

Energiekonzept VfL Osnabrück Trainingsgelände am Schinkelberg



Januar 2024

Auftragnehmer

Kompetenzzentrum Energie
Science to Business GmbH - Hochschule Osnabrück
Albert-Einstein-Str. 1
49076 Osnabrück
www.stb.hs-osnabrueck.de



Bearbeitung

Kompetenzzentrum Energie:
Prof. Dr.-Ing. Matthias Reckzügel
Claudius Dittrich
Christian Waldhoff



m.reckzuegel@hs-osnabrueck.de
0541 – 969 2069
c.waldhoff@kompetenzzentrum-energie.de
0541 – 969 2404

Im Unterauftrag Themenfeld Geothermie

Marius Raabe
Christian Muhmann



Mull und Partner ENERGY GmbH
Neulandstr. 24
49084 Osnabrück
energy@mup-group.com
0541 / 53 27 0

Im Auftrag von



VfL Osnabrück GmbH & Co. KGaA
Stadion Bremer Brücke
Hannes-Haferkamp-Platz 1
49084 Osnabrück

und der
Sabine-Hagemann-Stiftung
Ernst Sievers Str. 2
49078 Osnabrück

| | |
|---|----|
| ABBILDUNGSVERZEICHNIS | IV |
| 1 Einleitung und Problemstellung | 6 |
| 2 Trainingsgelände am Schinkelberg..... | 7 |
| 2.1 Ausgangslage..... | 7 |
| 2.2 Belegung und Nutzung | 8 |
| 2.3 Ziel: intensive, ganzjährige Nutzung | 9 |
| 3 Betrieb von Rasenspielflächen..... | 10 |
| 3.1 Rasen..... | 10 |
| 3.2 Aufbau und Funktion Rasenheizung | 12 |
| 3.3 Status Quo Rasenheizungsbetrieb | 13 |
| 3.4 Wärmebedarf Rasenheizung..... | 14 |
| 4 Bedarfsbestimmung Trainingszentrum Schinkelberg | 19 |
| 4.1 Heizwärme Funktionsgebäude und Warmwasser | 19 |
| 4.2 Wärmebedarf Rasenheizung..... | 20 |
| 5 Energetische Potenzialanalyse | 20 |
| 5.1 Solarenergie | 22 |
| 5.2 Wärme aus Biomasse..... | 23 |
| 5.3 Umweltwärme Luft | 23 |
| 5.4 Industrielle Abwärme..... | 25 |
| 5.5 Abwärme aus kommunalem Abwasser..... | 26 |
| 5.6 Abwärme Schinkelbad..... | 26 |
| 5.7 Geothermie | 28 |
| 6 Fokus: Geothermie | 30 |
| 6.1 Geologische Situation und Grundlagen | 30 |
| 6.2 Anlagendimensionierung | 32 |
| 6.3 Technik und Varianten | 33 |
| 6.4 Erdsonden und Erdkollektoren | 34 |
| 6.5 Ökonomische Betrachtung..... | 39 |
| 7 Bewertung Klimarelevanz..... | 40 |
| 7.1 Energiequellen und Emissionen..... | 40 |
| 7.2 Bewertung der Konzeptvarianten | 43 |
| 8 Fazit | 44 |
| 9 Übertragbarkeit auf andere Standorte..... | 47 |
| 9.1 Nutzung und Grundlagen | 47 |
| 9.2 Energiequellen und technisches Anlagenkonzept | 48 |
| 10 Literatur- und Quellenverzeichnis..... | 49 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Lage Bremer Brücke, Schinkelbad und Trainingszentrum Schinkelberg (v.r.n.l) (OpenStreetmap, 2023) | 6 |
| Abbildung 2: Plan Vorentwurf Leistungszentrum VfL Osnabrück, Stand April 2023 (PS+, 2023) | 7 |
| Abbildung 3: Links Luftbild Einbau der Rasenfläche Schinkelberg (heiler GmbH, 2023) Rechts: Mobiler Heizkesselcontainer und Öltank (eigene Aufnahme 2023) | 8 |
| Abbildung 4: Beispielhafter Wochenbelegungsplan Sportanlage Schinkelberg (IFS, 2022) | 9 |
| Abbildung 5: Aufstiegsrasen Bremer Brücke 27. Mai 2023..... | 10 |
| Abbildung 6: Rasen mit Wurzel (Hauert Rasenblog, 2020) | 11 |
| Abbildung 7: Qualitative Darstellung Wachstumspotenziale Rasenheizung und Kühlung (rasenplan GmbH, 2023) | 11 |
| Abbildung 8: Vegetationsbelichtung mit kombinierten Beleuchtungs-Units auf dem Stadionrasen | 12 |
| Abbildung 9: Aufbau eine konventionellen..... | 12 |
| Abbildung 10: Ansicht Heizregister Rasenheizung (heiler GmbH, 2023) | 13 |
| Abbildung 11: Simulationsergebnisse Möslestadion SC Freiburg, Jahresdauerlinie Heizung für Rasen, Gebäude und Warmwasser, Bild nach (Stahl+Weiß PartGmbH, 2016) | 15 |
| Abbildung 12: Verteilung der Wärmebedarfe in Prozent der Jahressummer Anhand der Prognose Neubau Stadion SC Freiburg (Stahl+Weiß PartGmbH, 2016)..... | 16 |
| Abbildung 13: Übersicht Jahresverbrauchsdaten der Rasenheizung für drei Vereine nach eigener Recherche (Blau-Weiß, 2023) (Grün-Weiß, 2023) (Rot-Weiß, 2023) | 16 |
| Abbildung 14: Darstellung der Abhängigkeit zwischen gemittelter Heizleistung (stündliche) und der Außentemperatur Stadion Blau-Weiß (Blau-Weiß, 2023) | 17 |
| Abbildung 15: Automatikbetrieb - mittlerer Heizleistungsbedarf Blau-Weiß (Stundenwerten) (Blau-Weiß, 2023) | 18 |
| Abbildung 16: Handbetrieb - Heizleistungsbedarf Rot-Weiß (Rot-Weiß, 2023) | 18 |
| Abbildung 17: Jahresdauerlinien Winter 22/23 für die Heizleistung Stadion Verein Blau-Weiß (links) und Rot-Weiß (rechts)..... | 19 |
| Abbildung 18: Funktionsprinzip Wärmepumpe mit Wärmequelle links und schematischer Rasenheizung als Senke rechts,(Bild: Bild Bundesverband Wärmepumpe) | 21 |
| Abbildung 19: Vergleich JAZ Gebäudeheizung bei versch. Quellen..... | 22 |
| Abbildung 20: Summe der solaren Globalstrahlung in Deutschland | 22 |
| Abbildung 21: Luft-Wasser-Wärmepumpe Carrier 30EQ Bild: Carrier Klimatechnik GmbH..... | 24 |
| Abbildung 22: Übersicht Lage Abwärmquelle Papierfabrik Felix Schoeller Holding GmbH & Co. KG (OpenStreetmap, 2023)..... | 25 |
| Abbildung 23: Lage Schinkelbad und Schinkelberg (OpenStreetmap, 2023)..... | 26 |
| Abbildung 24: A: Mittlerer Jahresgang der Bodentemperatur am Beispiel Potsdam Telegrafenberg; B: Temperaturverlauf Bohrung Nienburg (Weser) (Jensen, Holger et all. LBEG, 2022) | 28 |

Verzeichnisse

| | |
|---|-----------|
| Abbildung 25: Schematische Darstellung der Nutzungen der oberflächennahen Geothermie. (Quelle: GeoPLASMA-CE)..... | 29 |
| Abbildung 26: Erdwärmekollektor (Bild: (Bundesverband Geothermie e.V., 2023)) .. | 30 |
| Abbildung 27; Geologische Übersichtskarte 1:25.000 aus NIBIS Kartenserver (LBEG, 2023) | 31 |
| Abbildung 28: Interpolierter Grundwassergleichenplan (2007), Auskunft Stadt Osnabrück. | 32 |
| Abbildung 29: Jahresdauerlinie eines realen Stadionbetriebs Verein Blau-Weiß (Blau-Weiß, 2023)..... | 32 |
| Abbildung 30 Heizleistung mit Bezug zur Außenlufttemperatur für die Rasenheizung Verein Blau-Weiß (Blau-Weiß, 2023) | 33 |
| Abbildung 31: Fluid-Mitteltemperatur der ersten Variante nach 25 Jahren (Spitzen- und Grundlast mit Regeneration) | 34 |
| Abbildung 32: Fluid-Mitteltemperatur der zweiten Variante nach 25 Jahren (Spitzen- und Grundlast mit Regeneration) | 35 |
| Abbildung 33: Fluid-Mitteltemperatur der dritten Variante nach 25 Jahren (Spitzen- und Grundlast mit Regeneration) | 36 |
| <i>Abbildung 34: Fluid-Mitteltemperatur der vierten Variante nach 25 Jahren (Spitzen- und Grundlast mit Regeneration).....</i> | <i>36</i> |
| <i>Abbildung 35: Fluid-Mitteltemperatur der fünften Variante nach 25 Jahren (Spitzen- und Grundlast ohne Regeneration).....</i> | <i>37</i> |
| Abbildung 36: Direkter Vergleich der Erdwärmesondenanzahl zwischen Variante 5 (links, ohne Regeneration) und Variante 3 (rechts, mit Regeneration)..... | 38 |
| Abbildung 37: Flächennutzung der Erdwärmekollektoren..... | 38 |
| Abbildung 38: Kostenvergleich der Varianten | 39 |
| Abbildung 39: Entwicklung des Anteils der Energieträger im deutschen Strommix (Umwelt Bundesamt, 2023) | 41 |
| Abbildung 40: Darstellung der kumulierten äquivalenten CO ₂ Emissionen in t CO ₂ e für die betrachteten Varianten..... | 43 |

1 Einleitung und Problemstellung

Der Profifußball in Deutschland begeistert Millionen von Menschen. Auch in Osnabrück und dem Umland ist der VfL Osnabrück sicher ein identitätsstiftendes Stück lokaler Gesellschaftskultur. In dieser Rolle kommt dem Verein auch eine besondere Verantwortung und Verpflichtung zu. Dem Thema Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit begegnet der VfL Osnabrück mit dem Ansatz, „enkeltauglich“ zu werden.

Ein eindeutiges Bekenntnis zur Nachhaltigkeit in all ihren Dimensionen (ökologisch, ökonomisch, sozial) haben die 36 Proficlubs der Bundesliga und 2. Bundesliga im Dezember 2021 in die Präambel der Satzung des DFL e.V. aufgenommen. Darüber hinaus haben sie grundsätzlich beschlossen, dass Nachhaltigkeitskriterien Bestandteil des Lizenzierungsverfahrens werden sollen. Die Verankerung der Nachhaltigkeitsrichtlinie erfolgte im Mai 2022 durch einen Beschluss der DFL-Mitgliederversammlung. Seither bauen DFL und Clubs schrittweise die Strukturen aus und wollen die Anforderungen von Saison zu Saison schärfen. (DFL 2, 2022) (DFL 3, 2022)

In kritischen Artikeln zum Thema dazu ist aber auch zu lesen, dass sich nur wenige Vereine der 1. und 2. Bundesliga tatsächlich um eine Bilanzierung Ihres CO₂-Fußabdrucks kümmern, so dass auch nicht davon ausgegangen werden kann, dass im Profifußball verstärkt an der Umstellung auf einen nachhaltigen Betrieb und eine klimaschonende Energieversorgung gearbeitet wird. Oft werden nur begrenzte Maßnahmen wie Mehrwegbecher, Regenwassernutzung o.ä. umgesetzt. (Reese, 2019) (Gürnth, 2020)

Neben den tatsächlich durch den Vereins- und Ligabetrieb verursachten klimaschädlichen CO₂-Emissionen, darf nicht vergessen werden, dass der wohl größte Anteil der Emissionen im Zusammenhang mit dem Ligabetrieb durch die An- und Abreise der Fans verursacht wird (Reese, 2019). Auch hier sollte seitens der Vereine und der DFL der Handlungsbedarf erkannt und entsprechende Konzepte angeboten werden. 26 Vereine haben immerhin bereits Nachhaltigkeitsbeauftragte, aber nur 12 können etwas zu ihrem CO₂-Fußabdruck sagen. Lediglich vier haben sich echte Reduktionsziele gesetzt (Rieger, 2022).

Die vorliegende Studie bewertet technische Machbarkeit und Nachhaltigkeitsaspekte des Betriebs der Rasenheizung im neuen Trainingszentrum des VfL Osnabrück am Schinkel-

**Nachhaltigkeit
im Profifußball**

**Trainingszentrum
Schinkelberg**

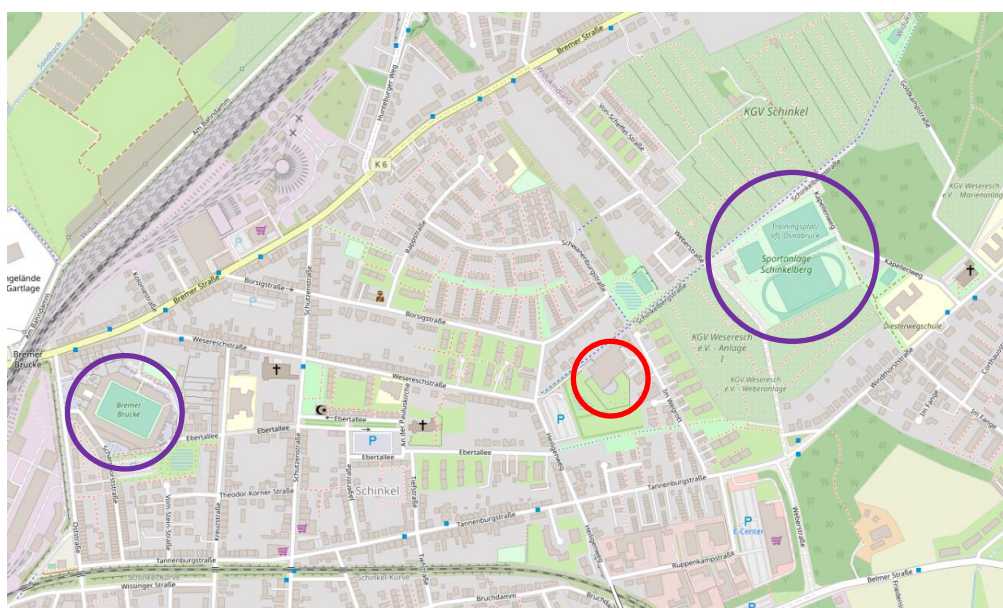


Abbildung 1: Lage Bremer Brücke, Schinkelbad und Trainingszentrum Schinkelberg (v.r.n.l.) (OpenStreetmap, 2023)

2 Trainingsgelände am Schinkelberg

berg. Die Beheizung des Rasenplatzes verursacht einen erheblichen Teil des Energiebedarfs. Für den fortschreitenden Aufbau des Trainingszentrums soll geprüft werden, welche Art der Wärmeversorgung mittels klimaschonender Energiequellen vor Ort technisch möglich und sinnvoll sind, so dass auf eine mit fossilem Erdgas oder Öl betriebene Anlage verzichtet werden kann. Nach den Recherchen ist dies leider bei vielen Profiklubs noch Standard und kann in kalten Winterperioden zur Absicherung nur eines Spieltages für das Verheizen von über 6.000 Öl (15.960 kg CO₂) sorgen (Bezug: 2.000l Öl/Tag, 3 Heiztage) (Focus, 2022).

Die Ermittlung des Wärmebedarfs des Trainingsgeländes erfolgt grundsätzlich anhand der Art und Intensität der Nutzung. Dadurch wird eine allgemeine Basis zur Erstellung von Versorgungskonzeptes geschaffen, die auch für andere Standorte genutzt werden kann. Die darauf fußende Konzeptentwicklung zur Wärmeversorgung des Geländes, so sie denn nicht auf spezifische, lokale Wärmequellen (z.B. industrielle Abwärmequellen) aufbaut, kann in den technischen Ansätzen ebenfalls auf andere Rasenspielflächen übertragen werden. Signifikante Unterschiede in Nutzung oder in Verfügbarkeit der Wärmequellen müssen in Konzept und Dimensionierung natürlich entsprechend bedacht werden.

**Übertragbarkeit
Grundlagen und
Konzeption**

2 Trainingsgelände am Schinkelberg

2.1 Ausgangslage

Das Trainingsgelände des VfL Osnabrück wird in den nächsten Jahren schrittweise auf den Schinkelberg verlegt. Die dort bereits existierenden Sportanlagen werden ersetzt oder umgebaut, so dass dem Profibereich am Ende nicht nur zweieinhalb Rasenplätze, sondern



Abbildung 2: Plan Vorentwurf Leistungszentrum VfL Osnabrück, Stand April 2023 (PS+, 2023)

2 Trainingsgelände am Schinkelberg

auch Spezialtrainingsbereiche und ein umfassendes Funktionsgebäude zur Verfügung stehen werden. Nach dem Spatenstich am 19. September 2022 konnte am 1. Februar 2023 der erste Trainingsplatz der Nutzung übergeben werden. Die heiler Sportplatzbau GmbH & Co. KG aus Bielefeld errichtet den beheizbaren Rasenplatz. Dazu stehen ein mobiler Ölbrenner (Heizleistung bis 2.000 kW) samt Öltank solange zur Verfügung, bis eine alternative Energieversorgung des Trainingsgeländes realisiert worden ist. Die eineinhalb weiteren Rasenplätze, die nicht beheizt werden sollen, werden ab Sommer 2024 im südlichen Teil des Geländes angelegt, vgl. Abbildung 2.



Abbildung 3: Links Luftbild Einbau der Rasenfläche Schinkelberg (heiler GmbH, 2023)

Rechts: Mobiler Heizkesselcontainer und Öltank (eigene Aufnahme 2023)

Nach Angaben des VfL ist noch nicht klar, ob das vorhandene Umkleide- und Funktionsgebäude umgebaut und erweitert wird, oder ob ein Neubau entstehen soll. Der Bebauungsplan kann seitens der Stadt vermutlich erst im 2. Quartal 2024 fertiggestellt werden, so dass die Planung, Bauantrag und die Errichtung des Gebäudes frühestens im Sommer 2024 starten kann. (Waldhoff & Dittrich, 2023)

2.2 Belegung und Nutzung

Das Trainingsgelände soll vor allem zur Gewährleistung von professionellen Bedingungen für Lizenzspieler dienen, aber ebenfalls auch Möglichkeiten für Spiele und Trainingsmöglichkeiten des Jugendleistungszentrums (U17 und U19) bieten. Ergänzend sind noch Büro- und Funktionsräume geplant. Die Nutzung und Auslastung der Flächen ist natürlich u.a. ausschlaggebend für den Betrieb und die Konzeption der Versorgungssysteme.

Die Beratung für die Entwicklung und Umsetzung am Schinkelberg hat das IFS Institut für Sportstättenberatung GmbH aus Euskirchen übernommen. Es legte einen ersten Plan vor, der eine Belegung mit maximal 60 Spielern am Tag und ein bis zu 30-köpfiges Funktionsteam mit Trainern etc. vorsieht. Es werden sich maximal 40 Personen gleichzeitig auf den Spielflächen aufhalten. An 46 Wochen im Jahr wird das Gelände genutzt werden, wobei an 6-7 Tage die Woche trainiert werden wird. (IFS, 2022)

Nutzung Schinkelberg

Freiflächen:

| | |
|---------------------|--|
| Mannschaft | 7 Tage pro Woche 2-3 Trainingseinheiten pro Tag 15-20 Stunden die Woche, meist 10:00 bis 21:00 |
| Gruppen-/Individual | 2-3 Tage pro Woche 2-3 Stunden pro Woche |

Funktionsgebäude:

6-7 Tage pro Woche
8 Stunden am Tag

Seitens des IFS wurde die Belegung in einem Wochenplan abgebildet, vgl. Abbildung 4.

2 Trainingsgelände am Schinkelberg

| Wochentag | Ort | 10:00-10:30 | 10:30-11:00 | 11:00-11:30 | 11:30-12:00 | 12:00-12:30 | 12:30-13:00 | 13:00-13:30 | 13:30-14:00 | 14:00-14:30 | 14:30-15:00 | 15:00-15:30 | 15:30-16:00 | 16:00-16:30 | 16:30-17:00 | 17:00-17:30 | 17:30-18:00 | 18:00-18:30 | 18:30-19:00 | 19:00-19:30 | 19:30-20:00 | 20:00-20:30 | 20:30-21:00 | |
|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| Montag | Platz 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Platz 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Zusatzfläche | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dienstag | Platz 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Platz 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Zusatzfläche | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittwoch | Platz 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Platz 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Zusatzfläche | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Donnerstag | Platz 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Platz 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Zusatzfläche | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Freitag | Platz 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Platz 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Zusatzfläche | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Samstag | Platz 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Platz 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Zusatzfläche | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sonntag | Platz 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Platz 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Zusatzfläche | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 4: Beispielhafter Wochenbelegungsplan Sportanlage Schinkelberg (IFS, 2022)

2.3 Ziel: intensive, ganzjährige Nutzung

Im Gegensatz zum Stadionbetrieb an der Bremer Brücke, welches der VfL gemäß der Vorgaben der DFL nur für Spieltage frostfrei und spielbereit halten muss, ist die Belastung eines dauerhaft nutzbaren Trainingsplatzes deutlich höher. Der Rasen im Stadion kann zwischen den Spieltagen in der Regel ungestört regenerieren, so dass auch im Winter, bei geringen Temperaturen und wenig Licht, eine Erholung der Rasenfläche möglich ist. Zumindest kann so die Qualität und die geforderte Spielbarkeit erhalten bleiben.

Das Trainingsgelände wird deutlich stärker und intensiver genutzt werden als das Stadion. Vor allem in Winter, ohne ausreichende Belichtung und bei niedrigen Umgebungstemperaturen, kann sich der Rasen nicht ausreichend regenerieren. Abhilfe kann hier nur durch eine Beheizung im Wurzelbereich und gegebenenfalls auch durch eine Belichtung erfolgen, so dass Wachstum ermöglicht wird. Zu beachten ist, dass es sich hier nicht vorrangig um eine Frostfreihaltung zur Vermeidung von Verletzungen handelt, sondern die Gewährleistung eines langfristigen und intensiven Trainingsbetriebes im Winterhalbjahr. Aus diesem Grund sind auch die Randbedingungen für eine Beheizung und die Fahrweise einer Heizung anders zu definieren.

An dieser Stelle sollen nur einige Punkte genannt werden, die Einfluss auf die Regeneration und Spielbarkeit des Trainingsplatzes haben und nicht nur technischer Natur sind:

- Reduzierung der Intensität und Häufigkeit der Platznutzung
- Ausweichen auf andere Rasenspielflächen, wie Bremer Brücke oder Illoshöhe
- Fokussierung auf den Lizenzbereich, begrenztes Training des Jugendleistungszentrums im Winter
- Veränderung der Trainingstageszeiten, hin zu Tageszeiten mit höheren Umgebungstemperaturen
- Veränderung der Saisonzeiten und Anstoßzeiten
- etc.

