

Prof. Dr.phil. Josef Lueger

InGEO Institut für Ingenieurgeologie
Ingenieurbüro für Techn. Geologie lt. GewO
Gerichtlich zertifizierter Sachverständiger
Eingetragener Mediator gem. ZivMediatG
für Bau | Planung | Umwelt | Wirtschaft

✉ Geigenberg 6
A-3243 St. Leonhard am Forst
Österreich

☎ +43 2756 70394
+43 676 7105416

buero@ingeo.at | www.ingeo.at

UID-Nr. ATU18759804
Bankverbindung: PSK
BIC: BAWAATWW
IBAN: AT286000000002103383

**Untersuchung von Untertagebauten
im Schlossberg Neulengbach
aus geologischer Sicht**

VORABZUG

Auftraggeber: 4ward Energy Research GmbH
Reininghausstraße 13a
8020 Graz

Bearbeiter: Dr. J. Lueger

GZ. 46718 St. Leonhard am Forst, 30.05.2018

Inhalt

1	ALLGEMEINES.....	3
1.1	Auftrag.....	3
1.2	Ausgangssituation	3
1.3	Zielsetzung.....	3
2	VORHABEN	4
2.1	Optionen mit Kaverne	4
2.1.1	Eckdaten der Kaverne	4
2.1.2	Hohlraumbau	5
2.1.3	Monitoring, Beweissicherung	6
2.2	Option 5 – Tiefenbohrungen zur thermischen Nutzung.....	6
3	GEOWISSENSCHAFTLICHE GEGEBENHEITEN	6
3.1	Geomorphologie	6
3.2	Geologische Situation.....	6
3.2.1	Baugeologische Beschreibung	8
3.2.2	Tektonik und Trennflächengefüge.....	8
3.2.3	Erdöl, Erdgas.....	9
3.2.4	Petrophysikalische und geotechnische Gebirgseigenschaften.....	9
3.2.4.1	Dichte und Wichte	9
3.2.4.2	Gebirgsklassifikation für Kavernenbau	10
3.3	Hydrogeologie	10
3.3.1	Wasserdurchlässigkeit.....	10
3.3.2	Grundwasserspiegel und -strömungsrichtung.....	10
3.3.3	Grundwasserneubildung.....	11
3.4	Geothermie	11
3.4.1	Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Temperaturleitfähigkeit.....	11
3.4.2	Thermodynamische Eigenschaften des Wassers.....	14
3.4.3	Spezifische Entzugsleistung von Erdwärmesonden.....	15
4	HINWEISE ZU STATISCHEN ANFORDERUNGEN AN EIN BAUWERK IM BERG.....	16
4.1	Sprengungen, Erschütterungen	16
4.2	Senkungen, Setzungen, Winkelverdrehungen	17
5	ABSCHÄTZUNG VON AUFWAND/KOSTEN FÜR ETWAIGE UNTERTAGEARBEITEN.....	19
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	21
6.1	Empfehlungen für Standorte von Probebohrungen	21

6.2	Explosionsrisiko durch Erdgas	21
6.3	Geotechnische Anforderungen zur Stabilisierung der Burg bei der Errichtung der Kaverne	21
6.3.1	Sprengungen, Erschütterungen	21
6.3.2	Senkungen, Setzungen, Winkelverdrehungen.....	22
6.4	Möglichkeiten zur Speicherung von Energie im Schlossberg Neulengbach	23
6.4.1	Container-Räume für Großbatterien	23
6.4.1.1	Alternativvorschlag	23
6.4.2	Wasserspeicher in Kaverne neben der Hochburg.....	24
6.4.2.1	Alternativvorschläge	24
6.4.3	Tiefenbohrungen zur thermischen Nutzung (Gesteinswärmespeicher, Grundwasserspeicher)	25
6.5	Kombinierte Kavernennutzung	26
7	ZUSAMMENFASSUNG	27
8	VERZEICHNISSE	29
8.1	Abbildungsverzeichnis.....	29
8.2	Tabellenverzeichnis.....	29
8.3	Beilagenverzeichnis.....	29
9	VERWENDETE GRUNDLAGEN	30
	BEILAGEN.....	33

1 ALLGEMEINES

1.1 Auftrag

Werkvertrag vom 20.03.2018 mit dem Auftrag, Leistungen im Zuge des Projektes „Smarte Speicherstadt“ im Rahmen des FFG-Programmes „Smart Cities - 8. Ausschreibung“ (FFG-Nr. 858891) zu erbringen.

Aufgabenstellung, Zielsetzung sowie Arbeitsschwerpunkte sind in Anlage 1 meines Angebots vom 20.03. 2018 definiert und werden im Folgenden wiedergegeben:

1.2 Ausgangssituation

Ziel des Projekts „Smarte Speicherstadt“ (FFG-Nr. 858891) ist die Konzeption und Vorbereitung von Umsetzungen, in dem für die Stadt Neulengbach die stabilisierenden Eigenschaften eines medienübergreifenden intelligenten Speichersystems zur Schaffung von Flexibilitäten in Niederösterreich, als Bundesland mit der höchsten installierten Windkraftleistung, aufgezeigt werden. Dazu sollen zum einen die Daten des Verbrauchs und der erneuerbaren Erzeugung analysiert und die Möglichkeiten zur Bereitstellung/Nutzung von Flexibilitäten für Wärme und Strom erarbeitet werden. Hierbei verfolgt das Projekt neuartige Methoden der Partizipation und Aktivierung der Bevölkerung hinsichtlich der Teilnahme an technischen Innovationen. Am Ende des Sondierungsprojektes steht somit eine mit der Bevölkerung abgestimmte Roadmap samt ausgearbeiteter Umsetzungsmaßnahmen als Aktionsplan zur Verfügung, welche in den nächsten Jahren durch verschiedene Finanzierungs- und Betreibermodelle in Neulengbach realisiert werden sollen.

Im Zuge des Projekts soll auch eine Machbarkeitsstudie zu etwaigen Untertagebauten im Schlossberg durchgeführt werden.

Darüber hinaus sollen auch etwaige Kombinationen auf ihre Machbarkeit hin überprüft werden.

1.3 Zielsetzung

Zu den im Kapitel 1.2 2 genannten 5 Optionen sollen folgende Punkte aus geologischer Sicht untersucht werden:

- Möglichkeiten zur Speicherung von Energie im Schlossberg Neulengbach,
- Informationen über den geologischen Zustand des gesamten Schlossberges Neulengbach,
- Abschätzung von Aufwand/Kosten für etwaige Untertagarbeiten aufgrund allgemeiner Erfahrungen,
- Hinweise zur statischen Anforderungen an ein Bauwerk im Berg,

- Geotechnische Anforderungen zur Stabilisierung der Burg (Hochburg, Vorwerk, Schlössl) bei Tätigkeiten im Untergrund,
- Untersuchung der Wärmespeicherefähigkeit des Untergrunds,
- Empfehlungen für Standorte von Probebohrungen bei Realisierung von Bauwerken.

Zur Erreichung des Projektergebnisses ist eine enge Zusammenarbeit – insbesondere Informationen über das Ausmaß der in Aussicht genommenen Baumaßnahmen – mit dem Auftraggeber erforderlich.

2 VORHABEN

Im Zuge des Projekts sollen folgende Optionen und eventuell Kombinationen davon untersucht werden:

1. Tiefgarage mit 300 Stellplätzen zwischen Vorwerk und Schlössl
2. Kavernenspeicher daneben/unter der Hochburg
3. Container-Räume für Großbatterien
4. Salzwassersee im Untergrund
5. Tiefenbohrungen zur thermischen Nutzung

Soweit mir mitgeteilt wurde, gibt es erst zur Option 1 konkretere Vorstellungen, die im Rahmen einer Machbarkeitsstudie aus dem Jahr 2001 von ILF untersucht wurden [10].

2.1 Optionen mit Kaverne

Die Optionen 1 bis 4 können in Form einer Kaverne verwirklicht werden.

2.1.1 Eckdaten der Kaverne

Als Grundlage für meine weitere Bearbeitung gehe ich vorläufig davon aus, dass diese Kaverne entsprechend der Machbarkeitsstudie von ILF mit folgenden Eckdaten ausgeführt wird:

Art:	Kaverne mit 3 Etagen in bergmännischer Bauweise im Schlossberg
Lage:	unter dem Schlossgelände, parallel zum Westflügel des Schlossgebäudes Ein Lageplan liegt nicht vor. Die ungefähre Lage wurde anhand der textlichen Beschreibungen von ILF ([10], Kap. 2) und der Angaben von DI Lothar Rehse ([17]) rekonstruiert und in Beilage 3 dargestellt.
Länge:	182 m
Lichte Weite:	16 m

Lichte Höhe	13 m
Horizontaler Mindestabstand der Kaverne zum Schlossgebäude:	rund 10 m
Mindestüberlagerung:	rund 14 m
Höhenlage:	Der für die Höhenlage der Kaverne maßgebende Einsatzpunkt befindet sich in der Einmündung des südlichen Ausgangs in den Hauptplatz, mit einer Höhe von 261,40 m ü.A. Unter Einhaltung der maximalen Längsneigung von 4,8% erreicht man die mittlere Ebene auf einer Höhe von 257,45 m ü.A. Der Schnittpunkt der Kavernenachse mit der Achse des südlichen Stollens für Fußgänger liegt auf derselben Höhe von 257,45 m ü.A. und bildet den Einsatzpunkt für die Höhenführung der mit 2% Längsneigung nach Norden ausgeführten Kaverne.
Höhe Portal Zufahrt Süd:	259,50 m ü.A.
Höhe Portal Zufahrt Nord:	240,29 m ü.A.
Näheres siehe ILF-Machbarkeitsstudie ([10], Kap. 2).	

2.1.2 Hohlraumbau

Entsprechend der ILF-Machbarkeitsstudie soll der Kavernenbau wie folgt durchgeführt werden:

Bergmännische Abschnitte

Verfahren: Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT), Baggervortrieb, Fräse, Sprengarbeiten (bei festerem Gestein)

Auffahrung: Kalotte, Strosse

Ausbruchs-Querschnittsflächen

Kaverne: Erstausbuch: 150 m²
Vollquerschnitt: 210 m²

Zufahrtstunnel: 52 m²

Ausgänge: 13 m²

Querschlag: 10 m²

Ausbau: 15-25 cm starke, mit Baustahlmatten bewehrte Spritzbetonschale, sowie systematische Ankerung mit SN-Anker. Die Stärke der Spritzbetonschale, sowie die Ankerdichte wird auf die geotechnischen Messungen abgestimmt.

In oberflächennahen Bereichen (Verwitterungszone bei Zufahrtstunneln, Schächten und Ausgängen) zusätzlich Innenschale mit Abdichtungssystem

Offene Bauweise, Trog, Portalbauwerke

Verfahren: Stahlbetonkonstruktion in Baugrube, Aushubböschungen, mit Spritzbeton und Ankerung gesichert

Vortriebsab- Anschlag beim Nordportal – Zufahrtstunnel Nord – Teilausbruch Hauptkaverne
folge: (bis auf Sohlniveau der Zufahrts-/Ausfahrtstunnel, mit Gesamtquerschnitt von 150 m²) – Zufahrtstunnel Süd – Ausgänge zum Hauptplatz, zur Wiener Straße und Querschläge zu Liftschächten – zuletzt Vollausbruch Hauptkaverne

Näheres siehe ILF-Machbarkeitsstudie ([10], Kap. 6). Ungefähre Lage siehe Beilage 3.

2.1.3 Monitoring, Beweissicherung

Für eine Beweissicherung der Bebauung ist vor Baubeginn eine Rissaufnahme in den betroffenen Bauwerken erforderlich. Während der Bauarbeiten werden die Oberflächensetzungen laufend durch ein flächendeckendes Nivellement kontrolliert. Die Sprengerschütterungen werden durch Schwingungsmessungen überprüft. ([10], S. 15).

2.2 Option 5 – Tiefenbohrungen zur thermischen Nutzung

Konkrete Planungen liegen noch nicht vor. Zur allgemeinen Information siehe Kapitel 3.4 Geothermie, insbesondere Kapitel 3.4.3, zu Ausführungsoptionen Kapitel 6.4.3 und 6.5.

3 GEOWISSENSCHAFTLICHE GEGEBENHEITEN

3.1 Geomorphologie

Der Schlossberg bildete eine auffallende Erhebung knapp 1 km südlich der Vereinigung von Anzbach und Laabenbach. Der Neulengbacher Hauptplatz liegt zwischen ca. 256 m ü.A. und 262 m ü.A., die Burg erhebt sich auf einem Geländeniveau von ca. 282 bis 289 m ü.A. Die Hangneigungen betragen bis ca. 100% [1].

