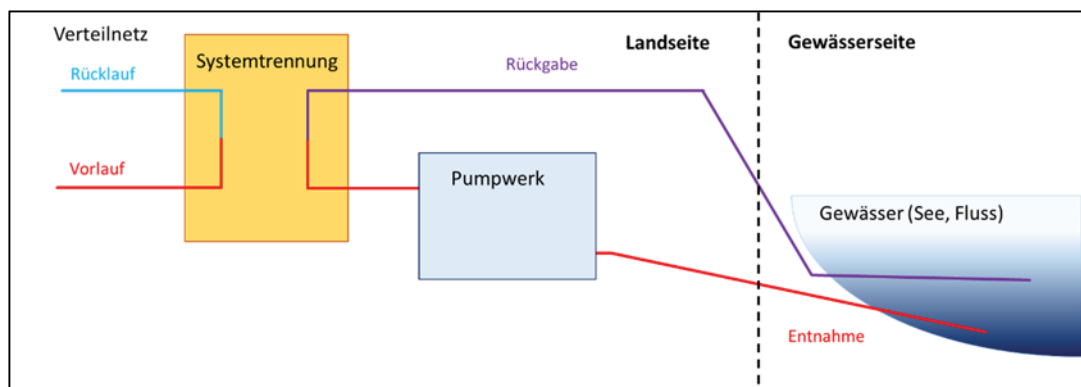


Abbildung 1: Untersuchtes System der Nutzung von Oberflächengewässern.

Der Nutzungsdruck auf die Oberflächengewässer steigt. Die Kantone haben dies erkannt und verfassen eigene Richtlinien, um den Anspruchsgruppen Planungshilfen zur Verfügung zu stellen. Dieses Papier stellt den Stand Juli 2017 dar.

2.2 Auftragsanalyse

Die Nutzung von Umweltwärme als Wärmequelle für Gebäudeheizung ist eine breit angewendete Technologie. Bei der Nutzung von Oberflächengewässern für die Wärmeproduktion wird das Wasser dem Gewässer bei tiefen Temperaturen (typischerweise unter 10 °C) entnommen, in einem Wärmetauscher abgekühlt und ins Gewässer zurückgegeben (Primärkreislauf). Die entnommene Wärme wird in einem zweiten, geschlossenen Wasserkreislauf (Sekundärkreislauf) einer Wärmepumpe zugeführt, mit dieser auf die erforderliche Temperatur gebracht (typischerweise 40-60 °C) und genutzt. Bei der Nutzung für Kühlzwecke wird das Wasser dem Gewässer entnommen, nimmt die Wärmelast an einem Wärmetauscher auf und wird erwärmt in das Gewässer zurückgegeben.

Heute gibt es einige grosse Verbände, die Oberflächenwasser als Wärmequelle nutzen (siehe dazu Kapitel 6).

¹ Als thermisch nutzbares Oberflächengewässer ist ein See mit einer Tiefe über 20 m und ein Fließgewässer mit einer abflussmenge Q_{347} von über 500 l/s zu betrachten.

Es gibt verschiedene Einflussfaktoren, die die Nutzung von Umweltwärme erleichtern oder erschweren. In Tabelle 1 sind die relevanten Einflussfaktoren und deren Auswirkung qualitativ zusammengestellt.

Tabelle 1: Einflussfaktoren und deren Auswirkungen

| Einflussfaktor | Auswirkung (+ = treibend, - = hemmend) |
|--|--|
| Gesetze, Verordnungen, Konzessionen | <ul style="list-style-type: none"> + MuKE n 2014 fordert einen definierten Anteil an erneuerbaren Energien für Gebäudeheizung. + Steigende CO₂-Abgaben verteuern fossile Brennstoffe. - Unterschiedliche Vorgaben in Gemeinden erschweren gemeindeübergreifende Vorhaben. - Markteingriff durch gesetzliche Vorgaben. - Fernwärme und -Kälte verteuert sich durch von Gemeinden geforderte Konzessionsabgaben. |
| Technische Aspekte | <ul style="list-style-type: none"> + Neubauten heizen mit tiefen Vorlauftemperaturen, Wärmepumpenlösungen brauchen weniger Strom und werden wirtschaftlicher. + Gut gedämmte Bauten benötigen Kälte <i>und</i> Wärme. + Intelligente Regel- und Steuersysteme für Verbünde steigern die Effizienz und somit die Wirtschaftlichkeit (z. B. Vermeidung von Last-Spitzen). + Städtische Gebiete und bestehende Überbauungen eignen sich gut für Verbünde, aber weniger für individuelle Lösungen mit erneuerbaren Energien wie zum Beispiel thermische Solaranlagen, Luft-Wasserwärmepumpen, Erdwärmelösungen etc.. - Energetisch optimierte Gebäuden haben keinen/geringen Wärmebedarf. |
| Markt | <ul style="list-style-type: none"> + Bei Verbundlösungen entfällt Wartung, Unterhalt, Energieeinkauf für den Liegenschaftsbesitzer (Betrieb durch Contractor). + Planungssicherheit: Die laufenden Jahreskosten bei Wärmeverbünden sind weniger volatil als bei Erdgas und Heizöl. + Keine/geringe CO₂-Abgaben bei erneuerbarem Energiemix + Kältebedarf steigt - Sinkender Wärmebedarf wegen Klimawandel und Sanierungen/Ersatzneubauten - Stilllegung und Abschreibung von nicht amortisierten Erdgasleitungen belasten Energieversorger finanziell. |

| | |
|-----------------------------|---|
| Ökologie und Gesell- | + Neue Wärmeverbünde haben einen sehr hohen Anteil an er- |
|-----------------------------|---|

| | |
|---------------|--|
| schaft | <p>erneuerbaren Energien, um den gesetzlichen Anforderungen gerecht zu werden.</p> <ul style="list-style-type: none">+ Das angestrebte verdichtete Bauen wird die Nachfrage nach Verbundlösungen steigern.+ Das Bevölkerungswachstum und der steigende Flächenverbrauch für Wohnen „kompensiert“ Effizienzsteigerungen mindestens zum Teil, Verbünde bleiben wichtig.+ Wird für die Wärmepumpen erneuerbarer Strom eingesetzt, kann dieser nur im Verbund auch als erneuerbarer Strom angerechnet werden (heute nicht möglich bei individuellen Anlagen).- Vorhaben mit einem (temporären) Eingriff in die Natur werden von Anspruchsgruppen sehr kritisch begleitet und allenfalls verzögert.- Gewässer werden für Trinkwasser, Sport, Erholung, Fischerei, Tourismus schon sehr stark genutzt, weitere Eingriffe müssen gut kommuniziert werden.- Gewässer sind heute eher zu warm, ein zusätzlicher Wärmeintrag könnte eine unzulässige Belastung darstellen.- Die Leitungsverlegung in Gewässern (inkl. Uferzone) führt zu einer temporären Störung der Umwelt (Pflanzen, Tiere)- Die Verlegung der Verteilleitungen verursacht temporär Bau- lärm und (teilweise) Strassensperrungen |
|---------------|--|

Die wichtigsten Treiber sind die gesetzlichen Vorgaben, die technischen Fortschritte in der Energieerzeugung (Effizienzsteigerung) und der gesellschaftliche Trend zu nichtfossilen Lösungen. Der sinkende Wärmebedarf mit steigenden Gestehungskosten, der zunehmende Nutzungsdruck auf die Gewässer durch die verschiedenen Anspruchsgruppen und die Gemeindeautonomie mit je individuellen Vorgaben dürften hemmend auf die Realisierung von Verbundlösungen wirken.

2.3 Situationsanalyse

2.3.1 Eidgenössische Gesetze und Verordnungen

Die relevanten eidgenössischen Gesetze sind:

- Bundesverfassung [1]
- Gewässerschutzgesetz und –Verordnung [2], [3]
- Fischereigesetz [4]
- Natur- und Heimatschutzgesetz und –Verordnung [5], [6]
- Raumplanungsgesetz [7]
- Energiegesetz [8]
- CO₂-Gesetz [9]

Daraus abgeleitet werden die kantonalen und kommunalen Gesetze, Verordnungen und Richtlinien. Die Kantone sind für die kantonseigenen Gewässer zuständig, die Standortgemeinden für die landseitigen Belange.

Die Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Normen etc. mit den entsprechenden Artikeln sind im Anhang 3 zusammengestellt.

2.3.2 Kantonale Gepflogenheiten

Die Umsetzung der Bundesgesetze liegt in der Verantwortung der Kantone. Daraus ergibt sich eine Vielzahl von Umsetzungsmöglichkeiten. Die Kantone Zürich, Bern, Waadt, Genf, Luzern, Schwyz und Baselstadt als Anrainer grosser Gewässer wurden angefragt, ob sie auf kantonaler Ebene neben den Gesetzen Planungshilfen, Leitfaden oder ähnliche Instrumente anbieten (Tabelle 2). Die Kantone Zürich und Bern (als Entwurf) sowie die Bodenseeanrainer und Kantone um den Vierwaldstättersee (Entwurf) haben eine Planungshilfe. In den anderen angefragten Kantonen gibt es keinen Leitfaden. Dort müssen die Anforderungen (Temperaturen, Tiefen etc.) aus den Gesetzen abgeleitet werden.

Tabelle 2: Angefragte Kantone und Körperschaften an grossen Gewässern.

| | |
|---|--|
| Basel-Stadt | Kein Merkblatt |
| Bern | ENTWURF: Erläuterungen [15] |
| Zürich | Planungshilfe [12] |
| Waadt | Kein Merkblatt |
| Genf | Kein Merkblatt |
| Luzern | Kein Merkblatt |
| Schwyz | Kein Merkblatt |
| Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (Uri, Schwyz, Obwalden, Nidwalden, Luzern) | Wärme- und Kältenutzung aus dem Vierwaldstättersee, Richtlinie, nicht genehmigter Entwurf [14] |
| Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (Deutschland, Schweiz, Österreich, Fürstentum Liechtenstein) | Bodenseerichtlinien 2005 [13] |

Kleine Anlagen werden von allen angefragten Kantonen als unerwünscht beurteilt. Ebenfalls der Eintrag von Wärmelasten (nur Kühlen) wird nur mit Auflagen bewilligt (Prüfung der Abwärmenutzung, Mindestanforderungen bei den versorgten Gebäuden, Dokumentation des Wärmeeintrags).

Die „Planungshilfe Wärme- Kältenutzung aus Flüssen und Seen“ des Kantons Zürich [12] dürfte einer der ersten Leitfäden sein. Im Kanton Bern wird im Moment ein Papier erarbeitet [15]. Die Kantone Waadt und Genf als Anrainer des Genfersees haben keine kantonalen Vorgaben neben den Gesetzen. Der Kanton Basel-Stadt als Anrainer des Rheins mit einigen bestehenden Kühlwassernutzungen kennt ebenso

wenig eigene Richtlinien oder Planungshilfen. Der Rhein weist im Sommer bereits heute Temperaturen über 25 °C auf, was zu einer zurückhaltenden Bewilligungspraxis für Kältenutzungen führen dürfte.

Für den Bodensee und den Vierwaldstättersee gibt es internationale oder interkantonale Gremien, die Richtlinien zur Kälte- und Wärmenutzung aus den gemeinsam genutzten Seen erarbeitet haben (Bodenseerichtlinie [13], Richtlinie der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee, Entwurf [14]). Für den Zürichsee mit den drei Anrainerkantonen Zürich, St. Gallen und Schwyz gibt es keine gemeinsame Richtlinie oder Gremium. Kantonsübergreifende Vorhaben werden projektbezogen bearbeitet.

In Tabelle 3 sind die Schwerpunkte der angefragten grossen Kantone und Gremien aufgelistet.

Auffällig sind die folgenden gemeinsamen oder unterschiedlichen Regelungen:

- Der Fokus liegt auf den grossen Seen
- 200 kW ist eine untere Leistungsgrenze für die Bewilligung einer Tiefenwasserfassung. Mit dieser Leistung können mindestens 20 Wohnungen beheizt werden.
- Die Seeleitung muss mit einer Erweiterungsoption oder mit einem vorgeschriebenen Bemessungswerkzeug dimensioniert werden.
- Heizen (Wärmeentzug) und Kühlen (Wärmeeintrag) wird nicht unterschieden.
- Die maximale Rückgabetemperatur von Seewasser kann zwischen 20 °C (Bodenseerichtlinie) und 30 °C Kanton Zürich, (GSchG) betragen
- Eine maximale Temperaturveränderung von 7°C ist nur im Vierwaldstättersee vorgegeben.
- Die maximale Temperaturänderung eines Sees bei der thermischen Nutzung von Seewasser darf zwischen max. 0.5 °C (Kanton Bern) und 1 °C (Bodenseerichtlinien) betragen.
- In allen Kantonen wird der Schutz der Gewässer vor landseitigen Verschmutzungen vorgeschrieben.

Tabelle 3: Vergleich der Anforderungen an die Nutzung von Oberflächengewässern einzelner Kantone (nur Kantone und Gremien mit Leitfaden, Erläuterungen etc.).

| Bund | Zürich | Innerschweiz | Bodensee | Kt. Bern |
|--|---|---|--|--|
| Bundesgesetz: GSchG GSchV | Planungshilfe Wärme- Kältenutzung aus dem Vierwaldstättersee Flüssen und Seen | Entwurf: Wärme- und Kältenutzung aus dem Vierwaldstättersee (LU, UR, SZ, OW, NW) | Bodenseerichtlinien (CH, DE, A, FL) | Erfahrungen zur Erarbeitung eines Gesuchs um Erteilung einer Wärmepumps- oder Kühlwasserkonzession mit Oberflächengewässern, ENTWURF |
| In Sonderrechten geregelt: Berufsfischer, | -Seen: max. 30 °C -Flüsse: in der Regel nicht wärmer als 25 °C, Einschränkungen, wenn die Gewässertemperatur 25 °C erreicht Nachweis, dass Abwärme nicht genutzt werden kann; eine spätere Abwärmenutzung durch Dritte muss akzeptiert werden. Neubauten: Minergie-Standard Bestehende Bauten: energetische Optimierung | Abstimmen mit anderen Nutzungen, keine Beeinträchtigungen in klar definierten Zonen In der Regel keine Bewilligung; Prüfung und allfällige Nutzung der Abwärmenutzung optimale Beschattung der angeschlossenen Gebäude max. 7 °C | -keine Kurzschlussströmungen -Definierte Minimalabstände zu Trinkwasserentnahmen -Verhinderung thermischer Summationseffekte max. 20 °C | Klimaerwärmung; der Wärmeeintrag wird als kritisch beurteilt. |
| Nutzungskonflikte | | | | |
| Max. Rückgabetemperatur von Kühlwasser | -Seen: im Einzelfall entsprechend der örtlichen Verhältnisse festlegen -Fließgewässer: max. 30 °C | -Seen: max. 30 °C -Flüsse: in der Regel nicht wärmer als 25 °C, Einschränkungen, wenn die Gewässertemperatur 25 °C erreicht k. A. | max. 20 °C | - |
| Bewilligungsfähigkeit "nur Kühlen" | - | - | - | Erfassen von Wassermengen, Temperaturen und eingetragener Wärme (bei Wärmenutzung muss nur die Wassermenge aufgezichnet werden). |
| Kühlen: Anforderung an versorgte Gebäude | - | - | - | - |
| Temperaturveränderungen zwischen Entnahme und Rückgabe | - | - | - | - |
| Temperaturveränderung des Gewässers | -Seen: k. A. -Fließgewässer: max. 3 °C (Forellenregion: max. 1,5 °C) | Gewässer: 3 °C (Forellenregion max. 1,5 °C) k. A. | Bodensee: max. 1 °C ausserhalb Mischungszone | -Seen: max. 0,5 °C -Fließgewässer: max. 3 °C (Forellenregion: max. 1,5 °C) |
| Entnahmetiefen | - | < 200 kW: Entnahmetiefe max. 4 m; kein Tiefenwasser für kleine Anlagen < 200 kW: Rückgabe im Uferbereich (max. 2 m Wassertiefe) -Kühlanlagen: Nachweis/Berechnung der Tiefe der Rückgabe | 0-40 m Wassertiefe, nutzungsabhängig mind. 20 m | 20-70 m, abgestimmt auf See und Nutzung |
| Rückgabebetiefen | - | - | - | - |
| Einschränkungen für kleine Anlagen | - | < 200 kW: kein Tiefenwasser > 200 kW: Dimensionieren mit einer Reserve von 50 % -Obligatorischer Zwischenkreis beim Einsatz von Wärmepumpen oder Kälteanlagen -Sicherheits- und Kontrollvorrichtungen gemäss "Stand der Technik" | Vermeiden von Anlagen < 200 kW Dimensionierung mit Bemessungswerkzeug der Bodenseerichtlinien obligatorisch | Grössere Anlagen sind zu bevorzugen |
| Dimensionierung der Seeleitung | - | - | - | - |
| Schutz des Gewässers vor Verschmutzungen | Grenzwerte; keine Angabe über technische Schutzmassnahmen | Anlagen, Sicherheits- und Kontrollvorrichtungen gemäss "Stand der Technik" | Wärmetauscher müssen mit Zwischenkreis betrieben werden | Generell: Zwischenkreislauf ist erforderlich |
| Steuerung künftiger Entwicklungen | - | - | Anlagenregister | - |

2.3.3 Weitere Anspruchsgruppen

Neben den gesetzlichen Vorgaben gibt es eine Reihe weiterer Anspruchsgruppen mit Sonderrechten, die im Bewilligungsverfahren berücksichtigt werden müssen.

Dies sind unter anderem:

- Korporationen
- Berufsfischer
- Schifffahrt
- Freizeit, Baden
- Etc.

Die Interessen dieser Anspruchsgruppen sind auch finanzieller und nicht nur ökologischer Natur.

2.3.4 Potenzial in den Gewässern und landseitiger Bedarf

Der Gesamt-Energieverbrauch in der Schweiz ist in den letzten Jahrzehnten von rund 50 TWh im Jahr 1950 massiv angestiegen und lag 2014 bei rund 229 TWh [17]. Auch im Bereich „Haushalt“ hat der Energieverbrauch zugenommen und liegt bei etwa einem Drittel des Endenergieverbrauchs oder 76 TWh pro Jahr. Rund 80% davon wird für Heizen gebraucht und überwiegend aus nicht erneuerbaren Quellen erzeugt.

Etwa 8 TWh Strom (oder 14 % des Stromverbrauchs) wird pro Jahr für die Kälteproduktion verbraucht [18]. Der Kältebedarf und die Anforderungen an die Temperaturen sind nicht bekannt. Kälte kann auch durch Oberflächenwasser zur Verfügung gestellt werden. Oberflächenwasser kann zur Rückkühlung eingesetzt werden, so dass die Kälteerzeugung durch Strom effizienter erfolgt. Eine Abschätzung der durch Oberflächenwasser bereitgestellten Kälte kann nicht gemacht werden, da weder Bedarf noch Anforderungen bekannt sind.

Der Kältebedarf dürfte in Zukunft zunehmen, der Wärmebedarf abnehmen.

Rund 17 TWh Wärme pro Jahr können über Fernwärmesysteme an die Liegenschaften abgegeben werden². Unter der Annahme einer Reduktion des Wärmeverbrauchs um 50 % für Wohnen und Dienstleistung und 20 % in der Industrie wird der Wärmebedarf im Jahr 2050 auf rund 45 TWh pro Jahr sinken [19]. Dann würden die erwähnten 17 TWh etwa 38 % des Wärmebedarfs decken. Auch in diesen Betrachtungen wurde der Kältebedarf nicht ermittelt.

Für sieben grössere Städte an Gewässern wurde der Energiebedarf abgeschätzt unter der Annahme, dass der Energiebedarf linear abhängig von der Anzahl Einwohner ist. Diese sieben Städte brauchen für 15 % der Einwohner der Schweiz rund 13 GWh Wärme (Abbildung 2). Im Jahr 2050 dürften sie etwa 9 GWh Wärme brauchen.

² Die Bedingung für die Potenzialabschätzung lautete: die Verteilungskosten betragen maximal 4.5 Rp/kWh, was Gebiete mit geringer Bedarfsdichte ausschliesst.

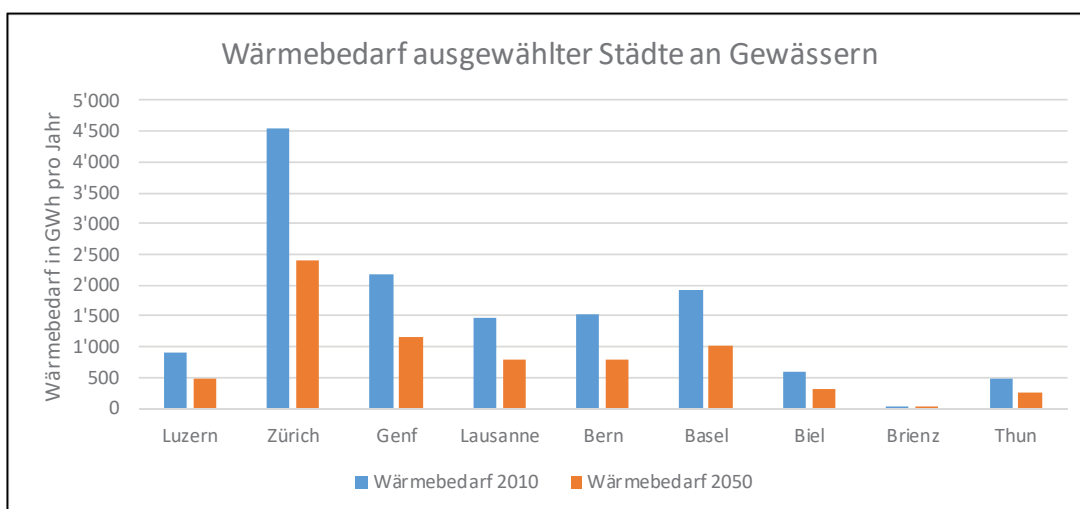


Abbildung 2: Wärmebedarf von acht grossen Städten und Brienz an Gewässern.

