

Auftraggeberin

Kanton Thurgau
Departement für Inneres und Volkswirtschaft
Abteilung Energie
Verwaltungsgebäude Promenadenstrasse 8
8510 Frauenfeld
Tel. 058 345 54 80

Auftragnehmerin

CSD Ingenieure AG
Hessstrasse 27
3097 Liebefeld
Tel. 031 970 35 35
www.csd.ch

Markus Sommerhalder
Otto Holzgang
Reto Steiner
Lorenz Fanger
Maurus Hess

DG01536.100

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Ausgangslage und Kontext	7
2.1	Anlass, Motivation	7
2.2	Aufgabenstellung	7
2.3	Ziele der Machbarkeitsstudie	7
3	Grundlagen und methodische Hinweise	8
3.1	Aufbau und Funktionsweise thermische Netze	8
3.2	Geografisches Gebiet und Betrachtungsräume	10
3.3	Rechtliche Grundlagen, Richtlinien, Standards	11
3.4	Erläuterungen zum technisch-ökologischen Potenzial	12
3.5	Temperatur und Abflussmengen Rhein	13
3.6	Wassertemperatur Untersee	14
3.7	Güterabwägung ökologischer Ansprüche	15
4	Voraussetzungen für thermische Nutzung	16
4.1	Genügend Energienachfrage	16
4.2	Berücksichtigung ökologische Anforderungen Wasserseite	16
4.3	Berücksichtigung ökologische Anforderungen Landseite	18
5	Thermische Nutzung Rhein	19
5.1	Gebietsbeschreibung und Übersicht thermische Nutzung Rhein	19
5.2	Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund Diessenhofen	20
6	Thermische Nutzung Bodensee-Untersee	22
6.1	Gebietsbeschreibung und Übersicht thermische Nutzung Untersee	22
6.2	Perimeter für möglichen Wärmeverbund Steckborn	23
6.3	Perimeter für möglichen Wärmeverbund Berlingen	24
6.4	Perimeter für möglichen Wärmeverbund Ermatingen	26
7	Thermische Nutzung Seerhein	29
7.1	Gebietsbeschreibung und Übersicht thermische Nutzung Seerhein	29
7.2	Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund Tägerwilen	30
7.3	Mögliche Erweiterung Wärmeverbund nach Konstanz	31
8	Thermische Nutzung Bodensee-Obersee	34
8.1	Gebietsbeschreibung und Übersicht thermische Nutzung Obersee	34
8.2	Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund Kreuzlingen West	35
8.3	Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund Kreuzlingen Ost	37

8.4	Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund Bottighofen.....	39
8.5	Perimeter für möglichen Wärmeverbund Münsterlingen.....	41
8.6	Perimeter für möglichen Wärmeverbund Uttwil	43
8.7	Perimeter für möglichen Wärmeverbund Romanshorn.....	45
8.8	Perimeter für möglichen Wärmeverbund Arbon.....	47
8.9	Perimeter für möglichen Wärmeverbund Horn	48
8.10	Perimeter für mögliche Energieversorgung Amriswil	50
9	Fazit und Hinweise zur Umsetzung	53
9.1	Potenzial thermische Nutzung See- und Rheinwasser.....	53
9.2	Ausführungshinweise für Planer	55
9.3	Vorschlag zum weiteren Vorgehen	58

Anhangsverzeichnis

Anhang A	Referenzverzeichnis	59
Anhang B	Erläuterungen ökologische Anforderungen Wasserseite	60
Anhang C	Erläuterungen landseitige ökologische Anforderungen	62
Anhang D	Projektorganisation Erarbeitung Machbarkeitsstudie	64

1 Zusammenfassung

Kontext

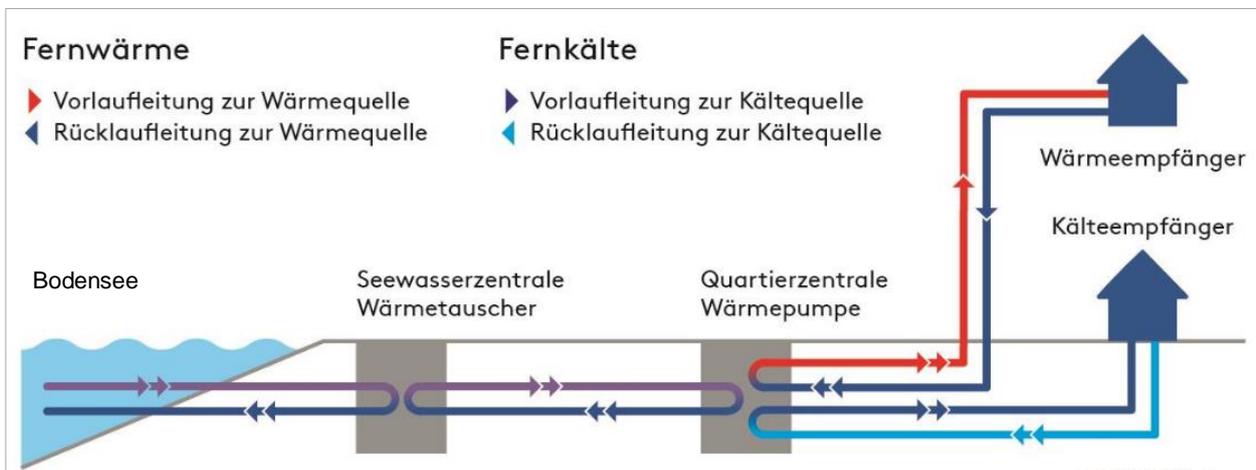
Die Energiestrategie 2050 des Bundes und das Klimaziel, die Treibhausgasemissionen auf Netto-null abzusenken, verlangen den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien, die Erhöhung der Energieeffizienz und die Reduktion der CO₂-Emissionen. Der Bodensee ist ein riesiger Energiespeicher, dessen Potenzial heute bei weitem nicht ausgeschöpft wird.

Aufgabenstellung und Ziele der Machbarkeitsstudie

Mit der vorliegenden Machbarkeitsstudie soll eine Grundlage für den Kanton Thurgau geschaffen werden, die aufzeigt, in welchem Rahmen eine thermische Nutzung des Bodensees und des Rheins aus technischer und ökologischer Sicht machbar ist. Insbesondere sollen die möglichen Potentiale evaluiert und Gebiete mit einer guten Voraussetzung für eine mögliche Umsetzung von Projekten für die Wärme- und Kältenutzung ausgeschieden werden. Wirtschaftliche Überlegungen oder Bewilligungsverfahren sollen nicht bzw. nur am Rande berücksichtigt werden. Mit den Abklärungen soll in einer frühen Projektphase eine bestmögliche Planungssicherheit erreicht und damit Investitionsentscheide erleichtert bzw. angestossen werden.

Thermische Netze

Das Wasser aus Bodensee und Rhein kann zur Deckung des Wärmebedarfs (Raumheizung, Warmwasser und Prozesswärme) und zur Deckung des Kältebedarfs (Klimakälte, gewerbliche Kälte, Industriekälte) genutzt werden. Die Wasser aus dem Bodensee und Rhein muss dazu über ein Rohrleitungsnetz, in getrennten Kreisläufen, zu den Energieverbrauchern geführt werden.



Wesentlichste Elemente einer See- bzw. Rheinwassernutzung (Quelle: WWZ Energie AG)

Vorgehen und Methodik

Eine wesentliche Voraussetzung für einen langfristig wirtschaftlichen Betrieb ist ein genügend hoher Energiebedarf in einem potenziellen Versorgungsumkreis. Grundsätzlich geht es um eine Güterabwägung zwischen thermischer Nutzung der Oberflächengewässer und ökologischer Schutzinteressen, sowohl wasserseitig wie auch landseitig. Eigentliche Ausschlusskriterien für einen Energieverbund wurden nicht identifiziert. Die Vorgaben für die Realisierung der Wasserfassung und Bauten in Ufernähe werden sich auf die Wärme- und Kältegestehungskosten auswirken.

Ergebnisse

Die durchgeführten Abklärungen zeigen 14 potenzielle Gebiete im Kanton Thurgau, die günstige Voraussetzungen für einen Energieverbund bieten. Die in diesen Gebieten nutzbare Wärme aus See- bzw. Rheinwasser beträgt total rund 347'200 MWh/a und rund 59'100 MWh/a Kälte. Damit können etwas mehr als 10 % des fossilen Wärmebedarfs im Kanton Thurgau ersetzt bzw. die CO₂-Emissionen um ebenfalls über

10 % gesenkt werden. Zusätzlich kommt auch die Versorgung von Stadtteilen in Konstanz in Frage, als mögliche Erweiterung des Energieverbundes Kreuzlingen.

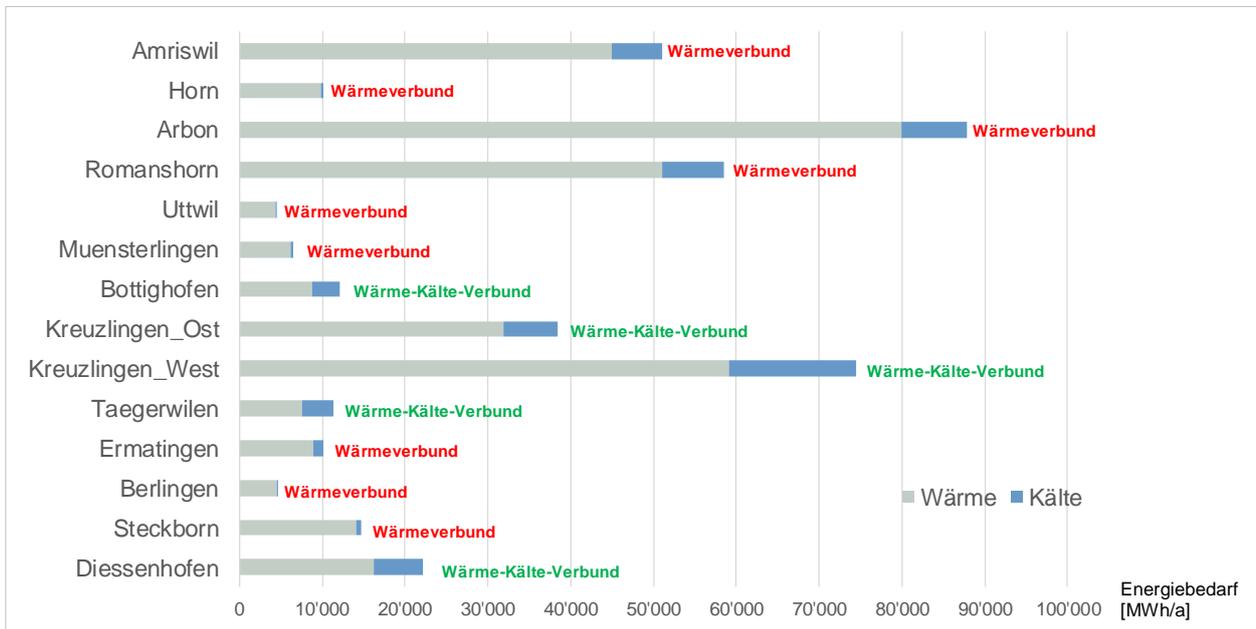


Abbildung: Mögliche Energieverbunde im Kanton Thurgau mit thermischer Nutzung von Bodensee und Rhein unter Berücksichtigung technisch-ökologischer Anforderungen.

Die möglichen Gebiete für Wärmeverbunde bzw. Wärme-Kälte-Verbunde sind auch auf dem Geoportal des Kantons Thurgau unter folgendem Link ersichtlich <https://map.geo.tg.ch/gsu7OV3qhWr>.

Empfehlung zum weiteren Vorgehen

- 1. Wirtschaftliche Machbarkeit prüfen:** In der Regel sind die Investitionskosten und die Energiegestehungskosten entscheidend, ob ein Energieverbund realisiert werden kann. Deshalb soll die wirtschaftliche Machbarkeit der oben beschriebenen Energieverbunde untersucht werden. Es wird empfohlen, auch das Interesse der grossen Wärme- und Kältebezüger für einen Anschluss an den Energieverbund zu klären. Das vorliegende Dokument ersetzt eine sorgfältige Projektplanung nicht.
- 2. Potenzielle Synergien prüfen:** Die technischen Anlagen für die thermische Nutzung von Oberflächenwasser erfordern erhebliche Anfangsinvestitionen. Die Wirtschaftlichkeit kann verbessert werden, wenn entweder die gleiche Infrastruktur über das ganze Jahr genutzt werden kann oder die Investitionskosten mit anderen Vorhaben geteilt werden können. Mögliche Synergien könnten zum Beispiel sein: Nutzung bestehender, stillgelegter Trinkwasserleitungen und -fassungen, Kombination mit Nutzung für Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen, oder auch den Bau von neuen Seestegen für die Befestigung von Seewasserleitungen nutzen.
- 3. Voraussetzungen in den Gemeinden schaffen:** Gewisse Gemeinden sind zur Erarbeitung einer Energieplanung (Energierichtplan) verpflichtet. Es sind Gemeinden im «urbanen Raum» und im «kompakten Siedlungsraum» mit mehr als 2'000 Einwohnern. Für alle erneuerbaren Energieträger ist in einer ersten Phase die Prüfung der reinen technischen Machbarkeit (Verfügbarkeit, Wärme oder Strom, genutztes und ungenutzte Potential) vorzunehmen. Besondere Beachtung sollte im Energierichtplan die thermische Nutzung des Bodensees und Rheins erfahren.

2 Ausgangslage und Kontext

2.1 Anlass, Motivation

Die Energiestrategie 2050 (BFE 2018), zu der die Schweizer Stimmbevölkerung ja gesagt hat und die seit Anfang 2018 umgesetzt wird, verlangt neben dem Ersatz der wegfallenden Kernenergie durch erneuerbare Stromerzeugung auch die Erhöhung der Energieeffizienz und die Reduktion der CO₂-Emissionen. Im August 2019 hat der Bundesrat ein neues Klimaziel für das Jahr 2050 beschlossen (BAFU 2020). Die Schweiz soll bis zu diesem Zeitpunkt die Treibhausgasemissionen auf Netto-null absenken, d.h. nicht mehr Treibhausgase ausstossen, als natürliche und technische Speicher aufnehmen können.

Stand heute werden schweizweit rund zwei Drittel der Gebäude mit fossilen Energien beheizt, also mit Heizöl oder Erdgas (EnergieSchweiz 2020). Um die Ziele 2050 zu erreichen, müssen deshalb die Gebäude energetisch saniert und die Öl- und Gasheizungen sukzessive durch Systeme basierend auf erneuerbaren Energien ersetzt werden. Ein erster Schritt bilden die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (EnDK 2018), die im Kanton Thurgau seit 1. Juli 2020 umgesetzt werden (Kanton Thurgau 2020).

Beim Heizungsersatz von fossilen Brennstoffen zu erneuerbarer Energie kommt heute in den meisten Fällen der Umstieg auf eine Wärmepumpe, eine Holzfeuerung, der Anschluss an ein Wärmenetz oder auch eine Abwärmenutzung in Frage. Die Wärmepumpe nutzt die Umgebungswärme, entweder aus der Luft, aus dem Boden oder aus Wasser. Bei letzterem handelt es sich um Grundwasser, See- oder Flusswasser. Mit Bodensee und Rhein hat ein Teil des Kantons Thurgau direkten Zugang zu einer bedeutenden Energiequelle.

Der Bodensee ist ein riesiger Energiespeicher, der wirtschaftlich, ökologisch und energieeffizient zu Heiz- und Kühlzwecken genutzt werden kann. Das Potenzial wird heute bei weitem nicht ausgeschöpft. Potentielle Investoren zeigen ein Bedürfnis für zusätzliche Informationen im Hinblick auf die Nutzbarkeit dieses Potenzials.

2.2 Aufgabenstellung

Mit der vorliegenden Untersuchung schafft der Kanton Thurgau eine Grundlage, die aufzeigt, in welchem Rahmen eine thermische Nutzung des Bodensees und des Rheins aus technischer und ökologischer Sicht machbar ist. Wirtschaftliche Überlegungen oder Bewilligungsverfahren wurden nicht bzw. nur am Rande berücksichtigt.

Grundsätzlich geht es um eine Güterabwägung zwischen thermischer Nutzung der Oberflächengewässer und anderen Nutzungsansprüchen und Schutzinteressen.

2.3 Ziele der Machbarkeitsstudie

Der Kanton stellt mit der vorliegenden Arbeit eine Grundlage für Gemeinden und private Bauträgerschaften zur Verfügung, um eine zukunftsgerechte thermische See- und Flusswassernutzung zu ermöglichen und entsprechende Investitionsentscheide zu erleichtern bzw. anzustossen.

Mit den Abklärungen zur technischen und ökologischen Machbarkeit soll in einer frühen Projektphase eine bestmögliche Planungssicherheit erreicht werden. Das vorliegende Dokument ersetzt eine sorgfältige Projektplanung nicht.

3 Grundlagen und methodische Hinweise

3.1 Aufbau und Funktionsweise thermische Netze

3.1.1 Allgemeines

Die Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen ist ein wichtiger Bestandteil der schweizerischen Energie- und Umweltpolitik. Die Nutzung von Seewasser als erneuerbare Energiequelle ist bei fachgerechter Planung aus verschiedenen Gründen eine wirtschaftliche, umweltfreundliche und zukunftsgerichtete Lösung.

- Sie ermöglicht eine lokale Energienutzung und erhöht die regionale Wertschöpfung
- Es handelt sich um eine erneuerbare Energiequelle, die nachhaltig im Einklang mit Mensch und Umwelt ist
- Sie ermöglicht eine sehr effiziente Gestaltung im Wärme-/Kälteverbund mit geringen Energieverlusten (z.B. Niedertemperaturnetze)
- Als Niedertemperaturquelle kann zusätzlich ansonsten verlorene Abwärme effizient genutzt werden

Zudem ist Wasser durch seine physikalischen Eigenschaften gut als Energieträger geeignet. Mit dem Bodensee und Rhein stehen lokal grosse Energiequellen zur Verfügung und die Temperatur der Gewässer ist deutlich konstanter als die stark variierende Lufttemperatur. Aufgrund der hohen thermischen Kapazität stellt Wasser einen sehr effektiven Wärmespeicher dar.

3.1.2 Übersicht

Thermische Netze dienen als Oberbegriff für Netze zur Übertragung von Wärme auf allen Temperaturniveaus. Sie werden anhand der Betriebstemperatur unterschieden (für mehr Informationen vgl. zum Beispiel das Faktenblatt Thermische Netze (EnergieSchweiz 2021)).

Das Wasser aus Bodensee und Rhein kann zur Deckung des Wärme- und des Kältebedarfs genutzt werden. Die technische Infrastruktur besteht je nach Nutzungsart aus verschiedenen Kreisläufen (vgl. Abbildung 1 und nachstehende Beschreibungen).

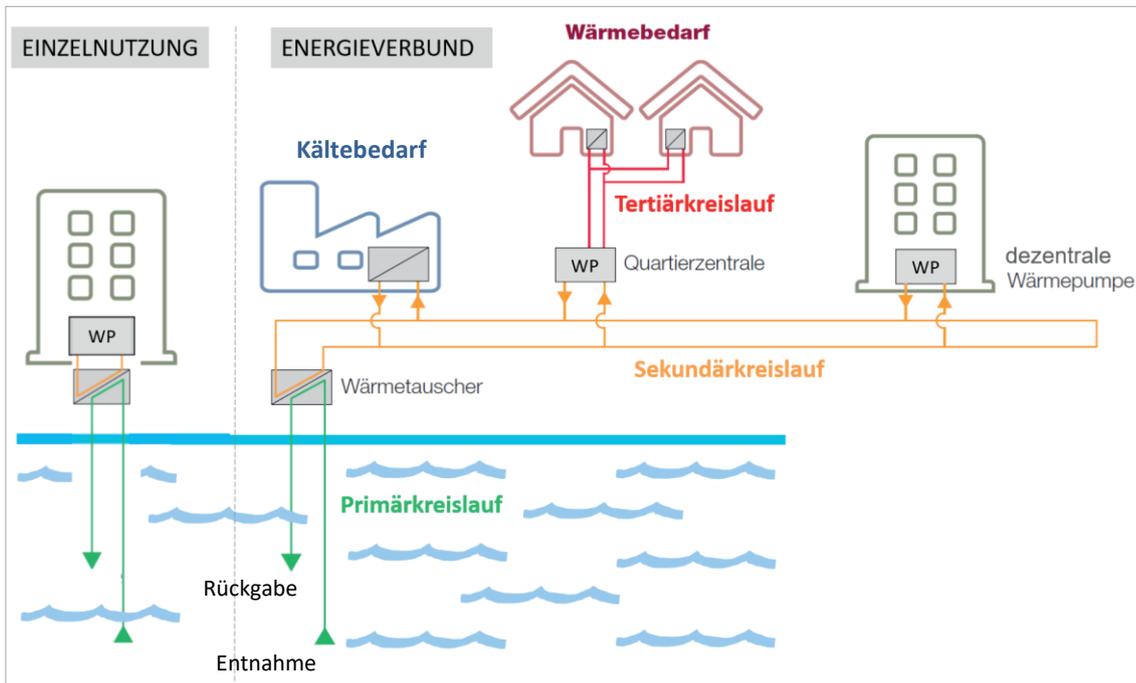


Abbildung 1: Primär-, Sekundär- und Tertiärkreisläufe der thermischen Nutzung (Quelle: Leitfaden Kt. Thurgau)

3.1.3 Primärkreislauf: Wasserfassung, Seewasserleitungen, Pumpstation und Wärmetauscher

Mittels der Entnahmeleitung wird dem See das Wasser mit ca. 4 °C entnommen. Für die reine Wärmenutzung sind höhere Entnahmetemperaturen im Bereich von 8 – 10 °C anzustreben. Das Wasser wird mittels Pumpen gefördert und auf einen Wärmetauscher (Systemtrennung) geführt. Das am Wärmetauscher thermisch genutzte Wasser wird per Rückgabeleitung in den See zurückgeführt. Die Anlagen (Pumpen, Wärmetauscher etc.) sind in der Seewasserzentrale in Seenähe untergebracht. Bei hauptsächlicher Wärmenutzung ist das Rückgabewasser kälter als das Seewasser, bei überwiegender Kältenutzung ist dies wärmer.

3.1.4 Sekundärkreislauf: Niedertemperatur-Wärmeverteilung

Im Sekundärkreislauf zirkuliert der Energieträger Wasser in einem geschlossenen Kreislauf. Das Wasser bildet einen Verbund mit unterschiedlichen Wärme- und Kältebezügern. Bei Niedertemperatur-Verbunden wird für die Wärmenutzung das Temperaturniveau des Transportmediums dezentral mittels Wärmepumpen erhöht. Bei Kältenutzung kann der Kältebedarf entweder direkt („freecooling“) oder für tiefere Temperaturbedürfnisse über Kältemaschinen bereitgestellt werden.

3.1.5 Tertiärkreislauf: Nahwärmeverbund

Der Tertiärkreislauf versorgt aus Quartierzentralen aus die angeschlossenen Gebäude mit Wärme. In der Quartierzentrale wird die Temperatur des den Gebäuden zugeführten Wassers mittels Wärmepumpe auf das benötigte Niveau angehoben.

3.1.6 Energienutzung beim Wärme- und Kältebezüger

Das Wasser aus Bodensee und Rhein kann zur Deckung des Wärmebedarfs genutzt werden. Dafür muss das Temperaturniveau des Wassers mittels Wärmepumpe angehoben werden, für das:

- Heizen von Gebäuden (Raumheizung)
- Erwärmen von Brauchwarmwasser (Boiler)

Das Wasser aus Bodensee und Rhein kann auch für Kühlzwecke genutzt werden. Die Nutzungsmöglichkeit hängt von der Anwendung bzw. von der erforderlichen Kühltemperatur ab (vgl. auch BAFU 2017):

- Klimakälte: Kühlung von Räumen und Gebäuden im Komfortbereich. Dient der menschlichen Behaglichkeit. Bedarf in der warmen Jahreszeit bzw. an heißen Tagen. Nachfrage infolge des Klimawandels und der damit verbundenen ansteigenden Lufttemperaturen zunehmend.
- Gewerbliche Kälte: Konservieren von Lebensmitteln mit fest installierten Einrichtungen in Betrieben, die Waren an Endkunden verkaufen, z.B. Supermärkte, Metzgereien, Restaurants, etc.. Bedarf in der Regel über das ganze Jahr.
- Industriekälte: Anlagen für Vorbereitung, Herstellung oder Aufbewahrung von Produkten, die an Zwischenhändler verkauft werden, oder für das Erbringen von Dienstleistungen, z.B. Server- und Rechenzentren, Kälteanlagen in Druckereien etc.. Bedarf in der Regel über das ganze Jahr.

Eine direkte Kühlung (d.h. ohne aktive Veränderung des Temperaturniveaus des geförderten See- oder Rheinwasser) ist sehr energieeffizient, da keine Kältemaschine notwendig ist. Ist das See- oder Rheinwasser für eine direkte Kühlung zu warm, kann das Wasser zum Rückkühlen von Kältemaschinen verwendet werden, was deren Effizienz vor allem im Sommer deutlich verbessert.

3.2 Geografisches Gebiet und Betrachtungsräume

Für die Machbarkeitsuntersuchung der thermischen Nutzung von Bodensee und Rhein werden vier Betrachtungsräume unterschieden. In diesen sind die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für eine thermische Nutzung ähnlich. Es werden unterschieden: Rhein (blau), Bodensee Untersee (grün), Seerhein (gelb) und Bodensee Obersee (rot).