3.2 Geologische Situation

Siehe dazu geologische Karte in Beilage 1.

Nach der geologischen Karte 1:200.000 [20] liegt das Projektgebiet am Südrand der allochthonen („subalpinen“) Molasse, unweit vom Nordrand der Rhenodanubischen Flyschzone. Letztere wurde im Zuge der alpidischen Gebirgsbildung über die Molasse geschoben und hat diese tektonisch verformt.

Markantestes Schichtglied ist das Buchberg-Konglomerat (Eggenburgium), das vom gleichnamigen Berg nordöstlich von Neulengbach gegen die Hohe Warte bei Rappoltenkirchen zieht und auch den Schlossberg von Neulengbach aufbaut. Die Hauptmasse der Konglomerat-Gerölle bilden harte, braune und blaugraue Kalksandsteine. Nicht selten sind auch Kalkgeschiebe in der Art der dunklen Muschelkalke ([33]; S. 77-78). Bindemittel ist eine fein- bis grobkörnige Sandmatrix. Das Buchberg-Konglomerat verzahnt lateral mit dem ungefähr gleichalten Haller Schlier. Der vollmarine Haller Schlier und (seine sandreichen) Äquivalente bestehen meist aus mergeligen Schluffen mit unterschiedlich mächtigen Einschaltungen von Fein- bis Mittelsanden, die z.T. zu Sandstein verhärtet sind.

Südlich des Schlossberges treten unterhalb des Buchberg-Konglomerats liegende ältere Sedimentgesteine aus dem Egerium zutage. Es handelt sich dabei um tonig-schluffige und tw. verfestigte sandige Ablagerungen bis hin zu Konglomeraten. Die unterschiedlichen Sedimente sind im Projektgebiet in der geologischen Karte nicht getrennt ausgewiesen. Östlich des Schlossberges, schon jenseits des Anzbaches tritt ein Bestandteil dieser Schichtengruppe zutage, nämlich das Ollersbach-Konglomerat. Es handelt sich dabei um eine grobklastische Einschaltung innerhalb der allochthonen („subalpinen“) Molasse. Das Quarz- und Kristallinkonglomerat mit sandiger Matrix führt überwiegend z.T. sehr große Granitblöcke, untergeordnet aber auch solche aus Sandstein. U.a. dadurch ist es vom Buchberg-Konglomerat, welches keine Kristallin-Komponenten führt (vgl. [8], S. 514), gut zu unterscheiden.

Jenseits der Überschiebungslinie südlich des Schlossberges stehen Flysch-Gesteine der Wolfpassing-Formation und Nordzone (dunkler, manchmal auch rötlicher dünnbankig-schiefriger Flysch, z.T. quarzitischer, stark zu Rutschungen neigend) aus der Unter-Kreide bis untersten Ober-Kreide sowie der Altengbach-Formation (kalkhaltiger Quarzsandstein, Ton- und Mergelstein) aus der Oberkreide bis Paläozän an.

Die Talböden von Laabenbach und Anzbach sind von nacheiszeitlichen Kiesen und Auelehmen erfüllt. Die Talränder werden vielfach von altpleistozänen Kiesen und Sanden, tw. von Löss und Lehm überdeckt, begleitet.

In der Machbarkeitsstudie von ILF ([10], S. 11) wird folgender geologischer Überblick gegeben:

„Der Neulengbacher Schloßberg (...) wird zur Gänze von einem gebankten bis massigem Konglomerat der Molassezone aufgebaut. Die Bankungsflächen streichen bei mittlerem, gegen SSE gerichtetem Schichtfallen, WSW-ENE. Die Mächtigkeit der auflagernden Lockergesteinsbedeckung schwankt zwischen 0 und maximal einigen Metern. Etwa 100 m südlich der Schloßbergkuppe verläuft entlang einer schmalen Sattelstruktur die WSW-ENE streichende, mittelsteil gegen SSE fallende Aufschiebungszone des Flysches (Greifensteiner Teildecke) auf die Molassezone Niederösterreichs. Im Bereich dieser tektonischen Struktur ereigneten sich in historischer Zeit starke Erdbeben. So zum Beispiel im Jahre 1590, als ein auf die Stärke 9 nach der Mercalli-Sieberg Skala geschätztes Beben, Neulengbach fast vollständig zerstörte. Gemäß der in der ÖNORM B 4015-1

auf Seite 13 befindlichen Karte, liegt Neulengbach in der Bebenzone 4 und somit in einem Gebiet, das die höchste in Österreich vorkommende Erdbebengefährdung aufweist.“

3.2.1 Baueologische Beschreibung

Das den gesamten Schlossberg aufbauende Buchberg-Konglomerat war ursprünglich ein von Schottern aufgebautes Flussdelta, das zu miozäner Zeit (ca. 20 Mio. Jahre vor heute, vgl. [14]) im Molassemeer abgelagert wurde. Gegenwärtig sind diese örtlich von geringmächtigen tonig-schluffigen Horizonten durchzogenen Schotter mit quarzitischem bzw. karbonatischem Bindemittel verkittet, das stark ton- bzw. sandhältig ist. Der Durchmesser des gerundeten Grobkorns schwankt großteils zwischen 15 und 30 cm und macht über 50 Volumsprozent des gesamten Gesteinsvolumens aus. Im Buchberg-Konglomerat besteht das Geröllspektrum vorwiegend aus Flyschkomponenten (v.a. kieselige Kalksandsteine) und vereinzelt Kalkgeröllen. Das undeutlich geschichtete bis massige Konglomerat ist überwiegend angewittert, örtlich mäßig bis stark verwittert (vor allem im oberflächennahen Bereich). Bei Wasserzutritt bleibt die hohe bis mittlere Gesteinsfestigkeit des Konglomerats unverändert (aus [10], S. 11). Nach ILF treten im Buchberg-Konglomerat untergeordnet Granitblöcke auf. Nach Kartierungsberichten fehlen hingegen jegliche Kristallinkomponenten; auch Quarz- und Quarzitgerölle fehlen im Gegensatz zum Ollersbach-Konglomerat fast völlig (Quelle: [8], S. 514).

3.2.2 Tektonik und Trennflächengefüge

Im Zuge der alpidischen Gebirgsbildung wurde die Rhenodanubische Flyschzone auf die nördlich davor liegende Molassezone überschoben. Durch die Auflast und den Andruck der alpin-karpatischen Decken wurde auch die Molasse selbst in das tektonische Geschehen einbezogen und verformt. Vor allem im Ostabschnitt wurde die Molasse durch den Anschub der Flyschdecken von ihrer Unterlage losgelöst und in Schuppen vor der Flysch-Stirn angeschoppt. Im Bereich Neulengbach wurden Schubkörper, u.a. das den Schlossberg aufbauende Buchberg-Konglomerat verfalltet, verschuppt und teilweise über jüngere Gesteinsschichten geschoben. Die Schichtfolge ist durch diese Vorgänge stark gestört (vgl. [36], S. 67).

Nach ILF ([10], S. 11-12) sind folgende **Trennflächen** zu erwarten:

Weitständige, lediglich undeutlich ausgebildete Bankungsflächen:

Diese Flächen streichen bei mittelsteilem SO-Fallen ca. WSW-ONO und schneiden die geplante Bauwerksachse (vgl. Kapitel 2) im spitzen Winkel. Die Persistenz, sowie die Öffnungsweiten dieser sedimentären Anlagerungsflächen sind gering. Bindige Trennflächenfüllungen sind nicht zu erwarten.

Parallel zu den Hauptstörungsflächen verlaufende tektonische Trennflächensysteme (TTF1 und TTF2):

Die Streichrichtung des steilstehenden TTF1 schwankt zwischen NNW-SSO und NW-SO. An der Typlokalität des Buchberg-Konglomerats wurde an einer Fläche des TTF1 ein ONO-Fallen festgestellt.

Das ebenfalls steilstehende TTF2 streicht NNO-SSW bzw. NO-SW. Die Fallrichtung des TTF2 weist im nahe Neulengbach gelegenen Steinbruch Schloßstall nach WNW.

Der Durchtrennungsgrad der Flächen beider Trennflächensysteme variiert bei einem Abstand im unteren Meterbereich zwischen mäßig und hoch. Im Gelände wurden Öffnungsweiten von bis zu 5 mm und vereinzelt schluffig-sandige Kluffüllungen beobachtet.

Das TTF1 schneidet die Bauwerksachse spitzwinklig, das TTF2 ist parallel bis subparallel zur Kaverneachse orientiert.

3.2.3 Erdöl, Erdgas

VETTERS (1921 [32]; S. 181) berichtet über Ölsuren und „deutlichen Ölgeruch“ in einem Brunnen nahe der Bahn-Haltestelle Anzbach-Hofstatt. Nach seinen Beobachtungen sei „eine Verunreinigung von außen her ausgeschlossen und auch ein unterirdisches Zusickern aus einem entfernteren oberflächlichen Einsickerungsort nicht anzunehmen. – Auch die Beschaffenheit des Öls war, soweit sie bei diesen Spuren zu erkennen war, die von Rohöl“.

Das Buchberg-Konglomerat wird als „Kohlenwasserstoff-Speichergestein“ angesehen und in der Publikation „Erdöl und Erdgas in Österreich“ referiert. Auch die von VETTERS berichteten Oberflächenanzeigen werden dort (allerdings ohne Quellenangabe) zitiert ([5], S. 335, 349). In der gestörten Molasse, in dem das Projektgebiet liegt, wird über einige kleine Erdölvorkommen ([34]; S. 71) und ein kleines Erdgasvorkommen in der Nähe von Neulengbach [35] berichtet.

3.2.4 Petrophysikalische und geotechnische Gebirgseigenschaften

3.2.4.1 Dichte und Wichte

Dichte und Wichte sind abhängig vom Mineralbestand und Gefüge des Gesteins. Die Hauptminerale des Buchberg-Konglomerats sind Quarz mit einer Reindichte von 2650 kg/m³ und Calcit von 2700 kg/m³. Bei Dichte- und Wichteangaben von Festgesteinen muss streng unterschieden werden zwischen Gestein (mit Poren und Porenfüllung) und Fels- bzw. Gebirgswerten unter Berücksichtigung der Klüftung, der Verwitterung und der Gebirgsauflockerung ([15], S. 27 u. 29).

PRINZ & STRAUB (2011 ([15], S. 29) geben für die Wichte (γ) von Sandstein folgende Anhaltswerte:

	Wichte	(umgerechnet auf Dichte)
Gesteinswert:	26-27 kN/m ³	(ca. 2624-2725 kg/m ³)
Unverwitterter Fels:	24 kN/m ³	(ca. 2421 kg/m ³)
Anwitterungszone:	20-24 kN/m ³	(ca. 2018-2421 kg/m ³)

BÖLCSKEY et al. (2014 [3], S. 33) nennen für Beton eine Dichte von 2000-2600 kg/m³. Das entspricht einer Wichte von 19,8 bis 25,8 kN/m³.

FECKER & REIK (1996 [7], S. 84) geben für Konglomerat eine Dichte von 2550-2650 kg/m³ an. Das entspricht einer Wichte von 25,3 bis 26,3 kN/m³.

Nach diesen Angaben ist für das Buchberg-Konglomerat im oberflächennahen, geklüfteten und angewitterten Bereich eine Wichte um ca. 22-23 kN/m³ bzw. eine Dichte um 2220-2320 kg/m³ anzunehmen.

3.2.4.2 Gebirgsklassifikation für Kavernenbau

Aufgrund der bisher vorliegenden Informationen kann das Buchberg-Konglomerat nach der Klassifikation von SPAUN (zit. in FECKER & REIK 1996 [7], S. 380-381) wie folgt klassifiziert werden:

Gestein: Konglomerat, enger geklüftet bzw. gebankt oder stärker angewittert, lagenweise oder bereichsweise entfestigt
Klasse: IVa bis IVb
Bezeichnung: gebräch bis sehr gebräch (besonders unterhalb des möglicherweise anzutreffenden Grundwasserspiegels)

Für das allenfalls im unteren Bereich angetroffene Liegende (Schlier etc.) kann derzeit keine vorläufige Gebirgsklassifikation getroffen werden.