Anspruch und Nutzung

Unabhängig von technischen Lösungen, muss der VfL sich grundsätzlich darüber im Klaren werden, wie die Belastungen der Spielflächen an der Bremer Brücke und auf dem Schinkelberg angelegt werden sollen. Durch hohen technischen Aufwand und die damit verbundenen, hohen Kosten ist eine Maximierung der Bespielbarkeit bis zu einem gewissen Grad möglich. Inwieweit dies wirtschaftlich sinnvoll erscheint und alternativlos ist, muss der Verein entscheiden. Alternative, nachhaltige Konzepte, wie z.B. die Beheizung durch Abwärme oder Geothermie, setzen häufig hohe Anfangsinvestitionen voraus und verursachen langfristig Kosten, die z.B. durch eine Finanzierung oder ein Contracting bewältigt werden könnten. Je nach technischem System wirken diesen Kosten ggf. niedrige Betriebskosten entgegen (kein Brennstoffeinsatz). Fossile Systeme, wie Gas- oder Ölheizungen, müssen nach und nach verschwinden, weisen aber dagegen im Vergleich meist geringe Investitionen aber hohe Brennstoffkosten im Betrieb auf.

3 Betrieb von Rasenspielflächen

Um dem VfL Grundlagen für eine Entscheidung über die Art und das Konzept der Beheizung des Trainingsplatzes zu ermöglichen, ist eine kurze Einordnung auf Basis der Wachstumsbedingungen des Rasens und der spezifischen Regelkonzepte einer Heizung notwendig. Neben einer Literatur- und Internetrecherche wurde das Thema auch mehrfach mit Herrn Professor Dr. Wolfgang Prämaßing, Fachgebiet Nachhaltiges Rasenmanagement an der Hochschule Osnabrück, diskutiert. Er ist selbst Greenkeeper und gehört der Expertenkommission der Deutsche Fußball Liga DFL an. Als weitere Basis zur Einordnung des üblichen Umgangs mit der Rasenpflege dienten Gespräche mit Greenkeepern und technisch Verantwortlichen des VfL und einiger Bundeliga-Vereine, die sich auf unsere Anfragen, der Vermittlung von Herrn Gerrit Binz (IFS) oder auf das Mailing seitens Yannik Stamer (DFL) gemeldet hatten.



*Abbildung 5: Aufstiegrasen
Bremer Brücke
27. Mai 2023*

3.1 Rasen

In aller Kürze sei hier dargestellt, welche Wachstumsbedingungen für den Rasen einer Sportstätte gelten und wie diese verbessert werden können. Im Zuge des Klimawandels werden sicher in Zukunft Gräser mit veränderten Ansprüchen eingesetzt werden, die z.B. mit höheren Außentemperaturen und vermehrter, solaren Einstrahlungswerten besser zurechtkommen (Warmzonengräser statt Kaltzonengräser). Grundsätzlich ist aber zu sagen, dass für ein optimales Wachstum, und damit auch für eine maximale Regeneration der Rasenfläche, neben der Temperatur, auch die Belichtung, die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser und Luft, die Nährstoff- und Wasserversorgung entscheidend sind. Diese Faktoren sind nicht unabhängig voneinander zu betrachten. In dieser Studie soll aber die Optimierung der Temperaturen im Mittelpunkt für das Rasenwachstum stehen. Weitere Punkte werden hier eher qualitativ bewertet. Im Arbeitsbuch für das Greenkeeping

3 Betrieb von Rasenspielflächen

(DFL 1, 2022) sind diverse Qualitätsmerkmale und andere Vorgaben für einen Stadionrasen beschrieben, die zum Teil für den Ligabetrieb bindend sind. Diese Faktoren sind aber nicht Bestandteil dieser Bewertungen. Hier wird davon ausgegangen, dass verbesserte Wachstumsbedingungen allen weiteren gestellten Kriterien zuträglich sind.



Abbildung 6: Rasen mit Wurzel
(Hauert Rasenblog, 2020)

Wachstumsbedingungen

Maßgeblich für das Wachstum der Pflanze sind die Temperaturen im Wurzelbereich (8-10 cm Tiefe). Werte um die 20°C gelten als optimal, ab 8-10°C ist bei ausreichender Belichtung mit einem Wachstum zu rechnen. S. Abbildung 6. Für das Winterhalbjahr stellt dies also eine Art unteren Grenzwert für die Regeneration des Rasens dar, sofern für Photosynthese und Wachstum auch ausreichend künstliches oder natürliches Licht zur Verfügung steht.

Im trockenen und strahlungsreichen Sommerperioden stellt sich auch bei der Rasenpflanze eine Art Hitzestress ein. Insbesondere bei über 30°C Lufttemperatur nimmt die Photosyntheseleistung deutlich ab (Müller-Beck, 2020) (Prämaßing, 2023). Wurzeltemperaturen deutlich über 23°C gelten bereits als schädlich und lassen nach einer gewissen Zeit Wurzelteile absterben (Prämaßing, 2023) (Grimm, 2023) und (Müller-Beck, 2020). Damit tritt auch eine langfristige Verschlechterung der Regenerationsfähigkeit ein. Greenkeeper berichten auch davon, dass sie eine Kühlung durch Zerstäuben von Wasser (Verdunstungskälte) zum Schutz des Rasens herbeiführen (Grimm, 2023). Die Anfälligkeit des Rasens gegenüber Krankheiten oder Pilzbefall nimmt in Stressperioden ebenso zu.

Werden die Wachstumsbedingungen künstlich optimal gehalten, kann ganzjährig die Strapazierfähigkeit und Regeneration der Rasenfläche verbessert und optimiert werden. Abbildung 7 zeigt qualitativ das natürliche Wachstumspotenzial des Rasens im Jahr (grün) und, wie es durch eine Rasenheizung im Winter (orange) sowie

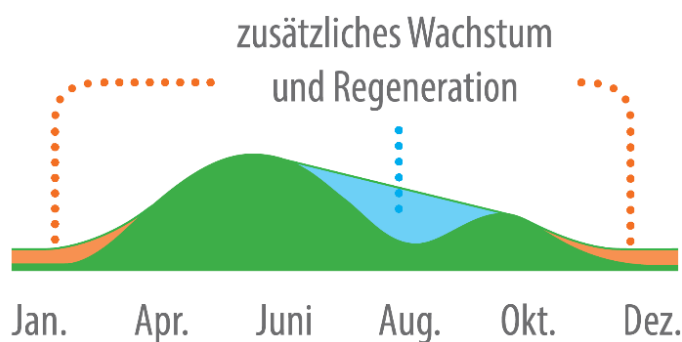


Abbildung 7: Qualitative Darstellung Wachstumspotenziale Rasenheizung und Kühlung
(rasenplan GmbH, 2023)

Beheizung und Kühlung

eine Kühlung im Sommer (blau) qualitativ deutlich verbessert werden kann. Die Effekte können jedoch nicht weiter quantifiziert werden. Qualitativ ist in der Darstellung aber eine Steigerung zu sehen, die durch den Einsatz von Wärme bzw. Kälte erzielt werden kann, vgl. auch (Müller-Beck, 2020). Einzelne Unternehmen bieten dazu bereits Produkte und Systeme an (rasenplan GmbH, 2023).

Es sei auch erwähnt, dass im Sommer neben der Schädigung durch hohe Temperaturen, auch eine Schädigung durch die direkte Sonnenstrahlung eintreten kann. Bei hoch geschlossenen Stadien ist dies sicher ein geringeres Problem als bei frei liegenden Trainingsgeländen.

Belichtung

3 Betrieb von Rasenspielflächen

Im Winter spielt auch eine ausreichende Belichtung für Photosynthese und Regeneration eine große Rolle. Es wird davon ausgegangen, dass die Vereine der Bundesliga regelmäßig Belichtungssysteme einsetzen, um neben der Temperierung des Platzes auch dadurch das regenerative Wachstum zu ermöglichen. In Teilen werden die einzelnen Sektionen des Spielfeldes sogar mit unterschiedlichen Intensitäten und Wellenlängen bestrahlt. Dazu sind häufig mobile, selbstfahrende Anlagen im Einsatz, aber auch ortsfeste Installationen sind üblich, vgl. Abbildung 8. Auch wenn die Belichtung für den Ausbau am Schinkelberg nicht im Gespräch ist, sollte nicht vergessen werden, dass die Wärme nur ein notwendiger Teil der Wachstumsvoraussetzung darstellt.

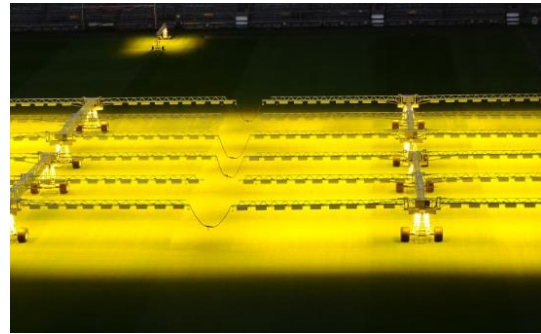


Abbildung 8: Vegetationsbelichtung mit kombinierten Beleuchtungs-Units auf dem Stadionrasen
Foto: K.G. Müller-Beck (Müller-Beck, 2020)

3.2 Aufbau und Funktion Rasenheizung

Um in Zeiten mit ungünstigen Wachstumsbedingungen die Regeneration und damit die langfristige Bespielbarkeit der Rasenplätze zu gewährleisten, werden im Profifußball häufig Rasenheizungen eingesetzt, sowohl in Stadien als auch auf Trainingsplätzen, vgl. Abbildung 9. Seitens der DFL ist eine Rasenheizung zum Spielbetrieb der 1. und 2. Bundesliga nur vorgeschrieben, um im Winter die vergleichbare Bespielbarkeit und Vermeidung von Verletzungen während des Ligabetriebs sicher zu stellen. Weitere geforderte oder empfohlene Kriterien, wie Nabendichte, Scherfestigkeit, etc. legen wegen des verstärkten Wachstums den Einsatz einer Rasenheizung zudem nahe. Vergleichbare Vorgaben zur Beheizbarkeit des Rasens im Stadion gelten auch für die 3. Liga des DFB. (DFB, 2023)

Um schädigende, zu hohe Temperaturen im Wurzelbereich zu vermeiden, werden in der Regel 35 bis maximal 40°C Vorlauftemperatur für die Rasenheizung im Auslegungsfall (niedrigste Umgebungstemperaturen -10 bis -12°C) empfohlen. Am Markt sind verschiedenen Systeme und Aufbauten seitens der Spezialfirmen vertreten, die alle im Grunde dem Aufbau in Abbildung 9 bzw. Abbildung 10 entsprechen. In der Tiefe von 20 bis 30 cm liegen unterhalb der Grasnarbe und der Tragschicht in einem Sandbett von ca. 10 cm die Heizrohre. Meist handelt es sich um in 20-30 cm Abstand und in Schlaufen verlegtes Kunststoffrohr mit einer Füllung von mehr als 16.000 l Wasser oder Wasser-Glykol-Gemisch im Gesamtsystem. Die Verlegung erfolgt zur gleichmäßigen Durchströmung im Tichelmannprinzip und besteht in Summe aus meist knapp 30 km Rohrlänge (180 Schlaufen, Durchmesser ca. 20mm). Darunter befinden sich noch die Ausgleichs-, Filter- und Drainschicht. In einigen Fällen ist noch eine isolierende Schicht aus Schaumglasschotter unterhalb der Heizschicht verbaut, um eine Art Wärmeisolation gegen das tiefere Erdreich zu

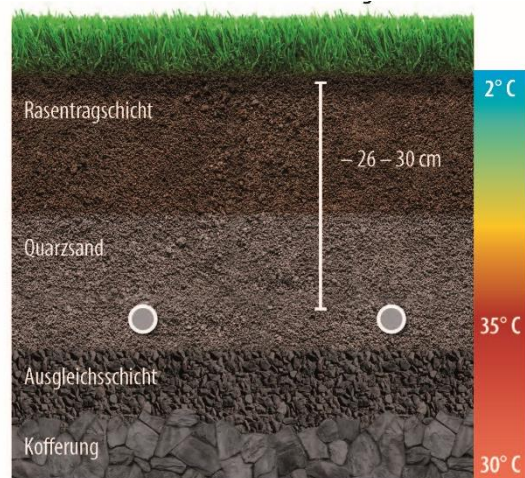


Abbildung 9: Aufbau einer konventionellen Rasenheizung mit Temperaturschichtung
(rasenplan GmbH, 2023)

3 Betrieb von Rasenspielflächen

erreichen. Liegt die Heizebene nur in ca. 15 cm Tiefe (zwischen Trag- schicht und Sandschicht) kann die Rasentragschicht im Prinzip schneller aufgewärmt werden, so dass nach Angaben von der rasenplan GmbH bis zu 80% Energie eingespart werden könnte (rasenplan GmbH, 2023). Die Einschränkung der Bodenbearbeitung durch weit oberliegende Rohre wird seitens Prof. Dr. Prämaßing als erheblich eingeschätzt (Prämaßing, 2023).



Abbildung 10: Ansicht Heizregister Rasenheizung (heiler GmbH, 2023)

Natürlich ist die Beheizung einer Rasenfläche von ca. 8.000 m² bei kalter Witterung sehr energieintensiv. Vorgeschrieben werden seitens der DFL eine Heizleistung von 900 bis 1.200 kW für eine Rasenheizung (DFL 1, 2022). Der tatsächliche Bedarf liegt bei kalter Witterung pro Platz bei bis zu 150 l Öl pro Stunde (etwa 1.500 kWh) (Eikmeyer, 2023). Erfahrungsgemäß sind z.B. 2-4 Tage Aufheizzeit für den Rasen an der Bremer Brücke notwendig, um am Spieltag tatsächlich sicher frostfrei zu sein (Tönjes, 2023). So müssen schätzungsweise in kalten Perioden bis 6.000 bis 8.000 l Öl (60.000 - bis 80.000 kWh) an Wärmeenergie in deutschen Stadien nur für den Ligabetrieb aufgewendet werden. Pro Jahr sind dann je nach Witterung Wärmebedarfe von 200 bis 900 MWh zu verzeichnen, vgl. Abschnitt 3.4

Energieintensität

3.3 Status Quo Rasenheizungsbetrieb

Im Gegensatz zur Beschreibung und Charakterisierung des Heizbedarfs von Gebäuden, gibt es wenig bis keine allgemeinen Grundlagen zur Dimensionierung, Auslegung und Bedarfsprognose bei Rasenheizungen.

Neben einer Literatur- und Internetrecherche wurden im Rahmen der Studie verschiedene Möglichkeiten genutzt, um an Informationen über Heizkonzepte, Daten und Erfahrungen beim Betrieb von Rasenheizungen zu gelangen:

Recherche

- Der direkte Kontaktversuch zu den Profiklubs der 1. und 2. Bundesliga lief entweder über ein Kontaktformular auf den entsprechenden Homepages der Vereine oder telefonisch. Die Resonanz war bis auf Reaktionen von drei Vereinen gering. Allerdings konnte ein Verein tatsächlich unkompliziert einen Lastgang und weitere Daten zum Regelkonzept zur Verfügung stellen. Nach Ergänzung von Außentemperaturdaten konnte dieser konsistente Datensatz inkl. Angaben zur Regelung genutzt werden.
- Ebenso wurden persönliche Kontakte der Geschäftsführung und des Greenkeepers des VfL aufgenommen. Trotz einiger Nachfragen konnten hier aber keine weiterführenden Informationen erlangt werden.
- Kontakte zu Vereinen und Planern seitens dem IFS Herr Gerrit Binz wurden ebenfalls verfolgt und führten zu informativen Fachgesprächen mit Planern zur Anlagenkonzeption und auch zu Messdaten, die in die Bewertung mit eingegangen sind. (Weidemann, 2023) (Henkel, 2023) (Rot-Weiß, 2023)
- Weiterhin wurde das im Oktober formulierte Angebot seitens Herrn Yannik Stamer von der DFL (Betreuung und Unterstützung der Greenkeeper), ein Mailing

3 Betrieb von Rasenspielflächen

an alle Greenkeeper der ersten beiden Fußballligen Deutschlands mit der Anfrage nach Informationen und Erfahrungsaustausch zu versenden, sehr gerne wahrgenommen. Auf diese Weise ergaben sich in den folgenden Wochen einige Kontakte und Informationen. Aufgrund der Kürze der verbleibenden Zeit konnten in der Studie soweit vorhanden nur die Jahresverbrauchsdaten als Vergleich hinzugezogen werden. Oft waren die zur Verfügung gestellten Daten unvollständig, fehlerhaft oder nicht plausibel.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass sich trotz intensiver Recherche wenig Daten zur Betriebsweise und zum Wärmebedarf von Rasenheizungen für Fußballspielfelder ergeben haben.

Regelkonzept und Ziel

Während der Recherche zeigt sich auch, dass es seitens der Spielflächenbauer und Greenkeeper durchaus Regelkonzepte zur automatischen Steuerung der Heizleistung gibt (Eikmeyer, 2023) (Blau-Weiß, 2023). Meist wird ab einer bestimmten Außentemperatur die Heizung angefahren und in Abhängigkeit von Vor- und Rücklauftemperatur bzw. der Temperatur im Graswurzelbereich wird die Leistung geregelt. Beispielsweise wird ab 5°C Außenlufttemperatur mit der Beheizung gestartet, so dass im Wurzelbereich auf 11°C temperiert wird, bei Temperatur unter 0°C wird auf eine Wurzeltemperatur von 13°C eingeregelt, so berichtet ein Greenkeeper (Blau-Weiß, 2023). Die jahrelangen Erfahrungen der Verantwortlichen mit den Heizsystemen hat aber auch nach Angaben verschiedener Verantwortlicher zu sehr individuellen, technischen Regelkonzepten geführt, die zum Teils auf Besonderheiten der Anlagen oder aber auch auf der eigenen „Philosophien der Rasenpflege“ der Greenkeeper beruhen (Rot-Weiß, 2023) (Blau-Weiß, 2023). Häufig wurde auch angegeben, dass der Heizbetrieb von Hand gesteuert wird (Grün-Weiß, 2023) (Tönjes, 2023).

Stadion oder Trainingsplatz

Die Beheizung von Stadien unterscheidet sich generell von denen der Trainingsstätten. Während im Stadion „nur“ zum Heimspieltag ein sicherer, frostfreier Ablauf gewährleistet werden muss, muss der Trainingsplatz bis zu über 200 Tage im Jahr eine möglichst gute Spielqualität aufweisen. So könne optimale Trainingsbedingungen vergleichbar mit denen am Spieltag im Stadion erreicht werden. Aus diesem Grund betreiben fast alle Vereine der 1. und 2. Bundesliga auch einen oder sogar mehrere beheizte Trainingsplätze. Aber ein Grund, auch die Rasenplätze in den Stadien dieser Vereine stärker zu beheizen ist, dass nach jedem Heimspiel eine Kommission (Kapitäne der Mannschaften, Schiedsrichter und DFL) die Spielbarkeit und die Qualität des Rasens bewerten (1 bis 10). Treten zu schlechte Bewertungen auf, so erfolgt ein offizielles Schreiben der DFL an den Verein, der darlegen muss, wie er die Qualität verbessern wird (DFL 1, 2022). Trotz der immensen Kosten und Umweltbelastungen, die mit der Beheizung einhergehen, ist diese „Androhung“ groß genug, um für eine im Winter fast durchgängige Beheizung der Stadionplätze einiger Vereine zu führen (Blau-Weiß, 2023). Die Plätze mit den besten Bewertungen der Saison werden von der DFL mit dem Award „Pitch of the Year“ ausgezeichnet. Dem VfL gelang vor einigen Jahren in der 2. Bundesliga trotz eingeschränkter Möglichkeiten Platz 5.

3.4 Wärmebedarf Rasenheizung

Auch wenn in der Regel keine repräsentativen Messdaten vorliegen, so kann aufgrund der Rahmenbedingungen, Recherche und Literatur davon ausgegangen werden, dass im Vergleich zu einer klassischen Gebäudebeheizung die Rasenheizung eine ganz andere Charakteristik aufweist. Die direkte Wetterabhängigkeit ist deutlicher und es wird aber über

3 Betrieb von Rasenspielflächen

den Winter nicht etwa eine gleichmäßige Temperatur gehalten, wie z.B. 20°C in Wohnräumen. Vielmehr wird typischerweise eine Rasenheizung nur bei kalten Wetterperioden eingesetzt und je nach Nutzung, wie Stadion oder Trainingsplatz, auch u.U. nur zum Spieltag oder gar nicht betrieben. Ebenso hängt der Heizwärmebedarf davon ab, ob es eine automatisierte Regelung gibt oder ob die Verantwortlichen per Hand die Anlage steuern. Im Forum Haustechnik Dialog wird eine stationäre Aufheizleistung von 150 W/m² und eine dynamische von 250W/m² (bei VL 40°C und RL 30°C) angegeben (Uponor GmbH, 2009).

Für den Umbau des Möslestadions des SC Freiburg mit Rasenheizung und Spieltagbetrieb wurden detaillierte Simulationsrechnungen zum Bedarf der Rasenheizung angestellt (Wetterbezug: Standard Testreferenzjahr DWD). Die Ergebnisse können qualitativ als typisch angesehen werden und zeigen in Abbildung 11, dass der Betrieb einer Rasenheizung vergleichsweise wenig Laufzeiten im Jahr (hier 830 Stunden/a) aufweist, während die betrachteten Gebäudeheizungen über 4.000 Stunden zeigt.

Charakteristik

Die Berechnungen zum Möslestadion ergaben einen jährlichen Heizbedarf von 317 MWh/a für das Stadion. Für den Stadionneubau SC Freiburg wurde ein Heizbedarf von 355 MWh/a ausgegangen. Die große Schwankungsbreite zeigt die hohe Abhängigkeit von der Witterung und die Schwierigkeit, diese durch Berechnungen im Vorfeld zu bestimmen. (Stahl+Weiß PartGmbH, 2016)

Eine Verteilung zwischen dem Wärmebedarf für die Rasenheizung, Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung ist in Abbildung 12 zu sehen. Mit ca. 75% dominiert der Bedarf der Rasenheizung typischerweise den Gesamtbedarf an Wärme.