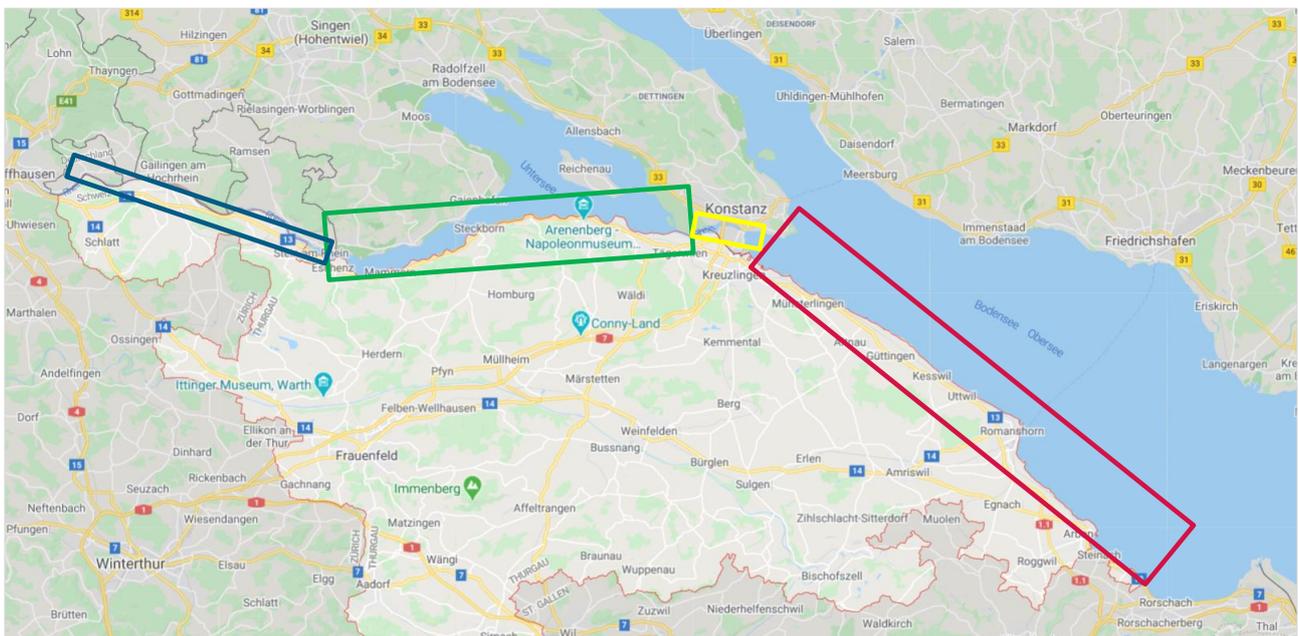


Abbildung 2: Betrachtungsräume thermische Nutzung: Rhein (blau), Bodensee Untersee (grün), Seerhein (gelb) und Bodensee Obersee (rot).

Im Betrachtungsraum Seerhein ist auch das südliche Gebiet der Stadt Konstanz von der Schweizer Grenze bis zum Rhein enthalten (Gebiet Altstadt, Paradies).

3.3 Rechtliche Grundlagen, Richtlinien, Standards

Einige der relevanten eidgenössischen Gesetze und Verordnungen sind:

- Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV; SR 814.201)
- Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz vom 1. Juli 1966 (NHG; SR 451)
- Verordnung über den Schutz der Flachmoore von nationaler Bedeutung vom 7. September 1994 (Flachmoorverordnung; SR 451.33)
- Verordnung über den Schutz der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung) vom 15. Juni 2001 (AlgV; SR 451.34)
- Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel vom 20. Juni 1986 (JSG; SR 922.0)
- Verordnung über die Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung vom 21. Januar 1991 (WZVV; SR 922.32)
- Bundesgesetz über die Fischerei vom 21. Juni 1991 (BGF; SR 923.0)

Im Kanton Thurgau sind weiter zu berücksichtigen.

- Wassernutzungsgesetz vom 25. August 1999 (RB 721.8); Stand 1. Januar 2013
- Verordnung des Regierungsrates zum Wassernutzungsgesetz vom 7. Dezember 1999 (721.81); Stand 1. Januar 2016
- Gesetz zum Schutz und zur Pflege der Natur und der Heimat vom 8. April 1992 (TG NHG; SR Kt. TG 450.1) und zugehörige Erlasse
- Gesetz über die Fischerei vom 27. September 1976 (SR Kt. TG 923.1) und zugehörige Erlasse
- Gesetz über die Energienutzung vom 10. März 2004 (ENG); Stand 1. Juli 2020
- Verordnung des Regierungsrates zum Gesetz über die Energienutzung vom 9. November 2010 (ENV); Stand 1. Juli 2020
- Interkantonale Vereinbarung zwischen den Kantonen Thurgau und St. Gallen über die Fischerei in den Grenzgewässern vom 3. April 1984 (SR Kt. TG 923.2)
- Submerse Makrophyten des Bodensees. Kartierung in den Jahren 2006 bis 2010. Bericht Nr. 58, Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee.
- Vernetzung im Kulturland. Leitfaden für die Praxis (2020). Amt für Raumentwicklung, Kanton Thurgau.
- IGKB 2018: Bodensee-Richtlinien 2005 (mit Änderungen des Kapitels 5 vom 13. Mai 2014 und des Kapitels 6 vom 9. Mai 2018). Mai 2018.
- Kanton Thurgau: Wärme- und Kältenutzung aus dem Bodensee. Leitfaden.

Die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee IGKB besteht seit über 50 Jahren und basiert auf einem Staatsvertrag von 1959 zwischen allen an den Bodensee angrenzenden Ländern. Primäre Aufgabe der IGKB ist die Überwachung und Gewährleistung der Wasserqualität.

Bei der thermischen Nutzung von Bodenseewasser sind die Vorgaben der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee bzw. Kapitel 5 der Bodenseerichtlinie wegweisend (IGKB 2018). Darin ist als Leitgedanke zur thermischen Nutzung von Bodenseewasser zu lesen: «Die thermische Nutzung von Bodenseewasser zur Wärme- und zur Kältegewinnung ist soweit zulässig, als der Zustand des Sees und seiner Lebensgemeinschaften weder in seiner Gesamtheit noch regional bzw. lokal nachteilig beeinträchtigt werden». In diesen Richtlinien finden sich allgemeine Grundsätze und konkrete Mindestanforderungen für Anlagen zur thermischen Nutzung des Seewassers. Später wurden sie durch

einen Leitfaden (resp. eine Planungshilfe) des Kantons Thurgau konkretisiert und durch weitere Informationen ergänzt.

Für den Untersee und Rhein sind keine vergleichbaren spezifischen Regelungen bekannt. Hier gelten die nationalen und kantonalen rechtlichen Vorgaben.

Bei der Energienutzung und Energieversorgung von Gebäuden ist zu erwähnen, dass gemäss gültiger kantonaler Gesetzgebung für bestehende Bauten mit hohem Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser bei einem Ersatz des Wärmeerzeugers ein Anteil des bisherigen Energiebedarfs eingespart oder mit erneuerbaren Energien gedeckt werden muss. Diese Anforderung gilt für Wohnbauten und für Bauten mit gemischter Nutzung mit einem Wohnanteil grösser als 150 m² Energiebezugsfläche. Mit der Standardlösung SL5 «Anschluss an ein Netz mit Wärme aus KVA, ARA oder erneuerbaren Energien» kann diese Vorschrift eingehalten werden (vgl. Kanton Thurgau 2020 und Kanton Thurgau 2020a).

3.4 Erläuterungen zum technisch-ökologischen Potenzial

Wie eingangs erwähnt wurde die Machbarkeit der thermischen Nutzung von Bodensee- und Rheinwasser unter Berücksichtigung energietechnischer und ökologischer Aspekte untersucht. Zur Einordnung und zum besserem Verständnis nachstehend eine kurze Erläuterung zu diesem Begriff (vgl. auch BFE 2006).

3.4.1 Theoretisches Potenzial

Das theoretische Potenzial umfasst das gesamte Angebot von Bodensee- und Rheinwasser auf der Schweizerseite über das ganze Jahr. Das theoretische Potenzial stellt in der Regel die Obergrenze des maximal möglichen Nutzungspotenzials dar. Theoretisch ist das Potenzial sehr gross.

3.4.2 Technisch-ökologisch nutzbares Potenzial

Das technisch-ökologische Potenzial ist der Anteil des theoretischen Potenzials, das unter Berücksichtigung technischer und ökologischer Restriktionen nutzbar ist. Das theoretische Potenzial kann durch verschiedene Faktoren eingeschränkt werden, z.B.:

- Gesetzgebung/Vorschriften (Gewässerschutz, Energie, Raumplanung, ...)
- Ökologische Ansprüche (Flachmoore, Naturschutzgebiete, ...)
- Konkurrenzierende Nutzungen der Oberflächengewässer (Trinkwassernutzung, Schifffahrt, ...)
- Technische Möglichkeiten (Verluste Energieverteilung, Energieumwandlung, ...)
- Zeitliches und räumliches Ungleichgewicht zwischen Energieangebot und Energiebedarf (Wassertemperaturen abhängig von der Jahreszeit, Energiebedarf im Sommer und im Winter, ...)

In der vorliegenden Machbarkeitsstudie wurde das technisch-ökologische Potenzial berücksichtigt.

3.4.3 Wirtschaftlich nutzbares Potenzial

Das wirtschaftliche Potenzial ist der Anteil des technisch-ökologischen Potenzials, der unter den gegenwärtigen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen rentabel genutzt werden kann. Das heisst, die Preise für Wärme und Kälte aus Bodensee und Rhein müssen konkurrenzfähig zu den Preisen alternativer Energiesysteme sein.

In der vorliegenden Arbeit wurden keine Wirtschaftlichkeits- oder Kostenrechnungen durchgeführt. Im Falle der thermischen Nutzung von Oberflächenwasser in Kombination von Energienetzen müssen im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit diese Energiesysteme aber eine gewisse Grösse (Leistungs- und Energiebedarf) aufweisen. Entsprechende Überlegungen im Sinne von Richtwerten sind in die Herleitung des technisch-ökologischen Potenzials eingeflossen (vgl. Kapitel 4.1).

3.5 Temperatur und Abflussmengen Rhein

Für die nutzbare thermische Leistung sind Abflussmengen und Temperatur des Rheins massgebend. Da Heizen und Kühlen saisonabhängig sind, muss der Verlauf der beiden Faktoren über das Jahr betrachtet werden.

3.5.1 Wassertemperatur

Der Temperaturverlauf des Rheins bei Neuhausen am Rheinflall in den Jahren 2017 - 2019 ist aus Abbildung 3 ersichtlich. Die Abbildung zeigt die Häufigkeitsverteilung der monatlichen Tagesmitteltemperaturen. Für die Wärmenutzung in den kühlen Monaten Dezember bis März liegt die Wassertemperatur im Bereich von ca. 4 °C bis ca. 7 °C. Um das Temperaturniveau für das Heizen von Gebäuden bzw. für das Vorwärmen von Brauchwarmwasser erreichen zu können, muss eine Wärmepumpe eingesetzt werden.

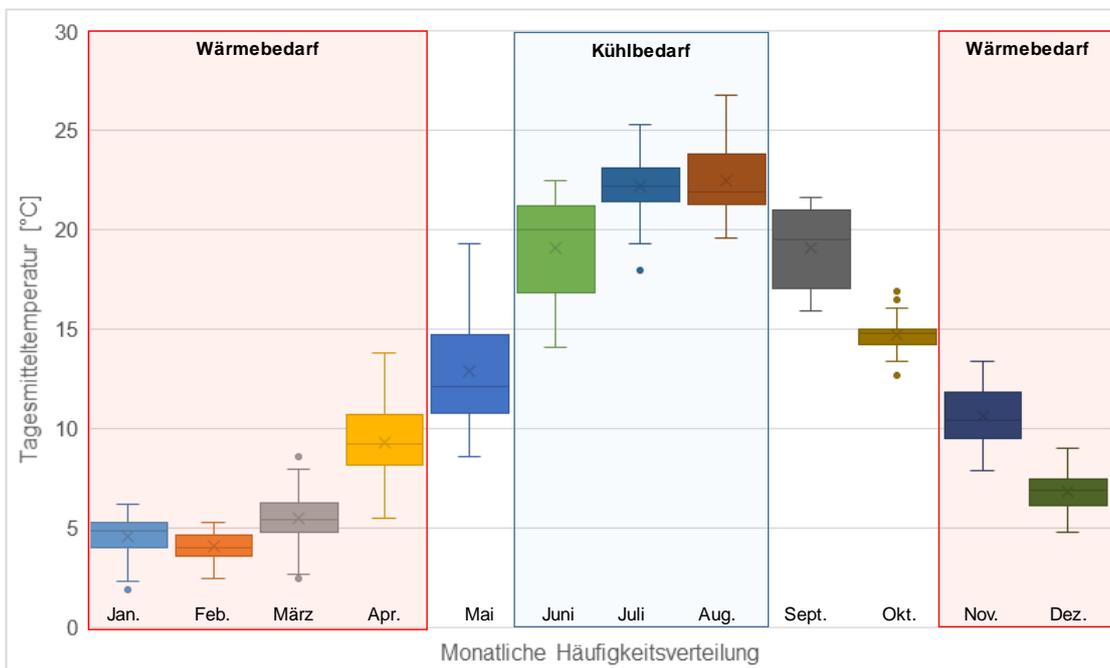


Abbildung 3: Rhein Tagesmitteltemperatur [°C] in den Jahren 2017 - 2019 bei Neuhausen am Rheinflall, Flurlingerbrücke (Quelle: www.hydrodaten.admin.ch).

In den Sommermonaten Juli und August lag die Wassertemperatur bei rund 22 °C bis 24 °C. An einzelnen Tagen werden Tagesmitteltemperaturen über 25 °C gemessen (in den Jahren 2017 - 2019 insgesamt an 14 Tagen).

Massgebend für die Wärmeentnahme und Wärmezufuhr des Rheins ist aus rechtlicher Sicht die Gewässerschutzverordnung (GSchV, Anhang 2, Abschnitt 12 Zusätzliche Anforderungen an Fließgewässer, Absatz 4): «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».

Der Rhein zwischen Untersee und Rheinflall bietet Lebensraum für eine der bedeutendsten Äschenpopulationen in Europa. Zum Schutz der temperaturempfindlichen Äschen ist eine maximale Temperatur von nicht über 24 °C anzustreben.

Bei der Planung von Kälteanlagen ist somit zu berücksichtigen, dass an einzelnen Tagen die Wassertemperatur über 25 °C liegt bzw. 24 °C nicht überschritten werden darf und damit eine Kühlung in dieser Zeit nicht zulässig und temporär eingeschränkt ist. In dieser Zeit ist ein redundantes Kühlsystem erforderlich.

3.5.2 Abflussmengen

Neben der Wassertemperatur ist die Abflussmenge des Rheins für die thermische Nutzung massgebend. In nachstehender Abbildung 4 sind die Abflussmengen ersichtlich. Die Angaben wurden an der gleichen Messstelle und über den gleichen Zeitraum 2017 – 2019 wie die Wassertemperaturen ermittelt.

Im Vergleich zu Wassertemperatur streuen die Abflussmengen wesentlich stärker. In der Heizsaison von November bis März liegen die Abflussmengen zwischen ca. 180 m³/s und ca. 400 m³/s. In den Monaten mit dem grössten Kühlbedarf liegt das Tagesmittel der Abflussmengen im Juli zwischen 340 m³/s bis 480 m³/s und im August zwischen 220 m³/s bis 440 m³/s.

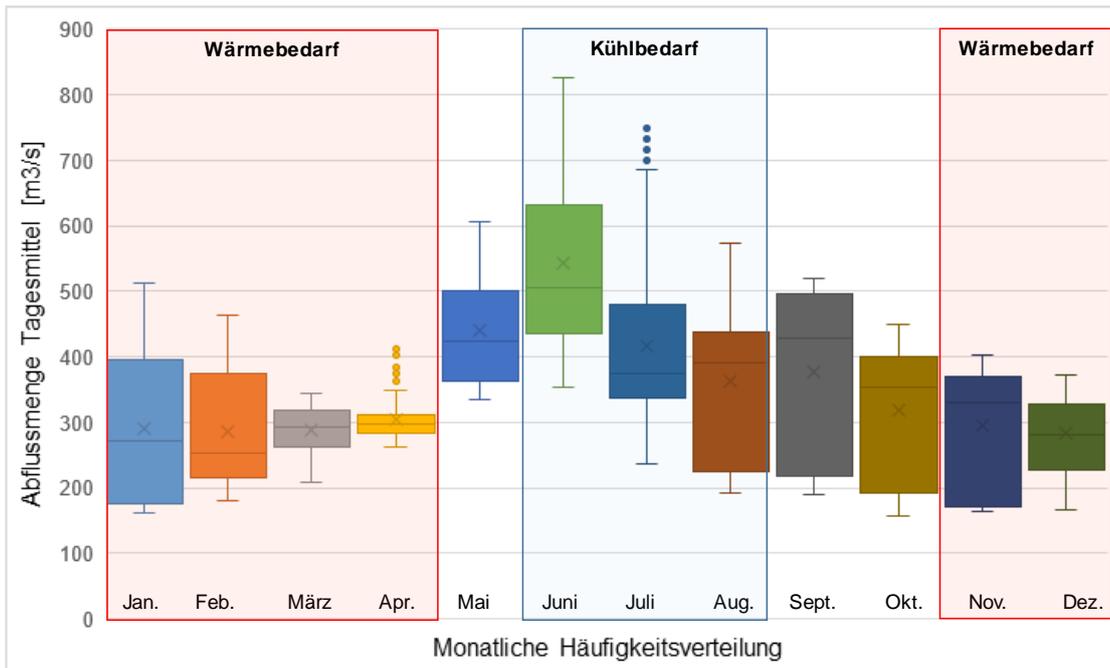


Abbildung 4: Rhein Abflussmengen [Tagesmittel m³/s] in den Jahren 2017 - 2019 bei Neuhausen am Rheifall, Flurlingerbrücke (Quelle: www.hydrodaten.admin.ch).

3.6 Wassertemperatur Untersee

Die Wassertemperaturen des Untersees sind in nachfolgender Abbildung 5 dargestellt. Die Temperaturen werden regelmässig in der Mitte des Sees in verschiedenen Wassertiefen gemessen.

Der Temperaturverlauf in 30 Meter und in 40 Meter Tiefe ist ähnlich. Der maximale, der minimale, der Durchschnittswert und die Streuung liegen nahe beieinander. Für einen Wärme-Kälte-Verbund wäre eine Entnahmetiefe im Bereich von 30 Meter Tiefe zu prüfen. Für einen reinen Wärmeverbund wäre die Entnahme in etwas geringerer Tiefe vorteilhafter, allerdings sind die Wassertemperaturen während der Heizperiode in 20 Meter Tiefe nur minim höher als in 30 Meter Tiefe.

Die geeignete Entnahme- und Rückgabtiefe des Seewassers ist projektspezifisch zu klären und festzulegen.

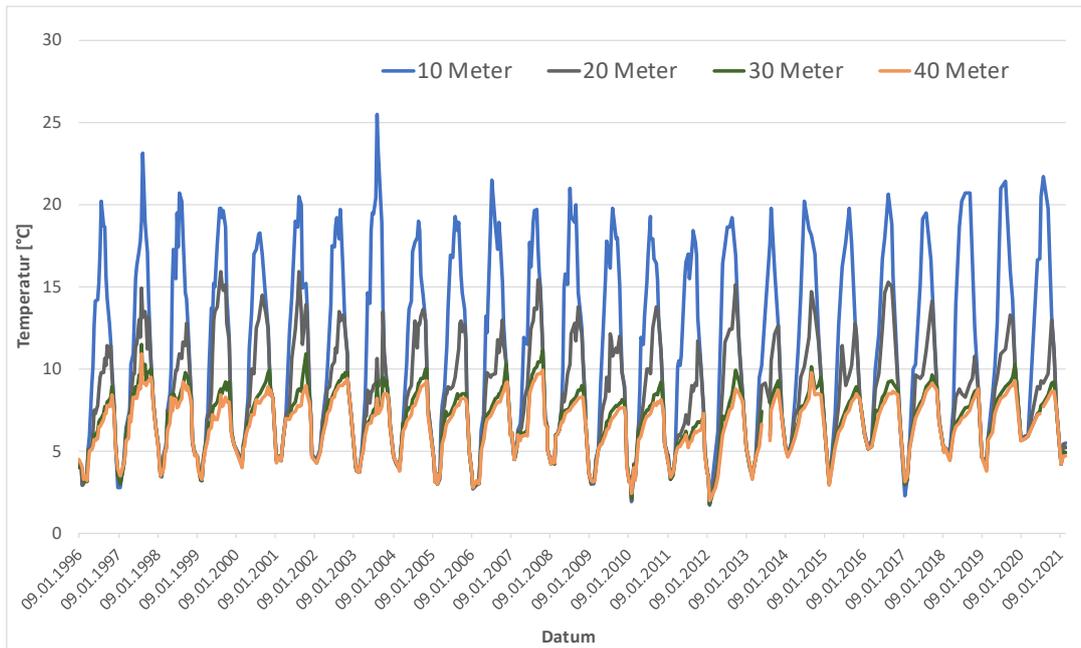


Abbildung 5: Wassertemperatur Untersee in verschiedenen Wassertiefen (10 m, 20 m, 30 m, 40 m) gemessen von 1996 bis 2021 in der Seemitte. (Quelle: AfU Kt. TG, E-Mail vom 8. April 2021).

3.7 Güterabwägung ökologischer Ansprüche

Der Bodensee und der Rhein decken vielfältige Bedürfnisse ab. Sie sind Lebensraum für Tiere und Pflanzen, sind Verkehrswege für die Schifffahrt und auch Erholungs- und Freizeitraum, um nur einige zu nennen. Zudem dient das Wasser des Bodensees auch der Trinkwasserversorgung (vgl. auch Kapitel 3.4.2).

Im Hinblick auf die thermische Nutzung wurde eine qualitative Güterabwägung unter Berücksichtigung verschiedener Nutzungs- und Schutzinteressen vorgenommen. Dabei wurde auf rechtliche und regulatorische Vorgaben abgestützt aber auch Praxiserfahrungen sowie die kantonale Vollzugspraxis berücksichtigt. Die Diskussionen wurden im Rahmen von zwei Sitzungen mit der Projektgruppe geführt (Mitglieder der Projektgruppe vgl. Anhang D). Das Resultat der Diskussionen bzw. die Vorgaben für die thermische See- und Rheinwassernutzung aus ökologischer Sicht sind zusammenfassend in den nachfolgenden Kapiteln 4.2 und 4.3 sowie detaillierter im Anhang B und Anhang C beschrieben.

4 Voraussetzungen für thermische Nutzung

4.1 Genügend Energienachfrage

4.1.1 Wärmebedarf

Für den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmeverbundes muss ein gewisser Wärmebedarf in einem bestimmten Gebiet vorhanden sein. Mit den Erträgen aus der gelieferten/verkauften Energie können dann die vergleichsweise hohen Anfangsinvestitionen in die Wärmebereitstellung und -verteilung über die Jahre finanziert werden. Günstig für den Aufbau und Betrieb eines Energieverbundes sind grosse Energiebezügler wie beispielsweise Spitäler, Industriebetriebe, Mehrfamilienhausquartiere etc..

Im Hinblick auf einen langfristig wirtschaftlichen Betrieb wurde die minimale Wärmebedarfsdichte von heute 450 MWh pro Hektar und Jahr gewählt. Es ist davon auszugehen, dass der Wärmebedarf für das Heizen infolge Klimawandel und Gebäudesanierungen künftig abnehmen wird. Deshalb darf das Potenzial mittel- und langfristig nicht überschätzt werden.

Die Wärmebedarfsdichte wurde aus den GIS-Daten des Kantons Thurgau übernommen (GIS-Datensatz der Wärmebedarfsdichte Kanton Thurgau). Auf den nachfolgenden Kartenausschnitten sind die Gebiete mit einer minimalen Wärmebedarfsdichte von über 450 MWh pro Hektar und Jahr dargestellt.

Bei der Berechnung des Anteils erneuerbare Energie wird von einem Deckungsgrad von 80 % mit Wasser aus Bodensee und Rhein bzw. einem Leistungsanteil von 50 % ausgegangen. Die Deckung des Spitzenbedarfs erfolgt aus wirtschaftlichen Überlegungen mit einem zweiten Energiesystem.

4.1.2 Kältebedarf

Im Zusammenhang mit der thermischen Nutzung von Wasser aus Bodensee und Rhein ist neben der Wärme- auch die Kältenachfrage von grossem Interesse.

Die Datengrundlage für die Herleitung des Kältebedarfs ist weniger gut als diejenige für die Wärmenachfrage. Die Kältenachfrage basiert auf den Angaben, welche dem Bundesamt für Umwelt aufgrund der Meldepflicht für stationäre Anlagen mit Kältemitteln vorliegen. Erfasst werden stationäre Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel Füllung. Die Kälteleistung und der Kältebedarf wurde für die verschiedenen Verwendungszwecke von Kälteanlagen (Klimakälte, gewerbliche Kälte, Industrielle Kälte) grob abgeschätzt. Berücksichtigt für die Bestimmung der Perimeter wurden Anlagen mit einer Leistung von grösser 10 kW.

In den nachfolgenden Kartenausschnitten mit den untersuchten Gebieten sind die Kälteanlagen nicht ersichtlich. Die Standorte waren für die Bearbeitung bekannt und wurden für die Definition der möglichen Versorgungsperimeter genutzt. Aus Datenschutzgründen dürfen die Standorte der Anlagen aber nicht veröffentlicht werden.

Der Kanton Thurgau verzichtet grundsätzlich auf reine Kühlnutzungen aus dem Bodensee (Kt. TG Leitfaden für Wärme- und Kältenutzung aus dem Bodensee, Seite 3). Für eine kombinierte Wärme- und Kältenutzung wurde von einem Kälteanteil von mindestens 30 % ausgegangen (vgl. Entscheidungsdiagramm gemäss HSLU 2019). Ein Niedertemperaturnetz kann auch bei genügend Abwärmefall in einem Gebiet in Frage kommen, was in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht bzw. berücksichtigt wurde.

4.2 Berücksichtigung ökologische Anforderungen Wasserseite

Wichtige ökologische Bereiche der Seen sind Uferzonen und Flachwasserbereiche. Die nachstehende Tabelle enthält die Übersicht zu den wasserseitigen, ökologischen Anforderungen sowie die Hinweise und

Vorgaben für die thermische Nutzung von Bodensee und Rhein. Detailliertere Erläuterungen zu den einzelnen ökologischen Anforderungen befinden sich in Anhang B.

Welche ökologischen Aspekte lokal vorkommen und zu berücksichtigen sind, ist weiter unten für den Rhein in Kapitel 5, für den Bodensee-Untersee in Kapitel 6, für den Seerhein in Kapitel 7 und für den Bodensee-Obersee in Kapitel 8 beschrieben.