Für die Potenzialabschätzung werden 20 % der Einwohner dieser Städte mit Wärme aus dem Gewässer versorgt (Gebiete in Gewässernähe).

In Tabelle 4 ist der Wärmebedarf, der aus dem Gewässer gedeckt werden könnte, dem Potenzial des entsprechenden Gewässers gegenübergestellt. Das Wärmepotenzial übersteigt bei weitem den Bedarf. Das Potenzial wurde berechnet, indem das gesamte Wasservolumen um 0.5 °C in Seen oder 1 °C in Flüssen abgekühlt oder erwärmt wurde. Das technisch, ökologisch und wirtschaftlich nutzbare Potenzial wird massiv kleiner sein. Diese grobe Abschätzung zeigt jedoch die grosse Bedeutung der Gewässer in der Bereitstellung thermischer Energie.

Tabelle 4: Wärmebedarf, der aus dem Oberflächengewässer gedeckt werden könnte, und Wärmepotenzial des Gewässers³. [27]

Potenzialabschätzung der Gewässer aus [19]; ausser Werte für Briener- und Thunersee aus [27].

| Stadt | Wärmebedarf 2010 GWh/a | Wärmebedarf 2050 GWh/a | Gewässer | Wärme- und - Kältepotential Gewässer GWh/a |
|--------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|---|
| Luzern | 182 | 96 | Vierwaldstättersee | 7'000 |
| Zürich | 908 | 481 | Zürichsee | 2'400 |
| Genf | 437 | 231 | Lac Léman | 30'000 |
| Lausanne | 295 | 156 | Lac Léman | 30'000 |
| Bern | 304 | 161 | Aare | 1'000 |
| Basel | 383 | 203 | Rhein | 12'000 |
| Biel | 118 | 62 | Bieleree | 700 |
| Brienz | 33 | 17 | Brienersee | 3'016 |
| Thun | 481 | 254 | Thunersee | 3'790 |
| Summe | 3'139 | 1'662 | | 89'906 |

³ Das Wärmepotenzial der Seen bezieht sich auf die gesamte Wasservolumen und einer Abkühlung des Sees um 0.5 °C. Bei den Flüssen wurde die Wärmeenergie bei minimalem Abfluss im Winter und einer Abkühlung von 1 °C ermittelt [19].

Das theoretisch berechnete Potenzial der Gewässer übersteigt den Bedarf bei weitem. In der vorliegenden Untersuchung wurde das nutzbare Potential nicht untersucht.

Der Energiebedarf für Klimakälte betrug 2008 etwa 1'200 GWh [18]. Ein Teil dieser Energie kann durch Kühlnutzung aus den Oberflächengewässern ersetzt werden. Dieser Anteil ist aber nicht bekannt. Als gesichert gilt eine Zunahme der Kältenachfrage. So betrifft ein Grossteil der Gesuche bzw. Bewilligungen für Seewasserbezug am Zürichsee Kältenutzungen oder Kälte-/Wärmenutzungen.

2.3.5 Auswirkungen des Klimawandels auf die Technik

Der Einfluss des Klimawandels auf die Gewässer ist Gegenstand von Untersuchungen. Generell erwärmt sich das Wasser an der Oberfläche der Seen stärker als die umgebende Landmasse, wobei es grosse Ausnahmen und Unterschiede gibt. [24]. Nach aktuellem Stand der Erkenntnisse erwärmen sich viele Seen stärker als Land und Luft, um 0.34 °C ist die durchschnittliche sommerliche Oberflächentemperatur von 235 untersuchten Seen weltweit gestiegen [24]. Der Trend werde sogar eher unterschätzt, wird die Studienleitung zitiert.

In verschiedenen Studien sind die Reaktionen des Bodensees, Zürichsees und Genfersees auf die Klimaerwärmung untersucht worden [26]. Dabei stellte sich heraus, dass diese drei Gewässer bezüglich Wärmehaushalt und Temperatur praktisch gleich reagieren. Für den Bodensee erfolgte eine Berechnung der Änderungen in den Wärmeflüssen. Für die Mitte des Jahrhunderts (2045 bis 2075) ergibt sich eine Erhöhung des mittleren Wärmeflusses von der Atmosphäre ins Seewasser mit einer Temperaturzunahme an der Oberfläche von ~1.9 °C. Im Vergleich mit dem angenommenen Potenzial für Kühlen (mit entsprechendem Wärmeeintrag) fällt die Klimaänderung massiv stärker ins Gewicht. Es ist sogar so, dass die erwartete klimatisch-bedingte Erwärmung der Seeoberfläche um ~1.9 °C selbst bei einer maximalen Wärmenutzung (Heizen) im Winter nur zu einem bescheidenen Teil (weniger als ~0.5 °C) abgeschwächt würde.

Die Klimaerwärmung hat auch auf der Bedarfsseite Auswirkungen: der Wärmebedarf wird sinken, der Kältebedarf steigen. Bei Kühlzwecken ohne gleichzeitige Abwärmenutzung wird das Wasser erwärmt in das Gewässer zurückgegeben. Somit zeichnet sich ein Nutzungskonflikt ab, da eine zusätzliche Erwärmung der Gewässer durch technische Anlagen unerwünscht ist. Der Nutzungsdruck auf die Gewässer dürfte zunehmen.

3 UMSETZUNG DER GEWÄSERSEITIGEN GESETZLICHEN GRUNDLAGEN

Die gesetzlichen Grundlagen für die Gewässerseite machen klare Vorgaben zu den Eingriffen in die Gewässer. Diese Vorgaben geben den Rahmen für das Projekt vor.

Die Umsetzung der gesetzlichen Grundlagen wurde unterteilt in:

- D Direktforderung im Gesetz
- A Abgeleitete Forderung
- N Trotz gesetzlichem Bezug keine spezifische Anforderung

3.1 Übergeordnete Anforderungen Gewässerseite

- D Die Temperatur eines Fließgewässers darf durch Wärmeeintrag oder –entzug gegenüber dem möglichst unbeeinflussten Zustand um höchstens 3 °C, in Gewässerabschnitten der Forellenregion um höchstens 1.5 °C, verändert werden; dabei darf die Wassertemperatur 25 °C nicht übersteigen. Diese Anforderungen gelten nach weitgehender Durchmischung. Daraus ergibt sich das thermisch nutzbare Potenzial des betreffenden Gewässers.
- A Die akzeptable thermische Nutzung eines stehenden Gewässers darf höchstens zu einer Temperaturveränderung von 0.5 °C führen⁴ (sowohl für Wärmenutzung mit Abkühlung, als auch für Kältenutzung mit Erwärmung) [25]. Daraus ergibt sich das thermisch nutzbare Potenzial des betreffenden Gewässers (Temperaturveränderung von max. 0.5 °C, siehe auch Anhang 1).
- A Die zuständigen Behörden nehmen eine laufende «Buchführung» über den bereits realisierten Anteil des thermisch nutzbaren Potenzials vor und berücksichtigen dies in der Bewilligungspraxis neuer oder in der Erweiterung bestehender Anlagen. Wenn der Plafond erreicht ist, darf keine weitere thermische Nutzung des Gewässers mehr bewilligt werden. Für diverse Gewässer sind kantonsübergreifende oder sogar länderübergreifende Vereinbarungen erforderlich.
- A Bei jedem Projekt für eine thermische Nutzung ist in einem massgeblichen Umfeld der Wasserfassung- und Rückgabe ein IST-Zustand von relevanten Indikatoren der Biosphäre zu erheben⁵:

⁴ Der ursprüngliche Grenzwert einer maximalen Temperaturveränderung von max. 1 °C stammt aus dem Jahr 1981 [25] und ist gemäss heutigen Erkenntnissen zu hoch.

⁵ Die Unterwasservegetation ist ein guter Indikator auch für thermische Veränderungen. Es kämen ggf. auch noch andere Organismen in Frage (z.B. das Makrozoobenthos oder Fische), aber entweder sind diese gesetzlich weniger gut «beschrieben», eine aussagekräftige Untersuchung bedeutend aufwändiger oder es liegen zu wenig gute Grundlagen über das methodische Vorgehen oder deren Eignung als Indikatoren vor. Bei der Einreichung eines Konzessionsgesuches sind aber im Rahmen des gewässerökologischen Gutachtens nebst einer Beurteilung der Auswirkungen auf die Unterwasservegetation auch Aussagen über fischökologische Aspekte vorzu-

- Seen: Vegetationserhebung entlang eines Uferabschnittes von mindestens 100-200 m Länge nach Methode «MESAV+» [28]. Aufnahme der Wasserpflanzen mit Tauchtransekten im Abstand von 20–40 m ab Ufer bis zur unteren Verbreitungsgrenze. Der Betrachtungsraum sollte nach Möglichkeit in einem potenziellen Einflussbereich der Wasserrückgabe liegen (Seeströmungen einbeziehen).
- Fließgewässer: Es können zurzeit keine geeigneten Indikatoren (Fische, Invertebraten, Diatomeen, weitere Algen, Vegetation) für die Charakterisierung des IST-Zustandes und der Erfolgskontrolle hinsichtlich der Temperaturverhältnisse empfohlen werden. Es sollten Abklärungen / Untersuchungen bzw. in-situ-Experimente z.B. über temperaturgesteuerte Entwicklungsprozesse wie Schlüpfverhalten von Fischen, Emergenz von Invertebraten etc. durchgeführt werden. Es wird vorderhand anstelle einer (noch zu definierenden) immissionsorientierten Betrachtung auf organischer Ebene die differenzierte Temperaturüberwachung (sowohl absolut z.B. mit Sondenmessungen, als auch bezüglich der Durchmischung bei einer Wasserrückgabe z.B. mit Wärmebildern) vorgeschlagen.

Es wird damit der IST-Zustand VOR Inbetriebnahme der Anlage festgehalten und die Basis für ein späteres Monitoring zur Überprüfung des Erfüllungsgrades der gesetzlichen Anforderungen gebildet.

Abgeleitet aus den übergeordneten Anforderungen stellen sich für die Behörden die folgenden Aufgaben:

- Die Behörden legen für jedes thermisch genutzte Gewässer den Ausgangszustand der Temperatur bzw. der Indikatoren verbindlich fest und überwachen die Veränderungen. Effekte der Klimaerwärmung sind zu antizipieren und bei der Beurteilung der Situation und der Konzessionserteilung angemessen zu berücksichtigen. Es ist der Nachweis zu erbringen, dass die gesetzlichen Vorgaben (höchstens 3 °C bzw. 1.5 °C in einem Fließgewässer, max. 0.5 °C in einem stehenden Gewässer als Ableitung aus den gesetzlichen Vorgaben) gegenüber einem referenzierten Ausgangszustand langfristig eingehalten werden (Erfolgskontrolle)⁶.

legen (u.a. allfällige Betroffenheit von Laichgründen, Larval- und Jungfischentwicklung, Störung von Durchgangsrouten, etc.).

⁶ Für jedes Fließgewässer muss abschnittsweise und in Abhängigkeit der Höhenlage der «Nullpunkt» (unbeeinflusste Temperaturverhältnisse) festgelegt und dabei die Vorbelastungen (z.B. ARA-Einleitungen und weitere grössere und konstante Anlagen) einberechnet werden. Restwasserstrecken sind dabei speziell zu beachten. Für die Festlegung der maximal zulässigen Temperaturänderung ist nicht die fischökologische Region sondern die im Gewässer vorkommenden Arten beizuziehen. Insbesondere bei Vorkommen der temperaturempfindlichen Arten Äsche, Forelle und Seeforelle ist die Grenzen, unabhängig von der fischökologischen Region, bei 1.5 °C zu festzulegen.

3.2 Ökologische Anforderungen stehende Gewässer

(Entnahme und Rückgabe in See – Tiefe über 20 m)

In Abbildung 3 sind die wichtigsten Wärmeflüsse in einem stehenden Gewässer (See) dargestellt. Die Fahne könnte den Wärmeeintrag aus einer Energienutzung darstellen.

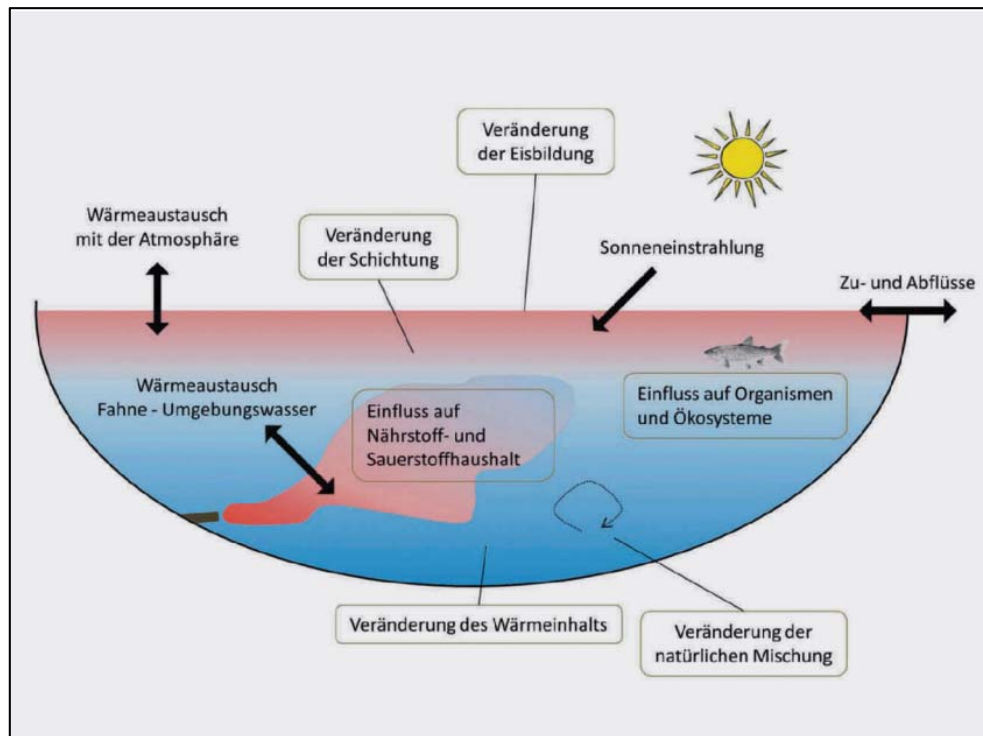


Abbildung 3: Übersicht über die wichtigsten Wärmeflüsse (Pfeile) in einem See (aus [28]).

- D Das Rückgabewasser darf eine Temperatur von 30 °C nicht überschreiten. In den Bodenseerichtlinien [26] wird allerdings empfohlen, dass die Rückgabetemperatur des thermisch genutzten Wassers höchstens 20 °C betragen darf.
- A Das Rückgabewasser soll die sommerliche thermische Schichtung (in der Struktur und Dauer) sowie die an gleichförmig kalte Verhältnisse angepasste submerse Vegetation unterhalb der Sprungschicht nicht beeinflussen. Zitat aus den Bodenseerichtlinien [26]: „Um die Temperatur und die Dichteschichtung (z.B. lokale Erwärmung / Schichtung der Oberfläche), den Nährstoffhaushalt des Sees und die biologische Aktivität in der oberflächennahen Schicht nicht nachteilig zu verändern, soll die Rückgabe des Kühlwassers im Sommerhalbjahr immer unter die Sprungschicht erfolgen (unter 20 m Seetiefe)“. Die Rückgabetiefe muss demnach entsprechend gewählt werden, dabei darf aufsteigendes erwärmtes Rückgabewasser die Untergrenze der Vegetation nicht tangieren (wenn möglich auch nicht die potentielle).
- A In Schweizer Seen wird die maximale Tiefengrenze der Vegetation bei 20 m angenommen [20]. Als *Globalvorgabe* soll deshalb die Rückgabe bei mindestens 25 m Wassertiefe positioniert werden, dabei wird für aufsteigendes er-

wärmtes Rückgabewasser bis zur Durchmischung ein Spielraum von 5 m vorgesehen⁷.

Mit dieser Vorgabe wird auch verhindert, dass in der Tiefe gefasstes, nährstoffreicheres Wasser in die euphotische (trophogene) Zone gelangt und dort zu unerwünschter Anregung des Wachstums von Algen und Wasserpflanzen führt.

Die Rückgabe von erwärmtem Wasser aus Kühlung sollte möglichst minimiert und die Abwärme auf andere Weise genutzt werden.

- A Die Dimensionierung der Rückgabe von erwärmtem Kühlwasser soll so gestaltet werden, dass eine Einschichtung zwischen 20 und 40 m Tiefe oder sogar zwischen 20 und 60 m erfolgt [26]. Um das Einschichten so zu gewährleisten, sind die Details der Einleitung im Einzelfall zu klären (Tiefe, Leitungsdurchmesser, Winkel, Ausströmungsgeschwindigkeit, ΔT , etc)⁸.
- A Die durch Temperaturveränderung betroffene Zone um die Wasserrückgabe soll möglichst klein sein bzw. es soll auf möglichst kleinem Raum um das Rückgabebauwerk eine Durchmischung mit dem Umgebungswasser erfolgen. Konkrete Angaben hierzu liegen von [26] vor: Die Temperaturänderung außerhalb der Mischungszone muss kleiner 1 °C sein. Als Mischungszone gilt ein Bereich von 20 x 20 m horizontaler und 10 m vertikaler Ausdehnung. Oder umgekehrt: Nach der Einleitung des erwärmten oder abgekühlten Wassers darf die Zone mit einem Temperaturunterschied zum Umgebungswasser von 1 °C maximal 20 x 20 x 10 m betragen [26]⁹.

⁷ Genaue Angaben zur Rückgabtiefe muss die Modellierung (Einschichtungsberechnung) liefern. Im Tiefenwasser herrscht praktisch kein Dichtegefälle mehr (gleiche Temperatur in der Wassersäule), das erwärmte Wasser kann dadurch potenziell bis zur Untergrenze der Sprungschicht aufsteigen, die Vegetationsgrenze liegt aber tatsächlich oder theoretisch tiefer. Es müssen Massnahmen zur forcierten Durchmischung erfolgen um die Aufstiegshöhe des erwärmten Wassers zu minimieren.

⁸ Die Erfüllung der Vorgaben ist mit einer Modellierung / Einschichtungsberechnung nachzuweisen.

Der aktuelle Konsens bezüglich Rückführung des genutzten Seewassers besteht darin, dass kein nährstoffreicheres Tiefenwasser in die euphotische (produktive) Zone gelangen und die sommerliche Schichtung nicht gestört werden sollte. Dies bedeutet, dass aus der Tiefe gewonnenes Wasser auf jeden Fall unterhalb der Sprungschicht, gemäss den vorliegenden Empfehlungen tiefer als 20 m zurückgegeben wird. Nun haben Modellierungen im Bodensee gezeigt [28], [30], dass allenfalls geringere ökologische Auswirkungen auftreten, wenn die natürliche Schichtung genutzt wird, um den Temperaturunterschied zwischen dem eingeleiteten Wasser und dem Umgebungswasser zu minimieren (Einleitung des erwärmten Wassers in der Nähe der Oberfläche, Einleitung des abgekühlten Wassers in der Tiefe). Es müsste bei einer oberflächennahen Wärmeeinleitung mit einer möglichen Verlängerung der sommerlichen Schichtung um maximal wenige Tage gerechnet werden.

Es bedarf weiterer Abklärungen, ob in der Abwägung von unerwünschten Nährstoffeffekten an der Oberfläche und Verlängerung der Sommerstagnation gegenüber einer Erwärmung des Tiefenwassers die vorliegenden Empfehlungen bezüglich Wasserrückgabe angepasst werden sollten. In einem 2016 erstellten Gutachten der EAWAG [27] wird empfohlen, grössere Mengen erwärmten Wassers generell in tiefere Schichten zurückzuleiten.