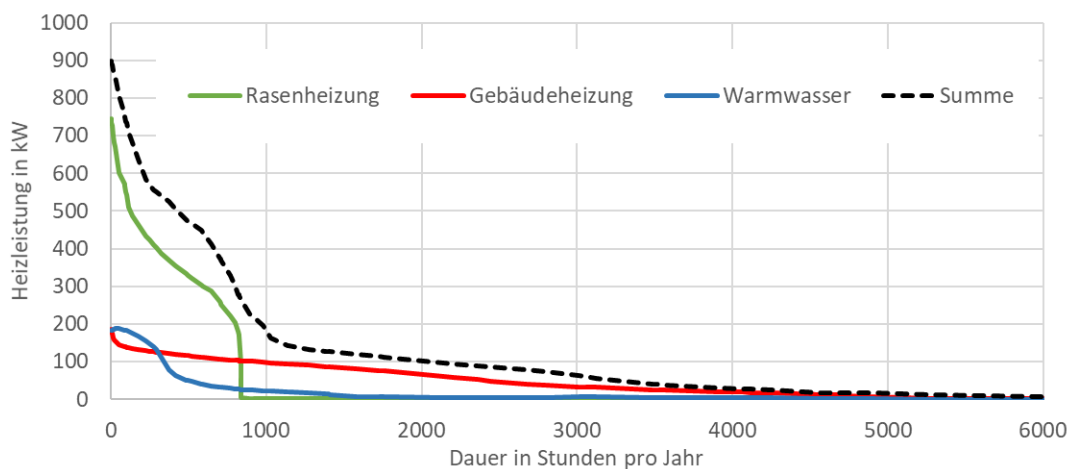


Abbildung 11: Simulationsergebnisse Möslestadion SC Freiburg, Jahresdauerlinie Heizung für Rasen, Gebäude und Warmwasser, Bild nach (Stahl+Weiß PartGmbH, 2016)

3 Betrieb von Rasenspielstätten

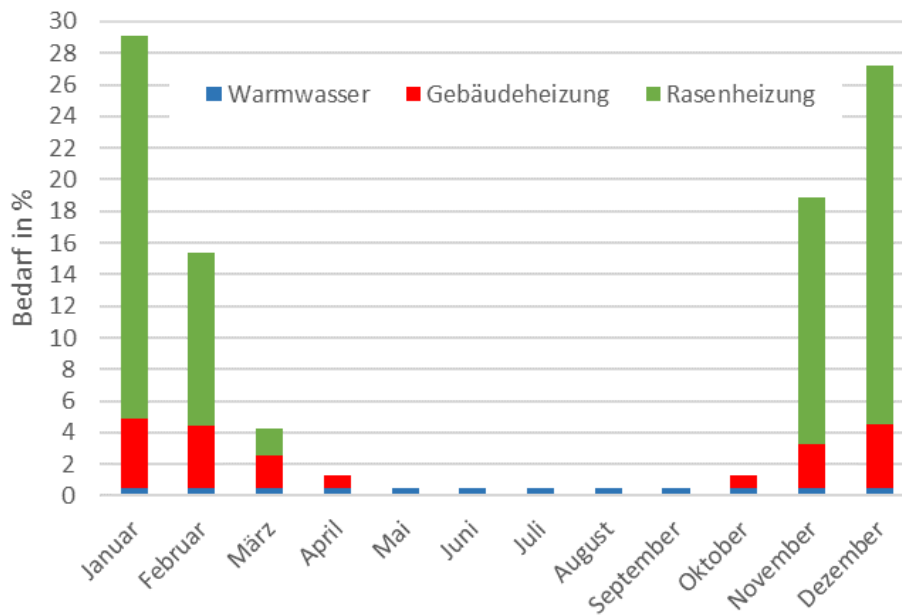


Abbildung 12: Verteilung der Wärmebedarfe in Prozent der Jahressumme Anhand der Prognose Neubau Stadion SC Freiburg (Stahl+Weiß PartGmbH, 2016)

Übersicht Verbrauchsdaten

Die erwähnte Recherche und Abfrage der Jahresverbrauchsdaten der kontaktierten Vereine zeigen, wie weit die tatsächlichen Heizwärmeverbräuche der Spielstätten auseinanderliegen. Natürlich sind die zeitliche Nutzung und die Wetterverhältnisse große Einflussfaktoren. Aber auch die Reglungsweise der Heizung nach Zieltemperatur, Außentemperatur oder Spieltag-bedingter Schaltung in automatischer oder handgesteuerte Fahrweise hat einen enormen Einfluss auf den Wärmebedarf.

In Abbildung 13 kann man an den Wintern 2012/2013 und 2014/2015 gut erkennen, dass die benötigten Energiemengen für die Rasenheizung stark witterungsabhängig sind. In einem kalten Winter gehen die Verbräuche auf bis 900 MWh hoch, in weniger extremen Wintern liegen sie u.U. nur rund 150 MWh. Diesen beiden Wintern zeigen auch Ähnlichkeiten im Niveau der verschiedenen Plätze. In anderen Jahren hingegen gibt es zum Teil

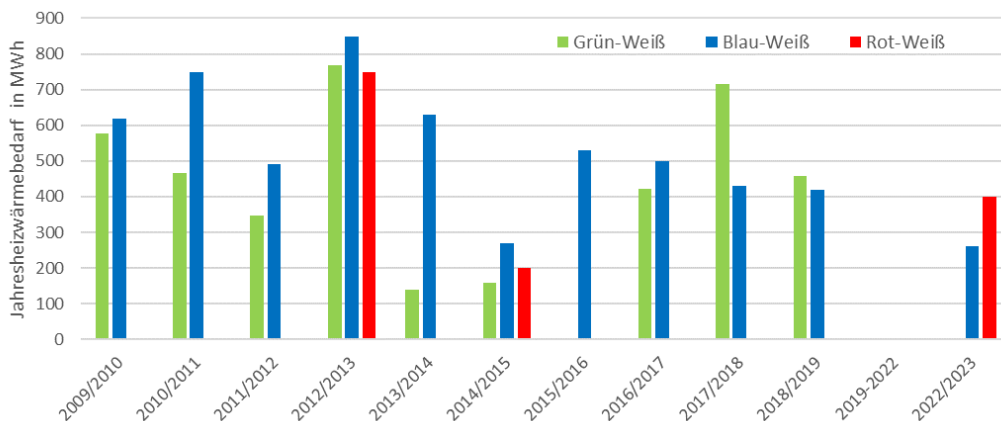


Abbildung 13: Übersicht Jahresverbrauchsdaten der Rasenheizung für drei Vereine nach eigener Recherche (Blau-Weiß, 2023) (Grün-Weiß, 2023) (Rot-Weiß, 2023)

3 Betrieb von Rasenspielflächen

erhebliche Unterschiede in der Verteilung. Hier könnte z.B. der Einfluss der intensiveren Beheizung an Spieletagen oder ein Handbetrieb der Grund sein. Ohne die genaue Fahrweise der Heizungen oder auch Sondereffekte zu kennen, ist es hier nicht möglich, Gründe für die einzelnen Abweichungen zu ermitteln.

Es ist bekannt, dass der Blau-Weiß seine Rasenheizung in den Wintern (ab November) immer im Automatikbetrieb fährt. Damit ist er der einzige, bei dem man das Regelkonzept grundsätzlich nachvollziehen kann (Blau-Weiß, 2023). Ab Unterschreitung einer festgelegten Umgebungslufttemperatur (hier von 5°C) beginnt der Heizbetrieb.

**Datensatz
Blau-Weiß**

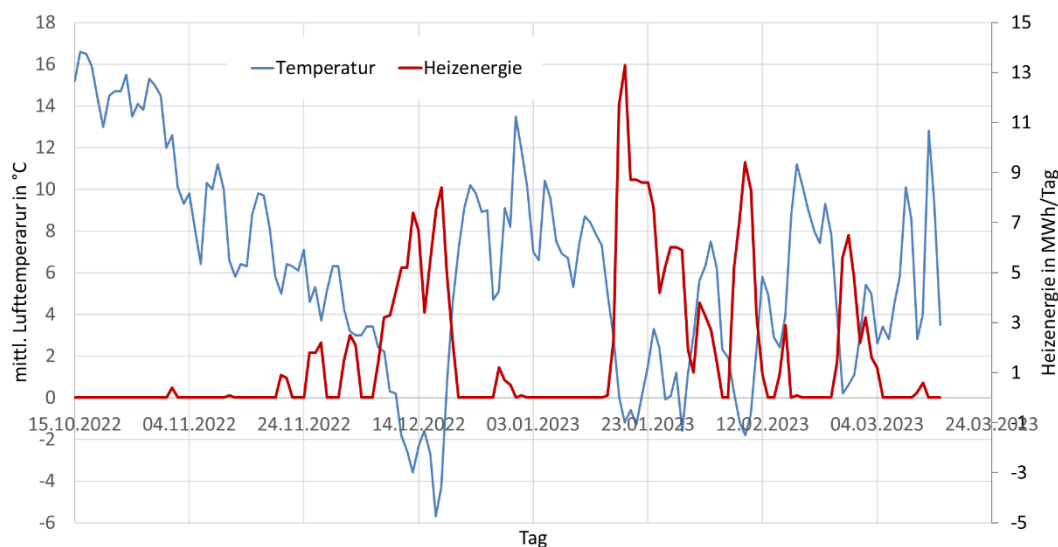


Abbildung 14: Darstellung der Abhängigkeit zwischen gemittelter Heizleistung (stündliche) und der Außentemperatur Stadion Blau-Weiß (Blau-Weiß, 2023)

Um die gewünschte Temperatur im Wurzelbereich zu erreichen, wird nun in Abhängigkeit der Außentemperatur und anderer, zurzeit nicht bekannte Parameter mehr oder weniger stark geheizt. Abbildung 14 zeigt dies für eine Winterperiode anhand der Außenluft und Daten der stündlich gemittelten Heizleistung. Bei weiteren anderen Vereinen, mit denen Kontakt bestand, wird nach Auskunft der Verantwortlichen, die Regelung mindestens manuell übersteuert, (Rot-Weiß, 2023) (Grün-Weiß, 2023). Teilweise wird wegen der hohen Betriebskosten auch in Absprache mit der Geschäftsleitung über den aktuell benötigten Betrieb entschieden. Dies gilt vor allem bei Plätzen mit reinem Spieltagbetrieb (Tönjes, 2023).

Um genauer vergleichen zu können, wie unterschiedlich die Auswirkungen der Fahrweisen bei den Vereinen Blau-Weiß und Rot-Weiß sind, wurden die mittlere Heizleistungen in einem Zeitraum von 6 Tagen (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden., 26. bis 31. Januar) verglichen, s. Abbildung 15 und Abbildung 16.

3 Betrieb von Rasenspielflächen

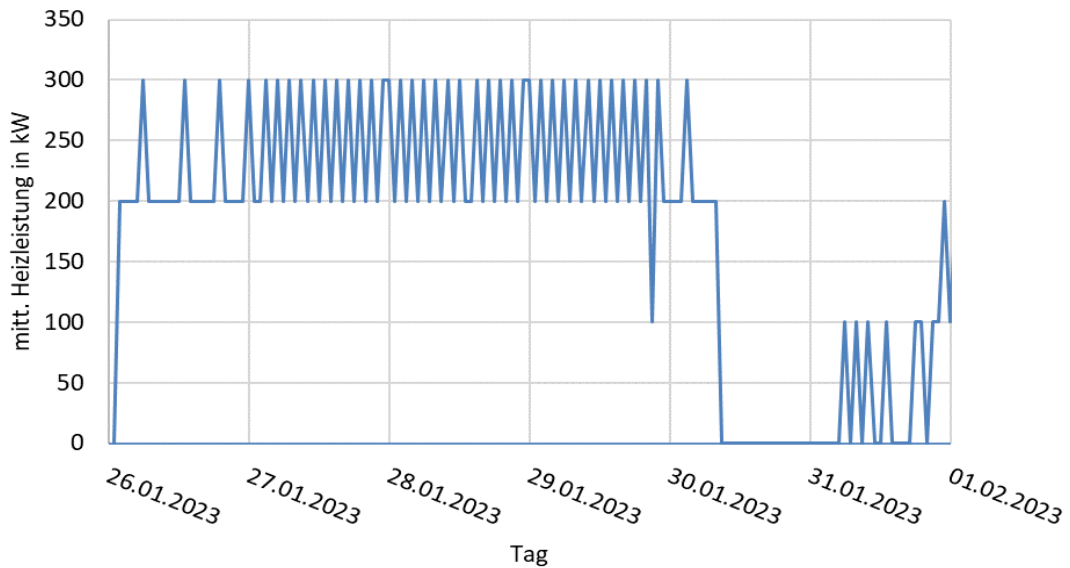


Abbildung 15: Automatikbetrieb - mittlerer Heizleistungsbedarf Blau-Weiß (Stundenwerten) (Blau-Weiß, 2023)

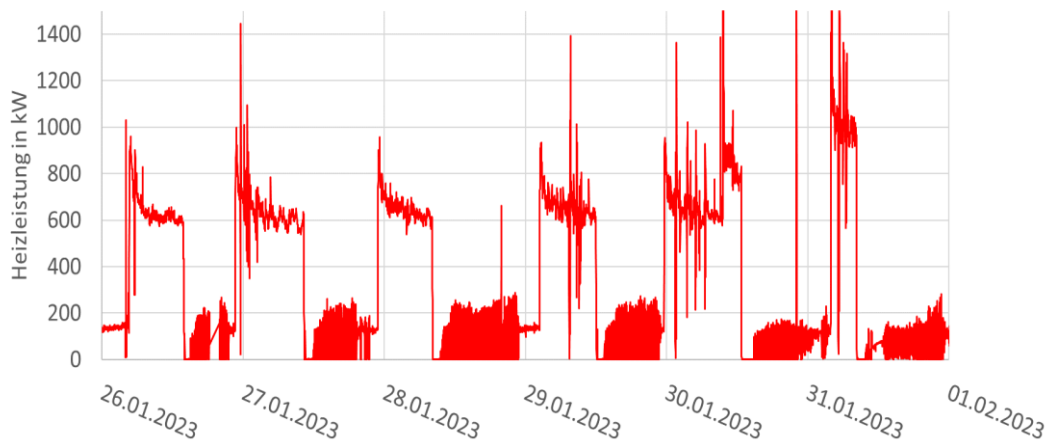


Abbildung 16: Handbetrieb - Heizleistungsbedarf Rot-Weiß (Rot-Weiß, 2023)

Die Plätze liegen in einer klimatisch vergleichbaren Region in Deutschland und sind wenige als 250 km voneinander entfernt. Auch wenn Temperaturbezug und Regelkonzept nicht im Detail bei beiden bekannt sind, ist ein unterschiedliches Regelverhalten zu erkennen. Die eine automatisierte Strategie bei Blau-Weiß verursacht ein durchgängiges Heizen mit 200 bis 300 kW in den ersten Tagen. Während im Fall Rot-Weiß offensichtlich die Heizung auch vorwiegend nachts gänzlich abgeschaltet oder nach Bedarf von Hand gestartet wird. In den ersten Tagen weist die Anlage hier zwischen 8 und 14 Betriebsstunden bei 600-700 kW Heizleistung auf. Auch wenn wir aufgrund fehlender Informationen zum Regelkonzept und anderen Daten keinen direkten Bezug zur Außentemperatur herstellen können, liegt die Vermutung nahe, dass ein langfristiger Betrieb zu geringeren benötigten Heizleistungen führen kann.

Abbildung 17 vergleicht für den Winter 22/23 die beiden geordneten Jahresdauerkennlinien. Die Charakteristik, auch im Vergleich zu Darstellung in Abbildung 11, ist ähnlich, auch wenn die beiden Vereine beide über 1000 Benutzungsstunden aufweisen. Bei Blau-Weiß mit Automatik Regelung wurden in dem Winter 262 MWh Wärmeenergie benötigt, Rot-Weiß dagegen verbraucht 401 MWh (Blau-Weiß, 2023) (Rot-Weiß, 2023).

4 Bedarfsbestimmung Trainingszentrum Schinkelberg

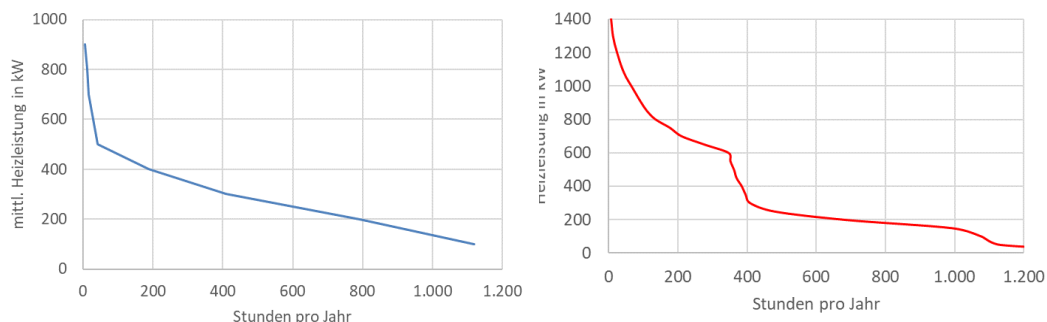


Abbildung 17: Jahresdauerlinien Winter 22/23 für die Heizleistung Stadion Verein Blau-Weiß (links) und Rot-Weiß (rechts)

4 Bedarfsbestimmung Trainingszentrum Schinkelberg

Die vorliegende Analyse dient vorrangig zur Bewertung der Möglichkeiten zur Wärmeversorgung des Trainingszentrums am Schinkelberg. Dazu ist als Grundlage der anzunehmende Bedarf an Wärme vorab abzuschätzen. Dieser umfasst folgende Bereiche:

- Gebäudeheizung
- Warmwasserbedarf (Duschen und sonstiges)
- Rasenheizung

Dazu werden gemäß üblicher Verfahren und nach Absprache mit dem Projektteam, bestehen aus VfL, Stadtwerken Osnabrück, IFS und dem Kompetenzzentrum Energie, die Bedarfsdaten bestimmt.

4.1 Heizwärme Funktionsgebäude und Warmwasser

Während der Bearbeitungsdauer dieser Studie wurde noch nicht entschieden, ob das bestehende Gebäude integriert oder ein kompletter Neubau als Funktionsgebäude Büros, Umkleiden und Fitnessbereich entstehen wird. Als beheizte Grundfläche wurde in Abstimmung mit IFS und VfL von 850m² ausgegangen, vgl. Protokoll 15.11.2023 (Waldhoff & Dittrich, 2023). Es kann aber davon ausgegangen werden, dass ein guter energetischer Gebäudestandard angesetzt werden kann (Neubau). Als Bezug wird ein Niedrigenergiestandard von 50 kWh/m²a angesetzt, mit dem man zu einem Jahresheizenergiebedarf von 42.500 kWh gelangt. Der Verlauf der Heizlast entspricht dem typischen einer Gebäudeheizung und wird ggf. über das Heizsystem der Rasenheizung mitversorgt.

Gebäudeheizung

Die Warmwasserversorgung muss vor allem den Bedarf des Profikaders sowie der Mitarbeiter des Funktionsteams decken. Eine grobe Abschätzung erfolgt nach folgenden Annahmen:

Warmwasser

- ca. 215 echte Benutzungstage
- Profis 40 Duschvorgänge pro Tag (max. 60 Fußballer)
- 20 Personen Funktionsteam mit 30% Verbrauchsanteil (Vergleich Profis)
- 1,8 kWh pro Duschvorgang (5-6 Minuten Duschen, Wasserbedarf 5l/min)

Die Rechnung ergibt damit ca. 15.000 kWh/a an Wärmebedarf für Warmwasser. Grob könnten 50% davon im Sommer mittels Solarthermie gedeckt werden. Der Rest würde ähnlich der Gebäudeheizung vom allgemein Heizsystem versorgt werden.

4.2 Wärmebedarf Rasenheizung

Bremer Brücke

Der Wärmebedarf der Bremer Brücke ist nur in Teilen als Verbrauchswert pro Jahr oder Spieltags-Phase bekannt (Tönjes, 2023), s. oben. Die ebenfalls von der heiler Sportstättenbau GmbH errichtete Rasenheizung ist im grundsätzlichen Aufbau zwar vergleichbar mit der auf dem Schinkelberg, aber das Spielfeld im Stadion wird nur für die Spieltage selbst gemäß den Statuten der DFL frostfrei und spielbereit gehalten. In der Saison 2022/23 in der 3.Liga musste zum Beispiel die Rasenheizung nur für einen einzigen Heimspieltag betrieben werden. Die milde Witterung und die nur vereinzelt Nutzung sorgten dafür, dass die Qualität und Regeneration nach einem Spieltag stets ausreichend für den weiteren Saisonverlauf war. Aus diesem Grund sind vergleichbare Verbrauchsdaten auf Basis eines solchen Beheizungskonzeptes als minimale Verbräuche zu verstehen.

Schinkelberg

Das Trainingsgelände am Schinkelberg erfordert mit den oben beschriebenen Nutzungsansprüchen sicher eine intensivere Beheizung. Da das Spielfeld samt Heizung aber erst im April 2023 tatsächlich in die Nutzung gegangen ist, existieren noch keine Messdaten und Erfahrungen. Im Gespräch mit Herrn Eikmeyer wurden die grundsätzlich von der heiler GmbH vorgesehenen Regelstrategien und Möglichkeiten zwar diskutiert, aber bis zum November 2023 kam die Heizung noch nicht zum Einsatz (Eikmeyer, 2023). Um Konzeption und Betrieb der Anlage in Zukunft entwickeln und optimieren zu können, sollten an der Anlage Datenlogger nachgerüstet werden. Laut Herrn Eikmeyer ist dies ohne weitere Probleme für die bestehenden Messpunkte der Anlage und auf dem Spielfeld möglich. So bestünde die Möglichkeit, das Verhalten zu beobachten und das bestehend System zu verbessern und künftige Konzepte und Anlagen deutlich besser auszulegen und anzupassen. Den Hinweis auf eine sinnvolle Nachrüstung der Datenlogger wurde in der Projektbesprechung im November 2023 gegeben. (Waldhoff & Dittrich, 2023)

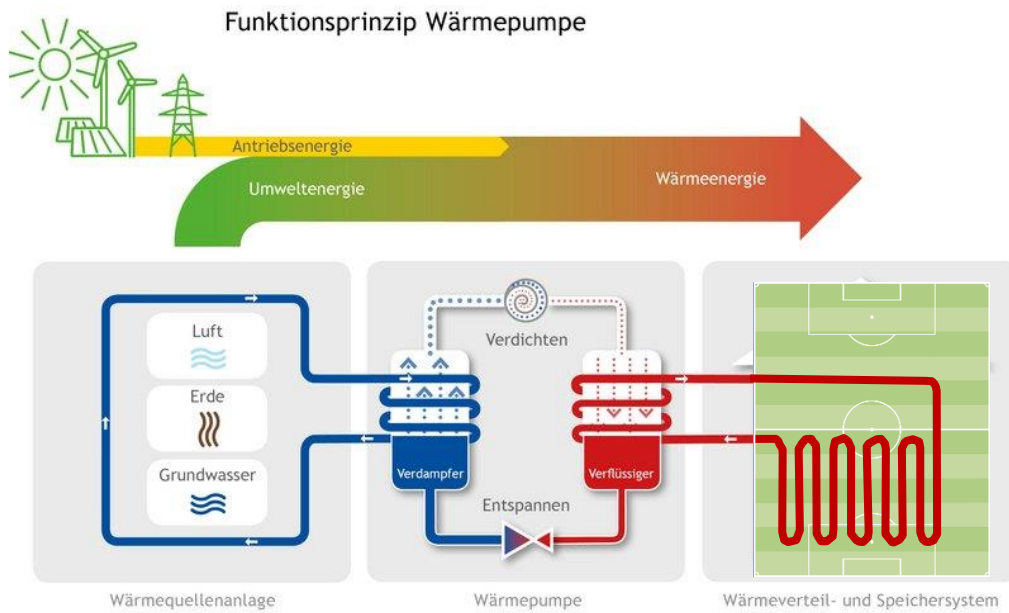
5 Energetische Potenzialanalyse

Der Unterhalt einer Rasenheizung wird immer energieintensiv bleiben. Es kann nur das Ziel sein, durch verschiedene Maßnahmen den tatsächlichen Aufwand zu minimieren und durch Effizienzmaßnahmen und Wahl der Wärmequellen den Betrieb möglichst umweltschonend zu gestalten. Bei der Betrachtung energetischer Potenziale aus Umweltenergie oder erneuerbaren Energien spielt die Temperatur der Wärmequelle und das Niveau der Nutzung eine große Rolle. Dies unterscheidet diese Systeme von den herkömmlichen, in der Regel fossil betriebenen Anlagen, die aus den Brennstoffen wie Öl, Kohle oder Erdgas, auf Knopfdruck quasi beliebig hohe Temperaturen erzeugen können. In der Gebäudebeheizung werden für Gebäude mit aktuellem, guten energetischen Standard nur maximal 45 bis 55°C benötigt, eine Rasenheizung bedarf einer maximalen Heiztemperaturen von unter 40°C bei kältesten Außentemperaturen.

