Gesundheitscampus Immenhof, Malente

Bebauungsplan 101

Orientierende geologische Untersuchung des Vorhabengebietes

Auftraggeber:

B+S Hansa-Immobilien Hamburg
Sandkuhle 7
22143 Hamburg

Verfasser:

GFM envign GmbH
Johann-Konrad-Schäfer-Straße 6
35039 Marburg

Kapitel			Seite
1.		Vorhaben und Auftrag	3
2.		Geologische Rahmenbedingungen und Landschaftssituation	4
3.		Befunde aus orientierender Geländeuntersuchung und praktische Relevanz örtlicher Geo-Potentiale	5
	3.1	Kurzfassung	5
	3.2	Sedimentologie	6
	3.3	Bodenmechanik und erste Hinweise zur (tief-) baulichen Nutzung	10
	3.4	Wasserführung, Potentiale zur thermischen Nutzung und Umweltgeologie	11
	3.5	Volumendifferenzen zwischen Bestandsgelände und geplantem Gelände	18
4.		Ableitungen für das weitere Vorgehen und Vorschläge für vertiefende Untersuchungen	19
	4.1	Egalisierung des Geländes aus Gründen der Barrierefreiheit	19
	4.2	Wärme- und Kältebedarfe und Aspekte der Energie-Versorgung	22
	4.3	Möglichkeiten zur dezentralen Versickerung von Niederschlagswasser Nachweis nach ATV 138	29
	4.4	Ingenieurgeologische Detailerkundung und Gründungsberatung	30
5.		Fazit	31

Anlagen

1	Tabellarische Bohrprofile, sedimentologische Profilaufnahmen, Auszüge aus Landes-Bohr-Archiv
2	KDREI: Heiz- und Kühllastberechnung
3	GFM: Erläuterungsbericht zur Versickerung, Rückhaltung und Einleitung von Niederschlagswasser (rechnerische Prüfung der Möglichkeiten Flächenversickerung)

1. Vorhaben und Auftrag

Die Gemeinde Malente plant in Zusammenarbeit mit der B+S Hansa-Immobilien GmbH, Hamburg die Aufstellung eines Bebauungsplanes (Nr. 101). Auf Grundlage eines entsprechenden städtebaulichen Vertrages. Zielsetzung ist das Baurecht für die Errichtung eines Gebäude-Ensembles zu erlangen, das Wohnungen (Pflegewohnen), ein Schulungszentrum für Pflege und eine Kindertagesstätte in einer kombinierten generationsübergreifenden Nutzung als Gesundheits-Campus konzentriert. Der Geltungsbereich umfasste rund 6,6 ha (vgl. Abb. 1) und soll von außen über die Hinrich-Wrage-Straße (aus nördlicher Richtung) und über eine zusätzliche Zufahrt über die Plöner Straße (von Westen) verkehrlich und versorgungstechnisch erschlossen werden.
Mit dem Entwurf werden auch als Ziele verfolgt, eine nachhaltige Energieversorgung unter Nutzung des natürlichen Potentials der Fläche zu leisten – im Planentwurf sind daher grundsätzlich die geothermische und solarthermische Wärmeversorgung sowie Regenwassernutzung im Zusammenhang mit einer günstigen Gestaltung bzw. Steuerung des Klein-Klimas adressiert, die im laufenden Plan-Verfahren in ihren Möglichkeiten untersucht und als Vorplanungen konkretisiert werden sollen.

Abb. 1: B-Plan-Entwurf, B+S Hansa-Immobilien GmbH Hamburg; Fassung vom 01.03.2025

GFM envign GmbH (GFM) wurde am 24.02.2023 damit beauftragt, im Rahmen einer orientierenden hydrogeologischen Untersuchung des Vorhabenbereichs die Gegebenheiten zu erkunden und darzustellen, in welcher Weise die o.g. Ziele des B-Planes in Hinblick auf eine thermische Nutzung des oberflächennahen Untergrundes im Grundsatz umgesetzt werden können und welche Möglichkeiten und Anforderungen im Zusammenhang mit der dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser entstehen können, die ebenfalls grundlegend überprüft werden sollen. Da mit den Bodenaufschlüssen auch erste Hinweise zu ingenieurgeologischen Planungsaspekten entstehen, sollen die für weitere technische Belange wie Gründung von Gebäuden und innere bzw. äußere Erschließung relevanten Hinweise ebenfalls mi berücksichtigt werden. Hierzu wurde im Rahmen eines ersten Planungstreffens mit Geländebegehung am 09.03.2023 der mit den einzelnen Gewerken betrauten Personen und Behördenvertreter miteinander bekannt gemacht und ein entsprechender Austausch begonnen.

2. Geologische Rahmenbedingungen und Landschaftssituation

Das Vorhabengebiet befindet sich landschaftlich im Bereich des ostholsteinischen Hügellandes, das wie der gesamte deutsche Ostsee-Küstenraum von bis zu etwa 120m mächtigen glazigen, im wesentlichen klastischen Sedimenten aufgebaut ist. Hierbei handelt es sich um Geschiebemergel überwiegend als Grundmoränen der Gletscher und seitliche Schuttablagerungen als Relikte des Gletscher-Eis-Transportes (Seiten- und (Stauch-) End-Moränen), Schwemmfächer und glazifluviatile Vor- und Nachschüttsande und um glazi-limnische Sande und Pelite der Gletscherseen, die oberflächennah fast vollständig der jüngsten Phase der skandinavischen Inlandvereisung (Weichsel-Eiszeit) in ihren verschiedenen Vorschubstadien zugeordnet werden können.

Die heutige Landschaft stellt daher das Relikt dieser glazigenen Prozesse und der nachfolgend jüngeren, insgesamt wesentlich weniger intensiv landschaftsprägenden sedimentären Prozesse dar und bilden die geogenen Rahmenbedingungen für die geplante Nutzung.

Das Vorhabengebiet befindet sich zwischen etwa 50 mNN bis 55 mNN, ist flachwellig mit einem leichten Geländeanstieg generell nach Süden strukturiert und wird natürlicherweise in Richtung Osten bzw. Westen von steil ansteigenden Hügeln begrenzt bzw. begleitet, die Gipfelhöhen von rd. 100 mNN erreichen (vgl. Abb. 2). Die westliche Begrenzung ist heute durch die Plöner Straße verändert, die dort in einem Einschnitt durch den westlich anschließenden Hangfuß verläuft.

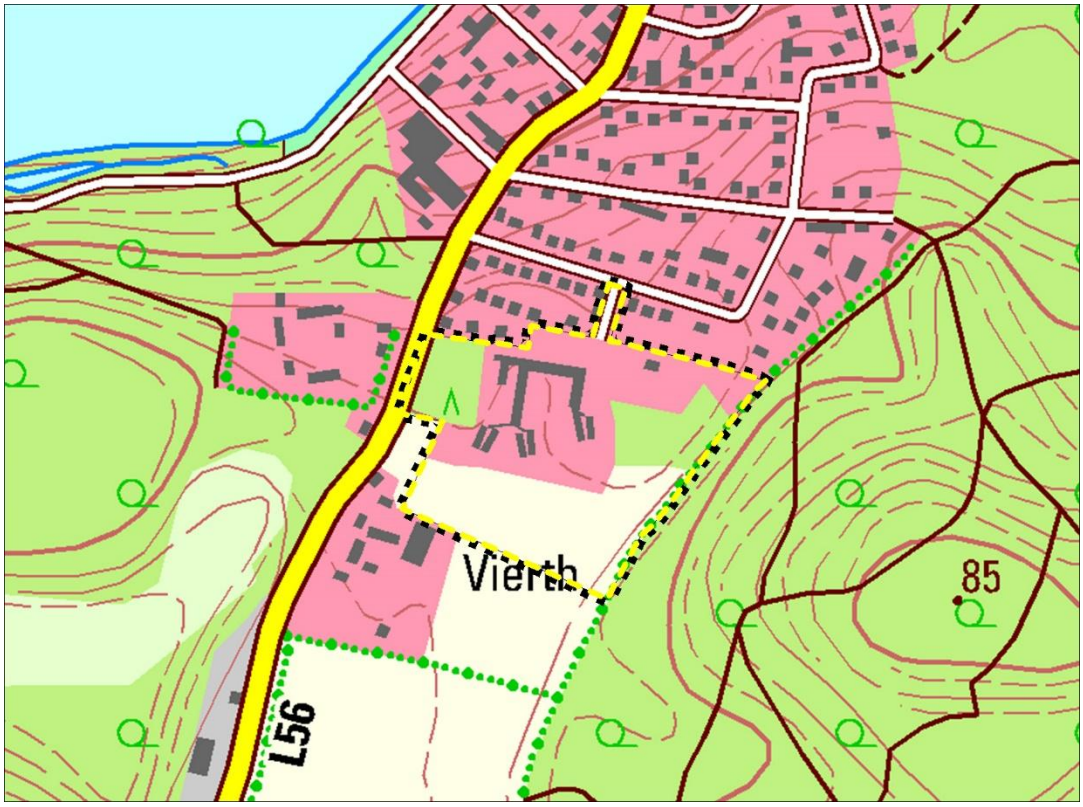


Abb. 2: Auszug aus TK 25. Geltungsbereich des B-Plans hervorgehoben (Gleb-Schwarz)

3. Befunde aus orientierender Geländeuntersuchung und praktische Relevanz örtlicher Geo-Potentiale

3.1 Kurzfassung

Für eine **regenerativen Wärme-Versorgung** sind der Wärmetransportes und die Speicherung von Wärme bzw. Kälte die relevanten physikalischen Größen. Daher ist besonders relevant, wie die hydraulischen Eigenschaften und die Wasserführung bzw. Wassersättigung der Sedimente vor Ort in verschiedenen Tiefenstufen gestaltet sind:

- Grundsätzlich erwärmen sich feuchte und nasse Böden gegenüber trockenen vergleichsweise langsam, dagegen speichern trockene Böden Wärme weniger gut als gesättigte Böden.
- Weiterhin sind die verschiedenen technischen Systeme für die thermische Nutzung des oberflächennahen Untergrundes auf unterschiedliche Einbautiefen ausgelegt, so dass eine für die Gegebenheiten am Standort geeignete Konstellation im Abgleich mit dem Wärme- und Kältebedarf der Bauwerke und sonstige Gegebenheiten der Planung bzw. Nutzung (wie Flächenbedarf für Kollektoren, etc.) gefunden werden soll.

Aus bodenmechanischer Sicht sind der Lasteintrag durch die geplanten Gebäude und Anlagenteile mit ihrem Setzungsverhalten für eine geeignete, **abgestimmte Gründung** zu beurteilen, wobei auch die Veränderlichkeit dieser Bodeneigenschaften durch Einfluss von Grund- bzw. Sickerwasser eine Rolle spielen kann.

Mit der Versiegelung der Böden durch Dachflächen der Gebäude und Verkehrswege fällt **Niederschlagswasser** an, das möglichst vollständig auf dem Gelände ggf. unter Nutzung geeigneter technischer Anlagen zur Versickerung gebracht werden soll, oder das einen Rückhalt erfahren soll, der Spitzenabflüsse kappt und nachgeordnete Nutzungen erlaubt (Bewässerung, Kühlung, Wärmespeicher).

Befunde und Herleitung um Einzelnen:

Am 13.03. und 14.03.2023 wurden Erkundungen mit Kleinbohrgeräten auf dem Gelände durchgeführt (zur Lage und Höhe der Bodenaufschlüsse vgl. Abb. 2). Zielsetzung war, mit Bodenaufschlüssen zu belegen, wie sich der Untergrundaufbau im oberflächennahen Bereich lokal grundsätzlich darstellt - in einer Zone, die typischerweise für thermische Nutzungen durch Bodenwärmetauscher und eine direkte Grundwasser-Nutzung durch Brunnengalerien oder Horizontalbrunnen in Frage kommen kann. Die Profile aus 5 Rammkern-Sondierbohrungen sind nach sedimentologischen Kriterien detailliert aufgenommen worden und werden graphisch zusammen mit den eher an technischen Kriterien orientierten Bohrmeister-Profilen in Anlage 1 vollständig wiedergegeben.

Ergänzt werden diese Aufschlüsse mit öffentlich zugänglichen Bohrprofilen, die Auskunft über den Tiefenbereich bis 114 m u. GOK bzw. -38 mNN im regionalen Um- bzw. Nahfeld geben.

Auf dem Gelände wurden unter geringmächtigen Bodenbildungen überwiegend nicht-bindige Lockergesteine angetroffen. Bis in eine Aufschlusstiefe von 7m u GOK sind an keiner Stelle Grundwasser oder ausgeprägte Staunässe-Horizonte angetroffen worden.

