nagra.

Sondiergesuch NSG 18-01

Gesuch um Erteilung einer Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen im Standortgebiet Nördlich Lägern (NL)

Sondierbohrungen Stadel 3

Oktober 2018

Auflage-Exemplar

Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle

Hardstrasse 73
Postfach 280
5430 Wettingen
Telefon 056-437 11 11

www.nagra.ch

nagra.

Sondiergesuch NSG 18-01

Gesuch um Erteilung einer Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen im Standortgebiet Nördlich Lägern (NL)

Sondierbohrungen Stadel 3

Oktober 2018

Auflage-Exemplar

Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle

Hardstrasse 73
Postfach 280
5430 Wettingen
Telefon 056-437 11 11

www.nagra.ch

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis I

Tabellenverzeichnis IV

Figurenverzeichnis IV

Beilagenverzeichnis VI

Abkürzungen VII

Gesetze und Verordnungen XI

1 Einleitung und Zielsetzung 1

2 Geologischer Bericht (nach Art. 60 KEV) 3
2.1 Überblick zur Datenlage 3
2.2 Referenzberichte 3
2.3 Geologische Schichtfolge und potenziell einschlusswirksamer Gebirgsbereich im Standortgebiet 5
2.4 Tektonik des Standortgebiets 9
2.5 Hydrogeologie und Hydrochemie 10

3 Untersuchungsprogramm (nach Art. 59 KEV) 13
3.1 Zielsetzung der Standortuntersuchungen (nach Art. 59a KEV) 13
3.2 Generelles Untersuchungs- und Bohrkonzept 13
3.3 Vorgesehene Untersuchungen (nach Art. 59b KEV) 15
3.3.1 Geologie 16
3.3.2 Bohrlochgeophysik 17
3.3.3 Untersuchungen Hydrogeologie und Hydrochemie 18
3.3.4 Geotechnik 20
3.4 Beginn, Dauer und Programmanpassungen (nach Art. 59c KEV) 21

4 Rechtliche Voraussetzungen für die Bewilligung des Bohrplatzes 23
4.1 Rechtslage und Prüfungsumfang 23
4.2 Befristung 23
4.3 Rechtsverhältnisse am Bohrplatz 24

5 Technische Gesuchsunterlagen (nach Art. 58 KEV) 25
5.1 Örtliche Gegebenheiten 26
5.2 Platzerstellung und -ausrüstung 26
5.3 Bohrkeller 28
5.4 Nebenanlagen 32
5.4.1 Container 32
5.4.2 Parkplatz 32

5.4.3 Umzäunung ... 32
5.5 Erschliessung und Verkehr ... 32
5.5.1 Verkehrsanbindung ... 32
5.5.2 Verkehrsaufkommen ... 33
5.6 Wasserversorgung ... 34
5.7 Entsorgung ... 35
5.7.1 Häusliches Abwasser ... 37
5.7.2 Meteorwasser ... 37
5.7.3 Bohrspülung ... 37
5.7.4 Abfälle und Materialbewirtschaftung ... 38
5.8 Stromversorgung ... 38
5.9 Aggregate und Fahrzeuge ... 39
5.10 Telekommunikation ... 40
5.11 Ausleuchtung ... 40
5.12 Rekultivierung ... 41

6 Aspekte des Umwelt-, Natur- und Heimatschutzes und der Raumplanung ... 43
6.1 Interessenabwägung für erdwissenschaftliche Untersuchungen ... 43
6.2 Methodik der Auswahl des Bohrplatzes ... 43
6.2.1 Geologische Verhältnisse und geeignete Gebiete im Untergrund ... 45
6.2.2 Zielsetzungen der Sondierbohrungen Stadel 3 ... 45
6.2.3 Raum- und umweltplanerische Kriterien an der Oberfläche ... 46
6.3 Eingrenzung und Auswahl des Bohrplatzes ... 51
6.3.1 Schritt 1 – Bauzonen ... 52
6.3.2 Schritt 2 – Raum- und umweltplanerische Kriterien ... 53
6.3.3 Schritt 3 – Überprüfung kantonaler Vorgaben ... 54
6.3.4 Schritt 4 – Bautechnische Vorgaben ... 55
6.3.5 Schritt 5 – Betriebliche Vorgaben ... 56
6.3.6 Schritt 6 – Evaluation von Sonderflächen ... 57
6.3.7 Schritt 7 – Qualitative Beurteilung der Restflächen ... 58
6.4 Relevanzmatrix des Bohrplatzes der Sondierbohrungen Stadel 3 ... 61
6.5 Raum- und umweltplanerische Charakterisierung des Bohrplatzes der Sondierbohrungen Stadel 3 ... 63
6.5.1 Luftreinhaltung ... 63
6.5.2 Lärm ... 63
6.5.3 Lichtimmissionen ... 64
6.5.4 Erschütterungen ... 64
6.5.5 Grundwasser ... 64
6.5.6 Oberflächengewässer und aquatische Ökosysteme ... 68
6.5.7 Entwässerung des Bohrplatzes ... 68
6.5.8 Naturgefahren ... 69
6.5.9 Boden / Fruchtfolgeflächen ... 70

6.5.10 Altlasten ... 72
6.5.11 Abfälle, umweltgefährdende Stoffe ... 73
6.5.12 Umweltgefährdende Organismen ... 73
6.5.13 Wald ... 73
6.5.14 Flora, Fauna, Lebensräume ... 73
6.5.15 Landschaft und Ortsbild ... 74
6.5.16 Kulturdenkmäler und archäologische Stätten ... 76
6.5.17 Störfallvorsorge/Katastrophenschutz ... 76
6.5.18 Raum- und Nutzungsplanung ... 77

7 Mögliche Auswirkungen der Untersuchungen auf die Geologie und Umwelt (nach Art. 58 KEV) ... 79
7.1 Einschlusswirksamer Gebirgsbereich ... 79
7.2 Grundwasser und Aquifere ... 82
7.3 Langzeitbeobachtung ... 82
7.4 Verfüllung / Versiegelung von Sondierbohrungen ... 83
7.5 Induzierte Seismizität ... 84
7.6 Auftreten von Gas ... 84

8 Antrag ... 87
8.1 Bewilligungsvoraussetzungen (nach Art. 35 KEG) ... 87
8.1.1 Eignung (gemäss Art. 35 Abs. 2 lit. a KEG) ... 87
8.1.2 Entgegenstehende Interessen (Abwägung nach Art. 3 RPV) ... 87
8.2 Befristungen (nach Art. 36 Abs. 2 KEG) ... 88
8.3 Anträge ... 89

9 Literaturverzeichnis ... 91

Anhang A: Liste der verwendeten GIS-Daten Stadel 3 ... A-1

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Überblick über die wichtigsten Referenzberichte zur Geologie des Standortgebiets NL. 4

Tab. 5.1: Abmessungen Bohrkeller (Innenmasse). 29

Tab. 5.2: Mess- und Prognosewerte kantonales Gesamtverkehrsmodell (GVM-ZH 2014). 34

Tab. 5.3: Entsorgungswege für Feststoffe und Fluide. 38

Tab. 6.1: Qualitative Standortbeurteilung im Betrachtungsraum der Sondierbohrungen Stadel 3. 60

Tab. 6.2: Relevanzmatrix der Umweltbereiche für die Bau-, Betriebs- und Beobachtungsphase des Bohrplatzes der Sondierbohrungen Stadel 3. 62

Tab. 7.1: Maximale Dosis innerhalb des jeweiligen Betrachtungszeitraums für vollständige Lagerkonfigurationen mit mehreren tiefen Bohrungen sowie für verschiedene Abstände zwischen Tiefenlager und tiefen Bohrungen in [mSv/a]. 80

Figurenverzeichnis

Fig. 2.1: Schematisches stratigraphisch-hydrogeologisches Sammelprofil für das Standortgebiet NL (nach Nagra 2014b, Dossier II). 8

Fig. 5.1: Lage und Grösse des Standorts des Bohrplatzes Stadel 3. 25

Fig. 5.2: Geologische Karte im Bereich des Standorts der Sondierbohrungen Stadel 3. 27

Fig. 5.3: Grundriss des Bohrkellers für fünf Bohrrichtungen. 29

Fig. 5.4: Längsschnitt (B-B) des Bohrkellers mit den Bohrrichtungen WSW und ENE und den entsprechenden Bohransatzpunkten (Lage des Schnitts vgl. Beilage 8). 30

Fig. 5.5: Querschnitt des Bohrkellers (A-A) mit den Bohrrichtungen NNW und SSE und den entsprechenden Bohransatzpunkten (Lage des Schnitts vgl. Beilage 8). 31

Fig. 5.6: Karte zur Erschliessung des Standorts der Sondierbohrungen Stadel 3. 33

Fig. 5.7: Karte zur Erschliessung des Standorts der Sondierbohrungen Stadel 3 mit Wasser, Abwasser und Strom. 35

Fig. 5.8: Beispielhafte Ausleuchtung des Arbeitsbereichs für den Bohrplatz (Leuchte mit Wirkungsbereich). 41

Fig. 6.1: Tektonische Situation und Untersuchungsperimeter Tiefbohrungen im Standortgebiet NL mit dem Bohrplatz Stadel 3 und dem Betrachtungsraum für die Interessenabwägung. 44

Fig. 6.2: Darstellung von Bauzonen. 52

Fig. 6.3: Darstellung der raumplanerischen und umweltrechtlichen Kriterien. 53

Fig. 6.4: Darstellung der kantonalen Schutzgebiete. 54
Fig. 6.5: Darstellung der bautechnischen Vorgaben. 55
Fig. 6.6: Darstellung der betrieblichenVorgaben. 56
Fig. 6.7: Darstellung der Sonderflächen. 58
Fig. 6.8: Darstellung einzelner qualitativer Kriterien der Standortbeurteilung. 59
Fig. 6.9: Auszug aus der Gewässerschutzkarte des Kantons Zürich beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3. 65
Fig. 6.10: Grundwasserverhältnisse (Mittelwasser) beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3. 66
Fig. 6.11: Oberflächengewässer im Bereich des Standorts der Sondierbohrungen Stadel 3. 68
Fig. 6.12: Auszug aus der Gefahrenkarte des Kantons Zürich beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3. 69
Fig. 6.13: Landnutzung im Bereich des Standorts der Sondierbohrungen Stadel 3. 70
Fig. 6.14: Auszug aus dem Kataster der belasteten Standorte (KbS) und dem Prüfperimeter für Bodenverschiebungen (PBV) des Kantons Zürich beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3. 72
Fig. 6.15: Naturschutzobjekte beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3. 74
Fig. 6.16: Landschaftsschutzflächen beim Standort für die Sondierbohrungen Stadel 3. 75
Fig. 6.17: Archäologisch relevante Flächen und Kulturgüter beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3. 76
Fig. 7.1: Lage und Ausdehnung der möglichen Bohrpfade der Sondierbohrungen Stadel 3 in Bezug auf den Untersuchungsperimeter Tiefbohrungen mit Sicherheitsabstand von r = 50 m um die potenziellen Bohrpfade. 81

Beilagenverzeichnis

Beilage 1: Geologische Profile durch das Standortgebiet Nördlich Lägern
(nach Nagra 2014b, Dossier II)

Beilage 2: Geologisches Profil entlang der Seismiklinie 11-NS-20, 1:50'000
(nach Jordan et al. 2015)

Beilage 3: Schematisches geologisches Prognoseprofil für die Sondierbohrungen Stadel 3

Beilage 4: Übersicht Standort und Hauptabmessungen Bohrplatz der Sondierbohrungen Stadel 3, 1:1'000

Beilage 5: Situation der Sondierbohrungen Stadel 3, 1:500

Beilage 6: Längsschnitt A-A der Sondierbohrungen Stadel 3, 1:100

Beilage 7: Querschnitte 1-1 bis 4-4 der Sondierbohrungen Stadel 3, 1:100

Beilage 8: Detailplan Bohrkeller Mehrfachbohrungen der Sondierbohrungen Stadel 3, 1:50

Beilage 9: Situation Rekultivierungsmassnahmen (Langzeitbeobachtung) der Sondierbohrungen Stadel 3, 1:500

(Anmerkung: In der digitalen Version dieses Berichts (PDF) sind die Beilagen im Register "ANLAGEN" (Symbol Büroklammer) abgelegt.)