Anforderung, Schutzgut	Erläuterungen	Hinweise/Vorgaben
Amphibien-laichgebiete	Schutz von Fortpflanzungsgebieten für Salamander, Molche, Unken, Kröten, Frösche. Hoher Schutzstatus, ungeschmälerter Erhaltung.	Bau von Leitungen zulässig. Zeitliche Einschränkung beim Bau , d.h. während der Laichzeit im Frühling bis Frühsommer dürfen keine Leitungen gebaut werden. Keine Gebäude/Anlagen in diesen Gebieten.
Wasservogel-reservate	Erhaltung des Gebiets als Rast- und Nahrungsplatz für überwinterte Wasservogel (Enten, Schwäne, Möwen, Seeschwalben etc.), hauptsächlich durch ein Jagdverbot und den Schutz vor Störungen.	Bau von Anlagen, Gebäuden und Leitungen zulässig. Zeitliche Einschränkungen beim Bau , d.h. vom 1. Oktober bis 31. März keine Bauarbeiten.
Fischschon-gebiete	Gebiete, in denen der Fischfang zum Schutz der Fische jahreszeitlich eingeschränkt ist.	Bau von Anlagen, Gebäuden und Leitungen unter Vorbehalten möglich. D.h. Leitungsverlegung ausserhalb der Laichzeiten der Fische. Zeitliche Einschränkung beim Bau. Schonzeiten Bodensee für Seeforelle 1. Nov. – 31. Jan.; Felchen 1. April – 30. Juni. Schonzeiten Rhein 1. März – 31. Mai (Kanton TG 2020b, S. 13 Fischfauna).
Private Fischereirechte /Fischreiser	Ausübung der Fischerei ist nur mit schriftlicher Bewilligung des Eigentümers gestattet. Der Grund gehört jedoch der öffentlichen Hand.	Bau von Anlagen, Gebäuden und Leitungen möglich. Einbezug Eigentümer, allfällige Entschädigungen festlegen Fischreiser: Wasserfassung und Rückgabe nicht innerhalb der Wehrpfähle eines Reisers.
Wasser-pflanzen-bewuchs	Wasserpflanzenbewuchs in Flachwasserbereich. Transecte (Satz von Mess- bzw. Beobachtungspunkten entlang einer geraden Linie) zeigen den Wasserpflanzenbewuchs.	Bau von Anlagen, Gebäuden und Leitungen möglich. Nur grabenloser Leitungsbau bis unter die Zone mit Wasserpflanzenbewuchs (ca. 10 – 15 m Wassertiefe) zulässig (Kt. TG Leitfaden, S. 6). Anschliessend kann die Leitung auf dem Seegrund aufgelegt werden.
Zone archäologischer Funde /Archäologische Fundstellen	Zone und Fundstellen früherer Siedlungen (z.B. Pfahlbauten) im Uferbereich des Boden- und Untersees.	Bau von Anlagen, Gebäuden und Leitungen grundsätzlich möglich. Ein frühzeitiger Einbezug des Amtes für Archäologie wird dringend empfohlen. Soll die Leitung in den obersten Metern des Seegrundes zu liegen kommen, ist ein offener Graben zu bevorzugen. Soll die Leitung tiefer als ca. 6 Meter in den Seegrund gelegt werden, steht ein grabenloser Leitungsbau im Vordergrund.

Tabelle 1: Übersicht Anforderungen mit Hinweisen/Vorgaben bezüglich thermischer Nutzung Seewasser und Rhein (**wasserseitig**).

4.3 Berücksichtigung ökologische Anforderungen Landseite

Wichtige ökologische Bereiche der Seen sind Uferzonen und Flachwasserbereiche. Die nachstehende Tabelle enthält die Übersicht zu den landseitigen, ökologischen Anforderungen sowie die Hinweise und Vorgaben für die thermische Nutzung von Bodensee und Rhein. Detailliertere Erläuterungen zu den einzelnen ökologischen Anforderungen befinden sich in Anhang B.

Welche ökologischen Aspekte in welchen Gemeinden vorkommen und zu berücksichtigen sind, ist weiter unten in Kapitel 5 für den Rhein, in Kapitel 6 für den Bodensee-Untersee, in Kapitel 7 für den Seerhein und Kapitel 8 für den Bodensee-Obersee beschrieben.

Anforderung, Schutzgut	Erläuterungen	Hinweise/Vorgaben
Flachmoore	Flachmoore sind ungeschmälert zu erhalten	Ausschlussgebiete, d.h. Bau von Gebäuden und Leitungen nicht erlaubt.
Naturschutzgebiete (Moore, Trockenwiesen)	Naturschutzgebiete bilden wertvolle Rückzugsgebiete für seltene Tier- und Pflanzenarten.	Ausschlussgebiete, d.h. Bau von Gebäuden und Leitungen nicht erlaubt. Vorbehaltsgebiete für Leitungen, d.h. Bau der Leitungen im grabenlosen Verfahren.
Naturobjekte	Einzelbäume, Hecken, Ufervegetation, Kiesgruben, Parkanlagen, o.ä.	Bei der Detailplanung berücksichtigen. Keine grundsätzlichen Vorbehalte.
Vernetzungskorridore	Vernetzungskorridore sind Verbindungen zwischen einzelnen Naturschutzgebieten und sollen Tier- und Pflanzenarten den Austausch ermöglichen	Während der Bau- und der Betriebsphase keine neuen Hindernisse erstellen. Bei Detailplanung berücksichtigen.
Ökomorphologie	Zeigt, ob ein Ufer eines Sees oder Fließgewässers natürlich ausgebildet oder anthropogen beeinträchtigt ist	Für den Bau von Gebäuden und Leitungen: <ul style="list-style-type: none"> • Bei naturfremden, naturfernen und beeinträchtigten Uferabschnitten: keine Einschränkungen • Bei naturnahen und natürlichen Uferabschnitten: Ausgleichsmassnahmen oder grabenloser Leitungsbau
Zone archäologischer Funde	Die Zone archäologischer Funde ist ein Hinweis, dass eine gewisse Wahrscheinlichkeit für archäologische Funde besteht	Bau von Gebäuden und Leitungen grundsätzlich möglich. Amt für Archäologie frühzeitig kontaktieren und in die Planung einbeziehen.

Tabelle 2: Übersicht Anforderungen mit Hinweisen/Vorgaben bezüglich thermischer Nutzung Seewasser und Rhein (**landseitig**).

5 Thermische Nutzung Rhein

5.1 Gebietsbeschreibung und Übersicht thermische Nutzung Rhein

Auf dem Gebiet des Kantons Thurgau stossen die Gemeinden Schlatt, Diessenhofen und Wagenhausen an den Rhein (vgl. nachstehende Abbildung 6).

Es wurden mögliche Energieverbunde in den Ortschaften von Diessenhofen, Wagenhausen und Kaltenbach untersucht. Von diesen sind die Voraussetzungen für einen Energieverbund in Diessenhofen am günstigsten.

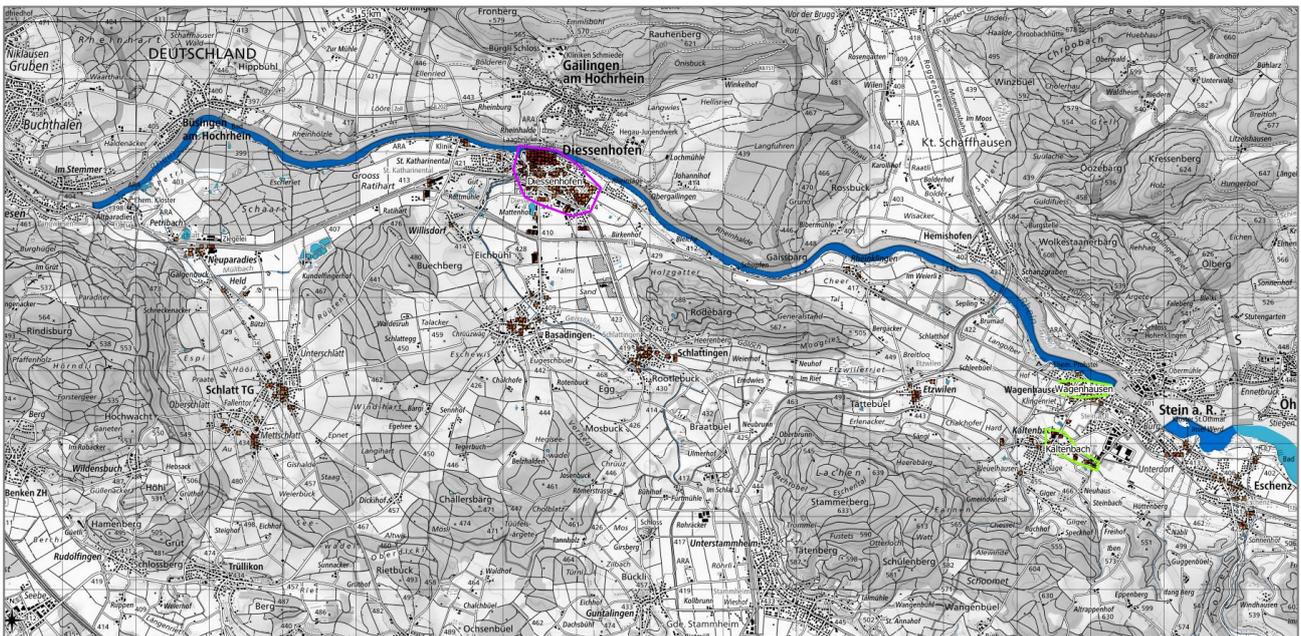


Abbildung 6: Kartenausschnitt Gemeinden Kanton Thurgau mit Rheinanstoss bzw. Nähe zum Rhein.

Die bei der Planung und Ausführung eines Energieverbunds lokal vorkommenden und zu berücksichtigenden ökologischen Aspekte sind in nachstehender Tabelle 3 zusammengefasst.

		Wasserseitige ökologische Aspekte						Landseitige ökologische Aspekte							
Quelle	PLZ Name Ortschaft	Wärmeverbund	Wärme-Kälte-Verbund	Amphibienlaichgebiete	Wasservogelreservate	Fischschongebiete	Private Fischereirechte / Fischreiser	Wasserpflanzenbewuchs	Zone archaischer Funde / Archaische Fundstellen	Flachmoore	Naturschutzgebiete (Moore, Trockenwiesen)	Naturobjekte	Vernetzungskorridore	Ökomorphologie	Zone archaischer Funde
Rhein	8252 Schlatt														
Rhein	8253 Diessenhofen		X	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	
Rhein	8254 Basadingen														
Rhein	8259 Wagenhausen														
Rhein	8259 Kaltenbach														

Tabelle 3: Potenzielle Gebiete für Energieverbunde in Ortschaften mit Rheinanstoss oder Rheinnähe mit Hinweisen zu wasser- und landseitig zu beachtenden ökologischen Aspekten.

Wie erwähnt, können die Voraussetzungen für einen Energieverbund lokal unterschiedlich sein. Detailliertere Abklärungen im Rahmen der durchgeführten Arbeiten konnten in der dafür notwendigen Bearbeitungstiefe nicht durchgeführt werden. Je nach den lokalen Gegebenheiten, den Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit und stärkerer Gewichtung weiterer Faktoren (z.B. Nutzung lokaler erneuerbarer Ressourcen) kann die Realisierung kleinerer Energieverbunde möglich sein.

5.2 Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund Diessenhofen

5.2.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 7 zeigt den Kartenausschnitt von der Gemeinde Diessenhofen mit dem Perimeter des möglichen Wärme-Kälte-Verbundes.

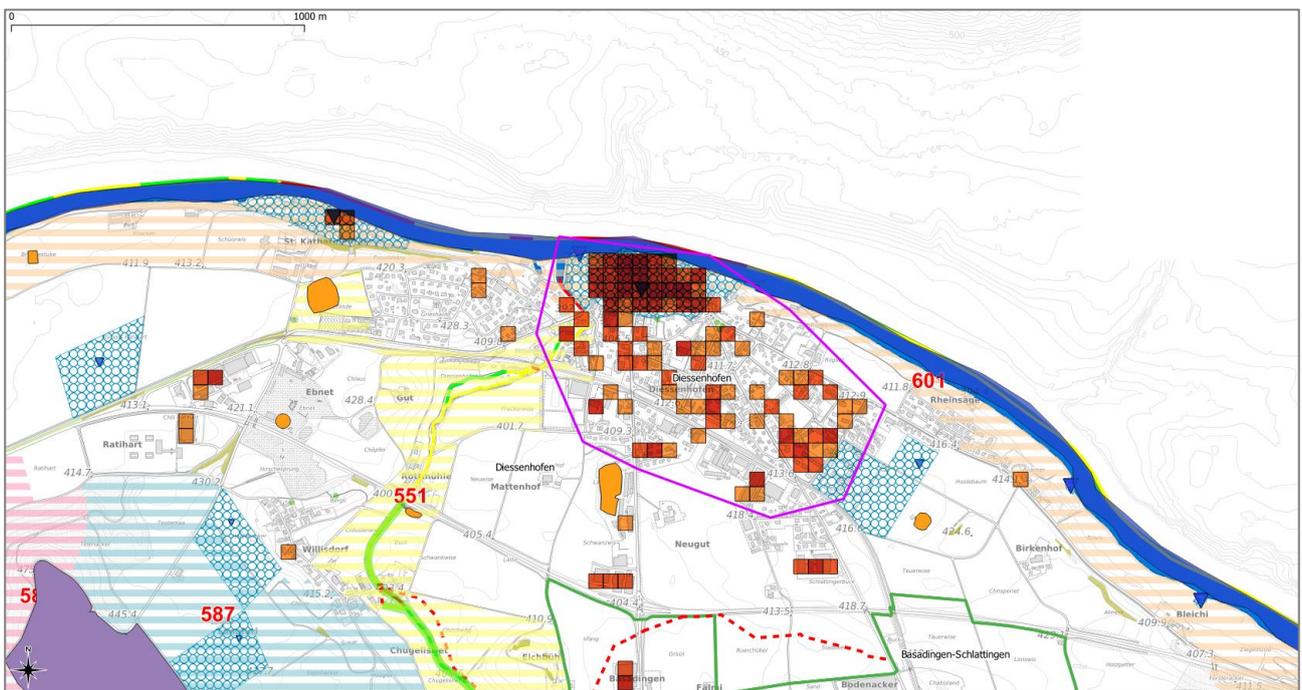


Abbildung 7: Kartenausschnitt Gemeinde Diessenhofen mit Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund.

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 230 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fließgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze

- Gemeindegrenze

Landseitige Themen

- Flachmoore
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete
- Gebiete Punkte Richtplan
- Gebiete Richtplan
- Naturobjekte
- Punkte (Bäume, Hecke, ...)
- Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
- Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
- Vernetzungskorridore (Nr.)
- ~ Ökomorphologie (Fließgewässer, ..)
- Zone archäologischer Funde
- ▼ ▼ Archäologische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewässer
- Wasserzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischschongebiete
- Felchenschongebiet
- Seeforellenschongebiet
- Private Fischereirechte
- Bürgergemeinde Diessenhofen
- Politische Gemeinde Eschenz
- Privatpersonen
- Fischreiser

5.2.2 Energienachfrage

Im bezeichneten Perimeter liegt die Wärmenachfrage bei total ca. 20'000 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 16'000 MWh/a mit Flusswasser gedeckt werden.

Im Perimeter befinden sich 32 grössere Kältebezüger (Anlagen > 10 kW Leistung) mit total rund 5'900 MWh Kältebedarf.

Die energietechnischen Voraussetzungen für einen reinen Wärmeverbund sind gegeben, je nach Interesse möglicher Kältebezüger ist auch ein Wärme-Kälte-Verbund denkbar.

5.2.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Der Rhein bei Diessenhofen ist rund 85 - 95 Meter breit. Er bildet in der Mitte die Landesgrenze zu Deutschland. Im Bereich des Stadtkerns ist der Rhein als Zone archäologischer Funde definiert. Falls die Rheinwasserfassung hier geplant würde, müsste mit einer längeren Bauzeit gerechnet werden.

Die Pumpstation bzw. die Wasserfassung sollten grundsätzlich möglichst nahe bei den Energiebezügern liegen. Als Standort der Pumpstation kommen am ehesten Gebiete stromaufwärts und abwärts der Altstadt in Frage. Parallel zum Rhein verläuft eine Landschaftsschutzzone und der Vernetzungskorridor 601. Für dessen Querung und die Leitungsverlegung steht das grabenlose Verfahren im Vordergrund.

Die massgeblichen Grössen einer thermischen Nutzung des Rheins sind die Abflussmengen und die Temperatur des Flusswassers. Flusswasser ist in der Regel im Frühling, Sommer und Herbst kälter als die Umgebungsluft. Je nach erforderlichem Kühltemperaturniveau beim Verbraucher kann es direkt zum Kühlen verwendet werden. Auch wenn das Rheinwasser für die direkte Kühlung zu warm ist, kann es zum Rückkühlen von Kältemaschinen verwendet und damit die Effizienz einer Kälteanlage vor allem im Sommer merklich verbessert werden (vgl. auch Kapitel 3.5).

Wie oben beschrieben ist heute der Rhein an einzelnen Tagen im Sommer bereits wärmer als 25 °C. Ab dieser Temperatur ist eine Flusswasserkühlung nicht mehr zulässig. D.h. je nach Anforderungen an die Kühltemperatur braucht es ein redundantes Kühlsystem. Der Rhein zwischen Untersee und Rheinfluss ist Lebensraum für eine der bedeutendsten Äschenpopulationen in Europa. Zum Schutz der temperaturempfindlichen Äschen ist eine maximale Temperatur von nicht über 24 °C anzustreben.

Die erforderliche Entnahmemenge ist für die ausgewiesene Kältenachfrage auch bei Niedrigwasser des Rheins sehr gut möglich.

5.2.4 Landseitige Verteilung

Die Altstadt mit ihren historischen Bauten ist einerseits Zone archäologischer Funde und weist andererseits teilweise eher enge Platzverhältnisse auf. Die Möglichkeiten der Leitungsführung sind in einem nächsten Schritt zu prüfen. Im Gebiet mit archäologischen Funden ist für die Ausführung genügend Zeit einzurechnen. Ob eine Erschliessung des Gebiets auf der anderen Seite der SBB Gleise wirtschaftlich ist, wird vom Interesse möglicher Energiebezüger abhängen.

5.2.5 Erstbeurteilung

Der Rhein weist genügend Energiepotenzial auf, um den Energiebedarf im Perimeter decken zu können. Im Sommer ist die Nutzung zu Kühlzwecken wegen Rheinwassertemperaturen über 25 °C bzw. zum Schutz der Äschenpopulation über 24 °C zeitweise nicht möglich. Grundsätzlich wird ein genügend hoher Anteil Kältebedarf für einen kombinierten Wärme-Kälteverbund vermutet.

Im Zusammenhang mit den Abklärungen zur wirtschaftlichen Machbarkeit sollen die Standorte der Wasserfassung und Pumpstation sowie bei der Energieverteilung die Altstadt und die Erschliessung der Gebiete jenseits der SBB Gleise geprüft werden.

6 Thermische Nutzung Bodensee-Untersee

6.1 Gebietsbeschreibung und Übersicht thermische Nutzung Untersee

Auf dem Gebiet des Kantons Thurgau stossen die Gemeinden Eschenz, Mammern, Steckborn, Berlingen, Salenstein und Ermatingen an den Untersee (vgl. nachstehende Abbildung 8).

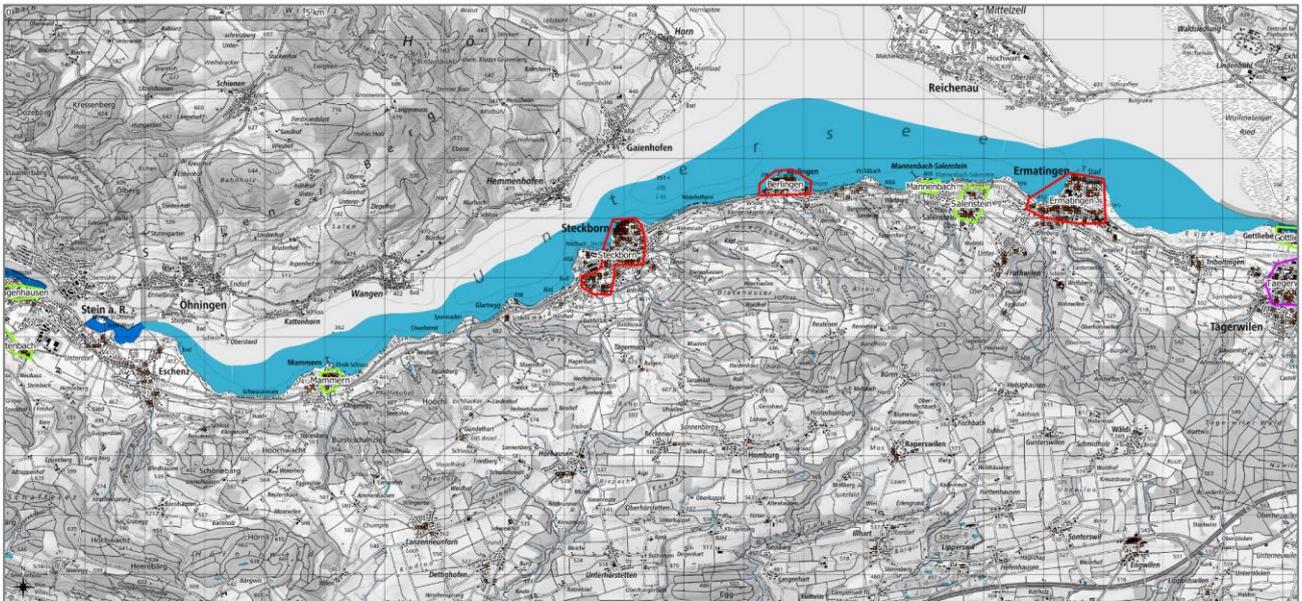


Abbildung 8: Kartenausschnitt Gemeinden Kanton Thurgau am Untersee.

Die Machbarkeit von Energieverbunden wurde in den Ortschaften Mammern, Steckborn, Berlingen, Mannenbach, Salenstein und Ermatingen untersucht.

Unter Berücksichtigung der vorgängig beschriebenen technisch-ökologischen Aspekte und den Anforderungen an die Wärme- und Kältenachfrage sind die Voraussetzungen für einen Wärmeverbund in Steckborn, Berlingen und Ermatingen am günstigsten.

Quelle	PLZ	Name Ortschaft	Wasserseitige ökologische Aspekte						Landseitige ökologische Aspekte						
			Wärmeverbund	Wärme-Kälte-Verbund	Amphibienlaichgebiete	Wasservogelreservate	Fischschongebiete	Private Fischereirechte / Fischreiser	Wasserpflanzenbewuchs	Zone archaischer Funde / Archaische Fundstellen	Flachmoore	Naturschutzgebiete (Moore, Trockenwiesen)	Naturobjekte	Vernetzungskorridore	Ökomorphologie
Bodensee-Untersee	8264	Eschenz													
Bodensee-Untersee	8265	Mammern													
Bodensee-Untersee	8266	Steckborn	X		-	-	-	X	k.A.	X	-	-	X	X	X
Bodensee-Untersee	8267	Berlingen	X		-	-	-	X	k.A.	-	-	-	-	X	-
Bodensee-Untersee	8268	Salenstein													
Bodensee-Untersee	8268	Mannenbach													
Bodensee-Untersee	8272	Ermatingen	X		X	X	X	X	k.A.	X	X	-	X	X	X

Tabelle 4: Potenzielle Gebiete für Energieverbunde in Ortschaften am Untersee mit Hinweisen zu wasser- und landseitige zu beachtenden ökologischen Aspekten. (k.A. = keine Angaben)

Wie erwähnt, können die Voraussetzungen für einen Energieverbund lokal unterschiedlich sein. Detailliertere Abklärungen im Rahmen der durchgeführten Arbeiten konnten in der dafür notwendigen Bearbeitungstiefe nicht durchgeführt werden. Je nach den lokalen Gegebenheiten, den Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit und stärkerer Gewichtung weiterer Faktoren (z.B. Nutzung lokaler erneuerbarer Ressourcen) kann die Realisierung kleinerer Energieverbunde möglich sein.

6.2 Perimeter für möglichen Wärmeverbund Steckborn

6.2.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 9 zeigt den Kartenausschnitt von Steckborn mit dem Perimeter des möglichen Wärmeverbundes.

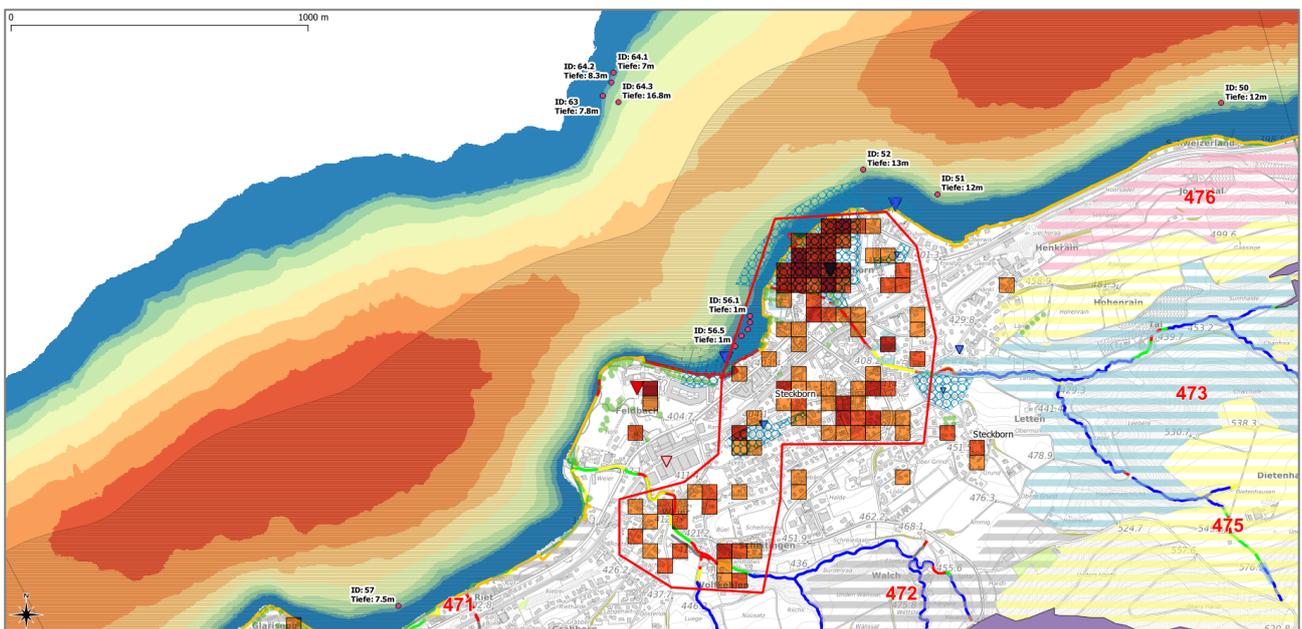


Abbildung 9: Kartenausschnitt Steckborn mit Perimeter für möglichen Wärmeverbund.