3.2 Sedimente

In der Hauptsache handelt es sich um mittel- bis grobkörnige Sande mit Einschaltungen von feinem bis mittelkörnigem Kies, selten unter Beteiligung von Feinsand, so dass korngestützte Gefüge überwiegen. Feinkorn (Schluff bzw. Silt) nimmt den geringsten Anteil an der Schichtenfolge, teils als Unterkorn-Fraktion in hydraulisch mäßig klassierten Abschnitten der Schichtenfolge (vgl. RB 4, m 2,4 -3,0), teils in Schichtabschnitten, die zyklisch wiederholt durch nachlassende Strömungsenergie gekennzeichnet sind („finig up“, vgl. RB 4, m 3,95 – 4,50), teils als sehr geringmächtige Einschaltungen in Silt-Feinsand (vgl. RB 4, m 1,95 - 2,02); Tone wurden nirgends angetroffen.

Mit Blick auf eine verbesserte Erkenntnis über den Ablagerungsraum und zum besseren Verständnis der Genese der angetroffenen Sande und Kiese ist eine Vertiefung in Richtung der Prozesse des Sedimenttransportes sinnvoll:

Für den überwiegenden Anteil der Schichtenfolge, die grobkörnigen Sand und Kiese beinhalten, können Bildungsbedingungen unter Windtransport und Ablagerungen in einem stehenden Wasserkörper ausgeschlossen werden. Im Abgleich mit experimentell ermittelten Stabilitätsfeldern für Sohlformen des Sedimenttransports unter den Bedingungen fließenden Wassers erlauben die am Kernmaterial möglichen Beobachtungen eine hinreichend genaue Zuordnung zum Ablagerungsmilieu (vgl. Abb. 3), auch wenn (bzw. weil) keine internen Merkmale der Schichtung (typische Schrägschichtung oder eben Lamellierung) im engen Bohr-Querschnitt (zwischen 36 - 60 mm) und hohen Gleichkörnigkeit erkannt wurden.

Kleinrippel-Schichtung kommt nirgends vor, auch die mit normal-gradierter Körnungstendenz erkannten Schicht-Abschnitte zeigen dieses Merkmal nicht, daher befinden sich die Ablagerungen ganz überwiegend im Bereich 3-dimensionaler Sohlformen (Großrippeln), deren Bildung auch einer hinreichenden Wassertiefe bedarf, und im Stabilitätsfeld der Hochenergie-Laminite (oberen ebenen Sohle), in dem der Sediment-Transport und die Ablagerung auch bei geringen Wassertiefen und hohen Fließgeschwindigkeiten stattfindet. Besonders die untere Begrenzung der überwiegend dokumentierten Sedimentfrachten auf die Korngrößen oberhalb mittlerer Sande verdeutlicht, dass Feinkorn unter diesen Bedingungen fast vollständig in Suspension abgeführt wurden sein muss. Anreicherungen von Feinsand und Schluff in RB4 können als Matrixbestandteil nachlassender Strömungsenergie das Ende des Transportereignisses anzeigen, während im RB1 möglicherweise eine strömungsbedingte sekundäre Aufarbeitung von feinkörnigem Sediment oder aber eine Einwehung des Fein-Materials in einen flachen stehenden kleindimensionalen Wasserkörper ein singuläres Phänomen darstellt.

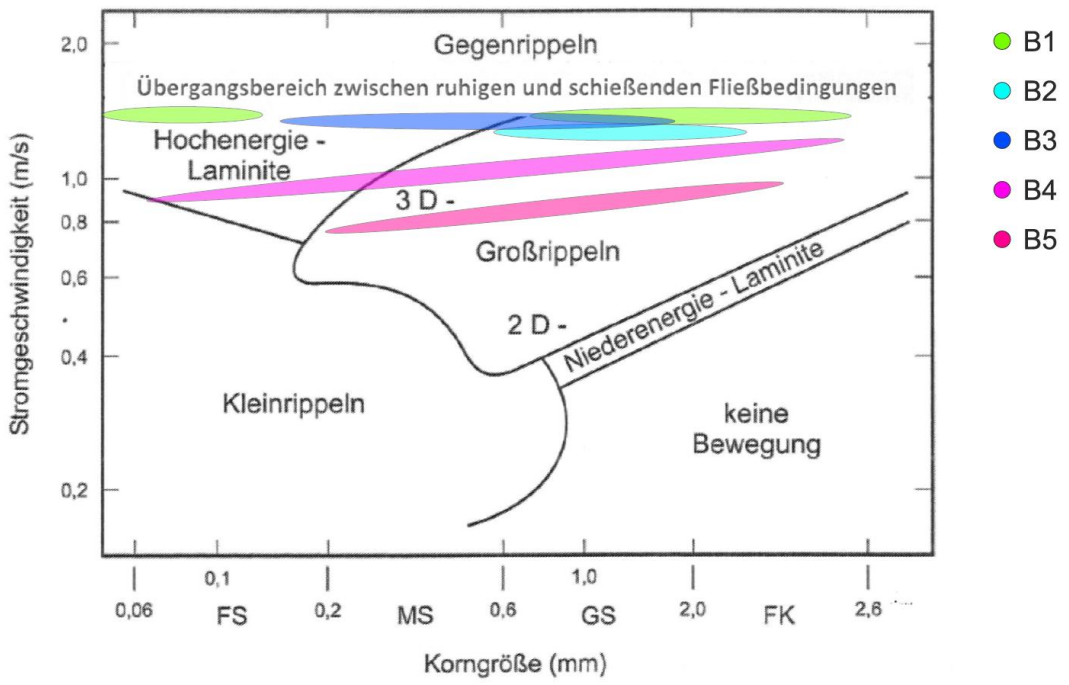


Abb. 3: Sohlform-Stabilitätsfelder in Gegenüberstellung der im Wasserstrom transportierten Korngrößen und Strömungsgeschwindigkeiten (idealisierte Bedingungen im Strömungskanal, experimentelle Daten nach SOUTHARD & BOGOUWAL 1990[1], verändert) mit Hervorhebung des energetischen Ablagerungsmilieus der Sedimente im Vorhabengebiet (Zuordnung anhand des sedimentären Struktur-Inventars charakteristischer Abschnitte der Schichtfolge).

Insgesamt zeigt das sedimentäre Struktur-Inventar hoch-energetische Ablagerungs-bedingungen an, die einerseits bei geringer Wassertiefe als Schichtfluten flächenhaft Verbreitung gefunden haben oder stellenweise in flachen Rinnen besser kanalisiert auch zyklische Ablagerungen durch sich überschichtende Sohlformen bilden konnten.

[1] SOUTHARD, J. B. & BOGOUWAL, L. A. 1990: Bed configurations in steady unidirectional water flows. Part 2: Synthesis of flume data. - J. Sediment. Petrol., 60,658-679.

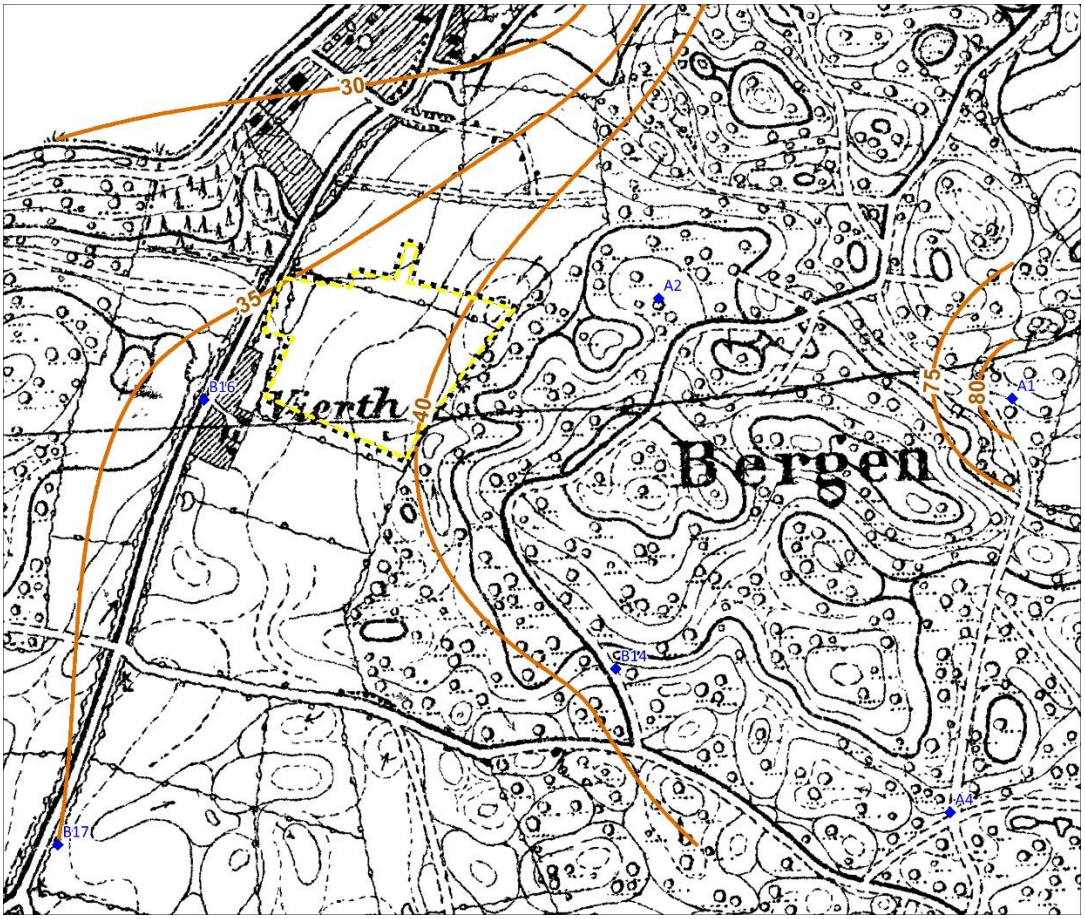
Die transportierten Komponenten sind überwiegend kantengerundet (nur bezogen auf Flint materialbedingt splittrig) und zeigen damit eine gewisse Reife des Sedimentes, die auf eine sekundäre Aufarbeitung hinweist, ggf. mit geringen seitlichen Einträgen. Mit der aufgeschlossenen Mächtigkeit der Sand-/Kies-Folge ist in vertikaler Richtung keine auffällige Korngrößentendenz dokumentiert, die als Hinweis auf progradierende oder retrograde Verhältnisse gelten könnte.

Mit Blick auf den Ablagerungsraum führen die oben diskutierten Merkmale zu der Vorstellung das Vorhabengebiet in einen mittleren bis distalen Abschnitt eines Schwemmfächersystems einzuordnen, das sich mit dem Rückzug der Inlandsvereisung gebildet hat, und eine von Moränen-Relikten geprägte Landschaft überschichtet. In der lokalen Auflösung wurde in diesem Prozess offenbar eine talartige Hohlform zwischen den bis heute im Westen und Osten des Geländes verbliebenen Schutt-Hügeln aufgefüllt, wobei trotz der Lage der Aufschlüsse z.T. direkt im Randbereich zu den anschließenden Hanglagen keine Verzahnung mit einem von diesen seitlich in das System eingetragenen Materialtransport beobachtet werden konnte. Offenbar wirkt das System nicht erosiv gegenüber seiner Paläo- Talform, sondern besitzt einen ausgeprägt akkumulativen Charakter.

In seiner geomorphologischen Position und mit den beschriebenen Eigenschaften des Sedimentkörpers im Vorhabengebiet ist bezogen auf dessen Dimension nicht zu erwarten, dass sich der sedimentäre Charakter und der Bodenaufbau zu anderen Ablagerungen als denen die oben beschrieben worden sind abweichend darstellen können. Zur Tiefe hin würde möglicherweise eine Tendenz zur Kornvergröberung nachweisbar. Wesentlich lassen die Ablagerungsbedingungen nicht erwarten, dass in der Dimension von einigen Metern bis 10ner Metern zur Tiefe hin feinkörnige Zwischenlagen oder Schichtelemente existieren können, die wasserstauend wirken würden und Staunässehorizonte oder schwebende Grundwasserstocke begründen.

Mit Blick auf hydrogeologische und bodenmechanische Randbedingungen der geplanten Nutzung kann also von einer hohen Gleichförmigkeit der betreffenden Eigenschaften im Vorhabengebiet ausgegangen werden, so dass für die gegenwärtige Vor-Planungstiefe aktuell keine weiteren Erkundungen erforderlich werden.

Bestätigt werden die oben beschriebenen Zusammenhänge im Abgleich mit Bohr-Profilen, der im Nahfeld in hydrogeologischem Zusammenhang und Interesse niedergebracht wurden sind. Diese belegen eine durchweg hohe Mächtigkeit der jüngeren Talfüllungen in mit Blick auf die Korngrößen-Verteilungen ähnlicher Prägung wie diese hier für das Vorhabengebiet abgeleitet wurde. Ohne auf Aspekte der paläo-sedimentären Situation zu vertiefen, bestätigt die folgende tabellarische Zusammenstellung mit Flächen-Interpolation, die Annahme hydraulisch nicht näher differenzierender gut durchlässiger Sedimente im gesamten Vorhabengebiet (vgl. Abb. 4).