Abkürzungen

ABI	Acoustical Borehole Imager
Abs.	Absatz
AltlV	Altlastenverordnung
ARA	Abwasserreinigungs-anlage
Art.	Artikel
ASTRA	Bundesamt für Strassen
A_u	Gewässerschutzbereich mit nutzbaren Grundwas-servorkommen
AV	Amtliche Vermessung
AZ	Asbestzement
AWEL	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BBB	Bodenkundliche Baubegleitung
BbergG	Bundesberggesetz (Deutschland)
Bel.	Beleuchtung
BFE	Bundesamt für Energie
BG	Bundesgericht
BHTV	Borehole-TV
BLN	Bundesinventar der Land-schaften und Naturdenk-mäler von nationaler Bedeutung
BLR	Baulärm-Richtlinie
BMJV	Bundesministerium der Justiz und für Verbrau-cherschutz (Deutschland)
BOP	Blow Out Preventer
brekz.	brekziös
BU	Beton, unbekannt
BV	Bundesverfassung der schweizerischen Eidge-nossenschaft
BVOT	Deutsche Bergverordnung für Tiefbohrungen (auch BVT genannt)
BZO	Bau- und Zonenordnung
Ca	Calcium
CO_2	Kohlenstoffdioxid
CH_4	Methan
D400	Belastungsklasse für Abdeckungen für Verkehrsflächen (entspricht 40 t Prüflast)
dB(A)	Dezibel
DIL	Dual Induction Log
DLL	Dual Lateral Log
DN	Nennweite von Rohren
DTV	Durchschnittlicher Tages-verkehr
EBG	Eisenbahngesetz
EDV	Elektronische Daten-verarbeitung
EG	Einschlusswirksamer Gebirgsbereich
EKZ	Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
ENSI	Eidgenössisches Nuklear-sicherheitsinspektorat (ehemals HSK)
ES	Einlaufschacht für Abwasserentsorgung
ESTI	Eidgenössisches Stark-strominspektorat
EW	Elektrizitätswerk
EWS	Erdwärmesonden
dolomit.	dolomitisch
FEL	Fokussierte Elektrische Widerstandsmessung
FFF	Fruchtfolgefläche
Fm.	Formation
Fr.	Frühe
FWS	Full-Waveform Sonic

GEP	Genereller Entwässerungsplan
GIS	Geoinformationssysteme
GIS-ZH	Geographisches Informationssystem des Kantons Zürich
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit GmbH (Deutschland)
GSchG	Gewässerschutzgesetz
GSchV	Gewässerschutzverordnung
GVM-ZH	Kantonales Gesamtverkehrsmodell (ZH)
h	Höhe
H_2S	Schwefelwasserstoff
HAA	Hochaktive Abfälle
Humphr'oo.	Humphriesioolith
HVS	Hauptverkehrsstrasse
HWSchV ZH	Hochwasserschutzverordnung des Kantons Zürich
IGW	Immissionsgrenzwerte
IL	Induction Log
ISD	Inertstoffdeponie
ISOS	Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung
IVS	Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz
JO	Geologisches Standortgebiet Jura Ost
JSG	Jagdgesetz
Jungpleist.	Jungpleistozän
kant.	kantonal
Kat.-Nr.	Katasternummer
KbS	Kataster der belasteten Standorte
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
Kt.	Kanton
kV	Kilovolt
KWaV ZH	Kantonale Waldverordnung des Kantons Zürich
LED	Licht emittierende Diode
Let.kohle	Lettenkohle
lit.	Lat. littera, Buchstabe
LKW	Lastkraftwagen
Lr	Lärmbeurteilungspegel
LRV	Luftreinhalte-Verordnung
LSV	Lärmschutz-Verordnung
LV	Landesvermessung
LZB	Langzeitbeobachtung
Mb.	Member
Mikrit.	mikritisch
Mittelpleist.	Mittelpleistozän
Mittl.	Mittlere
MS	Mittelspannung
mSv/a	Millisievert pro Jahr
m ü.M.	Meter über Meer
m u.T.	Meter unter Terrain
Murch.-O.-Fm.	Murchisonae-Oolith-Formation
Murchison.-Oo.	Murchisonae-Oolith
MW	Mischabwasser
µT	Mikrotesla
Na	Natrium
NAB	Nagra Arbeitsbericht
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NHG	Natur- und Heimatschutzgesetz
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
NL	Nördlich Lägern
NS	Niederspannung
NSG 16-XX	Nagra Sondiergesuch
NSG	Nationalstrassengesetz
NTB	Nagra Technischer Bericht
NW	Nennweite

Ob.	Obere/Oberer
OBI	Optical Borehole Imager
OKT	Oberkante Terrain
OMM	Obere Meeresmolasse
OSM	Obere Süsswassermolasse
Oo.	Oolith
PäV	Pärkeverordnung (nationale Bedeutung)
Park.-Württ.-S.	Parkinsoni-Württembergica-Schicht
PBG ZH	Planungs- und Baugesetz des Kantons Zürich
PBV	Prüfperimeter für Bodenverschiebungen
PE	Polyethylen
PEH	Polyethylen, hart
phosph.	phosphoritisch
PP	Polypropylen
ppm	parts per million
PW	Planungswerte
Qu.	Quartär
R	Radius
RBG	Rahmenbewilligungsgesuch
reg.	regional
RLSV	Verordnung über Sicherheitsvorschriften für Rohrleitungsanlagen
RQD	Rock Quality Designation Index
RPG	Raumplanungsgesetz
RPV	Raumplanungsverordnung
RVS	Regionale Verbindungsstrasse
RW	Regenabwasser/Drainage
S	Schwefel
S.	Schicht
SBB	Schweizerische Bundesbahnen SBB
SB-Experiment	Selfsealing Barriers of Clay/Sand Mixtures in a Clay Repository
Schilfsandst.-Fm.	Schilfsandstein-Formation
SED	Schweizerischer Erdbebendienst
seism.	seismisch
SGT-E1 - E3	Sachplan geologische Tiefenlager – Etappen 1 bis 3
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SLA-1	Geothermiebohrung Schlattingen SLA-1
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle
SN	Schweizer Norm
SO_4	Sulfat
StFV	Störfallverordnung
Stratigr.	Stratigraphie
Sulfats.	Sulfatschichten
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
S1	Grundwasserschutzzone S1, Fassungsbereich
S2	Grundwasserschutzzone S2, engere Schutzzone
S3	Grundwasserschutzzone S3, weitere Schutzzone
Trigonodus-D.	Trigonodus-Dolomit
TS	temporäre Trafostation
TVA	Technische Verordnung über Abfälle (aufgehoben)
TWW	Bundesinventar der Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung
Unt.	Unterer
USG	Umweltschutzgesetz
USM	Untere Süsswassermolasse
UVEK	Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
Varians-S.	Variansmergel-Schicht
VBBo	Verordnung über Belastungen des Bodens

VeVA	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen
VÖV	Verband Öffentlicher Verkehr
VSP	Vertical Seismic Profiling
VSS	Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (ehemals Technische Verordnung über Abfälle TVA)
WaG	Waldgesetz
WLAN	Wireless Local Area Network
WNB	Wald von naturkundlicher Bedeutung
Württemb.-S.	Württembergica-Schicht
ZNO	Geologisches Standortgebiet Zürich Nordost
2D	zweidimensional
3D	dreidimensional

Gesetze und Verordnungen

Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (Jagdgesetz, JSG, SR 922.0) vom 20. Juni 1986 (Stand 1. Mai 2017)

Bundesgesetz über die Nationalstrassen (Nationalstrassengesetz, NSG, SR 725.11) vom 8. März 1960 (Stand 1. Januar 2018)

Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG, SR 700) vom 22. Juni 1979 (Stand 1. Januar 2018)

Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (Natur- und Heimatschutzgesetz, NHG, SR 451) vom 1. Juli 1966 (Stand 1. Januar 2017)

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG, SR 814.20) vom 24. Januar 1991 (Stand 1. Januar 2017)

Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG, SR 814.01) vom 7. Oktober 1983 (Stand 1. Januar 2018)

Bundesgesetz über den Wald (Waldgesetz, WaG, SR 921.0) vom 4. Oktober 1991 (Stand 1. Januar 2017)

Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (BV, SR 101) vom 18. April 1999 (Stand 1. Januar 2018)

Eisenbahngesetz (EBG, SR 742.101) vom 20. Dezember 1957 (Stand 1. Januar 2018)

Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) vom 28. Oktober 1998 (Stand 1. Juni 2018)

Kantonale Waldverordnung des Kantons Zürich (KWaV, SR 921.11) vom 28. Oktober 1998 (Stand 1. April 2013)

Kernenergiegesetz (KEG, SR 732.1) vom 21. März 2003 (Stand 1. Januar 2018)

Kernenergieverordnung (KEV, SR 732.11) vom 10. Dezember 2004 (Stand 1. Januar 2018)

Lärmschutz-Verordnung (LSV, SR 814.41) vom 15. Dezember 1986 (Stand 1. April 2018)

Luftreinhalte-Verordnung (LRV, SR 814.318.142.1) vom 16. Dezember 1985 (Stand 1. Juni 2018)

Planungs- und Baugesetz des Kantons Zürich (PBG SR 700.1) vom 7. September 1975 (Stand 1. Januar 2018)

Raumplanungsverordnung (RPV, SR 700.1) vom 28. Juni 2000 (Stand 1. Januar 2016)

Verordnung über den Hochwasserschutz und die Wasserbaupolizei des Kantons Zürich (HWSchV, SR 724.112) vom 14. Oktober 1992 (Stand 1. Januar 2017)

Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV, SR 814.710) vom 23. Dezember 1999 (Stand 1. Juli 2016)

Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV, SR 814.012) vom 27. Februar 1991 (Stand 1. Juni 2015)

Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.610) vom 22. Juni 2005 (Stand 1. Januar 2018)

Verordnung über die Belastungen des Bodens (VBBo, SR 814.12) von 1. Juli 1998 (Stand 12. April 2016)

Verordnung über die Pärke von nationaler Bedeutung (Pärkeverordnung, PäV, SR 451.36) vom 7. November 2007 (Stand 1. April 2018)

Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltlV, SR 814.680) vom 26. August 1998 (Stand 1. Mai 2017)

Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA, SR 814.600, vormals Technische Verordnung über Abfälle TVA) vom 4. Dezember 2015 (Stand 1 Januar 2018)

1 Einleitung und Zielsetzung

In der Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT-E3) ist vorgesehen, die verbleibenden Standortgebiete mit geowissenschaftlichen Methoden detaillierter zu untersuchen. Ziel dieser Untersuchungen ist die Erhebung einer hinreichenden Datenbasis für den Vorschlag jeweils eines Standortgebiets pro Lagertyp (schwach- und mittelaktive Abfälle SMA und hochaktive Abfälle HAA) für ein Rahmenbewilligungsgesuch (RBG; die Option Kombilager[1] wird beibehalten). Diese Daten müssen eine verlässliche Basis für die Standortwahl sowie für die Beurteilung der Sicherheit und technischen Machbarkeit eines Tiefenlagers im RBG bilden.