3.3 Hydrogeologie

3.3.1 Wasserdurchlässigkeit

Das den Schlossberg aufbauende Buchberg-Konglomerat ist wahrscheinlich mäßig gut wasserleitend. Die Wasserdurchlässigkeit der darunter liegenden Gesteinsschichten ist nicht bekannt. Am ehesten sind Schlier oder Melker Sand, also eher gering wasserleitfähige Ablagerungen zu vermuten, die als relativer Stauer wirken.

3.3.2 Grundwasserspiegel und -strömungsrichtung

Die Wasserspiegel der Vorfluter Laabenbach und Anzbach liegen W und O des Schlossberges um 220-221 m ü.A., bei ihrem Zusammenfluss auf ca. 216-217 m ü.A. Der Grundwasserspiegel im Umfeld des Schlossberges dürfte etwas darüber, also um 220-223 m ü.A. liegen. Unterhalb dieses Niveaus ist im Schlossberg jedenfalls mit Grundwasser zu rechnen.

Das stratigraphisch unter dem Buchberg-Konglomerat liegende Schichtglied (tonig-schluffige und tw. verfestigte sandige Ablagerungen bis hin zu Konglomeraten) tritt südlich des Schlossberges nach der geologischen Karte [20] und dem NÖ Atlas [1] auf etwa 252-257 m ü.A. zutage. Am

Nordrand des Schlossberges ist in der geologischen Karte noch auf ca. 231 m ü.A. Buchberg-Konglomerat ausgewiesen. Entsprechend dem Einfallen der Bankungsflächen des Buchberg-Konglomerats nach SO ist unter der Annahme eines gleichsinnigen Einfallens der unterlagernden Schichten von einem Anstieg der Schichtgrenze in Richtung NW auszugehen. Nach diesen Informationen kann die Unterkante des Buchberg-Konglomerats am Schlossberg nicht hinreichend genau bestimmt werden. Vermutlich liegt sie zwischen ca. 231 und 260 m ü.A.

Die Ablagerungen unterhalb des Buchberg-Konglomerats am Schlossberg sind wahrscheinlich als relativer Stauer wirksam. Oberhalb der Schichtgrenze ist mit einem Grundwasseranstau mit einer wassererfüllten Mächtigkeit von null bis höchstens wenigen Metern zu rechnen. Wegen des zurzeit zu ungenauen Kenntnisstands müsste die Tiefenlage der Schichtgrenze und das eventuelle Vorhandensein von Grundwasser durch Bohrungen erkundet werden.

Die Grundwasserströmung verläuft generell in nördliche Richtungen, kann aber je nach Schichtfolge und Tektonik lokal stark abweichen.

3.3.3 Grundwasserneubildung

Zur Abschätzung der Grundwasserneubildung habe ich anhand von Klimadaten [6] für Neulengbach eine klimatische Wasserbilanz erstellt. Berechnung siehe Beilage 2.

Tabelle 1: Klimatische Wasserbilanz

	Einheit:	mm/a	L/s/km ²	Anteil von N
Niederschlag	N	657,0	20,8	100,0%
Oberflächenabfluss (Schätzung)	$A_o \approx 0,1 N$	65,7	2,1	10,0%
Evapotranspiration (nach Turc)	ET	442,4	14,0	67,3%
Grundwasserneubildung	$GWN = N - A_o - ET$	148,9	4,7	22,7%

Demnach ist am Schlossberg mit einer durchschnittlichen jährlichen Versickerung (= Grundwasserneubildung) von ca. 150 L/m² zu rechnen.

3.4 Geothermie

3.4.1 Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Temperaturleitfähigkeit

Die spezifische Wärmeleitfähigkeit stellt das Vermögen des Gesteins dar, die Wärme weiterzuleiten. Sie ist eine der wichtigsten Kenngrößen im Zusammenhang mit der korrekten Dimensionierung einer Erdwärmesondenanlage und ein Maß dafür, wie schnell die entnommene Wärme über die im Untergrund anstehenden Gesteine nachgeliefert werden kann. Die Einheit wird in

Watt pro Meter und Kelvin [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$] angegeben. Die Wärmeleitfähigkeit ist eine gesteinspezifische Eigenschaft, die vom Mineralgehalt, der Porosität und der Porenfüllung abhängt. Luft ist ein schlechter Wärmeleiter, deshalb haben trockene Sedimente oberhalb des Grundwasserspiegels eine geringere Wärmeleitfähigkeit. Da Wasser hingegen eine höhere Wärmeleitfähigkeit als Luft besitzt, wird der Wert der Wärmeleitfähigkeit des wassergesättigten Gesteins deutlich verbessert. ([22], S. 2)

Die spezifische Wärmekapazität, auch spezifische Wärme oder verkürzt Wärmekapazität, bemisst die Fähigkeit eines Stoffes, thermische Energie zu speichern. Sie entspricht der Wärme, die einer Menge des Stoffes zugeführt oder entzogen wird, dividiert durch die zugehörige Temperaturerhöhung oder -erniedrigung und die Masse des Stoffes. Die Wärmespeicherzahl ist die auf das Volumen bezogene Wärmekapazität eines Festkörpers.

Tabelle 2: Thermodynamische Eigenschaften ausgewählter Gesteine und Stoffe

Material	Dichte [kg/m^3]	Wärmeleitfähigkeit λ [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	Wärmekapazität c_p [$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$]	Wärmespeicherzahl s [$\text{kJ}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$]	Quelle
Wasser (10 °C)*	999				[25]
Wasser (20 °C)*			4,182	4174	[37], [39]
		0,60			[24], Abb. 3.3, S. 13
Salzwasser (20 °C, 10% NaCl)*		0,59			[24], Abb. 1.5, S. 5
			3,7		[24], Abb. 1.5, S. 5
Mineralfaserdämmstoff*			0,8		[39]
Mineralische Faserstoffe*		0,04		80	[3], Tab. 4-14, S. 105
Gips, Schamotte*			~1		[39]
Schamottstein*			0,84		[2]
Beton, Gips, Schamotte*				~2000	[38]
Beton			0,88	1584–2156	[37], [39]
			1		[2]
	ca. 2000	0,9-2,0 (1,6)		ca. 1800	[25]
Normalbeton trocken		2,1		2510	[3], Tab. 4-14, S. 105
Konglomerat		2,6-3,7 (3,6)			[9], Abb. 34, S. 77
		4,13			[9], Abb. 44, S. 98
			0,919		[9], Abb. 46, S. 100
	2550-2650				([7], S. 84)
Sandstein			0,71		[2]

Material	Dichte [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]	Wärmekapazität c_p [kJ/(kg·K)]	Wärmespeicherzahl s [kJ/(m ³ ·K)]	Quelle
		0,90-6,50 (2,47)	0,75-3,35 (1,64)		[12], Tab. 1, S. 6
	2200-2700	1,3-5,1 (2,3)		1600-2800	[25]
Sandstein trocken		1,8-3,5	1,8-2,4		[4]
Quarzsandstein (senkrecht zur Schichtung)		4,77			[4]
Quarzsandstein (parallel zur Schichtung)		4,94			[4]
Kalksandstein			1	1200-2200	[37]
			0,88		[2]
Kalkstein			0,741-1		[2]
		0,62-4,4 (2,29)	0,82-1,72 (0,933)		[12], Tab. 1, S. 6
	2700-2800	2,5-4,0 (2,8)		2100-2400	[25]
Kalkstein (senkrecht zur Schichtung)		2,38			[4]
Kalkstein (parallel zur Schichtung)		3,16			[4]
Kalkstein trocken		2,8-3,3	2,2-2,4		[4]
Marmor			0,808		[2]
		1,59-4,00	0,75-0,88 (0,86)		[12], Tab. 1, S. 6
Boden			0,8		[37]

* zum Vergleich

Werte in runden Klammern: typische oder durchschnittliche Werte

In der Literatur sind kaum Angaben über die thermodynamischen Eigenschaften von Konglomeraten zu finden. Ersatzweise können dem Buchberg-Konglomerat nach seiner Lithologie auch Werte von Beton, Sandstein und Kalkstein zugeordnet werden.

Man kann daher von ungefähr folgenden thermodynamischen Eigenschaften ausgehen:

Wärmeleitfähigkeit λ : 1,8-3,5 W/(m·K)

Wärmekapazität c_p : 0,9-2,4 kJ/(kg·K)

Wärmespeicherzahl s : ca. 2500 kJ/(m³·K)

Die Temperaturleitfähigkeit oder Temperaturleitzahl, gelegentlich auch „Wärmediffusivität“ (von englisch thermal diffusivity), ist eine Materialeigenschaft, die zur Beschreibung der zeitlichen Veränderung der räumlichen Verteilung der Temperatur durch Wärmeleitung als Folge eines Temperaturgefälles dient. Sie ist definiert als: $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p}$

mit

λ Wärmeleitfähigkeit

ρ Dichte

c_p spezifische Wärmekapazität

Die Temperaturleitfähigkeit (nicht zu verwechseln mit der Wärmeleitfähigkeit!) hat die SI-Einheit m^2/s . Siehe dazu [40]. Für die meisten Gesteine der Erdkruste liegt α in der Größenordnung von $0,5\text{-}2\text{E-}6 \text{ m}^2/\text{s}$ [4].

Beispiel: Für ein Konglomerat mit Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 2,3 \text{ W}/(\text{m K})$, Wärmekapazität $c_p = 2.000 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ und Dichte $\rho = 2.250 \text{ kg}/\text{m}^3$ ergibt sich die Temperaturleitfähigkeit nach vorstehender Formel mit $5,1\text{E-}7 \text{ m}^2/\text{s}$. Das liegt ungefähr in der Mitte zwischen einem Sandboden ($2\text{-}3,3\text{E-}7 \text{ m}^2/\text{s}$) und Beton ($9,94\text{E-}7 \text{ m}^2/\text{s}$) (vgl. [40]).

3.4.2 Thermodynamische Eigenschaften des Wassers

Im Vergleich zu Gesteinen hat Wasser eine hohe spezifische Wärmekapazität (vgl. Tabelle 2 auf S. 12) und ist daher zur Speicherung von Wärme gut geeignet. In dem für oberflächennahe Geothermie relevanten Bereich ist seine spezifische Wärmekapazität von Druck und Temperatur nur gering abhängig. Mit ansteigendem Salzgehalt nimmt die Dichte zu und – parallel dazu – die Wärmekapazität ab [24]. Das zeigt die folgende Abbildung 1.

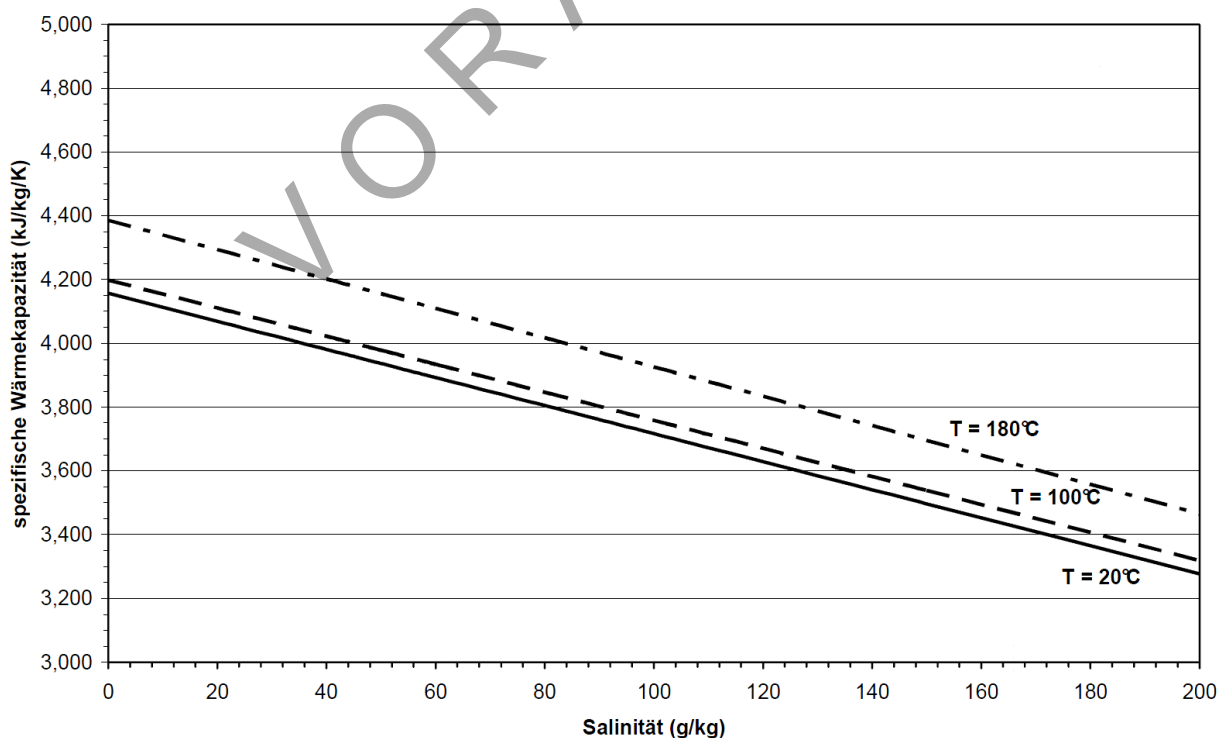


Abbildung 1: Abhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität von der Salinität (NaCl) und der Temperatur bei atmosphärischen Bedingungen (aus [24], Abb. 1.5)

Ist Wasser höher mineralisiert, so nimmt seine Wärmeleitfähigkeit ab. Das zeigt die nachstehende Abbildung 2.