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 230 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fließgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze

-

Landseitige Themen

- Flachmoore
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete**
- Gebiete Punkte Richtplan
- Gebiete Richtplan
- Naturobjekte**
- Punkte (Bäume, Hecke, ...)
- Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
- Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
- Vernetzungskorridore (Nr.)
- Ökomorphologie (Fließgewässer, ..)
- Zone archäologischer Funde
- Archäologische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewässer
- Wasserzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischschongebiete**
- Felchenschongebiet
- Seeforellenschongebiet
- Private Fischereirechte**
- Burgergemeinde Diessenhofen
- Politische Gemeinde Eschenz
- Privatpersonen
- Fischreiser

6.2.2 Energienachfrage

Im bezeichneten Perimeter liegt die Wärmenachfrage bei total 17'600 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 14'000 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter befinden sich 6 Kältebezüger (Anlagen > 10 kW Leistung) mit total rund 700 MWh/a Kältebedarf. Der Kältebedarf für einen kombinierten Wärme-Kälte-Verbund ist zu tief.

6.2.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Der Untersee ist deutlich weniger tief als der Obersee. Die Wasserentnahme bei einer Tiefe von rund 30 Meter ist in Richtung Nordosten in ca. 500 Meter Distanz und in Richtung Westen in rund 800 Meter vom Ufer aus erreichbar. Für Informationen zum Temperaturprofil des Untersees siehe Kapitel 3.6.

Vereinzelt sind Fischreiser in 1 Meter Tiefe und weiter entfernt vom Ufer in 13 Meter Tiefe vorhanden. Vor der Altstadt befindet sich im Wasser eine grössere Zone mit archäologischen Funden.

Zu beachten ist die Einhaltung des vorgeschriebenen Abstandes zwischen der Rückgabestelle des Wärmeverbundes und der Trinkwasserfassung des Seewasserwerks Steckborn.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Standorte für die Seewasserzentrale betrachtet. Zum einen im Westen des Perimeters beim Seeschulhaus/Spielplatz. Zum anderen vom Parkplatz Schützengraben aus, der rund 100 Meter vom Ufer entfernt liegt. Dies ist nötig, weil in diesem Gebiet private Grundstücke direkt am Ufer liegen und diese kaum als Standort in Frage kommen.

6.2.4 Landseitige Verteilung

Im Perimeter befinden sich vier Zonen mit archäologischen Funden, die für die Planung und Ausführung in der Regel einen höheren Aufwand und Zeitbedarf erfordern. Vor allem im westlichen Teil des Perimeters sind einige Naturobjekte vorhanden, auch beim Seeschulhaus. Die Bahnlinie verläuft in einigem Abstand zum Ufer durch den Perimeter.

6.2.5 Erstbeurteilung

Einige grosse Verbraucher befinden sich im Perimeter, die einen Wärmeverbund interessant machen. Wie weit südwärts der Perimeter wirtschaftlich erschlossen werden kann, muss in einem nächsten Schritt anhand von Wirtschaftlichkeitsüberlegungen geklärt werden. Ebenfalls sollen die geeignete Seewasser-Entnahmetiefe und die Standortmöglichkeiten für die Seewasserzentrale näher abgeklärt werden.

6.3 Perimeter für möglichen Wärmeverbund Berlingen

6.3.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 10 zeigt den Kartenausschnitt von Berlingen und den Perimeter des möglichen Wärmeverbundes.

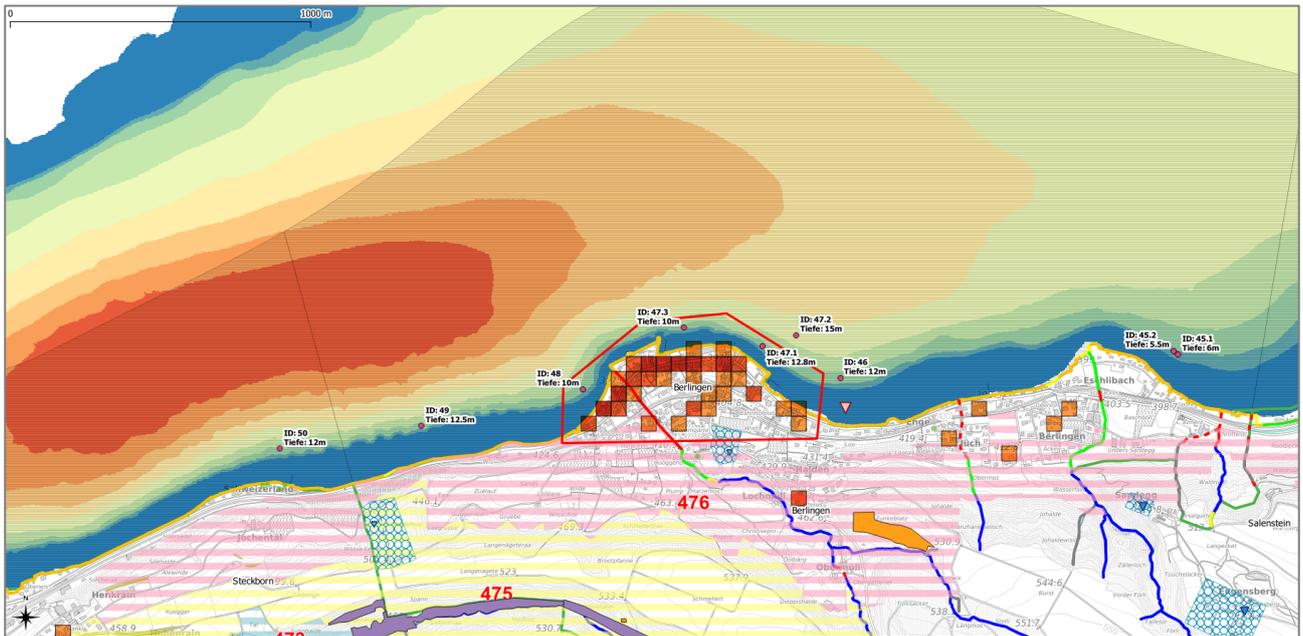


Abbildung 10: Kartenausschnitt Berlingen mit Perimeter für möglichen Wärmeverbund.

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 230 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fliessgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze

-

Landseitige Themen

- Flachmoore
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete**
- Gebiete Punkte Richtplan
- Gebiete Richtplan
- Naturobjekte**
- Punkte (Bäume, Hecke, ...)
- Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
- Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
- Vernetzungskorridore (Nr.)
- ~ Ökomorphologie (Fließgewässer, ..)
- Zone archäologischer Funde
- ▼ Archäologische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewässer
- Wasserzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischschongebiete**
- Felchenschongebiet
- Seeforellenschongebiet
- Private Fischereirechte**
- Burgergemeinde Diessenhofen
- Politische Gemeinde Eschenz
- Privatpersonen
- Fischreiser

6.3.2 Energienachfrage

Im bezeichneten Perimeter liegt die berechnete Wärmenachfrage bei total ca. 5'600 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 4'500 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter befindet sich eine Kälteanlage mit einem Kältebedarf rund 40 MWh/a (Anlagen > 10 kW Leistung). Für einen kombinierten Wärme-Kälte-Verbund ist der Kältebedarf zu gering.

6.3.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Der Untersee ist wesentlich weniger tief als der Obersee. Die Wasserentnahme bei einer Tiefe von rund 30 Meter ist in Richtung Nordwesten in ca. 400 Meter Distanz vom Ufer aus möglich. Für Informationen zum Temperaturprofil des Untersees siehe Kapitel 3.6.

Einige wenige Fischreiser befinden sich in 10 m bis 15 m Tiefe in rund 70 bis 150 m Distanz vom Ufer entfernt.

Die Seewasserleitung könnte beispielsweise vom Hafenbereich aus starten. Der Hafen ist als Zone für öffentliche Bauten definiert, was günstig für den Bau einer Seewasserzentrale ist.

6.3.4 Landseitige Verteilung

Via Seestrasse könnte ein überwiegender Teil der grösseren Wärmenachfrager direkt erschlossen werden. Der Wildbach im Perimeter ist bereits als künstlich/naturfremd klassiert. An der Südseite des Perimeters befindet sich eine Zone archäologischer Funde. Ob die Querung der Bahngleise in Richtung Süden sinnvoll ist, muss unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte untersucht werden.

6.3.5 Erstbeurteilung

Der Wärmebedarf von rund 5'600 MWh/a ist für einen Betrieb eines Seewasser-Wärmeverbundes eher an der unteren Grenze. Die Wirtschaftlichkeit des Wärmeverbundes muss im nächsten Schritt geklärt werden.

6.4 Perimeter für möglichen Wärmeverbund Ermatingen

6.4.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 11 zeigt den Kartenausschnitt von Ermatingen und den Perimeter des möglichen Wärmeverbundes.

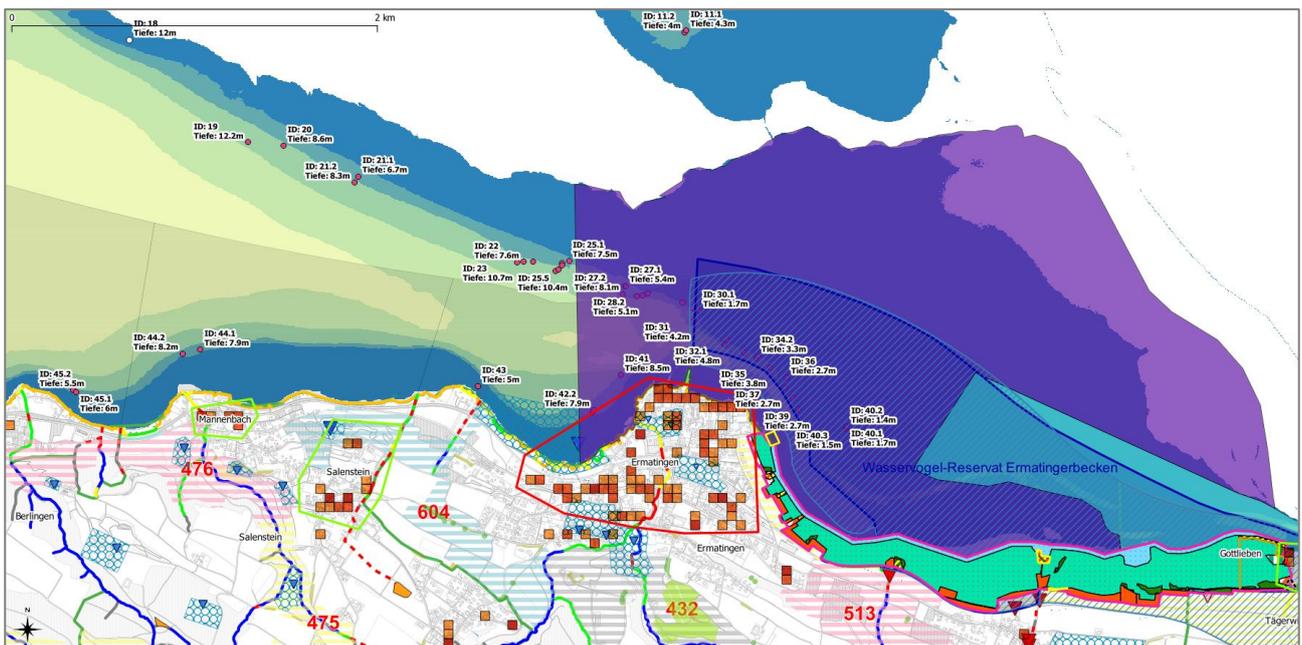


Abbildung 11: Kartenausschnitt Ermatingen mit Perimeter für möglichen Wärmeverbund.

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 230 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fliessgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze

Landseitige Themen

- Flachmoore
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete
- Gebiete Punkte Richtplan
- Gebiete Richtplan
- Naturobjekte
- Punkte (Bäume, Hecke, ...)
- Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
- Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
- Vernetzungskorridore (Nr.)
- Ökomorphologie (Fliessgewässer, ..)
- Zone archäologischer Funde
- Archäologische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewässer
- Wasserzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischschongebiete
- Felchenschongebiet
- Seeforellenschongebiet
- Private Fischereirechte
- Burggemeinde Diessenhofen
- Politische Gemeinde Eschenz
- Privatpersonen
- Fischreiser

6.4.2 Energienachfrage

Im bezeichneten Perimeter liegt die berechnete Wärmenachfrage bei total 11'200 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 9'000 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter befinden sich sieben Kältebezüger mit total rund 1'200 MWh Kältebedarf (Anlagen > 10 kW Leistung). Dieser Kältebedarf ist für einen kombinierten Wärme-Kälte-Verbund zu gering.

6.4.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Seeseitig befindet sich das Felchenschongebiet Untersee (Schonzeit 1. April – 30. Juni). Vorgelagert, im Abstand von ca. 200 Meter vom Ufer, beginnt in Richtung Osten das Wasservogel-Reservat Ermatingerbecken. Ebenfalls auf der Ostseite beginnt das Amphibienlaichgebiet, das sich bis nach Gottlieben ausdehnt. Das Gebiet wird von einer Flachmoorzzone überlagert. Flachmoore geniessen einen hohen Schutzstatus. Anlagen und Gebäude dürfen nicht gebaut werden.

Im Abstand von 150 Meter bis 700 Meter vom Ufer liegen in Tiefen von 3 bis 11 Meter ca. 30 Fischreiser. Die Uferlinie ist mehrheitlich beeinträchtigt bis naturfern, nur zwei Abschnitte sind naturnah. Der Untersee vor Ermatingen ist eher flach. In Richtung Westen wird eine Tiefe von 20 bis 25 m mit ca. 300 - 500 m Seeleitung erreicht. Für Informationen zum Temperaturprofil des Untersees siehe Kapitel 3.6.

Im westlichen Teil der Bucht befindet sich eine archäologische Zone und eine archäologische Fundstelle.

Zu beachten ist die Einhaltung des vorgeschriebenen Abstandes zwischen der Rückgabestelle des Wärmeverbundes und der Trinkwasserfassung des Seewasserwerks Ermatingen.

Für eine Seewasser-Entnahme wurden der Abschnitt zwischen Strandbad Westerfeld, der Bereich vor der Industriezone (Sauter Verpackungen) und im östlichen Teil das Gebiet beim Spielplatz Horn betrachtet.

6.4.4 Landseitige Verteilung

Gemäss Aussage der Gemeinde ist die Verteilung von Energie mit einem Verbund im historischen, engen Dorfteil schwierig/nicht machbar. Da dieses Gebiet nördlich der Bahnlinie aus Sicht Wärmebedarf interessant ist, wurde es im Rahmen dieser Abklärungen nicht ausgeschlossen.

Landseitig kommen ebenfalls archäologische Zonen und Funde vor. Der Vernetzungskorridor 604 erreicht im Westen das Ufer des Bodensees.

6.4.5 Erstbeurteilung

Die Wärmebezugsleistung aus dem Seewasser mit über 2.5 MW und die Wärmebezugsdichte mit über 2 MWh pro Trasseemeter und Jahr weisen darauf hin, dass die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmeverbundes günstig sind. Der Bau der Seewasserfassung und Seewasserleitung in Richtung Westen ist eher geeignet als in Richtung Osten, da in dieser Richtung vergleichsweise grössere Einschränkungen vorhanden sind (Flachmoor, Amphibienlaichgebiet, Wasservogelreservat, Wassertiefen). Die Versorgung des historischen Stadtteils sollte unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Kriterien überprüft werden.

7 Thermische Nutzung Seerhein

7.1 Gebietsbeschreibung und Übersicht thermische Nutzung Seerhein

Auf dem Gebiet des Kantons Thurgau stossen die Gemeinden Gottlieben und Tägerwilen an den Seerhein (vgl. nachstehende Abbildung 12).

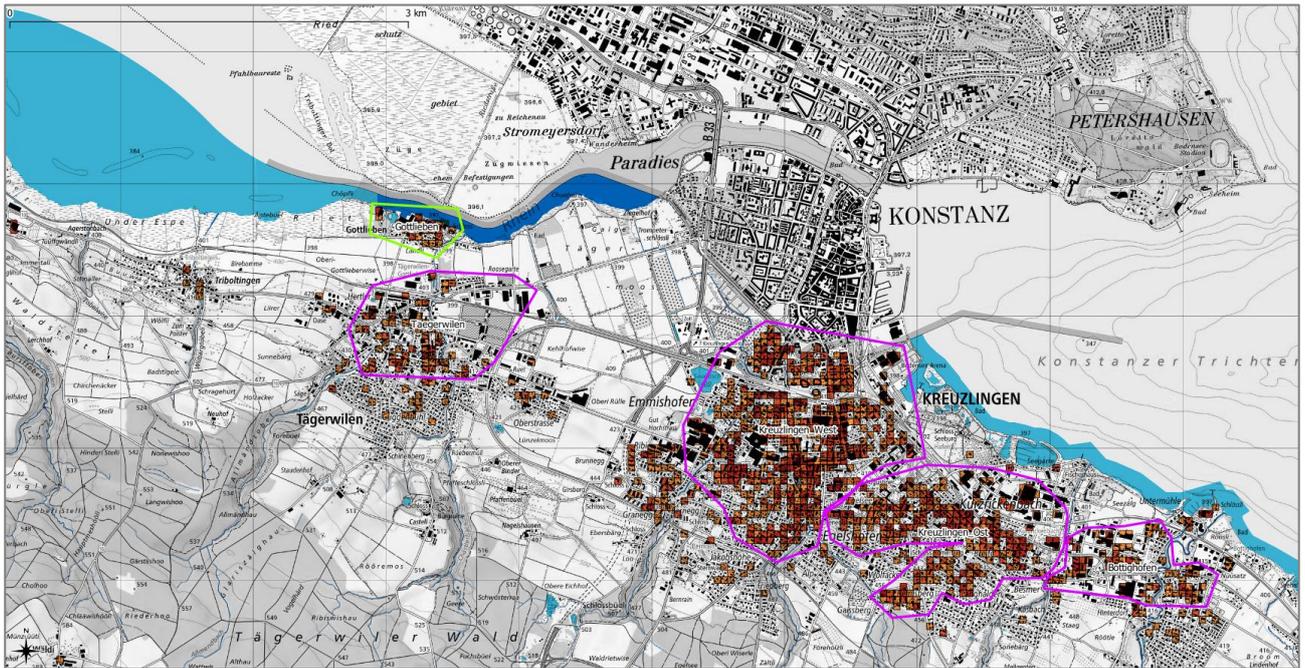


Abbildung 12: Kartenausschnitt Gemeinden Kanton Thurgau am Seerhein.

		Wasserseitige ökologische Aspekte							Landseitige ökologische Aspekte						
Quelle	PLZ Name Ortschaft	Wärmeverbund	Wärme-Kälte-Verbund	Amphibienlaichgebiete	Wasservogelreservate	Fischschongebiete	Private Fischereirechte / Fischreiser	Wasserpflanzenbewuchs	Zone archäologischer Funde / Archäologische Fundstellen	Flachmoore	Naturschutzgebiete (Moore, Trockenwiesen)	Naturobjekte	Vernetzungskorridore	Ökomorphologie	Zone archäologischer Funde
Seerhein	8274 Gottlieben														
Seerhein	8274 Tägerwilen	x		x	x	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x

Tabelle 5: Potenzielle Gebiete für Energieverbunde in Ortschaften am Seerhein mit Hinweisen zu wasser- und landseitige zu beachtenden ökologischen Aspekten. (k.A. = keine Angaben)

Unter Berücksichtigung der vorgängig beschriebenen technisch-ökologischen Aspekte und den Anforderungen an die Wärme- und Kältenachfrage sind die Voraussetzungen für einen Energieverbund in Tägerwilen am günstigsten. Entlang des Seerheins wurde auch ein Energieverbund in Gottlieben näher betrachtet. Die Energienachfrage wurde für einen wirtschaftlichen Betrieb als zu gering beurteilt.

Wie erwähnt, können die Voraussetzungen für einen Energieverbund lokal unterschiedlich sein. Detailliertere Abklärungen im Rahmen der durchgeführten Arbeiten konnten in der dafür notwendigen Bearbeitungstiefe nicht durchgeführt werden. Je nach den lokalen Gegebenheiten, den Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit

und stärkerer Gewichtung weiterer Faktoren (z.B. Nutzung lokaler erneuerbarer Ressourcen) kann die Realisierung eines kleineren Energieverbundes in Gottlieben möglich sein.

Die Stadt Konstanz auf der deutschen Seite und die Stadt Kreuzlingen auf der Schweizer Seite arbeiten bei der Energie- und Notwasserversorgung bereits gut und erfolgreich zusammen. Zurzeit werden gemeinsam Überlegungen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung angestellt. Vor diesem Hintergrund haben der Kanton Thurgau und Konstanz beschlossen, das Gebiet der Stadt Konstanz ab der deutschen Grenze bis zum Rhein in die Machbarkeitsabklärungen einzubeziehen.

7.2 Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund Tägerwilen

7.2.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 13 zeigt den Kartenausschnitt von Tägerwilen und den Perimeter des möglichen Wärme-Kälte-Verbundes.

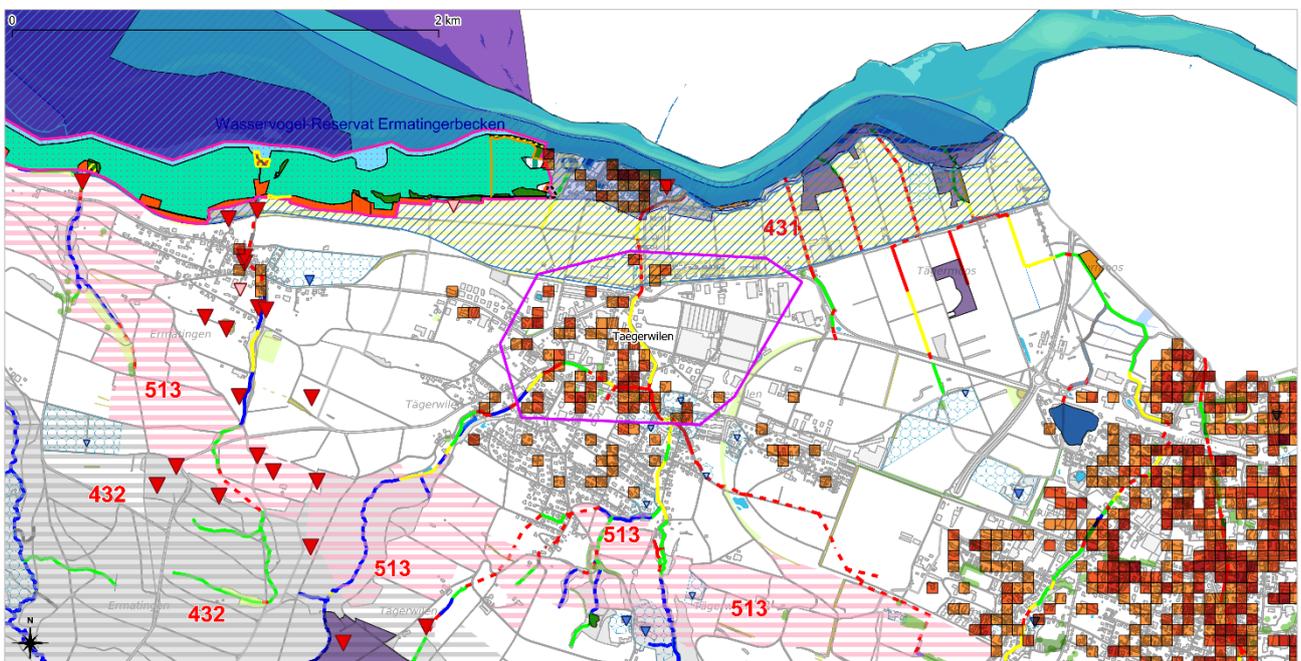
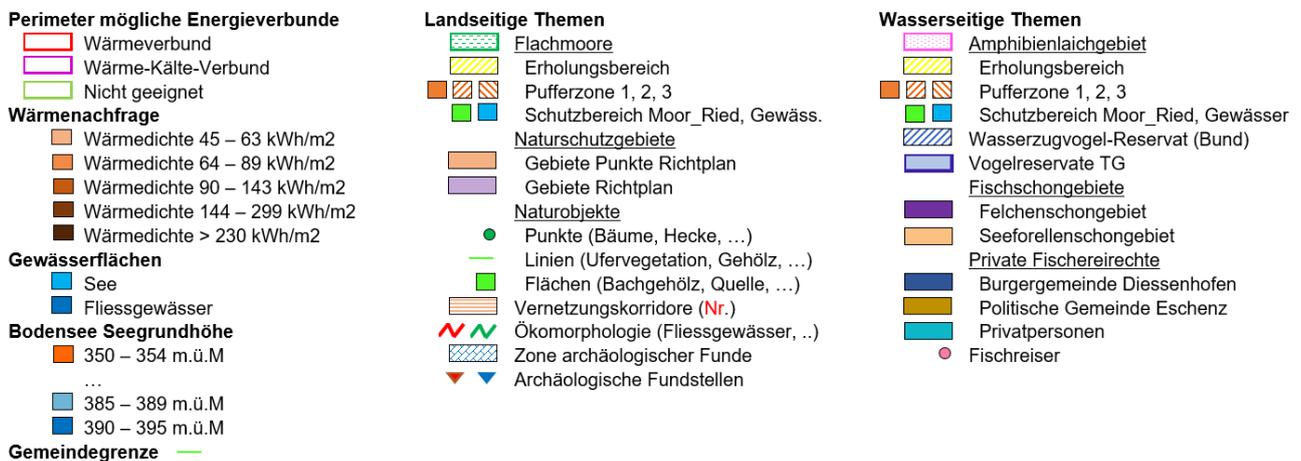


Abbildung 13: Kartenausschnitt Tägerwilen mit Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund.



7.2.2 Energienachfrage

Im bezeichneten Perimeter liegt die berechnete Wärmenachfrage bei total 9'500 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 7'500 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter befinden sich über 15 Kältebezüger mit total rund 3'800 MWh Kältebedarf (Anlagen > 10 kW Leistung). Dieser Kältebedarf ist genügend hoch für einen kombinierten Wärme-Kälte-Verbund.

Der betrachtete Perimeter umfasst Teile der Gemeinde Tägerwilen. Eine Wärmeversorgung von Gottlieben in Kombination mit Tägerwilen ist grundsätzlich nicht ausgeschlossen und je nach Lage des Pumpwerks für die Wasserfassung prüfenswert.

7.2.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Seeseitig reicht das Wasservogel-Reservat Ermatinger Becken bis zum Seerhein. Auch das Amphibienlaichgebiet ab Ermatingen dehnt sich bis vor Gottlieben aus.