In SGT-E1 wurden sechs geologische Standortgebiete für das SMA-Lager und drei geologische Standortgebiete für das HAA-Lager vorgeschlagen. Die drei HAA-Standortgebiete sind gleichzeitig auch SMA-Standortgebiete. Diese Auswahl wurde durch den Bundesrat im November 2011 bestätigt. In SGT-E2 sind diese Gebiete weiter untersucht worden.

Für SGT-E3 wurden die Standortgebiete Jura Ost (JO) und Zürich Nordost (ZNO) von der Nagra zur vertieften Untersuchung vorgeschlagen (Nagra 2014a). Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) empfiehlt, neben den Standortgebieten JO, und ZNO auch das Standortgebiet Nördlich Lägern (NL) in SGT-E3 weiterzuführen (BFE 2016, ENSI 2017). Für die drei Standortgebiete wurden Konzepte für die Standortuntersuchungen in SGT-E3 erarbeitet, welche gewährleisten, dass eine ausreichende Datengrundlage für die Standortwahl und für die RBG für die Tiefenlager SMA und HAA zur Verfügung steht (JO und ZNO: Nagra 2014c, NL: Nagra 2016).

Die Explorationskonzepte beschreiben in Grundzügen die geplanten Standortuntersuchungen in SGT-E3, unter Berücksichtigung der vorliegenden Untersuchungsdaten. Die Hinweise für die Standortuntersuchungen aus dem "Sicherheitstechnischen Vergleich" in SGT-E2 (Nagra 2014a) wurden dabei berücksichtigt.

In Nagra (2016) wurden Bohrlokationen durch ausgewiesene Bohrperimeter nur grob bezeichnet. Mit dem vorliegenden **Gesuch für die Sondierbohrungen Stadel 3** wird eine Bohrlokation im Standortgebiet NL parzellengenau festgelegt. Für diese parzellengenaue Festlegung wurden sowohl die Bedingungen an der Oberfläche als auch die Aspekte des Umweltschutzes, des Natur- und Heimatschutzes sowie der Raumplanung berücksichtigt.

Das Sondiergesuch enthält zudem ein umhüllendes Untersuchungsprogramm und beschreibt die zu erwartenden Auswirkungen der Untersuchungen auf die Umwelt am Bohrstandort. Die genauen Bohrungen und die in den einzelnen Abschnitten der Bohrungen vorzunehmenden Untersuchungen werden im Verlauf von SGT-E3 in separaten Arbeitsprogrammen für jeden Bohrstandort einzeln definiert, um flexibel auf die im Verlauf der Untersuchung der Standorte neu gewonnenen Erkenntnisse reagieren zu können. So können die Erkenntnisse der 3D-Seismik und – soweit vorhanden – bereits die Ergebnisse vorangegangener Bohrungen bei der Festlegung der Arbeitsprogramme der Bohrungen genutzt werden. Die einzelnen Arbeitsprogramme werden dem ENSI rechtzeitig vor der Ausführung zur Freigabe vorgelegt.

Zweck der erdwissenschaftlichen Untersuchungen am Standort der Sondierbohrungen Stadel 3 ist die Erkundung des Untergrunds im Standortgebiet NL im Hinblick auf ein mögliches Tiefenlager für radioaktive Abfälle. Das Untersuchungsprogramm in Kapitel 3, welches Bestandteil des

[1] Mit dem Begriff Kombilager wird das Konzept beschrieben, bei dem das HAA- und das SMA-Lager beide am gleichen Standort, die Lagerkammern und die Lagerfelder zwar räumlich getrennt, aber in der gleichen Wirtgesteinsschicht angeordnet werden.

Sondiergesuchs ist, richtet sich nach dieser Zielsetzung. Vom gleichen Bohrplatz können unter Umständen mehrere Tiefbohrungen[2] in unterschiedliche Tiefen und in unterschiedliche Richtungen abgeteuft werden (vgl. Fig. 7.1).

Die in diesem Gesuch beantragten Untersuchungen dienen sowohl der Eichung der seismischen Messungen als auch der geologisch-hydrogeologischen Erkundung des Opalinustons und der angrenzenden Gesteinsschichten hinsichtlich einer vertieften sicherheits- und bautechnischen Beurteilung eines allfälligen Tiefenlagers.

In Kapitel 2 wird der geologische Rahmen des Standortgebiets beschrieben.

Im nachfolgenden Kapitel 3 wird ein umhüllendes Untersuchungsprogramm vorgestellt, um die Zielsetzungen, die sich aus dem Konzept der Standortuntersuchungen für SGT-E3 (Nagra 2016) ergeben, zu erreichen.

Kapitel 4 erläutert die rechtlichen Voraussetzungen für die Bewilligung des Bohrplatzes sowie der entsprechenden Sondierbohrungen.

In Kapitel 5 sind die technischen Gesuchsunterlagen für die Errichtung und den Betrieb des Bohrplatzes zusammengestellt. Darin werden die folgenden Voraussetzungen erläutert:

a) Erstellen und Betreiben eines Bohrplatzes und -kellers sowie eines Installationsplatzes mit Parkplätzen inklusive der dazugehörigen Erschliessung
b) Aufstellen und Betreiben des ca. 15 bis 30 m hohen Bohrgeräts mit Nebenanlagen sowie von Büro- und Arbeitscontainern
c) Abteufen einer oder mehrerer Bohrungen von diesem Bohrplatz aus
d) Rückbau des Bohrplatzes und Rekultivierung sowie gegebenenfalls die Installation von Langzeitbeobachtungssystemen (LZB-Systeme) in den Bohrungen mit den dafür nötigen Messgeräten und der langfristige Betrieb der Messeinrichtungen im Bohrkeller

In Kapitel 6 wird ausgeführt, welche Kriterien zur Auswahl des Bohrplatzes führten. Dazu werden in erster Linie geologische Kriterien hinzugezogen, wobei auch eine Interessenabwägung auf Basis der Umwelt- und Raumplanungsgesetzgebung für die Wahl des Bohrplatzes durchgeführt wurde. Die Interessenabwägung erfolgt mit Hilfe von räumlichen Ausschlusskriterien und einer qualitativen Beurteilung der Restflächen, welche mit Hilfe eines Geoinformationssystems (GIS) visualisiert werden. Die durch die Erstellung und den Betrieb des Bohrplatzes erwarteten Auswirkungen auf die Umwelt mit allfälligen Massnahmen zur Minimierung werden ebenfalls in diesem Kapitel beschrieben.

Kapitel 7 beschreibt die Auswirkungen der Sondierbohrungen auf den tieferen Untergrund gemäss Art. 58 lit. c Kernenergieverordnung (KEV) im Hinblick auf das später zu errichtende geologische Tiefenlager.

Kapitel 8 enthält die eigentlichen Gesuchsanträge unter Erwähnung der Bewilligungsvoraussetzungen sowie die notwendige Beurteilung der Eignung und der Interessenabwägung gemäss Art. 35 Abs. 2 lit. b Kernenergiegesetz (KEG).

---

[2] Tiefbohrungen sind Sondierbohrungen im Sinne von Art. 35 Abs. 2 lit. a KEG, welche für erdwissenschaftliche Untersuchungen im geologischen Standortgebiet abgeteuft werden. In diesem Gesuch werden die Begriffe synonym verwendet.

2 Geologischer Bericht (nach Art. 60 KEV)

2.1 Überblick zur Datenlage

Das geologische Standortgebiet NL mit dem Wirtgestein Opalinuston weist eine Fläche von ca. 65 km^2 (SMA- und HAA-Lager; Nagra 2008) auf. Die lokale geologische Situation wurde durch ein dichtes Netz an 2D-Seismiklinien im Fallen und Streichen (Abstand in der Regel < 2 km) gut untersucht. Mit der Sondierbohrung Weiach 1 liegt eine detailliert ausgewertete Bohrung im nördlichen Teil des Gebiets vor (vgl. Beilage 1 und 2; Matter et al. 1988 und Nagra 1989).

2D-Seismikdaten wurden im Bereich des Standortgebiets NL für die Suche nach Kohlenwasserstoffen bereits in den 80er Jahren aufgenommen. Die Nagra führte 1991/92 eine 2D-Seismikkampagne durch. Die damals erhobenen Daten wurden in SGT-E2 einer umfangreichen Reprozessierung unterzogen (Rybarczyk 2012), durch welche die Interpretierbarkeit der Daten lokal weiter verbessert wurde (Madritsch et al. 2013, Meier et al. 2014, Rybarczyk 2013 und 2014).

Die Sondierbohrung Weiach 1wurde im Rahmen der Tiefbohrkampagne der Nagra in den 80er Jahren abgeteuft (Matter et al. 1988). Das Wirtgestein Opalinuston sowie der potenziell einschlusswirksame Gebirgsbereich wurden vollständig gekernt. Unterhalb der mesozoischen Schichtfolge wurden ausserdem Ablagerungen des Permokarbons und schliesslich das kristalline Grundgebirge erbohrt. Die geologischen Erkenntnisse aus der Sondierbohrung sind in Matter et al. (1988) und Nagra (1989) dokumentiert. Ungefähr 13 km nordöstlich des Standortgebiets NL liegt eine weitere, sehr gut dokumentierte Tiefbohrung (Sondierbohrung Benken; Nagra 2001). Rund 12 km weiter westlich befindet sich die in den Jahren 1983 bis 1984 abgeteufte Sondierbohrung Riniken 1 (Matter et al. 1987), in welcher Bohrkerne des Wirtgesteins Opalinuston sowie von Teilen des potenziell einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (EG) gewonnen wurden. Nördlich und nordwestlich des Standortgebiets gibt es weitere Informationen zur Schichtfolge aus untiefen Bohrungen (z.B. Erdwärmesonden (EWS)-Bohrungen Osterfingen, Tegerfelden-1 und -2; vgl. Albert et al. 2012, Bläsi et al. 2014, Naef & Deplazes 2016). Von zentraler Bedeutung für die Wahl des Bohrstandorts der Sondierbohrungen Stadel 3 sind die provisorischen Interpretationsergebnisse der im Winter 2016/2017 aufgenommenen Nagra 3D-Seismik NL-16, welche im Sommer 2018 erstmals vorgestellt wurden (ENSI 2018).