Wärmepumpentechnik

Die Wärmepumpe kann hier eine entscheidende Rolle spielen. Sie ist in der Lage, Wärmepotenziale von einem niedrigen Temperaturniveau auf ein höheres Nutzniveau zu heben. Meist werden diese Anlagen mit Strom betrieben, so dass die CO₂-Belastung des eingesetzten Stroms direkt in die Bilanz der Wärmeversorgung einfließt. Wie gut eine Wärmepumpe arbeiten kann, hängt nicht nur von der Qualität der Maschine selbst ab. Je geringer die Differenz zwischen Temperatur der Umweltwärmequelle und der der Nutzwärme ist, desto weniger Strom wird zum Betrieb benötigt. Dies kann Vorteile besonders für den Betrieb einer Rasenheizung bedeuten.

Der Leistungskennwert ist der COP (Coefficient of Performance) bzw. die Arbeitszahl. Sie beschreibt das Verhältnis von Nutzen (Rasenwärme) zu Strom (Antrieb Wärmepumpe) für



bwp Bundesverband
Wärmepumpe e.V.

Abbildung 18: Funktionsprinzip Wärmepumpe mit Wärmequelle links und schematischer Rasenheizung als Senke rechts, (Bild: Bild Bundesverband Wärmepumpe)

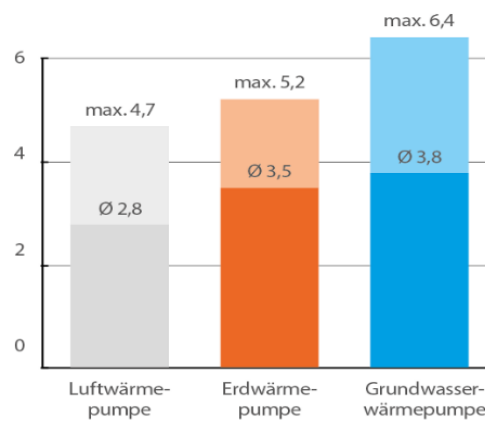
einen Arbeitspunkt. Betrachtet man z.B. für ein Jahr mit bei wechselnden Lastverhältnissen und Quelltemperaturen die durchschnittliche Arbeitszahl, so spricht man von der Jahresarbeitszahl JAZ. Je größer sie ist, desto mehr Umweltenergie kann genutzt werden bzw. desto weniger Strom muss zum Heizzweck eingesetzt werden.¹ Eine Arbeitszahl von 4 bedeutet, dass für 4 Teile Nutzwärme 1 Teil elektrische Energie und 3 Teile Umweltwärme aufgewendet werden müssen, vgl. Abbildung 18.

¹ Sinkt die Quelltemperatur um 1 °C, verringert sich die Effektivität um 2–4 %. Ein Absenken der Vorlauftemperatur um 5 °C, erhöht die Effektivität um rund 5 %.

5 Energetische Potenzialanalyse

Die Temperatur der Nutzenergien (Rasenheizung) liegt etwa bei 15-35°C, je nach Außentemperatur und Wärmeleistungsbedarf. Besonders geeignete Quellen sind die, die Wärme bei möglichst hohen und konstanten Temperaturen zur Verfügung stellen können. Da Rasenheizungen als typische Anwendungen nicht sehr verbreitet sind, sei hier vergleichsweise angegeben, wie sich die JAZ bei verschiedenen Wärmequellen in der Gebäudeheizung auswirkt, s. Abbildung 19. Vergleichbare Unterschiede werden auch bei der Nutzung der Quellen für eine Rasenheizung zu verzeichnen sein. Diese rühren hier in erster Linie nur von den geringeren und schwankenden Temperaturen der Wärmequellen her. Der Einfluss der Qualität der Wärmepumpe als Anlage ist meist weniger entscheidend. Im Folgenden werden verschiedene lokale Wärmequellen am Schinkelberg betrachtet und bezüglich der Eignung zur Nutzung für die Rasenheizung bewertet.

Tatsächliche JAZ von Wärmepumpen im Betrieb



Quelle: Verbraucherzentrale NRW

Abbildung 19: Vergleich JAZ Gebäudeheizung bei versch. Quellen

5.1 Solarenergie

Seitens des nutzbaren Temperaturniveaus für die Rasenheizung wäre die Solarthermie grundsätzlich geeignet. Temperaturen bis 90°C sind im Sommer verlässlich zu erreichen. Aber in den Übergangsjahreszeiten und im Winter werden deutlich geringere Erträge erzielt. Wie Abbildung 20 zeigt, gehört Osnabrück im Nordwesten Deutschlands nicht zu den Gebieten mit hohen Jahreserträgen. Angesichts der Wärmemengen und Leistungen, die für die Rasenbeheizung notwendig sind, vgl. Kapitel 3, stellt die Solarthermie effektiv keine alternative Wärmequelle für den Schinkelberg dar. Überschlägt man den Bedarf und ermittelt überschlägig die benötigte Solarkollektorfläche anhand eines durchschnittlichen und typischen Solarjahresertrags von 300-350 kWh/m², so wären bei idealer, verlustfreier Speicherung 800 bis 900m² reine Kollektorfläche nötig, um die Wärmemenge zu erzeugen. Zudem müsste Sie noch in einem sehr großen, saisonalen Wärmespeicher gelagert werden, welcher auch wiederum mit Verlusten behaftet wäre. Allein die zu errichtenden solare Kollektorfläche wäre nicht auf dem Gelände des Schinkelbergs unterzubringen. Eine saisonale Speicherung in das Winterhalbjahr würde ein großes Bauwerk, wie z.B. einen Erdbeckenspeicher bedeuten. Nur zum Betrieb der Rasenheizung ist die Errichtung einer Solarthermischen Anlage schon aus diesen Gründen ungeeignet, vor allem, wenn aussichtsreichere Wärmequellen vorhanden sind.

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland
Jahressummen 2010

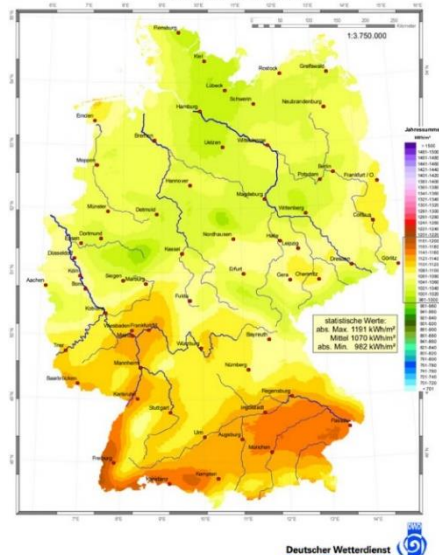


Abbildung 20: Summe der solaren Globalstrahlung in Deutschland

Solarthermie

Zur Deckung des Warmwasserbedarfs ist aber eine solarthermische Anlage auf dem Dach des künftigen Funktionsgebäudes sicher sinnvoll. So könnte ein Großteil des Warmwassers mindestens im Sommer lokal, umweltschonende und kostengünstig bereitgestellt werden. Für den Winter kann dann auf das Heizsystem und ggf. eine separate Wärmepumpe zurückgegriffen werden. Ohne hier weiter ins Detail einer Vordimensionierung zu gehen, empfehlen wir auch aus Gründen der Sichtbarkeit einer nachhaltigen Technologie und Vorbildfunktion das Funktionsgebäude entsprechen auszustatten.

**Warmwasser-
bereitung**

5.2 Wärme aus Biomasse

Durch die innerstädtische Lage und verhältnismäßig kurzen Laufzeiten der Rasenheizung ist eine Versorgung aus einer separaten Biogasanlage auch aufgrund der Substratfrage und geeigneten Fahrweise (Wärmeführung) nicht naheliegend nur bedingt sinnvoll. Sinnvoll wäre unter Umständen nur ein Konzept im Verbund mit anderen Wärmesenken.

Da auch die Verbrennung von Holz sehr kontrovers diskutiert wird und im Sinne der Nachhaltigkeit in Deutschland perspektivisch negativ bewertet wird, wird eine Biomasseverbrennung in der Betrachtung vorerst ausgeschlossen. Eine Anlage würde zusätzlich noch vergleichbar hohe Investitionen und hohe Betriebskosten für den Brennstoff, wie Pellets oder Hackschnitzel, bedeuten. Da die Hauptanwendung der Rasenheizung sehr niedrigere Temperaturen bedarf, sollten hier niederkalorische Umweltwärmequellen genutzt werden. Die Verbrennung von Biomasse birgt hohe Potenziale an Energie und Temperatur, so dass dieses vorzugsweise als Prozesswärme eingesetzt werden wird.

5.3 Umweltwärme Luft

Als weitere Umweltenergie, die zur Beheizung genutzt werden kann, ist die Umgebungsluft zu nennen. Im Bereich der Gebäudeheizung gehören sogenannte Luft-Wärmepumpen bereits zum neuen Heizungsstandard, aber auch in großen Leistungsbereichen gibt es dazu bewährte Anlagentechnik. Im Bereich der Rasenheizung mit Luftwärmepumpen sind im deutschsprachigen Raum allerdings nur sehr wenig Projekte bekannt. Aufgrund von geringeren Investitionen im Vergleich zu Erdsonden oder Erdkollektoren könnte eine solche Anlage eine echte Alternative sein. Aufgrund nur weniger tatsächlich ausgeführter Anlagen, basieren die konzeptionellen Überlegungen zumeist auf Recherchen von Projektdarstellungen und Gesprächen mit einem Fachplanern eines Herstellers (Henkel, 2023).

Im Folgenden sei als Alternative zur geothermischen Lösung ein Grundkonzept auf Basis der Außenluft skizziert, wie sie in Deutschland bereits gebaut worden ist. Im Gegensatz zu erdgekoppelten Anlagen, muss bei diesen Anlagen die Umgebungsluft auch dann als Quelle nutzen, wenn besonders kalte Temperaturen und dadurch zeitgleich ein hoher Wärmebedarf zur Rasenbeheizung besteht. Dadurch sind keine besonders günstigen Effizienzen und Jahresarbeitszahlen bzw. COPs zu erwarten. In Projektdarstellungen findet man Werte von geschätzten JAZ = 4 (Stahl+Weiß PartGmbH, 2016) bis hin zu aus Projekterfahrungen abgeschätzten Werten von ca. 3 bis 3,5 (Henkel, 2023). Aufgrund einer Betrachtung der auftretenden Temperaturverhältnisse und den resultierenden COPs, wird für die Variante vorsichtig von einer JAZ von 2,5 zur Bewertung ausgegangen. Da aber seitens des Schinkelbads eine Spitzenlast von 450 kW genutzt werden könnte, ist eine Auslegung auf extremste Temperaturen von -10°C und die von der DFL für Stadien geforderten 1.200 kW nicht notwendig, vgl. späterer Abschnitt 5.5. Das begünstigt die Effektivität und eine Dimensionierung kann mit Fokus auf den Hauptarbeitsbereich bei weniger tiefen Umgebungstemperaturen erfolgen.

Anlagenkonzept

5 Energetische Potenzialanalyse

Zum Umfang der benötigten Anlagentechnik gehören neben einer in der Regel aus mehreren Anlagen kaskadierte Wärmepumpen auch ein großer Wärmespeicher von 5.000 bis 8.000 l, um für ein gleichmäßiges Auslasten der Pumpen zu sorgen. Das Aggregat in Abbildung 21 steht beispielhaft für Produkte aus diesem Anwendungsfeld. Sie weist je nach Temperaturverhältnis Heizleistungen an 235 kW (bei -10° Luft und $+35^{\circ}\text{C}$ Nutzwärme), so dass im Regelbetrieb zwei bis drei solcher Anlagen für die Beheizung eines Fußballfeldes ausreichen würden. Der Listenpreis einer solcher mehrstufigen Anlage liegt nach Herstellerangaben im Bereich von



Abbildung 21: Luft-Wasser-Wärmepumpe Carrier 30EQ
Bild: Carrier Klimatechnik GmbH

unter 150.000 € (Henkel, 2023). Dazu kommen noch Kosten für Engineering, weitere verbindende Anlagenkomponenten und Bau-/Montagekosten hinzu. Zu beachten sind die nicht unerheblichen Schallemissionen der Lüfter, die im Betrieb auftreten können, da solche Anlagen bis $100.000 \text{ m}^3/\text{h}$ an Luftvolumenstrom umwälzen.

Um eine mit den erdgekoppelten Wärmepumpen vergleichbaren Leistungsbereich zu realisieren, vgl. Kapitel 6, wären zwei der vorgestellten Anlagentypen mit einer thermischen Leistung von ca. 470 kW notwendig. Bei höheren Außenlufttemperaturen nimmt die Leistungsfähigkeit entsprechend zu. Dazu sind die notwendigen Wärmespeicher, Steuerung Wärmeübergabestationen etc. zu konzipieren, die als Investitionskosten in Summe auf ins ca. 350.000€ abzuschätzen sind (inkl. Luftwärmepumpen). Die Betriebskosten sind grob mit 29.000 € vergleichsweise hoch anzusetzen, da die angesetzte Jahresarbeitszahl 2,5 vorerst eine „schlechte“ Abschätzung ist, die einen hohen Strombedarf zur Folge hat. Umgesetzte Projekte und Erfahrungen können hoffentlich dazu beitragen, die Effizienz zu verbessern. Somit würden sowohl die Betriebskosten (Stromkosten) als auch der CO_2 -Abdruck maßgeblich sinken.

5.4 Industrielle Abwärme

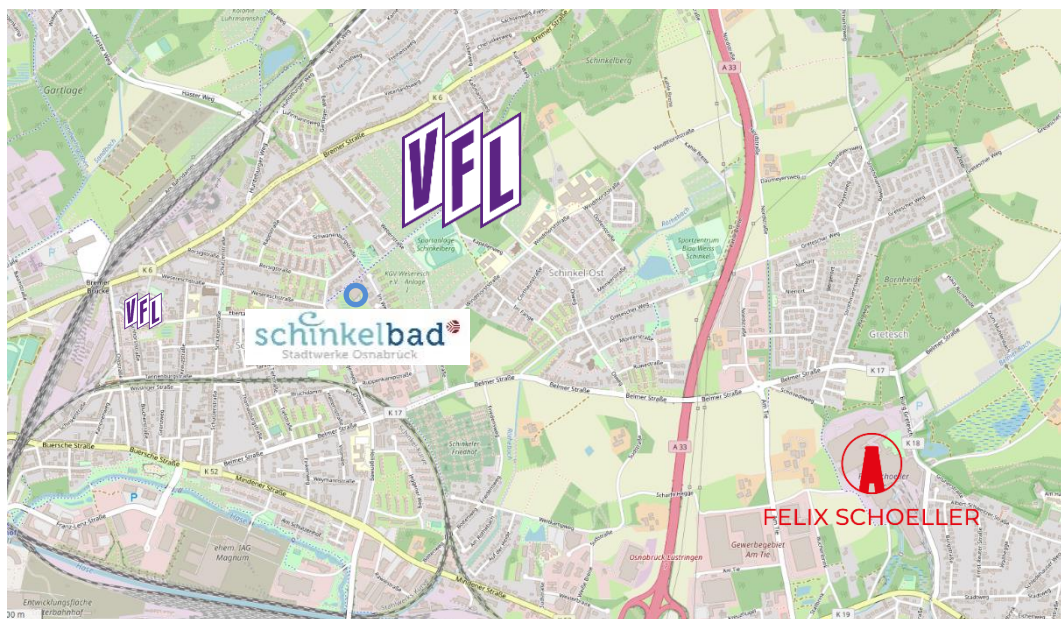


Abbildung 22: Übersicht Lage Abwärmequelle Papierfabrik Felix Schoeller Holding GmbH & Co. KG (OpenStreetmap, 2023)

Das Gelände rund um das Trainingszentrum ist geprägt durch Grünflächen, Schrebergärten und Wohnbebauung. Gewerbliche Flächen oder gar Industrieunternehmen sind hier nicht zu finden. In einer Entfernung von 2 km Luftlinie ist die Papierfabrik Felix Schoeller Holding GmbH & Co.KG das nennenswerte Unternehmen, was das große Abwärmepotenzial aufweist.

Abwässer und niederkalorische Abwärmeströme aus der Produktion mit Temperaturen von 15-40°C wären im energieaufwändigen Herstellungsprozess der Spezialpapiere typischerweise auch mit hohen Leistungen zu finden. Gespräche mit dem Energiemanagement des Unternehmens haben ergeben, dass diese Potenziale erkannt und mit einigem anlagentechnischem Aufwand auch zu heben wären (Zoller, 2023). Die zu querende Autobahn und die dadurch lange und kostenintensive benötigte Leitungstrasse würde so über 3 km zum Teil durch bebauten Gebiete führen, vgl. Abbildung 22. Die Kosten samt Engineering dürften nach eigener Schätzung aufgrund des Verlaufes hier deutlich über 2 Millionen € liegen. Da zu diesen Posten zusätzlich noch die Kosten für eine prozesseitige Wärmeauskopplung in der Papierfabrik und eine Wärmepumpenanlage am Schinkelberg etc. hinzukämen, erscheint zurzeit eine Nutzung der industriellen Abwärme weit von jeder Wirtschaftlichkeit. Es ist auch zu bedenken, dass aufgrund der geringen Temperaturen große Mengen Wasser mit entsprechendem Pumpenaufwand (Betriebskosten) für die benötigte Leistung zu wälzen wären. Dazu steht nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl an jährlichen Betriebsstunden (mutmaßlich max. 1.000) während des Heizbetriebs als Nutzungszeit entgegen. Ein wirtschaftlicher Betrieb wäre aufgrund dieser Voraussetzungen nicht möglich. Letztere Punkte gelten auch für etwaige andere, vergleichbare Abwärmequellen im Gebiet.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung, die auch seitens der Stadt Osnabrück in den nächsten Jahren aufgestellt werden muss, ist sicher eine Nutzung der Abwärme auch der Papierfabrik in ein flächiges Gesamtkonzept sinnvoll, z.B. als kalte Nahwärme o.ä. Allerdings muss dazu eine ganze Reihe von passenden Wärmesenken und weiteren Quellen in einem Gesamtkonzept mittels eines Wärmenetzes verbunden werden. In einem solchen

5 Energetische Potenzialanalyse

kann das Trainingszentrum am Schinkelberg sicher auch ein Bestandteil sein. Aus genannten Gründen eignet sich dieser Ansatz aber nicht als Start für eine lokale Wärmeverbundlösung.

5.5 Abwärme aus kommunalem Abwasser

In den Kanälen kommunalen Entwässerung steht ganzjährig ebenso ein Wärmepotenzial von 12-20°C zur Verfügung, welches durchaus mittels Wärmepumpen auch zu Heizzwecken genutzt werden kann. Dazu gibt es bereits einige ausgeführte Projekte. Ab einem Durchmesser von DN 500 und einem Trockenwetterabfluss von mehr als 15 l/s kann eine Nutzung zur Gebäudeheizung sinnvoll möglich sein. Verschiedene Anlagensysteme von Edelstahlwärmeübertragern bis hin zu mit Leitungen durchzogenen Kanalrohren oder doppelwandigen Druckwasserleitungen sind hier möglich. Die vergleichsweise kurzen Betriebszeiten im Jahr und der zum Teil hohe Leistungsbedarf lässt aber die Abwärme aus kommunalem Abwasser nicht als prädestinierte Wärmequelle erscheinen. Zudem ist die Erschließung mit vergleichsweise hohem baulichen Aufwand verbunden.

Aufgrund der Lage des Schinkelbergs sind hier keine größeren Kanäle zu erwarten, da die Klärwerke der Stadt auf der westlichen Stadtseite liegen. Auf Nachfrage zum Umfang und Verfügbarkeit kommunaler Abwasserpotenziale bei den Stadtwerken teilte Herr Rademaker mit, dass bisher aller Projekte zur dezentralen Nutzung der Abwässer von der Abteilung Entwässerung mit dem Hinweis auf die Notwendigkeit der Wärme für die Biologie in den Reinigungsprozessen der Klärwerke abgelehnt worden seien (Rademaker, 2023). Für eine weitere Betrachtung wird diese Art der Nutzung ausgeschlossen.

5.6 Abwärme Schinkelbad



Abbildung 23: Lage Schinkelbad und Schinkelberg (OpenStreetmap, 2023)

Das Schinkelbad wird durch die Stadtwerke Osnabrück AG betrieben und liegt unweit des Trainingsgeländes am Schinkelberg (ca. 400m Entfernung), s. Abbildung 23. Auch hier wird viel Energie benötigt, um den Badbetrieb zu gewährleisten. In Rahmen der Studie gab es Ende August 2023 eine Begehung und Besprechung vor Ort mit dem Projektleiter Bädertechnik Stadtwerke Eric Stühlmeyer und Matthias Rademaker als Projektbeteiligter der Stadtwerke, um Daten und Möglichkeiten energetischer Synergien der Standorte Schinkel-

bad und Trainingsgelände zu diskutieren (Stühlmeyer & Rademaker, 2023). Folgende Punkte wurden als potenzielle Abwärmequellen geprüft: Abluft, Abwasser und Beckenwasserbehandlung.

Abluft

Die Abluftsysteme im Bad weisen nach Angaben der Stadtwerke bedingt durch effektive Wärmerückgewinnungsanlagen und jüngeren Datums ein gutes energetisches Niveau auf, so dass mit Temperaturen von bis zu max. 15°C im Jahr nicht mit hohen Abwärmepotenzialen gerechnet werden kann. Zudem sinken die Ablufttemperaturen im Winter bei niedrigen Außenlufttemperaturen weiter ab und die Abluft beinhalten eine relativ geringe Wärmedichte. Eine Auskopplung in ein wasserführendes System mit Leitung zum Schinkelberg kann aus wirtschaftlicher und auch aus technischer Sicht ausgeschlossen werden.