Kurz-Bezeichnung	Lage E (ETRS 89, N32)	N	Gelände-Höhe des Bohransatzpunktes [mNN]	Bohrtiefe (Teufe) [m]	rel. Tiefenlage erster Pelite [m]	pot. GW-Sohlfläche [mNN]
B16	600639	6002115	54,57	68	36,5	18,07
A2	601326	6002269	67	120	51	16
B14	601261	6001708	56,11	52	41	15,11
B17	600418	6001441	54,11	67	35	19,11
B10	601167	6002754	34,53	51	26	8,53
A1	601860	6002117	46	174	84	-38
A4	601766	6001490	51	114	43	8

Abb. 4: Tiefenlage relevanter Stauhorizonte in Bohrungen im Nahfeld. Kartenhintergrund: Historische Topographische Karte C1919 v. 1829. Vorhabengebiet Gelb hervorgehoben; Lage von Bohrpunkten blau. Profile der genannten Bohrungen vgl. Anlage 1.

3.3 Bodenmechanik und erste Hinweise zur (tief-) baulichen Nutzung

Bei den angetroffenen Böden handelt es sich aus technischer Sicht überwiegend um mitteldicht bis dicht gelagerte Sande und Kiese, die nicht wassergesättigt, sondern je nach Witterung maximal bodenfeucht vorliegen. Daher sind die Böden weder frostempfindlich noch wären bzw. sind Zemente der Beton-Fundamente besonderem Lösungsangriff ausgesetzt.

Die angetroffenen Böden sind in dieser Konstellation zwei Homogenbereichen zuzuordnen (B, Bodenbildungen und S glazigener Sander). Für die weitere Planung kann nach Tabellen- und Erfahrungswerten von folgenden bodenmechanischen Eigenschaften ausgegangen werden.

Homogenbereich	Bodengruppe	Wichte, γ | γ' [kN/m³]		Reibungswinkel, φ' [°]	Kohäsion, c'[kN/m²]	Steifemodul [MN/m²]
B (Böden)	UM, UA	18	8,5	25-30	5-15	5-10
S (Sander)	SW, SI; GW, GI (SU)	19-21	10,5 -13,5	32-38	0-5	20-50

Die Bohrwiderstände und Lagerungsdichte lassen die Böden des Homogenbereiches S unterhalb von 1m bis 1,5 m. u. GOK grundsätzlich gut für den Lastabtrag geeignet erscheinen. Die oberflächennah anstehenden Böden (B) sind für den Lastabtrag ungeeignet, können aber zur Gestaltung des Geländes eingeplant werden (hierfür ist das seitliche Lagern und Folienabdeckung erforderlich).

Für die weitere Planung kann als Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ für Streifenrost-Gründungen ab einer Fundamentbreite von 0,5m und einer Einbindetiefe von mindestens 0,5m (besser jedoch frostfreie Gründung, also 0,8m) an den jeweils untenliegenden Gebäudeecken

$$\text{mit } \sigma_{R,d} > 180 \text{ kN/m}^2$$

gerechnet werden. Unter diesen Bedingungen werden Setzungen unter 2 cm und Setzungsunterschiede bei gleichmäßiger Belastung des Untergrundes vermutlich unter 1 cm verbleiben.

Sollte durch ergänzende vertiefende Untersuchungen festgestellt werden, dass nur Bedingungen locker Lagerung im Bereich der Gründungssohle vorliegen, können diese mit entsprechender Nachverdichtung mit üblichem Gerät problemlos erreicht werden.

Wenn durch Aushub für Tiefgeschosse Böschungen entstehen, sollte die Neigung im Homogenbereich B 30° und im Bereich S 35° nicht übersteigen. Zum Schutz gegen Erosion sollten die Böschungsflächen mit Folien abgedeckt werden, sobald längeres Offenstehen der Baugrube oder die Witterungssituation dies erforderlich machen (im Falle von Starkregen oder andauernden ergiebigen Niederschlägen).

Unterhalb geringmächtiger Böden (Bodenklasse 1-2 < 0,5m) stehen Böden der Klasse 3 an (vgl. DIN 18 300).

Eine dezentrale Versickerung von Niederschlägen ist angesichts der den Kornspektren gemäß günstigen Durchlässigkeiten (k_f deutlich $>10^{-6}$ m/s) der Böden grundsätzlich gut möglich (s.u. Kap. 4.3). Für die Geländegestaltung sollte trotzdem eine geeignete Entwässerungssituation

hergestellt werden, die den Oberflächenabfluss und Sickerwasser von der jeweiligen Gründungssituation weg orientiert. Nachteilige Veränderung der Böden in der Gründungsebene durch Verwitterung und Aufweichen sind i.d.R. nicht zu erwarten (vorbehaltlich vertiefender Untersuchungen für einzelne Bauwerke).

Zur Minderung der Beaufschlagung der Regenwasserkanalisation durch Dachflächen-Wasser können Zwischenspeicherungen und Nutzungen eingeplant werden, die mit Blick auf langfristige Veränderungen der klimatischen Entwicklung sicherheitshalber mit Überlauf-Anschluss an den Regenwasserkanal eingerichtet werden sollten (nähere Hinweise und erste Annäherung an eine Bemessung s. Kap. 4.3).

3.4 Wasserführung, Potential zur thermischen Nutzung und Umweltgeologie

Das Untersuchungsgebiet befindet sich aus hydrologischer Sicht im Einzugsgebiet der „neuen“ bzw. der „Bungsberg-Schwentine“. Die Schwentine durchfließt in Ihrem Verlauf u.a. den Siebersdorfer See, den Großen Eutiner See, den Kellersee, den Dieksee, und den Behler See. Auf dem Weg des Gewässers bis in die Kieler Förde passiert die Schwentine als Vorfluter Malente also wenig nördlich des Vorhabengebietes und bildet die Vorflut für Grundwasservorkommen, die das Gewässer begleiten und damit auch im Vorhabengebiet. Dagegen wird schon wenig südlich das Gelände durch die Schwartau und ihre Nebenbäche nach Südosten in Richtung Lübecker Bucht entwässert (vgl. Abb. 5, Schwentine und Zubringer hellblau hervorgehoben; Schwartau und Zubringer dunkelblau hervorgehoben).

Das oberirdische und auch unterirdische Einzugsgebiet für ein erstes freies Grundwasserstockwerk, das im Untergrund des Vorhabengebietes als Teilraum des die Schwentine begleitenden Grundwasserkörpers entwickelt sein muss, kann demnach nur ungefähr 2 km² umfassen und befindet sich zudem in einer Grenzbeziehung mit möglichen Wasserhaltungen, die im Sand-Abbau nordöstlich von Kreuzfeld betrieben werden können.

Auf Grundlage der vor Ort gewonnenen Eindrücke zur räumlichen Verteilung, Mächtigkeit und Korngrößenspektrum gibt es keine Hinweise darauf, den Bereich der Grundwassersättigung oder auch saisonal gesättigte Zonen oberhalb des Grundwasservorkommens anzunehmen, das in hydraulischem Kontakt mit den genannten nördlich gelegenen Oberflächengewässern steht (GWL 1).

Nimmt man die Gefälle-Situation zwischen den Seen als Anhaltspunkt für die mögliche hydraulische Gradienten im Grundwasserleiter, die zwischen 1‰ und 2‰ liegen, kann mit einem Einzugsgebiet geringer Größe im Rücken, in der relativen Nähe zum Vorfluter und zu erwartenden günstigen Durchlässigkeiten im Grundwasserleiter selbst, als Höhen-Niveau der Grundwasseroberfläche lokal etwa 25 mNN bis 26 mNN angenommen werden.

Die Durchlässigkeiten des Sedimentes konnten mit den vorhandenen Bodenaufschlüssen noch nicht ermittelt werden, da kein Grundwasser angetroffen worden ist. Um für eine experimentell begründete Prognose zur Versickerungsfähigkeit technische Voraussetzungen zu schaffen (Versickerungsversuch) wurde RB2 bis 5,2m Tiefe mit einer Filter- und Vollrohrkonstruktion ausgebaut. Hierbei wurde der Ringraum profilkonform mit Feinkies stabilisiert und das Bauwerk im obersten Abschnitt mit Quellton gegen den Zutritt von Oberflächenwasser und zur Vermeidung etwaiger Randeffekte im Versuch abgedichtet (vgl. Anlage 2).

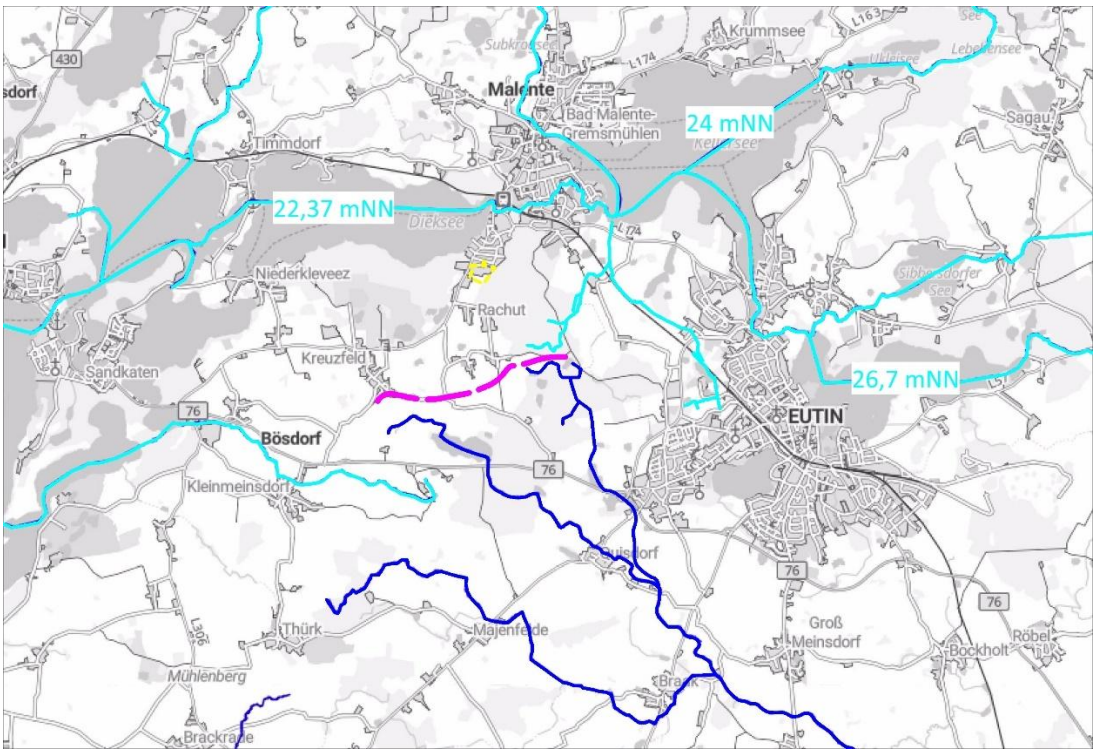


Abb. 5: Hydrologische Grundsituation. Hintergrund: Hydrologische Übersichtskarte als screenshot dem Geoportal des Landes Schleswig-Holstein entnommen. Hervorhebungen z.T. nach TK25. Ungefähre Wasserspiegelhöhen ergänzt nach web-Recherche. Die Gewässer-Verlaufslinien im Bereich der Seen ist der Darstellung der Hintergrundkarte entnommen und soll die Abfluss-Zusammenhänge schematisch verdeutlichen.

Eine erste Annäherung an die im Vorhabengebiet zu erwartenden Durchlässigkeiten im oberflächennahen Untergrund bieten die in der einschlägigen Fachliteratur auf Grundlage von experimentellen Daten angebotenen Diagramme zur Abhängigkeit zwischen der Kornverteilung und Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s].

Beispielhaft kann eine typische Kornverteilung an einer Mischprobe aus RB2 (4,5 m - 5,0 m) verdeutlicht werden. Demnach machen mittel- und vor allem grobe Sande rd. 90% des Materials aus.

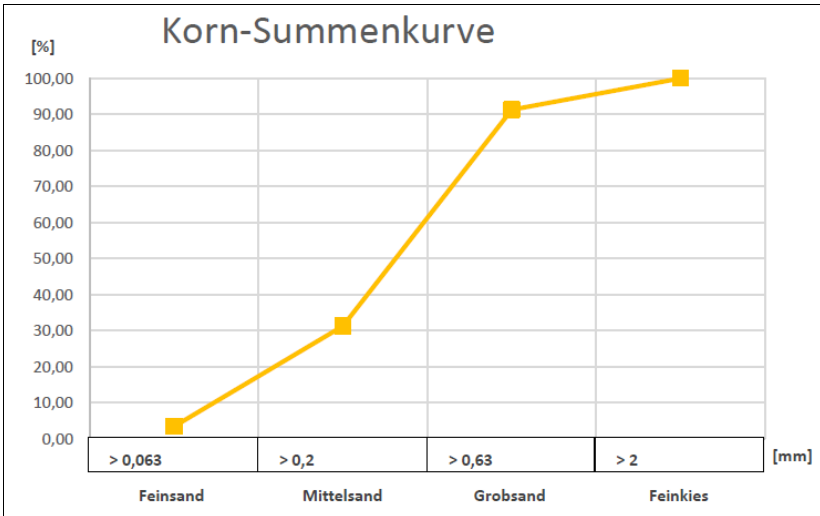


Abb. 6: Kornverteilung einer nach Geländebefund typischen Mischprobe.