Für das Standortgebiet NL liegen – abgesehen vom Nordteil (Blatt Eglisau) – detaillierte geologische Karten vor (Matousek et al. 2000, Graf et al. 2006, Haldimann et. al. 2017). Mesozoische Sedimente sind nur unmittelbar nördlich des Standortgebiets, nicht aber im Gebiet selbst aufgeschlossen. Gegen Süden sind mesozoische Sedimente erst wieder am Nordhang der Lägern aufgeschlossen. Innerhalb und in der Umgebung des Standortgebiets NL wurden detaillierte strukturgeologische Aufschlussbearbeitungen durch Madritsch & Hammer (2012) durchgeführt.

2.2 Referenzberichte

Die wichtigsten Referenzberichte sind in Tab. 2.1 zusammengestellt. Für weiterführende Referenzen wird ausserdem auf den jüngsten geologischen Synthesebericht der Nagra (2014b) verwiesen.

Tab. 2.1: Überblick über die wichtigsten Referenzberichte zur Geologie des Standortgebiets NL

Thema / Inhalt	**Zitat**	**Titel**
Genereller Überblick zum Standortgebiet (Stand SGT-E1 und -E2)	Nagra 2008	Nagra (2008): Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager – Geologische Grundlagen. Nagra Tech. Ber. NTB 08-04.
	Nagra 2014b	Nagra (2014b): SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage – Geologische Grundlagen. Dossiers I bis VII. Nagra Tech. Ber. NTB 14-02.
Ergebnisse Sondierbohrung Weiach 1	Matter et al. 1988	Matter, A., Peters, T., Bläsi, H.-R., Meyer, J., Ischi, H. & Meyer, C. (1988): Sondierbohrung Weiach – Geologie. Nagra Tech. Ber. NTB 86-01.
	Nagra 1989	Nagra (1989): Sondierbohrung Weiach – Untersuchungsbericht. Nagra Tech. Ber. NTB 88-08.
2D-Seismikinterpretation	Madritsch et al. 2013	Madritsch, H., Meier, B., Kuhn, P., Roth, P., Zingg, O., Heuberger, S., Naef, H. & Birkhäuser, P. (2013): Regionale strukturgeologische Zeitinterpretation der Nagra 2D-Seismik 2011/12. Nagra Arbeitsber. NAB 13-10.
Oberflächengeologie	Matousek et al. 2000	Matousek, F., Wanner, M., Baumann, A., Graf, H.R., Nüesch, R. & Bitterli, T. (2000). Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1050 Zurzach mit Erläuterungen. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).
	Graf et al. 2006	Graf, H.R., Bitterli-Dreher, P., Burger, H., Bitterli, T., Diebold, P. & Naef, H. (2006): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1070 Baden, mit Erläuterungen. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).
	Haldimann et al. 2017	Haldiman, P., Graf, H.R. & Jost, J. (2017): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1071 Bülach, mit Erläuterungen. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).
Stratigraphie, Referenzprofile	Naef & Deplazes 2016	Naef, H. & Deplazes, G. (2016): Stratigraphische Korrelation der Standortgebiete in der Nordschweiz: Grundlagen zu den Profildarstellungen im NTB 14-02, Dossier II. Nagra Arbeitsber. NAB 15-44.
Strukturgeologie, Trennflächensysteme in Oberflächenaufschlüssen	Madritsch & Hammer 2012	Madritsch, H. & Hammer, P. (2012): Characterisation of Cenozoic brittle deformation of potential geological siting regions for radioactive waste repositories in Northern Switzerland based on structural geological analysis of field outcrops. Nagra Arbeitsber. NAB 12-41.
Geologische Profilschnitte	Jordan et al. 2015	Jordan, P., Malz, A., Heuberger, S., Pietsch, J., Kley. J. & Madritsch, H. (2015): Regionale geologische Profilschnitte durch die Nordschweiz und 2D-Bilanzierung der Fernschubdeformation im östlichen Faltenjura: Arbeitsbericht zu SGT-Etappe 2. Nagra Arbeitsber. NAB 14-105.

2.3 Geologische Schichtfolge und potenziell einschlusswirksamer Gebirgsbereich im Standortgebiet

Die wichtigsten geologisch-stratigraphischen und hydrogeologischen Merkmale der Gesteinsabfolge im Standortgebiet NL sind in Fig. 2.1 zusammenfassend dargestellt (nach Nagra 2014b, Dossier II und Naef & Deplazes 2016). Das Wirtgestein für das HAA- und das SMA-Lager im Standortgebiet bildet der Opalinuston (vgl. Nagra 2008, Nagra 2014a). Die günstigen hydrogeologischen Eigenschaften dieser Formation sind unter anderem durch Untersuchungen in der Sondierbohrung Weiach 1 (Matter et al. 1988, Nagra 1989) sowie in der etwas weiter entfernten Sondierbohrung Benken (Nagra 2001, Jäggi & Frieg 2010) belegt. Der potenzielle EG für das Wirtgestein Opalinuston erstreckt sich im Standortgebiet NL vom Top der Lettenkohle[3] (Asp-Member) bzw. von der Basis des Gipskeupers (Bänkerjoch-Formation) bis zum Top des Effingen-Members resp. der Basis der Villigen-Formation (Nagra 2014b, Dossier II und Naef & Deplazes 2016). Die Tongesteinsabfolge 'Brauner Dogger' (Bläsi et al. 2013, Meier & Deplazes 2014), welche in SGT-E1 als potenzielles Wirtgestein für SMA vorgeschlagen wurde, bildet einen Teil der oberen Rahmengesteine.

Innerhalb des Standortgebiets NL werden die klastischen Sedimente des Nordschweizer Permokarbontrogs (vgl. Kap. 2.4) diskordant vom mesozoischen Sedimentstapel überlagert, der auch das Wirtgestein Opalinuston miteinschliesst. Die mesozoischen Sedimente werden im Hangenden wiederum diskordant von tertiären Molassesedimenten (Untere Süsswassermolasse USM, Obere Meeresmolasse OMM sowie Obere Süsswassermolasse OSM) überlagert. Molassesedimente sind innerhalb des Standortgebiets an verschiedenen Lokalitäten grossflächig an der Oberfläche anstehend. Der grösste Anteil des Standortgebiets ist jedoch von verschiedenen quartären Sedimenten bedeckt. Auf Höhenzügen stehen u.a. frühpleistozäne Deckenschotter an, während in den Tälern mittel- bis spätpleistozäne und holozäne Ablagerungen auftreten (Graf 1993, Graf 2009, Nagra 2014b, Dossier III). Die Mächtigkeit der quartären Sedimente variiert lokal stark (Pietsch & Jordan 2014). Glazial übertiefte Täler sind im südöstlichen Teil des Standortgebiets, im Bereich des Glatttals (Bülach-Rinne) und unter dem Strassberg (Strassberg-Rinne) entwickelt (Nagra 2014b, Dossier III, Buechi 2016, Nagra *in Vorb.*).

Die Sondierbohrung Weiach 1 (Matter et al. 1988, Nagra 1989) stellt das wichtigste stratigraphische Referenzprofil für das Standortgebiet NL dar (Nagra 2014b, Dossier II und Naef & Deplazes 2016). Sie liegt im nördlichen Teil des Standortgebiets und durchteuft den gesamten potenziellen EG. Erbohrt wurde das Quartär mit 37 m Mächtigkeit, gefolgt von Sedimenten der USM bis zu einer Teufe von 177 m. An der Basis des Tertiärs wurde die 9 m mächtige Bohnerz-Formation bzw. Siderolithikum angetroffen, welche die Sedimente des Mesozoikums diskordant überlagert. Letztere wurden in weiterer Folge bis in eine Teufe von 991 m erbohrt. Darunter folgen Permokarbonsedimente bis in eine Teufe von 2'020 m und im Liegenden das kristalline Grundgebirge.

Das Wirtgestein Opalinuston in der Sondierbohrung Weiach 1 ist 111 m mächtig. In den weiter westlich liegenden, nicht gekernten Bohrungen Tegerfelden T1 und Klingnau K36 wurde für den Opalinuston eine Mächtigkeit von 116 m bzw. 109 m bestimmt (vgl. Beilage A2-3 in Nagra 2014b, Dossier II). In der weiter entfernten Sondierbohrung Benken (Nagra 2001, Bläsi et al. 2013) ist der Opalinuston 112 m mächtig. Die tiefengewandelten Seismikdaten implizieren lokal grössere Opalinuston-Mächtigkeiten (vgl. Nagra 2014b, Dossier II). Aufgrund der paläogeographischen Lage sind höhere Opalinuston-Mächtigkeiten, insbesondere südlich von Weiach über dem zentralen Bereich des Nordschweizer Permokarbontrogs (synsedimentäre Subsidenz) plau-

[3] Die Lettenkohle bzw. das Asp-Member befinden sich im Top Muschelkalk bzw. Schinznach-Formation (vgl. Beilage 3).

sibel. Allgemein sind in Zusammenhang mit tektonischen und/oder sedimentologischen Phänomenen lokale Mächtigkeitsschwankungen möglich.

Die unteren Rahmengesteine des Opalinustons bestehen aus Sedimenten des Gipskeupers bzw. der Bänkerjoch-Formation, des Oberen Mittelkeupers bzw. der Klettgau-Formation sowie des Lias bzw. der Staffelegg-Formation und sind in der Sondierbohrung Weiach 1 148 m mächtig (Matter et al. 1988). "Harte Bänke" können v.a. durch Sedimente des Gansinger Dolomits bzw. des Gansingen-Members und des Arietenkalks bzw. des Beggingen-Members gebildet werden (vgl. Beilage A2-3 in Nagra 2014b, Dossier II). Von der Sondierbohrung Weiach 1 in Richtung Nordosten zur Sondierbohrung Benken ändern die Gesteine der Klettgau-Formation teilweise ihre Lithofazies, während diese gegen Westen eher gleich bleibt (vgl. Albert & Bläsi 2001). So besteht das Gansingen-Member in Weiach aus einem Dolomit, während es in Benken einen hohen Anhydritgehalt aufweist. In der Sondierbohrung Weiach 1 tritt die Stubensandstein-Formation bzw. das Seebi-Member nur als geringmächtiger Mergel auf, während sie in Benken ein über 10 m mächtiges Schichtpaket aus Dolomit und Sandsteinen bildet. Der Arietenkalk, bzw. das Beggingen-Member hingegen lässt sich zwischen den einzelnen Profilen gut korrelieren (vgl. Beilage A2-3 in Nagra 2014b, Dossier II).