5 Energetische Potenzialanalyse

Das Wasser der Schwimmbecken wird kontinuierlich gereinigt, in Teilen ausgetauscht und dann aufgeheizt. Da das Schinkelbad aber über eine Ultrafiltrationsanlage verfügt, kann ein Großteil des warmen Wassers zurückgeführt werden. Lediglich das Frischwasser wird nachgeheizt. Auch hier konnten in der gemeinsamen Bewertung keine lohnenden Potenziale gefunden werden. (Stühlmeyer & Rademaker, 2023)

Beckenwasser

Ein gewisses Abwärmepotenzial, das gewonnen werden könnte, wäre im Abwasser zu finden, welches zum größten Teil aus dem Duschwasser besteht. Basierend auf den Angaben der Stadtwerke mit ca. 13-15 m³ am Tag konnte das theoretische Wärmepotenzial überschlagen werden, ohne dabei aber schon direkt technisch machbare Lösungen zu berücksichtigen (Stühlmeyer & Rademaker, 2023). Die Berechnungen ergaben, dass hauptsächlich zu den Öffnungszeiten ein mittleres Potenzial von etwa 7-10 kW Wärmeleistung vorliegt. Bedenkt man noch dazu, dass das Wasser aufgrund von Ablagerungen etc. nicht beliebig abgekühlt werden kann und weitere Verluste durch Wärmeübertragung und Transport, so kann die Abwasserwärme aufgrund des geringen Leistungsangebotes keine Möglichkeit zur sinnvollen Unterstützung der Rasenheizung sein.

Abwasser

Zurzeit wird der Wärmebedarf des Schinkelbades über zwei gasbetriebene Blockheizkraftwerke und zwei Erdgaskessel gedeckt. Durch Optimierungen und Erfahrungen im Betriebsablauf kann seitens der Stadtwerke als Betreiber allerdings eine Reserve- bzw. Spitzenlast zugesichert werden, die etwa 450 kW entspricht (Stühlmeyer & Rademaker, 2023). Durch die räumliche Nähe zum Schinkelberg und eine verhältnismäßig einfache Trassenführung entlang eines Fußweges durch unbefestigten Grund, kann diese mögliche Spitzenlast zu einem Faktor bei der Entwicklung eines tragfähigen Gesamtkonzeptes werden.

Reserve- bzw. Spitzenlast

5.7 Geothermie

Die Nutzung der Wärme aus dem Erdreich kann für einen winterlichen Heizbedarf in vielen Fällen eine ergiebige, erneuerbare Energiequelle sein und war auch für den Schinkelberg von Anfang an im Gespräch. Die Tiefengeothermie mit hohen, direkt nutzbaren Temperaturen bietet sich für eine Anwendung am Schinkelberg aufgrund der lokalen, geologischen Bedingungen und des für solche Anlagen kleinen Projektumfangs nicht an. Bei der oberflächennahen Erdwärme handelt es sich grundsätzlich um Umweltwärme, die saisonal im Sommer bei höheren Außentemperaturen und solaren Einstrahlungen im Erdreich eingespeichert wird. Abbildung 24 A zeigt beispielhaft für verschiedener Monate im Jahr den typischen Temperaturverlauf im ungestörten Erdreich in Abhängigkeit von der Tiefe (Standort Potsdam). Es ist zu sehen, dass die Temperatur so gut wie immer über 0°C liegt. Im Winter sind ab einer gewissen Tiefe sogar Temperaturen zu finden, die verlässlich höher sind als die in oberen Schichten. Damit ist besonders in den Zeiten der niedrigsten Außentemperaturen und des größten Heizbedarfs das Temperaturpotenzials meist höher als das der Außenluft. Diese Speicherfähigkeit an Niedertemperaturwärme im Erdreich kann mittels Wärmepumpen zur Heizzwecken genutzt werden. Erst ab ca. 15 m Tiefe stellt sich eine jahreszeitlich unabhängige Temperatur von etwa 10°C ein, mit fortschreitender Tiefe steigt die Temperatur durch den Wärmefluss vom Erdkern aber nur langsam an, vgl. Abbildung 24 B. Höhere, für Heizzwecke direkt nutzbare Temperaturen, sind in der Regel erst in Tiefen ab mehreren Hundert Meter anzutreffen. Allerdings hängt der tatsächliche Temperaturverlauf stark von der lokalen Struktur der Geologie ab.

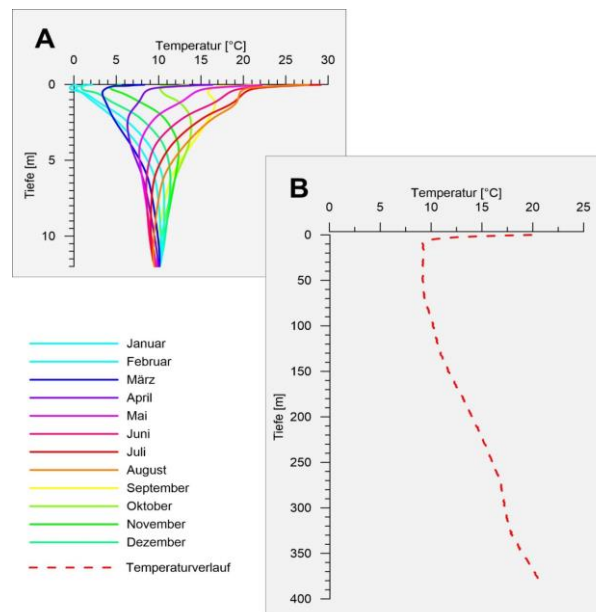


Abbildung 24: A: Mittlerer Jahresgang der Bodentemperatur am Beispiel Potsdam Telegrafenberg;

B: Temperaturverlauf Bohrung Nienburg (Weser) (Jensen, Holger et all. LBEG,

Es ist zu sehen, dass die Temperatur so gut wie immer über 0°C liegt. Im Winter sind ab einer gewissen Tiefe sogar Temperaturen zu finden, die verlässlich höher sind als die in oberen Schichten. Damit ist besonders in den Zeiten der niedrigsten Außentemperaturen und des größten Heizbedarfs das Temperaturpotenzials meist höher als das der Außenluft. Diese Speicherfähigkeit an Niedertemperaturwärme im Erdreich kann mittels Wärmepumpen zur Heizzwecken genutzt werden. Erst ab ca. 15 m Tiefe stellt sich eine jahreszeitlich unabhängige Temperatur von etwa 10°C ein, mit fortschreitender Tiefe steigt die Temperatur durch den Wärmefluss vom Erdkern aber nur langsam an, vgl. Abbildung 24 B. Höhere, für Heizzwecke direkt nutzbare Temperaturen, sind in der Regel erst in Tiefen ab mehreren Hundert Meter anzutreffen. Allerdings hängt der tatsächliche Temperaturverlauf stark von der lokalen Struktur der Geologie ab.

Brunnenanlage

Die geothermische Brunnenanlage (siehe Option C in Abbildung 25) besteht aus einem Förder- und einem Injektionsbrunnen. Das Grundwasser wird direkt als Energieüberträger genutzt. Mittels Förderbrunnen wird das Grundwasser aus dem Untergrund entnommen. Dem Grundwasser wird Energie entzogen, welche durch die Nutzung von Wärmepumpen zur Beheizung verwendet werden kann. Anschließend wird das Wasser über den Injektionsbrunnen wieder in den Grundwasserleiter eingeleitet. Es handelt sich um ein sehr effizientes System, mit dem auch hohe Leistungen zur Gebäudeheizung aber auch Kühlung erreicht werden können. Noch mehr als bei Erdwärmesonden kommt es hier auf die örtlichen hydrogeologischen Verhältnisse an, was eine detaillierte Erkundung und Planung

5 Energetische Potenzialanalyse

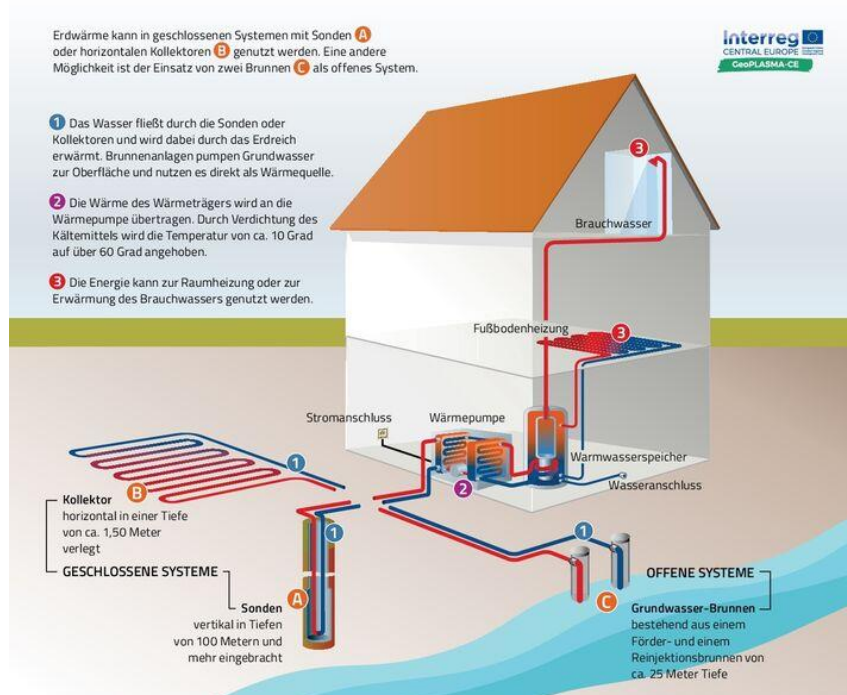


Abbildung 25: Schematische Darstellung der Nutzungen der oberflächennahen Geothermie. (Quelle: GeoPLASMA-CE)

erfordert. Neben der Ergiebigkeit ist auch die Grundwasserqualität für einen Nachhaltigen Betrieb entscheidend.

Der FC Augsburg nutzt schon seit einigen Jahren das hohe Grundwasseraufkommen (Nutzung von über zu 120m³/h Wasser aus 45 m Tiefe) und betreibt mit zwei Großwärmepumpen (je 645 kW) die Rasenheizung im Stadion (Genath, Bernd, 2022). Aufgrund der verhältnismäßig geringen Kosten für nur zwei Bohrungen und den geringen Pumpenaufwand im Betrieb, stellt dies insgesamt grundsätzlich eine sehr günstige Betriebsweise dar. Die JAZ wird mit 4 angegeben (Wilming, Wilhelm, 2015). Für den Schinkelberg wäre die Nutzung von Grundwasser individuell zu prüfen.

Bei Erdwärmesonden (siehe Option A Abbildung 25) handelt es sich um Erdwärmeträger, in denen eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Das Rohrsystem wird vertikal in ein Bohrloch eingebracht und so dem Erdreich Wärme entzogen oder zugeführt. Mit Hilfe einer Wärmepumpe kann das Temperaturniveau erhöht werden, um die gewonnene Wärme z.B. für Heizzwecke nutzen zu können. Erdwärmesonden werden üblicherweise in Tiefen von 50-400 m Tiefe eingebracht, wobei sich der Großteil der Erdwärmesondenanlagen bis in eine Tiefe von 100-150 m Tiefe wiederfinden. Die Bohrtiefe und die Anzahl der Bohrungen richtet sich meist nach der erforderlichen Leistung der Wärmepumpe sowie den geologischen und hydrogeologischen Standortverhältnissen. Der Vorteil von Erdwärmesonden ist die ganzjährig konstante Untergrundtemperatur des umgebenden Gebirges. Jahreszeitliche Effekte wie Außentemperatur und Solarwärme haben hier kaum Einfluss. Gleichzeitig kann man sich die große Wärmespeicherkapazität des Untergrundes zu Nutzen machen und (Ab-)Wärme im Sommer über die Sonden in den Boden eintragen, um davon im Heizbetrieb im Winter zu profitieren und diese mit sehr geringen Verlusten wieder zu gewinnen. Man spricht von Saisonalen thermischen Untergrundwärmespeichern.

Erdwärmesonden

Erdwärmekollektoren

Bei Erdwärmekollektoren (siehe Option B Abbildung 25) handelt es sich um flach verlegte Wärmetauscherrohre, in denen eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Sie werden in geringer Tiefe (ca. 1,2-1,5 m) horizontal in Schleifen ähnlich einer Fußbodenheizung in den Erdboden verlegt. Erdwärmekollektoren greifen nur oberflächlich in den geologischen Untergrund ein. Der Vorteil ist ein verhältnismäßig geringer technischer Aufwand zur Erstellung. Es werden keine Spezialtiefbau- oder Bohranlagen benötigt. In den Rohren zirkuliert ein Fluid, welches für den Energietransport verantwortlich ist in einem geschlossenen Kreislauf. Dem Untergrund wird Wärme entzogen, welche durch den Einsatz einer Wärmepumpe zu Heizzwecken verwendet werden kann. Dabei ist der Wärmekollektor von saisonalen Effekten beeinflusst. Zudem ist zu berücksichtigen, dass Wärmenachlieferung zum großen Teil aus dem Sickerwasserpfad durch Regenwasser erfolgt. Die Geländeoberfläche im Bereich der Kollektoren darf daher nicht versiegelt oder überbaut werden. Auch tiefwurzelnde Bäume sind ausgeschlossen. Die Kollektoren werden daher in hydraulisch leitfähigen Sanden eingebaut und bis in den Frostbereich gefahren. Als Saisonaler Untergrundspeicher eignen sie sich nicht.

Durch den geplanten Bau der noch fehlenden, unbeheizten eineinhalb Trainingsplätze am Schinkelberg wären dazu noch unbebaute Fläche vorhanden, die genutzt werden könnte.

Dabei ist besonders zu beachten, dass keine Beeinträchtigung der Spielbarkeit der darüber liegenden Spielfelder am Schinkelberg zu erwarten ist. Eine Auslegung und Prüfung muss individuell erfolgen, vergleichbare, bereits ausgeführte Projekte konnten im Laufe der Projektrecherche für eine Rasenheizung mittels Erdkollektoren und Wärmepumpe nicht gefunden werden. Abbildung 26 zeigt ein Foto eines flach verbauten Erdkollektors.



Abbildung 26: Erdwärmekollektor (Bild: (Bundesverband Geothermie e.V., 2023))

6 Fokus: Geothermie

6.1 Geologische Situation und Grundlagen

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Osnabrücker Hügelland. Die lokale Geologie ist sehr heterogen und kann kleinräumig stark variieren. Gemäß Geologischer Übersichtskarte (siehe Abbildung 27) steht oberflächennah Festgestein in Form von Steinmergelkeuper und Schluffstein an. Das Festgestein wird stellenweise überdeckt von geringmächtigen quartären Sedimenten. Das Profil der Brunnenbohrung am Schinkelbad (3714HY0131), die ca. 320 m südwestlich des Standortes steht, zeigt, dass an der Oberfläche quartäre, glaziale Lockergesteine (Schluff, Geschiebelehm) mit einer Mächtigkeit von ca. 2 m anstehen. Darunter folgen mit einer Mächtigkeit von jeweils ca. 10-15 m Tonstein und Sandstein des Oberen Keupers. Ab einer Tiefe von 29 m u. Geländeoberkante (GOK) werden bis zur Endteufe von 90 m Steinmergelkeuper, Schilfsandstein und Schluffsteine verzeichnet.

6 Fokus: Geothermie

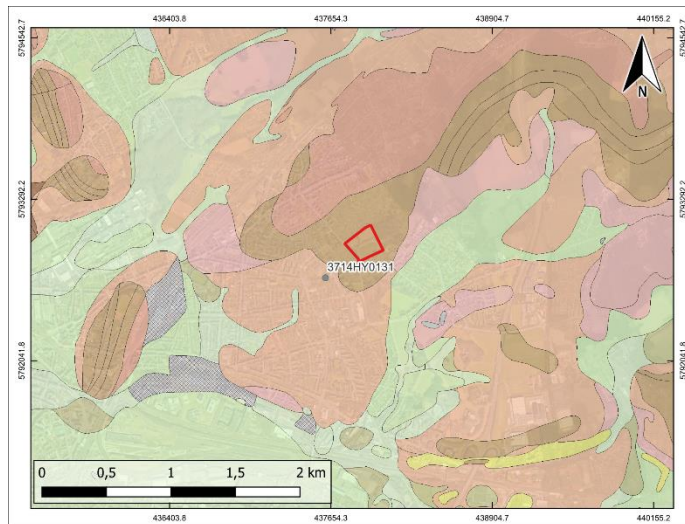


Abbildung 27; Geologische Übersichtskarte 1:25.000 aus NIBIS Kartenserver (LBEG, 2023)

Durch das Projektgebiet zieht sich gemäß geologischer Karte eine Störungszone von WSW nach ONO. Im Bereich der Störungszone kann es zu erheblichen Bohrproblemen kommen. Zudem ist eine hohe Wasserwegsamkeit in Richtung des Schinkelbadbrunnens möglich. Außerdem befindet sich der Standort gemäß NIBIS Kartenserver in einem Gefährdungsbereich für Geothermie durch mögliche Sulfatgesteinsverbreitung. Nach Aussage des LBEG sind jedoch bis zu einer Bohrtiefe von 100 m keine Sulfatgesteine zu erwarten. In größeren Tiefen ist das Antreffen von Sulfatgesteinen nicht auszuschließen. Zusätzlich befindet sich gemäß Landes-Raumordnungsprogramm (LROP) das Projektgebiet zudem in einem Bereich mit möglichem Grundwasserstockwerksbau sowie in einem Vorranggebiet der Trinkwassergewinnung. Deshalb sind für die Errichtung einer geothermischen Anlage ggf. besondere Anforderungen an die Bauausführung zu beachten.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im hydrogeologischen Raum des Mitteldeutschen Bruchschollenlandes. Gemäß NIBIS Kartenserver werden die oberflächennahen Gesteine als Grundwassergeringleiter eingestuft. In größerer Tiefe des Planungsgebietes ist ein Kluftgrundwasserleiter im Festgestein mit stark variablen Durchlässigkeiten zu erwarten. Das Grundwasser steht voraussichtlich in einer Tiefe von ca. 10 - 30 m unter GOK an. Am Standort steht direkt Festgestein an. Gemäß einer interpolierten Grundwassergleichplan aus dem Jahr 2007, vgl. siehe Abbildung 28, ist am Projektstandort eine nordwestliche Grundwasserfließrichtung anzunehmen.

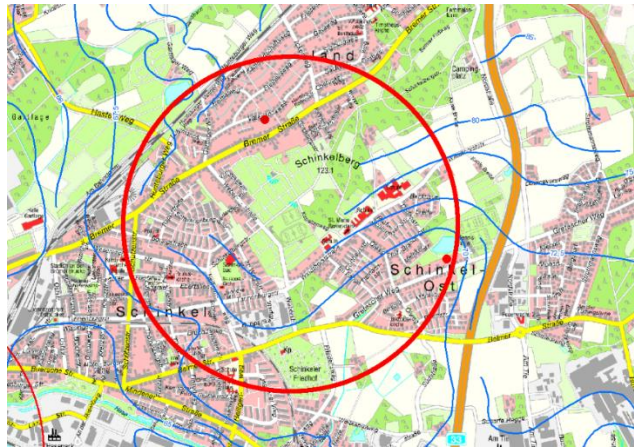


Abbildung 28: Interpolierter Grundwassergleichenplan (2007), Auskunft Stadt Osnabrück.

Gemäß NIBIS Kartenserver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG, 2023) werden für das Projektgebiet mittlere Wärmeleitfähigkeiten von 1,8 - 2,0 W/m*K prognostiziert. Der Standort ist hinsichtlich der Wärmeleitfähigkeit bis in eine Tiefe von 100 m u. GOK als gut zu bewerten.

6.2 Anlagendimensionierung

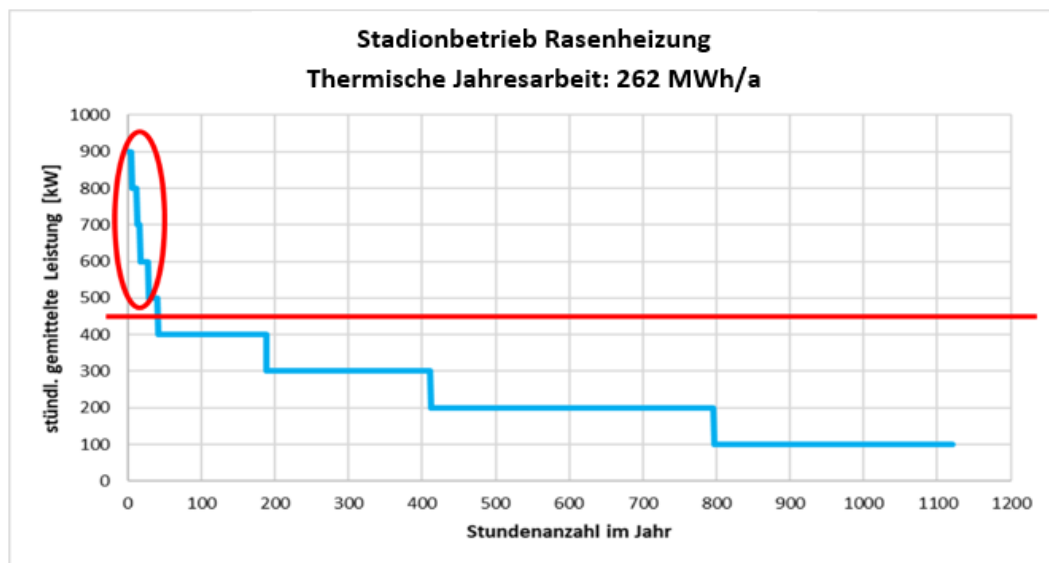


Abbildung 29: Jahresdauerlinie eines realen Stadionbetriebs Verein Blau-Weiß (Blau-Weiß, 2023)

Die Auslegung der geothermischen Anlagenvarianten für die bestehende Rasenheizung am Schinkelberg erfolgte in Anlehnung bzw. auf Grundlage der bereitgestellten Leistungs- und Energiedaten im Rahmen eines realen Stadionbetriebs des Vereins Blau-Weiß, vgl. Abbildung 29 Jahresdauerlinie.

Für die weitere Auswertung wurden die Leistungsdaten den Außentemperaturen gegenübergestellt, wodurch sich folgende Abbildung 30 ergibt.