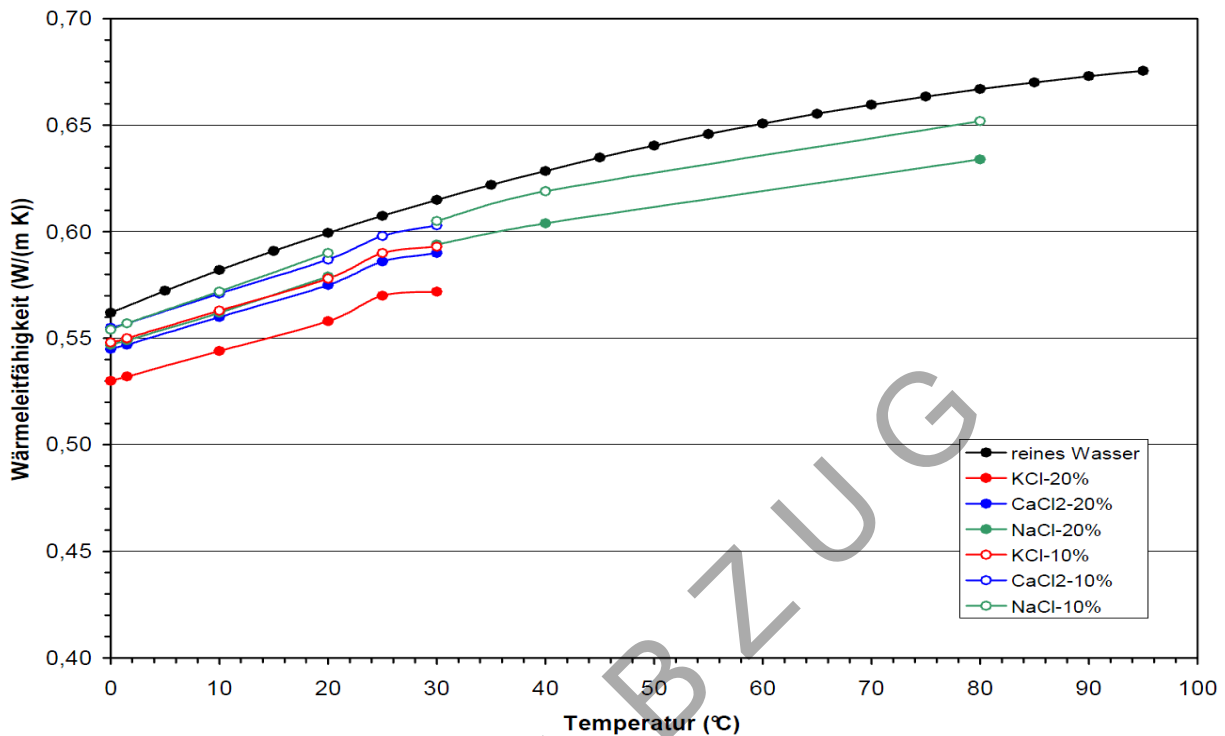


Abbildung 2: Einfluss der Mineralisation auf die Wärmeleitfähigkeit (nach LANDOLT-BÖRNSTEIN 1972, zit. in [24])

3.4.3 Spezifische Entzugsleistung von Erdwärmesonden

Die spezifische Entzugsleistung ist im Gegensatz zur spezifischen Wärmeleitfähigkeit eine Größe, die von zahlreichen speziellen Randbedingungen insbesondere vom gesteinspezifischen Wärmetransportvermögen des Untergrundes, aber vor allem auch von technischen Größen der Erdwärmesondenanlagen wie der Anzahl der Betriebsstunden, der gegenseitigen Beeinflussung benachbarter Anlagen, der Bohrlochgröße, der Wärmeleitfähigkeit der Verpressung u. a. abhängt. Die Einheit der spezifischen Entzugsleistung wird in Watt pro Meter Sondenlänge [W/m] angegeben. Für eine Heizanlage ohne Warmwasseraufbereitung werden 1.800 Betriebsstunden pro Jahr [h/a] angesetzt; 2.400 h/a sind es bei Anlagen zusätzlich mit Warmwasseraufbereitung. (Vgl. [22], S. 2)

Da bisher keine Angaben zur Projektauslegung bekannt sind, können im Weiteren nur allgemeine Angaben gemacht werden.

Nach VDI 4640 [25] kann unter den bestehenden geologischen Voraussetzungen für Einzel-Erdwärmesonden mit etwa folgenden Entzugsleistungen gerechnet werden:

Tabelle 3: Bandbreite der anzunehmenden spezifischen Entzugsleistungen von Einzel-Erdwärmesonden für Konglomerat

Untergrund	spez. Entzugsleistung [W/m]* (1.800 Betriebs- stunden pro Jahr)	spez. Entzugsenergie [kWh/(m·a)]
Normaler felsiger Untergrund, wasser- gesättigtes Sediment mit Wärmeleit- fähigkeit $\lambda = 1,5$ bis $3,0$ W/(m·K)	50	80
Festgestein mit Wärmeleitfähigkeit $\lambda > 3,0$ W/(m·K)	70	
Sandstein (Molasse)	55-65	
Sand, Kies wasserführend	55-65	

* m = Meter Sondenlänge

4 HINWEISE ZU STATISCHEN ANFORDERUNGEN AN EIN BAUWERK IM BERG

Die Errichtung eines Tunnels bzw. einer Kaverne wirkt sich in aller Regel durch Erschütterungen und mehr oder weniger starke Senkungen in der Umgebung aus. Wenn diese langsam und gleichmäßig verlaufen, besteht keine Gefahr für darüber liegende oder benachbarte Gebäude. Starke Erschütterungen und ungleichmäßige Setzungen können Bauwerksrisse, unterschiedliche Setzungen auch Verkippungen bewirken. Insbesondere bei höheren, freistehenden Mauern können Verkippungen zum Umfallen bzw. Einsturz führen.

4.1 Sprengungen, Erschütterungen

Die ILF-Machbarkeitsstudie geht davon aus, dass festere Gesteinsbereiche durch Sprengungen gelöst werden ([10], S. 15). Diese sind jedenfalls mit Erschütterungen verbunden. Dadurch werden, von den Fundamenten ausgehend, einzelne Teile eines Gebäudes in unterschiedlicher Weise angeregt und Spannungen in den Bauteilen erzeugt. Die größten Schwingungsamplituden sind in der Deckenmitte des obersten Vollgeschoßes zu erwarten.

Für eine zuverlässige Beurteilung von Erschütterungsproblemen ist es notwendig, die dynamischen Eigenschaften der Erschütterungsquelle, die Wellenausbreitung im Boden sowie den Einfluss der Erschütterung auf das betroffene Objekt zu beachten.

Schäden an Bauwerken können sowohl durch direkte Erschütterungswirkung als auch durch Setzungen, ausgelöst durch Erschütterungen, auftreten. Das Ausmaß von Setzungen infolge Erschütterungen ist schwer vorherzusagen.

Die direkte Erschütterungseinwirkung kann sowohl ein Bauwerk in seiner Gesamtheit als auch einzelne Bauteile, bei Häusern z.B. die Geschoßdecken, zu Schwingungen anregen. Für Bauwerkschäden sind häufig die horizontalen Schwingungskomponenten maßgebend, da Gebäude in horizontaler Richtung geringere Steifigkeit aufweisen. Gebäudeecken werden dagegen hauptsächlich durch vertikale Schwingungen angeregt.

Bauwerksschäden sind im Allgemeinen nur im Nahbereich von Erschütterungsquellen zu erwarten. Aus der Erregerstärke und der Entfernung kann man jedoch keine zuverlässigen Rückschlüsse auf das Schadensrisiko ableiten. Besonders die Grundwasseroberfläche oder andere gut Körperschall leitende Flächen (Felsoberfläche) wirken als ausgesprochener Reflexionshorizont. (Vgl. dazu [15], Kap. 6.2.5).

Für besonders erhaltenswürdige, z.B. unter Denkmalschutz stehende, Bauten wie das Schloss sind in Abhängigkeit von der Frequenz Schwinggeschwindigkeiten von $v = 3$ bis 10 mm/s zulässig (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Frequenzabhängige Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeit v in mm/s zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf besonders erhaltenswürdige Gebäude (aus [15], Tab. 6.2. auf S. 236; nach ERICHSEN et al.)

Fundament			oberste Deckenebene, horizontal
Frequenz < 10 Hz	10-50 Hz	50-100* Hz	alle Frequenzen
3	3-8	8-10	8

* Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

Die Stärke der Sprengerschütterungen beim Tunnelvortrieb hängt ab von der Vortriebsmethode, der Entfernung und den Gebirgseigenschaften. Beim Gebirge ist die Gebirgsqualität (Härte, Klüftigkeit) maßgebend für die Größe der ausgelösten Erschütterungen und die Streichrichtung der geologischen Strukturen (Klüfte, Störungszonen) für die Ausbreitung der Erschütterungsenergie ([15], S. 565).

4.2 Senkungen, Setzungen, Winkelverdrehungen

Bauwerksrisse können durch un stetige Setzungen ausgelöst oder verstärkt werden. Im Hohlraumbau kommt es oberhalb des Hohlraums immer zu Setzungen. Die Setzungsbeträge sind in der Regel im Zentrum am größten und laufen an den Seiten mehr oder weniger asymptotisch zur natürlichen Geländeneigung aus. Maßgebliche Einflussgrößen sind:

Überlagerungshöhe: Je kleiner die Überlagerungshöhe, desto steilere Setzungsmulden bilden sich aus. Im gegenständlichen Fall beträgt die Mindestüberlagerung 14 m (vgl. Kapitel 2.1.1), ist also als gering anzusehen.

Gebirgsfestigkeit: Im gegenständlichen Fall liegt voraussichtlich zumindest überwiegend eine geringe Gebirgsfestigkeit vor. Das Gebirge ist „gebräch“ (vgl. Kapitel 3.2.4.2). Es ist also mit Mehrausbrüchen, verbunden mit entsprechenden Nachsetzungen zu rechnen.

Diskontinuitäten der Schichtfolge, Verwerfungen: Wenn in Horizontalerstreckung Schichten mit unterschiedlichem Setzungsverhalten auftreten, kann es auf kurze Distanz zu stark differierenden Setzungsbeträgen und damit einer steilen Tangenten­neigung der Setzungsmulde kommen. Solche Diskontinuitäten unterhalb eines Gebäudes führen oftmals zu ausgeprägten Rissbildungen. Im gegenständlichen Fall sind derartige Diskontinuitäten nicht bekannt.

Entfernung betroffener Bauwerke: Im Normalfall nimmt die Tangenten­neigung der Setzungsmulde mit der Entfernung des Bauwerks vom Hohlraum ab. Der horizontale Mindestabstand der Kaverne zum Schlossgebäude beträgt rund 10 m (vgl. Kapitel 2.1.1), ist also klein.

Zusammenfassend sind unterschiedliche, aber nicht abrupt diskontinuierliche Setzungs­unterschiede im Bereich der Burg und ihrer Nebengebäude vorherzusehen. Setzungs­unterschiede dürfen jedoch nicht für sich allein, sondern müssen immer in Abhängigkeit von der Entfernung der betrachteten Punkte beurteilt werden. Der Setzungs­unterschied zwischen zwei Punkten im Verhältnis zu deren Entfernung wird allgemein als Winkelverdrehung angegeben, wobei $\omega = \frac{\Delta s}{L}$

mit

ω Winkelverdrehung

Δs Setzungsdifferenz

L Entfernung der betrachteten Punkte.