Die oberen Rahmengesteine des Opalinustons bilden die Sedimente der sogenannten Tongesteinsabfolge 'Brauner Dogger' sowie das Effingen-Member der Wildegg-Formation (vgl. Nagra 2014b, Dossier II und Nagra 2008). Der 'Braune Dogger' ist in der Sondierbohrung Weiach 1 76 m mächtig (Matter et al. 1988, Bläsi et al. 2013). Im unteren und obersten Teil des 'Braunen Doggers' der Sondierbohrung Weiach 1 treten zwischen tonmineralreicheren Ablagerungen mikritische, (quarz)sandige oder biodetritische Kalksteine und Eisenoolithe auf (Bläsi et al. 2013). Die Mächtigkeiten der einzelnen Formationen des 'Braunen Doggers' sind in den Sondierbohrungen Weiach 1 und Benken teilweise ähnlich (z.B. Wutach-Formation), teilweise aber auch sehr unterschiedlich (Murchisonae-Oolith-Formation; vgl. Beilage A2-3 in Nagra 2014b, Dossier II). In der Sondierbohrung Weiach 1 bilden die Parkinsoni-Württembergica-Schichten und die Variansmergel-Formation ein tonig-mergeliges Schichtpaket mit einer Mächtigkeit von 37 m (Bläsi et al. 2013). Es gibt Hinweise, dass die in der Sondierbohrung Weiach 1 beobachtete Gesteinsabfolge des 'Braunen Doggers' nicht repräsentativ für das ganze Standortgebiet NL sein könnte. Einerseits zeigen reflexionsseismische Analysen des 'Braunen Doggers' im östlicheren Teil des Standortgebiets NL eine etwa N-S streichende "Schwellenzone", welche bisher nicht erbohrt wurde und welche möglicherweise mächtigere quarzsandige oder kalkarenitische Barrenkörper beinhalten könnte (Meier & Deplazes 2014). Die provisorischen Interpretationsergebnisse der im Winter 2016/17 aufgenommenen Nagra 3D-Seismik NL-16 bestätigen die Existenz der "Schwellenzone" und innerhalb des Standortgebiets auch ihre zuvor interpretierte Ausdehnung (ENSI 2018.). Der Bohrstandort der Sondierbohrungen Stadel 3 liegt demnach innerhalb der "Schwellenzone" (vgl. Fig. 6.1). Andererseits kommt es westlich der Sondierbohrung Weiach 1 zu einem Faziesübergang vom 'Braunen Dogger' zu seinen westlichen Äquivalenten (Bläsi et al. 2013, Meier & Deplazes 2014). Dabei ist momentan nicht auszuschliessen, dass sich die bis über 5 m mächtige Sandkalkabfolge des Sissach-Members der Passwang-Formation, wie sie in der EWS-Bohrung Tegerfelden-2 oder in Aufschlüssen im Bereich der West-Lägern beobachtet wurden (Bläsi et al. 2013 und 2014), bis in das Standortgebiet ausdehnen (vgl. Beilage A2-3 in Nagra 2014b, Dossier II). Der Spatkalk der Hauptrogenstein-Formation könnte ebenfalls von Westen her bis in den westlicheren Teil des Standortgebiets auftreten.

Das Effingen-Member (inklusive Birmenstorf-Member) ist in der Sondierbohrung Weiach 1 88 m mächtig (Matter et al. 1988). Es besteht v.a. aus Kalkmergeln und einer mächtigeren Kalkbankabfolge, welche sich möglicherweise mit den Gerstenhübel-Schichten korrelieren lässt (Deplazes et al. 2013). Die Mächtigkeit des Effingen-Members nimmt innerhalb des Standortgebiets von Westen nach Osten deutlich ab (vgl. Beilage A2-3 in Nagra 2014b, Dossier II).

Über dem potenziellen EG im Standortgebiet NL folgt zunächst die Villigen-Formation, die mehrheitlich aus Kalksteinen aufgebaut wird. Letztere werden von darüber folgenden jüngeren Malmkalken nur durch die ca. 20 m mächtigen Mergel der Schwarzbach-Formation unterbrochen. Diese obersten Anteile der mesozoischen Schichtabfolge sind nur nördlich des Standortgebiets an der Oberfläche aufgeschlossen. Sie werden von den tertiären, klastischen Sedimenten des Molassebeckens (insbesondere der Unteren Süsswassermolasse) überlagert. Die klastischen Sedimente des Molassebeckens nehmen generell nach Süden an Mächtigkeit zu. Die quartären Sedimente variieren wie bereits erwähnt lokal stark hinsichtlich Alter und Mächtigkeit. Glazial übertiefte Täler sind im südöstlichen Teil des Standortgebiets, im Bereich des Glatttals (Bülach-Rinne) und unter dem Strassberg (Strassberg-Rinne) entwickelt (Nagra 2014b, Dossier III und Buechi 2016). Diese Rinnen sind im Übergangsbereich bei Hochfelden (AZ-3D16-07) nachweislich mindestens 270 m in die Molassesedimente eingeschnitten (vgl. Pietsch & Jordan 2014, Nagra 2014b, Dossier III und Nagra 2018).

In Beilage 3 ist aufgrund der zuvor beschriebenen Datenlage ein Prognoseprofil für die Sondierbohrungen Stadel 3 beigefügt.

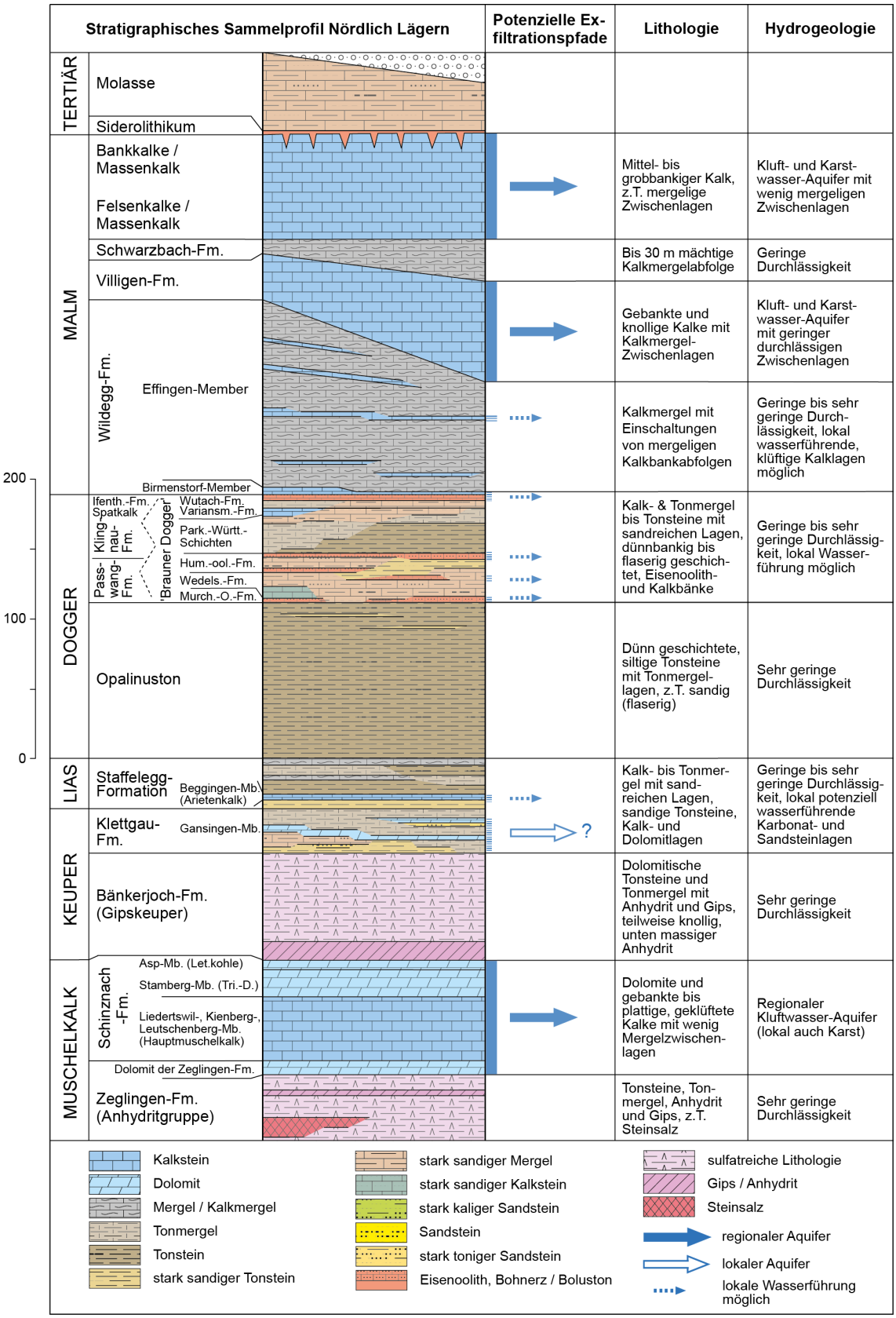


Fig. 2.1: Schematisches stratigraphisch-hydrogeologisches Sammelprofil für das Standort-gebiet NL (nach Nagra 2014b, Dossier II)

2.4 Tektonik des Standortgebiets

Die tektonische Situation im Standortgebiet NL kann anhand von 2D-Seismikdaten charakterisiert werden. Die provisorischen Interpretationsergebnisse der 3D-Seismik-Daten bestätigen dieses Bild (ENSI 2018.). Das geologische Standortgebiet liegt innerhalb des östlichen Teils der Vorfaltenzone und somit im Einflussbereich der Fernschubtektonik (Nagra 2014b, Dossier II). Die Transportweite des Sedimentstapels im Bereich des Standortgebiets kann aus der Konstruktion von bilanzierten Profilschnitten mit ca. 200 m angeben werden, wobei sich von Westen nach Osten ein abnehmender Trend abzeichnet. Wie durch die Sondierbohrung Weiach 1 nachgewiesen ist, liegt das Standortgebiet ausserdem im Hangenden des Nordschweizer Permokarbontrogs, genauer gesagt in seinem nördlichen Randbereich (vgl. Naef & Madritsch 2014, Madritsch et al. 2018).

Die für SGT-E2 durchgeführte integrative Auswertung der 2011/12 aufgenommenen 2D-Seismikdaten sowie älteren, aber vollständig reprozessierten 2D-Seismikdaten zeigt, dass im Standortgebiet nur abschnittsweise eine wenig gestörte Schichtlagerung nachgewiesen werden kann. Am ungestörtesten gelagert ist der zentrale, über dem tiefen Permokarbontrog gelegene Teil des Standortgebiets. Der Einfluss regionaler Störungszonen auf das Standortgebiet ist vor allem im westlichen Bereich wesentlich deutlicher erkennbar als bisher. Dort wirkt sich der im Vergleich zu SGT Etappe 1 leicht revidierte Verlauf der Siglistorf-Antiklinale (vgl. Beilage 4-1 und Figur 4.4-1 in Nagra 2014b, Dossier II) negativ auf die Einstufung der tektonischen Verhältnisse im Standortgebiet aus. Südvergente Rücküberschiebungen, die nahezu auf allen Profilen mit dieser regionalen Störungszone assoziiert sind, reichen hier in das Standortgebiet hinein.