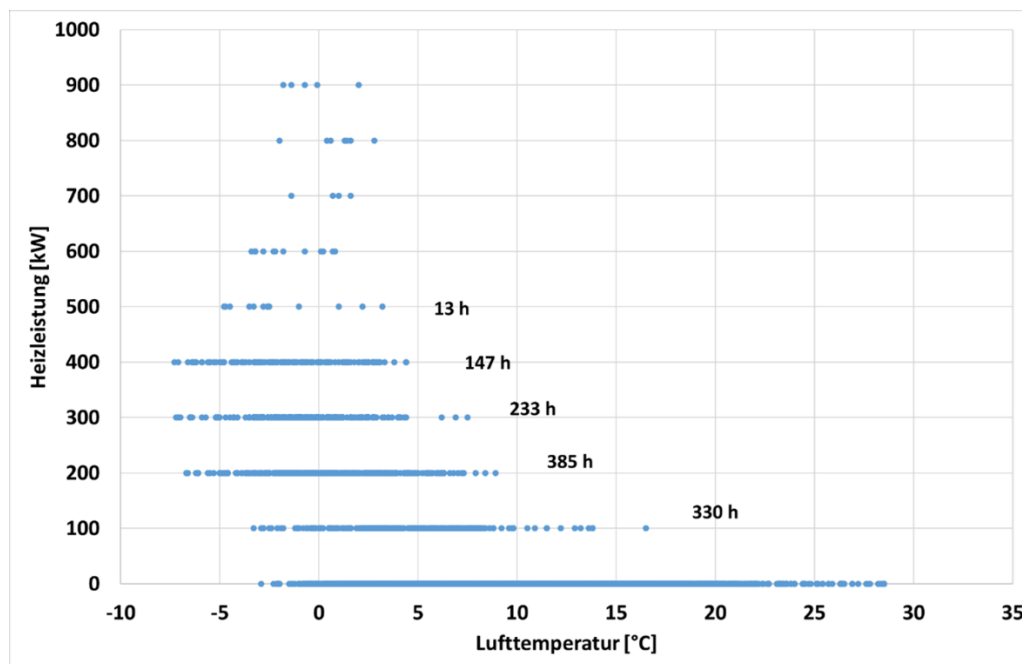


Abbildung 30 Heizleistung mit Bezug zur Außenlufttemperatur für die Rasenheizung Verein Blau-Weiß (Blau-Weiß, 2023)

Die Abbildung zeigt deutlich, dass die thermische Hauptlast aufgrund der hohen Vollbenutzungsstunden in einem Bereich von maximal 450 kW liegen. Die außergewöhnlichen Leistungsanforderungen von 500 bis 900 kW weisen nur sehr geringe Vollbenutzungsstunden von weniger als 24 h auf. Diese Erkenntnis führt dazu, dass mangels Daten einer bestehenden Wärmepumpenbetriebenen Rasenheizung vorerst eine Wärmepumpenleistung von 450 kW angenommen wird, um den entsprechenden Energiebedarf gewährleisten zu können.

6.3 Technik und Varianten

Die Durchführung von Bohrarbeiten im geplanten Projektumfeld erfordert eine präzise Abstimmung mit verschiedenen Faktoren, um sowohl den Betrieb des bestehenden aktiven Förderbrunnens am Schinkelbad als auch die Trinkwasserqualität zu schützen. Gemäß den Vorgaben müssen Bohrarbeiten einen Mindestabstand von 300 m zum aktiven Förderbrunnen einhalten. Parallel dazu ist eine präzise Abstimmung mit den Stadtwerken erforderlich, um während der Bohrarbeiten eine vorübergehende Pause in der Trinkwasserförderung zu gewährleisten und somit Trübungen im Wassersystem zu vermeiden.

Besonders hervorzuheben ist der Standort des Projekts im Vorranggebiet der Trinkwassergewinnung gemäß dem Landes-Raumordnungsprogramm (LROP). In solchen Gebieten sind raumbedeutsame Planungen und Maßnahmen untersagt, sofern sie die Qualität und Quantität des zugehörigen Grundwasservorkommens erheblich beeinträchtigen könnten. Daher erfordert die Umsetzung eines geothermischen Brunnenprojekts intensive Untersuchungen in Form von Pumptests und Modellierungen. Diese sollen eindeutig nachweisen, dass der geothermische Brunnenbetrieb am Schinkelbad durch eine benachbarte Dublette nicht gestört wird.

Brunnenanlage

Eine weitere maßgebliche Erwägung betrifft die Bewertung der oberflächennahen Gesteine als Grundwassergeringleiter gemäß dem NIBIS Kartenserver. Erst in größeren Tiefen wird ein Klufftgrundwasserleiter im Festgestein erwartet, der jedoch stark variierende Durchlässigkeiten aufweisen kann.

Aufgrund der Nähe zum Entnahmebrunnen Schinkelbad sowie aufgrund der komplexen hydrogeologischen Bedingungen am Standort, wird eine Brunnenanlage für dieses Vorhaben nicht weiter betrachtet.

6.4 Erdsonden und Erdkollektoren

Im Rahmen der Erarbeitung von geothermischen Energieversorgungsmöglichkeiten für den Trainingsplatz haben sich diverse Varianten entwickelt, die unterschiedliche Randbedingungen aufweisen. Im Folgenden wird eine umfassende Übersicht sowie eine detaillierte Beschreibung der sechs unterschiedlichen Varianten präsentiert. Diese Varianten sind spezifisch auf unterschiedliche Leistungen, Bohrtiefen und Nutzungsweisen ausgerichtet.

Variante 1

Die erste Variante präsentiert eine Erdwärmesondenanlage, die ausschließlich monovalent betrieben wird. Hier wird der gesamte Heizbetrieb durch die Wärmepumpen-/Erdwärmesondenanlage abgedeckt. Mit einer Bohrtiefe von 100 m und einer Erdwärmesondenanzahl von 90 soll die Anlage eine Leistung von 450 kW erbringen, um die erforderliche Energiemenge von rund 262 MWh/a bereitzustellen. Der Sondenabstand untereinander beträgt 8 m, eine Maßnahme, die in alle Varianten getroffen wird, um mögliche Wechselwirkungen zwischen den Sonden zu minimieren. Diese Anordnung ermöglicht eine effiziente Energieextraktion, wobei eine vollständige Flächennutzung nicht erforderlich ist. Die folgende Abbildung 31 zeigt die simulierten Fluidtemperaturen über einen Zeitraum von 25 Jahren.

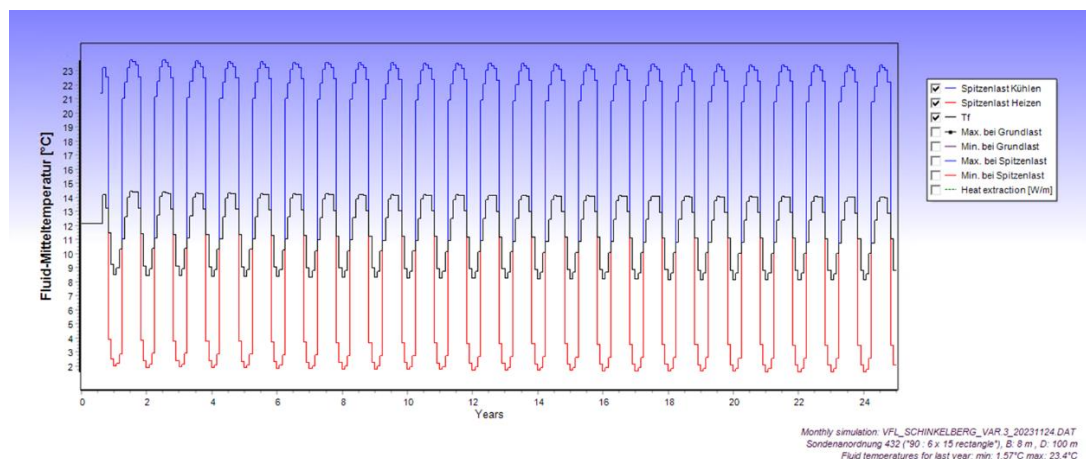


Abbildung 31: Fluid-Mitteltemperatur der ersten Variante nach 25 Jahren (Spitzen- und Grundlast mit Regeneration)

Variante 2

Die zweite Variante ist eine Weiterentwicklung der ersten Variante und zeichnet sich durch die optimale Nutzung der gesamten Fläche für Erdwärmesonden aus. Die Erdwärmesondenanlage wird auch hier monovalent betrieben, sodass die Wärmepumpen-/Erdwärmesondenanlage den kompletten Heizbetrieb umfasst. Die gesamte Fläche des Trainingsplatzes kann mit 336 Erdwärmesonden bestückt werden. Die Simulation der Erdwärmesondenanlage ergibt eine maximale Bohrtiefe von 28 m, um die Leistung von 450 kW bereitstellen zu können. Dieses Ergebnis zeigt, dass falls es unter bestimmten Randbedingungen kommt, die eine Bohrtiefe von 100 m erschweren könnten, die gesamte Energiemenge dennoch bereitgestellt werden kann. Die nachstehende Abbildung 32 zeigt die simulierten Fluidtemperaturen über einen Zeitraum von 25 Jahren.

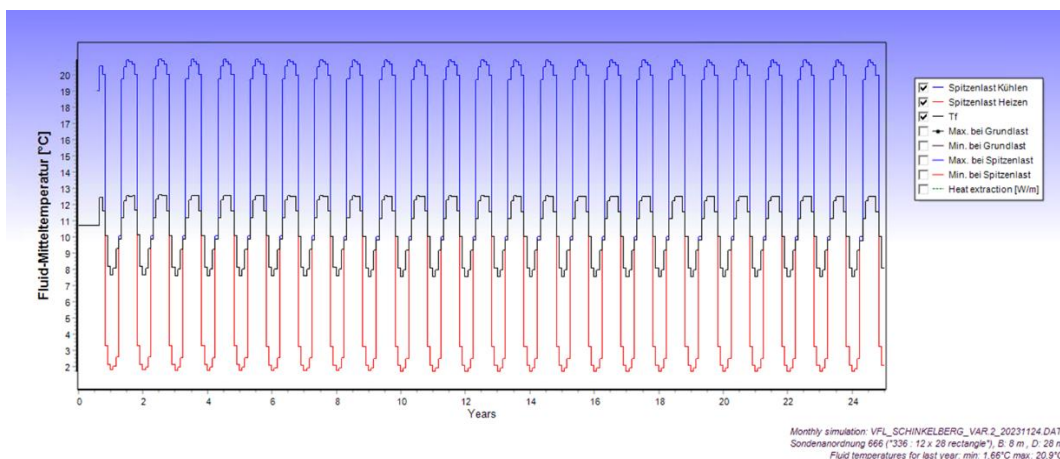


Abbildung 32: Fluid-Mitteltemperatur der zweiten Variante nach 25 Jahren
(Spitzen- und Grundlast mit Regeneration)

Variante 3

Die dritte Variante setzt auf einen bivalenten Betrieb, um potenzielle Einsparungen bei den Investitions- und Betriebskosten zu realisieren. Im bivalenten System wird die entsprechende Wärmeanforderung über die Wärmepumpen-/Erdwärmesondenanlage übernommen und bei außergewöhnlichen Leistungsanforderungen greift ein Spitzenlastkessel ein. In dieser Variante wird eine Bohrtiefe von 100 m berücksichtigt, ebenso wie Sicherheitswerte für eine minimale Fluidtemperatur von über 4 °C für den Grundlastbetrieb und eine minimale Fluidtemperatur von über 1,5 °C für den Spitzenlastbetrieb. Unter diesen Vorgaben resultiert eine reduzierte Leistung der Erdwärmesondenanlage von 200 kW im Vergleich zu den ursprünglichen 450 kW. Zugleich wird die Anzahl der erforderlichen Erdwärmesonden deutlich verringert, und zwar auf 49 im Vergleich zu den vorherigen 90 bei der ersten Variante. Dieser Ansatz strebt eine ökonomisch und flächenspezifisch optimierte Lösung an, ohne dabei die thermischen Anforderungen zu verletzen. Im Folgenden werden die simulierten Fluidtemperaturen über einen Zeitraum von 25 Jahren dargestellt (siehe Abbildung 33).

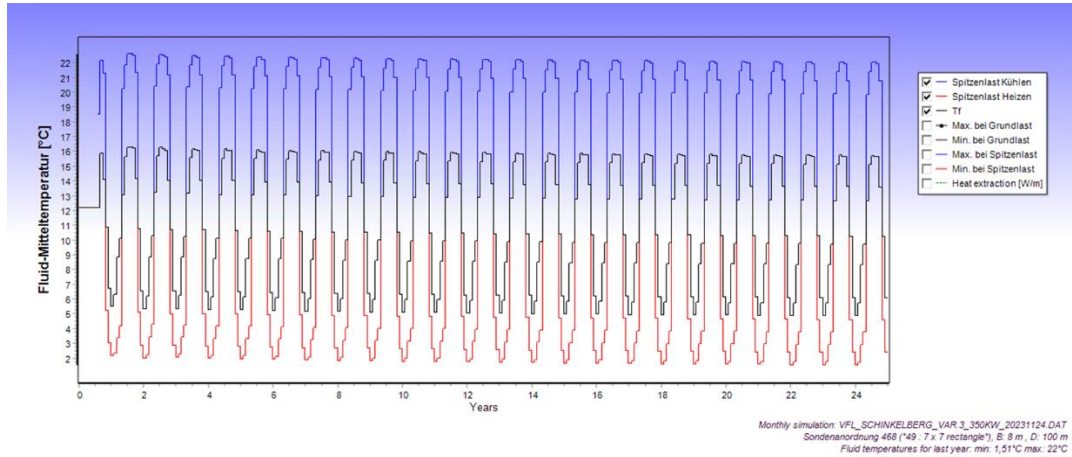


Abbildung 33: Fluid-Mitteltemperatur der dritten Variante nach 25 Jahren (Spitzen- und Grundlast mit Regeneration)

Variante 4

Die vierte Variante setzt auf einen monovalenten Betrieb und zeichnet sich durch die Integration des Wärmeentzugs für das Umkleidegebäude aus, einschließlich Heizung und Trinkwarmwasserbedarf. Hierbei beläuft sich der jährliche Energieverbrauch auf ca. 317 MWh/a. In dieser Variante wird der gesamte Heizbetrieb von der Wärmepumpen-/Erdwärmesondenanlage übernommen. Die Bohrtiefe beträgt 100 m, und die erforderliche Leistung von 450 kW wird durch die Installation von 92 Erdwärmesonden sichergestellt. Durch die Berücksichtigung des zusätzlichen Wärmebedarfs des Umkleidegebäudes werden lediglich zwei Sonden mehr benötigt im Vergleich zur ersten Variante ohne Umkleidegebäude. Die folgende *Abbildung 34* zeigt die simulierten Fluidtemperaturen über einen Zeitraum von 25 Jahren.

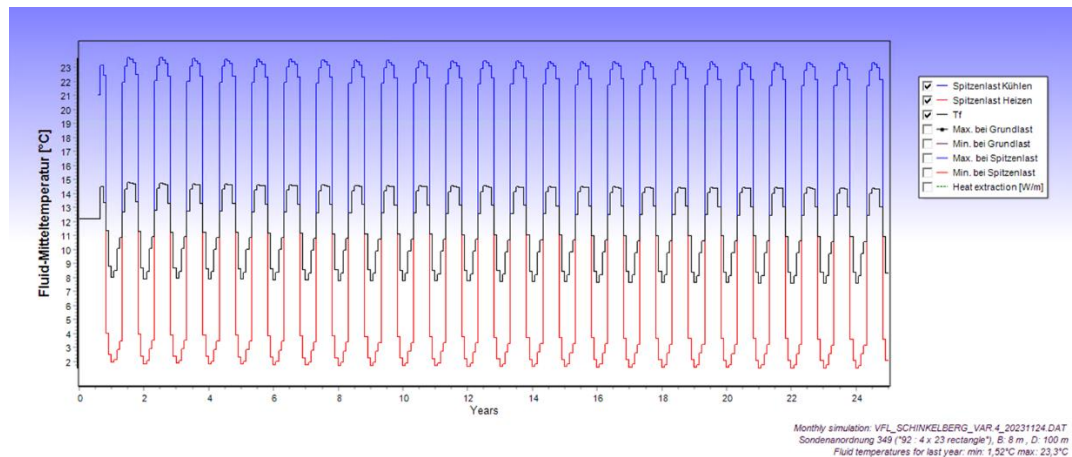


Abbildung 34: Fluid-Mitteltemperatur der vierten Variante nach 25 Jahren (Spitzen- und Grundlast mit Regeneration)

Variante 5

Die fünfte Variante zeichnet sich, ähnlich wie die dritte Variante, durch einen bivalenten Betrieb aus und fokussiert sich auf die Maximierung des Wärmeertrags. Auch hier wird die Wärmepumpen-/Erdwärmesondenanlage für die entsprechenden Wärmeanforderungen verwendet und ein Spitzenlastkessel für außergewöhnlich hohe Leistungsanfor-

6 Fokus: Geothermie

rungen. Dabei werden die Sicherheitsvorgaben der minimalen Fluidtemperaturen während Grund- und Spitzenlast eingehalten, sowie die Regeneration in den Sommermonaten ausgelassen. Mit einer resultierenden maximal möglichen Leistung von 250 kW und einer Bohrtiefe von 100 m erfordert die Umsetzung dieser neuen Randbedingungen die Installation von 92 Erdwärmesonden. Die folgende *Abbildung 35* zeigt die simulierten Fluidtemperaturen über einen Zeitraum von 25 Jahren. Es ist klar zu erkennen, dass die Temperaturen ohne Regeneration einen deutlichen Abfall über den gesamten Zeitraum erfahren. Dies bestärkt die Wichtigkeit einer Regeneration bei der Verwendung von Erdwärmesonden.

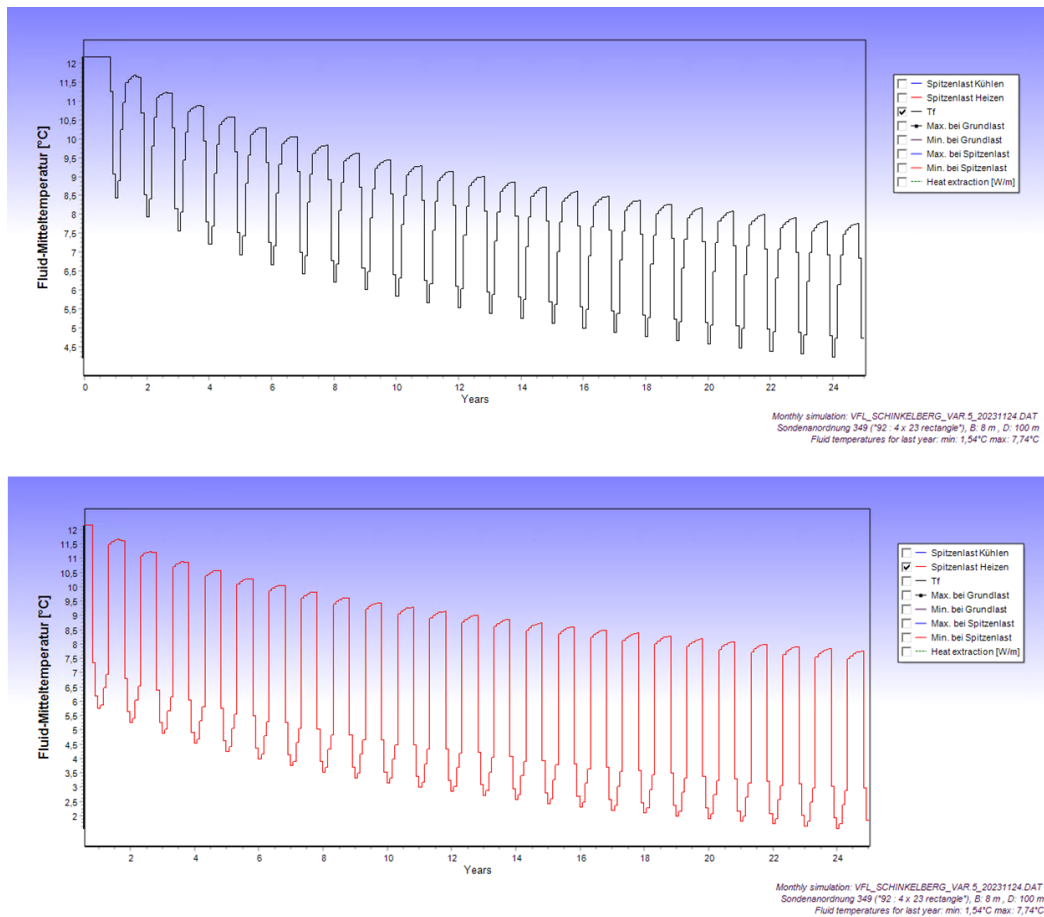


Abbildung 35: Fluid-Mitteltemperatur der fünften Variante nach 25 Jahren (Spitzen- und Grundlast ohne Regeneration)

Ein direkter Vergleich mit Variante 3 (siehe folgende *Abbildung 36*) verdeutlicht, dass eine gezielte Regeneration des Untergrundes die Anzahl der benötigten Erdwärmesonden nahezu halbieren kann.

6 Fokus: Geothermie

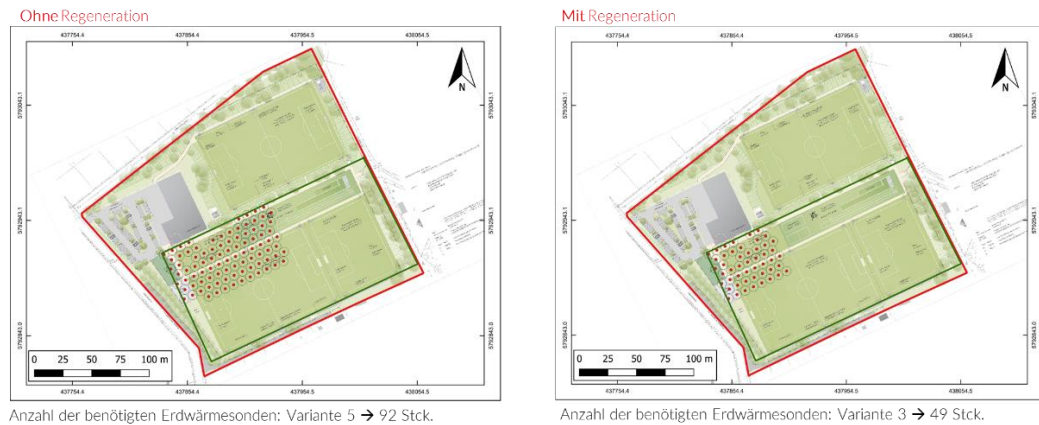


Abbildung 36: Direkter Vergleich der Erdwärmesondenanzahl zwischen Variante 5 (links, ohne Regeneration) und Variante 3 (rechts, mit Regeneration)

Variante 6

Die sechste Variante setzt auf die Nutzung von Erdwärmekollektoren anstelle von Erdwärmesonden und wird monovalent betrieben. Der monovalente Betrieb der Erdwärmekollektoren umfasst den gesamten Heizbetrieb der Wärmepumpen-/Erdwärmekollektoranlage. Um die erforderliche Leistung von 450 kW zu erreichen, ist die vollständige Fläche des Trainingsplatzes notwendig. Auf diese Weise kann die benötigte Energiemenge von etwa 262 MWh/a durch die Erdwärmekollektoranlage effizient bereitgestellt werden. Eine Besonderheit dieser Anlagenvariante besteht darin, dass aufgrund der oberflächennahen Einbringung keine aktive Regeneration erforderlich ist, wie dies bei den Erdwärmesonden der Fall ist. Im Folgenden wird die Abbildung der Ausnutzung des Trainingsplatzes mit Erdkollektoren dargestellt (siehe Abbildung 37).



Abbildung 37: Flächennutzung der Erdwärmekollektoren

Variante 7

Die siebte Variante ist analog zur sechsten Variante, nur mit dem Unterschied, dass die Investitionskosten aufgrund der deutlich günstigeren Erdarbeiten geringer ausfallen. Denn, falls eine Geländeanpassung stattfinden sollte, würden die Kosten der Erdarbeiten fast völlig wegfallen.

Die folgende Tabelle 1 zeigt einen Vergleich aller genannten geothermischen Varianten.