Als empirisches Kriterium und als Vergleichsmaß für das Auftreten von Risses­chäden wird auch heute noch gerne die statistisch ermittelte Schadensgrenze für Winkel­verdrehungen von 1:300 angegeben. Mit einer 1,5-fachen Sicherheit erhält man dann die in der Literatur oft anzutreffende Schadensgrenze von 1:500, bei der aber noch mit kleinen sichtbaren Risses­chäden gerechnet werden muss. Echte Rissefreiheit scheint erst bei einer Winkel­verdrehung von unter 1:1000 vorzuliegen, wobei dieser Wert nur für Muldenlage gilt. Bei Sattellage – wie im Fall des Schlosses – reagieren Gebäude empfindlicher, und die o.g. Werte sollten halbiert werden. Bei Altbauten sind generell strengere Kriterien anzusetzen (vgl. 31, S. 228-229).

5 ABSCHÄTZUNG VON AUFWAND/KOSTEN FÜR ETWAIGE UNTERTAGE-ARBEITEN

In einer Machbarkeitsstudie von ILF aus dem Jahr 2001 [10] wurden die Kosten einer Tiefgarage für ca. 300 KFZ abgeschätzt. Den ermittelten Kosten liegt ein schonender Sprengvortrieb, sowie eine Sicherung und Stützung nach der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode zugrunde.

Die meisten meiner Bearbeitung zugrunde liegenden Überlegungen für andere oder weitergehende Nutzungsarten haben mit der Tiefgarage die Errichtung einer Kaverne gemein, wobei ich davon ausgehe, dass die Ausmaße der Kaverne als gemeinsames Projektelement für alle Nutzungsvarianten dieselben sind. Die in der Kostenschätzung von ILF angegebenen Zahlen für die Kaverne selbst können daher – valorisiert nach dem Baupreisindex – weitgehend unverändert übernommen werden.

Je nach beabsichtigter Nutzung kommen zur Kaverne noch weitere Projektelemente hinzu. Da sich die Überlegungen zur künftigen Nutzung noch in der Anfangsphase befinden und die Planung das Konzeptstadium noch nicht erreicht hat, können die Kosten der Untertagarbeiten für die jeweiligen Nutzungsvarianten nicht einmal ansatzweise abgeschätzt werden.

Da derzeit nicht absehbar, sind folgende Kostenbestandteile in die Schätzung nicht einbezogen:

- Vorerkundung, Planung
- Lüftung
- Wasserversorgung/-Entsorgung
- Elektroeinrichtungen
- Maschinelle Einrichtungen, Bauschlosserarbeiten
- Entsorgung des Ausbruchmaterials
- Grundeinlösungs- und Servitutskosten
- Nutzungsspezifische Projektbestandteile

Tabelle 5: Kostenschätzung für Vortrieb und Ausbau der Kaverne, valorisiert nach Baupreisindex BPI 2000 Sonstiger Tiefbau [23]

			BPI 2000		
			1. Quartal 2001	1. Quartal 2018	
Kostenschätzung lt. ILF per 20.04.2001 ([10], S. 23-24)			99,9%	136,7%	
Pos.	Bezeichnung	ATS	EUR	EUR valor.	
10.1	Vortriebsarbeiten				
	<i>Ausbruch, Stützmittel, Sohlplatte:</i>				
	Parkkaverne: 182 m x 130.000,- ATS/lfm		23.660.000	1.719.439	2.352.826
	Zufahrtstunnel: 249 m x 46.000,- ATS/lfm		11.454.000	832.395	1.139.022
Ausgangsstollen: 295 m x 20.000,- ATS/lfm		5.900.000	428.770	586.715	

Kostenschätzung lt. ILF per 20.04.2001 ([10], S. 23-24)			BPI 2000	
			1. Quartal 2001	1. Quartal 2018
			99,9%	136,7%
Pos.	Bezeichnung	ATS	EUR	EUR valor.
	Querschlag: 6 m x 2.0.000,-ATS/lfm	120.000	8.721	11.933
	Liftschacht: 55 m x 80.000,- ATS/lfm	4.400.000	319.760	437.550
	Lüftungsschächte: (21 m + 18 m) x 80.000,- ATS/lfm	3.120.000	226.739	310.263
	Teilsumme:	48.654.000	3.535.824	4.838.310
	Baustelleneinrichtung für Tunnelbauarbeiten rd. 20%:	9.700.000	704.926	964.599
	Positionssumme:	58.354.000	4.240.751	5.802.909
10.2	Ausbauarbeiten, offene Bauweise			
	<i>Innenschale:</i>			
	Zufahrtstunnel: (20 m + 40 m) x 23.000,- ATS/lfm	1.380.000	100.289	137.232
	Ausgangsstollen: (15 m + 15 m + 15m) x 10.000,- ATS/lfm	450.000	32.703	44.749
	Schächte: (2 x 37 m + 27 m + 28 m) x 10.000,- ATS/lfm	1.290.000	93.748	128.282
	<i>Offene Bauweise, Portalbauwerke (inkl. Baugrube mit Sicherung):</i>			
	Zufahrtstunnel: (22,5 m + 55 m) x 80.000,- ATS/lfm	6.200.000	450.572	616.548
	Ausgangsstollen: (13 m + 10 m + 15 m) x 23.000,- ATS/lfm	874.000	63.516	86.913
	<i>Trog:</i>			
	inkl. Baugrube mit Sicherung: (15 m + 11 m + 12 m) x 7.000,- ATS/lfm	266.000	19.331	26.452
	<i>Fahrbahnkonstruktion:</i>			
	Zufahrtstunnel: (134 m + 211 m) x 2.000,- ATS/lfm	690.000	50.144	68.616
	Zwischendecken, Rampen, Stützen, Treppenhäuser:			
	182 m x 55,000,- ATS/lfm	10.010.000	727.455	995.427
	Teilsumme:	21.160.000	1.537.757	2.104.218
	Baustelleneinrichtung für Ausbauarbeiten rd. 10%	2.100.000	152.613	208.831
	Positionssumme:	23.260.000	1.690.370	2.313.049
	Gesamtsumme:	81.614.000	5.931.121	8.115.958

Erfahrungsgemäß liegt der Streubereich für die Planungsstufe „Studie“ bei rund +30% bis -10% ([10], S. 26).

Bei der Kostenbetrachtung kann davon ausgegangen werden, dass die Herstellung der Kaverne den größten Kostenfaktor darstellt. Auf zusätzliche Untertagearbeiten für die angedachten Nutzungsvarianten entfallen voraussichtlich deutlich geringere Kostenanteile.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

6.1 Empfehlungen für Standorte von Probebohrungen

Die tunnelbaugeologischen Verhältnisse müssen anhand von Bohrungen erkundet werden. Die Bohrungen sind als Kernbohrungen mit Doppelkernrohr auszuführen und bis mindestens 10 m unter die Tunnel- bzw. Kavernensohle abzuteufen. Der Bohrdurchmesser muss die Entnahme von Bodenproben für geotechnische Laboruntersuchungen ermöglichen.

Die vorgeschlagene Lage von Bohrungen der ersten Bohrkampagne ist in Beilage 3 dargestellt. Je nach Bohrergebnissen sind eventuell weitere Bohrungen abzuteufen.

Die Bohrungen können zu Erdwärme- bzw. Gesteinsspeichersonden ausgebaut werden. In diesem Fall wäre die Bohrtiefe auf die angestrebte Nutzung abzustimmen und an mindestens einer Bohrung ein Thermal Response Test (TRT) durchzuführen (siehe auch Kapitel 6.4.3).

6.2 Explosionsrisiko durch Erdgas

In der Nähe des Projektraums wurde ein oberflächennahes Erdgasvorkommen festgestellt (vgl. Kapitel 3.2.3). Insgesamt hat sich das betreffende Gebiet nicht als Kohlenwasserstoff-höfzig erwiesen ([34]; S. 69). Trotzdem muss mit dem Auftreten von Kohlenwasserstoffen gerechnet werden, was bei Bau und Betrieb einer unterirdischen Anlage als potenzielle Gefahrenquelle anzusehen ist. Im Zuge der Erkundungsbohrungen ist das Vorkommen von Erdgas zu untersuchen. Im Fall der Feststellung von Erdgas besteht Explosionsgefahr und sind entsprechende Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Gegebenenfalls sind bei der bergmännischen Auffahrung Erdgassensoren einzusetzen.

6.3 Geotechnische Anforderungen zur Stabilisierung der Burg bei der Errichtung der Kaverne

Über die maßgeblichen Gesteins- bzw. Gebirgseigenschaften (Druckfestigkeit etc.) sind noch keine konkreten Daten bekannt. Auch über Vortrieb und Ausbau liegen nur grundsätzliche Informationen bzw. Überlegungen vor. Es können hier also nur sehr allgemeine Anforderungen zur Stabilisierung der Burg formuliert werden:

6.3.1 Sprengungen, Erschütterungen

Im Fall von Sprengungen empfehle ich folgende Maßnahmen:

- Rechnerische Prognose der Auswirkungsreichweite anhand der Gebirgseigenschaften und des Baubestandes,

- Beweissicherung aller bewohnten und betrieblich genutzten Gebäude innerhalb der Auswirkungreichweite, mindestens aber im Umkreis von 100 m von den Sprengpunkten,
- Anbringung und Beobachtung von Gipsmarken an bestehenden Rissen,
- größtmögliche Reduktion des Abschlagsvolumens,
- Minimierung der Fallhöhe des Abschlags,
- größtmögliche Reduktion der Sprengstoffmenge je Zündzeitstufe,
- optimierte Staffelung der Zündintervalle,
- Einsatz pumpfähiger Emulsionssprengstoffe,
- Erschütterungsmessungen an nächstgelegenen, der Sprengstelle zugewandten Gebäude-seiten (Fundament, Wand, oberste Vollgeschoßdecke),
- Feststellung und Dokumentation allfälliger Gebäudeschäden anhand eines Vergleichs mit der vorangegangenen Beweissicherung und
- Optimierung weiterer Sprengungen anhand des allfälligen Schadensbildes

6.3.2 Senkungen, Setzungen, Winkelverdrehungen

Zur weitestgehenden Hintanhaltung von Setzungsschäden empfehle ich folgende Maßnahmen:

- Ingenieurgeologische und geotechnische Vorerkundung durch eine ausreichende Anzahl an Kernbohrungen mit Probengewinnung,
- labormäßige Bestimmung der tunnelbautechnisch relevanten Gesteinseigenschaften (insbesondere einaxiale Druckfestigkeit) an mehreren repräsentativen Gesteinsproben,
- rechnerische Prognose der zu erwartenden Setzungsmulde anhand der Gebirgseigenschaften und der geplanten Vortriebs- und Ausbaumaßnahmen,
- Beweissicherung aller bewohnten und betrieblich genutzten Gebäude innerhalb der prognostizierten Tangentenneigung von 1:2.500, mindestens aber im Umkreis von 100 m der bergmännisch aufzufahrenden Abschnitte,
- möglichst schonender Vortrieb (Bagger, Fräse),
- möglichst weitgehende Vermeidung von Mehrausbrüchen,
- Vortriebs- und Ausbaurichtlinien mit der Zielsetzung einer Winkelverdrehung von $\leq 1:2.000$ für die Hochburg und $\leq 1:1.500$ für wertvolle Nebengebäude unter Berücksichtigung von Nachsetzungen,
- laufende Setzungsmessungen,
- Anbringung und Beobachtung von Gipsmarken an bestehenden Rissen,
- laufende Feststellung und Dokumentation allfälliger Gebäudeschäden anhand eines Vergleichs mit der vorangegangenen Beweissicherung und
- laufende Anpassung der Setzungsprognosen sowie der Vortriebs- und Ausbaurichtlinien

6.4 Möglichkeiten zur Speicherung von Energie im Schlossberg Neulengbach

Aufgrund der geologischen (vgl. Kapitel 3.1) und geothermischen Untergrundverhältnisse (vgl. Kapitel 3.4) kommen aus geologischer Sicht folgende Möglichkeiten in Betracht:

1. Wasserspeicher in Kaverne neben der Hochburg – siehe Kapitel 6.4.1
2. Erdwärmespeicher in einem Tiefsondenfeld – siehe Kapitel 6.4.3
3. Wärmespeicher im Grundwasser – siehe Kapitel 6.4.3
4. Gewinnung von Erdwärme und Speicherung von Wärme in Kombination mit Tiefgarage („Tunnelgeothermie“) – siehe Kapitel 6.5
5. weiters Container-Räume für Großbatterien – siehe Kapitel 6.4.1

Den Optionen 1 bis 4 ist gemeinsam, dass eine reine Wärmeengewinnung ohne Wärmerückführung aus der Klimatisierung keine langfristige Nachhaltigkeit verspricht, weil der terrestrische Wärmestrom dazu nicht ausreicht.