Die überarbeitete Interpretation der komplex aufgebauten Eglisau-Störung (Madritsch et al. 2013) beeinflusst den nordöstlichen Randbereich des Standortgebiets (vgl. Beilage 4-1 in Nagra 2014b, Dossier II). Der Südrand des geologischen Standortgebiets wird z.T. noch von der Stadel-Irchel-Antiklinale beeinflusst (Madritsch et al. 2013), die in SGT-E2 neu als Überschiebungskeil ("Fischschwanz"-Struktur im Sinne von Drozdzewski 1979, Sans et al. 1996) interpretiert wird (vgl. Beilage A2-5 in Nagra 2014b, Dossier II sowie Madritsch et al. 2013 und Malz et al. 2016). Dieser Interpretationsansatz erwies sich im Zuge der kinematischen Bilanzierung von geologischen Profilschnitten aus geometrisch-kinematischer Sicht als tragfähig (Jordan et al. 2015). Geomorphologische Studien ergaben im Bereich dieser Struktur vage Anzeichen auf neotektonische Aktivität (vgl. Kapitel 3 und Beilage 3.4-2 in Nagra 2014b, Dossier III).

Aufgrund seiner Lage über dem Nordrand des Nordschweizer Permokarbontrogs ist dessen Struktur für die tektonische Charakterisierung des Standortgebiets NL von besonderer Bedeutung. Der Norden des Standortgebiets wurde in SGT-E2 basierend auf einer integrativen Interpretation aller Daten, dem Analogschluss aus den Befunden der 3D-Seismik-Exploration des Zürcher Weinlands und unter Berücksichtigung von Modellvorstellungen zur Geodynamik (vgl. Kapitel 4.4.2 in Nagra 2014b, Dossier II und auch Dossier III) als zu meidende tektonische Zone bewertet.

Die seismische Interpretation des Grundgebirges (Madritsch et al. 2013) in Kombination mit einer Analyse der regionalen Schwerekarten von Green et al. (2013) impliziert, dass dieser Bereich des Standortgebiets im Einflussbereich einer post-paläozoisch reaktivierten Randzone des Nordschweizer Permokarbontrogs steht (Naef & Madritsch 2014, Madritsch et al. 2018). Dies deutet sich durch Abschiebungen an der Basis Mesozoikum, die vereinzelt auch mesozoische Horizonte betreffen, und insbesondere durch eine ausgedehnte sanfte Flexur (Monokline) des mesozoischen und känozoischen Reflexionspakets an. Diese Flexur kann anhand der Isohypsenkarten der seismischen Markerhorizonte über den gesamten nordöstlichen Abschnitt des Standortgebiets nachvollzogen werden (vgl. Figur 4.4-5 in Nagra 2014b, Dossier II). Sie hebt sich insbesondere in der Strukturkarte der Basis Mesozoikum deutlich von den nördlich und südlich angrenzenden Bereichen ab, in denen die Basis Mesozoikum nur ein sehr flaches Einfallen aufweist.

Neben den bereits erwähnten Abschiebungen deuten sich anhand der vorhandenen 2D-Seismikdaten im Bereich der Flexurzone, die mit der Trograndzone zusammenfällt, auch des Öfteren lokale Rücküberschiebungen an (vgl. Beilage 4-3 in Nagra 2014b, Dossier II). Besonders entlang der Eglisau-Störung lassen die seismischen Daten z.T. auch eine alternative Interpretation mit partieller Inversion des Permokarbontrogs zu (Madritsch et al. 2013). Der zentrale und südliche Teil des Standortgebiets liegt im Gegensatz zur oben beschriebenen Zone über dem tiefen Permokarbontrog (vgl. Figur 4.3-7 in Nagra 2014b, Dossier II und Naef & Madritsch 2014 sowie Madritsch et al. 2018). Die mesozoische Schichtfolge ist hier, abgesehen von einzelnen lokalen Strukturen (s. unten), vergleichsweise wenig gestört. Unmittelbar südlich des Gebiets verläuft aber unterhalb der Stadel-Irchel-Antiklinale mit dem Baden-Irchel-Herdern-Lineament eine weitere bedeutende regionale Grundgebirgsstörung (vgl. auch Malz et al. 2016).

Aus der Interpretation der 2D-Seismik ergaben sich innerhalb des Standortgebiets NL weitere Hinweise auf Strukturen von lokaler, aber potenziell anordnungsbestimmender Bedeutung. Möglicherweise handelt es sich bei diesen Strukturen jedoch um seismische Artefakte (vgl. Diskussion in Madritsch et al. 2013). Die sprödtektonischen Analysen von Geländeaufschlüssen in der Umgebung des Standortgebiets NL (Madritsch & Hammer 2012) bestätigten den allgemeinen Eindruck von vergleichsweise komplexen tektonischen Verhältnissen. So finden sich sowohl Hinweise auf extensive als auch kompressive tektonische Überprägungen, letztere vermutlich verbunden mit der Ausbildung von sehr flach einfallenden Überschiebungen. Im Hinblick auf diese Indikationen sowie aufgrund von konzeptionellen strukturgeologischen Überlegungen (Malz et al. 2016) kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Wirtgestein Opalinuston zumindest lokal als tektonischer Abscherhorizont aktiviert wurde.

Die provisorischen Interpretationsergebnisse der 3D-Seismik NL-16 bestätigen die oben ausgeführte tektonische Charakterisierung des Standortgebiets (vgl. ENSI 2018). Sein Nordteil, welcher mit dem Nordrand des Nordschweizer Permokarbontrogs zusammenfällt, erscheint tektonisch stark überprägt, wobei sich der Einflussbereich dieser Überprägung im Bereich des potenziellen Wirtgesteins noch weiter nach Süden erstreckt als dies zu einem früheren Zeitpunkt anhand der 2D-Seismikdaten nachvollzogen werden konnte (vgl. Fig. 6.1). Der zentrale Bereich des Standortgebiets mit vergleichsweise tief liegendem Opalinuston erscheint gemäss der provisorischen Interpretation der 3D-Seismik weiterhin als tektonisch wenig gestört.

2.5 Hydrogeologie und Hydrochemie

Die regionale und lokale Hydrogeologie wurde im Rahmen der Synthesen zu Etappe 2 detailliert dargestellt (Nagra 2014b, Dossiers V und VII). Für das Standortgebiet NL zentral sind die Untersuchungen in der am Nordrand gelegenen Sondierbohrung Weiach 1 (Nagra 1989).

Das Rheintal am Nordrand des geologischen Standortgebiets bildet das Vorflutniveau für beispielsweise den regionalen Malm-Aquifer, aber auch für das Glattal und weitere kleinere Täler. Die Hydrogeologie der oberflächennahen Grundwasservorkommen ist in Jäckli & Kempf (1972), in Kempf et al. (1986), in Interreg II (2001) und auf den kantonalen Grundwasserkarten dargestellt.

Von der Molasse sind USM, OMM und OSM im Standortgebiet aufgeschlossen. Die grobkörnigeren Einschaltungen weisen dabei Aquifercharakter auf. In Eglisau wurde früher während vieler Jahre aus der USM ein Na-Cl-Wasser mit einer Mineralisation im Bereich von 2.3 - 4.3 g/l gefördert (z.B. Kempf et al. 1986, Waber et al. 2014).

Die Karbonate des Oberen Malms bilden einen regionalen Tiefenaquifer. Die Wasserführung ist dabei auf Klüfte und teilweise auch auf Karst zurückzuführen. In der Sondierbohrung Weiach 1

wurde der mit Bolustonen verfüllte Paläokarst bis rund 90 m in den Malm-Aquifer hinein beobachtet (Matter et al. 1988). Tests in zwei Intervallen ergaben Durchlässigkeiten in der Grössenordnung von 10^{-7} m/s und ein sub-hydrostatisches Potenzial von 337 m (Nusch et al. 2013). Das Tiefengrundwasser war vom Na-Cl-Typ mit einer Mineralisation von rund 6.8 g/l (Waber et al. 2014). In der Bohrung Eglisau-II wurden in rund 340 m Tiefe vorübergehende Zutritte von H_2S und CH_4 beobachtet (Cadisch 1959, Büchi 1959). Die Aufschlüsse im Rheintal im Raum Kaiserstuhl – Hohentengen am Hochrhein (DE) stellen das regionale Exfiltrationsgebiet dar (Gmünder et al. 2014).

Die Wildegg-Formation bildet einen Aquitard, das Effingen-Member wurde in SGT-E2 als mögliches Wirtgestein für ein SMA-Lager betrachtet (Nagra 2014b). Ein Test vom untersten Effingen-Member bis in die Variansmergel-Formation der Sondierbohrung Weiach 1 wies auf sehr geringe hydraulische Durchlässigkeiten hin (Nagra 1989). Mächtigere Kalkbänke könnten lokal wasserführend sein.

Der sogenannte 'Braune Dogger' ist eine grösstenteils tonreiche Einheit mit eingeschalteten sandig-kalkigen Bänken und Eisenoolithen; er wurde in SGT-E2 als mögliches Wirtgestein für ein SMA-Lager betrachtet (Nagra 2014b). Die hydraulischen Durchlässigkeiten sind meist $< 10^{-11}$ m/s (Nagra 2014b). In der Sondierbohrung Weiach 1 konnte ein Test, welcher 12 m der Murchisonae-Oolith-Formation und 2 m Opalinuston umfasste, nicht genau ausgewertet werden, wahrscheinlich liegt die Durchlässigkeit im Bereich von 10^{-12} bis 10^{-14} m/s (Beauheim 2013).

Der Opalinuston bildet einen Aquitard von regionaler Ausdehnung und das Wirtgestein im Standortgebiet NL. Für Etappe 2 verwendete die Nagra für die horizontale hydraulische Durchlässigkeit in einer Tiefe > 400 m einen Referenzwert von 10^{-13} m/s (Nagra 2014b).

Im Liegenden des Opalinustons folgen weitere gering durchlässige, meist tonreiche Gesteine. Ein Test über ein 14 m langes Intervall in der Staffelegg-Formation (Lias) der Sondierbohrung Weiach 1 ergab eine hydraulische Durchlässigkeit 10^{-12} m/s (Klemenz et al. 2000); ähnlich geringe Durchlässigkeiten wurden in den Sondierbohrungen Benken, Riniken 1 und Schafisheim beobachtet (Nagra 2002a).

Regionale Untersuchungen zeigen, dass in der Klettgau-Formation einzelne Member Aquifercharakter aufweisen können (Keuper-Aquifer). Ein Test in der Sondierbohrung Weiach 1 ergab die im regionalen Kontext vergleichsweise tiefe Durchlässigkeit von rund 10^{-10} m/s (Nusch et al. 2013).

Die Bänkerjoch-Formation (Gipskeuper) bildet in relevanter Tiefenlage einen regionalen Aquitard; in der Sondierbohrung Weiach 1 liegt die Mächtigkeit bei rund 70 m (Nagra 1989).