Tabelle 1 Variantenvergleich anhand der Kenndaten

| Parameter | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 | Variante 5 | Variante 6/7 |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|--|--|
| | 100 m Bohrtiefe - monovalent - | 28 m Bohrtiefe - monovalent - | Max. Wärmeeintrag - bivalent - | 100 m Bohrtiefe inkl. Umkleidegebäude - monovalent - | Max. Wärmeeintrag Ohne Regeneration - bivalent - | Max. Wärmeeintrag Ohne Regeneration - monovalent - |
| Heizarbeit [MWh/a] | 262,3 | 262,3 | 262,3 | 317,3 | 262,3 | 262,3 |
| Regeneration [MWh/a] | 183,6 | 183,6 | 183,6 | 221,0 | 0 | 0 |
| Wärmelast [kW] | 450 | 450 | 200 | 450 | 250 | 450 |
| Vollbenutzungsstunden Heizen [h/a] | ca. 580 | ca. 580 | ca. 1.310 | ca. 700 | ca. 1.050 | ca. 580 |
| Sondenanzahl [Stck] | 90 | 336 | 49 | 92 | 92 | - |
| Sondenlänge [m] / Kollektorfläche [m ²] | 100 | 28 | 100 | 100 | 100 | 12.903 |
| Summe Sondenmeter [m] | 9.000 | 9.408 | 4.900 | 9.200 | 9.200 | - |

6.5 Ökonomische Betrachtung

Im Rahmen der geothermischen Energieplanung spielt die ökonomische Perspektive eine entscheidende Rolle. Die sieben vorgestellten Varianten zur Nutzung von Erdwärme durch unterschiedliche geothermische Anlagen werden nun einer ökonomischen Betrachtung unterzogen. Die folgende Abbildung 38 zeigt die Investitionskosten sowie die jährlichen Betriebskosten jeder Variante.

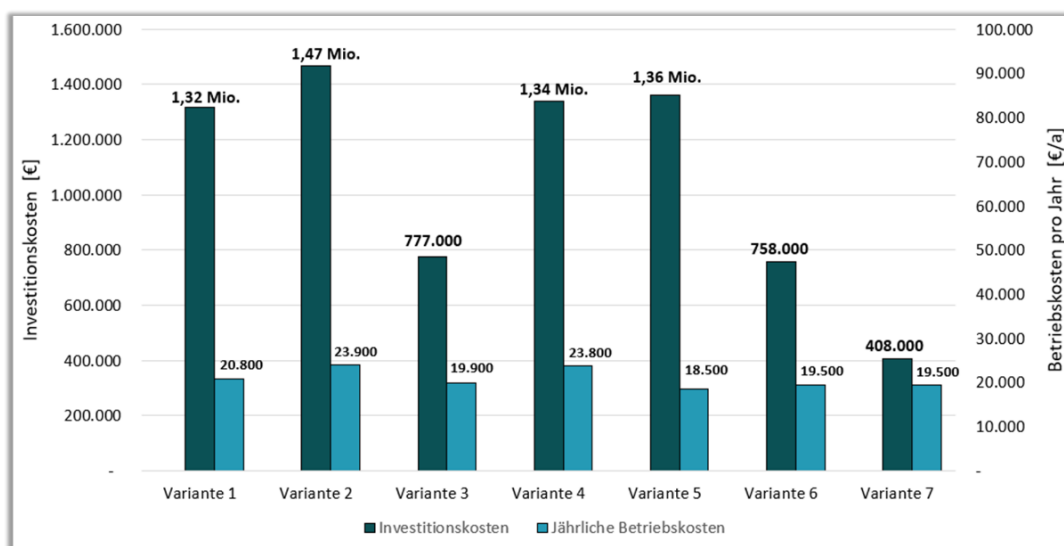


Abbildung 38: Kostenvergleich der Varianten

Die Gesamtinvestitionskosten der Varianten 1 bis 5 setzen sich aus den Investitionskosten der Erdwärmesonden, der Sole/Wasser-Wärmepumpe, des zentralen Pufferspeichers, der Wärmeübergabestation sowie der MSR-Technik zusammen. Bei den Varianten 6 und 7 sind die Gesamtinvestitionskosten der Erdwärmekollektoren analog zusammengesetzt, nur mit dem Unterschied, dass hier die Investitionskosten für Erdarbeiten inklusiv und exklusiv betrachtet wurden.

Die Jahresbetriebskosten der Varianten setzen sich aus den Stromkosten zusammen, die durch den Betrieb von Wärmepumpen ausgehen.

7 Bewertung Klimarelevanz

Investitionskosten

Die erste Variante hat mit einer Investitionssumme von rund 1,32 Mio.€ ähnliche Investitionskosten wie die vierte Variante mit ca. 1,34 Mio.€. Die höchsten Investitionskosten ergeben sich mit der zweiten Variante. Die Kosten liegen hier bei rund 1,47 Mio.€. Auffällig ist die dritte, bivalente Variante mit den niedrigsten Investitionskosten für Erdwärmesondenanlagen. Diese belaufen sich auf ca. 770.000 €. Die fünfte Variante weist mit ca. 1,36 Mio.€ die zweithöchsten Investitionskosten auf. Im Vergleich mit allen anderen Varianten weisen die geothermischen Varianten mit den Erdkollektoren die niedrigsten Gesamtinvestitionskosten auf. Diese belaufen sich bei der sechsten Variante auf rund 758.000 € und bei der siebten Variante aufgrund der fehlenden Erdarbeiten auf ca. 408.000 €.

Betriebskosten

Die Betriebskosten der jeweiligen Varianten sind nahezu auf einem ähnlichen Level. Die zweite und vierte Variante weist mit 23.900 €/a die höchsten Betriebskosten auf, wohingegen die fünfte Variante mit 18.500 €/a die niedrigsten jährlichen Betriebskosten hat. Die Betriebskosten der anderen Varianten liegen in einem Bereich zwischen 19.500 und 20.800 €/a wobei Variante 6 und 7 Betriebskosten in Höhe von rund 19.500 €/a haben, Variante 3 hat 19.900 €/a und Variante 1 hat 20.800 €/a.

7 Bewertung Klimarelevanz

Eine echte Nachhaltigkeitsbewertung der Wärmeversorgung des Trainingsgeländes, die eine Analyse der Aspekte Ökologie, Ökonomie und Soziales umfasst ist auf der Basis dieser Studie nicht möglich. Seitens der DFL werden aber die Anforderungen in diese Richtung weiter verschärft werden (DFL 2, 2022). Um anhand des CO₂-Fussabdrucks für den Betrieb des Trainingsgeländes eine erste Bewertung der Klimaneutralität zu ermöglichen, wurden die ermittelten Energiebedarfsmengen der entwickelten Konzeptvarianten bilanziert und bewertet. Eine detaillierte Planung und Auslegung jeglicher Systeme ist aber im Vorfeld einer Projektierung in jedem Fall notwendig, so dass die vorliegende Bewertung lediglich die betrachteten Varianten untereinander vergleichbar macht.

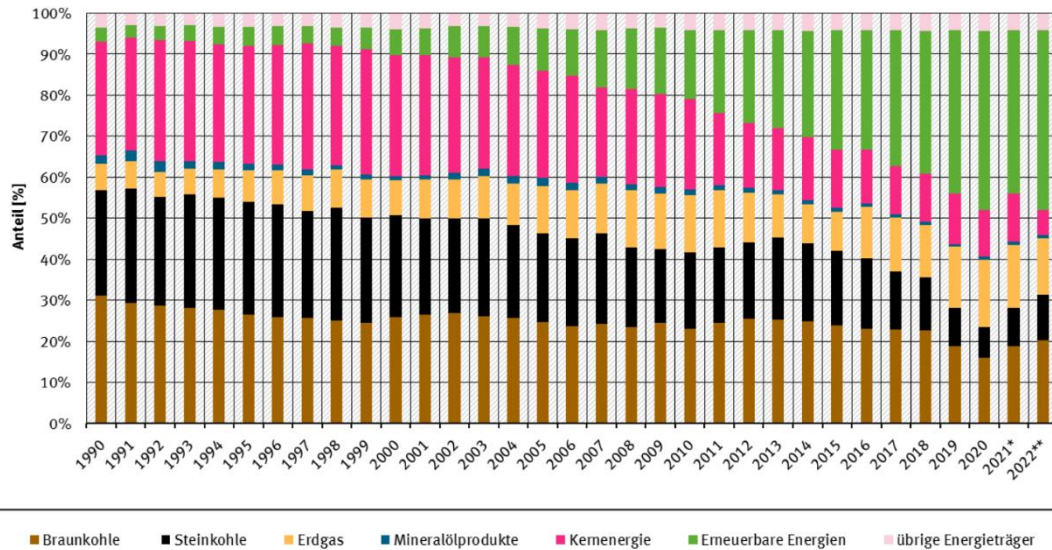
7.1 Energiequellen und Emissionen

Energieträger

Der Status Quo (Variante Bestand) der Rasenheizung wird durch den mit fossilem Öl betriebenen Kessel beschrieben, der bezüglich Klimaneutralität und Nachhaltigkeit im Vergleich zu Systemen mit erneuerbaren Energien deutlich schlechter bewertet werden muss. Dieser Kessel ist im Winter 23/24 erstmals in Betrieb gegangen. Ein auf Erdgas basierendes System, wie z.B. die eingeplante Reservelast seitens des Schinkelbads, weist seitens der Klimabilanz niedrigere Emissionswerte auf, vgl. Tabelle 2. Als Variante 9 ist diese Versorgung mit dargestellt, um einen Vergleich der zurzeit gängigen Versorgungssysteme abzubilden.

7 Bewertung Klimarelevanz

Für alle betrachteten Versorgungsvarianten, die mit Wärmepumpen betrieben werden (Kopplung Luft oder Erdreich), muss der externe Strombezug bewertet werden. Dazu sei auf die Entwicklung im deutschen Strommix verwiesen, der seit über 20 Jahren erheblich an regenerativen Stromerzeugern zugelegt hat, sodass bilanziell mittlerweile ca. 50 % des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen stammen, vgl. Abbildung 39. Nicht zu vergessen ist dabei, dass erhebliche Mengen der elektrischen Energie nicht in der „Rasenheizperiode“, sondern im Sommer erzeugt werden. Eine zeitabhängige Bewertung mit Speicherung des Stroms o.ä. kann an dieser Stelle nicht berücksichtigt werden. Wird Strom aus erneuerbaren Energiequellen genutzt (Grünstrom aus Windkraft, Photovoltaik oder Bio-gas BHKW), so kann eine Energieversorgung bilanziell sehr geringe Emissionswerte verur-



* vorläufige Zahlen z.T. geschätzt, ** einschließlich Netzverluste und Eigenverbrauch

Abbildung 39: Entwicklung des Anteils der Energieträger im deutschen Strommix (Umwelt Bundesamt, 2023)

sachen, ohne dass die Erzeugungsanlagen direkt an Ort und Stelle stehen. Eine exakte Bewertung der Emissionen ist aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge in keinem Fall möglich, aber eine realistische Einordnung der Klimarelevanz soll anhand der emittierten CO₂-Äquivalente erfolgen.

Die untersuchten Versorgungsvarianten nutzen je nach Konzept verschiedene Energieträger und Anlagentechniken. Nicht nur die fossilen Energieträger selbst verursachen klimaktive Emissionen z.B. durch Verbrennung. Im Sinne einer Lebenszyklus-Analyse (LCA) werden durch Herstellung, Transport, Betrieb und Entsorgung relevante Emissionen verursacht. Als Bewertungsmaßstab werden die äquivalenten CO₂-Emissionen in g CO₂e angegeben, dabei wird die Klimaaktivität der verursachten Emissionen, wie z.B. Methan oder andere Stoffe, auf das Maß der Wirksamkeit des CO₂ umgerechnet, um ein einheitliches Maß anzulegen.

Um über eine vereinfachte Sichtweise, die nur den Anlagenbetrieb selbst bilanziert, hinauszugehen, werden zur Bewertung der Konzepte und des Status Quo Emissionsfaktoren aus Datenbank *ecoinvent* herangezogen (*ecoinvent, 2023*). Wichtig ist zu erwähnen, dass aufgrund des Projektumfangs nicht alle Prozesse und Wadlungsketten individuell den tatsächlichen Dimensionierungen und Anlagenkonzeptionen angepasst werden konnten. Vielmehr handelt es sich um zugrunde gelegte, typische Konzepte, die zum Vergleich herangezogen wurden. Dennoch ist es sinnvoll, auch wenn es in ersten Linie um eine relative Bewertung der technischen Lösungswege untereinander geht, die vorgelagerten Ketten

CO₂-Fußabdruck

7 Bewertung Klimarelevanz

sowie Betrieb und Entsorgung von Anlagen und Energieträgern in die Bewertung durch den CO₂-Fußabdruck einzubeziehen.²

In Tabelle 2 ist klar zu sehen, wie hoch die Emissionen der fossil betriebenen Systeme mit Gas oder Erdöl sind. Sie liegen mit 277 bis 371g CO₂e/kWh in Bezug auf die genutzte Wärmemenge um ein Vielfaches über den Systemen mit Erneuerbaren Energien (EE). Aber durch die umfassende Betrachtung des Lebenszyklus sind auch Solarthermische Anlagen mit Emissionen behaftet, z.B. durch Rohstoffgewinnung, Produktion und Transport. Ebenso sind die Strommengen, die z.B. für den Betrieb von Wärmepumpen benötigt werden, für eine Betrachtung zu bilanzieren. Strom aus Photovoltaik ist im Schnitt mit 27g und aus Windkraftanlagen mit 9 g CO₂e/kWh belastet. Für einen Grünstrom aus EE wird für die Bilanzierung gemäß einer typischen Zusammensetzung von 1/3 Solarstrom und 2/3 Windstrom ein Mittelwert von 13,5g CO₂e/kWh angenommen. Bezugsgröße für die Emissionen ist hier aber die eingesetzte Strommenge. Durch die Nutzung von Wärmepumpen, um mit Hilfe von Strom erneuerbare Wärme aus dem Erdreich nutzen zu können, muss ebenfalls die Wärmepumpe an sich mitberücksichtigt werden. Die in der Tabelle angesetzten Werte für anlagenbedingte Emissionen der Wärmepumpensysteme (luft- bzw. erdgekoppelt) sind auf die genutzte Wärmemenge zu beziehen.

Tabelle 2: Äquivalente CO₂-Emissionsfaktoren gemäß ecoinvent (ecoinvent, 2023) für Wärmebezug aus verschiedenen Quellen

| Anlagensystem | Quelle | CO ₂ Äquivalent g CO ₂ e/kWh |
|---|-----------------------|---|
| Brenner, wie bestehender Mietcontainer | Erdöl | 371 |
| Erdgaskessel, wie Spitzenlast Schinkelbad | Erdgas | 277 |
| EWS-Wärmepumpe mit Strommix (2022) mit Grünstrom | Erdsonde; JAZ 4,5 | 125 30 |
| EWK-Wärmepumpe mit Strommix (2022) mit Grünstrom | Erdkollektor; JAZ 4,0 | 138 31 |
| Luft Wärmepumpe mit Strommix (2022) mit Grünstrom | Außenluft; JAZ 2,5 | 202 31 |
| verwendete Referenzwerte (Bezug eingesetzte Strommenge) | | |
| Strommix Deutschland, 2022 | 50% EE | 442 |
| Grünstrom, (2/3 Wind, 1/3 PV) | Strom 100% EE | 14 |
| Photovoltaik (PV) | Strom 100% EE | 27 |
| Windkraft | Strom 100% EE | 9 |
| Emissionen Lebenszyklus der Wärmepumpeneinsatz (Bezug Nutzwärmemenge) | | |
| Luftwärmepumpe | Lebenszyklus Anlage | 25 |
| Wasser-Wasser Wärmepumpe | Lebenszyklus Anlage | 27 |

² ecoinvent Datenrecherche der äquivalenten CO₂-Faktoren in Zusammenarbeit mit Matthias Heiker, M.Sc., Hochschule Osnabrück

7.2 Bewertung der Konzeptvarianten

Anhand der entwickelten spezifischen Kennwerte können die Versorgungsvarianten bezüglich der Klimarelevanz bewertet werden. Dazu werden jeweils anhand der vorab ermittelten Energie- und Wärmemengen die Emissionen addiert und zusammengestellt. Bei dieser Einordnung ist zu bemerken, dass sowohl bei der Entwicklung der dargestellten Varianten als auch bei der Ableitung der spezifischen Emissionswerte grobe technische Abschätzungen zugrunde liegen, die dazu dienen sollen, geeignete günstige Versorgungsoptionen zu identifizieren und zu vergleichen. In der Phase eines weiterführenden Entscheidungsprozesses und einer Projektierung müssen die technische Konzeption und Anlagendimensionierung sowie die Ermittlung der Emissionswerte weiter konkretisiert, detailliert und geprüft werden.

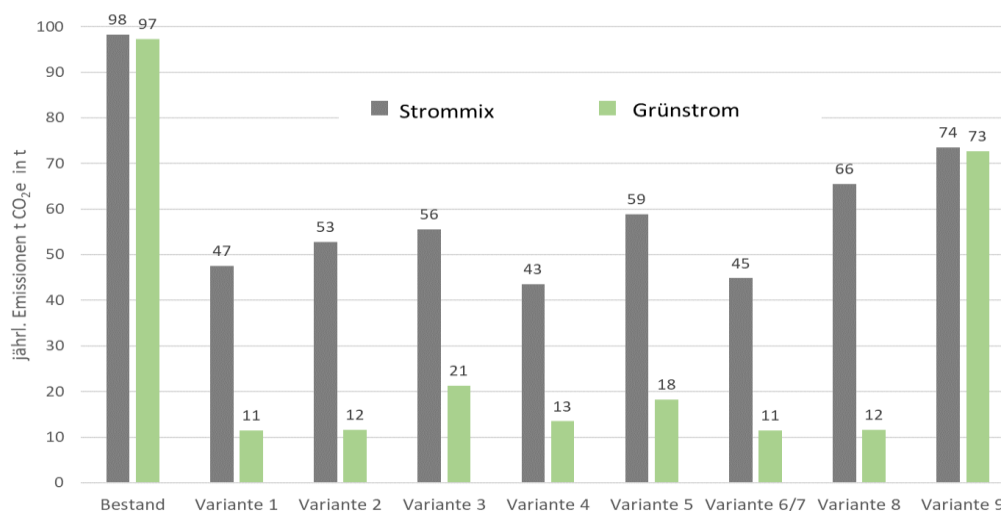


Abbildung 40: Darstellung der kumulierten äquivalenten CO₂ Emissionen in t CO₂e für die betrachteten Varianten

Für die betrachteten Varianten stellt Abbildung 40 die resultierenden, äquivalenten CO₂-Emissionen anhand der Bewertung nach ecoinvent samt vorgelagerter Ketten dar (ecoinvent, 2023). Um die Ergebnisse transparent in Bezug auf Klimarelevanz beurteilen zu können, sind für die Versorgungsvarianten 1-9 die Werte als Summe jeweils bei unterschiedlichem Strombezug aufgeführt (Strommix und Grünstrom). Die beiden rechten Spalten zeigen also die kumulierten Werte für die Emissionen der Anlagen ggf. für den Brennstoff und den jeweiligen Stromeinsatz der Wärmepumpen bzw. sonstigen Anlagen. Zum Vergleich sind noch die Varianten Bestand Öl-Kessel und eine Variante 9 mit reinem Gaskesselbetrieb, z.B. Versorgung aus dem Schinkelbad, dokumentiert.

Wie zu erwarten, schneiden die Varianten mit fossilem Öl oder Erdgas mit 97 (98) bzw. 73 (74) t CO₂e mit den höchsten Werten ab, wobei kaum ein Unterschied zwischen Einsatz von Strommix oder Grünstromeinsatz zu erkennen ist. In Klammern sind die Werte für den deutschen Strommix angegeben. Die Konzepte mit Wärmepumpen zeigen auch bei Nutzung des Strommix deutlich geringere Emissionswerte zwischen 40 und 62 t CO₂e. Erst beim Einsatz von Grünstrom ist eine deutliche Reduzierung auf Werte von 11 bis 21 t CO₂e zu verzeichnen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Nutzung von Umweltwärme aus Luft oder Erdreich zwar die Emissionen gegenüber dem fossilen System deutlich verringern. Allerdings ist erst durch den Einsatz von Grünstrom eine deutliche Verringerung auf zu erreichen.

8 Fazit

Tabelle 3 zeigt die zugrunde gelegten Wärmemengen und Kenndaten mit einer Übersicht der betrachteten Versorgungsvarianten als Nachweis für die Gesamtemissionen.

Tabelle 3: Übersicht der jährlichen, äquivalenten CO₂-Emissionen für die verschiedenen Konzeptvarianten im Vergleich, jeweils als Gesamtemissionen für Strommix oder Grünstrom (zwei letzten Spalten rechts)

| Variante | Anlagensystem | Betriebsweise | Wärme MWh/a | Gasspitzenl. ca. in % | Gas/Öl | Gesamtemissionen | |
|--------------|--|---------------------------------|----------------|--------------------------|--------|---------------------------------|-----------|
| | | | | | | Strommix t CO ₂ e | Grünstrom |
| Bestand | Ölkessel, Bestand 2 MW | monovalent | 262,3 | | 97,3 | 98 | 97 |
| Variante 1 | 90 Sonden a 100m 450 kW, JAZ = 4,5 | monovalent, mit Regeneration | 262,3 | 5 | 3,6 | 47 | 11 |
| Variante 2 | 336 Sonden a 28m 450 kW, JAZ = 4,5 | monovalent, mit Regeneration | 262,3 | 5 | 3,6 | 53 | 12 |
| Variante 3 | 49 Sonden a 100m 200 kW, JAZ = 4,5 | bivalent, mit Regeneration | 262,3 | 20 | 14,5 | 56 | 21 |
| Variante 4 | 92 Sonden a 100m 450 kW, JAZ = 4,5 | monovalent, mit Regeneration | 317,3 | 5 | 4,4 | 43 | 13 |
| Variante 5 | 92 Sonden a 100m 250 kW, JAZ = 4,5 | bivalent, ohne Regeneration | 262,3 | 15 | 10,9 | 59 | 18 |
| Variante 6/7 | 13.000m ² Erdkollektor 450 kW, JAZ = 4,0 | monovalent | 262,3 | 5 | 3,6 | 45 | 11 |
| Variante 8 | Luft-Wärmepumpe 450 kW, JAZ=2,5 | monovalent | 262,3 | 5 | 3,6 | 66 | 12 |
| Variante 9 | Gaskessel, Schinkelbad | monovalent | 262,3 | 100 | 72,7 | 74 | 73 |

8 Fazit

Ein eindeutiges Fazit und eine Empfehlung für ein konkretes Versorgungskonzept ist nicht direkt auszusprechen. Folgende Punkte sind auf Basis der vorliegenden Betrachtungen als wichtige Faktoren für eine wirtschaftlich sinnvolle und klimaschonende Versorgung vor allem der Rasenheizung am Schinkelberg zu beachten.