Für eine Seewasser-Entnahme wurde der Abschnitt am Seerhein in Gottlieben und Tägerwilen betrachtet. Der Seerhein weist im Abschnitt vor Gottlieben eine Tiefe von max. 10 - 20 m auf. Die optimale Tiefe der Seewasserfassung ergibt sich aus den Temperaturverhältnissen im Seerhein über das Jahr.

Heute sind in Gottlieben und Tägermoos rund 180'000 m³/a Entnahmemenge aus dem Seerhein für die Bewässerung konzessioniert.

7.2.4 Landseitige Verteilung

Landseitig ist das Wasservogel-Reservat Ermatinger Becken zu beachten. Das Vernetzungsgebiet 431 verläuft ausserhalb des Siedlungsgebiets entlang dem Ufer mit einer Streifenbreite von rund 300 bis 500 Metern. Im Perimeter befinden sich einige Naturobjekte.

Westlich von Gottlieben befindet sich das Amphibienlaichgebiet und deckungsgleich ein Flachmoor von nationaler Bedeutung (Espen Riet bei Ziegelhof). Östlich von Gottlieben bzw. östlich vom Schlossgarten befinden sich kleinere Naturschutzgebiete sowie die Badi.

Im Raum Tägerwilen befinden sich Gemüsekulturen auf einer Fläche von rund 900 Aren. Bei der weiteren Prüfung des Energieverbundes sind mögliche Synergien und eine Kombination mit der Bewässerung prüfenswert.

7.2.5 Erstbeurteilung

Im definierten Perimeter besteht genügend Wärme- und Kältebedarf für einen kombinierten Wärme-Kälte-Verbund. Die gleichzeitige Energieversorgung von Gottlieben sollte näher untersucht werden. Für die Wasserfassung und Erschliessung des Seerheins dürften ausgewählten Abschnitte östlich von Gottlieben in Frage kommen. Dabei ist zu beachten, dass die Leitung durch das Wasservogelreservat (Streifen von 160 – 180 Meter) führt und beim Bau zeitlichen Einschränkungen unterliegt. Die optimale Tiefe und der Ort der Seewasserfassung ist unter Berücksichtigung der Temperaturverhältnisse im Seerhein zu ermitteln.

7.3 Mögliche Erweiterung Wärmeverbund nach Konstanz

7.3.1 Situation

Die nachfolgenden Beschreibungen basieren auf dem Energienutzungsplan der Stadt Konstanz (Konstanz 2018). Die Unterlagen wurden freundlicherweise für diese Arbeit zur Verfügung gestellt.

Die Stadt Konstanz hat im Jahr 2018 den Energienutzungsplan erstellt. Damit wurde die Grundlage für mehr Klimaschutz und eine zukunftsfähige Energieversorgung geschaffen. Neben der Reduktion des

Energieverbrauchs und die Umstellung auf erneuerbare Energien wurde auch die regionale Wertschöpfung berücksichtigt.

Im Rahmen der durchgeführten Arbeiten zum Energienutzungsplan wurden Schwerpunktgebiete für die Optimierung der Energieversorgung identifiziert. Diese Gebiete eignen sich besonders für die Umsetzung energetischer Massnahmen, insbesondere auch für den Aufbau eines Wärmenetzes.

Auf dem Stadtteil zwischen der Landesgrenze und dem Rhein wurden zwei Schwerpunktgebiete identifiziert: Zum einen das Südufer des Seerheins (Paradies) und zum anderen die Altstadt (Bahnhofsquartier).

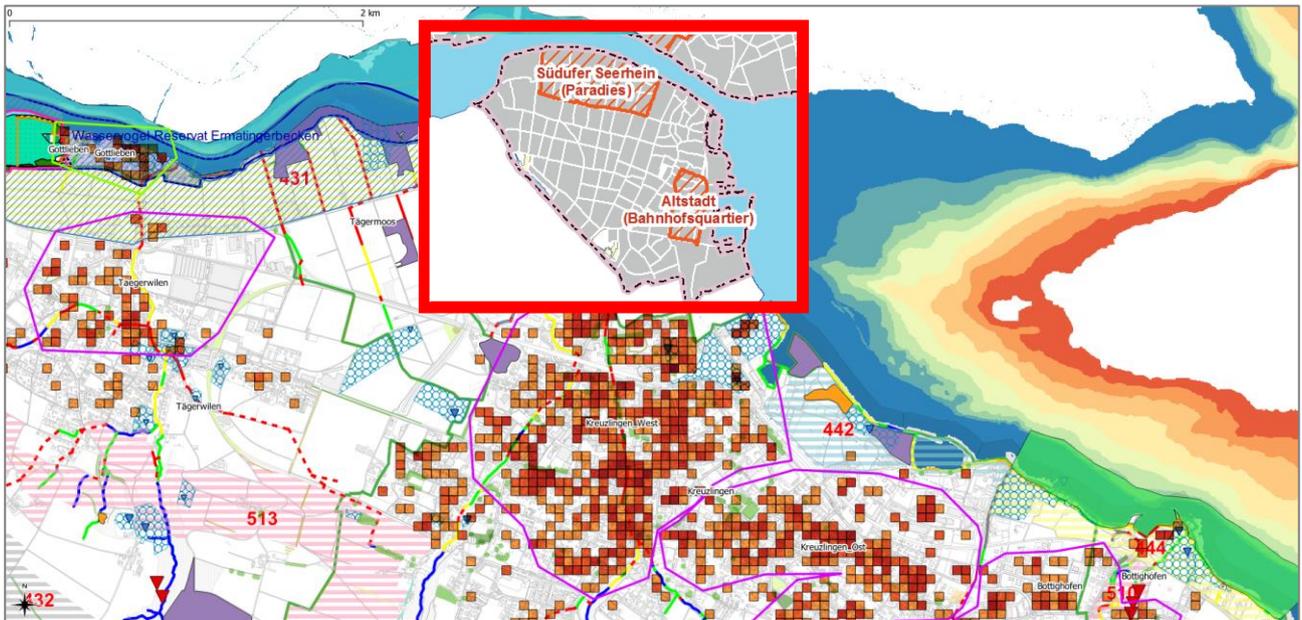


Abbildung 14: Kartenausschnitt Konstanz mit betrachtetem Gebiet zwischen der deutschen Grenze und dem Rhein. Perimeter für zwei mögliche Wärmeverbunde: Südufer Seerhein (Paradies) und Altstadt (Bahnhofsquartier).

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 230 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fliessgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze

-

Landseitige Themen

- Flachmoore
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete
- Gebiete Punkte Richtplan
- Gebiete Richtplan
- Naturobjekte
- Punkte (Bäume, Hecke, ...)
- Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
- Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
- Vernetzungskorridore (Nr.)
- Ökomorphologie (Fliessgewässer, ...)
- Zone archäologischer Funde
- Archäologische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewässer
- Wasserzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischschongebiete
- Felchenschongebiet
- Seeforellenschongebiet
- Private Fischereirechte
- Burggemeinde Diessenhofen
- Politische Gemeinde Eschenz
- Privatpersonen
- Fischreiser

7.3.2 Energienachfrage

Das Gebiet am Südufer Seerhein (Paradies) weist einen Wärmebedarf von 22'000 MWh/a auf. Im Energienutzungsplan wird die Erweiterung des bestehenden Wärmeverbundes mit einer Seewasserwärmenutzung bis spätestens 2030 empfohlen.

Im Gebiet in der Altstadt (Bahnhofsquartier) wird der heutige Wärmebedarf auf 21'000 MWh/a geschätzt. Hier wird ebenfalls der Aufbau eines Wärmeverbundes mit Seewassernutzung bis spätestens ab 2030 empfohlen.

7.3.3 Energieversorgung und -verteilung

Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsabklärungen wurde die mögliche Erweiterung des Verbundes von Kreuzlingen in Richtung Konstanz geprüft. Die Versorgung von Konstanz mit einer eigenen separaten Seewassernutzung wurde nicht untersucht.

Es besteht die Möglichkeit, das Bahnhofsquartier in der Altstadt von Konstanz als Erweiterung des Energieverbundes Kreuzlingen West mit Wärme zu versorgen. Die Distanz von der Landesgrenze zum Bahnhofquartier beträgt rund 300 Meter. Ebenfalls im Rahmen einer Gesamtbetrachtung ist der Anschluss des Gebiets am Südufer des Seerheins (Paradies) prüfenswert.

8 Thermische Nutzung Bodensee-Obersee

8.1 Gebietsbeschreibung und Übersicht thermische Nutzung Obersee

Auf dem Gebiet des Kantons Thurgau stossen die Gemeinden Kreuzlingen, Bottighofen, Münsterlingen, Altnau, Güttingen, Kesswil, Uttwil, Romanshorn, Salsmach, Egnach, Arbon und Horn an den Obersee (vgl. nachstehende Abbildung 15 und Abbildung 16).

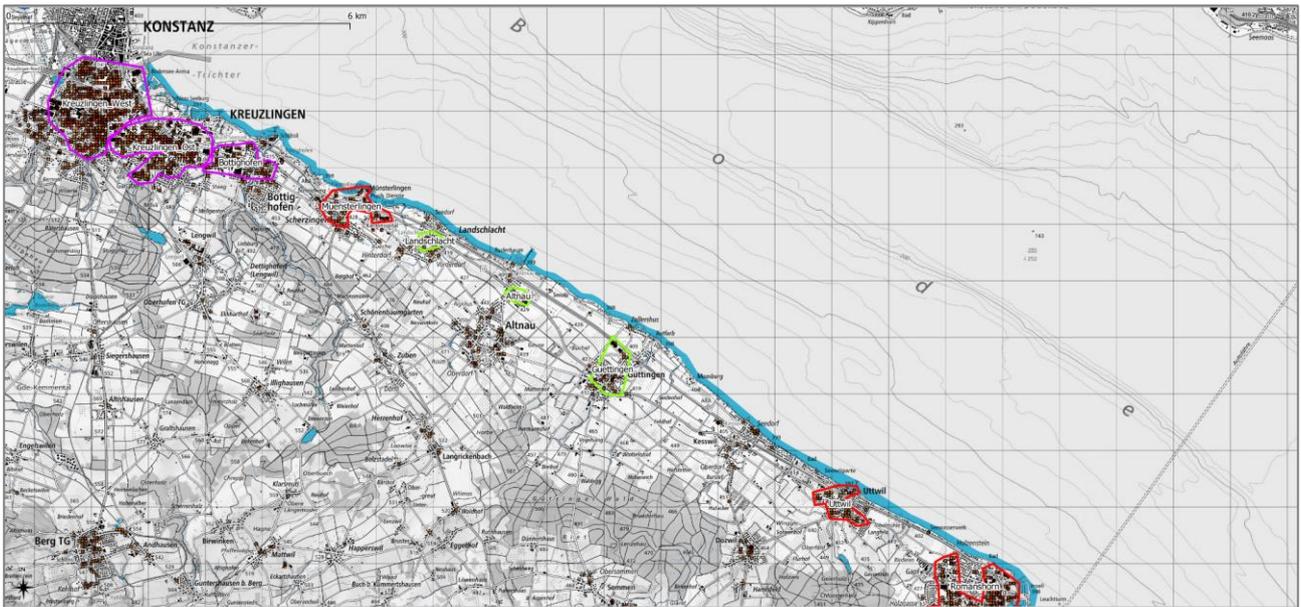


Abbildung 15: Kartenausschnitt Gemeinden Kanton Thurgau am Obersee des Bodensees. (Karte 1 von 2).

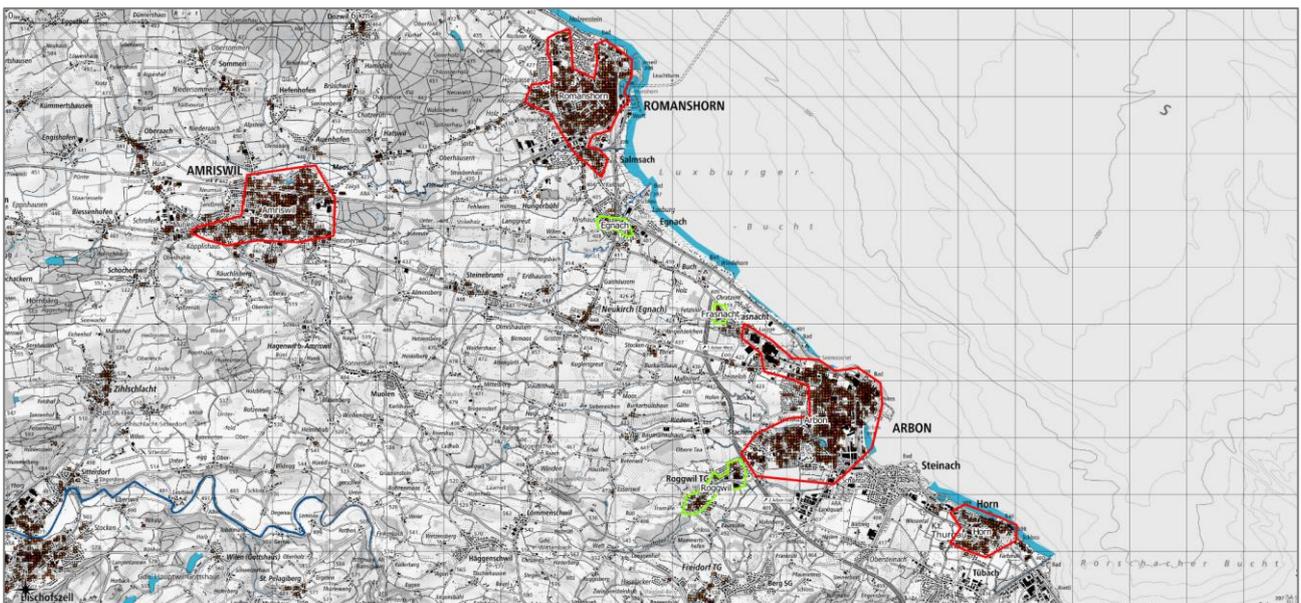


Abbildung 16: Kartenausschnitt Gemeinden Kanton Thurgau am Obersee des Bodensees. (Karte 2 von 2).

		Wasserseitige ökologische Aspekte							Landseitige ökologische Aspekte						
		Wärmeverbund	Wärme-Kälte-Verbund	Amphibienlaichgebiete	Wasservogelreservate	Fischschongebiete	Private Fischereirechte / Fischreiser	Wasserpflanzenbewuchs	Zone archaischer Funde / Archaische Fundstellen	Flachmoore	Naturschutzgebiete (Moore, Trockenwiesen)	Naturobjekte	Vernetzungskorridore	Ökomorphologie	Zone archaischer Funde
Quelle	PLZ Name Ortschaft														
Bodensee-Obersee	8280 Kreuzlingen West	x		-	-	-	-	k.A.	-	-	x	x	x	x	x
Bodensee-Obersee	8280 Kreuzlingen Ost	x		-	-	-	-	k.A.	-	-	x	x	x	x	x
Bodensee-Obersee	8598 Bottighofen	x		-	-	-	x	k.A.	x	-	-	x	x	x	x
Bodensee-Obersee	8596 Münsterlingen	x		-	-	-	-	k.A.	x	-	x	x	x	-	x
Bodensee-Obersee	8596 Landschlacht														
Bodensee-Obersee	8595 Altnau														
Bodensee-Obersee	8594 Güttingen														
Bodensee-Obersee	8593 Kesswil														
Bodensee-Obersee	8592 Uttwil	x		-	-	-	-	k.A.	-	-	-	x	-	x	-
Bodensee-Obersee	8590 Romanshorn	x		-	-	x	-	k.A.	-	x	x	x	x	x	x
Bodensee-Obersee	8599 Salmsach														
Bodensee-Obersee	9322 Egnach														
Bodensee-Obersee	9320 Frasnacht														
Bodensee-Obersee	9320 Arbon	x		-	x	x	-	k.A.	x	-	x	x	x	x	x
Bodensee-Obersee	9325 Roggwil														
Bodensee-Obersee	9326 Horn	x		-	-	x	-	k.A.	x	-	x	x	-	x	x

Tabelle 6: Potenzielle Gebiete für Energieverbunde in Ortschaften am Obersee mit Hinweisen zu wasser- und landseitige zu beachtenden ökologischen Aspekten. (k.A. = keine Angaben)

Unter Berücksichtigung der vorgängig beschriebenen technisch-ökologischen Aspekte und den Anforderungen an die Wärme- und Kältenachfrage kommen Wärme-Kälte-Verbunde in Kreuzlingen und in Bottighofen in Frage. Reine Wärmeverbunde sind in Münsterlingen, Romanshorn, Arbon, Horn und evtl. in Uttwil möglich.

Wie erwähnt, können die Voraussetzungen für einen Energieverbund lokal unterschiedlich sein. Detailliertere Abklärungen im Rahmen der durchgeführten Arbeiten konnten in der dafür notwendigen Bearbeitungstiefe nicht durchgeführt werden. Je nach den lokalen Gegebenheiten, den Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit und stärkerer Gewichtung weiterer Faktoren (z.B. Nutzung lokaler erneuerbarer Ressourcen) kann die Realisierung kleinerer Energieverbunde möglich sein.

8.2 Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund Kreuzlingen West

8.2.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 17 zeigt den Kartenausschnitt von Kreuzlingen und den Perimeter des möglichen Wärmeverbundes im Westen von Kreuzlingen.

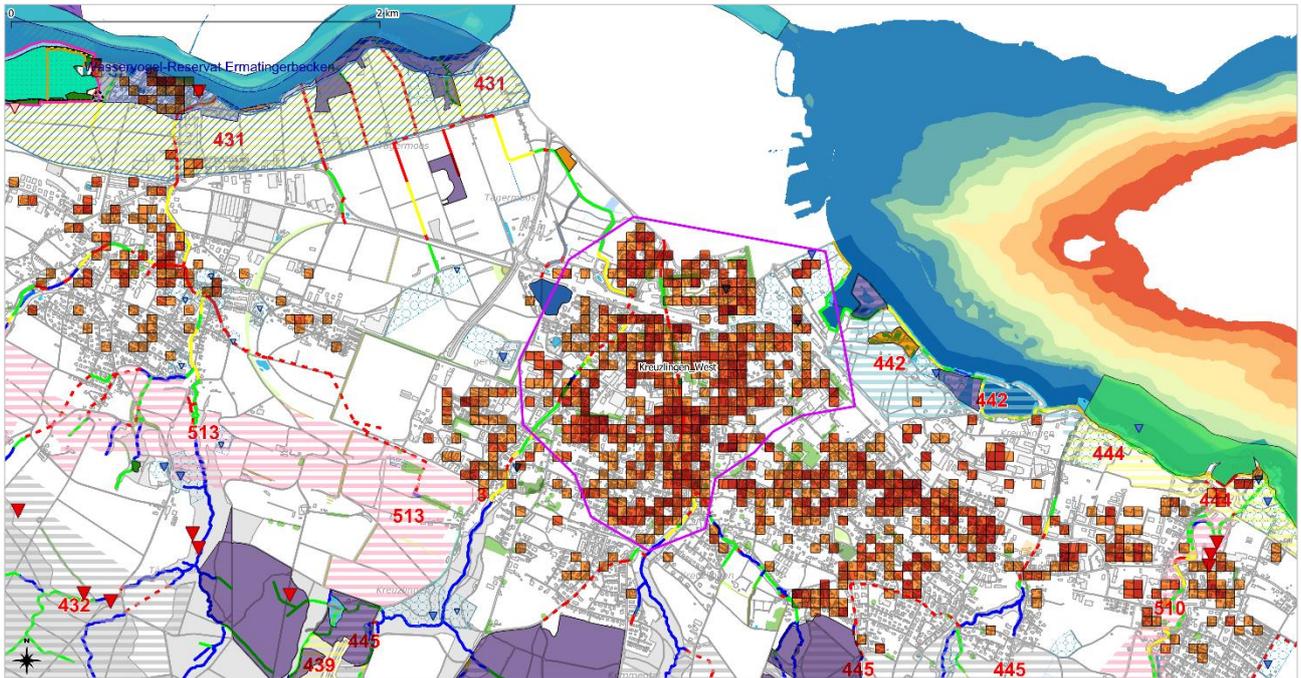


Abbildung 17: Kartenausschnitt Kreuzlingen mit Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund «Kreuzlingen West».

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 299 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fließgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze

- Gemeindegrenze

Landseitige Themen

- Flachmoore
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete**
- Gebiete Punkte Richtplan
- Gebiete Richtplan
- Naturobjekte**
- Punkte (Bäume, Hecke, ...)
- Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
- Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
- Vernetzungskorridore (Nr.)
- ~ Ökomorphologie (Fließgewässer, ..)
- Zone archäologischer Funde
- ▼ ▼ Archäologische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewässer
- Wasserrückzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischelebensgebiete
- Felchenschnepfengebiet
- Seeforellenschnepfengebiet
- Private Fischereirechte
- Bürgergemeinde Diessenhofen
- Politische Gemeinde Eschenz
- Privatpersonen
- Fischreiser

8.2.2 Energienachfrage

Der betrachtete Perimeter umfasst das Gebiet nahe der Bodensee-Arena. Im Perimeter liegt die berechnete Wärmenachfrage bei total 73'900 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 59'100 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter befinden sich 97 Kältebezüge mit total rund 15'300 MWh Kältebedarf (Anlagen > 10 kW Leistung). Mit diesem Kältebedarf besteht die Möglichkeit für einen kombinierten Wärme-Kälte-Verbund.

8.2.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Für eine Seewasser-Entnahme wurde der Abschnitt zwischen Bodensee-Arena und Seeburg betrachtet. Der Bodensee ist vor Kreuzlingen relativ flach. Eine Tiefe von 40 m wird deshalb erst mit ca. 900 bis 1'000 m Seeleitung erreicht.

Seeseitig wurden keine Einschränkungen identifiziert. Der Standort der Trinkwasser-Entnahmeleitung bzw. der Trinkwasserfassung im See ist nicht öffentlich bekannt. Daher kann im Moment über die nötige Länge der Seewasserleitung nichts Abschliessendes ausgesagt werden.

8.2.4 Landseitige Verteilung

Zwischen dem Seeufer und dem Energieversorgungsgebiet liegen die drei Naturschutzgebiete und zwei archäologische Zonen. Südöstlich der Hafenanlage grenzt das Vernetzungsgebiet 442 ans Ufer. Die Uferlinie ist auf Höhe des Sportplatzes naturfern, bei der Wollsaueninsel naturnah, weiter südöstlich davon als beeinträchtigt eingestuft. Der Uferabschnitt zwischen Bodensee-Arena und Seeburg dürfte für eine Seewasser-Entnahme in Frage kommen.

Im Perimeter sind verschiedene Naturobjekte bei der Planung der Leitungsführung zu berücksichtigen.

Wie in Kapitel 7.3.2 erwähnt, befindet sich in rund 300 Meter Entfernung ab der Landesgrenze das Bahnquartier in Konstanz, das über genügend Wärmenachfrage für eine Erweiterung des Perimeters des Energieverbundes Kreuzlingen West aufweist. Eine solche Erweiterung würde vermutlich die Wirtschaftlichkeit günstig beeinflussen.

8.2.5 Erstbeurteilung

Es sind zahlreiche Kälteverbraucher im Perimeter vorhanden. Mit dem berechneten Kälteanteil ist ein kombinierter Wärme-Kälte-Verbund möglich. Als kritisch im Hinblick auf die Investitionskosten und die Wirtschaftlichkeit wird die Länge der Seewasserleitungen eingeschätzt. Bei den weiteren Abklärungen ist auf den geforderten minimalen Abstand zwischen dem Rückgabeort der Leitung des Energieverbundes und der Trinkwasser-Entnahme zu achten. Der Abschnitt zwischen Bodensee-Arena und Seeburg dürfte sich für den Standort einer Seewasserzentrale eignen. Eine Erweiterung und ein Anschluss des Bahnhofquartiers in Konstanz ist prüfenswert und würde vermutlich die Wirtschaftlichkeit des Energieverbundes günstig beeinflussen.

8.3 Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund Kreuzlingen Ost

8.3.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 18 zeigt den Kartenausschnitt von Kreuzlingen und den Perimeter des möglichen Wärmeverbundes im Osten von Kreuzlingen.