Der Muschelkalk-Aquifer (Schinznach-Formation) ist der regionale Tiefenaquifer unterhalb der Wirt- und Rahmengesteine. In der Sondierbohrung Weiach 1 wurden hydraulische Durchlässigkeiten im Bereich von 10^{-6} bis 10^{-7} m/s gemessen (Nusch et al. 2013). Es wurde ein Grundwasser vom Ca-SO_4-Typ mit kaltzeitlich geprägter Signatur der stabilen Isotope gefördert (Waber et al. 2014).

Die Zeglingen- (Anhydritgruppe) und die Kaiseraugst-Formation bilden wiederum einen Aquitard.

Die Dinkelberg-Formation (Buntsandstein) bildet trotz der geringen Mächtigkeit einen bedeutenden Tiefenaquifer. In der Sondierbohrung Weiach 1 wurde eine hydraulische Durchlässigkeit von

rund 10^{-6} m/s bestimmt (Klemenz et al. 2000) und es wurde ein Grundwasser vom Na-SO_4-Cl-Typ mit einer Mineralisation von rund 15 g/l gefördert.

Im Permokarbon der Sondierbohrung Weiach 1 gibt es wasserführende Zonen mit hydraulischen Durchlässigkeiten im Bereich von 10^{-7} m/s; über weite Strecken sind die Durchlässigkeiten aber deutlich tiefer (Bereich 10^{-10} bis 10^{-12} m/s; Nagra 1989). Im Rahmen eines der Tests wurde ein Tiefengrundwasser vom Na-Cl-Typ mit einer Mineralisation von rund 98 g/l gefördert (Cl: 59.5 g/l; Nagra 1989).

In der Sondierbohrung Weiach 1 wurden auch hydraulische Tests im Kristallin unter dem Permokarbontrog durchgeführt (Nagra 1989). Dabei konnten aus zwei Intervallen im Tiefenbereich von 2'200 - 2'300 m Grundwässer vom Na-Cl-Typ mit einer Mineralisation von rund 7 g/l gefördert werden (Nagra 1989).

3 Untersuchungsprogramm (nach Art. 59 KEV)

3.1 Zielsetzung der Standortuntersuchungen (nach Art. 59a KEV)

Die übergeordnete Zielsetzung für die Standortuntersuchungen in SGT-E3 ist die Beschaffung einer belastbaren Datengrundlage in folgenden Kategorien:

- Auswahl je eines Standortgebiets pro Lagertyp für die Vorbereitung des RBG mit einer entsprechenden Begründung
- Nachweis der Eignung der gewählten Standortgebiete nach den Kriterien der Langzeitsicherheit sowie der technischen Machbarkeit in den RBG
- Abgrenzung der untertägigen potenziellen Lagerzonen[4] für das RBG
- Anordnung und Auslegung der Anlage in ihren Grundzügen, darunter auch weitere Arbeiten in Bezug auf die Vorbereitung des Baus der Zugänge
- Beschreibung des Ist-Zustands vor Baubeginn (hydrogeologische Parameter, natürliche Umweltradioaktivität etc.)

Die hierfür zu erhebenden Daten lassen sich drei Gruppen zuordnen: Geometrie, Eigenschaften und Zustandsparameter.

Die Geometrie des Untergrunds, insbesondere der Verlauf der Grenzen der geologischen Formationen, bildet die Basis für das Schichtmodell der sicherheitstechnischen Rechnungen und der Anlagenplanung im Untergrund. Hierzu gehört auch die Verteilung der tektonischen Störungen im untersuchten Bereich. In Fig. 2.1 wird das schematische geologische Prognoseprofil für das Standortgebiet NL gezeigt. Es ist eine Kompilation auf der Basis der Nagra-Bohrungsdatenbank. Je nach Ansatzpunkt im Standortgebiet NL fallen gegebenenfalls bereits erodierte Schichten im Hangenden weg. In Beilage 3 ist das Prognoseprofil für den Sondierstandort Stadel 3 beigefügt, welches auch eine Grundlage für das später zu erstellende konkrete Arbeitsprogramm ist.

Weiterhin sind die Eigenschaften der geologischen Einheiten zu untersuchen. Hierbei liegt der Fokus auf den Parametern, die für die Langzeitsicherheit und technische Machbarkeit entscheidend sind. Als Beispiel können die Transporteigenschaften für Radionuklide oder die Transmissivität resp. die hydraulische Durchlässigkeit genannt werden (vgl. Kap. 7.1). Schliesslich sind Zustandsparameter wie Spannungsrichtung und -magnitude, Temperatur und Porenwasserdruck zu erheben.

Generell sind die Ausdehnung der zu untersuchenden Bereiche im Wirtgestein sowie den Rahmengesteinen und die zu erwartende Variabilität der geologischen Eigenschaften und Zustandsbedingungen zu berücksichtigen, um anschliessend den belastbaren Nachweis der technischen Machbarkeit und Langzeitsicherheit zu führen.

3.2 Generelles Untersuchungs- und Bohrkonzept

Zur Charakterisierung der Eigenschaften der geologischen Barriere und zur Eichung der Seismik werden Tiefbohrungen eingesetzt (Nagra 2016). Diese Tiefbohrungen erkunden den Untergrund entlang von Bohrpfaden. Die Bohrpfade können vertikal oder geneigt resp. schräg sein oder, bei abgelenkten Bohrungen, auch nahezu jeden beliebigen Winkel einnehmen. In den Bohrungen

[4] Die potenziellen Lagerzonen für das SMA- und das HAA-Lager liegen innerhalb der in SGT-E2 definierten Lagerperimeter (vgl. Nagra 2014b und 2016).

werden verschiedenste Messungen zu Eigenschaften und Zustandsbedingungen im Untergrund durchgeführt.

Mit Hilfe der Kernbohrtechnik können intakte Gesteinsproben oder auch allenfalls tektonisch überprägtes Kernmaterial aus der Tiefe gewonnen werden. Das Kernmaterial dient der Bestimmung der Eigenschaften und/oder Störungsgeometrien. Subhorizontale oder mässig steil einfallende Störungen können mit vertikalen Kernbohrungen erfasst und sicher durchteuft werden. Um aber steil einfallende oder vertikale Störungen zu identifizieren und deren Eigenschaften zu untersuchen, sind in der Regel Schrägbohrungen oder abgelenkte Bohrungen erforderlich.

Die Tiefbohrungen mit ihren Bohrpfaden werden so angeordnet, dass sie die standortbezogenen Untersuchungsziele gemäss dem Explorationskonzept erreichen (Nagra 2016). Die Reihenfolge der einzelnen Sondierbohrungen wird in Abhängigkeit von ihrer Relevanz und der erwarteten Aussagekraft der geplanten Untersuchungen festgelegt. Da normalerweise ein Sicherheitsabstand um die Bohrungen und den Bohrpfad eingehalten werden muss, werden sie von vornherein so platziert, dass sie das Platzangebot in der potenziellen Lagerzone nicht wesentlich einschränken (vgl. Kap. 6.2.1 und Fig. 7.1).

Angepasst an die Geologie des Standorts und in Abhängigkeit von den letztendlich durchzuführenden Untersuchungen in den Sondierbohrungen, die im Arbeitsprogramm definiert werden, wird ein Bohr- und Verrohrungskonzept aufgestellt. Dieses wird sich nicht grundsätzlich von den aus den vertikalen Tiefbohrungen der Nagra in der Nordschweiz bereits bekannten und erfolgreich umgesetzten Konzepten (Nagra 1985, Nagra 1986a-e und Gassler & Macek 1994) unterscheiden, mit denen man das kristalline Grundgebirge bis zu einer Maximalteufe von 2'482.2 m u.T. (z.B. Weiach 1) aufgeschlossen hat. Im Rahmen der Untersuchungen am Wellenberg konnte die Nagra sieben sowohl vertikale als auch geneigte Bohrungen in tektonisch überprägten Sedimentgesteinen erfolgreich bis auf eine maximale Endteufe von 1'670.3 m u.T. (WLB-SB1; Gassler & Karsch 1996) niederbringen. Dass eine Sondierbohrung durch das Wirtgestein Opalinuston bis an die Basis des Mesozoikums mit den entsprechend umfangreichen Testarbeiten erfolgreich abgeteuft werden kann, hat die Sondierbohrung Benken gezeigt (Macek & Gassler 2001). Bei weiteren Bohrungen in Sedimentgesteinen mit mittleren Teufen, z.B. Bohrung Oftringen mit 719 m u.T. (Frieg et al. 2008), wurden ebenfalls alle gesetzten Untersuchungsziele erreicht. In jüngerer Vergangenheit hat sich das bewährte Konzept der Nagra beim Abteufen der Geothermiebohrung Schlattingen SLA-1 nochmals bestätigt (Sperber & Frieg 2015).

Das Bohrlochdesign – d.h. die Planung des Bohr- und Verrohrungsschemas – legt die Anzahl der Verrohrungen fest, die eingebaut werden müssen. Die Festlegung, wo Verrohrungen vorzusehen sind, hängt primär von der Geologie ab und erfolgt unter Berücksichtigung der angetroffenen geologischen Verhältnisse vor Ort. Der abschnittweise Einbau von Rohren dient allgemein den folgenden Zielen:

- Schutz des Grundwassers
- Sicherung bereits erbohrter Abschnitte (z.B. in instabilen Formationen)
- Trennung von Abschnitten / Formationen mit unterschiedlichem Druck / Druckgradienten und/oder unterschiedlichen Fluiden (z.B. Salinität)
- Abdichtung des Bohrlochs gegen unerwünschte Zuflüsse aus dem Gebirge (Gas, Öl, Wasser)
- Vermeidung unerwünschter Abflüsse (Verluste) der Bohrspülung aus dem Bohrloch in das Gebirge

Die Grösse resp. der Durchmesser der Verrohrungen wird vornehmlich durch technisch-wirtschaftliche Aspekte bestimmt. Bei den geplanten Sondierbohrungen der Nagra ist jedoch ent-

scheidend, ob die geplanten wissenschaftlich-technischen Untersuchungen ausgeführt werden können und geeignetes Probenmaterial in ausreichender Qualität gewonnen werden kann.

Die tieferen Teile der Bohrungen werden nach Abschluss der Untersuchungen im offenen Bohrloch nach dem Stand der Technik so verrohrt und zementiert, dass die unterschiedlichen Grundwasserstockwerke getrennt bleiben. Die Zementationen werden im Rahmen von geophysikalischen Messungen auf ihre Qualität geprüft, um eine dauerhafte Trennung der Aquifere sicherzustellen.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass später, nach Abschluss der eigentlichen Bohrarbeiten, gegebenenfalls ein LZB-System zur Beobachtung der hydraulischen Formationsdrücke und Gewinnung von Wasserproben in die Bohrungen sicher eingebaut werden kann. Ausserdem ist zu gewährleisten, dass nach einer LZB-Phase, die über mehrere Dekaden andauern kann, das LZB-Messsystem auch wieder sicher ausgebaut und anschliessend eine Verfüllung bzw. Versiegelung des Bohrlochs vorgenommen werden kann. Wie die Erfahrung gezeigt hat, ist gerade hierfür ein ausreichend grosser Bohrlochdurchmesser, der es ermöglicht, robuste Standard-Bohrwerkzeuge aus dem Öl- und Gasgeschäft einzusetzen, unerlässlich.