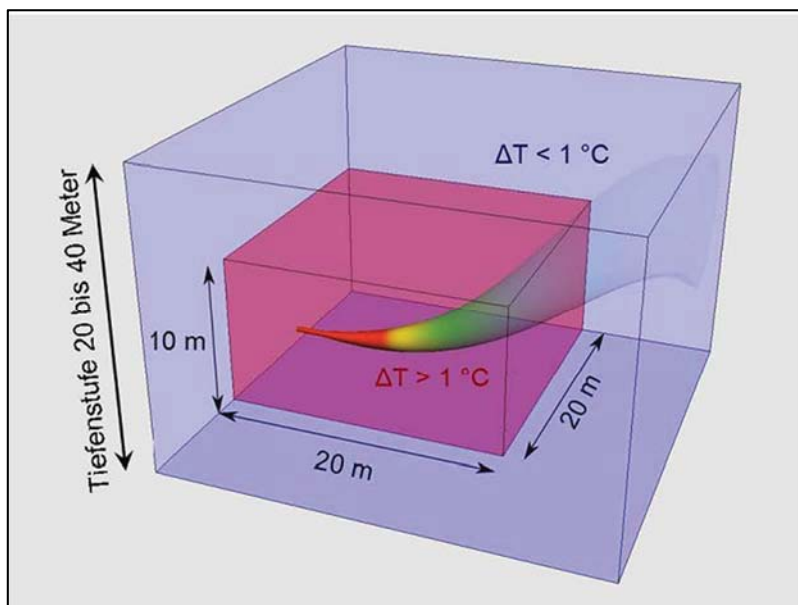


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Mischungszone bei Einleitung von erwärmtem Rückgabewasser in einem See (aus [13]). Zitat: „Mit Rücksicht auf die Schichtungsverhältnisse ist die Rückgabentiefe des thermisch genutzten Wassers so zu wählen, dass die Einschichtung in einer Zone zwischen 20 bis 60 Meter Wassertiefe erfolgt.“

- A Zum Schutz der Fische sind die Wasserfassungen mit einem Seiher zu versehen, der eine Maschenweite von höchstens 5 mm aufweist und mit weniger als 10 cm/s angeströmt wird [12].
- N/A Die Rückgabe von abgekühltem Wasser (aus der Wärmenutzung im Winter und ggf. ganzjährig aus der Warmwasseraufbereitung) wird als ökologisch eher unbedenklich angesehen. Grundsätzlich kann eine moderate Abkühlung der Oberflächengewässer – vor allem im Sommerhalbjahr – als positiv beurteilt werden, da sie die Auswirkungen des Klimawandels zumindest teilweise kompensieren und kälteliebende Arten unterstützen. [28] Trotzdem gilt auch für eine Abkühlung die Limite einer Veränderung von 0.5 °C. Da die Entnahme für Wärme- und Kältenutzung sowie auch für Kombiutzung auf einer Tiefe von mindestens 20 m oder mehr empfohlen wird, soll auch die Rückgabe auf einer Tiefe unterhalb der sommerlichen Sprungschicht erfolgen.⁹
- D Lassen sich die Anforderungen nicht oder nicht vollständig erfüllen, ist ein erweitertes gewässerökologisches (limnologisches) Gutachten erforderlich. Bei nicht zu vermeidenden Auswirkungen auf schutzwürdige Lebensräume (unter Abwägung aller Interessen) hat der Verursacher gem. NHG Art. 18 für besondere Massnahmen zu deren bestmöglichem Schutz, für Wiederherstellung oder ansonsten für angemessenen Ersatz zu sorgen.

Im Anhang 1 wird in Form einer «Checkliste» / eines Entscheidungsbaumes das Vorgehen in der Planung einer thermischen Nutzung von stehenden Gewässern mit Fokus auf die ökologischen Aspekte zur Einreichung eines Konzessionsgesuches an die Bewilligungsbehörde dargestellt.

⁹ Die Rückgabe von abgekühltem Wasser im Winter könnte ohne nennenswerte ökologische Auswirkungen auch oberflächlich erfolgen. Es würde damit sogar die Konvektion und damit die Durchmischung gefördert. [28]. Hingegen ist es nicht erwünscht, dass im Sommer abgekühltes (und nährstoffreicheres) Wasser aus der Tiefe in das Epilimnion erfolgt. Da aus Kostengründen kaum Rückgabebauwerke auf verschiedenen Tiefen in Frage kommen, soll die Rückführung ganzjährig in einer Tiefe unterhalb der Sprungschicht erfolgen (bei Kombianlagen generell bei über 25 m).

3.3 Ökologische Anforderungen Fließgewässer

(Fassung und Rückgabe in Fließgewässer)

In Abbildung 5 sind die wichtigsten Wärmeflüsse in einem Fließgewässer dargestellt. Die Fahne könnte den Wärmeeintrag aus einer Energienutzung darstellen.

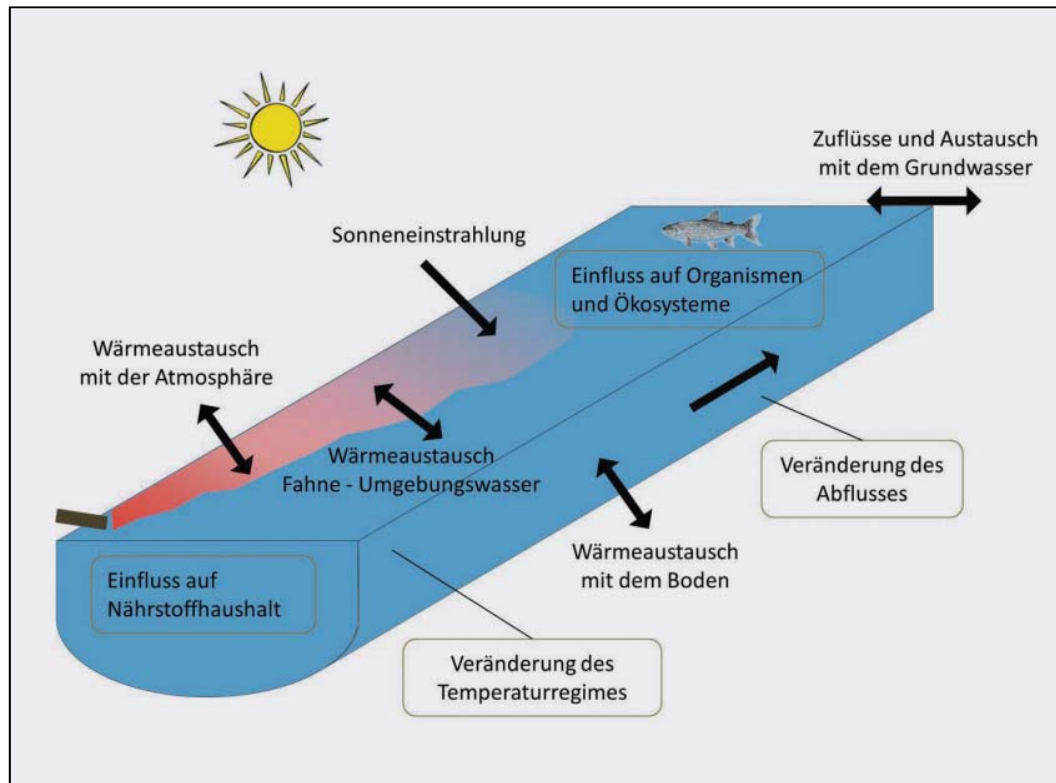


Abbildung 5: Thermische Einleitung in Fließgewässer: Übersicht über die wichtigsten Wärmeflüsse (Pfeile), die betroffenen Prozesse und möglichen Auswirkungen (eingerahmt), aus [28].

- D Die Temperatur des Kühlwassers darf höchstens 30 °C betragen und die Temperatur eines Fließgewässers darf durch Wärmeeintrag oder –entzug gegenüber dem möglichst unbeeinflussten Zustand um höchstens 3 °C, in Gewässerabschnitten der Forellenregion um höchstens 1,5 °C, verändert werden; dabei darf die Wassertemperatur 25 °C nicht übersteigen. Diese Anforderungen gelten nach weitgehender Durchmischung.¹⁰

¹⁰ Die Erfüllung der Vorgaben ist mit einer Modellierung / Durchmischungsberechnung nachzuweisen. Die Anforderung gilt gegenüber dem «möglichst unbeeinflussten Zustand des Fließgewässers» (GSchV). Es hat somit eine Betrachtung über alle thermischen Einleitungen eines Fließgewässerabschnittes zu erfolgen (summarische Betrachtung). Neben thermischen Nutzungen sind dabei auch weitere thermische Veränderungen wie die Einleitung von gereinigtem Abwasser, Restwasserstrecken und Schwall-Sunk zu berücksichtigen. Es ist nach Möglichkeit die Anlage zur Kühlwassernutzung so auszurichten, dass die Rückgabetemperatur näher bei 25 °C liegt als beim gesetzlichen Maximalwert von 30 °C. Darauf wird in verschiedenen kantonalen Anleitungen hingewiesen.

- A Die Rückleitung des Wassers in das Gewässer muss kontinuierlich erfolgen [29], es sollen keine «Schwall-Sunk»-Effekte hinsichtlich der Temperatur auftreten.
- D Das Gewässer darf nur so schnell aufgewärmt werden, dass keine nachteiligen Auswirkungen für Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen entstehen.
- D Durch Wärmeeinleitung darf die Temperatur des Fliessgewässers auf maximal 25 °C erwärmt werden. Wo bereits ohne Nutzung Sommertemperaturen von ≥ 25 °C vorliegen, ergeben sich zusätzliche (allenfalls temporäre) Einschränkungen der Einleitbedingungen. Zum Schutz der temperaturempfindlichen Arten wie Äsche, Forelle oder Seeforelle ist bei Gewässern mit Vorkommen dieser Arten eine maximale Temperatur deutlich unter 25 °C anzustreben.
- A Wasser für Heiz- und Kühlanlagen darf nur aus Fliessgewässern entnommen werden, wenn der Trockenwetterabfluss Q_{347} grösser ist als 500 l/s. [12]. Die maximale Entnahmemenge soll dabei 20 % des Trockenwetterabflusses Q_{347} nicht übersteigen [29]. Im Falle von Ausleitungen (Oberwasserkanälen) können andere Kriterien angewandt werden.
- A Zum Schutz der Fische sind die Wasserfassungen mit einem Seiher zu versehen, der eine Maschenweite von höchstens 5 mm aufweist und mit weniger als 10 cm/s angeströmt wird [12]. Nach Vorgaben des Kantons Aargau [29] darf die Maschenweite bei pumpenbetriebenen Wasserfassungen maximal 2.5 mm betragen.
- N Die Rückgabe von abgekühltem Wasser (aus der Wärmenutzung) wird unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben ökologisch nur als gering relevant betrachtet. Eine (leichte) Abkühlung des Fliessgewässers vermag unter Umständen die Auswirkungen der Klimaveränderung sowie weiterer Nutzungen abzuschwächen. Als Limite gilt aber der gesetzliche Wert von ± 1.5 °C bzw. ± 3 °C gegenüber dem unbeeinflussten Zustand.
- N Wasserentnahme und Rückgabe haben in kurzer Distanz zu erfolgen. Durch die Wasserentnahme zur thermischen Nutzung darf keine Restwasserstrecke entstehen. Ansonsten müssten die entsprechenden gesetzlichen Vorgaben eingehalten werden (u.a. GSchG Art. 29–36 [2]).

3.4 Ökologische Anforderungen See-Fluss-System

(Fassung in See und Rückgabe in Fliessgewässer)

- A Bei Wasserentnahmen aus dem See und Rückgabe in ein Fliessgewässer gelten die gleichen Anforderungen wie für Fliessgewässer per se (sief Kap. 3.3), mit Ausnahme von Restwasserbestimmungen, welche nicht berücksichtigt werden müssen, da keine Ausleitung erfolgt. In der Regel dürften die Effekte der Einleitung von Seewasser in ein Fliessgewässer eher positiv sein, da aus der Tiefe stammendes Seewasser selbst bei einer Kältenutzung (und Rückgabe von erwärmtem Wasser) meist kälter sein dürfte als der oberflächli-

che Seeausfluss.

- D Falls die Wasserrückgabe die Wasserführung eines Fließgewässers wesentlich beeinflusst, so ist das Fließgewässer sinngemäss nach GSchG, Artikel 31–33 zu schützen (Anforderung in GSchG, Art. 34, [2]).

Aus ökologischen Überlegungen wird die Wärmenutzung (mit Rückgabe von abgekühltem Wasser) eher als «unproblematisch» erachtet. Sie wirkt – etwas salopp formuliert – darüber hinaus auch der Klimaerwärmung entgegen. Kritisch zu betrachten ist hingegen eine Nutzung von Oberflächengewässern zu Kühlzwecken bzw. der Rückgabe von Wärme (oder «der Aufwärmung von Gewässern»). Im vorliegenden Grundlagenbericht sind zwar Vorgaben aufgeführt und begründet, welche lokal unerwünschte Effekte aus erwärmtem Rückgabewasser verhindern oder minimieren, aber weil Seen ein Durchgangssystem sind, gelangt dieser «Wärmeinput» oder ein Teil davon unweigerlich in die Flüsse und führt dort zu einer Temperaturveränderung (ebenso die Rückgabe von erwärmtem Seewasser direkt in den Seeausfluss). Wir empfehlen (in Anlehnung auch an gesetzliche Anforderungen), dass die Abwärme von Anlagen vorrangig anderweitig genutzt und nicht in ein Ökosystem «abgegeben» wird. Auf jeden Fall muss auch für eine Kühlnutzung gelten, dass für stehende Gewässer gegenüber dem Ausgangszustand keine Veränderung von mehr als 0.5 °C erfolgen darf (wie für die Abkühlung durch Wärmenutzung).

3.5 Bauliche Anforderungen Gewässerseite

Stehende Gewässer

- D/A Wird eine Fassungs- oder Rückgabelitung durch Eingraben im Seegrund verlegt, ist vorgängig eine Vegetationserhebung in einem Umkreis von mindestens 50 m links und rechts der vorgesehenen Leitung vorzunehmen (Methode MESAV+, [28]). Damit kann die Leitungsführung optimiert werden, indem möglichst wenig dichte Vegetationsbestände bzw. möglichst wenig gefährdete Arten tangiert sind. Zusätzlich kann Aufschluss über das Wiederbesiedlungspotenzial gewonnen werden. Die Eingrabung der Leitung soll bis mindestens 10 m Wassertiefe erfolgen [12], anschliessend können die Stränge offen auf dem Seegrund verlegt werden. Für die Beanspruchung des Seegrundes (u.a. eine temporäre Zerstörung der Vegetation) fällt ein Ersatzbedarf an, dieser kann für den Abschnitt der Eingrabung in Form eines Monitorings der Wiederbesiedlung erfolgen, für den Abschnitt der offenen Leitungsführung mit einer Direktabgeltung durch eine Aufwertungsmassnahme oder durch finanzielle Beteiligung an einem bestehenden Aufwertungsprojekt.

Anmerkung: Es wird generell als Teil von Projekten mit thermischer Nutzung in Seen eine Seegrund- und Vegetationserhebung auf einer Uferdistanz von mindestens 100 m gefordert (siehe Kapitel 3.1), die benötigten Grundlagen zur Optimierung der Leitungsführung stehen damit bereits zur Verfügung.

- D Als zusätzliche Voraussetzung für die Bewilligungsfähigkeit einer Seeleitung gilt die Berücksichtigung von archäologisch wertvollen Zonen. Archäologische Objekte dürfen weder in der Bauphase (z.B. bei Eingrabung der Leitung), noch im Betrieb (z.B. durch Abströmungen durch Rückgabewasser mit allfälliger Erosion eines archäologisch wertvollen Seegrundbereiches) tangiert werden.
- A Bauliche Arbeiten im See dürfen nur ausserhalb der Schonzeiten für Fische (Mitte November–Dezember, März–Juni) und der Wasserpflanzen (März–August) erfolgen. Die Bauzeit ist somit auf folgende Monate beschränkt: Januar–Februar, September–Mitte November. Erfolgt die Verlegung der Leitung mit einem schonenden Bohrverfahren (keine Eingrabung in der Flachwasserzone) erweitert sich die mögliche Bauzeit auf Januar–Februar und Juni–Mitte November.
- A Seewasserleitungen sind bevorzugt mittels eines Bohrverfahrens (Spülbohrung, Schneckenbohrung, Pressbohrung) zu erstellen. Damit wird der Seegrund bis zum Austritt der Bohrung, die sich in einer Wassertiefe unterhalb 20 m befindet, und der Uferbereich bis zum Eintritt der Bohrung (in der Regel beim Standort des Pumpenhauses) geschont.
- A Wenn das geforderte Volumen der Mischungszone bei der Wasserrückgabe in stehenden Gewässern nicht eingehalten werden kann, sind besondere bauliche Massnahmen vorzusehen, z.B. ein spezielles Mischrohr als Aufsatz am Ende der Rückgabelleitung oder es ist das ΔT zu verkleinern. Falls die Mischungszone immer noch grösser ausfällt, ist zusätzliches gewässerökologisches Gutachten einzuholen.
- A Trinkwasserfassungen und allfällige Altlasten am Seegrund müssen berücksichtigt werden.
- A Ein Kurzschluss zwischen Rückgabe und Entnahme soll verhindert werden.

Fliessgewässer

- A Bauliche Arbeiten im Fliessgewässer dürfen nur ausserhalb der jeweiligen, kantonal geregelten Fischschonzeiten erfolgen. In der Regel dauern diese vom 1. Oktober bis zum 30. April.
- D Das Einlaufbauwerk ist so auszulegen, dass möglichst schnell eine vollständige Durchmischung erreicht wird (kurze Durchmischungsstrecke)¹¹.
- A Das Abflussvermögen des Fliessgewässers darf aus Gründen der Hochwassersicherheit durch Einbauten nicht vermindert werden, sei es direkt oder durch die Gefahr von Geschwemmselansammlungen [12].

¹¹ Ausleitstrecken (Ausleitkanäle, etc.) als künstliches Nebengewässer sind ggf. von den Anforderungen der Restwasserbestimmungen und weiteren gesetzlichen Vorgaben ausgenommen. Weisen diese Strecken aber einen ökologischen Wert auf, wird im Rahmen einer Interessenabwägung eine teilweise oder vollständige Umsetzung der rechtlichen Belange geltend gemacht [31].

4 BEWILLIGUNGSVERFAHREN

In etlichen Kantonen wie Luzern, Solothurn, Baselland (Stand Juli 2017) sind die Energiegesetze in Revision. Der Bedarf nach einem Leitfaden – analog zur Gewässerseite – wurde erkannt. Mit dem Gemeinschaftsprojekt „Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund“ von energieschweiz und der Kantone Zürich, Luzern, St. Gallen und Thurgau sowie der Stadt Zürich wurden die entsprechenden Regelbereiche aufgegriffen und mit Fallbeispielen illustriert [22]. Die zu regelnden landseitigen Themen und Schnittstellen sind in Abbildung 6 dargestellt. Die Schnittstelle zu den kantonalen Gesetzen und zur Gewässerseite ist im Feld „Standortgemeinde“ zu finden.

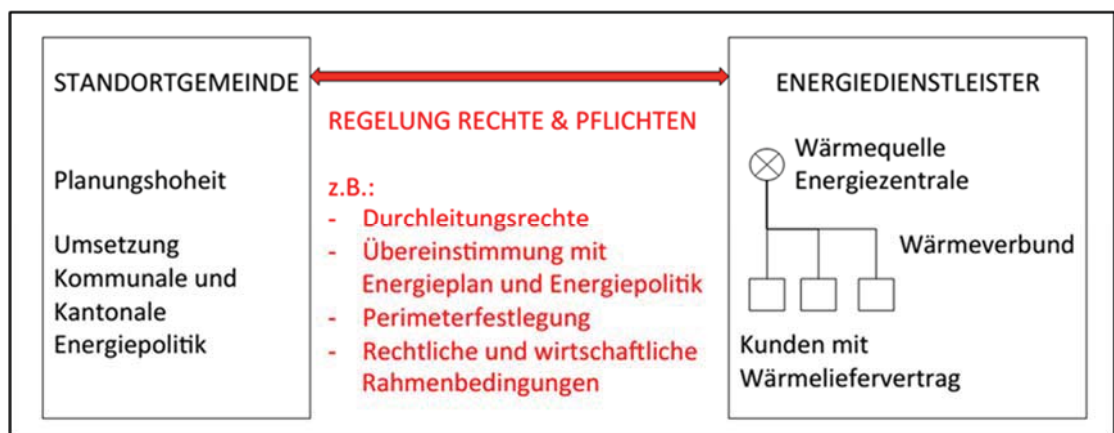


Abbildung 6: Themen, welche einer Regelung zwischen Gemeinden und Energiedienstleistern bedürfen (aus [22]).

4.1 Einleitende Bemerkungen

Das Bewilligungsverfahren wird durch zwei Instanzen bearbeitet:

- Kanton: Gewässerseite (kantonale Fachstelle/Amtsstelle), Kantonsstrassen
- Standortgemeinde: Landseite

Grundvoraussetzungen für eine Bewilligung zur Gewässernutzung sind:

- Nachweis, dass das Vorhaben keine negativen Auswirkungen auf das Gewässer hat
- Das Vorhaben ist bedarfsgerecht: Angebot und Nachfrage sind nachgewiesen
- Konformität mit Energiegesetzen, -Konzepten und –Richtplänen
- Vorliegen eines öffentlichen Interesses

Da das Verfahren Kanton, Standortgemeinde und private Eigentümer betrifft (Abbildung 6), soll der Kanton als Leitbehörde das Verfahren führen und die Entscheide aller kantonalen Stellen in einem konzentrierten Entscheid zusammenführen. Sobald das Vorhaben von öffentlichem Interesse ist, wird es öffentlich aufge-

legt.