Die statistischen Maßzahlen d_{10} = 1,3 und d_{60} = 1,9 belegen eine stellenweise hohe interne Gleichkörnigkeit der einzelnen Sand-Schüttungen mit U= d_{60}/d_{10} =1,46, auch wenn durch die Probenahme bedingte Unschärfen einkalkuliert werden müssen.

Mit einer Ungleichförmigkeitszahl von U = ca. 1,5 belegt die Probe eine hohe Gleichkörnigkeit, was auch als Indiz für eine gute Durchlässigkeiten bzw. Filtereigenschaften (U < 2) spricht.

Demnach befinden sich die vorherrschenden Sedimenttypen im hervorgehobenen Sektor etwa zwischen $k_f < 10^{-2}$ [m/s] und $k_f > 10^{-5}$ [m/s], (vgl. Abb. 6).

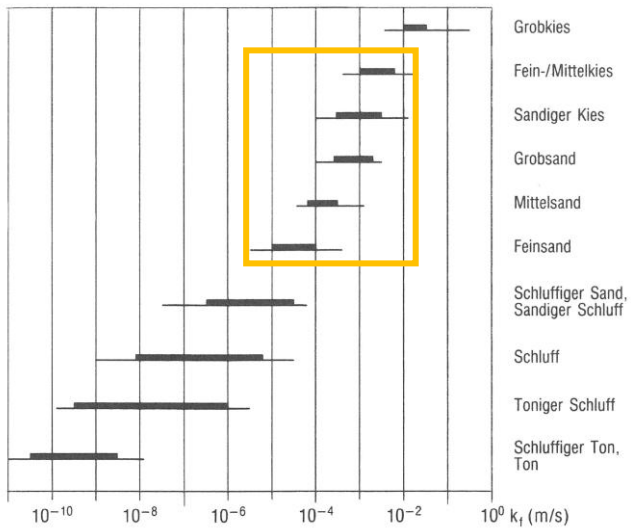


Abb. 6: Durchlässigkeit von Lockergesteinen. Graphik entnommen aus: ATV Arbeitsblatt A138, 1990[2].

Aufgrund der Erfahrung, der zufolge sich vertikale Durchlässigkeiten gegenüber den lateral möglichen um etwa eine Größenordnung reduziert darstellen, kann als **Bemessungsansatz für die weitere Planung ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 5*10^{-4}$ [m/s]** herangezogen werden.

[2] ATV Abwassertechnische Vereinigung e.V. 1990: Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser.

Thermisches Potential im oberflächennahen Bereich der Erkundung

Maßgebliche physikalische Kenngrößen für die Beurteilung der Nutzungsmöglichkeiten bieten die Wärmeleitfähigkeit λ [J s^{-1} m^{-1} K^{-1}] und die spezifische Wärmekapazitat c [kJ kg^{-1} K^{-1}]. Beides sind stoffspezifische Material-Eigenschaften. Die Wärmeleitfähigkeit beschreibt das Vermögen eines Stoffes, thermische Energie innerhalb eines Materials zu transportieren. Die Wärmekapazität kennzeichnet seine Eigenschaft, Wärme zu speichern. Die spezifische Wärmekapazität beschreibt das Verhältnis, der einem Körper zugeführten Wärme zur damit verbundenen Temperaturänderung und seinem Gewicht, und ist temperaturabhängig. Als volumenbezogene spezifische Wärmekapazität wird das Produkt aus spezifischer Wärmekapazität und Dichte verstanden.

Betrachtet man zunächst Luft und Wasser bezogen auf ihre thermischen Eigenschaften fällt auf, dass Wasser gegenüber Luft rd. 25mal höhere thermische Leitfähigkeit besitzt und rund 7-mal höhere Speicherkapazität.

	Wärmeleitfahigkeit λ [J s−1 m−1 K−1]	spez. Wärmekapazitat c [kJ kg−1 K−1]
Luft	0,02	1,0054
Wasser	0,59	4,12

Diese Verhältnisse wirken sich auch auf das thermische Verhalten von Locker- und Festgesteinen aus, da neben den mineral-spezifischen thermischen Eigenschaften im betrachteten Volumen auch die Hohlräume des Gesteinskörpers das thermische Verhalten je nach ihrem Anteil und ihrer Füllung mitbestimmen. Bezogen auf die hier betrachteten korngestützten und daher hoch-porösen bzw. hoch-permeablen Lockergesteine (Sande und Kiese) können folgende integrale Ansätze herangezogen werden:

	Wärmeleitfahigkeit λ [J s−1 m−1 K−1]	spez. Wärmekapazitat c [kJ kg−1 K−1]
Kies, Sand, trocken	0,3 - 0,8	0,50 - 0,59
Kies, Sand, nass	1,7 - 5,0	0,85 - 1,90

Die Gegenüberstellung zeigt, dass sich die im Vorhabengebiet oberflächennah anstehenden trocknen bis maximal bodenfeuchten Sande an der Oberfläche schnell aufheizen und schnell abkühlen werden und vergleichsweise ungünstige Speichereigenschaften mitbringen. Anderseits sind damit zugleich günstige isolierende Eigenschaften gegeben, weder Hitze noch Frost werden angesichts der geringen thermischen Leitfähigkeit allein über die Kornkontakt-Flächen hohe Eindringtiefen in den Sandkörper erreichen.

In der einschlägigen Literatur (Leitfaden zur geothermischen Nutzung des oberflächennahen Untergrundes)[3] werden Entzugsleistungen häufig bezogen auf den Bauwerkstyp (Länge der

[3] Z.B. aktueller Leitfaden des Landesamt für Landwirtschaft Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein

Erdwärmesonde: [W/m] oder Flächenkollektoren: [W/m²]), etc. angegeben. Diese Angaben beziehen sich i.d.R. auf die jährliche Nutzungsdauer (z.B. 1.800 Vollaststunden /a) und stellen daher Näherungswerte dar[4]. Ebenso sind Angaben in W/mK also $W*m^{-1}*K^{-1}$ als eine abgeleitete SI-Einheit gebräuchlich. Diese gibt also an, dass in einem Material ein Joule Energie pro Sekunde (d. h. ein Watt) über die Distanz von einem Meter aufgrund des Temperaturunterschieds von einem Kelvin übertragen werden kann[5].

Als spezifische Entzugsleistungen für Erdwärme-Kollektoren, die oberflächennah eingebaut werden können, können nach Tabellenwerten[6] je nach Last-Situation lokal bis max. 10 [W/m²] in Ansatz gebracht werden.

Das Potential im oberflächennahen Bereich besteht also für größere Anlagen eher in der isolierenden Wirkung, während für eine Verbesserung der Speicherkapazität technische Ertüchtigungen eingeplant werden können. Grundsätzlich kann ein unterirdisch eingebautes Wasser-Speichervolumen hierzu herangezogen werden, z. B. um solar-thermisch gewonnene Wärme oder Kälte zu speichern, ggf. in Ergänzung mit einem Permanent-Speicher mit Phasen-Wechsel-Material.

Thermisches Potential im Bereich des GWL 1 und darunter im Liegenden entwickelte Geschiebelehme

Nach den bisherigen Erkenntnissen können wassergesättigte und damit für eine energetische Nutzung besonders geeignete Verhältnisse erst ab einer Tiefe von rd. 25 - 30m u GOK in Ansatz gebracht werden. Während im oberen trockenen Abschnitt für eine Erdwärmesonde max. Entzugsleistungen um etwa 20 [W/m] prognostiziert werden können, lassen die wassergesättigten grobklastischen Schichtabschnitte bis 80 [W/m] erwarten. Mit Blick auf die regionale Situation der Sohlfläche der Sande (vgl. Abb. 4) liegen diese günstigen Verhältnisse aber nur in einer Zone mit etwa 10m Mächtigkeit vor. Im Liegenden anschließend stehen voraussichtlich Geschiebemergel an, die aufgrund ihrer gegenüber den Sanden reduzierten Permeabilität geringere Entzugsleistungen bei rd. 40 – 45 [W/m] erwarten lassen.

Grundsätzlich sind die Schichtabschnitte mit gut permeablen Sanden daher für die Wärme-Gewinnung günstig und durch den hohen Grundwasserumsatz als gut regenerativ einzustufen. Für die Speicherung von Abwärme sind diese damit zugleich allerdings weniger geeignet, da der Grundwasserstrom auch Wärme-Einspeisungen verdriften ließe und damit vom Ort der Nutzung abführen kann. Trotz der nur mittleren Entzugsleistungen können dagegen die von Geschiebemergel aufgebauten Schichtabschnitte für eine ortsstabile Speicherung und Rückgewinnung in Frage kommen. Falls eine geothermische Nutzung über Erdsonden angestrebt wird, ist eine rechnerische Prüfung und Modellierung des thermischen Langzeitverhaltens unter Berücksichtigung des Nutzungsregimes für die weitere Planung erforderlich.

---

[4] Anmerk: 1 Watt = 1 J/s

[5] Anmerk: Z.B. werden im Auskunftssystem des Landes SH Wärmeleitfähigkeiten für verschiedene Tiefenstufen in W/mK angegeben, vgl. Abb. 7

[6] Verein Deutscher Ingenieure VDI 2019: VDI-Richtlinie 4640 Thermische Nutzung des Untergrundes, Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. Blatt2.

<table>
<tr><td> </td><td>Tiefenstufe 0-50</td></tr>
<tr><td> </td><td>Tiefenstufe 0-100</td></tr>
<tr><td>Abb. 7: Räumliche Verteilung der Wärmeleitfähigkeit in zwei Tiefenstufen. https://umweltportal.schleswig-holstein.de/kartendienste;jsessionid=C9B94A66E99FB167AB7EA4AC8B5C30D7?lang=de&topic=thallgemein&bgLayer=sgx_geodatenzentrum_de_de_basemapde_web_raster_grau_DE_EPSG_25832_ADV&E=601411.97&N=6001842.29&zoom=11&layers_visibility=7a239fad99ff2696cdd2d3f006a9836f&layers=84956adf9aed18e8896dd2775971497c
Datenzugriff vom 27.03.2023
Hervorhebungen: Geltungsbereich des B-Plans (gelb-schwarz) und Wasserschutzgbiet, äußere Schutzzone (blau)</td><td>Legende [W/mK]
< 1,6
>= 1,6 - 1,8
>= 1,8 - 2,0
>= 2,0 - 2,2
> 2,2</td></tr>
</table>

Für eine Nutzung des GWL 1 auch als Wärme-Quelle oder Wärme-Senke ist formell zu prüfen, ob Konfliktlagen mit konkurrierenden Nutzungen bestehen:

- Mit Blick auf die Gewinnung von Trinkwasser befindet sich das Vorhabengebiet außerhalb von Schutzzonen, die zur Sicherstellung der Nutzbarkeit des Vorkommens als Trinkwasser per Verordnung eingerichtet sind. Zur Lage von TW-Schutzgebieten vgl.

Abb. 7. Weitere thermische Nutzungen sind uns nicht bekannt. Eine erste Prüfung erfolgte über das Auskunftssystem des Landes Schleswig-Holstein.[7]

- Entnahmerechte zur Nutzung des GWL 1 sind uns für das Nahfeld aktuell nicht bekannt. In relativer Entfernung können hydraulische Einflüsse, die im Zusammenhang mit dem Abbaugebiet bei Kreuzfeld entstehen können, nicht ausgeschlossen werden.

Umweltgeologie

Da der bestehende Gebäudekomplex mit Öl-Zentralheizung versorgt worden ist, sind vormals Erdtanks im Untergrund eingebaut worden. Über deren Verbleib oder Rückbau, Zustand oder etwaige Bodenverunreinigungen bei der Betankung (Überfüllschäden) liegen uns derzeit keine Informationen vor. Es wäre zu prüfen, ob eine vertiefende Untersuchung im Nahbereich der Tanks erforderlich sein kann (vgl. Abb. 8).