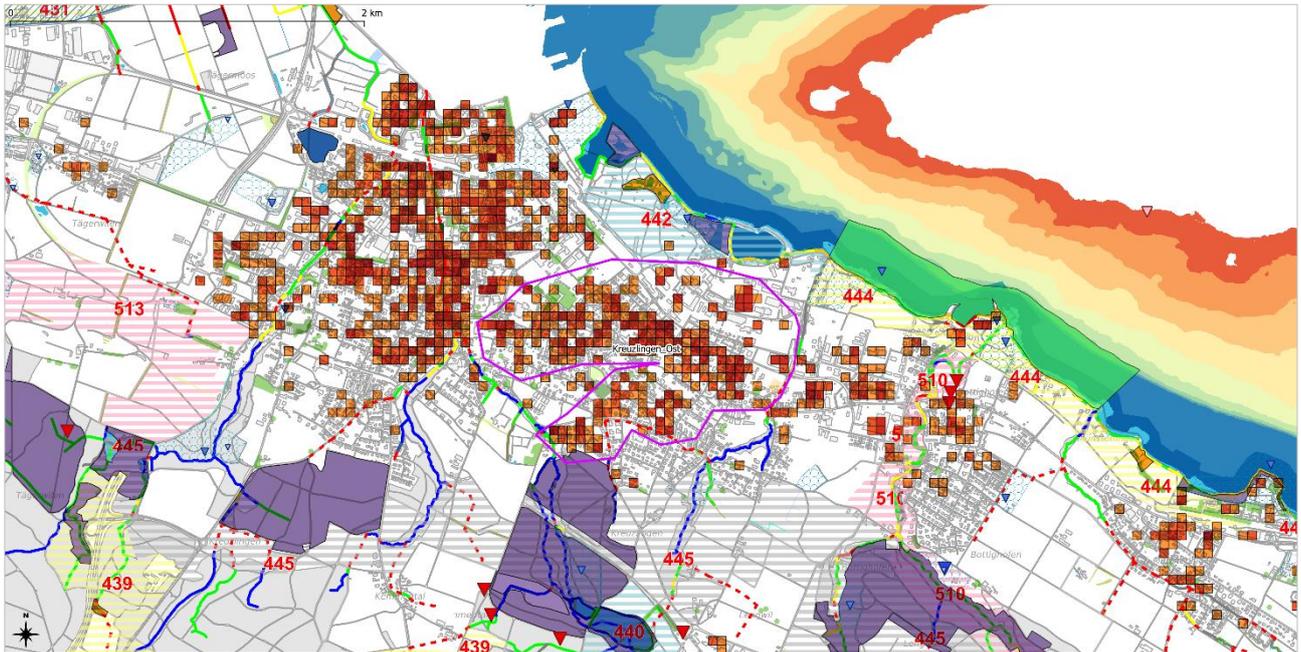
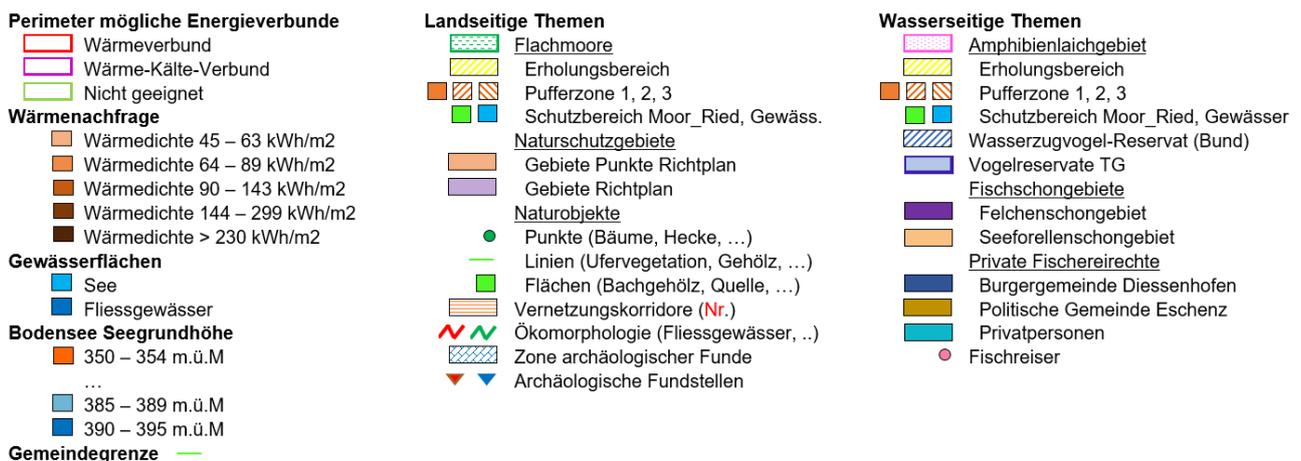


Abbildung 18: Kartenausschnitt Kreuzlingen mit Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund «Kreuzlingen Ost».



8.3.2 Energienachfrage

Der betrachtete Perimeter umfasst das Gebiet nahe des Yachthafens, in deren Nähe zahlreiche zusammenhängende Zonen mit sehr hohen Energiebedarfsdichten, etliche Grossverbraucher sowie auch Kälteverbraucher vorhanden sind.

Im Perimeter liegt die berechnete Wärmenachfrage bei total 39'800 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 31'800 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter befinden sich 47 Kältebezüger mit total rund 6'500 MWh Kältebedarf (Anlagen > 10 kW Leistung). Mit diesem Kältebedarf besteht die Möglichkeit für einen kombinierten Wärme-Kälte-Verbund.

8.3.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Für eine Seewasser-Entnahme wurde der Abschnitt zwischen Seeburg und Fischerhaus betrachtet. Der Bodensee ist vor Kreuzlingen relativ flach. Eine Tiefe von 40 m wird erst mit ca. 700 m Seeleitung erreicht.

Seeseitig wurden keine Einschränkungen identifiziert. Der genaue Standort der Trinkwasser-Entnahmeleitung bzw. der Trinkwasserfassung im See ist nicht öffentlich bekannt. Daher kann im Moment über die nötige Länge der Seewasserleitung nichts Abschiessendes gesagt werden.

8.3.4 Landseitige Verteilung

Zwischen dem Seeufer und dem Energieversorgungsgebiet befinden sich westlich des Hafens das Naturschutzgebiet Untere Bleiche sowie eine Zone archäologische Funde. Das Vernetzungsgebiet 442 verläuft im ganzen Perimeter entlang des Ufers. Die Uferlinie ist auf Höhe des Naturschutzgebiets natürlich/naturnah, anschliessend beeinträchtigt/naturfern.

Der Uferabschnitt zwischen dem Yachthafen und dem Fischerhaus kommt für eine Seewasser-Entnahme am ehesten in Frage.

8.3.5 Erstbeurteilung

Es sind zahlreiche Kälteverbraucher im Perimeter vorhanden. Mit dem berechneten Kälteanteil ist ein kombinierter Wärme-Kälte-Verbund möglich. Als kritisch werden die Länge der Seewasserleitung und die damit verbundenen Kosten eingeschätzt. Bei den weiteren Abklärungen ist auf den geforderten minimalen Abstand zwischen dem Rückgabeort der Leitung des Energieverbundes und der Trinkwasser-Entnahme zu achten. Der Uferabschnitt zwischen dem Yachthafen und dem Fischerhaus kommt für eine Seewasser-Entnahme am ehesten in Frage.

Eine gemeinsame Seewasser-Entnahme mit dem Energieverbund Bottighofen wäre denkbar und müsste bei weitergehenden Abklärungen näher untersucht werden.

8.4 Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund Bottighofen

8.4.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 19 zeigt den Kartenausschnitt von Bottighofen mit dem Perimeter des möglichen Wärme-Kälte-Verbundes.

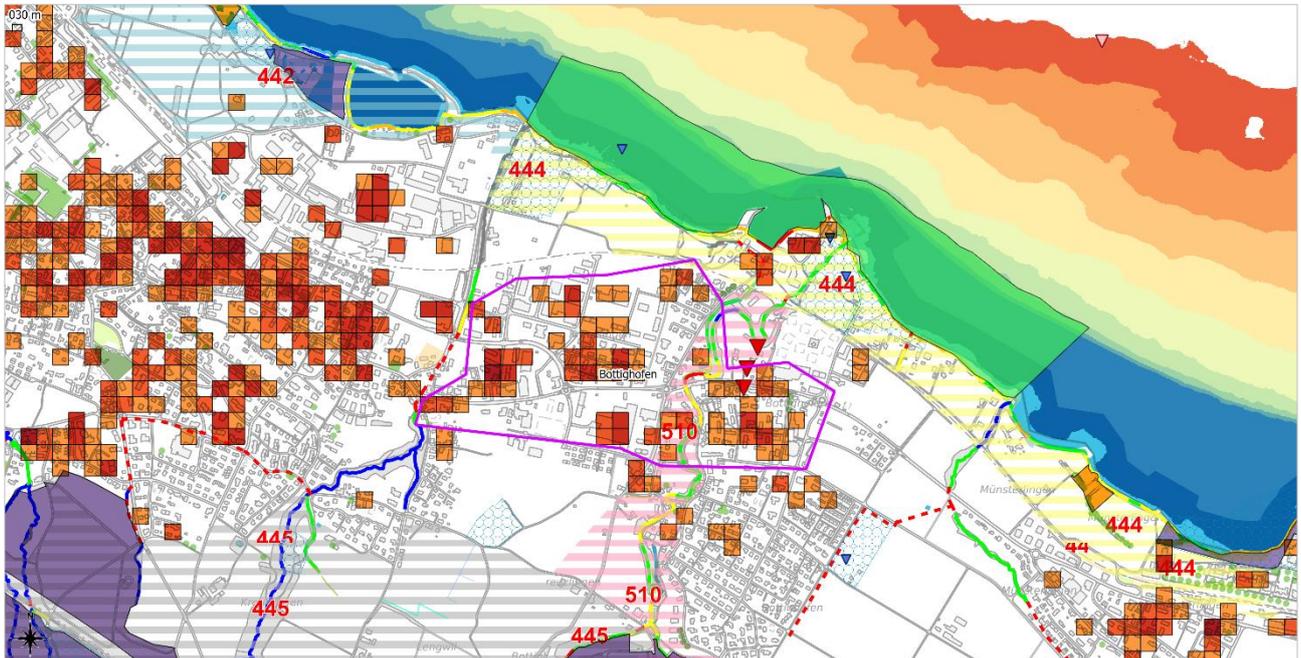


Abbildung 19: Kartenausschnitt Bottighofen mit Perimeter für möglichen Wärme-Kälte-Verbund.

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 230 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fliessgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze

-

Landseitige Themen

- Flachmoore
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete**
- Gebiete Punkte Richtplan
- Gebiete Richtplan
- Naturobjekte**
- Punkte (Bäume, Hecke, ...)
- Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
- Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
- Vernetzungskorridore (Nr.)
- Ökomorphologie (Fließgewässer, ..)
- Zone archäologischer Funde
- Archäologische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Wasserzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischschongebiete
- Felchenschongebiet
- Seeforellenschongebiet
- Private Fischereirechte**
- Burgergemeinde Diessenhofen
- Politische Gemeinde Eschenz
- Privatpersonen
- Fischreiser

8.4.2 Energienachfrage

Der betrachtete Perimeter umfasst die Gebiete in Seenähe von Bottighofen – Kurzrickenbach, in welchen einige Zonen mit sehr hohen Energiebedarfsdichten sowie 30 Kälteverbraucher vorhanden sind. Auf Gemeindegebiet Bottighofen befinden sich keine Grossverbraucher im Perimeter. Durch das geplante REKA-Feriendorf und das Interesse der Uneri Müli bietet sich eine künftige Erweiterung eines Energieverbundes zur Seezelg an.

Im Perimeter liegt die berechnete Wärmenachfrage bei total 11'000 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 8'800 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter befinden sich 30 Kältebezüger mit total rund 3'300 MWh Kältebedarf (Anlagen > 10 kW Leistung). Mit diesem Anteil Kältebedarf ist ein kombinierter Wärme-Kälte-Verbund möglich.

8.4.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Für eine Seewasser-Entnahme wurde der Abschnitt zwischen Schwimmbad Hörnli und Freibad Rööslli betrachtet. Eine Tiefe von 40 m wird ab ca. 700 m Seeleitung erreicht.

Seeseitig befindet sich die private Fischenze Schlössli Bottighofen sowie eine Zone archäologischer Funde auf Höhe Kissingerguet und im Bereich Schlössli. Der genaue Standort der Trinkwasser-Entnahmeleitung Kreuzlingen im See ist nicht öffentlich bekannt. Auf alle Fälle muss darauf geachtet werden, dass die Wasserfassung des Energieverbundes genügend weit von der Trinkwasserfassung entfernt ist. Ausser dem Abstand zur Trinkwasser-Entnahme sind keine Ausschlusskriterien oder weitergehende Einschränkungen identifiziert worden.

8.4.4 Landseitige Verteilung

Landseitig befinden sich Zonen archäologische Funde, ausser beim Riggebacherfäld und der Hafenanlage. Weiter gibt es Naturobjekte beim Mühlbach und Bad. Das Vernetzungsgebiet 444 verläuft entlang dem Ufer. Die Uferlinie ist beeinträchtigt/naturfremd vom Riggebacherfäld bis Schlössli, ausserhalb davon naturnah/beeinträchtigt. Durch das Gebiet des möglichen Energieverbundes verläuft das Vernetzungsgebiet 510 entlang des Stichbachs. Auch sind einige wenige Naturobjekte zu finden.

8.4.5 Erstbeurteilung

Es sind genügend Kälteverbraucher im Perimeter vorhanden, sodass ein kombinierter Wärme-Kälte-Verbund in Frage kommt. Zu beachten ist bei der Seewasserrückgabe des Energieverbundes der geforderte Abstand zur bestehenden Trinkwasserfassung. Die Seewasserfassung kommt vermutlich östlich des Betrachtungs-Perimeters am ehesten in Frage.

Eine gemeinsame Seewasser-Entnahme mit Perimeter Kreuzlingen Ost wäre denkbar und müsste bei weitergehenden Abklärungen näher untersucht werden.

8.5 Perimeter für möglichen Wärmeverbund Münsterlingen

8.5.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 20 zeigt den Kartenausschnitt von Münsterlingen mit dem Perimeter des möglichen Wärmeverbundes.

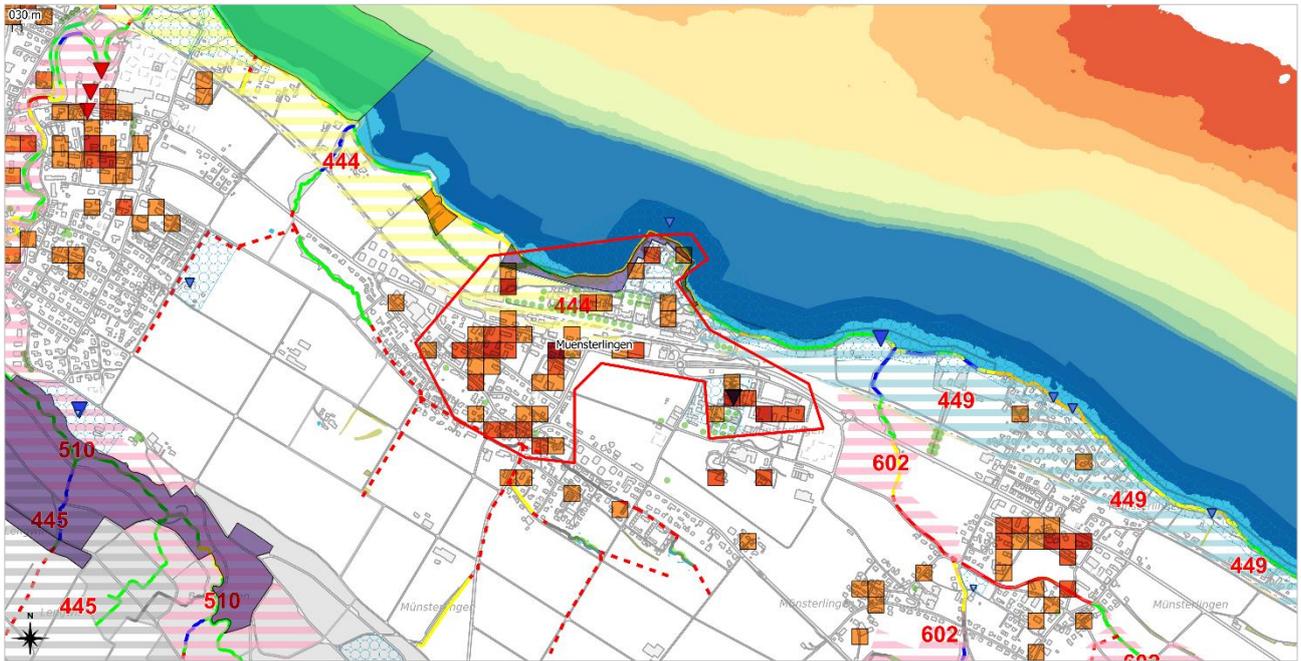


Abbildung 20: Kartenausschnitt Münsterlingen mit Perimeter für möglichen Wärmeverbund.

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 230 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fliessgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze

-

Landseitige Themen

- Flachmoore
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete**
- Gebiete Punkte Richtplan
- Gebiete Richtplan
- Naturobjekte**
- Punkte (Bäume, Hecke, ...)
- Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
- Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
- Vernetzungskorridore (Nr.)
- ~ Ökomorphologie (Fließgewässer, ..)
- Zone archaischer Funde
- ▼ ▲ Archaische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewässer
- Wasserzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischschongebiete
- Felchenschongebiet
- Seeforellenschongebiet
- Private Fischereirechte**
- Burgergemeinde Diessenhofen
- Politische Gemeinde Eschenz
- Privatpersonen
- Fischreiser

8.5.2 Energienachfrage

Der betrachtete Perimeter umfasst die Gebiete um das Spital von Münsterlingen, in welchen einige Zonen mit sehr hohen Energiebedarfsdichten sowie einige Kälteverbraucher vorhanden sind. Es befinden sich nur wenige Grossverbraucher im Perimeter. Die Spital Thurgau AG besitzt eine Konzession zur Seewassernutzung. Mit dem Seewasser wird über eine Wärmepumpe etwa 1'000 MWh Umweltwärme generiert und ins bestehende Nahwärmenetz eingespeist.

Im Perimeter liegt die berechnete Wärmenachfrage bei total 7'600 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 6'100 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter befinden sich vier Kältebezüger mit total rund 350 MWh Kältebedarf (Anlagen > 10 kW Leistung). Mit diesem Anteil Kältebedarf ist ein kombinierter Wärme-Kälte-Verbund nicht wirtschaftlich.

8.5.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Seeseitig sind längere Bereiche als Zone mit archäologischen Funden beschrieben und auch archäologische Fundstellen markiert, ausser im westlichsten Teil des Gemeindegebiets.

Für eine Seewasser-Entnahme wurde der Uferabschnitt zwischen Kläranlage (ARA) und Tennisclub Münsterlingen betrachtet. Der Bodensee ist auch hier relativ flach. Eine Tiefe von 40 m wird erst mit ca. 1000 bis 1200 m Seeleitung erreicht.

8.5.4 Landseitige Verteilung

Landseitig entlang des Ufers befindet sich ebenfalls ein längerer Bereich einer archäologischen Zone. Es gibt die Naturschutzgebiete Scheidweg sowie Buchten östlich und westlich der Klinik Münsterlingen. Naturobjekte sind diverse vorhanden, unter anderem die Ufervegetation von der ARA bis zum Hafefäld, Baumgruppen im Hafefäld und im Bereich der Klinik Münsterlingen, Trockenstandort beim Bahnhof Scherzingen. Das Vernetzungsgebiet 444 verläuft entlang dem Ufer bis zur Klinik Münsterlingen. Ab der Klinik ist die Fortsetzung das Vernetzungsgebiet 449. Die Uferlinie ist bei der Klinik Münsterlingen naturfern, sonst naturnah/beeinträchtigt.

Es sind keine Ausschlusskriterien oder weitergehende Einschränkungen identifiziert worden. Der Abschnitt dürfte sich ausserhalb der Naturschutzgebiete und der archäologischen Zone für eine Seewasser-Entnahme eignen.

8.5.5 Erstbeurteilung

Es sind einige Kälteverbraucher im Perimeter vorhanden, der Kälteanteil liegt jedoch deutlich unter 30 % des Wärmebedarfes. Je nach Kältebedarf und Interesse der Kliniken könnte ein Niedertemperaturnetz geprüft werden. Ein reiner Wärmeverbund mit Seewasser steht für einen wirtschaftlichen Betrieb im Vordergrund.

Als kritisch im Hinblick auf die Investitionskosten und die Wirtschaftlichkeit wird die Länge der Seewasserleitung eingeschätzt.

8.6 Perimeter für möglichen Wärmeverbund Uttwil

8.6.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 21 zeigt den Kartenausschnitt von Uttwil mit dem Perimeter des möglichen Wärmeverbundes.



Abbildung 21: Kartenausschnitt Uttwil mit Perimeter für möglichen Wärmeverbund.

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 230 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fließgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze —

Landseitige Themen

- Flachmoore
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete**
- Gebiete Punkte Richtplan
- Gebiete Richtplan
- Naturobjekte**
- Punkte (Bäume, Hecke, ...)
- Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
- Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
- Vernetzungskorridore (Nr.)
- Ökomorphologie (Fließgewässer, ..)
- Zone archäologischer Funde
- Archäologische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewässer
- Wasserzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischschongebiete**
- Felchenschongebiet
- Seeforellenschongebiet
- Private Fischereirechte**
- Burgergemeinde Diessenhofen
- Politische Gemeinde Eschenz
- Privatpersonen
- Fischreiser

8.6.2 Energienachfrage

Im Perimeter liegt die berechnete Wärmenachfrage bei total 5'400 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 4'300 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter beträgt der Kältebedarf rund 90 MWh/a Kältebedarf (Anlagen > 10 kW Leistung). Aufgrund des geringen Kältebedarfs ist ein kombinierter Wärme-Kälte-Verbund nicht wirtschaftlich.

8.6.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Im Bereich des potenziellen Wärmeverbunds sind seeseitig keine ökologischen Einschränkungen erkennbar. 40 Meter Tiefe erreicht man für die Wasserfassung mit einer Seewasserleitung von 700 Meter Länge.

8.6.4 Landseitige Verteilung

Für die Wasserentnahme wurde der Bereich zwischen Seewiigarte und dem Schifflandungssteg angeschaut. Etwas zurückversetzt von der Uferlinie verläuft eine Wohnzone. Der Streifen dazwischen ist als Schutzzone ausserhalb der Bauzone ausgeschieden. Als Standort für eine Seewasserzentrale könnte beispielsweise der Bereich/Ecke Seehofstrasse und Uferweg in Frage kommen. Für die Wärmeversorgung in Richtung Dorfkern muss die Bahnlinie unterquert werden.

8.6.5 Erstbeurteilung

Der Wärmebedarf von rund 5'400 MWh/a ist für einen Betrieb eines Seewasser-Wärmeverbundes eher an der unteren Grenze. Die Wirtschaftlichkeit des Wärmeverbundes muss im nächsten Schritt genauer untersucht und geklärt werden.

8.7 Perimeter für möglichen Wärmeverbund Romanshorn

8.7.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 22 zeigt den Kartenausschnitt von Romanshorn mit dem Perimeter des möglichen Wärmeverbundes.

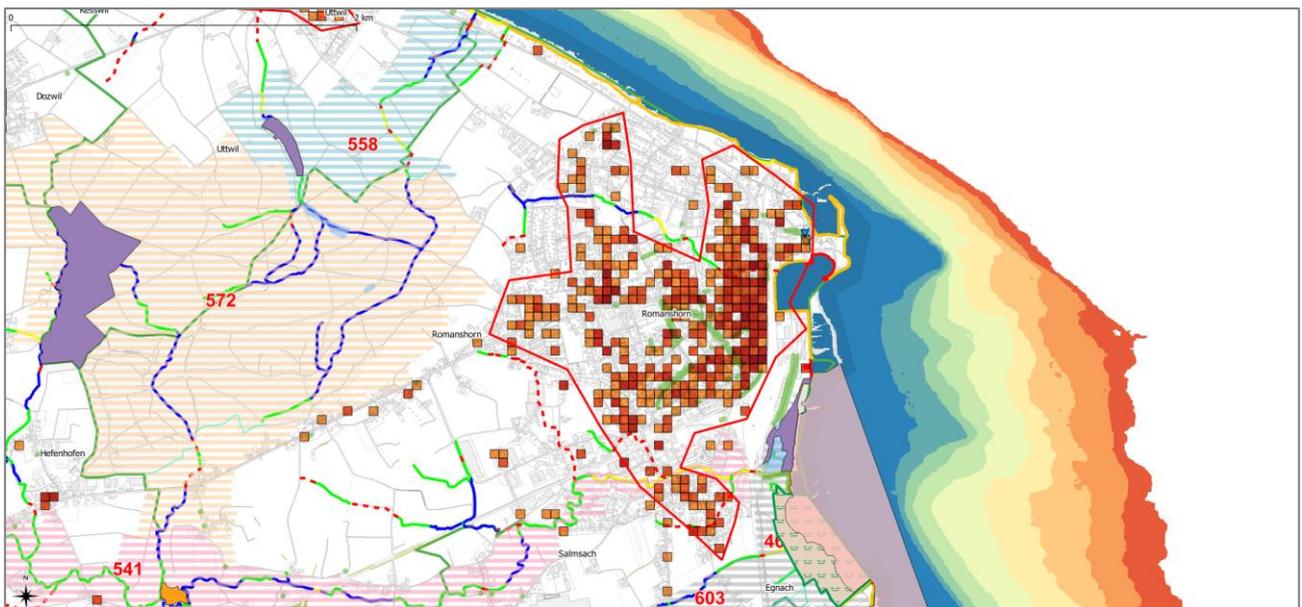


Abbildung 22: Kartenausschnitt Romanshorn mit Perimeter für möglichen Wärmeverbund.

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 230 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fliessgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze

Landseitige Themen

- Flachmoore**
 - Erholungsbereich
 - Pufferzone 1, 2, 3
 - Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete**
 - Gebiete Punkte Richtplan
 - Gebiete Richtplan
- Naturobjekte**
 - Punkte (Bäume, Hecke, ...)
 - Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
 - Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
 - Vernetzungskorridore (Nr.)
 - Ökomorphologie (Fliessgewässer, ..)
 - Zone archäologischer Funde
 - Archäologische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet**
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewässer
- Wasserzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischschongebiete**
 - Felchenschongebiet
 - Seeforellenschongebiet
- Private Fischereirechte**
 - Burggemeinde Diessenhofen
 - Politische Gemeinde Eschenz
 - Privatpersonen
 - Fischreiser

8.7.2 Energienachfrage

Im Perimeter liegt die berechnete Wärmenachfrage bei total 63'900 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 51'100 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter befinden sich 53 Kältebezüger mit total rund 7'400 MWh Kältebedarf (Anlagen > 10 kW Leistung). Mit diesem Anteil Kältebedarf ist ein kombinierter Wärme-Kälte-Verbund nicht wirtschaftlich.

8.7.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Ab Werft südwärts liegt ein Seeforellenschongebiet. Ebenfalls ab Werft, aber in Richtung Norden, liegt der Hafen von Romanshorn. Rund zwei Kilometer weiter nördlich befindet sich das Seewasserwerk. Der Verlauf der Leitung und die Lage der Trinkwasserfassung sind nicht öffentlich bekannt. Ebenfalls befindet sich bereits die Seewasserfassung des bestehenden Wärmeverbundes ebenfalls in diesem Gebiet. Bei der weiteren Planung muss auf genügend Abstand zwischen Trinkwasser- und Seewasserfassung des Wärmeverbundes geachtet werden. Eine Tiefe von 40 Meter kann mit einer Seewasserleitungslänge von rund 500 Meter erreicht werden. Je nach Lage der Trinkwasserfassung muss mit einer längeren Seewasserleitung gerechnet werden.

Für die Wasserentnahme wurde das Gebiet zwischen dem Seewasserwerk und dem Seebad betrachtet. Das Seebad ist als Zone für öffentliche Bauten und Anlagen definiert. Im Bereich des Parkplatzes hat es zudem genügend Platz für den Bau einer Seewasserzentrale.

8.7.4 Landseitige Verteilung

Landseitig befindet sich im Bereich Underi Seewese zwischen Seewiesen und dem Bad/Campingplatz ein Flachmoor. Hinter dem Flachmoor verläuft parallel zum Ufer der Vernetzungskorridor 465, im nördlichen Teil als Naturschutzgebiet. Die Bahnlinie quert den Vernetzungskorridor.

Im Perimeter befinden sich diverse Strassenabschnitte als Naturobjekte (Baumalleen). Zudem verläuft im südlichen Teil des Perimeters entlang der Ach der Vernetzungskorridor 504.