Der Entscheid wird durch die Exekutive des Kantons (Regierungsrat) gefällt.

Die ökologischen Untersuchungen und daraus abgeleiteten Massnahmen auf der Gewässerseite (Erhebung des Ist-Zustands, Bewertung der Auswirkungen, Ersatzmassnahmen) entsprechen inhaltlich ungefähr einem Umweltverträglichkeitsbericht/-Prüfung. UVB/UVP. Der Bau und Betrieb von Wasserfassungen und Rückgaben ist jedoch nicht UVP-pflichtig.

4.2 Behördliches Verfahren

Folgende Themen müssen durch die kantonalen Fachstellen bearbeitet werden (nicht abschliessend):

- Wassernutzung: Konzession für die Entnahme und Rückgabe
- Wasserbau: Baubewilligungsverfahren für Leitungsbau, Pumpen, Systemtrennung (sofern im Uferbereich/Uferschutzzone)
- Fischerei
- Verkehr (Schifffahrt)
- Waldrecht
- Feuerschutzrecht
- Arbeitsrecht
- Baubewilligungen für Kantonsstrassen

Die Gemeinde ist verantwortlich für das Verfahren:

- Baubewilligungen Hoch- und Tiefbau (sofern das Pumpwerk und Systemtrennung auf Gemeindeebene und nicht im Uferbereich, der zum Gewässerraum gehört, liegen)
- Baubewilligungen/Aufbruchbewilligungen für die Verteilleitungen
- Konzessionsvertrag zwischen der Trägerschaft (Energiedienstleister/Contractor) und der Gemeinde

Die einzureichenden technischen Unterlagen entsprechen einem Bauprojekt. Ist der Kanton die Leitbehörde, muss die Standortgemeinde die kommunale Baubewilligung auf den Entscheid des Kantons (Regierungsrat) abstimmen.

4.3 Landseitige Bewilligungen und Verträge

Die thermische Nutzung von Oberflächengewässern ist ein Generationenprojekt mit hohen Investitionen. Die Investitionen und der Betrieb der Anlage können durch eine private Trägerschaft, einen Energiedienstleister oder einen „Contractor“ getätigt werden. Die Rechte und Pflichten müssen in einer *Sondernutzungskonzession* vertraglich zwischen der Standortgemeinde und der (privaten) Trägerschaft geregelt

werden:

- Definition des Perimeters zur Sondernutzung
- Sondernutzungskonzession öffentlicher Grund für den Bau von Pumpwerk, Systemtrennung, Leitungen etc.
- Betrieb, Unterhalt, Erneuerung der Anlage
- Einräumung von Dienstbarkeiten auf gemeindeeigenem Grund
- Einräumung einer Exklusivität für die private Trägerschaft
- Angebots- und Lieferpflicht an die Liegenschaften im Perimeter
- Dienstbarkeiten mit privaten Grundstücksbesitzern
- Realisierungs- und Betriebspflicht
- Verbindliche Meilensteine zu Bau und Betrieb des Vorhabens
- Baubewilligung/Aufbruchbewilligung
- Energiebilanzen für die Energielieferungen an die Kunden; allenfalls Konformität mit MuKE 2014
- Haftungsfragen
- Bedingungen für eine Anschlusspflicht
- Konzessionsabgaben zu Lasten der (privaten) Trägerschaft (eine Bedingung für Konzessionsgebühren kann der Anteil erneuerbarer Energie sein)
- Konzessionsdauer, Heimfallregelung

Da das Vorhaben ein Generationenprojekt ist, sowohl Kanton, Gemeinden, eine Trägerschaft und Liegenschaftsbesitzer betrifft, muss die Standortgemeinde auf die Auswahl der Trägerschaft ein besonderes Augenmerk legen. Eine Nutzungskonzession für Oberflächengewässern kann auch öffentlich ausgeschrieben werden. Ob durch eine Ausschreibung die besseren Trägerschaften gefunden werden, ist offen.

4.3.1 Anschlusspflicht

Die Trägerschaft braucht Planungssicherheit zum Zeitpunkt des Anschlusses (privater) Liegenschaftsbesitzer. Dazu kann eine Anschlusspflicht ausgesprochen werden, wenn die Bedingungen

- Voraussetzungen
- Zweckmässigkeit
- Zumutbarkeit

erfüllt sind. Im Gegenzug muss die Standortgemeinde auf Antrag das Recht zur Überprüfung der Energiepreise eingeräumt werden.

5 TECHNISCHE BESCHREIBUNG: GEWÄSSERNUTZUNG FÜR THERMISCHE NETZE

5.1 Bausteine

Eine Anlage zur energetischen Nutzung von Gewässern besteht aus den Bausteinen (Abbildung 7):

- Seeleitungen: Entnahme- und Rückgabelitung
- Pumpwerk
- Systemtrennung: Wärmetauscher
- Verteilleitungen

5.2 Auslegungsgrundlagen

Thermische Netze sind Vorhaben mit hohen Investitionskosten und langen Nutzungsdauern (Tabelle 5). Die Entnahme- und Rückgabelitungen und Verteilleitungen mit Tiefbau machen einen erheblichen Anteil an den Investitionen aus. Daher lohnt es sich, die langlebigen Gewerke mit einem langfristigen Fokus zu dimensionieren.

Tabelle 5: Nutzungsdauern der einzelnen Funktionen in thermischen Netzen.
Alle Angaben aus [23]

| Gewerk | Nutzungsdauer |
|------------------------------|---|
| Entnahme- und Rückgabelitung | 50-80 Jahre |
| Pumpwerk | Baulicher Teil: 50 Jahre Maschineller Teil (Pumpen, Armaturen, Messtechnik): 15-25 Jahre |
| Mess- und Regeltechnik | 10-20 Jahre |
| Wärmetauscher | 15-25 Jahre |
| Landseitige Verteilleitungen | 50-80 Jahre |

Für eine fundierte Auslegung dieser Anlagenteile müssen unter anderem die folgenden grundlegenden Fragen beantwortet werden:

- Wie gross ist die Entnahmeleistung aus dem Gewässer?
- Wie gross ist die jährliche Wassermenge, die zur Versorgung des definierten Perimeters nötig ist?
- Wo liegt der optimale Standort der Entnahme- und Rückgabelitung?
- Wie gross ist der landseitige Perimeter, der erschlossen werden soll?
- Wie hoch ist der Energie- und Leistungsbedarf des Perimeters (Wärme und Kälte)?

- Wie hoch muss die Anschlussdichte für einen wirtschaftlichen Betrieb sein?
- Wie setzt sich die Energie zusammen, um den nicht erneuerbaren Anteil von max. 90% einzuhalten (Berücksichtigung des Gewichtungsfaktors 2 für Strom und einer allfälligen fossilen Spitzenlastabdeckung)?
- Wie entwickelt sich die Einwohnerzahl und Nutzungsart (Wohnen, Dienstleistung, Gewerbe, Verkauf etc.)?
- Wie entwickeln sich Wärmebedarf und Kältebedarf (Neubau, Sanierung, Nutzungsart, Klimawandel berücksichtigen)?

Das Finden der optimalen Auslegungsparameter und Anlagendesign, welche die ökologischen Vorgaben erfüllt, ist ein iterativer Prozess, damit die land- und gewässerseitigen Anforderungen erfüllt werden können.

5.3 Konzept der Gewässernutzung

Die gesetzlichen und ökologischen Anforderungen können mit den im Folgenden beschriebenen technischen Massnahmen erfüllt werden.

Die thermische Nutzung von Oberflächengewässern besteht aus den Seeleitungen (Entnahme- und Rückgabelungen), dem Pumpwerk, der Systemtrennung (Wärmetauscher) und den Verteilleitungen. In Abbildung 7 ist das Beispiel einer Seewasserentnahme mit indirekter Einbindung dargestellt: Über die Entnahmeleitung wird das Seewasser angesaugt und in die Heizzentrale zum Wärmetauscher (Systemtrennung) gepumpt. Dort wird das Wasser abgekühlt (oder erwärmt für Kühlzwecke) und gelangt mit einer tieferen (oder höheren) Temperatur ins Gewässer zurück.

Im Sekundärkreis (Verteilnetz, siehe Abbildung 7) erfolgt die Erwärmung des Wassers für Heizzwecke (nicht Bestandteil dieser Studie).

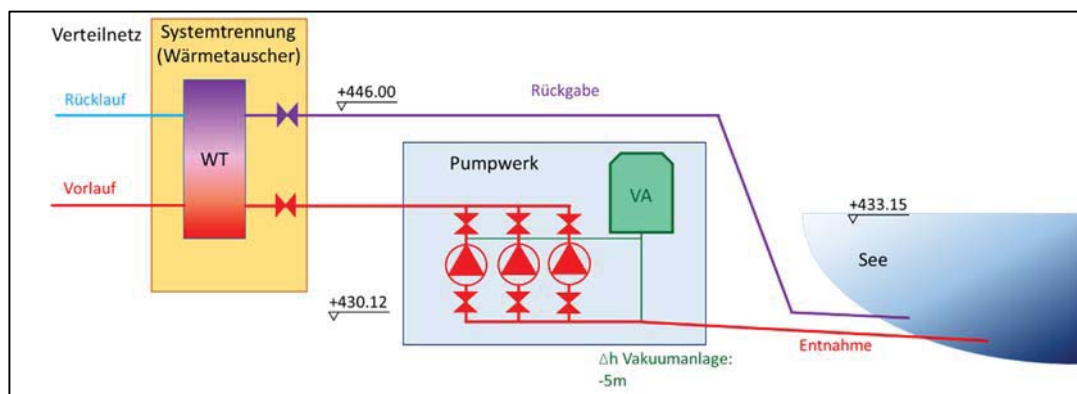


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Anlagen zur thermischen Gewässernutzung.

5.3.1 Seeleitungen

Für Entnahme- und die Rückgabelungen gibt es bewährte Verfahren und Werkstoffe:

| | |
|------------------|---|
| Verlegeart: | „ufernah“ bis 10 m Wassertiefe (bzw. bis zur Vegetationsgrenze) in den Seegrund verlegt; Im Tiefenwasser (unter 10 m Wassertiefe bzw. unterhalb der Vegetationsgrenze) auf Grund verlegt |
| Verlegeverfahren | Bohrverfahren sollen bevorzugt werden, da sie für den Seegrund und die Uferzone am schonendsten sind. Beim offenen Grabenbau wird während der Bauzeit der Lebensraum (Pflanzen, Tiere) entlang des Leitungsverlaufs zerstört und muss danach wieder hergestellt werden. |
| Werkstoff: | Stahl St. 37.0 mit PE-Umhüllung als Korrosionsschutz |
| Dimensionierung: | Wassergeschwindigkeit ca. 1.5 m/s |
| Fischschutz: | Einlauf- und Rückgabeseiher mit Maschenweite von max. 5 mm, ca. 3 m über Seeboden [12] |
| Rückgabe: | Bei ungenügender Vermischung (Nachweis durch Modellierung) muss ein Mischrohr eingesetzt werden. |

5.3.2 Pumpwerk

| | |
|------------|---|
| Pumpentyp: | Kreiselpumpen mit Frequenzumformer für eine energieeffiziente Regelung der Wasserentnahme |
| Regelung | Wärme- und Kältebedarf gibt Wassermenge vor (bedarfsgesteuert) |
| Redundanz | zum Beispiel 2 x 50 % oder 2 x 100 % |

Die Pumpen benötigen einen definierten Pumpenvordruck. Befindet sich das Niveau der Wasserentnahme so weit unterhalb des Ansaugstutzens der Pumpe, dass der Pumpenvordruck nicht mehr gegeben ist, muss dieser im Pumpwerk erzeugt werden. Dazu gibt es zwei Varianten:

- Vakuumanlage zum Ansaugen der Luft in der Entnahmeleitung und Erzeugung eines Vordrucks (Abbildung 7)
- Vorlagebehälter (Becken), dessen Wasserniveau den Vordruck statisch erzeugt.

5.3.3 Systemtrennung (Wärmetauscher)

Der Schutz der Gewässer vor Verschmutzungen aus der Energienutzung hat oberste Priorität. Deshalb wird zur Systemtrennung *immer* ein Wärmetauscher eingesetzt (Abbildung 7). Dieser kann unmittelbar beim Gewässer (indirekte Einbindung) oder entfernt davon beim Verbraucher (direkte Einbindung) stehen.

Als Wärmetauscher werden Plattenwärmetauscher eingesetzt. Diese sind kompakt und haben sich im Wasserbereich bewährt. Die Reinigung erfolgt durch Spülen, ge-

gegebenfalls mit einer Säure oder Desinfektionsmittel, um einen gewässerseitigen Bewuchs zu unterdrücken. Das Reinigungswasser muss über die Kanalisation entsorgt werden. Zum Schutz des Wärmetauschers kann in der Druckleitung ein rückspülbarer Schmutzfänger oder Filter eingebaut werden.

Bei *geschraubten* Wärmetauschern (Abbildung 8, links) können zur Reinigung die Platten demontiert und einzeln gesäubert werden. Die Leistung kann bei Bedarf durch den Einbau weiterer Platten erhöht werden. Durch die Spansschrauben wird mehr Platz benötigt als bei den gelöteten Wärmetauschern. Geschraubte Wärmetauscher werden für grössere Leistungen und eher im professionellen Bereich wie Heizzentralen eingesetzt.

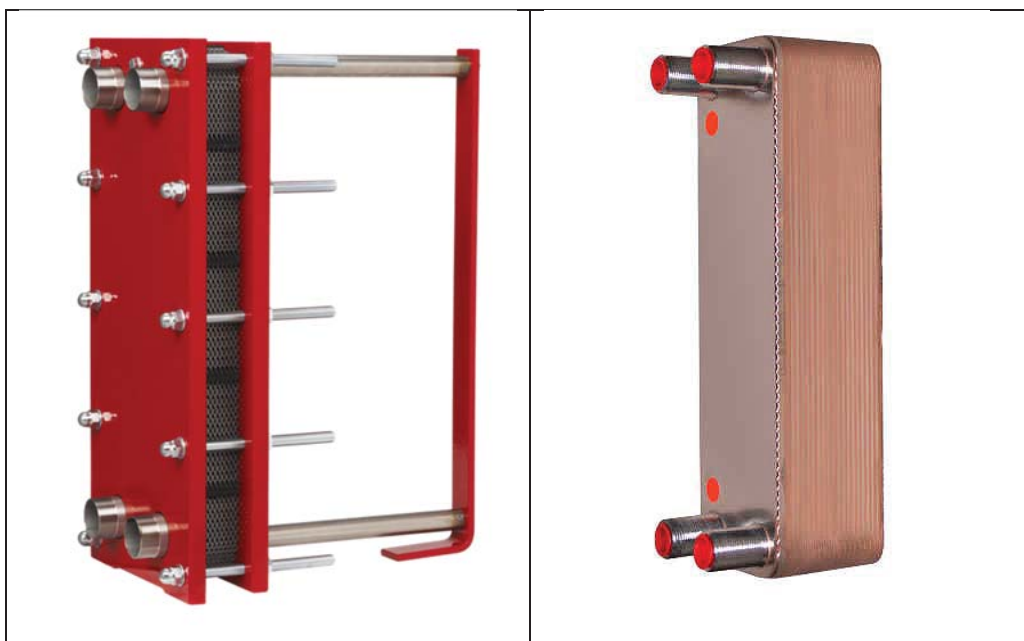


Abbildung 8: links: geschraubter Wärmetauscher, rechts gelöteter Wärmetauscher.

Bei *gelöteten* Wärmetauschern (Abbildung 8, rechts) kann auf Spansschrauben und Dichtungen zwischen den Platten verzichtet werden. Ihr Platzbedarf ist somit geringer. Sie können aber nicht zerlegt werden. Bei einem Defekt einer einzelnen Platte oder hartnäckigen Verschmutzung müssen sie als Ganzes ersetzt werden. Gelötete Wärmetauscher werden für kleine Leistungen (zum Beispiel bei Hausanschlüssen) oder bei hohen Anforderungen an die Dichtigkeit eingesetzt (Wärmetauscher zur maschineninternen Systemtrennung in Wärmepumpen).

Die *Grädigkeit* (Temperaturunterschied zwischen den beiden Medien im Wärmetauscher) der Wärmeübertragung wird möglichst klein, im Bereich zwischen 0.5 °C und max. 2 °C gewählt. Die Grädigkeit in K ist direkt proportional zur Tauscherfläche: je gringer der Temperaturunterschied, desto grösser die Tauscherfläche.

Alternativ zu Plattenwärmetauschern können auch Rohrbündelwärmetauscher eingesetzt werden. Diese haben jedoch grössere Abmessungen für die gleiche Leistung. Sie werden zum Beispiel in partikelhaltigen Medien eingesetzt.

5.3.4 Einbindung

In diesem Papier wird der Temperaturhub nicht betrachtet, so dass nur Leitungen mit kaltem Wasser bewertet werden. Systeme mit gleichzeitiger Wärme- und Kältelieferungen (Drei- oder Vierleitersysteme) werden nicht beschrieben.

Indirekte Einbindung

Indirekte Einbindung bedeutet, dass der Energieaustausch aus dem Oberflächengewässer an das Verteilnetz in einer Zentrale über einen Wärmetauscher erfolgt (Abbildung 7). Das Oberflächenwasser wird entnommen, über den zentralen Wärmetauscher geführt und abgekühlt und in der Nähe der Entnahmestelle ins Gewässer zurückgegeben. Das Wasser im Verteilnetz wird im Kreislauf geführt. Es wird so konditioniert¹², dass an den Rohrleitungen und Anlagen weder Ablagerungen noch Korrosion erfolgen. Die Temperatur im Verteilnetz kann zeitlich beliebig, zum Beispiel saisonal angepasst, eingestellt werden. Die Temperatur ist im Vorlauf des ganzen Verteilnetzes räumlich konstant. Die Rückgabetemperatur ins Gewässer, die sich aus der Temperatur des Rücklaufs ergibt, muss den gesetzlichen Anforderungen entsprechen.

Die indirekte Einbindung hat zwei Wärmetauscher zur Systemtrennung (Abbildung 9):

- Zwischen Oberflächengewässer (Entnahme- und Rückgabeleitung) und dem Verteilnetz (indirekter Kreislauf)
- Zwischen dem indirekten Kreislauf und der Gebäudeheizung/Kühlung des Verbrauchers (z. B. Wärmepumpe oder Kälteanlage des Verbrauchers)

Jeder Wärmeübergang ist mit einem Effizienzverlust verbunden. Die Temperatur des Vorlaufs unterscheidet sich deshalb immer von der Gewässertemperatur. Wird das Wasser beispielsweise für Heizzwecke gebraucht, ist die Temperatur des Vorlaufs etwas tiefer als die Temperatur des Gewässers.

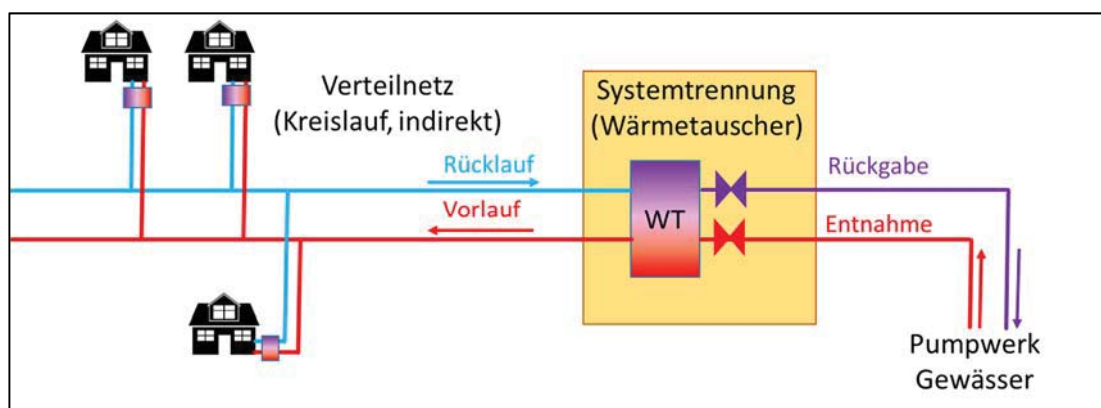


Abbildung 9: Indirekte Einbindung

Die indirekte Einbindung bietet die Möglichkeit eines zentralen Temperaturanhubs:

¹² Das Wasser wird enthärtet und mit einem geeigneten Korrosionsschutzmittel versetzt.

eine Heizzentrale erwärmt das Kreislaufwasser auf die Endtemperatur der Verbraucher. Der Temperaturanhub kann aber auch in jedem Gebäude individuell erfolgen.

Direkte Einbindung

Im Gegensatz zur *indirekten* Einbindung gibt es bei der *direkten* Einbindung nicht eine zentrale Systemtrennung, sondern am Ort der Nutzung mehrere dezentrale Wärmetauscher als Systemtrennungen. Wärmepumpen und Kälteanlagen mit wassergefährdenden Arbeitsmitteln müssen vor Ort immer durch einen Zwischenkreis vom Wasser getrennt sein.