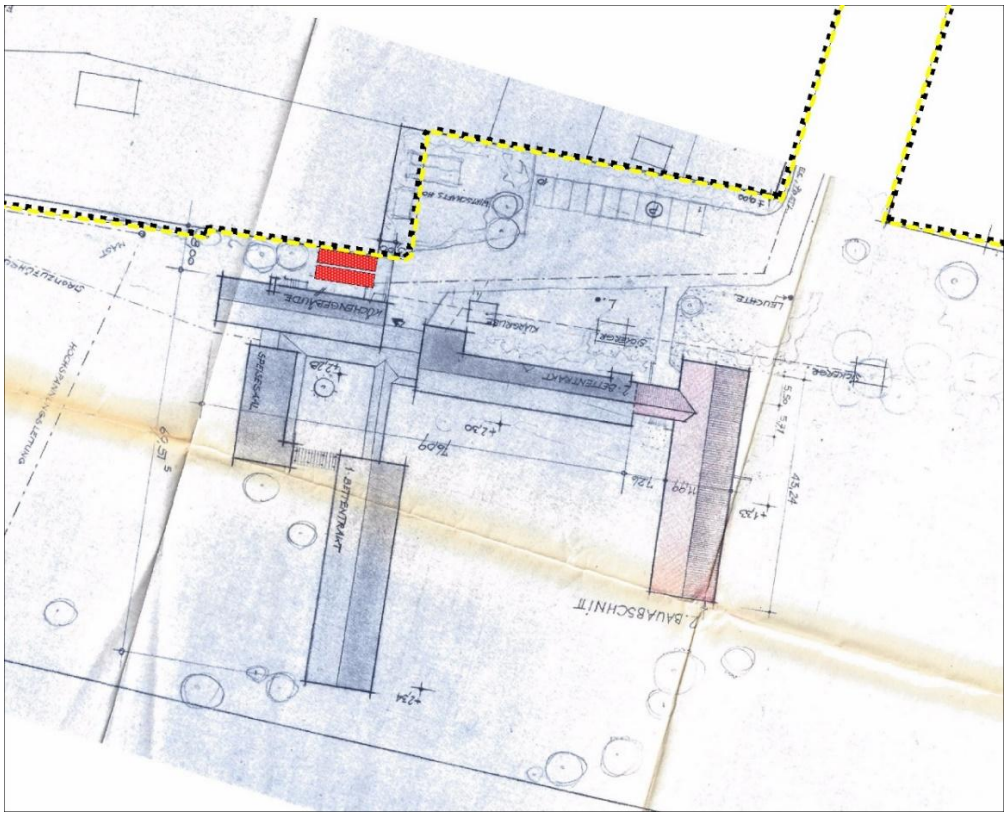


Abb. 8: Vermutete Lage von Heizöltanks. Plan-Entwurf vom 25.06.1963, angenähert georeferenziert anhand aktueller Gebäude-Ecken. Hervorhebungen der Tanks (rot). Flächen je rd. 25m² >> ca. je 80m³ Volumen.

[7] Umweltportal des Landes SH. https://umweltportal.schleswig-holstein.de/kartendienste;jsessionid=C9B94A66E99FB167AB7EA4AC8B5C30D7?lang=de&topic=thallgemein&bgLayer=sgx_geodatenzentrum_de_de_basemapde_web_raster_grau_DE_EPSG_25832_ADV&E=600886.46&N=6002256.61&zoom=12&layers_visibility=488489b7e9cfd1bf3889be7bf0b0f665&layers=d9037b924a6ad6bcdb62b6269f4b8dc7&layers_opacity=1e782704c839606f53d9dfacf8308efd Letzter Zugriff 27.03.2023. Die Aktualität des Datensatzes und auch die Vollständigkeit können von uns allerdings nicht gewährleistet werden.

Organoleptische Auffälligkeiten bestanden bisher an keiner Stelle. Trotzdem sollte in Abhängigkeit von ggf. erforderlichen Abtransporten von Böden aus dem Vorhabengebiet (wesentlich für Nachnutzung als Ersatzerdbaustoff, s. u.) rechtzeitig die auch von der Transportmenge abhängig erforderliche Probenahme und Analytik durchgeführt werden, damit mit den potenziellen Annahmestellen ein Übergang am Besitz des Materials rechtsicher dokumentiert werden kann.

3.5 Volumendifferenzen zwischen Bestandsgelände und geplantem Gelände

Es ist geplant, eine weitestgehend ebene Anlage des Geländes zu erreichen, damit die Barrierefreiheit für ältere Personen und Menschen mit Behinderung gewährleistet werden kann. Die im Volumen-Abgleich mit diesen Soll-Niveau (OKFFB der Erweiterungsbauten) bei ca. 52,1 mNN gegenüber dem aktuellen Gelände entstehenden Auf- und Abtragsflächen und Volumeneinheiten, soll von Vermessungsbüro Vogel, Eutin anhand von Vorgaben der Bauherrschaft und in Zusammenarbeit mit dem Übrigen Planungsteam (z.B. Flächen-Entwässerung) exakt ermittelt werden und können bzw. müssen den Oberbodenabtrag mit in etwa 0,35 bis 0,45 m Mächtigkeit berücksichtigen. Für Zwecke der Ausschreibung und Vor-Kalkulation von auf dem Gelände zu bewegenden, zu lagernden und ggf. zu entsorgenden Erdmassen kann von einer mittleren Dichte der anstehenden Sand- und Kies-Böden von 1,3 t/m³ bis 1,6 t/m³ (lose Masse) ausgegangen werden.

4. Ableitungen für das weitere Vorgehen und Vorschläge für vertiefende Untersuchungen

Im Zusammenhang mit einer thermischen Nutzung des oberflächennahen Untergrundes, einer möglichen Speichernutzung von potentiellem Verfüll-Volumina, oder Aushubmassen, die für eine ortsfremde Nachnutzung in Betracht kommen können, ergibt sich ein Optimierungs-Problem, das wesentlich von den noch zu ermittelnden erdbaulichen Aufwendungen, sowie dem energetischen Potential im Abgleich mit dem Heiz- und Kühl-Bedarf bestimmt wird.

In den folgenden Kapiteln werden einige der relevanten Größen angenähert und die Zusammenhänge grundsätzlich betrachtet.

4.1 Egalisierung des Geländes aus Gründen der Barrierefreiheit

Um erste Anhaltspunkte zu ermitteln, wurde zuerst eine rechnerische Annäherung an die mit dem vorgesehenen Geländeausgleich einhergehenden Volumenbilanz unternommen. Aus dieser überschlägigen Volumen-Bilanz (vgl. Abb. 9) können folgende grundsätzliche Aspekte abgeleitet werden:

- Das negative Volumen (Verfüllvolumen) genügt nicht den für eine ebene Gestaltung der Fläche resultierenden Abtrag zum Gefälle-Ausgleich vollständig vor Ort zu nutzen. Die für einen Abtransport vorzusehenden Volumina werden noch gegenüber dem theoretischen Differenzvolumen von rd. 9.600 m³ erhöht, da der Erschließungsweg im Norden selbst unter Einbeziehung maximal keilförmig (also zu rd. 50%, geschätzt 750 m³) in Ansatz gebracht werden kann. Eine Minderung ergibt sich u. U. im Zusammenhang mit der Gestaltung der Randbereiche des Grundstücks (z.B. Lärmschutz-Wall, Anböschung an die Hangsituation im Osten, etc.). Für Abtransport und Nachnutzung sind trotzdem rd. 15.000 t Erdmaterial vorzusehen.

- Die durch die Geländemorphologie gegenüber der Aufsicht-Fläche erhöhte Schrägfläche wurde in der Kalkulation rd. 65.000 m² unter Berücksichtigung (also Abzug) der Baubestandsflächen ermittelt. Der Abtrag an Oberboden in einer Mächtigkeit von nur 0,35 m verursacht daher rd. 35.000 bis 40.000 t Boden-Material, das zunächst abgetragen werden muss. Damit interne Transporte und Zwischenlagerung (abgedeckte Mieten) minimiert werden, kann für einen direkten Abtransport von Oberboden, der Volumenanteil vorgesehen werden, der von neu entstehender Gebäudefläche eingenommen werden wird (gem. GRZ rd. 40% der Baufeld-Flächen, 3200 m²), mind. 5.000 t.

- Die für Abtransport und Nachnutzung anstehenden Massen erhöhen sich um die Volumina, die im Rahmen von Tiefbauten (Kellergeschosse, Zisternen und Wasserspeicher für thermische Nutzung und Versorgungsinfrastruktur, o.ä.) eingeplant werden (s.u.).

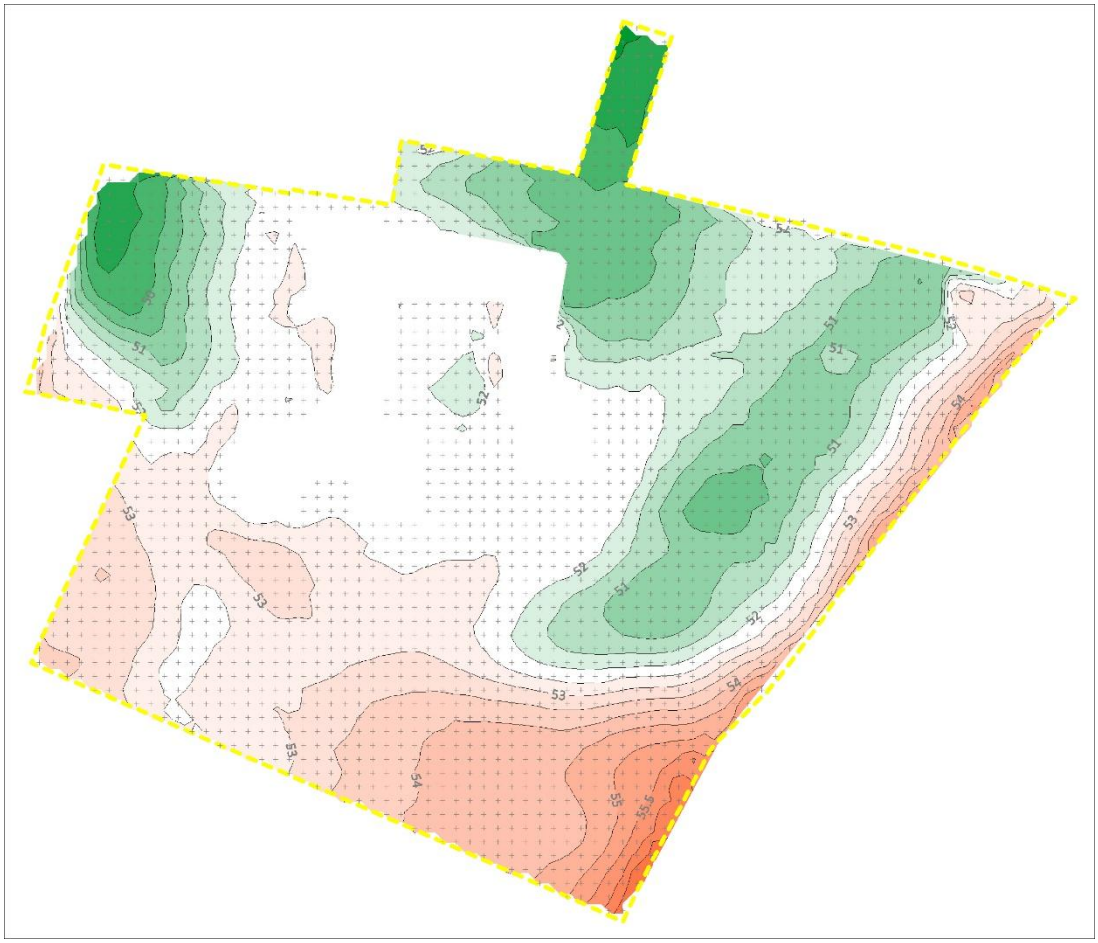


Abb. 9: Auf- und Abtragsflächen und ungefähre Massenbilanz auf Grundlage des amtlichen DGM5.

Die Berechnungen der Geländeoberfläche wurden mit linearer Triangulation auf Grundlage des DGM5 mit der Software Surfer[8] interpoliert. Als Referenzebene für die Volumen-Berechnungen wurden 52,10 mNN angenommen (unter Vernachlässigung der für die Oberflächen-Gestaltung und – Entwässerung optimierten tatsächlichen Gefälle). Im Ergebnis der Volumenberechnung resultieren folgende Größenordnungen [m³], gerundet:

Positive Volume [Cut]: 45600
Negative Volume [Fill]: 36000

Sollten unterhalb der geplanten Neubauten Kies-Wasser-Speicher zum Einsatz kommen (vgl. Kapitel 4.2) kann das auf dem Gelände vorhandene Sand-Kiesgemisch grundsätzlich einkalkuliert werden.