8.7.5 Erstbeurteilung

Trotz der grossen Anzahl Kälteverbraucher ist deren Anteil am Wärmebedarf für einen kombinierten Wärme-Kälte-Verbund zu gering. Ein reiner Wärmeverbund steht für die weiteren Abklärungen im Vordergrund. Die Seewasserzentrale könnte im Bereich des Seebads zu stehen kommen. Bei den weiteren Abklärungen ist auf den geforderten Abstand zwischen dem Rückgabeort der Leitung des Wärmeverbundes und der Trinkwasserfassung zu achten.

8.8 Perimeter für möglichen Wärmeverbund Arbon

8.8.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 23 zeigt den Kartenausschnitt von Arbon mit dem Perimeter des möglichen Wärmeverbundes.

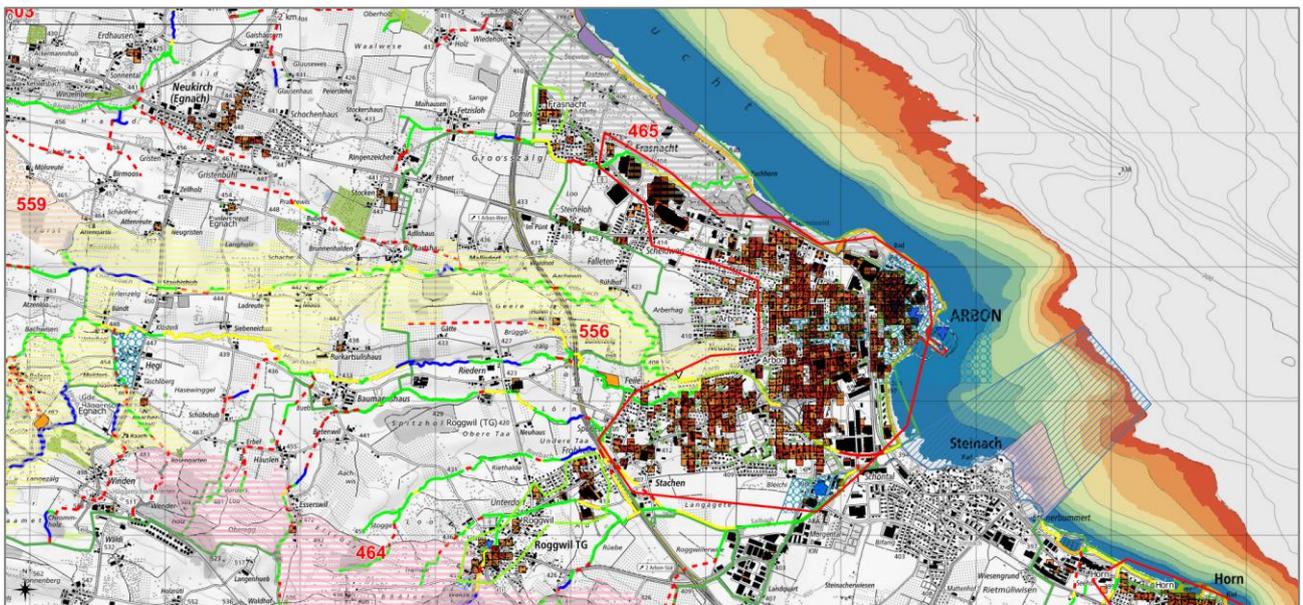
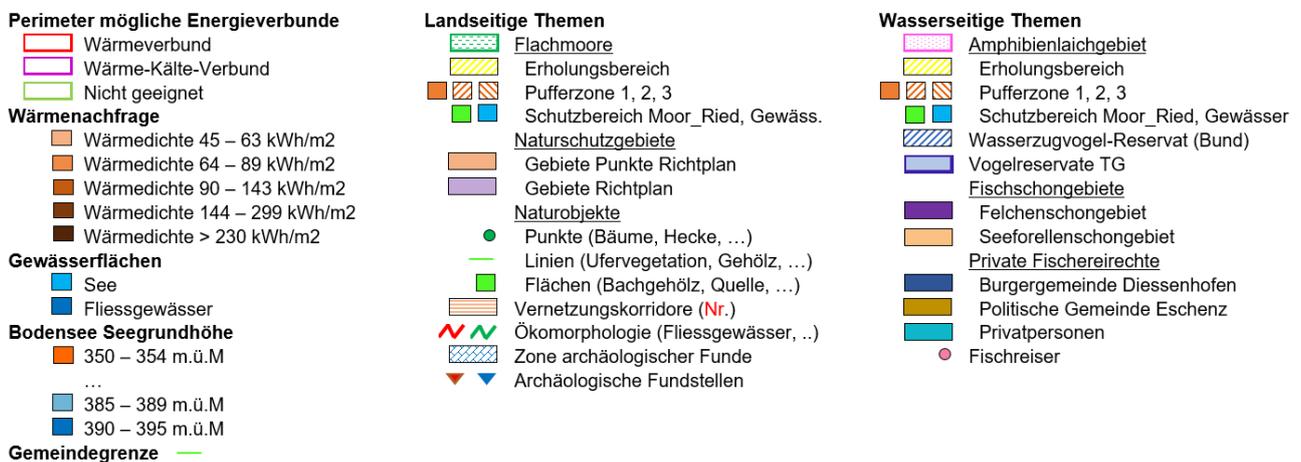


Abbildung 23: Kartenausschnitt Arbon mit Perimeter für möglichen Wärmeverbund.



8.8.2 Energienachfrage

Im Perimeter liegt die berechnete Wärmenachfrage bei total 99'900 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Von der totalen Wärmenachfrage könnten 80 % oder 79'900 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Im Perimeter befinden sich 80 Kältebezüger mit total rund 8'000 MWh Kältebedarf (Anlagen > 10 kW Leistung). Mit diesem Anteil Kältebedarf ist ein kombinierter Wärme-Kälte-Verbund kaum wirtschaftlich.

8.8.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Seeseitig ist dem Hafen von Arbon in Richtung Südosten ein Reservat für Wasserzugvögel vorgelagert. Etwas weiter noch in Richtung Südosten, direkt vor Steinach, befindet sich ein Fischschongebiet für Seeforellen. Unmittelbar vor dem Hafen befindet sich eine grössere Zone archäologischer Funde.

Rund 1.5 Kilometer weiter nördlich befindet sich das Seewasserwerk der Stadt Arbon. Der Verlauf der Leitung im See und die Lage der Trinkwasserfassung sind nicht öffentlich bekannt. Bei der weiteren Planung muss auf genügend Abstand zwischen Trinkwasserfassung und Rückgabestelle des Wärmeverbunds geachtet werden. Eine Tiefe von 40 Meter kann mit einer Seewasserleitungslänge von rund 700 Meter erreicht werden. Je nach Lage der Trinkwasserfassung muss mit einer längeren Seewasserleitung gerechnet werden.

Die Seewasserentnahme für den Wärmeverbund ist beispielsweise im Gebiet des Schwimmbads Arbon möglich. Es handelt sich um eine Zone für öffentliche Bauten und Anlagen und auf der Seeseite sind keine offensichtlichen Hindernisse bekannt (allenfalls Trinkwasserfassung, siehe oben).

8.8.4 Landseitige Verteilung

Im Perimeter des möglichen Wärmeverbundes befinden sich zwei grössere Zonen archäologischer Funde. In diesen Gebieten sind längere Bauzeiten möglich. Ebenfalls sind diverse Naturobjekte wie Einzelbäume oder Baumgruppen im gesamten Perimeter zu finden. Im Uferbereich nördlich des Seebades liegen drei Naturschutzgebiete. Hier beginnt auch der Vernetzungskorridor 465. Gegen Westen beginnt der Vernetzungskorridor 556, der den Perimeter jedoch nur am Rande tangiert. Quer durch den Perimeter verläuft die Aach, die teilweise naturfern/beeinträchtigt und gegen Westen naturnah ausgebildet ist.

8.8.5 Erstbeurteilung

Gute Voraussetzungen für einen Wärmeverbund mit möglicher Seewasserentnahme im Bereich des Schwimmbades Arbon. Im Perimeter der Wärmeverteilung befinden sich grössere archäologische Zonen, die eine sorgfältige Planung und frühzeitige Kontaktaufnahme mit den zuständigen Behörden erfordern. Bei der weiteren Planung muss auf genügend Abstand zwischen Trinkwasserfassung und Rückgabestelle des Wärmeverbunds geachtet werden.

8.9 Perimeter für möglichen Wärmeverbund Horn

8.9.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 24 zeigt den Kartenausschnitt von Horn mit dem Perimeter des möglichen Wärmeverbundes.

8.9.4 Landseitige Verteilung

Eine kleinere archäologische Zone liegt direkt am Ufer südlich des Seminarhotels Bad Horn. Ein kleines Naturschutzgebiet befindet sich ganz im Süden der Gemeinde. An verschiedenen Orten in der Gemeinde stehen einige Baumgruppen und der Hornbach quert im nördlichen Teil den Perimeter. Die Abschnitte sind wenig bis stark beeinträchtigt klassiert.

8.9.5 Erstbeurteilung

Seeseitig sind keine wesentlichen Vorbehaltsgebiete erkennbar. Die Wärmenachfrage ist genügend hoch für einen reinen Wärmeverbund.

8.10 Perimeter für mögliche Energieversorgung Amriswil

8.10.1 Situation

Die nachstehende Abbildung 25 zeigt den Kartenausschnitt mit Amriswil sowie Uttwil und Romanshorn am Bodensee.

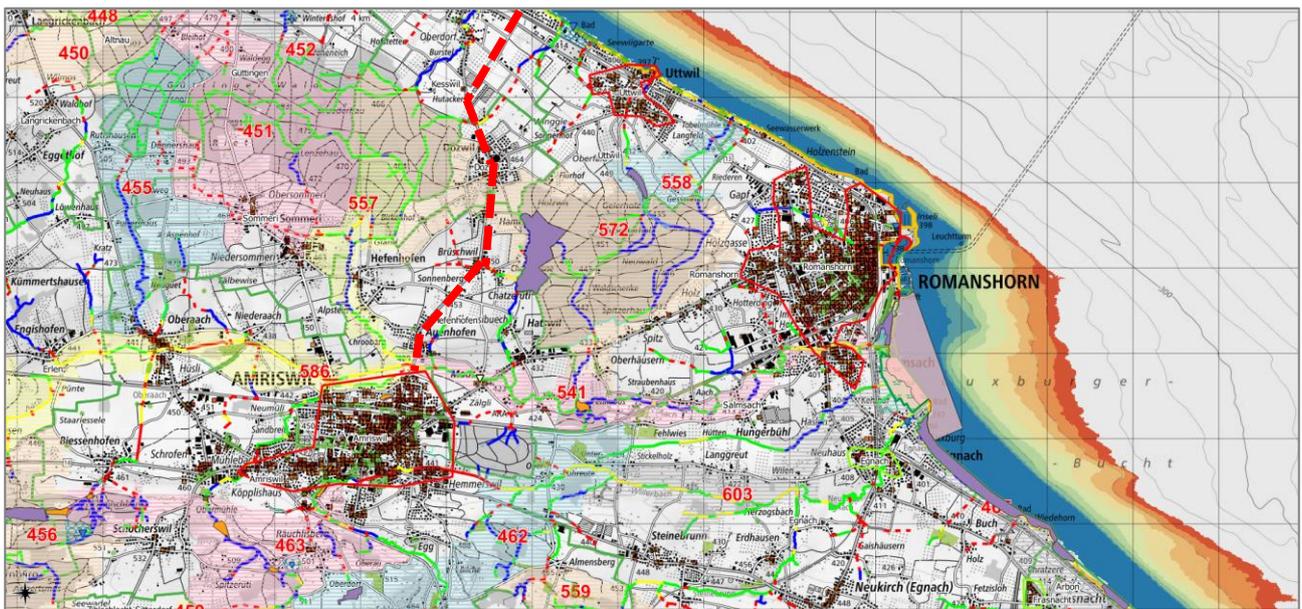


Abbildung 25: Kartenausschnitt mit Amriswil und Uttwil sowie Romanshorn am Bodensee.

Perimeter mögliche Energieverbunde

- Wärmeverbund
- Wärme-Kälte-Verbund
- Nicht geeignet

Wärmenachfrage

- Wärmedichte 45 – 63 kWh/m²
- Wärmedichte 64 – 89 kWh/m²
- Wärmedichte 90 – 143 kWh/m²
- Wärmedichte 144 – 299 kWh/m²
- Wärmedichte > 230 kWh/m²

Gewässerflächen

- See
- Fliessgewässer

Bodensee Seegrundhöhe

- 350 – 354 m.ü.M
- ...
- 385 – 389 m.ü.M
- 390 – 395 m.ü.M

Gemeindegrenze

Landseitige Themen

- Flachmoore
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewäss.
- Naturschutzgebiete
- Gebiete Punkte Richtplan
- Gebiete Richtplan
- Naturobjekte
- Punkte (Bäume, Hecke, ...)
- Linien (Ufervegetation, Gehölz, ...)
- Flächen (Bachgehölz, Quelle, ...)
- Vernetzungskorridore (Nr.)
- Ökomorphologie (Fliessgewässer, ..)
- Zone archäologischer Funde
- Archäologische Fundstellen

Wasserseitige Themen

- Amphibienlaichgebiet
- Erholungsbereich
- Pufferzone 1, 2, 3
- Schutzbereich Moor_Ried, Gewässer
- Wasserzugvogel-Reservat (Bund)
- Vogelreservate TG
- Fischschongebiete
- Felchenschongebiet
- Seeforellenschongebiet
- Private Fischereirechte
- Burggemeinde Diessenhofen
- Politische Gemeinde Eschenz
- Privatpersonen
- Fischreiser

Aufgrund der Wärmenachfrage und der Nähe zum Bodensee (rund 5 km Luftlinie von Uttwil bzw. rund 6 km von Romanshorn) wurde Amriswil als mögliches Versorgungsgebiet mit thermischer Seewassernutzung berücksichtigt.

8.10.2 Energienachfrage

Die berechnete Wärmenachfrage in Amriswil liegt bei total rund 56'200 MWh/a (Wärmebedarfsdichten von grösser als 450 MWh/ha *a berücksichtigt). Davon könnten 80 % oder 45'000 MWh/a mit Seewasser gedeckt werden.

Der Kältebedarf von 30 Kältebezügern beträgt total rund 6'100 MWh/a (Anlagen > 10 kW Leistung).

8.10.3 Wasserseitige Erschliessung und Energiebereitstellung

Das Seewasser könnte in Kombination mit dem Wärmeverbund in Uttwil bzw. Romanshorn entnommen und nach Amriswil transportiert werden.

8.10.4 Landseitige Verteilung

Für die Wärmeversorgung von Amriswil kann in einem Zwischenkreislauf Wasser mit der Temperatur des Seewassers nach Amriswil gepumpt werden. Mittels Wärmepumpe wird im Winter der Wärmebedarf der Gebäude im Perimeter des Wärmeverbundes gedeckt.

Im Rahmen der Abklärungen hat sich gezeigt, dass die bestehende Trinkwasserversorgung von Kesswil nach Amriswil in wenigen Jahren stellingelegt und durch neue Anlagen und Leitungen mit grösserer Kapazität ersetzt werden. Für den Transport des Seewassers nach Amriswil könnte dann die bestehende Verbindungsleitung und Anlagen der heutigen Trinkwasserfassung genutzt werden.

Die Wasserfassung befindet sich vor Kesswil in einigen hundert Metern Distanz im Bodensee auf 35 Meter Tiefe. Die Transportleitung verläuft von Kesswil via Dozwil vor die Tore von Amriswil. Mit den bestehenden Anlagen und Leitungsdimensionen könnte nach ersten Berechnungen nicht der ganze Wärmebedarf im bezeichneten Perimeter gedeckt werden. Die Festlegung des Perimeters muss in einem nächsten Schritt überprüft und auch das Interesse möglicher Bezüger geklärt werden.

Die bestehenden Anlagen und Leitungen könnten zudem für die Bewässerung von landwirtschaftlich genutzten Flächen und Obstplantagen zwischen dem Bodensee und Amriswil genutzt werden. Eine solche Nutzung ist von der Regio Energie Amriswil (REA) bereits angedacht. Damit könnte die gleiche Infrastruktur in der warmen Jahreszeit für die Bewässerung und in der kalten Jahreszeit für die Wärmeversorgung genutzt werden. Das Wasser aus der thermischen Nutzung könnte evtl. via Aach in den Bodensee zurückgeführt werden.

8.10.5 Erstbeurteilung

Die Höhe des Wärmebedarfs und die Wärmebedarfsdichten in Amriswil sowie die mögliche Nutzung der bestehenden Infrastruktur der heutigen Trinkwasserversorgung in Kombination mit der Bewässerung sind interessante Voraussetzungen für die nähere Prüfung und Konkretisierung der Wärmeversorgung von Amriswil aus dem Bodensee.

9 Fazit und Hinweise zur Umsetzung

9.1 Potenzial thermische Nutzung See- und Rheinwasser

9.1.1 Mögliche Gebiete

Basierend auf den Informationen zu Wärme- und Kältebedarf wurden mögliche Gebiete für einen See- oder Rheinwasser-Energieverbund identifiziert (total 26 Gebiete im Kanton Thurgau plus Konstanz).

Die Machbarkeit für einen Wärme- bzw. Wärme-Kälte-Verbund wurde in den 26 Gebieten unter Berücksichtigung der Energienachfrage und technisch-ökologischer Aspekte untersucht.

Es verbleiben 14 potenzielle Gebiete im Kanton Thurgau, die günstige Voraussetzungen für einen Energieverbund zeigen. Die in diesen Gebieten nutzbare Wärme aus See- bzw. Rheinwasser beträgt total rund 347'200 MWh/a und rund 59'100 MWh/a Kälte (vgl. Tabelle 7). Gemäss Energiestatistik Kanton Thurgau betrug der Verbrauch für Erdölbrennstoffe und Erdgas im Jahr 2019 rund 2'800 GWh. Mit der Wärme aus See- und Rheinwasser könnte also mehr als 10 % des fossilen Wärmebedarfs ersetzt werden. Die in der Tabelle rot geschriebenen Perimeternamen bezeichnen mögliche Wärmeverbunde und die grün geschriebenen kombinierte Wärme-Kälte-Verbunde.

Abhängig von den Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit einer Energieversorgung und unter Berücksichtigung bzw. stärkerer Gewichtung anderer Faktoren wie Nutzung lokal vorhandener erneuerbarer Energie, Versorgungssicherheit, Vorbildfunktion, Reduktion von Heizöl- und Gasverbrauch usw. ist auch in anderen Gemeinden oder Ortsteilen die Realisierung eines Energieverbundes nicht ausgeschlossen.

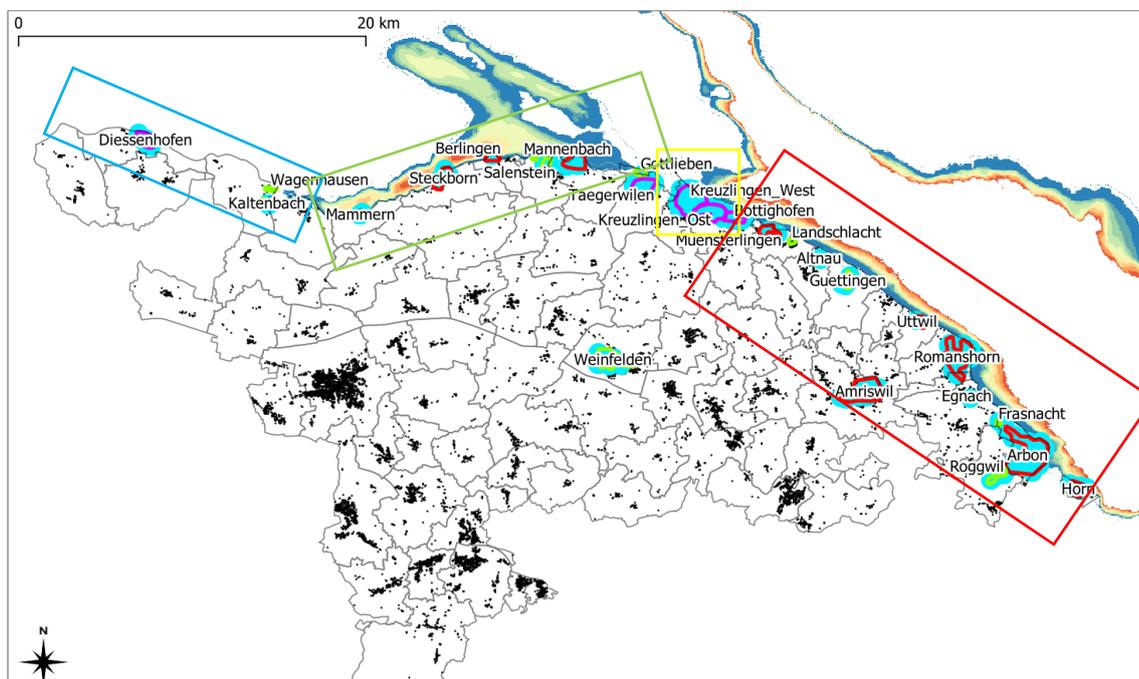


Abbildung 26: Vier Betrachtungsräume Rhein, Untersee, Seerhein und Bodensee mit möglichen Perimeter für Energieverbunde in der Nähe oder angrenzend an den Bodensee und Rhein.

Gewässer	Potenzialgebiet	Wärmebedarf via See-/Rheinwasser	Approx. Kältebedarf
[Name]	[Bezeichnung]	[MWh/a]	[MWh/a]
Rhein	Diessenhofen	16'200	5'900
Rhein	Wagenhausen	1'500	0
Rhein	Kaltenbach	2'000	900
Untersee	Mammern	900	300
Untersee	Steckborn	14'100	700
Untersee	Berlingen	4'500	40
Untersee	Mannenbach	660	0
Untersee	Salenstein	1'600	400
Untersee	Ermatingen	9'000	1'200
Seerhein	Gottlieben	2'700	90
Seerhein	Tägerwilen	7'600	3'800
Seerhein	Konstanz	43'000	?
Obersee	Kreuzlingen West	59'100	15'300
Obersee	Kreuzlingen Ost	31'800	6'500
Obersee	Bottighofen	8'800	3'300
Obersee	Münsterlingen	6'100	350
Obersee	Landschlacht	2'000	0
Obersee	Altnau	800	210
Obersee	Guettingen	3'300	370
Obersee	Uttwil	4'300	90
Obersee	Romanshorn	51'100	7'400
Obersee	Egnach	1'700	50
Obersee	Frasnacht	1'000	100
Obersee	Arbon	79'900	8'000
Obersee	Roggwil	4'200	2'200
Obersee	Horn	9'800	380
Obersee	Amriswil	44'900	6'100

Tabelle 7: Liste mit potenziellen Gebieten für Energieverbunde (rot = Wärmeverbund; grün = Wärme-Kälte-Verbund).

9.1.2 Reduktion CO₂-Emissionen

Mit der thermischen Nutzung von See- und Rheinwasser zur Deckung des Wärmebedarfs kann der fossile Brennstoffverbrauch (Heizöl und Erdgas) reduziert und damit geschätzt jährlich rund 70'000 t CO₂ weniger emittiert werden (der Einfachheit halber wurde die Kälteversorgung vernachlässigt). Gemäss Energiestatistik Kanton Thurgau betragen die CO₂-Emissionen aus Erdölbrennstoffen und Erdgas im Jahr 2019 rund 630'000 t. Mit der Wärme aus See- und Rheinwasser könnte also der CO₂-Ausstoss um mehr als 10 % reduziert werden.

Bei der Wärmeversorgung mit See- oder Rheinwassernutzung kann davon ausgegangen werden, dass Wärmepumpen eingesetzt werden. Diese benötigen für Ihren Betrieb Elektrizität. Je nach Herkunft der Elektrizität ist auch die Produktion mit CO₂-Emissionen belastet.

Mit der Versorgung der beiden Gebiete in Konstanz könnte gemäss Energienutzungsplan der CO₂-Ausstoss nochmals um 14'700 t pro Jahr reduziert werden.

9.2 Ausführungshinweise für Planer

9.2.1 Potenzielle Synergien prüfen

Die technischen Anlagen, die Leitungen und Gebäude für die thermische Nutzung von Oberflächenwasser erfordern erhebliche Anfangsinvestitionen.

Die Wirtschaftlichkeit kann verbessert und damit die Realisierungschancen für einen Energieverbund erhöht werden, wenn entweder die gleiche Infrastruktur über das ganze Jahr genutzt werden kann oder die Investitionskosten mit anderen Vorhaben geteilt werden können. Mögliche Synergien könnten zum Beispiel sein:

- Nutzung bestehender, stillgelegter Trinkwasserleitungen und -fassungen
- Nutzungsdauer verlängern, z.B. in Kombination mit Nutzung für Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen
- Beim Bau von neuen Seestegen die Tragstruktur so dimensionieren und bauen, dass diese gleichzeitig für Seewasserleitungen genutzt werden können

9.2.2 Ausführungshinweise Seewasserfassung und -zentrale

Für die Ausführung von Seewasserfassungen und -rückgaben sind die relevanten Punkte aus der Bodenseerichtlinie und der Planungshilfe des Kantons Thurgau zu berücksichtigen. Diese sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst.

Anforderung, Schutzgut	Erläuterungen	Ausführungshinweise
Schutz des ökologischen Gleichgewichts	Keine Gefährdung des Sees und seiner Lebensgemeinschaften durch veränderte Schichtungs- und Strömungsbedingungen	Entnahmetiefe zwischen 0 und 40 m. Rückgabtiefe zwischen 20 und 40 m Wassertiefe (IGKB 2018, 5.2., S. 20/21) Niedertemperatur Verbunde: Entnahmetiefe von 40 m, damit während 365 Tagen eine Temperatur von 4 - 5 °C entnommen werden kann Reine Wärmeverbunde (nur Heizbetrieb): Entnahme auf ca. 30 m resp. Temperatur von 8 - 10 °C -> Aufnahme Temperaturprofil /Messungen mit Temperatursonde ist elementar, um die Temperaturen zu kennen
	Vermeidung von Kurzschlussströmungen	Kurzschlussströmungen zwischen Entnahme und Rückgabe oder zu benachbarten Anlagen müssen vermieden werden (IGKB 2018, 5.2.2/3, S. 21/22)
	Dem See sollte in der Jahresbilanz nicht mehr Wärme zugeführt als entzogen werden. Grundsätzlich ist eine Abkühlung des Sees weniger kritisch als eine Erwärmung.	1 °C maximale Temperaturänderung ausserhalb der Mischungszone (20 mal 20 m in die horizontale und 10 m in die vertikale Richtung). Benachbarte Anlagen sind zu berücksichtigen. Die maximale Rückgabetemperatur beträgt 20 °C. (IGKB 2018, 5.2.2/3, S. 21/22) Auf reine Kühlanlagen wird verzichtet (Kt. TG Leitfaden, S. 3).