Im landseitigen Verteilnetz fließt das entnommene Wasser direkt zum Ort der Nutzung. (Heizen oder Kühlen), wird dort abgekühlt oder erwärmt und fließt zurück ins Gewässer. Das See- oder Flusswasser wird über den gesamten Projektperimeter als offenes System (kein Kreislauf) geführt. Am Ort der Nutzung

Die Temperatur im Vorlauf ergibt sich durch die Temperatur des Gewässers, diejenige des Rücklaufs über die Abkühlung oder Erwärmung der Bezüger (Zwei-Leiter-System, Abbildung 10). Eine Konditionierung des Wassers ist aus Gewässerschutzgründen nicht möglich. Die Rückgabe kann an einer technisch, wirtschaftlich und ökologisch sinnvollen Stelle erfolgen. Eine Entnahme aus einem See und die Rückgabe in den stromabwärts liegenden Fluss ist eine Variante.

Bei der direkten Einbindung gibt es nur einen Wärmetauscher, der immer einen Temperaturunterschied zwischen Entnahme (Gewässer) und Vorlauf erzeugt. Dies ist der massgebliche Vorteil der direkten Einbindung: Das Wasser kommt mit der Entnahmetemperatur zum Verbraucher. Das kann für Kühlzwecke ein grosser Vorteil sein.

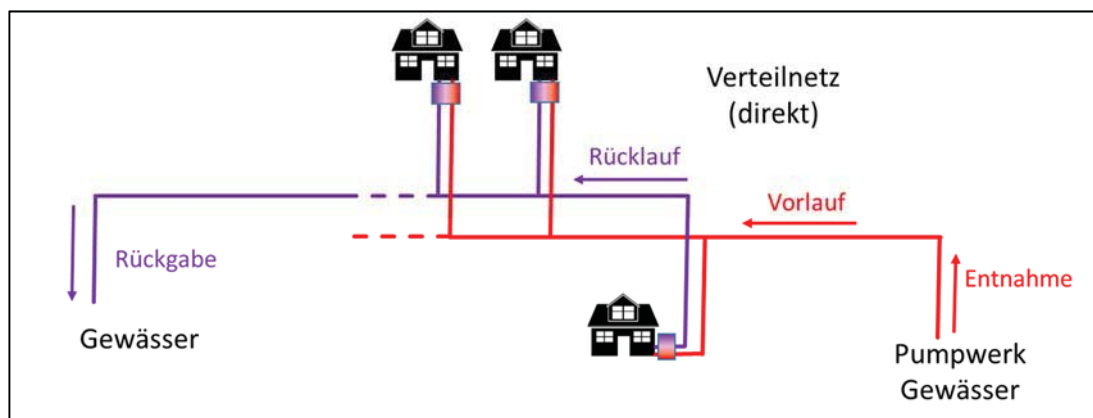


Abbildung 10: Direkte Einbindung, Zwei-Leitersystem

Bei der direkten Einbindung gibt es die Variante „Einleitersystem“. Dabei entnimmt der Nutzer das Wasser dem Verteilnetz, erwärmt oder kühlt es über einen Wärmetauscher ab und gibt das Wasser in dieselbe Leitung zurück (Abbildung 11). Die Temperatur im Leiter ergibt sich durch die Nutzer und durch die Gewässertemperatur.

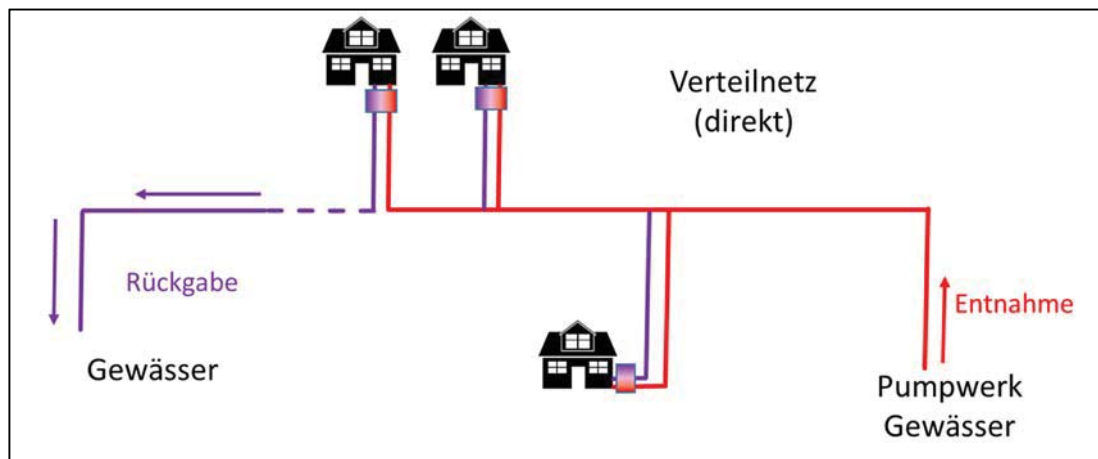


Abbildung 11: Direkte Einbindung, Einleitersystem

Da nur eine Leitung verlegt werden muss, ist diese Art der Einbindung weniger teuer als ein Zweileitersystem. Die Wassertemperatur des strömungsabwärts liegenden Bezügers ist zeitlich variabel, nicht vorhersehbar und wird direkt von den strömungsaufwärts liegenden Anschlüssen beeinflusst. Die hydraulische Regelung ist durch die vielen zeitlich variablen Einflüsse äusserst anspruchsvoll. Diese Art der Einbindung war in den Anfangszeiten der warmen Fernwärmenetze üblich. Heute wird diese Einbindung nur noch bei Einzelanschlüssen gewählt, da die Risiken und Nachteile die Vorteile der tieferen Investitionskosten überwiegen.

Durch die vielen individuellen Systemtrennungen steigt bei der direkten Einbindung das Risiko von Verunreinigungen. Die hydraulische Regelung und Steuerung sind durch die nicht kontrollierbare Vorlauftemperatur sehr anspruchsvoll.

Eine zentrale Temperaturerhöhung ist bei der direkten Einbindung nicht möglich, da das Wasser, das die Nutzer mit Energie versorgt, wieder ins Gewässer zurückgegeben wird.

Vergleich direkte und indirekte Einbindung

In Tabelle 6 sind die wichtigsten Eigenschaften der direkten und indirekten Einbindung gegenübergestellt. Da das Verteilnetz mit 50 bis 80 Jahren eine sehr lange Nutzungsdauer hat, und da dessen Investitionskosten einen erheblichen Anteil an den gesamten Investitionskosten ausmachen, muss vor dem Entscheid eine fundierte Kosten-Nutzen-Analyse erstellt werden.

Tabelle 6: Vergleich der direkten und indirekten Einbindung

| Parameter | Indirekte Einbindung | Direkte Einbindung Ein-Leiter | Direkte Einbindung Zwei-Leiter |
|--|---------------------------------------|---|--|
| Verbreitung | Üblich | Veraltet | Einzelanschlüsse |
| Temperatur im Verteilnetz | 1-2 K wärmer/kälter als Gewässer | Wie Temperatur des Gewässers bis zum 1. Nutzer, danach variabel | Wie Temperatur des Gewässers |
| Zentraler Temperatur-anhub | Möglich | Nicht möglich | Nicht möglich |
| Schnittstellen Systemtrennung | Zentral | Dezentral, mehrere | Dezentral, mehrere |
| Korrosion | Seeleitungen, zentraler Wärmetauscher | Seeleitungen, Verteilungen, alle Wärmetauscher | Seeleitungen, Verteilungen, alle Wärmetauscher |
| Risiko von Lecks | Gering | Gross | Gross |
| Verschmutzungen der Anlagen/Pflanzen- und Muschelwachstum | Seeleitungen, zentraler Wärmetauscher | Seeleitungen, Verteilungen, alle Wärmetauscher | Seeleitungen, Verteilungen, alle Wärmetauscher |
| Wartung + Unterhalt | mittel | Aufwendig (Reinigung) | Aufwendig (Reinigung) |

Entscheidungskriterien direkte versus indirekte Einbindung

Abgeleitet aus dem Vergleich zwischen direkter und indirekter Einbindung ergeben sich die Entscheidungskriterien zur Auswahl des Systems (Abbildung 12). Der massgebliche Vorteil der direkten Einbindung liegt in der Nutzung für Kühlzwecke: mit nur einem Wärmetauscher zur Systemtrennung am Ort der Nutzung kann die (tiefe) Temperatur des Gewässers für Kühlungen genutzt werden¹³. Da jedes angeschlossene Objekt das Risiko für Verunreinigungen des Gewässers erhöht, eignet sich die direkte Einbindung für Systeme mit wenigen grossen, gut überwachten Anschlüssen. Bei neuen Anlagen zur Kältenutzung sollte die Vorlauftemperatur so ausgelegt werden, dass eine indirekte Einbindung möglich ist. Damit kann das Risiko der Verschmutzung des Gewässers reduziert werden, da nur ein Wärmetauscher zur Systemtrennung überwacht werden muss.

Bei Nutzung des Gewässers für Heizzwecke ergeben sich durch die direkte Einbindung keine Vorteile.

¹³ Damit der Wärmetauscher nicht übermässig gross wird, legt man den Temperaturunterschied ΔT zwischen Gewässer und Sekundärkreislauf bei etwa 1-2 K fest. Weist das Gewässer eine Temperatur von 6 °C auf, resultiert auf der Sekundärseite eine Temperatur von 7-8 ° auf. Die Einhaltung tiefer Temperaturen kann für Kühlkreisläufe entscheidend sein.

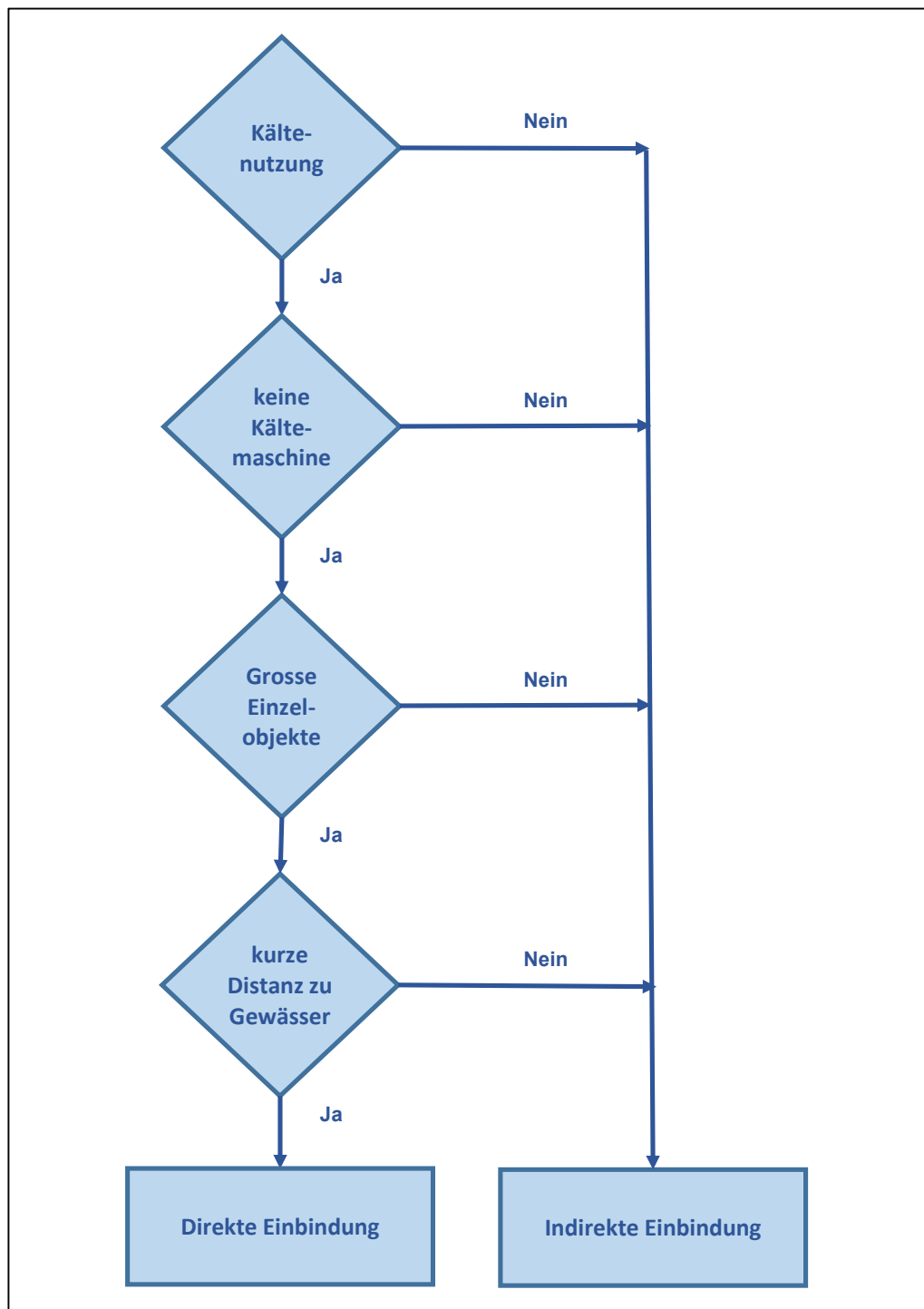


Abbildung 12: Kriterien für den Entscheid für eine direkte oder indirekte Einbindung.

„Wasserbürtige“ Partikel

Bei der Planung von Filtern und Wärmetauschern sowie von Leitungen und Entnahme-/Rückgabebauwerken ist zu berücksichtigen, dass diverse wasserbürtige Partikel in das System gelangen und zu technischen und betrieblichen Problemen führen können. Dazu gehören Phyto- und Zooplankton, Süßwasserquallen, Schwebegarnelen, Eisen- und Schwefelbakterien, Muscheln (u.a. Wander- und Quaggamuscheln) sowie weitere organische und anorganische «Schwebstoffe». Um den Betrieb möglichst störungsfrei zu halten, zirkuliert das Seewasser in einer separaten Schleife, die vom Wärme- oder Kältenetz getrennt bleibt. Ansonsten müssen die Anlagen aufgrund eines akkumulativen Aufkommens von «biofilmartigen» Überzügen periodisch mechanisch oder sogar chemisch gereinigt werden. Eine Zusammenstellung aquatischer Partikel mit Problempotenzial für technische Anlagen mit Fassung und Rückgabe von Wasser aus stehenden oder fließenden Gewässern, ihre Auswirkungen und mögliche Massnahmen sind in Anhang 2 enthalten.

5.3.5 Verteilungen

Das Wasser in den Verteilungen ist mit Temperaturen um 10 °C kalt. Somit können Polyethylenleitungen eingesetzt werden. Der Temperaturunterschied zwischen Vorlauf und Rücklaufleitungen ist mit etwa 4 °C gering. Das bedeutet, dass die Rohrleitungen im Vergleich zur „warmen“ Fernwärme entsprechend grosse Dimensionen aufweisen müssen. PE-Leitungen haben gegenüber Stahlleitungen den Vorteil der Flexibilität und der Korrosionsbeständigkeit. Damit kann auf Korrosionsschutz und in vielen Fällen auf Formteile bei Anpassungen an die Umgebung verzichtet werden (Tabelle 7). Dem gegenüber haben Stahlrohre eine längere Nutzungsdauer und vor allem bei grossen Dimensionen eine höhere Eigenstabilität.

Die Investitionskosten der Rohrleitungen sind vergleichbar. Bei den starren Stahlleitungen können die Tiefbauarbeiten aufwendiger werden, da sie sich im Gegensatz zu Kunststoffleitungen nicht an Unebenheiten anpassen können. Flexible Stahlleitungen (Wellrohre) werden nur dort eingesetzt, wo es keine anderen zweckmässigen Lösungen gibt.

Tabelle 7: Eigenschaften von PE- und Stahlleitungen

| Eigenschaft | PE-Rohre | Stahlrohre |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Nutzungsdauer | 50 Jahre ¹⁴ | >50 Jahre |
| Flexibilität | Wenig flexibel oder flexibel | Starr oder flexibel ¹⁵ |
| Korrosionsbeständigkeit | Beständig | Braucht Korrosionsschutz |
| Gewicht | Gering | Hoch |
| Eigenstabilität | Ausreichend | hoch |

Die Verteilleitungen unterliegen Temperaturschwankungen und bewegen sich. Damit diese Bewegung möglich ist, werden sie mit ungebrochenem Rundkies umhüllt (Beispiel eines Zweileitersystems in Abbildung 13). Die Verlegetiefe ist abhängig von der Belastung der Strasse (Deformation der Leitungen durch Lasten) und vom Klima (Frostfreiheit) und beträgt mindestens 0.6 m. Im Beispiel in Abbildung 13 verläuft ein Geh- und Radweg oberhalb der Leitungen. Eine Verlegetiefe von 0.6 m ist ausreichend für diese geringen Belastungen.

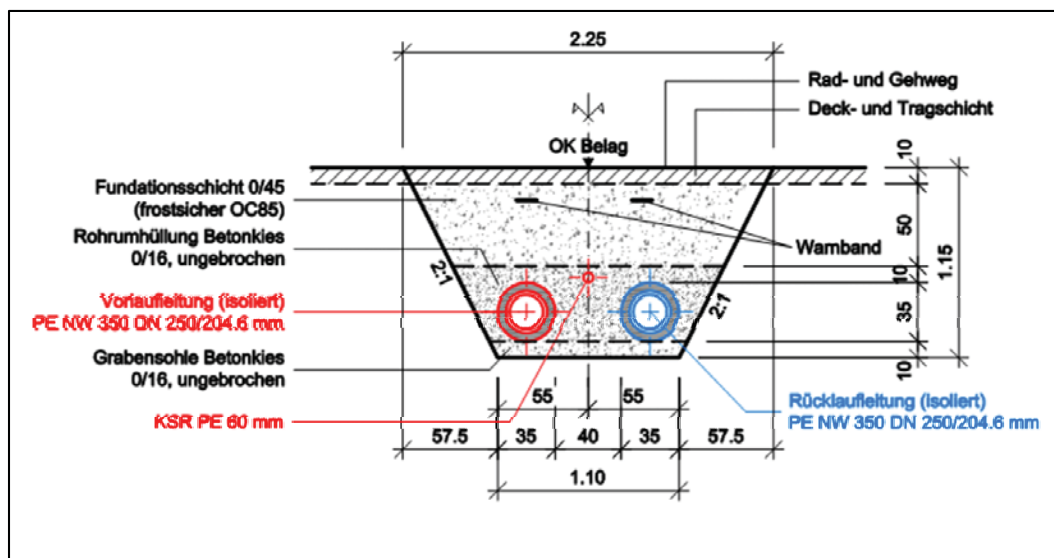


Abbildung 13: Typisches Grabenprofil mit zwei isolierten Leitungen

¹⁴ Die Lebensdauer ist abhängig von Betriebstemperatur und -Druck

¹⁵ Wellrohre sind flexibel, aber teuer in der Anschaffung. Zudem weisen sie einen höheren Druckverlust auf und brauchen somit mehr Strom für die Umwälzpumpen.

6 BRANCHENERFAHRUNGEN

Es gibt viele thermische Nutzungen von Oberflächengewässern. Es werden vier charakteristische Beispiele beschrieben:

- Indirekte Einbindung
 - Seewasser Meilen, heizen (realisiert) und kühlen (vorgesehen)
 - Energie aus Seewasser für das Spital Männedorf: Entnahme ab einer bestehenden Trinkwasserleitung mit ausreichender Kapazität und indirekter Einbindung, Rückgabe in See.
- Direkte Einbindung, heizen und kühlen:
 - Genève Lac Nations: Entnahme und Rückgabe in See
 - GeniLac mit Entnahme im See und Rückgabe in die Rhone

Wärmeverbund mit Seewasser Meilen

Die Anlage ist für Heizzwecke mit Wärmepumpenanlagen bei den Verbrauchern ausgelegt. Das Wasser wird bei 35 m Tiefe entnommen und in 12 m Tiefe zurückgegeben. Die Seewassertemperatur bewegt sich zwischen 4°C und 7°C. Die Differenz der Rückgabetemperatur zur Seewassertemperatur beträgt maximal 3 °C. Die Einbindung erfolgt *indirekt* (ein zentraler Wärmetauscher entnimmt dem Seewasser die Energie und überträgt sie an den Zwischenkreis). An diesen geschlossenen Kreislauf sind die beheizten Gebäude angeschlossen, wo die erforderliche Temperatur mit Wärmepumpen erzeugt wird. Die genutzte Leistung beträgt 300 kW, die Anlage ist auf 800 kW ausbaubar (Stand Juli 2017). Die Kühlung des Gemeindehauses mit dem Kreislaufwasser ist vorgesehen.

Der Verbund wird durch die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich EKZ betrieben.

Spital Männedorf: Heizen und Kühlen [20]

Die bestehende Seewasserleitung, die die Gruppenwasserversorgung Zürcher Oberland GWVZO versorgt, hat ausreichend Kapazitäten, um das Spital Männedorf mit Wärme und Kälte zu versorgen. Das Wasser wird aus dem bestehenden Rohwasserschacht in ein Bezugsgebäude gepumpt. Dort befindet sich der Wärmetauscher zur Systemtrennung (indirekte Einbindung). Im Spital wird die Energie im Kreislaufwasser an die Wärmepumpen oder Kühlkreisläufe übertragen. Die Seewasserbezugsmenge beträgt max. 230 m³/h (800 kW) im Endausbau. Das Seewasser hat eine Entnahmetemperatur zwischen 3.5°C und 8°C. Die Rückgabetemperatur ist maximal 3 K tiefer. Bei Reinigungsarbeiten an der Seewasserleitung (Stosschlorierung) erfolgt die Redundanz über das Versorgungsnetz der Wasserversorgung.