[8] https://www.goldensoftware.com/products/surfer
Surfer ist ursprünglich über den United States Geological Survey (USGS) als umfassende Software-Lösung für 3D Visualisierung, Contouring- und Oberflächenmodellierung entwickelt worden

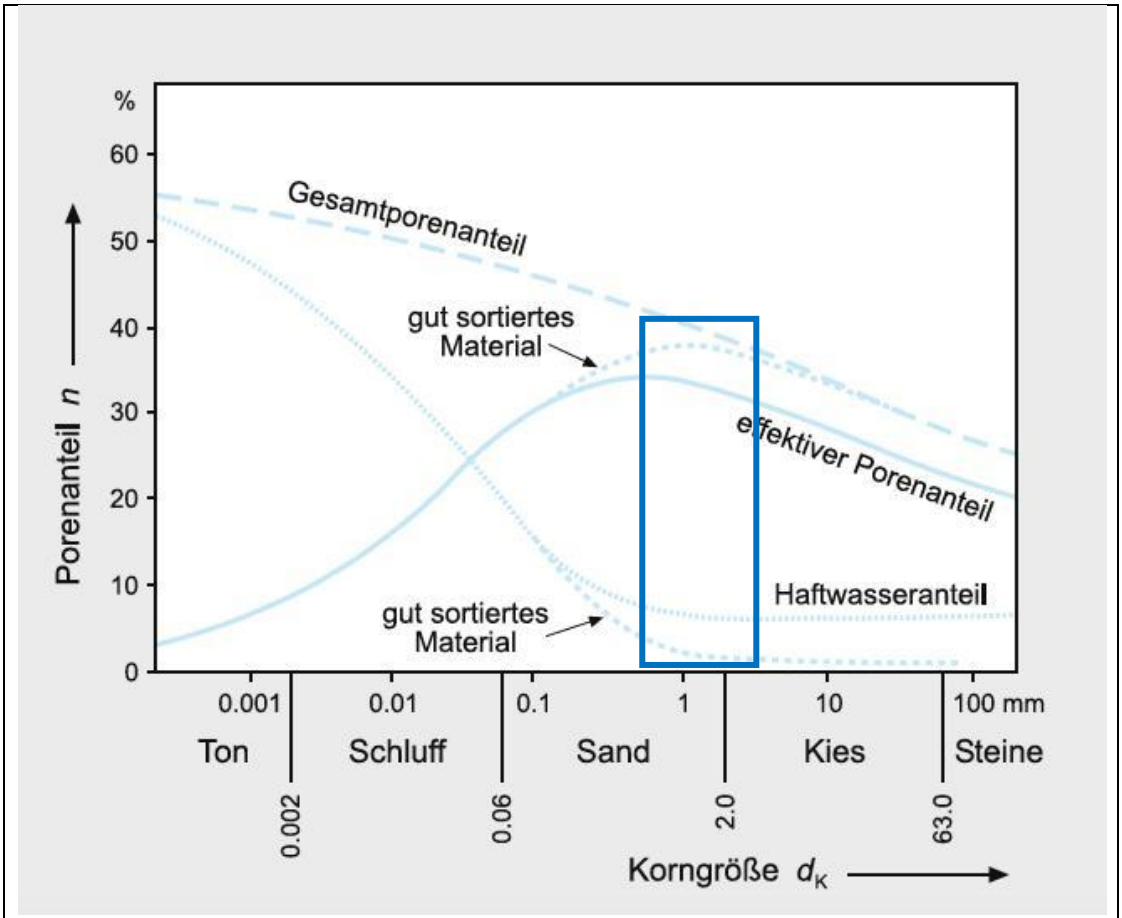


Abb. 10: Nutzbares Porenvolumen in klastischen Sedimenten. Hervorhebung: „Ziel"-Korngrößen-Spektrum, das es durch Siebung vor Ort anzunähern gilt, damit das Speichervolumen optimal genutzt werden kann.

Im Rahmen der Ausführungsplanung für Saisonale Wärmespeicher sollte ein Konzept entworfen werden, dass die Aufarbeitung der örtlichen Sedimente durch Siebung vorsieht, damit eine für die Speicher-Eigenschaften und den Lastabtrag nach dem verdichteten Einbau optimierte Kornverteilung erreicht werden kann. Zu prüfen wäre in diesem Zusammenhang, ob es sinnvoll ist, die thermische Schichtung im Speichervolumen durch einen spezifisch gewählten Lagenbau in der Speicherfüllung zu unterstützen. Weiterhin müssen im Zuge der weiteren Prüfung frühzeitig etwaige Veränderungen der Porosität durch Lösung oder Fällung durch entsprechende Berechnungen der stoffspezifischen thermo-dynamischen Gleichgewichte anhand des zur Auffüllung tatsächlich vorgesehenen Fluids und der Sortierung des Füllkieses ausgeschlossen werden, da im diesem Punkt eine hohe Planungsrelevanz liegt.

4.2 Wärme- und Kältebedarfe und Aspekte der Energie-Versorgung

Für die Ermittlung des Wärme- und Kältebedarfs wurden Heiz- und Kühllastberechnungen auf Grundlage der im Entwurf zum Bebauungsplan Nr. 101 zeichnerisch und textlich enthaltenen Angaben von KDREI Ingenieure und Architekten Dillenburg zugrunde gelegt (vgl. Anlage 2). Auch hier handelt es sich um Maximal-Ansätze, die aus dem Vorentwurf für den B-Plan 101 abgeleitet werden konnten.

Im Ergebnis wurde ein Bedarf von rd. 1.200 kW Heizlast und 1.500 kW Kühllast unter der Annahme ermittelt, dass für die geplanten Neubauten als Energiestandard die Effizienzhaus-Stufe 40[9] erreicht wird, während der Bestand an zu erhaltenden Gebäuden mind. auf Effizienzhaus-Stufe 70 angehoben werden kann.

Der Bedarf, Wärme aus den Gebäuden abzuführen übertrifft den Bedarf zur Wärme-Gewinnung um den Faktor 1,25. Selbst wenn Wärme-Verluste durch eine Speicherung und durch den Transport über das Leitungssystem eines Wärme-Netzes als Quartier-Lösung eine Rolle spielen, ist davon auszugehen, dass die Abwärme aus der Gebäude-Kühlung genügt, die Versorgung bis zu einem geeigneten Temperatur-Niveau zu einem hohen Anteil sicherzustellen. Dieser Befund verdeutlicht, dass der Aspekt der Speicherung von Abwärme für die weitere Planung gegenüber der Gewinnung von Wärme die wesentliche Bedeutung einnimmt und i. F. überschlägig geprüft wird.

Mit dem Bebauungsplan sollen die politisch ausgesprochenen Ziele der CO_2-Reduktion und erhöhten Nutzung regenerativer Energien mitgetragen und in einer an den Standort angepassten Weise umgesetzt werden. Ziel ist weiterhin mit Hilfe von modernen Technologien, hier also bevorzugt innovativen Speichertechnologien, saisonal gespeicherte Wärme gegenüber einer konventionellen fossilen Energie-Versorgung kostenneutral oder günstiger zur Verfügung zu stellen. Hierfür sind allerdings im Vergleich wesentlich höhere Investitionen erforderlich, die auf längere Investitionszeiträume verteilt finanziert werden können. Der Fokus auf innovative Lösungen beinhaltet, dass die i. F. diskutierten Systeme und Komponenten z. T. noch nicht durch Normen beschrieben sind und daher formell dem „Stand der Wissenschaft“ entsprechen.

Für das Vorhaben ist es besonders sinnvoll, den Einsatz von saisonalen Wärmespeichern in den Blick zu nehmen, weil ohne Berücksichtigung der Einsparpotentiale an vorhandenen Anlagen oder Systemkomponenten geplant werden kann, eine Alternativen-Prüfung gegenüber alternativer Technik als Haupt-Komponente (z.B. Kraft-Wärme-Kopplung, Bio-Masse, o.ä.) als Wärme-Quelle die angestrebte CO_2-Minderung gegenüber der Nutzung von Abwärme aus der Gebäude-Kühlung nicht günstiger erreichen lässt und weil das Potential aus Wärme-dämmmaßnahmen bereits als Voraussetzung in der Bedarfsrechnung berücksichtigt worden ist (s.o.).

[9] Vgl. https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Das-Effizienzhaus/
Die Kennzahl 40 gibt an, dass das Effizienzhaus nur 40 % Primärenergie benötigt, verglichen mit einem Referenzgebäude (nach Gebäudeenergiegesetz). Zudem liegt der Transmissionswärmeverlust bei nur 55 % des Referenzgebäudes.

Ein zentrales Element für eine möglichst autarke Wärmeversorgung der Gebäude im geplanten Sondergebiet (i. F. Quartier) stellt daher als **Komponente 1 ein saisonaler Wärmespeicher** dar, der gegenüber dem Jahrestemperatur-Verlauf phasenversetzt Zugang zu einem Wärme- bzw. Kälte-Mittel über ein **Verteilnetz (Komponente 2)** bietet. Für die einzelnen Verbrauchstellen (Haus- und Etagen-Anschlüsse) besteht daran anschließend die Möglichkeit bzw. Anforderung mit einem hydraulischen Abgleich am Heiz- bzw. Kühlsystem eine individuelle Optimierung zu leisten. Damit wird ein Nachteil zentraler (i. d. R. HT-) Wärmenetze vermieden, bei dem auch weit von der Heizzentrale entfernte Anschlusspunkte eine garantierte Wärmezufuhr erfahren müssen, was zugleich ein Überangebot an den Nutzungsstellen auf dem Weg dorthin mitbringen kann.

In verschiedenen Bundesländern setzt sich als baurechtliche Vorgabe durch, mind. 60% der belegbaren Dachflächen für die Stromgewinnung mit Photovoltaik-Anlagen vorzusehen (PV-Pflicht). Auch aus Sicht der Energie-Effizient und mit Blick auf den Wartungsaufwand stellt sich eine Belegung der Dachflächen mit PV-Anlagen günstig gegenüber einer solar-thermischen auf bzw. an Gebäuden Nutzung dar. Im Folgenden wird daher darauf abgestellt, dass die auf den Dachflächen gewinnbare elektrische **PV-Energie als Komponente 3 für die Wärmenutzung** vorrangig für den Betrieb von Wärme-Pumpen der einzelnen Heizeinheiten genutzt werden soll (ggf. in Verbindung mit Batteriespeicher).

Wesentlich mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung insgesamt ist relevant, ob eine Insellösung für die Quartier-Wärmeversorgung realisiert werden kann, bei der PV-Strom der angeschlossenen Gebäude und Heizeinheiten physikalisch ohne Netzanbindung genutzt wird, was die mit einem Netzanschluss einhergehenden Folgegebühren und Umlagen als Kostenfaktoren für diesen Heiz-Strom (als Teilmenge des gesamten Bedarfs an elektrischer Energie im Quartier) vermeiden ließe.

Als weitere Ergänzung **(Komponenten 4)** kann z. B. als weitere Wärme-Quelle und Möglichkeit der Minimierung von PV-Strom in der Grundlast an den Saisonal-Speicher eine Solar-Thermische Anlage als Feld-Installation im Nahbereich des Saisonal-Speichers (als gemeinsame Energiezentrale) planungsrechtlich sinnvoll berücksichtigt werden, da diese in dieser Konstellation für Wartung gut zugänglich und mit Minimierung thermischer Verluste angebunden werden könnte. Für eine die PV-Anlage saisonal ergänzende Bereitstellung von elektrischer Energie können Klein-Windanlagen bis 50 m Bauhöhe und etwa 10 KW Leistung unter baurechtlicher Beurteilung in den Plan-Ansatz einbezogen werden.

Inwieweit zusätzlich Pufferspeicher oder ergänzende Energie-Quellen zur Abdeckung von Last-Spitzen, oder aus Gründen der Ausfallsicherheit erforderlich werden, muss in der vertiefenden Planungsphase erarbeitet werden, stellt sich aber mit Blick auf die Nutzung der geologischen Gegebenheiten des Quartier-Standortes wegen geringen Flächenbedarfs nachrangig dar.

Komponente 1: Räumliche und physikalische Dimensionen sowie konzeptionelle Aspekte saisonaler Wärmespeicher

Die *spezifische Wärmekapazität c* charakterisiert ein bestimmtes Material und bezieht sich auf eine feste Menge von üblicherweise einem Kilogramm, oder auf ein Volumen. Beispielsweise liegt die spezifische Wärmekapazität von flüssigem Wasser sehr günstig bei ca. 4,19 kJ / (kg K) und flüssiges Wasser kann mit Hilfe von bekannten technisch Verfahren in einem Speicherraum in sehr unterschiedlichen Größen zur Verfügung gestellt werden.

Grundsätzlich kommen verschiedene Bauformen in Frage, Energie in einem Wasser- bzw. wassergesättigten Volumen gezielt einzuspeichern oder zu entnehmen (Behälter, Erdbecken, Erdsonden und Aquifer-Speicher), die jeweils spezifische technische Anforderungen erfüllen, bzw. unterschiedliche Formen des Energietransfers bzw. Speicher-Medien nutzen. Die folgende Graphik (Abb. 11) erreicht allerdings eine Vergleichbarkeit anhand der Vereinheitlichung auf die rechnerische Größe eines „Wasseräquivalent-Volumens“ und verdeutlicht anhand verschiedener Forschungs- aber auch produktiv genutzten Anlagen aus dem europäischen Raum die Kosten-Struktur und System-Größen für die verschiedenen Anlagentypen.