- Das Fehlen von dokumentierten Erfahrungen und Messdaten (Zeitreihen, Verbrauchsdaten) bei vielen Vereinen macht eine fundierte Planung auch im Sinne der Ressourcenschonung sehr schwierig. Der aktuelle Betrieb der Rasenheizung am Schinkelberg sollte zügig mittels Datenloggern aufgezeichnet werden, um für jegliche Lösungen eine verlässliche, individuelle und valide Grundlage zu ermöglichen. Offensichtlich ist aber auch, dass in besonders kalten Wintern, ein prognostizierter Bedarf, unabhängig von der Intensität der Beheizung und Planung durchaus um mehr als den Faktor 6 übertroffen werden kann.
- Seitens des VfL sollte diskutiert und festgelegt werden, wie intensiv die Nutzung des Geländes in den Wintermonaten sein soll. Vor der Entscheidung für ein Konzept zur umweltschonenden Beheizung sollten relevante Punkte zur Minimierung des Energiebedarfs festgelegt werden, wie z.B. Ausweichkonzepte und Maßnahmen bei starker Belastung bzw. extremen Wetterlagen. Die tatsächliche Regeneration des Rasens und die Verschlechterung der Platzqualität durch den Trainingsbetrieb kann nicht im Vorfeld berechnet werden, so dass der Erfolg einer Beheizung ggf. auch eine Belichtung ebenfalls nicht messbar vorhersagbar ist. Ist ein optimale Beispielbarkeit und Regeneration notwendig, oder ist es ausreichend nur in extremen Winterphasen den Platz

frostfrei zu halten bzw. nur in ausgewählten Perioden stärker zu beheizen. Die Überlegungen betreffen schlussendlich auch wirtschaftliche Belange, wie die Aufteilung und Struktur der Investitions- und Betriebskosten.

- Besonders nachhaltig angelegte Konzepte, die Umweltwärme und Wärmepumpentechnik nutzen, sind insbesondere in Bezug auf die Temperaturen der Wärmequelle und der benötigten Nutzwärme sorgfältig zu konzeptionieren. Eine solide Planung in Kombination mit einem abgestimmten Regelkonzept für den Heizbetrieb sind aus besagten Gründen nicht nur entscheidend für die Qualität des Trainingsplatzes, sondern auch für die Effektivität und Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage.
- Kann das thermische Verhalten der Rasenfläche besser beschrieben werden (Vergleichskonzepte und Messdaten), so ergibt sich ein klareres Bild zur Aufheizcharakteristik, Wetterreaktion und zu anderen zeitlichen Abhängigkeiten. Nur dann kann ein optimiertes Regelkonzept erstellt und umgesetzt werden, z.B. kurze intensive Aufheizphasen im Vergleich zur langfristigen Temperierung auf niedrigerem Temperatur- und Wärmeleistungsniveau. Die festgestellte, noch häufig anzutreffende Handsteuerung der Heizung ist fehleranfällig, kann zu Rasenschädigungen und unnötig hohen Betriebskosten führen.
- Auch im Vorfeld einer so langfristigen und richtungsweisenden Entscheidung sollten alle Beteiligten gemeinsam Anspruch, Perspektiv und Ziel diskutieren, um das beste, umsetzbare Konzept zu finden. Die Recherchen haben gezeigt, dass deutschlandweit in Stadien und auf Trainingsgeländen nur sehr selten eine Transparenz bzgl. der Notwendigkeiten, Zuständigkeiten und Konsequenzen beim Betrieb der Heizungsanlage besteht. Nicht nur Greenkeeper, Sportler, Verantwortliche und Facility Manager sind hier auf eine gute Zusammenarbeit angewiesen.
- Das weitere Feld einer potenziellen Kühlung der Rasenfläche mittels der Rasenheizungsrohre kann nur qualitativ umrissen werden. Vorteile wären die Stärkung der Pflanze an sich, Verringerung der Schädigung in Hitzeperioden, Reduktion der notwendigen Bewässerung durch Taubildung und eine mögliche Regeneration eines Erdwärmesondenfelds.
- Auch wenn der Wärmebedarf für den Betrieb der Rasenheizung für sich groß ist, so muss die Versorgung auch auf dem Hintergrund der ab 2024 verpflichtend einzuführenden kommunalen Wärmeplanung gesehen werden. Dies gilt im besonderen Maße für den Schinkelberg. Mit dem von den Stadtwerken betriebenen Schinkelbad, industriellen Abwärmeequellen und einer angrenzenden, städtischen Wohnbebauung sind hier viele Synergien zu sehen, die eine Wärmeverbundlösung mit einem verbindenden Wärmenetz sinnvoll erscheinen lassen. Ein sogenanntes kaltes Nahwärmenetz kann bei intelligenter Konzeption sowohl im Sommer als auch im Winter einerseits technisch als auch wirtschaftliche Lösungen für alle Beteiligten bieten. Vor diesem Hintergrund ist die sehr spezifische Nutzungscharakteristik der Rasenheizung eher ein Baustein als ein grundlegender Versorgungsinfrastruktur-Startpunkt zu sehen. Aber gerade die Geothermie birgt aufgrund der Chance auf eine kurzfristige Nutzung der Bauphase am Schinkelberg eine Vielzahl an Möglichkeiten. Der VfL sollte frühzeitig eine Abstimmung mit der Stadt Osnabrück und den Stadtwerken suchen.
- Schaut man auf die Prognosen der verursachten CO₂-Emissionen, so ist sowohl der Status Quo (Ölheizung) als auch eine alternative Beheizung mit Gas (Schinkelbad) aufgrund der Brennstoffe auszuschließen. Der aktuelle Strommix (50%EE) als Antriebsenergie für Wärmepumpen könnte durch den Anteil an Kohle- und Gasstrom je nach Variante die Emissionen im Vergleich zum Status Quo nur um 35 bis maximal

50% senken. Nur der Einsatz von echtem Grünstrom lässt alle Wärmepumpenlösungen auf 11 bis 21 t CO₂e (von Öl bei 98 bzw. Gas bei 74 tCO₂e) sinken. Damit verbleibt eine Wärmepumpenlösung als grundsätzliche Empfehlung der betrachteten Varianten für die Beheizung am Schinkelberg. Für die Auswahl der Wärmequelle müssen weitere Aspekte bewertet werden.

- Eine geothermische Brunnenanlage wird aufgrund von komplexen hydrogeologischen Verhältnissen nicht empfohlen. Einerseits lässt sich die Ergiebigkeit kaum abschätzen, andererseits ist genehmigungsrechtlich die Nähe zum Trinkwasserbrunnen des Schinkelbads kritisch zu bewerten.
- Für Erdwärmesonden zeigen sich voraussichtlich geeignete, geologische Bedingungen und genehmigungsrechtlich keine Hinderungsgründe, aber Auflagen die zu berücksichtigen sind. Die maximal mögliche Bohrtiefe ist über Erkundungsbohrungen zu ermitteln. In dem Zuge wird auch die komplexe Geologie verifiziert und das Bohrrisiko kann abgeschätzt werden. Auf dem geplanten Trainingsplatz (2. BA) kann grundsätzlich ein Erdwärmesondenfeld mit einer entsprechenden Anzahl von Erdbohrungen hergestellt werden. Die Varianten der Erdwärmesonden haben im Rahmen der ökonomischen Betrachtung ein höheres Investitionsvolumen.
- Alternativ zu den Erdwärmesonden könnte auf dem geplanten Trainingsplatz ein oberflächennaher Erdwärmekollektor installiert werden. Dieser hat im Vergleich zum Erdwärmesondenfeld ein geringeres Potential zur Rasenkühlung und kommt auf Grund geringerer Erdreichtemperaturen nicht ganz an die Anlageneffizienz einer Erdwärmesondenanlage heran. Dafür ist er verhältnismäßig einfach herzustellen, was zu relativ geringen Investitionskosten führt. Hier bietet sich im Fall des Schinkelbergs die Möglichkeit Synergien mit dem Tiefbau der Sportstätte zu nutzen. Auf tiefe Leitungsgräben kann hier vermutlich verzichtet werden. Stattdessen bietet sich das Potential den Flächenkollektor in den Unterbau des Sportplatzes zu integrieren, was den Aufwand durch „Sowiesokosten“ fast halbiert.
- Eine Versorgungslösung ohne Kopplung an das Erdreich als Luft-Wärmepumpe würde den geringsten technischen und baulichen Aufwand bedeuten. Die zu erwartenden, vergleichsweise geringen Investitionskosten bedeuten allerdings auch eine Verschiebung zu deutlich höheren Stromverbrauchswerten und Betriebskosten. Durch die direkte Kopplung an die Außenluft fehlt die Speicherwirkung des Erdreichs und das System kann nicht so effizient arbeiten.
- Da der Spielbetrieb und damit Bedarf, die Regelungsstrategie, Spitzenleistungen, Wärmemengenverteilungen und nötige Temperaturniveaus bislang noch nicht spezifiziert sind, wurden Annahmen getroffen. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich um eine Ersteinschätzung und Vordimensionierung im Rahmen einer Machbarkeitsstudie handelt, welche keine Ausführungsreife hat. Ungeachtet weiterer Planungsphasen, sollte vorerst davon ausgegangen werden, dass zumindest in den ersten beiden Betriebsjahren, ergänzend zur Geothermie eine Spitzenlastanlage (ggf. Ölkessel oder Anschluss Schinkelbad) vorgesehen werden sollte, um die Betriebssicherheit zu gewährleisten.

9 Übertragbarkeit auf andere Standorte

Die Entwicklung des klimaschonenden Versorgungskonzeptes wurde anhand der Anforderungen und Voraussetzungen des Trainingsgeländes des VfL Osnabrück am Schinkelberg erstellt. Die angestellten Recherchen haben aber gezeigt, dass es sowohl auf dem Gebiet der Datengrundlagen und Nutzungsanforderungen als auch für die Konzeption und Dimensionierung der technischen Anlagen wenig Erfahrungen und übertragbare Planungsansätze gibt. Dies mag einerseits an der begrenzten Anzahl von Profivereinen liegen, andererseits erscheint die Notwendigkeit sowohl ökologisch als auch ökonomisch zukunftsfähige Konzepte zu entwickeln und umzusetzen, erst in der letzten Zeit erkannt zu werden.

Die Nachfragen bei Vereinen und Errichtern/Planern von Sportstätten zeigte, dass es bisher eine geringe Verfügbarkeit an transparenten Daten zum Betrieb der Anlagen gibt, dies betrifft vor allem auch die energieintensive Rasenheizung. Eine strukturierte Beschreibung der Nutzungsanforderungen und solide Grundlage an Erfahrungswerten und transparenten Messdaten der realen Betriebsparameter würde die Erstellung eines effizienten Versorgungskonzeptes mit erneuerbaren oder klimaschonenden Energiequellen ermöglichen. Dazu trägt die vorliegende Analyse samt Schlussfolgerungen bei.

9.1 Nutzung und Grundlagen

Im Kapitel 2 und 4 wurde die Art und die Intensität der Nutzung im Zusammenhang mit der notwendigen Regenerationsfähigkeit der Rasenfläche diskutiert und dargestellt. Hier sind viele Varianten zwischen dem reinen, sporadischen Spieltagsbetrieb und der täglichen intensiven Nutzung als Trainingsplatz möglich. Diese Anforderungen sind für den tatsächlichen Energiebedarf im Betrieb ebenso prägend wie das reale Wettergeschehen. Jeder Verein, der über eine Sicherung der Wärmeversorgung (vornehmlich der Rasenheizung) nachdenkt, muss sich die erörterten Fragen stellen und sich über die dargestellten Konsequenzen für die Anlagentechnik bzw. die resultierenden Kostenfaktoren im Klaren sein. Die aufgeworfenen Fragen sind grundlegend übertragbar auf andere Vereine und Standorte.

Leider ist in der Regel nicht von einer transparenten Datenlage bezüglich tatsächlicher Messwerte der Boden- und Anlagenparameter für eine individuelle Anlagendimensionierung auszugehen. Die fehlende Auslegungsroutine für eine konkrete, spezifische Dimensionierung einer Rasenheizung macht eine Konzeption und einen Variantenvergleich verschiedener Techniken und Wärmequellen sehr schwer.

Besonders Kapitel 3 zum Betrieb von Rasenspielstätten zeigt allgemein die Grundlagen, Eigenschaften und die Struktur des Energiebedarfs von Rasenheizungen auf. Anhand der Rechercheergebnisse wurden verschiedene Regelungskonzepte im Rahmen der vorhandenen Informationen gegenübergestellt (Automatik bis Handregelung). Aufgrund der geringen Basis aus tatsächlichen Betriebsdaten musste die Darstellung vorwiegend qualitativ ausfallen. Dabei ist diese aber grundsätzlich auf andere Standorte übertragbar. Insbesondere der Vergleich der Jahreswärmebedarfe im Zusammenhang mit Informationen zum Regelkonzept lässt eine Einordnung weiterer Standorte zu. Somit ist ein Einstieg in die erste Konzeptionsphase für neue Projekte zur Wärmeversorgung von Spielstätten damit erleichtert.

9.2 Energiequellen und technisches Anlagenkonzept

Bevor die Deckung des Wärmebedarfs anhand verschiedener Quellen und Anlagentechniken konkretisiert wird, sollte die Bedarfssituation möglichst genau abgestimmt und gefasst sein. Die Anlagentechnik der Rasenheizung selbst gehört mittlerweile zum Standard und ist wie in Kapitel 3.2 grundsätzlich beschrieben nur geringen Variationen unterworfen.

Für viele niederkalorische Umweltenergiequellen oder auch Abwärme ist die Wärmepumpentechnik eine Möglichkeit der effizienten Nutzung, diese ist in Kapitel 5 im Grundsatz beschrieben. Für die vorliegende Fragestellung zum Trainingsgelände Schinkelberg wurde verschiedene alternative Energiequellen bewertet und umrissen. Die auch für viele andere als energetisch günstig zu bewertende Möglichkeit der geothermischen Kopplung von Wärmepumpen wurde in der Anwendung am Schinkelberg vergleichsweise detailliert analysiert. Bis auf die Eigenschaften des tatsächlich vor Ort vorhandenen Aufbaus im Erdreich und dessen Eigenschaften sind die Betrachtungen und Bewertungen der Anlagenstruktur und deren Nutzung für eine Rasenheizung auch übertragbar auf andere Standorte. Ebenso wie die Außenluft stellt sich die Geothermie (Nutzung Grundwasser, Sonden oder Erdkollektoren) in Verbindung mit einer Wärmepumpe als eine der grundsätzlichen Versorgungssysteme dar, die für den klimaschonenden Betrieb einer Rasenheizung in Frage kommen. Da ein allgemeiner Kostenvergleich ohne direkten Bezug zu Anlagendimensionen und -größen schwer und unspezifisch ist, wurden dieser anhand der entwickelten Anlagenkonzepte für den Schinkelberg angestellt. Mit gewissen Einschränkungen sind aber auch hier Aussagen zum allgemeinen Kostenverhältnis für weitere Anwendungsfälle möglich.

Abschließend wurde für die verglichenen Gesamtsysteme eine Bewertung anhand der klimarelevanten Gesamtemissionen (äquivalente CO₂-Emissionen) über den Lebenszyklus (Bau, Betrieb und Rückbau aller Bestandteile) angestellt. Diese steht in Abhängigkeit vom eingesetzten Strom, wie Strommix oder Grünstrom, und kann sicher in gewissen Grenzen auch als typisch und übertragbar auf andere Projekte angesehen werden.

Allgemein stellt dieser Bericht einen umfassenden Überblick über den Stand der Grundlagen zur Bedarfsbestimmung und darauffolgenden Konzeptentwicklung einer Wärmeversorgung dar. Die analysierende Darstellung verschiedener Bedarfsszenarien und Versorgungskonzepte kann mit Einschränkungen z.B. bezüglich der tatsächlichen, lokalen Gegebenheiten auf andere Standorte übertragen werden. Damit ist der Prozess hin zu einem klimaschonenden Betrieb einer Rasenspielstätte sicher zu beschleunigen.

10 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Blau-Weiß, G. V. (9. September 2023). (C. Dittrich, Interviewer)
Bundesverband Geothermie e.V. (8. Dezember 2023). Von <https://www.geothermie.de/aktuelles/nachrichten.html> abgerufen
- DFB. (1. Juli 2023). *Statut 3.Liga*. Abgerufen am 16. November 2023 von https://www.dfb.de/fileadmin/_dfbdam/286972-Statut_3Liga.pdf
- DFL 1. (2022). *Qualitätssicherung für Stadionrasen*. Frankfurt: DFL Deutsche Fußball Liga GmbH.
- DFL 2. (31. Mai 2022). *Anhang XIV: Nachhaltigkeitsrichtlinie*. Abgerufen am 14. November 2023 von <https://media.dfl.de/sites/2/2022/06/Anhang-XIV-zur-LO-2022-05-31-Stand.pdf>
- DFL 3. (22. Mai 2022). *Nachhaltigkeitskriterien zur Lizenzierung*. Abgerufen am 14. November 2023 von Clubs der Bundesliga und 2. Bundesliga beschließen erstmals Nachhaltigkeitskriterien für Lizenzierungsordnung: <https://www.dfl.de/de/aktuelles/clubs-der-bundesliga-und-2-bundesliga-beschliessen-erstmals-nachhaltigkeitskriterien-fuer-lizenzierungsordnung/>
- ecoinvent. (7. Dezember 2023). Version 3.9.
- Eikmeyer, C. (13. Oktober 2023). *heiler Sportstätten GmbH*. (C. Waldhoff, Interviewer)
- Focus. (8. Juli 2022). *Focus online*. Abgerufen am 14. November 2023 von https://www.focus.de/sport/fussball/bundesliga1/2000-liter-oesl-am-tag-ex-bundesliga-boss-rechnet-unfassbaren-energie-verbrauch-im-fussball-vor_id_112667230.html
- Genath, Bernd. (27. Dezember 2022). Bullern bei Schnee das falsche Konzept. *Heizungsjournal*, https://www.heizungsjournal.de/bullern-bei-schnee-das-falsche-konzept_19323?nl=1.
- Grimm, M. (Oktober 2023). (C. Dittrich, Interviewer)
- Grün-Weiß, G. V. (November 2023). (C. Dittrich, Interviewer)
- Gürnth, R. (20. November 2020). *So nachhaltig ist die Bundesliga*. Abgerufen am 14. November 2023 von www.geheimtippstuttgart.de: <https://geheimtippstuttgart.de/so-nachhaltig-ist-die-bundesliga/>
- Hauert Rasenblog. (24. Februar 2020). *Die Rasenwurzel – die Grundlage eines gesunden Rasens*. (H. H. AG, Herausgeber) Abgerufen am 17. November 2023 von Hauert Rasenblog: <https://www.rasen-blog.com/blog/rasen-wurzel/>
- heiler GmbH. (2023). Abgerufen am 14. November 2023 von Naturrasenplatz mit Rasenheizung für den VfL Osnabrück: <https://www.heiler-sport.de/de/projekte/vfl-osnabrueck.html>
- Henkel, C. (24. November 2023). Fachgespräch zum Thema Einsatz Luft-Wasser-Wärmepumpen, Carrier Klimatechnik GmbH. (C. Waldhoff, Interviewer)
- IFS. (4. August 2022). *Betriebskonzept für das Trainingsgelände Auf dem Schinkelberg*. Gerrit Binz.
- Jensen, Holger et al. LBEG. (2022). *Leitfaden Erdwärmenutzung*. LBEG Niedersachsen. Hannover: https://nibis.lbeg.de/DOI/dateien/GB_24_Text_2_2022_web.pdf.
- LBEG. (Dezember. 2023 2023). *NIBIS Kartenserver*. Abgerufen am 8 von <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>
- Müller-Beck, D. K. (Februar 2020). <https://www.rasengesellschaft.de/>. (D. R. e.V., Hrsg.) Abgerufen am 21. November 2023 von Manuscript: <https://www.rasengesellschaft.de/rasenthema-detailansicht/februar-2020.html>

10 Literatur- und Quellenverzeichnis

- OpenStreetmap, M. (24. November 2023). *OpenStreetMap*. Von www.openstreetmap.de abgerufen
- Prämaßing, P. D. (November 2023). (C. Waldhoff, Interviewer)
- PS+, E. H. (24. April 2023). Lageplan, Vorentwurf Leistungszentrum VfL.
- Rademaker, M. (9. November 2023). eMail-Antwort. (C. Waldhoff, Interviewer)
- rasenplan GmbH. (2023). *Firmenwebsite rasenplan GmbH*. Abgerufen am 16. November 2023 von <https://www.rasenplan.com>
- rasenplan GmbH. (2023). *www.rasenplan.com*. Abgerufen am 21. November 2023 von https://www.rasenplan.com/wp-content/uploads/2022/04/rasenplan_broschuere_Rasenheizungen.pdf
- Reese, J. (1. Januar 2019). *Klimasünder Fußballfan*. Abgerufen am 14. November 2023 von www.deutschlandfunk.de: <https://www.deutschlandfunk.de/serie-endspielums-klima-1-klimasuender-fussballfan-100.html>
- Rieger, M. (7. August 2022). *Nachhaltigkeit in der Bundesliga*. (DLF, Hrsg.) Abgerufen am 14. November 2023 von www.deutschlandfunk.de: <https://www.deutschlandfunk.de/nachhaltigkeit-bundesliga-100.html>
- Rot-Weiß, G. V. (September 2023). (C. Dittrich, Interviewer)
- Stahl+Weiß PartGmbH. (2016). *Energieversorgung Neubau SC Stadion Freiburg, Vorkonzept + Ergänzungen*. Freiburg.
- Stühlmeyer, E., & Rademaker, M. (24. August 2023). (C. Waldhoff, & C. Dittrich, Interviewer) Schinkelabad.
- Tönjes, H. (8. August 2023). Greenkeeper VfL. (C. Dittrich, Interviewer)
- Umwelt Bundesamt. (2023). *Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2022*. Umwelt Bundesamt. Berlin: Umwelt Bundesamt.
- Uponor GmbH. (Oktober 2009). (uponor, Herausgeber, & P. d. Gebäudeausrüstung, Produzent) Abgerufen am 6. Dezember 2023 von <https://www.haustechnikdialog.de/SHKwissen/1796/Rasenheizung>: <https://www.haustechnikdialog.de/SHKwissen/1796/Rasenheizung>
- Verbraucherzentrale NRW. (19. Mai 2023). *verbraucherzentrale.de*. (Verbraucherzentrale, Herausgeber) Abgerufen am 6. Dezember 2023 von <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/heizen-und-warmwasser/waermepumpe-alles-was-sie-wissen-muessen-im-ueberblick-5439>
- Waldhoff, C., & Dittrich, C. (4. Oktober 2023). Protokolle Projektbesprechung. online.
- Weidemann, M. (1. September 2023). Plaungsbüro Weidemann. (C. Waldhoff, Interviewer)
- Wilmington, Wilhelm. (15. September 2015). *www.ikz.de*. Abgerufen am 6. Dezember 2023 von 1:0 für den FC Augsburg - Fussballbundesligist leistet sich ein Fußballstadion mit Großwärmepumpe: <https://www.ikz.de/detail/news/detail/10-fuer-den-fc-augsburg-fussballbundesligist-leistet-sich-ein-fussballstadion-mit-grosswaermepumpe/>
- Zoller, T. (29. November 2023). *Energiemanagement Felix Schoeller GmbH & Co KG*. (C. Waldhoff, Interviewer)