Anforderung, Schutzgut	Erläuterungen	Ausführungshinweise
Anthropogene Einflüsse möglichst gering halten	Bauliche Massnahmen in der Ufer- und Flachwasserzone sind grundsätzlich nicht zugelassen. Ausgenommen sind Massnahmen, die von der Zweckbestimmung her an den gewählten Standort gebunden sind. (IGKB 2018, 7.1, S. 26).	Nachweis der Standortgebundenheit. Nicht standortgebundene Anlagenteile müssen ausserhalb des Gewässerraums erstellt werden (Kt. TG Leitfaden, S. 6). Kleinanlagen mit einer Leistung geringer als 200 kW werden vermieden, grosse Anlagen werden bevorzugt (IGKB 2018, 5.3, S. 22).
Sauberes Seewasser	Schutz des Gewässers vor Verunreinigungen. Vermeidung Kontamination mit Kühlflüssigkeit.	Wärmetauscher dürfen nur über Zwischenkreisläufe betrieben werden (IGKB 2018, 5.1, S. 20). Gemäss Leitfaden des Kantons Thurgau gilt dies für Wärmetauscher, in denen Kältemittel zirkulieren (Kt. TG Leitfaden, S. 6).
Qualität Trinkwasser gewährleisten	Schutz der Wasserfassungen vor Verunreinigungen	Minimaler Abstand der Rückgabestelle zur nächsten Trinkwasserentnahme. 500 m bei einer Leistung bis 2.5 MW; 1'000 m bei einer Leistung bis 5 MW (Prüfabstände gem. IGKB 2018, 5.2.4, S. 22) Trinkwasserfassungen gem. Verzeichnis Kt. TG
Schifffahrt und Fischerei	Keine Behinderung der Schifffahrt und der Fischerei	Die Leitungen dürfen die Schifffahrt nicht behindern und nicht durch Anker beschädigt werden können. Auch dürfen sich Fischfangeräte nicht verfangen können. (Kt. TG Leitfaden, S. 6).
Fische: Schutzmassnahmen	Schutz der Fische durch Fischschutzmassnahmen	Fischschutzmassnahmen bei der Ansaugereinrichtung: Anströmgeschwindigkeit kleiner als 10 cm/s; Gitter mit Maschenweite kleiner als 5 mm. (Kt. TG Leitfaden, S. 6).
Seewasserentnahme und -Rückgabe: Muscheln	Vermeidung des Bewuchses der Entnahme/Rückgabe mit Quaggamuscheln	Vorkehrungen treffen (Leitungsdimensionierung, Spezialfilter, Reinigungsvorrichtungen, Unterhalt beim Wärmetauscher, ...) (Kt. TG Leitfaden, S. 6). Der Einfluss auf die Unterhaltskosten ist zu beachten.

Tabelle 8: Hinweise zu Planung und Ausführung für Bauten, Anlagen wasserseitig.

9.2.3 Ausführungshinweise Energieverteilung und Nachfrage

Nachstehende Tabelle enthält Ausführungshinweise vor allem aus der Bodenseerichtlinie und Planungshilfe des Kantons Thurgau sowie aus Praxiserfahrungen.

Gewässerschutzbereich A₀

Der gesamte Uferbereich untersteht dem Gewässerschutzbereich A₀ (oberirdische Gewässer). Das bedeutet im Wesentlichen, dass in diesem Gebiet keine Anlagen erstellt werden dürfen, welche eine besondere Gefahr für das Gewässer darstellen. Unter Einhaltung der geltenden Normen und Vorschriften sowie den aktuellen Regeln der Technik kann dies durch eine fachgerechte Planung und Umsetzung eingehalten werden.

Anforderung, Kriterien	Erläuterungen	Ausführungshinweise
Baulichen Massnahmen im Uferbereich	Bauliche Massnahmen in der Ufer- und Flachwasserzone sind grundsätzlich nicht zugelassen. Ausgenommen sind Massnahmen, die von der Zweckbestimmung her an den gewählten Standort gebunden sind. (IGKB 2018, 7.1, S. 26).	Nachweis der Standortgebundenheit. Nicht standortgebundene Anlagenteile ausserhalb der Uferzone.

Anforderung, Kriterien	Erläuterungen	Ausführungshinweise
Bohrung Seeleitung: Standort und Platzbedarf	Grosser Platzbedarf am Ufer für gelenkte Bohrung zu erstellen (Bohrzelle / Graben für Bohrmaschine). Die Länge der gelenkten Bohrung ist ein wesentlicher Kostenfaktor.	Machbarkeit Bohrung und Länge Bohrung prüfen
Seewasserzentrale: Standort und Platzbedarf	Die Seewasserzentrale (ggf. mit Reservoir) ist grundsätzlich in Ufernähe zu erstellen. Der Platzbedarf dafür wird oft unterschätzt.	Möglichkeit eines Tiefbaus für Pumpstation /Reservoir (ab 15x10 m, bis 12 - 15 m tief mit Reservoir) in Ufernähe prüfen.
Landseitige Hauptleitungen Seewasser: Rohrführung und Platzbedarf	Grosse Rohrquerschnitte und hoher Platzbedarf für Grabenarbeiten. Die Kosten für Graben und Rohre sind ein wesentlicher Kostenfaktor.	Möglichkeit der Rohrführung und grossen Graben (bis 15 m Breite inkl. Ablagerung Aushubmaterial) für grosse Rohrquerschnitte (bspw. DN500 - 800) prüfen.
Heizzentrale mit Wärmepumpen: Standort und Platzbedarf	Bei einer zentralen Lösung ist der Standort (Platzverhältnisse) für eine grössere Heizzentrale ein Kriterium. Bei einer dezentralen Versorgungslösung muss Platz für die Wärmepumpen /Speicher in den bestehenden Gebäuden vorhanden sein. Je nach Kunde (Spitäler, etc.) kommen Spitzenkessel und zusätzliche Speicher dazu.	Standortabklärungen und – Beurteilung sehr wichtig.
Wärmepumpen: technische Anforderung	Die Anforderungen an die Temperaturen sind: Max. Quelltemperatur: 20 - 25 °C Min. Austrittstemperatur von 2 °C	Temperaturschwankungen des Seewassers auf der Höhe der Entnahme Leitung messen. --> Aufnahme Temperaturprofil /Messungen mit Temperatursonde elementar um die Temperaturen zu kennen
Leitungsführung/Erschliessung: höherer Platzbedarf	Bei einem Niedertemperaturverbund ist im Gegensatz zu einem klassischen Wärmeverbund der Platzbedarf für das Haupttrasseee wesentlich höher.	Prüfung ob im geplanten Perimeter ein Haupttrasseee mit grossen Rohrquerschnitten möglich ist.
Wärmenachfrage: genügend Energiebezugsdichte	Die Wärmenachfrage sollte folgende Energiebezugsdichten aufweisen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 MWh/a*Trm (Wärmenetz) ▪ resp. 1.3 MWh/a*Trm (Niedertemperaturnetz) Bei günstigen Bedingungen sind die Werte entsprechend tiefer.	Nur Gebiete einplanen, welche eine minimale Energiebezugsdichte aufweisen. Überprüfung im Rahmen der Machbarkeitsstudie und Vorprojekt.
Kältenachfrage: genügend Kältenachfrage für Niedertemperatur-Verbund	Genügend Kältebedarf vorhanden. Für ein Niedertemperaturnetz zum Heizen und Kühlen zweckmässig, wenn Kältebedarf mind. 30 % des Wärmebedarfes (Nutzenergie) beträgt oder wenn viel Kälteverbrauch oder hoher Anteil Abwärme auf tiefem Niveau (20 - 30 °C) vorhanden (HSLU 2019). Direktes Kühlen «Freecooling» für Komfort energetisch wenig relevant da ca. 100-300 Std./a.	Abwägung/Variantenbetrachtung: Hochtemperatur vs. Niedertemperatur-Verbundslösung.

Anforderung, Kriterien	Erläuterungen	Ausführungshinweise
Entnahmeleistung: genügend hohe Entnahmeleistung Gewässer	Einige MW Entnahmeleistung See/Rhein damit ein Verbund wirtschaftlich betrieben werden kann. Je nach günstigen Bedingungen (Nutzung von Synergien) auch kleinere Verbunde möglich.	Prüfen ob genügend Wärme- und Kältenachfrage.

Tabelle 9: Hinweise zur Planung und Ausführung für Bauten, Anlagen und Energieverteilung landseitig.

9.3 Vorschlag zum weiteren Vorgehen

9.3.1 Prüfung der wirtschaftlichen Machbarkeit

In der Regel sind die Investitionskosten und die Energiegestehungskosten entscheidend, ob ein Energieverbund realisiert werden kann.

Deshalb wird empfohlen, in einem nächsten Schritt die wirtschaftliche Machbarkeit der oben beschriebenen Energieverbunde zu prüfen. Dabei sollte neben den Investitions- und Betriebskosten vor allem das Interesse der grossen Wärme- und Kältebezüger für einen Anschluss an einen Energieverbund geklärt werden.

9.3.2 Umsetzung in den Gemeinden

Im kantonalen Gesetz über die Energienutzung (ENG) ist im §14c die gesetzliche Grundlage verankert, Gemeinden zu einer Energieplanung (Energierichtplan) zu verpflichten. Der kantonale Richtplan konkretisiert, welche Gemeinden von der Erstellungspflicht betroffen sind. Gemäss dem kantonalen Richtplan (KRP Planungsauftrag 4.2 A) sind die Gemeinden im «urbanen Raum» und im «kompakten Siedlungsraum» mit mehr als 2'000 Einwohnern verpflichtet, einen kommunalen Energierichtplan zu erstellen. Für alle erneuerbaren Energieträger ist in einer ersten Phase die Prüfung der reinen technischen Machbarkeit (Verfügbarkeit, Wärme oder Strom, genutztes und ungenutzte Potential) vorzunehmen. Besondere Beachtung sollte im Energierichtplan die thermische Nutzung des Bodensees und Rheins erfahren.

Anhang A Referenzverzeichnis

- BAFU 2017:** Anlagen mit Kältemitteln: vom Konzept bis zum Inverkehrbringen. Vollzugshilfe Nr. 1726: 39 S. Bern, 2017.
- BAFU 2020:** Klimaziel 2050: Netto-Null Treibhausgasemissionen. Hintergrundpapier. Ittigen, 26.02.2020.
- BFE 2006:** Exkurs Potenzialbegriffe. Michel Piot. Ittigen, Oktober 2006
- BFE 2018:** Energiestrategie 2050 nach Inkrafttreten des neuen Energiegesetzes. Präsentation. Ittigen, 18.01.2018.
- BUNDESRAT 1998:** Gewässerschutzverordnung 1998. Stand 01.04.2020.
- EnDK 2018:** Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), Ausgabe 2014 (Nachführung 2018). Bern, 20.04.2018.
- EnergieSchweiz 2017:** Programm «Thermische Netze» Nutzung von Oberflächengewässer für thermische Netze. Ittigen, 27.09.2017.
- EnergieSchweiz 2020:** Broschüre Erneuerbar Heizen. Ittigen, März 2020.
- EnergieSchweiz 2021:** Faktenblatt Thermische Netze. Ittigen, 10.02.2021.
- HSLU 2019:** Entscheidungsdiagramm Thermische Netze. Bericht Hochschule Luzern. Horw, 07.06.2019.
- IGKB 2018:** Bodensee-Richtlinien 2005 (mit Änderungen des Kapitels 5 vom 13.05.2014 und des Kapitels 6 vom 9.5.2018). Mai 2018.
- Kanton Thurgau (ohne Datum):** Wärme- und Kältenutzung aus dem Bodensee. Leitfaden.
- Kanton Thurgau 2012:** Wassernutzung Kanton Thurgau. Frauenfeld, 2012.
- Kanton Thurgau 2020:** Gesetz über die Energienutzung (ENG). Frauenfeld, 10.03.2004 (Stand 1. Juli 2020).
- Kanton Thurgau 2020a:** Verordnung des Regierungsrates zum Gesetz über die Energienutzung, 9. November 2010 (Stand 1. Juli 2020)
- Kanton Thurgau 2020b:** Unterhaltskonzept Bäche 2, Praxishilfe. Ergänzenden Dokumentation: Vollzugshilfe. Frauenfeld, November 2020.
- Konstanz 2018:** Energienutzungsplan Konstanz. Konstanz, 2018.

Anhang B Erläuterungen ökologische Anforderungen Wasserseite

Amphibienlaichgebiete

Amphibienlaichgebiete sind geschützt und müssen in ihrer Qualität und Eignung ungeschmälert erhalten bleiben. Im Projektgebiet finden sich Amphibienlaichgebiete im Gebiet Under Espe/Riet zwischen Ermatingen und Gottlieben, dies ist mehr oder weniger deckungsgleich mit dem ausgeschiedenen Flachmoor. Entsprechend dürfte in diesem Gebiet die Realisierung einer Seewasserrfassung oder einer Seewasserleitung im Verfahren mit einem Graben nicht realisierbar sein. Die Laichgebiete werden von Amphibien zu bestimmten Jahreszeiten genutzt. In dieser Zeit dürfen diese Gebiete nicht gestört werden, weshalb in dieser Zeit auch keine Bauarbeiten möglich sind. Vorgängig ist aufzuzeigen, dass die Laichgebiete durch einen Leitungsbau nicht beeinträchtigt werden, allfällige Ersatz- oder Ausgleichsmassnahmen müssen aufgezeigt werden.

Wasservogelreservate

Wasservogelreservate dienen dem Schutz als Rast- und Nahrungsplatz für überwinternde Wasservögel (Enten, Schwäne, Möwen, Seeschwalben etc.), hauptsächlich durch ein Jagdverbot und dem Schutz vor Störungen. Im Projektgebiet liegt das Wasservogel-Reservat von internationaler Bedeutung Ermatinger Becken: es umfasst die Flachwasserzone des Seerheins und des Untersees von Paradies bis Ermatingen. Es handelt sich um das grösste Flachwasserbecken mit natürlicher Ufervegetation der Schweiz. Innerhalb dieses Gebiets ist die Schifffahrt eingeschränkt und die Jagd verboten. Das erklärte Schutzziel des Reservats ist die Erhaltung des Gebietes als Rast- und Nahrungsplatz für überwinternde Wasservögel. Hinsichtlich allfälliger Anlagen und Leitungen zur Seewassernutzung muss nach aktuellem Wissensstand nicht von einem Verbot ausgegangen werden. D.h. der Bau von Anlagen, Gebäuden und Leitungen ist grundsätzlich zulässig. Bei den Bauarbeiten sind Einschränkungen in der Zeit vom 1. Okt. bis 31. März möglich, da dann Störungen der überwinternden Wasservögel verboten sind.

Fischschongebiete

Fischschongebiete dienen dem Schutz der Fische während der Fortpflanzungszeit (Seeforelle 1. Nov. – 31. Jan.; Felchen 1. April – 30. Juni) und weisen entsprechende zeitliche Einschränkungen beim Fischfang auf. Das Felchenschongebiet Untersee bei Ermatingen und das Seeforellenschongebiet Güttingen liegen im Projektgebiet. Nach ersten Erkenntnissen ist der Bau von Anlagen, Gebäuden und Leitungen ausserhalb der Schonzeiten der Fische unter Vorbehalten möglich. Je nach effektiver Projektierung werden allenfalls ökologische Ausgleichsmassnahmen verlangt, wie zum Beispiel Kiesschüttungen für Laichgebiete o.ä.

Fischerei

In der fischereirechtlichen Einteilung der Gewässer des Kantons Thurgau werden folgende Zonen unterschieden:

- «Fischen erlaubt»/«Fischen verboten»: Diese Einteilung hat grundsätzlich keine Auswirkungen auf die Seewassernutzung und kann somit vernachlässigt werden.
- «Freiangelrechte Gemeinden»: Jedermann kann mit einfacher Angel und natürlichem Köder angeln. Dies hat keine Auswirkungen auf die Seewassernutzung und kann daher vernachlässigt werden.
- «Private Fischenzen/Fischreiser»: Hier handelt es sich um private Fischereirechte, wobei als Eigentümer auch die öffentliche Hand eingetragen sein kann. Die Ausübung der Fischerei ist nur mit schriftlicher Bewilligung des Eigentümers gestattet. Der Grund eines privaten Fischereirechts gehört jedoch der öffentlichen Hand (Staat).

Die Gebiete mit privaten Fischenzen kommen für thermische Seewassernutzung in Frage. Gespräch mit Inhaber des privaten Fischereirechts über allfällige negativen Beeinträchtigungen. Verhandlungen mit der öffentlichen Hand als Grundeigentümer.

Folgende private Fischenzen liegen im Projektgebiet:

- Bodensee: Schlössli Bottighofen

- Seerhein/Untersee: Privatfischenzen Seerhein/Gottlieben
- Rhein: Fischwasser Bürgergemeinde Diessenhofen (linke Rheinhälfte); Steinerwasser (linke Rheinhälfte ab Stein am Rhein)

Falls Privatfischenzen betroffen sind, schlagen wir folgendes Vorgehen vor:

- Information und Gespräch mit dem Eigentümer
- allfällige Entschädigungen festlegen (z.B. bei Einschränkung beim Setzen von Bodennetzen)

Archäologie

Im Projektperimeter kommen Zonen archäologischer Funde sowie archäologische Fundstätten vor. Die Zonen befinden sich in erster Linie seeseitig und kommen sowohl beim Bodensee, dem Seerhein und dem Untersee vor. Beim Rhein sind die Zonen hauptsächlich landseitig gelegen.

Zonen archäologischer Funde sind nicht per se Ausschlussgebiete. Das Amt für Archäologie wird aber bereits in der Planungsphase einbezogen, falls Zonen oder archäologische Fundstätten betroffen sein könnten.

Bei einem Leitungsbau durch eine archäologische Zone ist der offene Grabenbau die zu bevorzugende Vorgehensweise, da allfällige Funde so geortet und dokumentiert werden können. Dies erfordert eine gute Planung und genügend Zeit bei der Ausführung.

Wasserpflanzen

Die Wasserpflanzen im Boden- und Untersee wurden 2006 - 2010 mit Hilfe von Transekten kartiert. Kartierungen in der Nähe von möglichen Entnahme-/Rückgabestellen oder Leitungen zeigen, welche Vorkommen zu erwarten sind. Diese sollten während der Detailplanung einbezogen werden. Gemäss IGKB (IGKB 2018) sind ökologisch intakte Flachwasserzonen und Uferbereiche zu erhalten und von störenden Nutzungen und nachteiligen Einwirkungen freizuhalten. Bauliche Massnahmen in der Ufer- und Flachwasserzone sind grundsätzlich nicht zugelassen. Ausgenommen sind Massnahmen, die (1) von der Zweckbestimmung her an den gewählten Standort gebunden sind, (2) mit den limnologischen und fischereibiologischen Erfordernissen verträglich sind, (3) mit den Erfordernissen der Ufer- und Flachwasservegetation verträglich sind und (4) sich auf das unbedingt notwendige Mass beschränken. Gemäss dem Leitfaden «Wärme- und Kältenutzung aus dem Bodensee» sollen Seeleitungen bis unter die Zone mit Wasserpflanzenbewuchs (ca. 10 – 15 m Tiefe) grabenlos unter dem Seegrund erstellt werden, beispielsweise mittels gelenkter Bohrung.

Anhang C Erläuterungen landseitige ökologische Anforderungen

Flachmoore

Flachmoore müssen ungeschmälert erhalten werden. Es dürfen insbesondere keine Bauten und Anlagen errichtet und keine Bodenveränderungen vorgenommen werden. Aufgrund des hohen Schutzstatus und der restriktiven Ausnahmen sind Flachmoore Ausschlussgebiete für die thermische Nutzung von Seewasser und Rhein.

- Bodensee: Luxburger Bucht
- Untersee: Espen Riet/Ermatinger Riet, Eschenzer Horn (regionale Bedeutung, öffentliche Auflage bis 11. Juli 2020)
- Rhein: Schaarenwis

Naturschutzgebiete

Die Naturschutzgebiete sollten generell und wenn immer möglich nicht durch die thermische Seewassernutzung tangiert werden, sowohl bezüglich Leitungslegung, als auch durch Entnahme- und Rückgabebauwerke.

- Bodensee: Seemoosriet (PG Arbon), Seewiese (PG Arbon), Seewiese (PG Egnach), Luxburgerbucht/Widehornerriet (PG Egnach), Underi Seewiese (PG Egnach), Seewiesen (PG Salmsach), Seeufer Romanshorn, Klinik Münsterlingen (PG Münsterlingen), Scheidweg/Rietwise (PG Münsterlingen), Untere Bleiche (PG Kreuzlingen), Seeburgpark (PG Kreuzlingen), Wollsaueninsel (PG Kreuzlingen)
- Seerhein: Chuehorn/Ziegelhof (PG Tägerwilten), Ufer am Seerhein (PG Tägerwilten)
- Untersee: Gottlieber Ried, Ermatinger Ried, Allmend Mannebach (PG Salenstein), Eschenzerhorn/Stad (PG Eschenz), Insel Werd (PG Eschenz)

Geschützte Naturobjekte

Bei den geschützten Naturobjekten handelt es sich um Einzelbäume, Hecken, Ufervegetation, Kiesgruben, Parkanlagen, o.ä. Diese Objekte haben in der Regel keinen grundsätzlichen Einfluss auf die Machbarkeit von Seewasserfassungen, sollten jedoch spätestens bei der Detailplanung berücksichtigt werden.

- Bodensee: diverse Objekte
- Seerhein: Objekte in Kreuzlingen
- Untersee: diverse Objekte
- Rhein: wenige Objekte

Vernetzungskorridore

Vernetzungskorridore sind Verbindungen zwischen einzelnen Naturschutzgebieten. Sie haben das Ziel, diese miteinander zu vernetzen und den Bestand von Tier- und Pflanzenarten in der Kulturlandschaft zu sichern und zu fördern (siehe auch Leitfaden des Kantons Thurgau 2019 zur «Vernetzung im Kulturland»). Solche Vernetzungskorridore sind beinahe entlang des gesamten nicht verbauten Uferbereichs im Projektperimeter ausgeschieden.



Abbildung 27: Vernetzungskorridore im Überblick (Vernetzung im Kulturland, Leitfaden für die Praxis, Kanton Thurgau)

Prinzipiell sollen innerhalb dieser Korridore keine neuen Hindernisse entstehen, weder baulicher Art noch durch die Schaffung neuer nicht standortgerechter Lebensräume. Hinsichtlich einer Seewassernutzung ist dies sowohl während der Bau- als auch während der Betriebsphase zu beachten. Nach aktuellen Erkenntnissen ist aber innerhalb der Vernetzungskorridore der Bau von Leitungen möglich.

Ökomorphologie

Die Ökomorphologie der Fliessgewässer zeigt, ob ein Ufer natürlich oder naturnah ausgebildet oder anthropogen beeinträchtigt ist (in den Stufen beeinträchtigt, naturfern, naturfremd). Die Kartierung zur Uferbewertung des Bodensees von 2006 (aktualisiert im 2017) zeigt analog dieselben Stufen für den Bodensee, Seerhein und Untersee.

Zur Beurteilung möglicher Auswirkungen auf die Realisierung einer Seewassernutzung ist davon auszugehen, dass bei «natürlichen» und «naturnahen» Uferabschnitten Anlagen problematischer sind (mehr Auflagen, eventuell Ersatz, Kontrolle) als bei «beeinträchtigten», «naturfernen» oder «naturfremden» Uferabschnitten. Dies dürfte sich konkret im Umfang von speziellen Auflagen, Ersatzmassnahmen und deren Kontrolle zeigen.

Zone archäologischer Funde

Die Zone archäologischer Funde ist ein Hinweis, dass eine gewisse Wahrscheinlichkeit für archäologische Funde besteht und dass das Amt für Archäologie vor und allenfalls während der Bauarbeiten Abklärungen vornehmen wird.

Aus Sicht Leitungsbau sollten, wenn möglich, diese Zonen umfahren werden. Grundsätzlich ist ein Leitungsbau möglich. Es wird empfohlen, das Amt für Archäologie frühzeitig zu kontaktieren.

Anhang D Projektorganisation Erarbeitung Machbarkeitsstudie

Projektleitung

Die Projektleitung liegt bei der Abteilung Energie des Kantons Thurgau. Der Projektleitung obliegt die Koordination zwischen den verschiedenen Beteiligten, sie ist Ansprechperson für organisatorische Belange und lädt die Mitglieder der Projektgruppe ein.

Projektgruppe

Die Projektgruppe bringt ihr fachspezifisches Know-how ein, dies anlässlich von Sitzungen und durch Korreferate der Entwürfe der Machbarkeitsstudie. Die Mitglieder der Projektgruppe sind in nachstehender Tabelle aufgeführt.

Vorname, Name	Organisation
Heinz Ehmann	Amt für Umwelt/Gewässerqualität
Fabienne Eppisser	Abteilung Energie Kanton Thurgau
Sabrina Gohl und Markus Birk	Regionalplanungsgruppe Diessenhofen
Toni Kappeler	Vertretung Umweltorganisationen
Andreas Koch	Kompetenz-Zentrum Erneuerbare Energie-Systeme Thurgau KEEST
Urban Kronenberg	Regionalplanungsgruppe Oberthurgau
Rainer Messmer	Landwirtschaftsamt
Stefan Mischler	Energiefachleute Thurgau EFT
Dario Moser	Jagd-und Fischereiverwaltung
Roman Salzmann	Regionalplanungsgruppe Kreuzlingen
Peter Schenk	Schenk AG Heldswil
Linda Signer	Regionalplanungsgruppe Untersee und Rhein
Andreas Szalatnay	Seewasser Konsortium Romanshorn

Tabelle 10: Mitglieder Projektgruppe.

Lenkungsausschuss

Die Mitglieder des Lenkungsausschusses sind in nachstehender Tabelle aufgeführt.

Vorname, Name	Organisation
Walter Schönholzer	Regierungsrat, Chef Departement für Inneres und Volkswirtschaft (Vorsitz)
Marco Sacchetti	Generalsekretär Departement für Bau und Umwelt
Andrea Paoli	Leiter Abteilung Energie, DIV

Tabelle 11: Mitglieder Lenkungsausschuss.