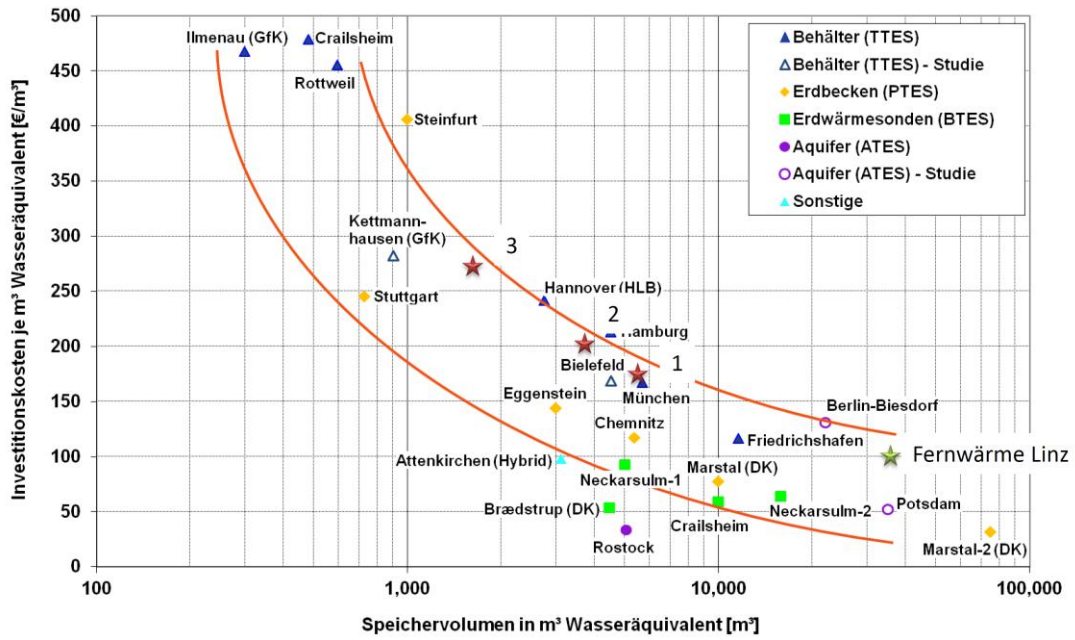


Abb. 11: Bau-Investitionskosten verschiedener Saisonal-Speicher-Typen in Relation zum ihrem energetischen Nutzvolumen[10]

Es zeigt sich, dass Erdwärme-Sonden, Aquifer-Nutzungen und Erdbecken hohe Kapazitäten mit ähnlichen vergleichbar niedrigen Baukosten (günstigenfalls etwa unter 100 EUR/m³) realisieren lassen, sodass diese anhand der Standort-Gegebenheiten überschlägig gegenübergestellt werden:

[10] OCHS, F. 2015: Optimierte Wärmespeicher für Nahwärmenetze. Innsbruck 2015

Erdsonden-Speicher müssen zum einen wegen der geringen spezifischen Wärmekapazität gegenüber Wasser und zum anderen wegen der geringeren Temperaturspreizung zum Einspeichern der gleichen Wärme ein 3- bis 5-faches Volumen gegenüber Wasserspeichern aufweisen. Als Vorteile eines Erdsonden-Wärmespeichers im Vergleich zum Wasserspeicher sind der geringere Bauaufwand und der modulare Aufbau mit Möglichkeiten zur nachträglichen Anpassung der Speichergröße z. B. an den Baufortschritt eines Wohngebietes hervorzuheben.

Im vorliegenden Fall kann die Kühllast rechnerisch in erster Näherung mit einem Sondenfeld erschlossen werden, dass mit einer geschätzten Entzugsleistung von 45 W/m ein Volumen von ca. 0,9 Mio. m³ erschließt. Technisch wären dazu rd. 340 Bohrungen von 100 m Tiefe in einem Bohrraster von 5 m zwischen den Bohrungen theoretisch geeignet. Mit Blick auf die geologischen Gegebenheiten, die günstige thermische Leitfähigkeiten erst unterhalb von 25 m erwarten lassen, würden sich die Aufwendungen entsprechend erhöhen. Baukosten rangieren geschätzt in der Größenordnung von 1,8 - 2 Mio. EUR.

Saisonale Aquifer-Wärmespeicher nutzen zur Wärmespeicherung natürliche Grundwasserleiter, die mindestens im Liegenden und günstigenfalls auch im Hangenden von geringdurchlässigen Gesteinen begrenzt werden. Die Wärme wird dabei über Brunnenbohrungen eingebracht und entnommen, d. h. das Grundwasser selbst dient als Wärmeträger. Eine Wärmedämmung des Speicherraums ist in diesen Tiefen nicht möglich. Die vergleichsweise großen Wärmeverluste lassen diesen Speichertyp regelmäßig unwirtschaftlich erscheinen. Zusätzlich sind die Anforderungen an die geologischen Eigenschaften im oberflächennahen Kontext selten in Summe erfüllbar – mittlere bis hohe hydraulische Leitfähigkeit bzw. Transmissivität, verbunden mit hohem Porenvolumen, stehen der Anforderung fehlendem bzw. geringen Durchfluss wenig vereinbar gegenüber. Als qualitative Gesichtspunkte dieser Grundwasser-Direktnutzung sind zu nennen, dass sich der Wasserchemismus aufgrund der Temperaturänderungen instabil entwickeln kann (verbunden mit technischen Nachteilen wie Ausfällungen, Korrosion oder Lösungserscheinungen, speziell tiefe Aquifere betreffend), dass ein Risiko eines stofflichen anthropogenen Eintrages in das natürliche Umfeld nicht ausgeschlossen werden kann und letztlich, dass die in einem Grundwasservorkommen möglicherweise etablierte Lebewelt den mit der Nutzung einhergehenden Temperaturen nicht angepasst gegenübersteht.

Am betrachteten Standort sind die Speichermöglichkeiten in den gut durchlässigen Sanden durch die vermutlich hohe laterale Drift ungeeignet und das Speichervolumen wegen der geringen wassergesättigten Mächtigkeit zu gering, um näher in die Betrachtung genommen zu werden. Die Möglichkeiten der Speicherung im tiefen Untergrund müssten separat geprüft werden, sind allerdings hoch-investiv und im wasserrechtlichen bzw. bergrechtlichen Genehmigungsverfahren als sehr aufwändig einzuschätzen.

Saisonale Heißwasserspeicher sind wegen ihrer Größe bisher selten (vor allem in Dänemark als große Becken mit trapezförmigen Querschnitten und aufschwimmender Dämmfolie in Betrieb). Stand der Technik zur saisonalen Wärmespeicherung Kies-Wasser-Wärmespeicher benötigen im Gegensatz zu reinen Wasserspeichern keine tragende Deckenkonstruktion, da der Lastabtrag über das korngestützte Gefüge gegeben ist. Um die gleiche Wärmemenge wie in einem Heißwasser-Wärmespeicher speichern zu können, muss das Speichervolumen

allerdings aufgrund der im Vergleich zu Wasser geringeren Wärmekapazität des Kies-Wasser-Gemisches um rd. 50% vergrößert kalkuliert werden.

Am Standort sind die Gegebenheiten für einen Speicher dieses Typs als grundsätzlich geeignet einzustufen, da die nicht wasser-gesättigten Sande allseitig eine für ein natürliches Substrat gute Isolationswirkung mitbringen (s.o.). Eine überschlägige Berechnung der Wärmekapizität bezogen auf die ästimierte Kühllast lässt die baulichen Dimensionen annähern und zeigt, dass die Kühllast von 1,5 MW mit ca. 250 h Nutzungsdauer und einem Temperatur-Gradienten von 45 Grad eingespeist werden kann.

Phys. Dimension saisonaler Wärmespeicher

Volumen, Wasser	10.000,00	m³
mittlere Speichermasse	9.926.960	kg
sWc, H2O	4,19	kJ/kg K
Wc, NT-Speicher	41.593.960	kJ/kg K
Δ_T	45	Grad

>> Theor. Thermische Energiemenge			
41.590	MJ/K	11.550	kWh/K
1.871.550	MJ	519.750	kWh
		520	**MWh**

>> Speichervorgang	
0,75	Wirkunggrad
250	Voll-Laststunden (entspricht 25 Hitzetagen)

Das zunächst nominell hoch wirkende Speicher-Volumen (10.000 m³) relativiert sich mit Blick auf die bautechnische Machbarkeit angesichts der im Gelände ohnehin zu bewegenden Massen (s.o.), wobei die Bauform des Speichervolumens den Anforderungen der Nutzung angepasst werden kann. Es ist mit Blick auf die bisher eingesetzten Grundflächenzahlen (GRZ) durchaus vorstellbar, Speicher an der Oberfläche thermisch isoliert auch unterhalb der Gebäude anzuordnen, wobei in Summe überschlägig schon bis zu 9.000m³ Speichervolumen WÄ als Wasser-Kies-Gemisch unter Verwendung des am Standort natürlicherweise vorherrschenden Sand-Kies-Böden statisch ohne Nachteile hergestellt werden können (9.000m² * 2m Tiefe * 50%).

Die im SE des Gelände bislang als Grünfläche dargestellte Fläche (rd. 4.500m² unter Einhaltung der Waldabstandsflächen) könnte mit einer GRZ von ebenfalls 0,4 und einer Ausbautiefe von 3 m bis 4 m das restliche erforderliche Speichervolumen erbringen. Eine Abdeckung weiterer Erdbecken-Speicher könnte dort sinnvollerweise statisch so konstruiert werden, dass die Fläche zusätzlich zur Energiegewinnung mit PV oder Solarthermie oder in anderer Weise genutzt wird. Denkbar ist z. B. der Einbau von Speicher-Körben, die befahrbare Konstruktionen erlauben, so dass freitragende Decken-Konstruktionen vermieden werden und zugleich Speicherkoeffizenten > 0,9 resultieren.

Als Dichtungsmaterial können alternativ zu den üblichen Folienabdichtungen Quellton-Matten empfohlen werden, ein Verbundbaustoff aus zwei Geotextillagen mit zwischenliegenden natürlichen Quelltonen. Diese haben den Vorteil, dass Leckagen durch Alterung o. ä. nicht in gleichem Maße auftreten können bzw. mechanische „Verletzungen“ oder Fehlstellen beim Verlegen (bei Folien durch Schweißen) durch den Quellvorgang selbstständig schließen. Die Lebensdauer der Speicher sollte damit 50 Jahre gegenüber regulär 20 Jahren erreichen.

Das genannte Volumen (10.000 m²) stellt somit eine Referenzgröße für die prinzipielle Machbarkeit aus planungstechnischer Sicht dar. Mit Größeren Temperatur-Differenzen Δ_T im Betrieb, die grundsätzlich denkbar sind, kann sich das tatsächlich erforderliche Volumen noch reduzieren. Andererseits ist es nach Auslegung einer solchen Anlage theoretisch konstruktiv möglich, auf dem Gelände ein Volumen bis 20.000 m³ unter Einhaltung der bislang formulierten Planvorgaben (GRZ) herzustellen, wenn auf der SE des Areals verzeichneten Grünfläche mit einer GRZ von 0,6 kalkuliert wird. Diesbezüglich verbleiben daher noch Freiheitsgrade für Anpassungen am Entwurf.

Die jährliche modellierte Niederschlagshöhe liegt standortbezogen (regionaler Bezugspunkt in 35 km Entfernung: Kiel Holtenau) bei ca. 580 mm/a (580 l/m²*a)[11]. Unter Ansatz der o.g. Dachflächen-Summe (rd. 9000 m²) und unter Nutzung von versiegelten Wegeflächen (rd. 4.250 m²; eine qualitative Aufarbeitung müsste ggf. vorgeschaltet werden) können rund 13.200 m² zur Gewinnung von Niederschlagswasser genutzt werden, die in Summe rd. 7.650 m³ Volumen in Ansatz bringen lassen, das zur Nutzung bzw. Behandlung eingeplant werden kann. Die Erst-Befüllung des Speichervolumens allein aus Niederschlagswasser würde demnach in der auf das Volumen bezogen größtmöglichen Ausführung rd. 1,3 Jahre in Anspruch nehmen, was dazu anregt, die Erst-Befüllung aus nahegelegenen Oberflächengewässer mittels fliegender Leitungsverbindung zu prüfen (Tatbestand der Gewässerbenutzung wäre zu klären).