6.4.1 Container-Räume für Großbatterien

Grundgedanke ist die Aufstellung und der Betrieb von Großbatterien in einer Kaverne, wie in Kapitel 2.1 beschrieben.

In der Kaverne ist mit Tropfwasser zu rechnen. Dieses muss von den Batterien zuverlässig ferngehalten werden. Nach der Berechnung der Grundwasserneubildung (Kapitel 3.3.3) ist mit Wasserzutritten von rund 140-150 mm/a (entspricht L/m²/a) zu rechnen. Bei einer Länge von 182 m und einer lichten Weite von 16 m beträgt die Kavernenfläche rund 2.900 m². Der jährliche Gesamtwasseranfall ist daher mit ca. $2.900 \cdot 150 \approx 435 \text{ m}^3$ zu veranschlagen, was etwa 1,2 m³ pro Tag entspricht.

Die zutretenden Bergwässer müssen an den Hohlraumwänden mittels Dichtfolien erfasst, Ulmen- und/oder Sohl drainagen zugeführt und entsprechend dem Sohlgefälle nach außen geleitet werden.

Zu bedenken ist auch, dass in Tunneln bzw. Kavernen meist eine hohe Luftfeuchtigkeit besteht. Es wäre zu prüfen, ob dadurch ein erhöhtes Ausfallrisiko besteht und/oder die erhöhte Luftfeuchtigkeit durch laufende Belüftung in Grenzen gehalten werden muss.

6.4.1.1 Alternativvorschlag

Die Situierung im unmittelbaren Nahbereich des Schlosses ist mit Baurisiken verbunden (mögliche Setzungsschäden, siehe Kapitel 4 und 6.1). Die bergmännische Herstellung der Kaverne verursacht im Vergleich zur Errichtung eines obertägigen Bauwerks weit höhere Kosten. Hinzu kommen noch die Kosten der Trockenhaltung der Batterien.

Als Alternative stelle ich daher zur Diskussion, Großbatterien in einem obertägig errichteten Container-Bauwerk zu lagern. Die damit verbundenen Baukosten sind mit einem Bruchteil jener einer

Kaverne zu veranschlagen. Wegen freierer Gestaltungsmöglichkeiten der Infrastrukturanlagen ist auch mit deutlich geringeren Betriebskosten zu rechnen.

6.4.2 Wasserspeicher in Kaverne neben der Hochburg

Grundgedanke ist die Errichtung einiger oder mehrerer Wasserbehälter in einer Kaverne, wie in Kapitel 2.1 beschrieben. Um im Fall von Schäden oder Reparaturarbeiten wenigstens einen Teilbetrieb gewährleisten zu können, sind mindestens drei Behälter vorzusehen. Die Behälter müssen von außen zugänglich sein; eine direkte Verbindung von Kavernenwand und Behälterwänden ist daher zu vermeiden.

Die mit der Mineralisation abnehmende Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit des Wassers lässt es kaum zweckmäßig erscheinen, Salzwasser zur Wärmespeicherung (Kapitel 2, Option 4 – „Salzwassersee im Untergrund“) zu verwenden. Dagegen sprechen auch der im Vergleich zu Süßwasser größere Bau- und Manipulationsaufwand (Korrosion von Einbauten und Leitungen) sowie potenzielle Umweltgefährdungen bei allfälligem Austritt von Salzwasser. Vgl. dazu Kapitel 3.4.2.

Das Gesamtvolumen der Kaverne beträgt knapp 38.000 m³. Unter Berücksichtigung der für die Bewirtschaftung notwendigen Flächen und Räume kann das mögliche Speichervolumen nach konventioneller Schätzung mit rund 15.000 m³ angenommen werden.

Mittels Wärmepumpe kann dem Wasser Wärme entzogen und den Bedarfsorten zugeleitet werden. In der warmen Jahreszeit muss dem abgekühlten Wasser über Wärmetauscher wieder Wärme zugeführt werden. Die Wärmezufuhr kann aus Klima- bzw. Raumbelüftungsanlagen oder Energiegewinnungsanlagen erfolgen. Im Fall von Strom produzierenden Energiequellen (z.B. Photovoltaik- oder Windenergie) sind Umwandlungsverluste zu gewärtigen.

6.4.2.1 Alternativvorschläge

Die Situierung im unmittelbaren Nahbereich des Schlosses ist mit Baurisiken verbunden (mögliche Setzungs- und Erschütterungsschäden, siehe Kapitel 4). Die bergmännische Herstellung der Kaverne verursacht im Vergleich zur Errichtung eines Hohlraums in offener Bauweise oder eines obertägigen Bauwerks weit höhere Kosten. Ich empfehle daher, folgende Alternativen in Betracht zu ziehen:

- Obertägiger Wasserspeicher in gut gedämmter Halle: wahrscheinlich kostengünstigste Variante in Bau und Betrieb
- Untertägiger Wasserspeicher in bereits vorhandenem Hohlraum (ehemaliger Steinbruch, Schottergrube o.ä.) und Überschüttung (wie z.B. Erdaushub): Mit dieser Variante könnten landschaftliche Beeinträchtigungen ausgeglichen und Einnahmen aus der Übernahme von Abfall (Bodenaushub) erzielt werden.

- Untertägiger Wasserspeicher in einem in offener Bauweise errichteten Hohlraum im freien Gelände: Die Baukosten sind höchstens mit der Hälfte einer Kaverne zu veranschlagen. Wegen freierer Gestaltungsmöglichkeiten der Infrastrukturanlagen ist auch mit deutlich geringeren Betriebskosten zu rechnen.

6.4.3 Tiefenbohrungen zur thermischen Nutzung (Gesteinswärmespeicher, Grundwasserspeicher)

Am gegenständlichen Standort kann für Einzelanlagen zur Erdwärmegewinnung mit spezifischen Entzugsleistungen um 50 bis maximal 70 W/m gerechnet werden (vgl. Tabelle 3 auf S. 16). Es ist aber zu bedenken, dass der Wärmestrom aus dem Erdinneren die entzogene Wärme bei weitem nicht nachliefern kann. Der terrestrische Wärmestrom, also die von der Erde aufdringende Wärme, beträgt im globalen Durchschnitt 0,063 Watt pro Quadratmeter der Erdoberfläche (63 mW/m²). Der Wärmestrom auf einer Fläche von 1000 m² entspricht daher ungefähr der Leistung einer 60W-Glühbirne. In bestimmten Regionen, wie etwa Vulkangebieten, kann der Wärmefluss allerdings um ein Vielfaches größer sein ([11], S. 436-437; [18], S. 26; [41]). BRACKE [4] konnte an einem Beispiel rechnerisch zeigen, dass bei einer Einzelsonde nach 20 Jahren Betriebszeit die Temperatur im Erdreich um 3,21 °C abnimmt. Ähnliches ist auch im gegenständlichen Fall anzunehmen. Bei mehreren Erdwärmesonden in einem Sondenfeld muss außerdem mit gegenseitigen Beeinflussungen gerechnet werden.

Um eine langfristige Nutzung zu gewährleisten, erscheint es am sinnvollsten, den Untergrund als saisonalen Wärmespeicher zu nutzen. Dazu wird in der warmen Jahreszeit über Klimaanlage oder Solaranlagen Wärme in den Untergrund (Boden, Grundwasser) eingespeist und in der kalten Jahreszeit wieder entnommen. Der Boden kann auch zur Speicherung von Überschüssen aus Energiegewinnungsanlagen (z.B. Solar-, Photovoltaik- oder Windenergie) genutzt werden.

Die thermischen Eigenschaften des Untergrunds und der Wärmeübertragungseigenschaften des im Boden einzubauenden Wärmeüberträgers müssen als Grundlage und Eingabegrößen für die Auslegung einer Wärmequellenanlage erkundet werden. Der Thermal Response Test (TRT) ist ein dafür geeignetes Messverfahren und ermöglicht eine solche Standortuntersuchung, bei der die effektive Wärmeleitfähigkeit des Gesteins über die gesamte Länge einer Sonde und der Bohrlochwiderstand, der Wärmedurchgangswiderstand vom Fluid an das Gestein, für die eingesetzte Sondenkonstruktion ermittelt werden. Siehe dazu VDI 4640 Blatt 5 (Entwurf) [31].

Für die Effizienz eines Wärmespeichers ist das Verhältnis von Oberfläche und Volumen des Speichers entscheidend. Je kleiner dieses Verhältnis ist, desto geringer sind die Wärmeverluste bezogen auf die speicherbare Wärmemenge. Damit wird klar, dass für die saisonale Wärmespeicherung möglichst großvolumige Speicher erforderlich sind ([19]; S. 28).

Das Vorhandensein von Grundwasser kann für die geothermische Nutzung vorteilhaft sein, weil Wasser eine hohe Wärmespeicherfähigkeit besitzt (siehe Kapitel 3.4.2). Bei rascher fließendem

Grundwasser ist allerdings mit Verlusten zu rechnen, weil die mit dem Grundwasser abdriftende Wärme nicht mehr zurückgewonnen werden kann.

Für die Planung und den Bau von Grundwasserpeichern sind, neben der Energieüberschuss- und Energiebedarfsituation, die hydrogeologischen Bedingungen am Standort entscheidend. Auf folgende Faktoren ist dabei besonders zu achten ([13], S. 36):

- ausreichende hydraulische Leitfähigkeit des Grundwasserleiters, die projektabhängig die Förderung und die Injektion von Wasser in einer Größenordnung von 10 bis 100 m³/h über jeweils einen Brunnen ermöglicht,
- geringdurchlässige Abdeckung des Aquifers, zumindest im Bereich der Wärmeblase zur Vermeidung des konvektiven Aufstiegs des heißen Wassers,
- homogene Aquiferstruktur,
- geringe Grundwasserfließgeschwindigkeit und Kenntnis der Strömungsparameter,
- Ausschluss wasser- und gesteinschemischer Prozesse, die bei der geplanten Nutzung eine Beeinträchtigung der Fließeigenschaften bewirken können und
- Vermeidung möglicher Konflikte mit einer wasserwirtschaftlichen Nutzung

Im Raum Schlossberg sind die hydrogeologischen Gegebenheiten weitgehend unbekannt. Eine ausreichende Erkundung wäre voraussichtlich sehr kostspielig, und die Erfolgsaussichten erscheinen gering. Im Grenzbereich von allochthoner Molasse und Flyschzone sind komplizierte tektonische Verhältnisse absehbar, eine homogene Aquiferstruktur liegt wahrscheinlich nicht vor. Das Vorhandensein eines ausreichend potenten Grundwasservorkommens ist fraglich.

6.5 Kombinierte Kavernennutzung

Wegen des konkurrierenden Platzbedarfes erscheinen folgende Nutzungskombinationen kaum zweckmäßig:

Tiefgarage – Wasserspeicher (in Behältern)

Tiefgarage – Container-Räume für Großbatterien

Wasserspeicher – Container-Räume für Großbatterien

Problematisch ist auch die Implementierung einer Anlage zur Wärme-/Kältespeicherung im Grundwasser unterhalb der Parkgarage. Die Grundwasserverhältnisse sind weitgehend ungeklärt, und aus tektonischen Gründen ist das Vorhandensein ausreichend großer Grundwasservorkommen zweifelhaft.

Dagegen erscheint die Kombination Tiefgarage – Tiefenbohrungen zur thermischen Nutzung sinnvoll. In erster Linie vorstellbar ist die Errichtung eines Erdwärme- bzw. Gesteinsspeicher-Sondenfeldes innerhalb der Kaverne. Vorteil einer solchen Kombination wäre insbesondere die

verringerte Bohrstrecke, weil die Bohrungen bis zu ca. 30 m unter Gelände ansetzen würden. Damit einher geht ein (allerdings nur geringfügig) größerer geothermischer Gradient. Durchschnittlich erwärmt sich die Erdkruste um 1 °C pro 33 m. Allerdings nimmt die Temperatur in den nördlichen Randzonen der Alpen gegen die Tiefe langsamer zu als im Durchschnitt. Die tiefere Lage der Sonden lässt aber je nach Tiefe des Ansatzpunktes immerhin eine Verbesserung von bis zu ca. 0,5 °C erwarten.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Die in Erwägung gezogene Kaverne liegt im Buchberg-Konglomerat, das den Schlossberg zur Gänze aufbaut. Im südlichen Teil reicht sie möglicherweise bis in den darunter liegenden Schlier oder altersgleiche Sedimente.