Genève Lac Nations: Heizen und Kühlen

Das Seewasser wird seit 2001 sowohl zum Heizen als auch zum Kühlen in einem Verbund mit einer Ausdehnung von rund 5 km Länge gebraucht. Das Seewasser

wird in einer Tiefe von 37 m entnommen. Die Temperatur bewegt sich zwischen 5°C im Winter, 8°C im Sommer und 10°C im Herbst. Die Einbindung erfolgt *direkt*. Das heisst, das Seewasser wird zu den Gebäuden gepumpt und gelangt von dort wieder in den See zurück. Dort erfolgt die Systemtrennung zu den gebäudeinternen Heizungen (Wärmepumpen) und Kühlungen. Die nominale Seewasser-Entnahmemenge beträgt 2'800 m³/h.

Der Verbund wird durch Service Industriel de Genève SIG betrieben

GeniLac: Heizen und Kühlen

GeniLac bezeichnet die zweite Seewasserfassung in Genf für Heiz- und Kühlzwecke. Das Wasser wird in 45 m Tiefe gefasst und soll das Stadtzentrum und den Flughafen Genf Cointrin mit Wärme und Kälte versorgen. Das Vorhaben befindet sich in der Ausführung (Stand Juli 2017). Die Seewassertemperatur soll zwischen 3°C und 10°C betragen, die Entnahmeleistung 8 m³/s. Es ist ein System mit *direkter* Einbindung und Wasserrückgabe in die Rhone vorgesehen.

Der Verbund wird durch Service Industriel de Genève SIG betrieben.

7 EMPFEHLUNGEN

7.1 Ökologische und technische Empfehlungen

Die kantonalen Fachstellen sollen ein zentrales Anlagen-Register führen. Damit wird die Entwicklung der thermischen Nutzung der Gewässer überwacht. Dazu werden die bewilligten Anlagen und die genutzte Energiemenge, getrennt für Wärme- und Kältenutzung, gewässerseitig laufend erfasst [26].

Die Kantone erstellen, analog zu bestehenden Karten zur energetischen Nutzung auf der Landseite, Karten der Gewässer, auf denen Bereiche ausgeschieden sind, in welchen eine thermische Nutzung prinzipiell möglich oder auch nicht erwünscht ist. Auf diesen Karten müssten auch bereits realisierte Anlagen aufgeführt sein sowie ökologisch besonders sensible Bereiche. Hier wären auch die Uferschutzzonen zu berücksichtigen.

Eine geplante thermische Nutzung ist insbesondere hinsichtlich des abgekühlten oder erwärmten Rückgabewassers möglichst realitätsgetreu (örtlich und gewässerspezifisch) zu modellieren. Dabei sind aktuelle Temperaturmessungen des Wasserkörpers im Jahresverlauf sowie die Strömungsverhältnisse zu berücksichtigen (bzw. zu erheben).

Die Rückgabe von erwärmtem oder abgekühltem Wasser soll unter der Sprungschicht von mindestens 25 m Wassertiefe erfolgen. Die Einschichtung soll zwischen 20 m und 40 m oder sogar 60 m Wassertiefe erfolgen.

Um das ökologische Risiko möglichst zu minimieren, die Klimaerwärmung zu berücksichtigen und künftigen Generationen einen gewissen Spielraum zu belassen, soll die zugelassene Temperaturveränderung auf 0.5 °C anstatt auf 1 °C festgelegt werden [13], [26].

Kleine Anlagen sollen nur dann bewilligt werden, wenn ein übergeordnetes öffentliches Interesse daran besteht¹⁶. Damit wird die Anzahl der Eingriffe beim Bau reduziert.

Reine Kältenutzungen sollen situationsabhängig zurückhaltend bewilligt werden. Bei der Planung von reinen Kältenutzungen soll ein Konzept dargelegt werden, wie mindestens mittelfristig die Abwärme genutzt werden kann, zum Beispiel durch eine Erweiterung des Verteilnetzes. Die an die Umwelt abgegebene Wärme sollte minimiert werden.

Es ist nach Möglichkeit die Anlage zur Kühlwassernutzung so auszurichten, dass die Rückgabetemperatur näher bei 20 °C liegt als beim gesetzlichen Maximalwert von 30 °C (gewichtige Forderung aus den Bodenseerichtlinien [26]).

Die Überwachung der gebauten Anlagen soll nach „Stand der Technik“ ausgeführt werden. Ziel ist die Erkennung von Lecks in den Wärmetauschern, auffälligen Temperaturen und weiteren Unregelmässigkeiten und deren schnelle und professionelle

¹⁶ In vielen Kantonen gelten Anlagen unter 200 kW als kleine Anlagen.

Behebung.

7.2 Empfehlungen für die Verfahrensseite

Im Bewilligungsverfahren soll der Kanton als Leitbehörde in einem konzentrierten Entscheid die Entscheide aller kantonalen Fachstellen zusammenzuführen. Darauf sind die Bewilligungen der Standortgemeinde abzustützen.

Die für die thermische Nutzung von Oberflächengewässern ausgeschiedenen Perimeter in den kommunalen Richtplänen müssen so gestaltet sein, dass deren Erschliessung die ökologischen Anforderungen an das Gewässer erfüllt und für einen Energiedienstleister technisch und wirtschaftlich machbar ist.

Die Standortgemeinde als Bewilligungsbehörde für die Verteilungen muss eruieren, mit welchem Verfahren (Einladungsverfahren, Ausschreibung) der geeignete Energiedienstleister ausgewählt wird. Dies hängt auch vom Anteil der angeschlossenen gemeindeeigenen Liegenschaften ab [22].

Einer Konzession und Baubewilligung für das Verteilnetz, allenfalls mit Exklusivrecht für eine Trägerschaft, soll eine Versorgungs- und Lieferpflicht mit Terminplan gegenüberstehen. Somit kann ein behördenverbindlicher Richtplan umgesetzt werden.

Wird eine Anschlusspflicht an ein Netz beschlossen, muss der Gemeinde das Recht zur Überprüfung der Anschlussbedingungen wie Preise, Zumutbarkeit, Zweckmässigkeit eingeräumt werden.

Konzessionsgebühren für die Verteilungen sollen an die „Qualität“ der Energie gebunden sein, zum Beispiel an einen maximalen nicht erneuerbaren Anteil.

Damit Verbundlösungen gefördert werden, soll die öffentliche Hand eine Vorbildfunktion einnehmen und gemeindeeigene Gebäude anschliessen.

Olten, 31.8.2017

Beatrice Schaffner/Klemens Niederberger

HOLINGER AG/AquaPlus AG

8 QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Bundesverfassung 101 vom 18. April 1999 (Stand 12. Februar 2017)
- [2] Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer SR 814.20 (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991 (Stand 1. Januar 2017)
- [3] Gewässerschutzverordnung SR 814.201 (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (Stand 1. Mai 2017)
- [4] Bundesgesetz über die Fischerei SR 923.0 (BGF) vom 21.6.1991 (Stand 1.5.2017)
- [5] Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz SR 451 (NHG) vom 1. Juli 1966 (Stand am 1. Januar 2017)
- [6] Verordnung über den Natur- und Heimatschutz 451.1 8 (NHV) vom 16. Januar 1991 (Stand am 1. März 2015)
- [7] Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz RPG) vom 22. Juni 1979 (Stand am 1. Januar 2016).
- [8] Energiegesetz EnG, SR 730.0 vom 26. Juni 1998 (Stand am 1. Januar 2017)
- [9] Bundesgesetz über die CO₂-Emissionen (CO₂-Gesetz) SR 641.71 vom 23. Dezember 2011 (Stand am 1. Januar 2013)
- [10] Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), Ausgabe 2014; Konferenz Kantonaler Energiedirektoren, Konferenz Kantonaler Energiefachstellen, 2015
- [11] Verordnung über das Immobilienmanagement und die Logistik des Bundes (VILB) SR 172.010.21 vom 5. Dezember 2008 (Stand am 1. Januar 2016)
- [12] Planungshilfe: Wärme- und Kältenutzung aus Flüssen und Seen (AWEL Amt für Abfall, Wasser Energie und Luft, Abteilung Wasserbau, Baudirektion Kanton Zürich (400-058-Planungshilfe-002)
- [13] IGKB (Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee), 2005/2014: Bodensee-Richtlinien 2005 (mit Änderung des Kapitels 5 vom 13.05.2014). 30 S.
- [14] Wärme- und Kältenutzung aus dem Vierwaldstättersee, Richtlinie (nicht genehmigter Entwurf); Aufsichtskommission Vierwaldstättersee, Uri - Schwyz – Obwalden – Nidwalden – Luzern, V02.2017_05_30.
- [15] Erläuterungen zur Erarbeitung eines Gesuchs um Erteilung einer Wärmepumpen- oder Kühlwasserkonzession mit Oberflächenwasser, ENT-WURF; Amt für Wasser und Abfall, Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, Stand Juni 2017, noch nicht publiziert.
- [16] Nationale Gewichtungsfaktoren der Schweiz, 2009 (www.endk.ch)

- [17] Energieverbrauch in der Schweiz und weltweit; Fakten zu Energie Nr. 4, EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie, Juli 2015
- [18] Elektrizitätsbedarf fürs Kühlen in der Schweiz; Kampagne effiziente Kälte (partnerschaftliches Projekt des Vereins für Kältetechnik (SVK) und des Bundesamts für Energie (BFE); EnergieSchweiz, 3003 Bern und SVK, 8005 Zürich, 3.9.2012
- [19] Weissbuch Fernwärme Schweiz – VFS Strategie; Verband Fernwärme Schweiz, 5443 Niederrohrdorf, mit finanzieller Unterstützung des Bundesamts für Energie, 2014
- [20] Lachavanne, J.B., Jaquet, J.M., Juge, R. & Perfetta, J., 1985: Zustand, Erhaltung und Schutz der Ufer des Vierwaldstättersees. Im Auftrag der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee, Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bundesamt für Umweltschutz und der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee. 109 S., zusätzlich Plandarstellungen
- [21] Dr. jur. Willy Zimmermann: Die Anschlusspflicht für Fernwärme; Schweizer Ingenieur und Architekt 37/82, Heft 37 1982, S 749-752.
- [22] Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund; Ein Gemeinschaftsprojekt von energieschweiz und der Kantone Zürich, Luzern, St. Gallen, Thurgau sowie der Stadt Zürich, Februar 2016.
- [23] Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfachs SVGW, Regelwerk W 1006: Empfehlung zur Finanzierung der Wasserversorgung; SVGW, 8027 Zürich, Ausgabe Januar 2009.
- [24] C. O'Reilly et al.: Rapid and highly warming of lake surface waters around the globe; Geophysical Research Letters, 2015, 10.1002/2015GL066235.
- [25] BEW (Bundesamt für Energiewirtschaft), 1981: Wärmepumpen an Oberflächengewässern. Studie Nr. 19. Bericht, Eawag, Dübendorf (Güttinger H und D.M. Imboden).
- [26] Wüest, A., Fink, G. 2014: Potenzial zur Wärme- und Kühlenergienutzung aus dem Vierwaldstättersee. Wärmeentzug (Heizen) und Einleitung von Kühlwasser. Machbarkeit. Im Auftrag der Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV).
- [27] Gaudard, A. 2016: Wärme- und Kältenutzung aus Briener-, Thuner- und Bielersee. Abschätzung des Potenzials und Beeinflussung der Seeökosysteme. Bericht im Auftrag des Amtes für Wasser und Abfall des Kantons Bern. 27 S.
- [28] Gaudard, A., Schmid, M. Wüest, A., 2017: Thermische Nutzung von Oberflächengewässern. Mögliche physikalische und ökologische Auswirkungen der Wärme- und Kältenutzung. Aqua & Gas Nr. 5 2017: 140-145.
- [29] Kanton Aargau, Abteilung für Landschaft und Gewässer (ALG), 2017: Auflagen und Hinweise für die Wasserentnahmen aus einem Bach. 2 Seiten.
- [30] Fink, G. et al. 2014: Large lakes as sources and sinks of anthropogenic

heat: Capacities and limits. Water Resources Research 50(9) : p. 7285-7301.

- [31] BUWAL (heute BAFU) 2000: Wegleitung „Angemessene Restwassermengen – Wie können Sie bestimmt werden?“
- [32] AquaPlus 2014: Wasserpflanzenerhebung. Methodik zur Erfassung der Wasserpflanzen und Seegrundverhältnisse. Fachartikel Aqua & Gas. Nr. 7/8 2014. 12 S.
- [33] Energie aus Seewasser für das Spital Männedorf, 2012: Aqua & Gas Nr. 12/2012, S. 46-48.

Anhang 1

Checkliste für die Umsetzung (Gewässerseite)

Planung neue Anlage thermische Nutzung Oberflächengewässer
Checkliste zur Berücksichtigung bzw. Erfüllung der ökologischen Vorgaben

| | | | |
|-------|---|---------------------------------|---------|
| A) | Fassung und Rückgabe in See | JA → siehe Vorgehen A1 | (1) |
| B) | Fassung und Rückgabe in Fluss | JA → siehe separates Vorgehen ▲ | |
| C) | Fassung in See, Rückgabe in Fluss | JA → siehe separates Vorgehen ▲ | |
| <hr/> | | | |
| A1 | Wird mit der Anlage die vom zuständigen Kanton geforderte minimale Ausbauleistung erreicht? | JA → A2 NEIN → A1a | (2) |
| A1a | ... Nutzungskreis vergrössern bis Vorgabe für minimale Leistung erfüllt ist | | |
| <hr/> | | | |
| A2 | Ist das benötigte Energiepotenzial für das Gewässer noch verfügbar? | JA → A3 NEIN → A2a | (3) |
| A2a | ... wenn der Plafond der maximalen Nutzung erreicht ist, kann das Projekt nicht bewilligt werden → die Planung ist abzubrechen | | |
| <hr/> | | | |
| A3 | Kann am vorgesehenen Standort der Wasserfassung bzw. der Wasserrückgabe bei ≥ 25 m Wassertiefe die Beeinträchtigung von Schutzwerten und Aktivierung von Risiken ausgeschlossen werden? Gewässerraum am Ufer von ≥ 15 m für oberirdische Anlagenteile, Archäologische Fundstätte, Fischlaichgründe, Trinkwasserfassung, Altlasten (Deponien) auf dem Gewässergrund | JA → A4 NEIN → A3a | (5) |
| A3a | ... Standort der vorgesehenen Anlagenteile bzw. Wasserrückgabe ändern bis Schutzwerte nicht mehr beeinträchtigt bzw. Risiken nicht mehr aktiviert werden können, flexible Modellierung der Projektspezifikationen vorsehen (siehe Punkt A6) | | |
| <hr/> | | | |
| A4 | Sind für eine Modellierung des Projektes die nötigen Grundlagen vorhanden, insbesondere Temperaturdaten? ★ | JA → A6 NEIN → A4a | (5) |
| A4a | ... eigene Messungen der Temperaturverhältnisse im Umfeld des Projektgebietes (insb. der Wasserrückgabe) über den Zeitraum von mindestens 1 Jahr planen | | |
| <hr/> | | | |
| A5 | Liegt vom Projektgebiet als IST-Zustand (u.a. Grundlage für Monitoring) eine aktuelle Wasserpflanzenenerhebung nach «Methode MESAV+» auf einer Uferlänge von 100–200 m vor? ★ | JA → A6 NEIN → A5a | (5) (6) |
| A5a | ... entsprechende Untersuchung veranlassen, das Zeitfenster für diese Erhebungen sind Juli/August, falls die Leitung eingegraben wird, müssen diese Daten rechtzeitig zur Baueingabe zur Verfügung stehen | | |
| <hr/> | | | |
| A6 | Modellierung der Auswirkungen der Anlage im Betrieb bei Wasserrückgabe (erwärmt / abgekühlt) durchführen, Szenarien Sommer / Winter / Übergangszeit darstellen. | | |
| | Ist die Tiefe des Rückgabewassers auf ≥ 25 m festgelegt? Steigt das erwärmte Rückgabewasser nicht höher auf als 20 m Wassertiefe? Kann das Durchmischungsvolumen von $20 \times 20 \times 10$ m für $\Delta T = 1^\circ \text{C}$ eingehalten werden? Ist ein «Zirkelschluss» des genutzten Wassers auszuschliessen (auch Seeströmungen beachten)? | JA → A7 NEIN → A6a | |
| A6a | ... wenn Rückgabe auf mind. 25 m Wassertiefe nicht möglich → zusätzliches gewässerökologische Gutachten einholen oder Wasserrückgabe in Fliessgewässer | | |
| | ... wenn warmes Wasser höher als auf 20 m Tiefe aufsteigt → Wasserrückgabe tiefer legen, ΔT verkleinern, Durchmischung verbessern | | |
| | ... wenn Durchmischungsvolumen grösser als $20 \times 20 \times 10$ m → Mischrohr vorsehen, ΔT verkleinern | | |
| | ... wenn immer noch grösser → zusätzliches gewässerökologisches Gutachten einholen | | |
| <hr/> | | | |
| A7 | Erfolgt die Verlegung der Leitung mittels eines Bohrverfahrens mit definierter Austrittsstelle der Fassung und Rückgabe? | JA → ok NEIN → A7a | (8) |
| A7a | ... die Leitungsführung erfolgt offenbar mit Eingrabung im Gewässergrund bis mindestens 10 m Wassertiefe. Hierzu werden die Daten der Wasserpflanzenenerhebung benötigt, siehe Punkt A5 (Optimierung der Leitungsführung, Bemessung Ersatzbedarf, Einschätzung Wiederbesiedlungspotenzial). Einbezug allfälliger weiterer Schutzgüter, insbesondere Archäologische Fundstätten. | | |

Anmerkungen:

- ▲ Die Checklisten bzw. Vorgehensweisen für die Nutzungstypen B) und C) sind analog des Beispiels A) anhand der im Bericht aufgeführten Vorgaben zu erstellen.
 - ★ Für die Planung bzw. Baueingabe zeitlich sensitive Schritte, sie benötigen entweder eine grössere Vorlaufzeit (Temperaturmessung während mind. 1 Jahr) oder können nur zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgeführt werden (Wasserpflanzenerhebung nur im Juli / August).
- 1 Die Anlage wird kombiniert für Wärme-/Kältenutzung geplant (Ausbauziel für beide Nutzungsarten). Die Wasserrückgabe soll auf einer Tiefe von ≥ 25 m erfolgen. Dadurch wird verhindert, dass die sommerliche Temperaturschichtung sowie der Lebensraum der ab ca. 10 m–max. 20 m Tiefe vorkommenden und an gleichförmig kalte Verhältnisse adaptierten Wasserpflanzen durch erwärmtes Rückgabewasser beeinflusst wird. Die Lage der Wasserfassung wird projektspezifisch festgelegt. Die Rückgabe von abgekühltem Wasser (bei Wärmenutzung im Winter) wird als ökologisch eher unbedenklich beurteilt.
 - 2 Verschiedene Kantone geben für die Seewassernutzung pro Anlage eine minimale Ausbauleistung vor, damit im Endeffekt möglichst wenige, dafür grosse Anlagen realisiert werden und die «Anhäufung» von Leitungen vermieden werden kann (u.a. auch zur Vermeidung von gegenseitigen Störungen durch erwärmtes oder abgekühltes Rückgabewasser).
 - 3 Für jedes Gewässer wird das nutzbare thermische Potenzial festgelegt (Vorgabe: maximale Temperaturveränderung von 0.5 °C gegenüber den natürlichen Verhältnissen).
 - 4 Falls mit dem Projekt der Plafond des nutzbaren Potenzials überschritten wird, könnte ggf. die Leistung reduziert werden. Dies bedingt jedoch die Zustimmung der zuständigen Behörde zur Unterschreitung der minimalen Anlagengrösse.
 - 5 Es ist bei den zuständigen kantonalen Stellen (Fischerei, Gewässerschutz, Naturschutz, Archäologie, Altlasten) nachzufragen, welche Daten bzw. welche Kenntnisse zum Projektgebiet vorhanden sind.
 - 6 Die Daten der Seegrundverhältnisse, der Vegetation, Grossmuscheln und der Modellierung des fischökologischen Potenzials sollten nicht mehr als 5 Jahre zurückliegen.
 - 7 Die aktuelle Bewilligungspraxis der Kantone favorisiert möglichst wenige, dafür grosse Anlagen. Bei sehr grossen Anlagen kann möglicherweise das Durchmischungsvolumen von 20 x 20 x 10 m nicht erfüllt werden. Grosse «Wärmekörper» behindern jedoch die freie Fischwanderung im Gewässer. Es ist zu nachzuweisen, dass wenige grosse Durchmischungszonen geringere Auswirkungen haben als mehrere kleine. Die Untergrenze des aufsteigenden Wassers von 20 m sollte auf jeden Fall eingehalten werden. Bei nicht zu vermeidenden Auswirkungen auf schutzwürdige Lebensräume (unter Abwägung aller Interessen) hat der Verursacher gem. NHG Art. 18 für besondere Massnahmen zu deren bestmöglichem Schutz, für Wiederherstellung oder ansonst für angemessenen Ersatz zu sorgen.
 - 8 Mit der Eingrabung der Seewasserleitung in das Sediment wird temporär die Vegetation zerstört. Die Wasserpflanzenerhebung dient dazu, mit einer Optimierung der Leitungsführung den Verlust bezüglich Pflanzenmenge (Vegetationsdichte) und allfälliger gefährdeter Arten möglichst gering zu halten und die Wiederbesiedlung sicherzustellen. Ggf. müssen stark gefährdete Arten, insbesondere Grossmuscheln, vorgängig umgesiedelt werden. Sofern im vorgesehenen Grabungsbereich weitere Werte vorkommen, v.a. eine archäologisch bedeutende Fundstelle, muss ggf. auf eine Eingrabung generell verzichtet werden. Die Aspekte bevorzugte Fischlaich- bzw. Fischfanggründe müssen mit der zuständigen Fachstelle und dem Berufsfischer geklärt werden. Obwohl bei den Grabungsarbeiten die Schonzeiten (Anfang März–Ende Mai, Mitte November–Ende Dezember) eingehalten werden und der Eingriff der Eingrabung temporär ist, könnten die Auswirkungen als nicht tolerierbar eingeschätzt werden.