Zur regenerativen Strom-Erzeugung werden in Anlage 2 rd. 765.000 kWh/a als Größenordnung genannt, die mit Photovoltaik auf Dachflächen gewonnen werden können. Für die Winter-Saison können von diesen jedoch nur rd. 140.000 kWh in Anrechnung gebracht werden, die zur Energieversorgung z.B. durch Wärmepumpen genutzt werden können. Nach unseren überschlägigen Berechnungen (s.u.) genügt dies nicht für eine vollständige Versorgung der Wärmepumpen. In Ergänzung mit 3 Kleinwindanlagen mit 10 kW Nennleistung, die in der Wintersaison eine hohe Wirkung erzielen, würde dieser Fehlbetrag dagegen mit hinreichender Sicherheit kompensiert.

Bei der Wahl eines geeigneten Anlagen-Typs ist auf Geräuscharmut und reduzierte Schatten-Wirkung zu achten. Daher können Rotoren mit vertikaler Achsen-Orientierung (z. B. Darrieus-, Flettner-, oder H-Rotoren) in Betracht kommen, die auch weitere Standort-Vorteile mitbringen: gut geeignet für instabile und turbulenten Anstrom-Verhältnisse, geringer Wartungsbedarf und im Vergleich mit horizontal gelagerten Windrädern oft geringere Schallemissionen, da die Geräusch-Entwicklung besonders vom Strömungsverhalten entlang der Rotorblätter abhängt (turbulente Ablösungen an den Flügel-Spitzen).

[11] https://www.meteoblue.com/de/wetter/historyclimate/climatemodelled/malente_deutschland_2874111

Der PV-Strom und sommerlich reduziert generierte Wind-Energie bieten im der Sommer-Saison (Mrz. – Okt.) dagegen genügend Potential für den Betrieb von Kühlsystemen, die den Saisonalen Erdspeicher wieder thermisch aufladen.

In dieser Konstellation kann die thermische Versorgung als Wärme-Kälte-Insel-Lösung phasenversetzt gegen über dem saisonalen Temperaturgang betrieben werden. Es ist allerdings damit zu rechnen, dass das System seine vollständige Wirkung bzw. Effizienz erst nach einer „Einschwingphase“ erreicht.

Betriebsmodell: Gegenüber saisonalem Temperaturverlauf phasenverschobene Speichernutzung unter Nutzung EE-Strom

						Voll-laststunden		
Winter	Wärmepumpen /"Heizstab"/ Pufferspeicher, etc.	30% der Wärmeleistung, da hohe Vorlauftempertur	360 kW	-180.000	kWh	500 h	Nov-Feb
		Summe Energigewinnung Winterbetrieb (PV+Wind); ggf.zusätzlich E-Speicher für Lastausgleich		200.000			
				20.000			
Sommer	Kühlsysteme / Wärmepumpen	Kühlung im Sommer und Wärmeleistung für Wiederaufladung des Saisonalspeichers	500 kW	-600.000	kWh	1200 h	Mrz.-Okt.
		Summe Energigewinnung Sommerbetrieb (PV+Wind); ggf.zusätzlich E-Speicher für Lastausgleich		655.000			
				55.000			

FAZIT: Autarke Wärme-Inselversorgung bei "eingeschwungenem" System mit Standort-Ressourcen möglich

Mit der folgenden tabellarischen Übersicht wird der durch verschiedene weitere Nutzungskomponenten Energiebedarf überschlägig dargestellt. Die hierbei getroffenen Annahmen müssen im Verlauf der weiteren Planung anhand von Lastkurven für die unterschiedlichen Verbrauchsklassen verifiziert werden. Trotzdem zeigt die Zusammenstellung, dass grundsätzlich rd. 1,5 MW Leistung und bzw. rd. 2,2 MWh Energiebezüge über die Netzanbindung zu einem EVU sichergestellt werden müssen.

E-Fahrzeuge	500 kW	600.000 kWh	1200 h
Haushaltsstrom	10 kW	24.000 kWh	2400 h
Handelsflächen	50 kW	120.000 kWh	2400 h
Pflegewohnen	250 kW	600.000 kWh	2400 h
Pflegefachschule	120 kW	216.000 kWh	1800 h
Redundanzen / Heißwasser /HT-Pufferspeicher, o.ä.	500 kW	600.000 kWh	1200 h
	1.430 kW	2.160.000 kWh	
	1,5 MW	**2.160 MWh**	

Trotz der in dieser Übersicht formulierten Schätzungen und damit einhergehenden Unsicherheiten, die im weiteren Fortgang des Projektvorhabens über die Ausarbeitung eines mit technischer Ausführungsplanung flankierten Energiekonzeptes angepasst und überprüft werden müssen, erscheint als Fazit grundsätzlich realistisch eine energie-autarke Wärme- und Kälte-Versorgung für das Quartier ins Auge zu fassen. Zusätzliche Sicherheit bieten System-Komponenten als Energie-Quellen die ergänzend eingesetzt werden können (z.B. Solarthermie, weiterer Windstrom, Freiflächen-PV), die im Bedarfsfall zusätzlich zur Autarkie beitragen können und daher im Aufstellungsbeschluss grundsätzlich Berücksichtigung finden sollten.

4.3 Möglichkeiten zur dezentralen Versickerung von Niederschlagswasser

Nachweis nach ATV 138[12]

Die Möglichkeiten zur dezentralen Versickerung sind den Befunden in Kap. 3.3 gemäß grundsätzlich gegeben. Zur rechnerischen Prüfung wurde als Lastfall eine reine Flächenversickerung gewählt, da bei den zu erwartenden positiven Ergebnis alle weiteren einschlägigen technisch Lösungen (die ein Zwischenspeicher-Volumen berücksichtigen) mindestens genauso geeignet sind. Diese können im Zuge der Entwässerungsplanungen für

[12] Arbeitsblatt DWA-A 138 - Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - April 2005; Stand: korrigierte Fassung März 2006

einzelne Gebäude u. U. eingesetzt und exakt dimensioniert werden, sofern keine Brauchwassernutzung oder thermische Nutzung wie beschrieben den Vorzug erhält.

Das Berechnungsergebnis für ein Starkregen-Ereignis mit 10-jähriger Wiederholungshäufigkeit zeigt, dass unter Ansatz eines durchschnittlichen Durchlässigkeitsbeiwertes von $k_f = 5*10^{-4}$ unter 700 m² für die Versickerung des aus der gesamten versiegelten Fläche (13.200 m²) benötigt werden. Da diese bauwerksbezogen auf dem Areal verteilt zur Verfügung stehen, kann der Nachweis den Anforderungen der Vorplanung entsprechend als erbracht gelten (vgl. Anlage 3).

Versickerungsfläche	A_S	669,90	m²
Errechnete erforderliche Netto-Versickerungsfläche	$A_{S,fv,erf}$	669,90	m²
Regenspende für die Dauer D und die Häufigkeit n	r_{Dn}	286,407	l/s*ha
Dauer des Bemessungsregens	D	10,000	min
Überschreitungshäufigkeit des Bemessungsregens	n	0,100	1/a
Jährlichkeit des Bemessungsregens	a	10,000	1
Zufluss	Q_{zu}	0,33495013	m³/s
Versickerungsrate	Q_s	0,33495013	m³/s

Eine Vorbehandlung des für die Versickerung anstehenden, auf Dach- und Verkehrsflächen generierten Wassers ist in Abwägung der Belastungssituation und Reinigungswirkung in der Bodenpassage ausweislich der Anwendung des Regelwerkes (vgl. Anlage 3) zwar nicht erforderlich[13], wird aber für den Anteil, der auf Verkehrsflächen entfällt aus Gründen des allgemeinen Grundwasserschutzes empfohlen.

4.4 Ingenieurgeologische Detailerkundung und Gründungsberatung

Wie in Kapitel 3.3 beschrieben, liegen bereits grundsätzliche Erkenntnisse zum Baugrund vor. Anhand der ersten Entwürfe zur Gebäude-, Anlagen-, und Infrastrukturplanung können für diese spezifisch ergänzende Untersuchungen anberaumt werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand wird die Erkundung mit Blick auf den Lasteintrag wesentlich mit Rammsondierungen und nachgeordnet Rammkernbohrungen geleistet werden können. Auf dieser Datengrundlage können die Gründungssysteme entsprechend angepasst werden und Hinweise zur Bauausführung (Baugrube, Böschungen, Verbauten, etc.) erarbeitet werden.

Bezogen auf die in Kapitel 4.2 beschriebenen Speicher-Anwendungen ist ein gleichförmiges Setzungsverhalten im Bereich der Abdichtungssysteme besonders wichtig, damit Dehnungen durch etwaige ungleichmäßige Setzungen in Folge veränderlicher Lasten je nach Füllstand der Systeme, für die Dichtmaterialien zulässige Zuglasten nicht erreichen bzw. überschreiten. Ein Austrocknen der Dichtungssysteme sollte vermieden werden (dieses ist aber wegen der dauerhaften Füllung nicht zu erwarten).

[13] Merkblatt DWA-M 153 - Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser - August 2007; Stand: korrigierte Fassung Dezember 2020

5. Fazit

Mit dem vorliegenden Fachbeitrag sind die geologisch- /hydrogeologischen Gegebenheiten im Geltungsbereich des Entwurfs für den Bebauungsplan Malente Nr. 101 beschrieben und mit Blick auf die angestrebte Nutzung diskutiert worden. Es zeigt sich, dass wesentliche konzeptionelle, speziell klimapolitische Zielsetzungen und Ideen des bisher vorliegenden Entwurfs unter den gegebenen geogenen Voraussetzungen umgesetzt werden können.

Im Zuge der Überprüfung der Standort-Potentiale konnten verschiedenen Komponenten der Energie- und speziell der Wärme- bzw. Kälte-Versorgung abgewogen werden und münden in einen ersten konzeptionellen Vorschlag für eine integrale und autarke energetische Versorgung des Plangebietes als Quartier-Lösung über ein speicher-basiertes Niedertemperatur-Nahwärme-Netz.

Es wird empfohlen, diese Vorschläge im Abgleich mit weiteren Vorplanungen in einer Beschlussvorlage zu berücksichtigen, damit die bauplanungsrechtlichen Voraussetzungen für eine bauliche Umsetzung geschaffen werden können. Speziell bedürfen verschiedene Komponenten der Erwähnung bzw. textlichen Beschreibung und ggf. planerischen Darstellung (Saisonale thermische Speicher, Niedertemperatur-Nahwärme-Netz, PV-Nutzung der Dachfläche, solar-thermisches Kollektorfeld, Klein-Wind-Anlagen mit vertikaler Achsen-Orientierung bis max. 50 m Höhe), damit diese in der zum Bebauungsplan-Verfahren zeitlich parallel vorgesehenen energietechnischen Machbarkeitsprüfung und fortzuschreibenden Planung bzw. Ausführungsplanung berücksichtigt werden können und zuvor grundsätzlich bauplanungsrechtlich abgesichert sind.

In erster Näherung werden mit dem oben skizierten Vorschlag wesentliche genehmigungsrechtliche Sonderthemen vermieden, was zur Vereinfachung der Verfahrensbelange beitragen kann:

- Wasserrechtliche Themenstellungen entstehen in der Dauernutzung nicht, da mit der Wärmespeicherung keine Gewässerbenutzung angestrebt wird und keine nachteiligen Einflüsse auf das Schutzgut Wasser bzw. Grundwasser befürchtet werden müssen. Das Vorhabengebiet befindet sich zudem außerhalb geltender oder geplanter Trinkwasser-Schutzgebiete. Lediglich wäre zu prüfen, ob eine Erstbefüllung der Speichersysteme aus räumlich nahegelegenen Oberflächengewässern geleistet werden darf.

  Nur für eine etwaige initiale Befüllung des o. g. Wärmespeicher-Volumens kann einmalig eine Gewässerbenutzung in Betracht kommen. Für diese temporäre Nutzung wäre ggf. zu prüfen, ob eine separate wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich ist, oder ob die Entnahme aus dem Oberflächengewässer im Einvernehmen mit der Unteren Wasserbehörde im Zuge des Bauantragsverfahrens geregelt bzw. erlaubt werden kann.

- Der Geltungsbereich des BBergG wird nicht berührt, da mit den vorgeschlagenen energetischen Anlagen nicht in entsprechende Tiefen eingegriffen werden soll (wäre ggf. erforderlich bei Nutzung mitteltiefer Erdsonden, etc.).

- Bei der optionalen Nutzung von Windenergie kann der Anlagen-Typ so gewählt werden, dass wesentlich baurechtliche Fragestellungen relevant werden und keine Zulassung nach BImSchG erforderlich wird.

Grundsätzlich wird empfohlen, in Vorgesprächen mit der Bau-Behörde anhand einer Entwurfsfassung möglichst frühzeitig zu klären, ob behördlicherseits die Berücksichtigung weiterer Themen- bzw. potenzieller Konfliktfelder gesehen werden, damit diesen u.U. parallel zum Verfahren mit ergänzenden Stellungnahmen oder Fachbeiträgen nachgegangen werden kann.

Marburg, den 20.04.2023

Dipl.-Geologe F. Diederich

Nachtrag vom 26.03.2025:

Aktualisierter B-Plan-Entwurf vom 01.03.2025 (Abb. 1)