Die tunnelbaugeologischen Eigenschaften des Buchberg-Konglomerats sind eher ungünstig. Das Gebirge ist voraussichtlich gebräch. Mit Mehrausbrüchen ist zu rechnen.

Aufgrund der Versickerung von Niederschlagswasser ist mit Tropfwasserzutritten zu rechnen. Der untere Teil des Konglomerats ist möglicherweise mit maximal wenigen Metern Grundwasser erfüllt.

Das Vorhandensein von Erdgas in der Nähe des Projektgebietes weist auf eine mögliche Explosionsgefahr. Entsprechende Vorsichtsmaßnahmen sind erforderlich (siehe Kapitel 6.1).

Im Zuge der Kavernenerrichtung ist mit Erschütterungen (Sprengvortrieb) und Setzungen an der Oberfläche zu rechnen. Um Schäden (Risse, Verkippungen etc.) am Schloss und in der Nähe befindlichen Bauwerken zu vermeiden, sind Vorkehrungen gemäß Kapitel 6.3 zu treffen.

Allein für Vortrieb und Ausbau der Kaverne sind valorisierte Kosten von ungefähr 8.116.000 EUR zu veranschlagen. Hinzu kommen noch Kosten für Vorerkundung, Planung, technische Einrichtungen (Lüftung, Wasser, Abwasser, Stromversorgung etc.), Entsorgung des Ausbruchmaterials, Grundeinlösungs- und Servitutskosten sowie nutzungsspezifische Projektbestandteile. Auf zusätzliche Untertagearbeiten für die angedachten Nutzungsvarianten entfallen voraussichtlich deutlich geringere Kostenanteile.

Die Nutzung der Kaverne als Container für Großbatterien ist nur machbar, wenn zutretende Tropfwasser von den Batterien ferngehalten werden. Die in Kavernen meist hohe Luftfeuchtigkeit könnte technische Probleme verursachen. Die Errichtung eines obertägigen Container-Bauwerks ist voraussichtlich mit weitaus geringeren Errichtungs- und Betriebskosten verbunden.

Die Errichtung von Wasserspeichern zur Wärmespeicherung in der Kaverne ist möglich, steht aber wegen des konkurrierenden Raumbedarfes einer Nutzung als Tiefgarage entgegen. Die Energiespeicherung mittels Salzwasser erscheint nicht zweckmäßig, weil dieses eine kleinere Wärmekapazität hat und technisch schwieriger handzuhaben ist als Süßwasser. Im Vergleich zu

einem Wasserspeicher in einer obertägigen Halle, einem schon vorhandenen obertägigen Hohlraum (Steinbruch, Schottergrube o.ä.) oder einem untertägigen Hohlraum in freiem Gelände ist die Errichtung in einer Kaverne unterhalb des Schlosses voraussichtlich wesentlich kostspieliger, risikoreicher und auch technisch aufwendiger.

Tiefenbohrungen zur thermischen Nutzung in Form eines Sondenfeldes zur Wärmespeicherung im Gestein sind machbar und aussichtsreich. Bei Errichtung einer Tiefgarage erscheint die Kombination mit einem Gesteinsspeicher-Sondenfeld zweckmäßig. Die Erfolgsaussichten eines Grundwasserspeichers erscheinen aus geologischen Gründen gering.

VORABZUG

8 VERZEICHNISSE

8.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität von der Salinität (NaCl) und der Temperatur bei atmosphärischen Bedingungen	14
Abbildung 2: Einfluss der Mineralisation auf die Wärmeleitfähigkeit (nach Landolt-Börnstein 1972, zit. in [24])	15

8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klimatische Wasserbilanz	11
Tabelle 2: Thermodynamische Eigenschaften ausgewählter Gesteine und Stoffe	12
Tabelle 3: Bandbreite der anzunehmenden spezifischen Entzugsleistungen von Einzel-Erdwärmesonden für Konglomerat.....	16
Tabelle 4: Frequenzabhängige Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeit v in mm/s zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf besonders erhaltenswürdige Gebäude	17
Tabelle 5: Kostenschätzung für Vortrieb und Ausbau der Kaverne, valorisiert nach Baupreisindex BPI 2000 Sonstiger Tiefbau	19

8.3 Beilagenverzeichnis

Beilage 1: Geologische Karte

Beilage 2: Grundwasserneubildung

Beilage 3: Ungefähre Lage der Tiefgarage/Kaverne – Empfohlene Standorte von Probebohrungen

9 VERWENDETE GRUNDLAGEN

Ein Großteil der Erhebungen erfolgte im Zuge einer freiwilligen Waffenübung vom 26.03. bis 06.04.2018 beim Militärkommando Niederösterreich. Weiters wurden folgende Unterlagen verwendet:

- [1] AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG 09.05.2018 (Aufruf): NÖ Atlas. – <http://atlas.noel.gv.at>; St. Pölten.
- [2] ANONYM undat.: Wärmekapazität von verschiedenen Werkstoffen – https://www.schweizer-fn.de/stoff/wkapazitaet/wkapazitaet_baustoff_erde.php
- [3] BÖLCSKEY E., BRUCKNER H., HAERDTL J., STÖLLINGER W. & THELESKLAV E. 2014: Naturwissenschaftliche Grundlagen zur Baustofflehre. – Wiener Baustofflehre Blätter; Wien (Techn. Univ. Wien, Forschungsbereich für Baustofflehre, Werkstofftechnik und Brandsicherheit).
- [4] BRACKE R. undat.: Grundlagen des Wärmetransportes. – Vorlesungsreihe Wahlpflichtfach Geothermie; Bochum (GeothermieZentrum).
- [5] BRIX F. & SCHULTZ O. (Red.) et al. 1993: Erdöl und Erdgas in Österreich. 2. Aufl. Wien, Horn (Naturhist. Mus., Berger).
- [6] CLIMATE-DATA.ORG 03.05.2018 (Aufruf): Klimatabelle Neulengbach. – <https://de.climate-data.org/location/8667>; Oedheim.
- [7] FECKER E. & REIK G. 1996: Baugeologie (2. durchges. Aufl.). Stuttgart (Enke).
- [8] GEBHARDT H. 2009: Bericht 2008 über geologische Aufnahmen im Tertiär auf den Blättern 39 Tulln und 57 Neulengbach. – Jb. Geol. Bundesanst.: 513-515; Wien (Geol. Bundesanst.).
- [9] GÖTZL G. & MOTSCHKA K. 2012: THERMALP. Drei-dimensionales geothermisches Modell in Teilen der Ostalpen unter Berücksichtigung der Temperaturleitfähigkeit, der Wärmeproduktion und regionaler Grundwasserkonvektionsströme. Wien (Geol. Bundesanst.).
- [10] ILF BERATENDE INGENIEURE 20.04.2001: Tiefgarage Schlossberg. Machbarkeitsstudie. – Ber. im Auftr. Bruno Wakonig; Linz.
- [11] KAPPEL-MEYER O. 1985: Geothermik. (In:) BENDER F. et al.: Angewandte Geowissenschaften. Band II: Methoden der Angewandten Geophysik und mathematische Verfahren in den Geowissenschaften: 435-490. Stuttgart (Enke).
- [12] KLEINER S. 2003: Untersuchungen zur Optimierung von Erdwärmesondenanlagen - petrophysikalische Messungen und numerische Simulationen. – Dipl.Arb. Studiengang Geologie; Aachen (Rheinisch-westfälische Techn. Hochschule).
- [13] KRANZ S., BARTELS J., GEHRKE D., HOFFMANN F. U. WOLFGGRAMM M. 2008: Wärme- und Kältespeicherung in Aquiferen. – bbr 7-8/2008; Bonn (wvgw).

- [14] PILLER W. E. et al. 2004: Die stratigraphische Tabelle von Österreich 2004 (sedimentäre Schichtfolgen). Wien (Österr. Akad., Wiss. u. Österr. Stratgr. Kommiss.).
- [15] PRINZ H. & STRAUß R. 2011: Ingenieurgeologie. 5. bearb. u. erw. Aufl. Heidelberg (Spectrum).
- [16] REHSE L. undat.: Kurzinfo Smarte Speicherstadt. – Beilage in Email vom 02.03.2018 an J. Lueger mit Betreff „Speicherstadt Neulengbach“; Maria Anzbach (Büro DI Rehse).
- [17] REHSE L. 23.05.2018: Tiefgarage unter der Burg. – Email an J. Lueger; Maria Anzbach (Büro DI Rehse).
- [18] RICHTER D. 1980: Allgemeine Geologie. – Sammlung Göschen; Berlin, New York (Gruyter).
- [19] RIEGGER M. 2008: Saisonaler Erdsonden-Wärmespeicher Crailsheim. – bbr 9/2008; Bonn (wvgw).
- [20] SCHNABEL W. et al. 2002: Niederösterreich. Geologische Karte 1:200.000 mit Kurzerläuterungen. – Geologie der österreichischen Bundesländer; Wien (Geol. Bundesanst.).
- [21] SCHMIDT S. 29.08.1997: Gartenpflegerisches Sanierungskonzept für den Schlosspark Neulengbach. – Plan Nr. 205-6/4 M 1:1000 im Auftr. Marktgemeinde Neulengbach; Wien. [übermittelt als Scan mit Email vom 02.03.2018 von L. Rehse an J. Lueger]
- [22] SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT BERLIN (Hrsg.) 2015: Geothermisches Potenzial - spezifische Wärmeleitfähigkeit und spezifische Entzugsleistung (Ausgabe 2015). Berlin.
- [23] STATISTIK AUSTRIA 17.05.2018 (Aufruf): Baupreisindex für den Tiefbau gesamt, frühere Zeitreihen verkettet. – https://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_NATIVE_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=022804; Wien.
- [24] STÖBER I. & JODOCY M. 2011: Physikalische Eigenschaften von Wasser, Schwankungen im Zusammenhang mit Geothermiebohrungen und Auswirkungen auf die thermische Leistung und die Aquiferparameter. Freiburg im Breisgau (Land Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg, Abt. Umwelt).
- [25] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) 06.2010: Thermische Nutzung des Untergrunds - Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte – VDI 4640 Blatt 1; Düsseldorf.
- [26] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) 12.2011: Thermische Nutzung des Untergrunds - Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte, Berichtigung zur Richtlinie VDI 4640 Blatt 1. – VDI 4640 Blatt 1 Berichtigung; Düsseldorf.
- [27] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) 09.2001: Thermische Nutzung des Untergrundes - Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. – VDI 4640 Blatt 2; Düsseldorf.
- [28] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) 05.2015: Thermische Nutzung des Untergrundes - Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. – VDI 4640 Blatt 2 (Entwurf); Düsseldorf.