Anhang 2

Auswirkungen und Massnahmen betreffend seebürtige Artikel

Auswirkungen von Algen und anderen seebürtigen anorganischen oder organischen Partikeln auf die Infrastruktur von thermischen Anlagen

Partikel unterschiedlicher passiver oder aktiver Mobilität

- Trübstoffe aus Zuflüssen, internen Rutschungen, Bergstürzen etc.
- Kalkpartikel infolge biogener Entkalkung im Sonner (v.a. eutrophe Gewässer)
- Abwasser (Entlastungen, Tiefenwassereinleitungen von ARA-Ausläufen)
- Plankter (Phytoplankton, u.a. Kieselalgen; Zooplankton)
- Süsswasserquallen
- Süsswassergarnelen
- Eisenbakterien (z. B. *Leptothrix ochracea*)
- Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*)
- Schwefelbakterien (z. B. *Beggiatoa alba*, *Beggiatoa arachnoidea*)
- Larven (Nauplien) der Wandermuscheln, Quaggamuscheln etc.

Probleme bei technischen Anlagen

- Ansaugkorb verstopft, Wasserdurchfluss nimmt ab
- Filter verstopfen, häufige Rückspülungen, grössere Menge an Abwasser fallen an
- Wärmetauscher verstopfen, Leistungsabfall
- Weitere Anlagen wie Tossbecken, Leitungen können kontaminiert sein

Massnahmen

- Ansaugkorb regelmässig reinigen, Zugang ins Innere des Ansaugkorbes gewährleisten
- Filter verstopfen sukzessive → automatische Rückspülung, Filtergut via Kanalisation entsorgen
- Wärmetauscher reinigen, desinfizieren
- Leitungen nicht mit Seewasser gefüllt über lange Zeit stehen lassen. Sonst erfolgt eine Sauerstoffzehrung und allenfalls ein Wachstum von z.B. Eisenbakterien.
- Tossbecken reinigen und Entfernen des Schlicks/Schlammes, Desinfektion wenn Wandermuscheln etc. vorhanden sind
- Verhindern, dass von der Rückgabestelle Seewasser in Richtung Wärmetauscher und bis zum Ansaugkorb geführt werden kann (Umkehr des Wasserflusses zu Spülzwecken, Gefahr der Kontamination durch Wandermuscheln etc.)
- Prüfen, ob Ersatzsysteme vorhanden sein müssen
- generell Inspektionsöffnungen in allen Anlagen (vor allem Leitungen) vorsehen. Bei langen Leitungen gilt es vorgängig zu prüfen, wie diese Leitungen von Ablagerungen, Biofilmen, Bewuchs, Wandermuscheln etc. bei Bedarf effizient und ohne lange Stillstand gereinigt werden können (Roboter («Molch», Spülung, Desinfektion etc.). Ein Molch sollte an mehreren Orten in die Leitung eingeführt werden können, da diverse Schieber, Schleusen etc. keine Durchgängigkeit über die ganze Länge erlauben. «Parkplatz» für den Molch bei Nichtgebrauch sowie Schleuse(n) für das Ein- und Ausführen des Gerätes vorsehen.

- Materialisierung und Leitungsführung so wählen, dass Druckabfall möglichst klein bleibt (bedingt geringe Reibung)
- Unterscheidung in Sekundärkreislauf (Seewasser) und Primärkreislauf (Prozesswasser)
- Ablauf in die Kanalisation für Rückspülwasser, Desinfektionswasser etc.

Anhang 3

Gesetze und Verordnungen

Bundesgesetze

| | |
|--|--|
| Gesetzliche Grundlage | |
| Bundesverfassung [1] | <ul style="list-style-type: none"> - Art. 75: Raumplanung: zweckmässige Nutzung und haushälterischer Umgang mit Boden - Art. 76: Regelung der Nutzung und Schutz der Gewässer - Art. 89: Die Kantone sind für Massnahmen zuständig, die den Energieverbrauch in Gebäuden betreffen |
| Gewässerschutzgesetz GSchG [2] | <ul style="list-style-type: none"> - Art. 1: Erhaltung der natürlichen Lebensräume Sicherung der natürlichen Funktion des Wasserkreislaufs - Art. 29-36: Sicherung angemessener Restwassermengen (wird relevant, wenn in Fliessgewässern zwischen Fassung und Rückgabe eine grössere Distanz besteht oder die Entnahme bzw. Rückgabe von Seewasser in einem Fliessgewässer zu massgeblichen Veränderungen des Abflussgeschehens führt) |
| Gewässerschutzverordnung GSchV [3] | <ul style="list-style-type: none"> - Anhang 1: Ökologische Ziele: Einhaltung naturnaher Temperaturverhältnisse - Anhang 2: Konkretisierung naturnaher Temperaturverhältnisse, und thermischer Nutzung von Fliessgewässern - Anhang 3: Anforderungen Rückgabe von Wasser aus Kühlanlagen |
| Bundesgesetz über die Fischerei BGF [4] | <ul style="list-style-type: none"> - Art. 1: Schutz der Lebewesen und Lebensräume - Art. 8: Bewilligungspflicht für thermische Nutzungen - Art. 9: Definition von Massnahmen für Neuanlagen zum Erhalt günstiger Lebensbedingungen |
| Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz NHG [5] | <ul style="list-style-type: none"> - Art. 18 und 21: Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt, vor allem Uferbereiche inkl. Ufervegetationen, Riedgebiete Forderung nach Massnahmen bei nicht zu vermeidenden Beeinträchtigungen |
| Verordnung über den Natur- und Heimatschutz NHV [6] | <ul style="list-style-type: none"> - Art. 14: Schutz von Lebensraumtypen mit ihren Kennarten |
| Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG) [7] | <ul style="list-style-type: none"> - Art. 17: Schutz zonen - Art. 22-24: Baubewilligung |
| Energiegesetz EnG [8] | <ul style="list-style-type: none"> - Art 42: Kantone schaffen günstige Rahmenbedingungen für eine effiziente Energienutzung und die Nutzung erneuerbaren Energien |

| | |
|-----------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Art. 48: Bund und Kantone fördern die Aus- und Weiterbildung der Personen, die mit den Aufgaben des Energiegesetzes betraut sind - Art: 47: Die Kantone beraten die Öffentlichkeit und die Behörden |
| CO2-Gesetz [9] | <ul style="list-style-type: none"> - Art.9: Reduktion der CO2-Emissionen in der Gebäudeheizung und Berichterstattung gegenüber dem Bund |

Verantwortung der Kantone, Verordnungen, Label

| Gesetz, Verordnung, Label, Empfehlungen | Grundlage | Stossrichtung und Auswirkung in den Kantonen/Gemeinden |
|--|--|--|
| Energiegesetz | <ul style="list-style-type: none"> - Bundesverfassung | <ul style="list-style-type: none"> - Gesetzgebung im Gebäudebereich ist an Kantone delegiert - Verstärkte Nutzung von einheimischen und erneuerbaren Energien - Senkung des Energieverbrauchs |
| Verordnung über den Natur- und Heimatschutz | <ul style="list-style-type: none"> - Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz | <ul style="list-style-type: none"> - Amtsstellen der Kantone sind für den Vollzug zuständig - Verlangt den Schutz von schützenswerten Lebensräumen und Denkmälern |
| Raumplanungsgesetz | <ul style="list-style-type: none"> - Bundesverfassung | <ul style="list-style-type: none"> - Kantonale Baugesetze und –Verordnungen - Schutz von sensiblen Gebieten |
| MuKE n 2014 | <ul style="list-style-type: none"> - Energiegesetz - Fliesst in kantonale Energiegesetze ein | <ul style="list-style-type: none"> - Harmonisierung unter den Kantonen - Konkretisiert Energieversorgung von Gebäuden - Macht Energieträger vergleichbar¹ - Senkung des Energieverbrauchs und Erhöhung des erneuerbaren Anteils² |

¹ Strom hat den Gewichtungsfaktor 2, auch wenn es sich um erneuerbaren Strom handelt. Bei einer Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe von 2.5 ergibt sich ein nicht erneuerbarer Energieanteil von 80 %.

² In der Wärmeerzeugung sind maximal 90 % nicht erneuerbare Energieträger erlaubt.

| | | |
|---------------------|--|---|
| Energiestadt | <ul style="list-style-type: none"> - Label von EnergieSchweiz³ | <ul style="list-style-type: none"> - Leistungsausweis für Gemeinden - Senkung des Energieverbrauchs - Fördert erneuerbare Verbundlösungen - Räumliche Energieplanung |
| Minergie® | <ul style="list-style-type: none"> - Verein mit dem höchsten Energie-Standard für Gebäude - EnergieSchweiz strebt einen hohen Anteil an Minergie-Bauten an | <ul style="list-style-type: none"> - Senkung des Energieverbrauchs - Abnahme des Wärmebedarfs |
| KBOB | <ul style="list-style-type: none"> - Verordnung über das Immobilienmanagement und die Logistik des Bundes VILB | <ul style="list-style-type: none"> - Minimierung des Energieverbrauchs mit Priorisierung erneuerbarer Energien oder Abwärme - Bei Nutzung von Oberflächengewässern Priorisierung von Verbundlösungen mit hoher Leistung |

³ Das heutige Programm „EnergieSchweiz“ wurde 1990 vom Bundesrat als „Energie 2000“ ins Leben gerufen und fördert die Energieeffizienz sowie den Einsatz erneuerbarer Energien.

Anhang 4

Gesetzliche Grundlagen im Bereich Ökologie

Gesetzliche Grundlagen Bereich «Ökologie»

Hinsichtlich der Entnahme und Rückgabe von Wasser aus stehenden und fliessenden Gewässern zur Wärme- und Kältenutzung liegen diverse gesetzliche Anforderungen vor. Sie sind nachfolgend zusammengestellt, die Auswahl beschränkt auf die Annahme, dass das «genutzte» Wasser mit Ausnahme der Temperatur keine Veränderung erfährt, also keine Inhaltsstoffe zugesetzt oder entnommen werden und die vorhandenen Konzentrationen, z.B. Sauerstoffgehalt oder DOC, gleich bleiben. (1)

Es ist festzuhalten, dass die thermische Veränderung der Gewässer gemäss Art. 4 Gewässerschutzgesetz (GSchG) von 1991 rechtlich gesehen als «Verunreinigung» zu verstehen ist. Es heisst darin in Art. 4, dass jede nachteilige physikalische, chemische oder biologische Veränderung des Wassers unter den Begriff der «Verunreinigung» fällt.

(1) Auf die «chemische» Gewässerqualität wird nicht eingegangen in der Annahme, dass das für Wärme- oder Kältegewinnung genutzte Wasser in seiner Beschaffenheit nicht verändert wird. Um dies sicherzustellen, soll das Seewasser stets nur mit einem Zwischenkreislauf eingesetzt werden. Ein Spezialfall würde die Einbringung von nährstoffreichem Tiefenwasser in die euphotische (produktive) Zone eines stehenden Gewässers darstellen, was aber den ökologischen Zielen gem. Anhang 1 GSchV widersprechen würde. Eine Sonderlösung muss ggf. für die Bekämpfung eines unerwünschten pflanzlichen oder tierischen Bewuchses an der Fassungs- oder Austrittsstelle oder in der Leitung selbst sowie dem Wärmetauscher getroffen werden. Hier kämen die Vorgaben gem. GSchV, Anh. 3.3 zum Tragen: Werden dem Kühlwasser Stoffe zugegeben, die Gewässer verunreinigen können (z.B. Biozide), sind für diese Stoffe Anforderungen an die Einleitung festzulegen.

Gewässerschutzgesetz (GSchG) vom 24.1.1991, Stand 1.1.2017

In einem übergeordneten Sinne verweist bereits der Zweck des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) in Art. 1 darauf hin, dass (durch Eingriffe, Nutzungen, etc.) keine nachteiligen Einwirkungen auftreten dürfen.

GSchG – Art. 1 Zweck

Dieses Gesetz bezweckt, die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen.

Es dient insbesondere:

- a. der Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen;*
- b. der Sicherstellung und haushälterischen Nutzung des Trink- und Brauchwassers;*
- c. der Erhaltung natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt;*
- d. der Erhaltung von Fischgewässern;*
- e. der Erhaltung der Gewässer als Landschaftselemente;*
- f. der landwirtschaftlichen Bewässerung;*
- g. der Benützung zur Erholung;*
- h. der Sicherung der natürlichen Funktion des Wasserkreislaufs.*

Im vorliegenden Kontext ist insbesondere die Formulierung «der Erhaltung natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt» sowie «der Sicherung der natürlichen Funktion des Wasserkreislaufs» relevant. Dieser Grundsatz ist in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) mit Ausführung zu den ökologischen Zielen konkretisiert.

In Anhang 1 wird dazu für oberirdische Gewässer (2) im Detail auf die Integrität der Lebensgemeinschaften hingewiesen.

(2) Gesetzliche Vorgaben für Grundwassernutzung oder Einleitung von Drainagewasser aus Untertagebauten werden nicht berücksichtigt, die vorliegende Arbeit beinhaltet nur Kälte- und Wärmegewinnung aus Oberflächengewässern.

GSchV – ANHANG 1: Ökologische Ziele für Gewässer

1 Oberirdische Gewässer

1 Die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen oberirdischer Gewässer und der von ihnen beeinflussten Umgebung sollen:

- a. naturnah und standortgerecht sein sowie sich selbst reproduzieren und regulieren;*
- b. eine Vielfalt und eine Häufigkeit der Arten aufweisen, die typisch sind für nicht oder nur schwach belastete Gewässer des jeweiligen Gewässertyps.*

2 Die Hydrodynamik (Geschiebetrieb, Wasserstands- und Abflussregime) und die Morphologie sollen naturnahen Verhältnissen entsprechen. Insbesondere sollen sie die Selbstreinigungsprozesse, den natürlichen Stoffaustausch zwischen Wasser und Gewässersohle sowie die Wechselwirkung mit der Umgebung uneingeschränkt gewährleisten.

3 Die Wasserqualität soll so beschaffen sein, dass:

- a. die Temperaturverhältnisse naturnah sind;*

Bezüglich einer thermischen Nutzung der Gewässer ist insbesondere die Anforderung relevant, dass «die Temperaturverhältnisse» naturnah sein sollen. In Anhang 2 wird diese Forderung unter dem Aspekt «Anforderungen an die Wasserqualität» relativ umfassend konkretisiert:

GSchV – ANHANG 2: Anforderungen an die Wasserqualität

1 Oberirdische Gewässer

11 Allgemeine Anforderungen

1 Die Wasserqualität muss so beschaffen sein, dass:

- b. Laichgewässer für Fische erhalten bleiben;*
- f. Stoffe, die durch menschliche Tätigkeit ins Gewässer gelangen, die Fortpflanzung, Entwicklung und Gesundheit empfindlicher Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen nicht beeinträchtigen. (3)*

(3) Eine Temperaturänderung durch Kühl- oder Wärmenutzung ist analog dem Terminus «Stoffe, die durch menschliche Tätigkeit ins Gewässer gelangen» zu handhaben.

12 Zusätzliche Anforderungen an Fliessgewässer

3 Durch Wasserentnahmen, Wassereinleitungen und bauliche Eingriffe dürfen die Hydrodynamik, die Morphologie und die Temperaturverhältnisse des Gewässers nicht derart

verändert werden, dass dessen Selbstreinigungsvermögen vermindert wird oder die Wasserqualität für das Gedeihen der für das Gewässer typischen Lebensgemeinschaften nicht mehr genügt.

4 Die Temperatur eines Fliessgewässers darf durch Wärmeeintrag oder –entzug gegenüber dem möglichst unbeeinflussten Zustand um höchstens 3 °C, in Gewässerabschnittender Forellenregion um höchstens 1,5 °C, verändert werden; dabei darf die Wassertemperatur 25 °C nicht übersteigen. Diese Anforderungen gelten nach weitgehender Durchmischung.

13 Zusätzliche Anforderungen an stehende Gewässer

1 Durch Terrainveränderungen (z.B. Ausbaggerungen, Verlagerung von Baggergut innerhalb des Gewässers, Uferabgrabungen und -aufschüttungen, Uferbefestigungen und -eindämmungen) dürfen die Morphologie und die Funktionen des Seebodens, die zur Erhaltung der für das Überleben der Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen genügenden Wasserqualität notwendig sind, nicht dauernd nachteilig verändert werden.

2 Der Nährstoffgehalt darf höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse zulassen; besondere natürliche Verhältnisse bleiben vorbehalten.

3 Für Seen gilt ausserdem:

a. Durch Seeregulierungen, Wassereinleitungen und -entnahmen, Kühlwassernutzung und Wärmeentzug dürfen im Gewässer die natürlichen Temperaturverhältnisse, die Nährstoffverteilung sowie, insbesondere im Uferbereich, die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen für die Organismen nicht nachteilig verändert werden.

In weiteren Anhängen der GSchV sind ergänzende Vorgaben enthalten, welche auch für die thermische Nutzung eine Relevanz aufweisen. Es geht dabei insbesondere um die Einleitung von Industrieabwasser in Gewässer, wo bezüglich Temperatur die allgemeine Anforderung «höchstens 30 °C» gilt sowie um die Rückgabe von Industrieabwasser bzw. Wasser aus Kühlanlagen in Gewässer. (4)

(4) Die thermische Veränderung der Gewässer stellt gemäss dem Gewässerschutzgesetz eine Verunreinigung dar und ist im weiteren Sinne als «verschmutztes Abwasser» zu handhaben.

GSchV – ANHANG 3.3: Einleitung von anderem verschmutztem Abwasser in Gewässer

2 Besondere Anforderungen

21 Durchlaufkühlung

1 Anlagen mit Durchlaufkühlung sind so zu planen und zu betreiben, dass die Wärme soweit möglich zurückgewonnen wird.

2 Der Gelöste organische Kohlenstoff (DOC) darf im Kühlwasser um höchstens 5 mg/l DOC erhöht werden.

3 Werden dem Kühlwasser Stoffe zugegeben, die Gewässer verunreinigen können (z.B. Biozide), sind für diese Stoffe Anforderungen an die Einleitung festzulegen.

4 Für Einleitungen in Fliessgewässer und Flusstäue gilt zudem:

a. Die Temperatur des Kühlwassers darf höchstens 30 °C betragen; die Behörde kann kurzfristige, geringfügige Überschreitungen im Sommer zulassen.

b. Die Aufwärmung des Gewässers darf gegenüber dem möglichst unbeeinflussten Zustand höchstens 3 °C, in Gewässerabschnitten der Forellenregion höchstens 1,5 °C, betragen; dabei darf die Wassertemperatur 25 °C nicht übersteigen.

c. Das Einlaufbauwerk muss eine rasche Durchmischung gewährleisten.

d. Das Gewässer darf nur so schnell aufgewärmt werden, dass keine nachteiligen Auswirkungen für Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen entstehen.

5 Für Einleitungen in Seen sind zusätzlich zu den Anforderungen nach den Absätzen 1–3 die Einleitungsbedingungen, insbesondere die Temperatur des Kühlwassers, die Einleitungstiefe und die Einleitungsart, entsprechend den örtlichen Verhältnissen im Einzelfall festzulegen.

Im Gegensatz zu Fliessgewässern liegen für Seen keine näheren Angaben vor, in welcher Art die Temperaturveränderung sein darf, sowohl was das gesamte Gewässer betrifft (nutzbarer Kälte- oder Wärmeinhalt), als auch bezüglich des Volumens mit einer definierten Temperaturdifferenz zum Umgebungswasser bei der Rückgabestelle, damit keine nachteiligen Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften entstehen. Im Kapitel «Ökologische Anforderungen» werden dazu konkrete «Ableitungen» (Interpretationen) aus den in den gesetzlichen Grundlagen enthaltenen Vorgaben vorgenommen.

Ein besonderer Aspekt der thermischen Nutzung in Fliessgewässern kommt dann zum Tragen, wenn die Entnahme- und Rückgabestelle nicht in kurzer Distanz zueinander liegen (wie dies in verschiedenen kantonalen Vorgaben empfohlen wird), sondern für eine bestimmte Fliessstrecke eine Restwassersituation entsteht. In einem solchen Fall muss mit der Einreichung eines Gesuches auch eine Restwasserbetrachtung bzw. ein Restwasserbericht gem. GSchG Art. 31–36 mitgeliefert werden. Als Grundlage dient die Wegleitung «Angemessene Restwassermengen – Wie können sie bestimmt werden?» (BUWAL – heute BAFU – 2000). Das Gleiche würde gelten, wenn durch eine Wasserentnahme in einem stehenden Gewässer die Wasserführung eines Fliessgewässers wesentlich verändert würde. Gemäss kantonalen Merkblättern soll nur aus Fliessgewässern mit mehr als 500 l/s Q_{347} Wasser für Wärme- oder Kühlanlagen genutzt werden.

GSchG – Art. 29 Bewilligung

Eine Bewilligung braucht, wer über den Gemeingebrauch hinaus:

a. einem Fliessgewässer mit ständiger Wasserführung Wasser entnimmt;

b. aus Seen oder Grundwasservorkommen, welche die Wasserführung eines Fliessgewässers mit ständiger Wasserführung wesentlich beeinflussen, Wasser entnimmt.

GSchG – Art. 30 Voraussetzungen für die Bewilligung

Die Entnahme kann bewilligt werden, wenn:

- a. die Anforderungen nach den Artikeln 31–35 erfüllt sind;*
- b. zusammen mit andern Entnahmen einem Fliessgewässer höchstens 20 Prozent der Abflussmenge Q347 und nicht mehr als 1000 l/s entnommen werden; oder*
- c. für die Trinkwasserversorgung im Jahresmittel einer Quelle höchstens 80 l/s, dem Grundwasser höchstens 100 l/s entnommen werden.*

GSchG – Art. 31 Mindestrestwassermenge

1 Bei Wasserentnahmen aus Fliessgewässern mit ständiger Wasserführung muss die Restwassermenge mindestens betragen:

- bis 60 l/s Abflussmenge Q347 50 l/s*
- und für je weitere 10 l/s Abflussmenge Q347 8 l/s*
- für 160 l/s Abflussmenge Q347 130 l/s*
- und für je weitere 10 l/s Abflussmenge Q347 4,4 l/s mehr,*
- für 500 l/s Abflussmenge Q347 280 l/s*
- und für je weitere 100 l/s Abflussmenge Q347 31 l/s mehr,*
- für 2500 l/s Abflussmenge Q347 900 l/s*
- und für je weitere 100 l/s Abflussmenge Q347 21,3 l/s mehr,*
- für 10 000 l/s Abflussmenge Q347 2 500 l/s*
- und für je weitere 1000 l/s Abflussmenge Q347 150 l/s mehr,*
- ab 60 000 l/s Abflussmenge Q347 10 000 l/s.*

2 Die nach Absatz 1 berechnete Restwassermenge muss erhöht werden, wenn folgende Anforderungen nicht erfüllt sind und nicht durch andere Massnahmen erfüllt werden können:

- a. Die vorgeschriebene Wasserqualität der Oberflächengewässer muss trotz der Wasserentnahme und bestehender Abwassereinleitungen eingehalten werden.*
- b. Grundwasservorkommen müssen weiterhin so gespiesen werden, dass die davon abhängige Trinkwassergewinnung im erforderlichen Ausmass möglich ist und der Wasserhaushalt landwirtschaftlich genutzter Böden nicht wesentlich beeinträchtigt wird.*
- c. Seltene Lebensräume und -gemeinschaften, die direkt oder indirekt von der Art und Grösse des Gewässers abhängen, müssen erhalten oder, wenn nicht zwingende Gründe entgegenstehen, nach Möglichkeit durch gleichwertige ersetzt werden.*
- d. Die für die freie Fischwanderung erforderliche Wassertiefe muss gewährleistet sein.*
- e. Bei Fliessgewässern bis 40 l/s Abflussmenge Q347 unterhalb von 800 m ü. M., die als Laichstätten oder als Aufzuchtgebiete von Fischen dienen, müssen diese Funktionen weiterhin gewährleistet sein.*

GSchG – Art. 32 Ausnahmen

Die Kantone können in folgenden Fällen die Mindestrestwassermengen tiefer ansetzen:

- a.20 wenn die Abflussmenge Q347 des Gewässers kleiner als 50 l/s ist: auf einer Strecke von 1000 m unterhalb einer Wasserentnahme aus einem Gewässer, das höher als 1700 m ü. M. liegt, oder aus einem Nichtfischgewässer, das zwischen 1500 und 1700 m ü. M. liegt;*
- b. bei Wasserentnahmen aus Nichtfischgewässern bis zu einer Restwasserführung von 35 Prozent der Abflussmenge Q347;*
- bbis.21 auf einer Strecke von 1000 m unterhalb einer Wasserentnahme in Gewässerabschnitten mit geringem ökologischem Potenzial, soweit die natürlichen Funktionen des Gewässers nicht wesentlich beeinträchtigt werden;*
- c. im Rahmen einer Schutz- und Nutzungsplanung für ein begrenztes, topographisch zusammenhängendes Gebiet, sofern ein entsprechender Ausgleich durch geeignete Massnahmen, wie Verzicht auf andere Wasserentnahmen, im gleichen Gebiet stattfindet; die Schutz- und Nutzungsplanung bedarf der Genehmigung des Bundesrates;*
- d. in Notsituationen für befristete Entnahmen, insbesondere zur Trinkwasserversorgung, für Löschzwecke oder zur landwirtschaftlichen Bewässerung.*

GSchG – Art. 33 Erhöhung der Mindestrestwassermenge

1 Die Behörde erhöht die Mindestrestwassermenge in dem Ausmass, als es sich aufgrund einer Abwägung der Interessen für und gegen die vorgesehene Wasserentnahme ergibt.

2 Interessen für die Wasserentnahme sind namentlich:

- a. öffentliche Interessen, denen die Wasserentnahme dienen soll;*
- b. die wirtschaftlichen Interessen des Wasserherkunftsgebiets;*
- c. die wirtschaftlichen Interessen desjenigen, der Wasser entnehmen will;*
- d. die Energieversorgung, wenn ihr die Wasserentnahme dienen soll.*

3 Interessen gegen die Wasserentnahme sind namentlich:

- a. die Bedeutung der Gewässer als Landschaftselement;*
- b. die Bedeutung der Gewässer als Lebensraum für die davon abhängige Tier- und Pflanzenwelt, samt deren Artenreichtum, namentlich auch für die Fischfauna, deren Ertragsreichtum und natürliche Fortpflanzung;*
- c. die Erhaltung einer Wasserführung, die ausreicht, um die Anforderungen an die Wasserqualität der Gewässer langfristig zu erfüllen;*
- d. die Erhaltung eines ausgeglichenen Grundwasserhaushalts, der die künftige Trinkwassergewinnung, die ortsübliche Bodennutzung und eine standortgerechte Vegetation gewährleistet;*
- e. die Sicherstellung der landwirtschaftlichen Bewässerung.*

4 Wer einem Gewässer Wasser entnehmen will, unterbreitet der Behörde einen Bericht über:

a. die Auswirkungen unterschiedlich grosser Wasserentnahmen auf die Interessen an der Wasserentnahme, insbesondere auf die Herstellung von elektrischer Energie und deren Kosten;

b. die voraussichtlichen Beeinträchtigungen der Interessen gegen eine Wasserentnahme und über mögliche Massnahmen zu deren Verhinderung.

GSchG – Art. 34 Wasserentnahmen aus Seen und Grundwasservorkommen

Wird einem See oder einem Grundwasservorkommen Wasser entnommen und dadurch die Wasserführung eines Fliessgewässers wesentlich beeinflusst, so ist das Fliessgewässer sinngemäss nach den Artikeln 31–33 zu schützen.

GSchG – Art. 35 Entscheid der Behörde

1 Die Behörde bestimmt im Einzelfall die Dotierwassermenge und die anderen Massnahmen, die zum Schutz der Gewässer unterhalb der Entnahmestelle notwendig sind.

2 Sie kann die Dotierwassermenge zeitlich unterschiedlich festlegen. Die Wassermenge nach den Artikeln 31 und 32 darf nicht unterschritten werden.

3 Die Behörde hört vor ihrem Entscheid die interessierten Fachstellen und, bei Entnahmen für Anlagen zur Wasserkraftnutzung mit einer Bruttoleistung über 300 kW, den Bund an.

GSchG – Art. 36 Kontrolle der Dotierwassermenge

1 Wer einem Gewässer Wasser entnimmt, muss der Behörde durch Messungen nachweisen, dass er die Dotierwassermenge einhält. Ist der Aufwand nicht zumutbar, so kann er den Nachweis durch Berechnung der Wasserbilanz erbringen.

2 Weist er nach, dass die zufließende Wassermenge zeitweise geringer ist als die festgelegte Dotierwassermenge, so muss er während dieser Zeit nur so viel Dotierwasser abgeben, wie Wasser zufließt.

Folgende weitere Gesetzeswerke sind für die thermische Nutzung von Bedeutung, indem zu spezifischen Organismengruppen ergänzende oder präzisierende Bestimmungen vorliegen und auch der Fall definiert wird, wenn sich die Beeinträchtigung eines Schutzgutes durch einen technischen Eingriff unter Abwägung aller Interessen (was für eine Anlage zur Kälte-/Wärmegewinnung zutreffen könnte) nicht vermeiden lässt.

Bundesgesetz über die Fischerei (BGF) vom 21.6.1991, Stand 1.5.2017

Im Zweck des Gesetzes in Art. 1 stehen allfällige Beanspruchungen eines Gewässers unter einem grundsätzlichen Vorbehalt, indem die natürliche Artenvielfalt und der Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder nach Möglichkeit wiederherzustellen sind.

BGF – Art. 1 Zweck

1 Dieses Gesetz bezweckt:

- a. die natürliche Artenvielfalt und den Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder nach Möglichkeit wiederherzustellen;*
- b. bedrohte Arten und Rassen von Fischen und Krebsen zu schützen;*
- c. eine nachhaltige Nutzung der Fisch- und der Krebsbestände zu gewährleisten;*

In Art. 8 wird für technische Eingriffe, worunter auch eine thermische Nutzung mit den erforderlichen Anlagen (Leitungen, Fassungs- und Rückgabebauwerk) fällt, eine Bewilligung gefordert:

BGF – Art. 8 Bewilligung für technische Eingriffe

1 Eingriffe in die Gewässer, ihren Wasserhaushalt oder ihren Verlauf sowie Eingriffe in die Ufer und den Grund von Gewässern brauchen eine Bewilligung der für die Fischerei zuständigen kantonalen Behörde (fischereirechtliche Bewilligung), soweit sie die Interessen der Fischerei berühren können.

3 Eine Bewilligung brauchen insbesondere:

- a. die Nutzung der Wasserkräfte; (5)*
- c. Fluss- und Bachverbauungen sowie Uferrodungen; (5)*
- e. die Verlegung von Leitungen in Gewässer;*
- f. maschinelle Reinigungsarbeiten in Gewässern; (5)*
- h. Wasserentnahmen;*
- i. Wassereinleitungen;*

(5) Eine thermische Nutzung könnte im weiteren Sinne analog einer «Nutzung der Wasserkräfte» verstanden werden. Anlagenteile einer thermischen Nutzung könnten Auswirkungen wie eine Verbauung haben, allfällige landseitige Bauten sind u.U. mit einer Uferrodung verbunden. Der Unterhalt von Leitungen zur thermischen Nutzung könnte allenfalls unter maschinelle Reinigungsarbeiten fallen

In Art. 9 werden zusätzliche Massnahmen für Neuanlagen definiert, welche mindestens zum Teil auch für eine thermische Nutzung von Bedeutung sind:

BGF – Art. 9 Massnahmen für Neuanlagen

1 Die zur Erteilung der fischereirechtlichen Bewilligung zuständigen Behörden haben unter Berücksichtigung der natürlichen Gegebenheiten und allfälliger anderer Interessen alle Massnahmen vorzuschreiben, die geeignet sind:

- a. günstige Lebensbedingungen für die Wassertiere zu schaffen hinsichtlich:*

1. der Mindestabflussmengen bei Wasserentnahmen,
 5. der Wassertiefe und -temperatur,
 6. der Fliessgeschwindigkeit;
 - b. die freie Fischwanderung sicherzustellen;
 - c. die natürliche Fortpflanzung zu ermöglichen;
 - d. zu verhindern, dass Fische und Krebse durch bauliche Anlagen oder Maschinen getötet oder verletzt werden.
- 2 Lassen sich bei den vorgesehenen Eingriffen in die Gewässer, ihren Wasserhaushalt oder ihren Verlauf sowie bei Eingriffen in die Ufer und den Grund von Gewässern keine Massnahmen finden, die schwerwiegende Beeinträchtigungen von Interessen der Fischerei im Sinne von Artikel 1 verhindern können, so muss nach der Abwägung der Gesamtinteressenlage entschieden werden.
- 3 Massnahmen nach Absatz 1 müssen bereits bei der Projektierung der technischen Eingriffe vorgesehen werden.

Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) vom 1.7.1966, Stand 1.5.2017

Auch im Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) bzw. der dazugehörigen Verordnung (NHV) sind für eine thermische Nutzung relevante Bestimmungen und Vorgaben enthalten. Es geht in einem übergeordneten Sinne ebenfalls um den integralen Schutz von Organismen und Lebensräumen, welche durch Bauten, Anlagen oder anderweitige Beanspruchung beeinträchtigt oder gefährdet sein könnten. Der Lebensraumtyp «Uferbereich» sowie die Vegetationsform «Ufervegetation, inkl. Wasserpflanzen bzw. Wasserpflanzengesellschaften» werden darin explizit aufgeführt. Sie können bei einer Kälte- oder Wärmenutzung sowohl baulich als auch betrieblich betroffen sein.

NHG – Art. 18 (Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt)

1 Dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten ist durch die Erhaltung genügend grosser Lebensräume (Biotope) und andere geeignete Massnahmen entgegenzuwirken. Bei diesen Massnahmen ist schutzwürdigen land- und forstwirtschaftlichen Interessen Rechnung zu tragen.

Ibis Besonders zu schützen sind Uferbereiche, Riedgebiete und Moore, seltene Waldgesellschaften, Hecken, Feldgehölze, Trockenrasen und weitere Standorte, die eine ausgleichende Funktion im Naturhaushalt erfüllen oder besonders günstige Voraussetzungen für Lebensgemeinschaften aufweisen.

1ter Lässt sich eine Beeinträchtigung schutzwürdiger Lebensräume durch technische Eingriffe unter Abwägung aller Interessen nicht vermeiden, so hat der Verursacher für besondere Massnahmen zu deren bestmöglichem Schutz, für Wiederherstellung oder ansonst für angemessenen Ersatz zu sorgen.

Art. 18b – 1 Die Kantone sorgen für Schutz und Unterhalt der Biotope von regionaler und lokaler Bedeutung.

NHG – Art. 21 (Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt)

1 Die Ufervegetation (Schilf- und Binsenbestände, Auenvegetationen sowie andere natürliche Pflanzengesellschaften im Uferbereich (6)) darf weder gerodet noch überschüttet noch auf andere Weise zum Absterben gebracht werden. (6)

(6) inkl. Wasserpflanzen; «Absterben» ist als maximale Stufe einer «nachteiligen Veränderung» gem. GSchV Anh. 1 zu verstehen

NHG – Art. 22 (Schutz der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt)

1 Die zuständige kantonale Behörde kann für das Sammeln und Ausgraben geschützter Pflanzen und das Fangen von Tieren zu wissenschaftlichen sowie zu Lehr- und Heilzwecken in bestimmten Gebieten Ausnahmen gestatten.

2 Sie kann die Beseitigung der Ufervegetation in den durch die Wasserbaupolizei- oder Gewässerschutzgesetzgebung erlaubten Fällen für standortgebundene Vorhaben bewilligen.⁶⁵

NHV – 3. Abschnitt: Schutz der einheimischen Pflanzen- und Tierwelt

Art. 14 Biotopschutz

1 Der Biotopschutz soll insbesondere zusammen mit dem ökologischen Ausgleich (Art. 15) und den Artenschutzbestimmungen (Art. 20) den Fortbestand der wildlebenden einheimischen Pflanzen- und Tierwelt sicherstellen.

2 Biotope werden insbesondere geschützt durch:

- a. Massnahmen zur Wahrung oder nötigenfalls Wiederherstellung ihrer Eigenart und biologischen Vielfalt;*
- b. Unterhalt, Pflege und Aufsicht zur langfristigen Sicherung des Schutzziels;*
- c. Gestaltungsmassnahmen, mit denen das Schutzziel erreicht, bestehende Schäden behoben und künftige Schäden vermieden werden können;*
- d. Ausscheidung ökologisch ausreichender Pufferzonen;*
- e. Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen.*

3 Biotope werden als schützenswert bezeichnet aufgrund:

- a. der insbesondere durch Kennarten charakterisierten Lebensraumtypen nach Anhang 1;*
- b. der geschützten Pflanzen- und Tierarten nach Artikel 20;*
- c. der nach der Fischereigesetzgebung gefährdeten Fische und Krebse;*

d. der gefährdeten und seltenen Pflanzen- und Tierarten, die in den vom BAFU erlassenen oder anerkannten Roten Listen aufgeführt sind;

e. weiterer Kriterien, wie Mobilitätsansprüche der Arten oder Vernetzung ihrer Vorkommen.

4 Die Kantone können die Listen nach Absatz 3 Buchstaben a–d den regionalen Gegebenheiten anpassen.

5 Die Kantone sehen ein zweckmässiges Feststellungsverfahren vor, mit dem möglichen Beeinträchtigungen schützenswerter Biotope sowie Verletzungen der Artenschutzbestimmungen des Artikels 20 vorgebeugt werden kann.

6 Ein technischer Eingriff, der schützenswerte Biotope beeinträchtigen kann, darf nur bewilligt werden, sofern er standortgebunden ist und einem überwiegenden Bedürfnis entspricht. Für die Bewertung des Biotops in der Interessenabwägung sind neben seiner Schutzwürdigkeit nach Absatz 3 insbesondere massgebend:

a. seine Bedeutung für die geschützten, gefährdeten und seltenen Pflanzen- und Tierarten;

b. seine ausgleichende Funktion für den Naturhaushalt;

c. seine Bedeutung für die Vernetzung schützenswerter Biotope;

d. seine biologische Eigenart oder sein typischer Charakter.

7 Wer einen Eingriff vornimmt oder verursacht, ist zu bestmöglichen Schutz-, Wiederherstellungs- oder ansonst angemessenen Ersatzmassnahmen zu verpflichten.

Art. 20 Artenschutz

1 Das unberechtigte Pflücken, Ausgraben, Ausreissen, Wegführen, Anbieten, Verkaufen, Kaufen oder Vernichten, insbesondere durch technische Eingriffe, von wildlebenden Pflanzen der im Anhang 2 aufgeführten Arten ist untersagt.

2 Zusätzlich zu den im Bundesgesetz vom 20. Juni 1986 über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel genannten gelten die wildlebenden Tiere der im Anhang 3 aufgeführten Arten als geschützt. Es ist untersagt, Tiere dieser Arten

a. zu töten, zu verletzen oder zu fangen, sowie ihre Eier, Larven, Puppen, Nester oder Brutstätten zu beschädigen, zu zerstören oder wegzunehmen;

3 Die zuständige Behörde kann zusätzlich zu den Ausnahmegewilligungen nach Artikel 22 Absatz 1 NHG weitere Ausnahmegewilligungen erteilen,

a. wenn dies der Erhaltung der biologischen Vielfalt dient;

b. für technische Eingriffe, die standortgebunden sind und einem überwiegenden Bedürfnis entsprechen. Ihr Verursacher ist zu bestmöglichen Schutz- oder ansonst angemessenen Ersatzmassnahmen zu verpflichten.

4 Die Kantone regeln nach Anhören des BAFU den angemessenen Schutz der im Anhang 4 aufgeführten Pflanzen- und Tierarten.

NHV – ANHANG 1: Liste der schützenswerten Lebensraumtypen

(Auswahl: Seen, Seeufer)

Quellfluren, Gewässer, Uferbereiche, Verlandungsgesellschaften und Flachmoore (u.a. Armleuchteralgenrasen, Laichkrautgesellschaften, Wasserlinsengesellschaften, Seerosengesellschaften, Strandlingsgesellschaften, Stillwasser-Röhricht, Landschilf-Röhricht, Gross- und Kleinseggenrieder, ...)

NHV – ANHANG 2: Liste der geschützten Pflanzen

(... darunter solche, welche durch Bau und Betrieb einer Seewassernutzung betroffen sein könnten)

NHV – ANHANG 3: Liste der geschützten Tiere

(... darunter solche, welche durch Bau und Betrieb einer Seewassernutzung betroffen sein könnten)

NHV – ANHANG 4: Liste der kantonal zu schützenden Arten

(... darunter solche, welche durch Bau und Betrieb einer Seewassernutzung betroffen sein könnten)