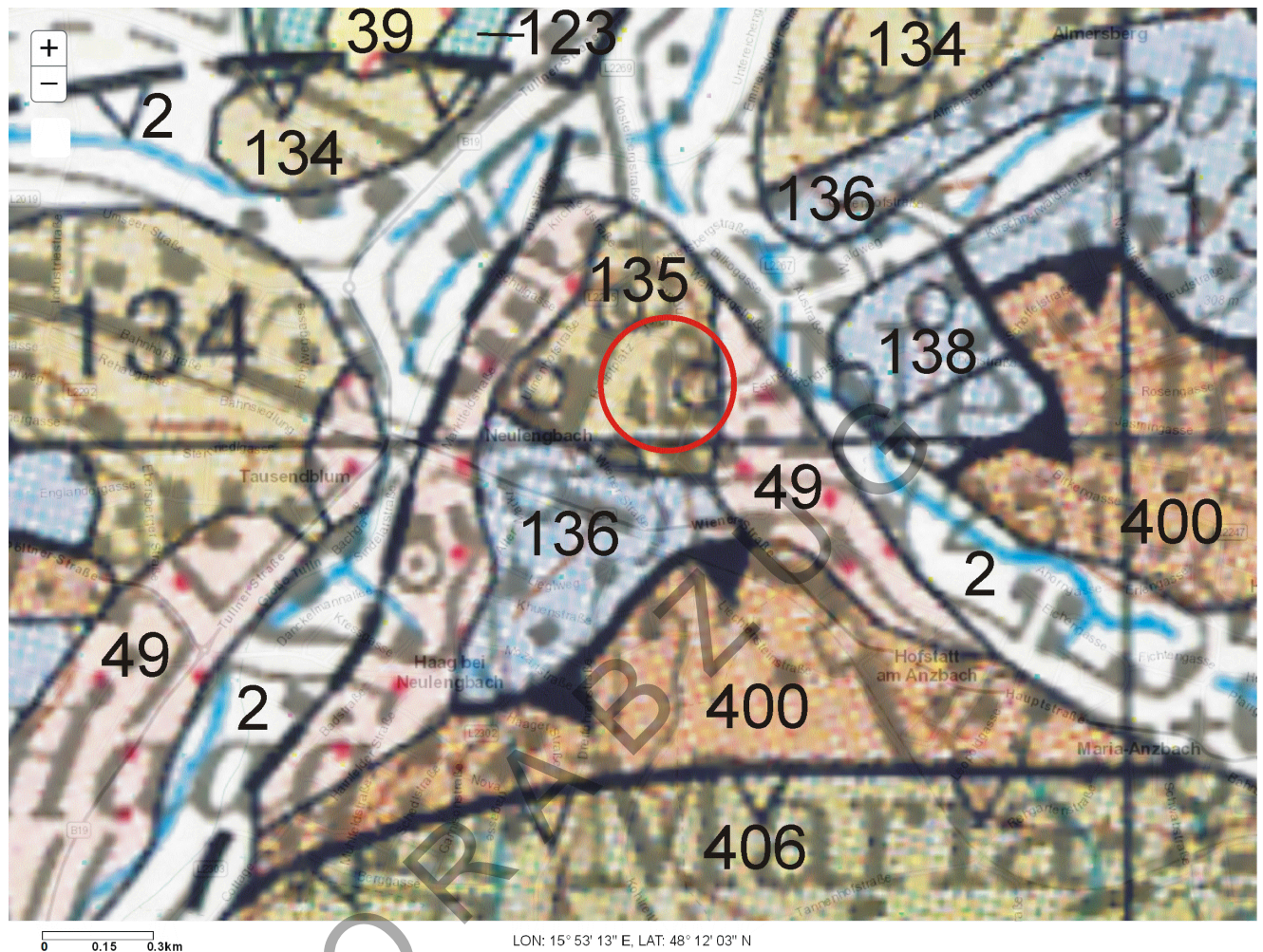
- [29] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) 2001: Thermische Nutzung des Untergrundes - Unterirdische Thermische Energiespeicher. – VDI 4640 Blatt 3; Düsseldorf.
- [30] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) 09.2004: Thermische Nutzung des Untergrundes - Direkte Nutzungen. – VDI 4640 Blatt 4; Düsseldorf.
- [31] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) 08.2016: Thermische Nutzung des Untergrundes - Thermal Response Test. – VDI 4640 Blatt 5 (Entwurf); Düsseldorf.
- [32] VETTERS H. 1921: Ueber Erdölspuren bei Neulengbach. – Petroleum XVII. Jahrg. Nr. 6: 181-183; Berlin (Verlag für Fachliteratur).
- [33] WANDERER E.. 1969: Beiträge zur Sedimentpetrographie des Flysch-Molasse Randes zwischen Neulengbach und Sieghartskirchen. – Vh. Geol. Bundesanst. 1969: 73-98; Wien (Geol. Bundesanst.).
- [34] WEBER L. (Hrsg.) 1997: Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. (Erläuterungen zur metallogenetischen Karte von Österreich 1:500.000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe). – Arch. Lagerstättenforsch 19 (1997); Wien (Geol. Bundesanst.)
- [35] WEBER L. (Hrsg.) 1997: Metallogenetische Karte von Österreich 1:500.000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe. (In [34]).
- [36] WESSELY G. 2006: Niederösterreich. – Geologie der österr. Bundesländer; Wien (Geol. Bundesanst.).
- [37] WIKIBOOKS 12.05.2018: Tabellensammlung Chemie/ spezifische Wärmekapazitäten. – https://de.wikibooks.org/wiki/Tabellensammlung_Chemie/_spezifische_W%C3%A4rmekapazit%C3%A4ten.
- [38] WIKIPEDIA 12.05.2018: Wärmespeicherzahl. – <https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmespeicherzahl>.
- [39] WIKIPEDIA 12.05.2018: Spezifische Wärmekapazität. – https://de.wikipedia.org/wiki/Spezifische_W%C3%A4rmekapazit%C3%A4t.
- [40] WIKIPEDIA 12.05.2018: Temperaturleitfähigkeit. – <https://de.wikipedia.org/wiki/Temperaturleitf%C3%A4higkeit>.
- [41] WIKIPEDIA LEXIKON 8.8.2006: Formelsammlung Lexikon Geothermie. – www.formelsammlung.de/wiki_Geothermie.html.

BEILAGEN

VORABZUG

Ausschnitt aus der geologischen Karte 1:200.000, 10-fach vergrößert

Quelle: SCHNABEL et al. 2002 [20]

**Legende:**Quartär

- 2 Talfüllung – Jüngster Talboden (Kies, Auelehm), Holozän
- 39 Jüngster Deckenschotter, meistens mit Deckschichten von Löss und Lehm, Mindel
- 49 Fluviatile Ablagerung (Kies, Sand), z.T. mit Deckschichten aus Löss und Lehm, unteres Pleistozän

Molasse

- 134 Haller Schlier und Äquivalente (Mergel, Sand und Sandstein), Eggenburgium
- 135 Buchberg-Konglomerat (Konglomerat und Blockwerk aus Sandstein), Eggenburgium
- 136 Sedimente des Egerium i.A.
- 138 Ollersbach-Konglomerat (Konglomerat und Blockwerk aus Kristallin, Quarz, Sandstein), Egerium

Rhenodanubische Flyschzone

- 400 Wolfpassing-Formation und Nordzone i.A. (dunkler, schiefrieger Flysch, z.T. quarzitischer), Unter-Kreide – ?Cenomanium
- 406 Altengbach-Formation (kalkhaltiger Quarzsandstein, Ton- und Mergelstein), Maastrichtium – Paläozän

Station: **Neulengbach** (climate-data.org [6]) 251 m Land: NÖ**Potenzielle Evaporation nach THORNWAITE** **a: 1,109576189**

	T [°C]	I	ET [mm]	N [mm]	Ao (%N)	Ao [mm]	GWN [mm]
Jänn:	-1,1	0	0,0	32,0	10,0	3,2	28,8
Feb:	0,6	0,04035	2,0	35,0	10,0	3,5	29,5
März:	4,7	0,91057	19,8	42,0	10,0	4,2	18,0
Apr:	9,4	2,60061	42,6	50,0	10,0	5,0	2,4
Mai:	14,4	4,96044	68,4	71,0	10,0	7,1	-4,5
Juni:	17,5	6,66375	85,0	85,0	10,0	8,5	-8,5
Juli:	19,2	7,66792	94,2	85,0	10,0	8,5	-17,7
Aug:	18,8	7,42736	92,0	74,0	10,0	7,4	-25,4
Sept:	14,8	5,17054	70,6	52,0	10,0	5,2	-23,8
Okt:	9,6	2,68484	43,6	41,0	10,0	4,1	-6,7
Nov:	4,0	0,71331	16,5	48,0	10,0	4,8	26,7
Dez:	0,4	0,02184	1,3	42,0	10,0	4,2	36,5
Jahr:	9,4	38,8615	536,0	657,0	10,0	65,7	55,3

Reelle Evapotranspiration nach TURC

	T [°C]	I _t	ET [mm]	N [mm]	Ao (%N)	Ao [mm]	GWN [mm]
Jahr:	9,4	574,938	442,4	657,0	10,0	65,7	148,9

Symbole und Formeln

Temperaturmittel: T [°C]

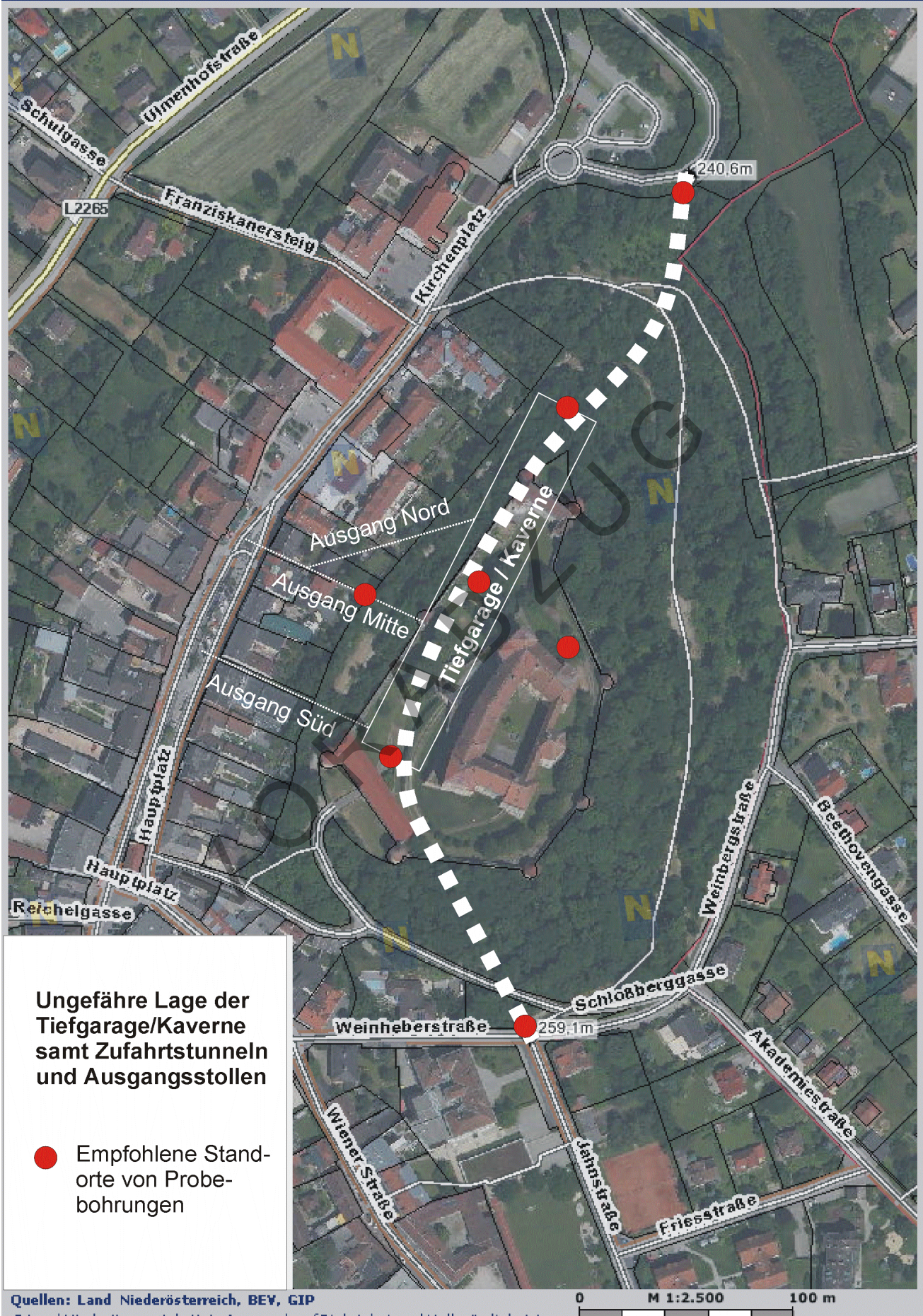
$$\text{Wärmeindex: } I = \sum_{m=1}^{12} \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514}$$

Klimafaktor: $a = 6,75E-7 I^3 - 7,71E-5 I^2 + 17,92E-3 I + 0,49$ Potenzielle Evapotranspiration: $ET_{\text{pot}} = 16 \cdot \left(10 \cdot \frac{T}{I} \right)^a$ [mm]Temperaturindex: $I_t = 300 + 25 T + 0,05 T^3$ Reelle Evapotranspiration: $ET_{\text{reell}} = \frac{N}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{N}{I_t} \right)^2}}$ [mm]

Niederschlag: N [mm]

Oberflächenabfluss: A_o [mm]Grundwasserneubildung (Versickerung): GWN = N - A_o - ET [mm]

Niederösterreich ATLAS NÖ Straßen



Ungefähre Lage der Tiefgarage/Kaverne samt Zufahrtstunneln und Ausgangsstollen

● Empfohlene Standorte von Probebohrungen

Quellen: Land Niederösterreich, BEV, GIP
 © Land Niederösterreich; Kein Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit!

0 M 1:2.500 100 m

Verwendungszweck:

Druckdatum: 24.05.2018