Das endgültige Bohrkonzept muss die sich aus dem Arbeitsprogramm inklusive einer Gefahren- und Risikoanalyse ergebenden Anforderungen abdecken und gleichzeitig genügend Flexibilität aufweisen, um auf die unterschiedlichsten Bohrlochsituationen angemessen reagieren zu können, damit die Zielsetzungen aus dem Explorationskonzept (Nagra 2016) erreicht werden können.

Die Nagra hat aufgrund ihrer langjährigen Erfahrungen mit Sondierbohrungen, speziell auch in der Nordschweiz, gezeigt, dass sie kein Bohrloch aufgrund technischer Schwierigkeiten aufgeben musste und ihre Untersuchungsziele sicher erreicht hat, ohne dass es zu relevanten Personen- und Sachschäden gekommen ist.

3.3 Vorgesehene Untersuchungen (nach Art. 59b KEV)

Die erste Sondierbohrung auf dem Bohrplatz in Stadel 3 ist zum jetzigen Zeitpunkt als Vertikalbohrung bis ca. 50 m unter die Basis des Mesozoikums vorgesehen. Es wird gemäss Prognoseprofil mit einer Endteufe von ca. 1'250 m u.T. gerechnet (vgl. Beilage 3). Mit Hilfe einer Meisselbohrung soll das Standrohr (z.B. 24 $^1/_2$ Zoll resp. 622 mm) in den anstehenden standfesten Fels gesetzt und einzementiert werden. Anschliessend ist vorgesehen, die Bohrung als Kernbohrung bis zur Endteufe auszuführen. Unter Umständen ist es denkbar, die Bohrung auch teilweise destruktiv abzuteufen, z.B. wenn gegen Ende der Bohrung nur noch wenige Zusatzinformationen zum Erreichen der Zielsetzungen erforderlich sind und keine Bohrkerne mehr benötigt werden. Um mit einem Durchmesser von ca. 6 $^1/_4$ Zoll (resp. ca. 156 mm) die Endteufe zu erreichen, ist vorgesehen, sukzessive weitere Verrohrungen in die Bohrung mit zunehmender Teufe einzubauen und zu zementieren. In bestimmten Bohrlochabschnitten können auch offene Bohrlochstrecken vorkommen.

Unter Umständen werden in Abhängigkeit von den Ergebnissen der ersten Bohrung und den weiteren Untersuchungen im Standortgebiet weitere Bohrungen vom Bohrplatz Stadel 3 abgeteuft. Diese werden voraussichtlich bereits von der Oberfläche aus geneigt ausgeführt, mit einer maximalen Abweichung gegenüber der Senkrechten von ca. 45°. Als Alternative könnten auch aus der Senkrechten abgelenkte Bohrungen ausgeführt werden. In diesem Fall würde ebenfalls, wie bei der ersten Bohrung, ein vertikales Standrohr gesetzt.

Die im Spezifischen durchzuführenden Untersuchungen, insbesondere die gewählten Bohrrichtungen und -tiefen sowie die für jeden Bohrlochabschnitt einzusetzenden Untersuchungs- und

Testmethoden werden in einem gesonderten Arbeitsprogramm festgelegt. Im Rahmen eines Freigabeverfahrens findet eine Prüfung durch die Aufsichtsbehörden statt.

3.3.1 Geologie

Die Arbeiten in Zusammenhang mit der geologischen Bohrungsaufnahme und Dokumentation lassen sich in die folgenden drei Bereiche unterteilen:

- Geologischer Samplerdienst
- Bohrstellengeologie
- Laboranalysen

Während der eigentlichen Bohrarbeiten, d.h. bei Teufengewinn, wird ein Sampler-Team diejenigen Arbeiten am Bohrklein bzw. am Bohrkern durchführen, die für die tägliche stratigraphisch-lithologische Charakterisierung des Bohrprofils sowie für die Datensicherung notwendig sind. Zudem werden für sicherheitstechnische und wissenschaftliche Belange kontinuierliche Bohrgasmessungen durchgeführt sowie die für spätere Interpretationen notwendigen Parameter und Vorkommnisse registriert (Bohrungschronologie). Folgende Aufgaben werden durch den Samplerdienst wahrgenommen:

- Entnahme von Bohrklein (Cuttings)
- Kernbearbeitung, -vermessung und -metrierung sowie Erstellung der Kernbilanz und Bestimmung des Rock Quality Designation Indexes (RQD-Wert)
- Lithologische Beschreibung des Bohrkleins und der Bohrkerne
- Stratigraphische Ansprache der Gesteinsproben
- Fotografieren der Gesteinsproben und Bereitstellung zur Archivierung
- Bereitstellung von Probenmaterial für Laboranalysen

Vom Sampler-Team auf der Bohrstelle wird mittels spezieller EDV-Programme ein sogenanntes Sampler-Log erstellt, welches die folgenden Angaben umfasst:

- Geologisches Übersichtsprofil (lithostratigraphische Bohrklein- bzw. Bohrkernbeschreibung)
- Bohrgasmessungen
- Bohrtechnische Daten
- Spülungsdaten und Spülungsbilanz

Alle erfassten Daten werden zur Datenarchivierung digital abgespeichert.

Die Bohrstellengeologie ist dafür verantwortlich, die strukturgeologische Bohrkernaufnahme und eine möglichst lückenlose Kernabwicklung mit einem Kernscanner sowie eine strukturgeologische Auswertung der bohrlochgeophysikalischen Strukturmessungen (z.B. Sonic Televiewer, Formation Micro Scanner oder vergleichbare Methoden) vorzunehmen. Die Bohrstellengeologie stellt Angaben über das Einfallen von Schichtung, Schieferung und Trennflächen sowie deren Klassifizierung, Füllungsgrad und Füllungsmaterial der Diskontinuitäten sowie den Tektonisierungsgrad der duktilen und spröden Deformation für das Geologie-Log bereit.

Bei den durchzuführenden geologisch-mineralogischen Untersuchungen an Bohrkernproben in spezialisierten Labors liegt das Schwergewicht bei der stratigraphisch-lithologischen Charakteri-

sierung der durchteuften Gesteinsschichten sowie bei der mineralogisch-geochemischen Analyse von potenziellen Wasserfliesswegen im Wirtgestein und in den angrenzenden Rahmengesteinen. Ausserdem ist die Durchführung von felsmechanischen Laboruntersuchungen an Bohrkernen vorgesehen.

Die geologischen Untersuchungen dienen unter anderem dazu, Aussagen zu den folgenden Punkten zu machen:

- Lithologie, Mineralogie, Geochemie
- Detailstratigraphie, Fazies und Ablagerungsbedingungen
- Beckenentwicklung
- Schichtlagerung
- Art, Geometrie und Verteilung der tektonischen Trennflächen im makro- und mikroskopschen Bereich sowie Kluftsysteme, Kluftbeläge und -füllungen
- Allfällige wasserführende Systeme (Geometrie, Mineralogie, Porositäten)

3.3.2 Bohrlochgeophysik

Die vorgesehenen bohrlochgeophysikalischen Messungen dienen unterschiedlichen Zielsetzungen:

- Bestimmung der petrophysikalischen Parameter (Petrophysikalisches Logging)
- Erfassung der Strukturen (Strukturlogging)
- Erfassung bohrtechnischer Zusatzdaten (Bohrtechnisches Logging)
- Bestimmung von Schichtgrenzen (Bohrlochseismik)

Unterschiedliche Gesteine lassen sich anhand ihrer physikalischen Eigenschaften beschreiben und unterscheiden. Die Eigenschaften lassen sich mit unterschiedlichen Methoden und Messverfahren bestimmen. Dazu gehören der elektrische Widerstand, elastische Eigenschaften, Dichte, Porosität, natürliche Gammastrahlung und Mineralogie. Für diese Untersuchungen etablierte Messverfahren sind z.B.:

- Widerstandsverfahren – galvanische (z.B. FEL, DLL) oder induktive (z.B. IL, DIL) Verfahren
- Ausbreitung von akustischen Wellen – z.B. Full-Waveform Sonic (FWS)
- Natürliche Gammastrahlung – absolute und spektrale Intensität
- Radioaktive Messverfahren – Messungen mit aktiven Gamma- und Neutronenquellen

Mit diesen Verfahren lassen sich Aussagen zu Lithologie, Gesteinsdichte und Porosität, Fazies und Ablagerungsbedingungen, felsmechanischen Parametern, elektrischer Leitfähigkeit der Formation und darin enthaltener Fluide, Schichtgrenzen, Diskontinuitäten (Klüfte, Störungen), Orientierung der Schichten (Lagerung/Bänderung) sowie zu Temperaturverhältnissen, Wärmeverhältnissen, Wärmeleitfähigkeit und -kapazität machen.

Die Grundlage des Strukturloggings ist eine möglichst hochauflösende Abbildung der Bohrlochwand. Dies kann in trockenen Bohrlöchern und Bohrlöchern mit klarer Spülung mit optischen Verfahren durchgeführt werden (Optical Bohrehole Imager OBI). In fluidgefüllten Bohrlöchern

kann die Abbildung der Bohrlochwand mit akustischen Wellen im Ultraschallbereich (Borehole-TV BHTV; Acoustical Borehole Imager ABI) zum Einsatz kommen. Als weiteres Verfahren steht die hochauflösende Abtastung der Bohrlochwand mittels Pads, die mit punktförmigen Elektroden ausgestattet sind (Micro-Imager), zur Verfügung. Diese Messung erlaubt auch eine Abbildung der Bohrlochwand, wenn die Spülung aus bohrtechnischen Gründen eine Viskosität aufweist, in der akustische Verfahren keine Ergebnisse liefern.

Ziele der Auswertung der Bohrlochwand-Abbildungen sind:

1. Aussagen über lithologische / fazielle Wechsel
2. Erkennen von tektonischen Störungen, die das Bohrloch schneiden, sowie Bestimmung ihrer räumlichen Lage
3. Charakterisierung der Klüfte bezüglich ihrer Kluftweite und -füllung
4. Analyse von spannungsinduzierten Bohrlochrandausbrüchen und Zugrissen

Im Rahmen des bohrtechnischen Loggings ist vorgesehen, Bohrlochdaten zu folgenden Aspekten zu erheben:

- Neigung und Azimut des Bohrpfads
- Kleinskalige Richtungsänderungen (Dog-Legs)
- Kaliber / Bohrlochdurchmesser und -volumen
- Bohrlochausbau, d.h. Güte der Zementation und Abfolge der Verrohrung

Zum Einhängen der Bohrlochmessungen in oberflächenseismische Messungen (2D-/3D-Seismik) können mit Hilfe von ins Bohrloch eingebrachten Geophonen bzw. Geophonketten oder optischen Wellenleitern ergänzende seismische Messungen zur Erstellung eines Geschwindigkeitsprofils ausgeführt werden. Mittels einer Anregung an der Oberfläche wird dann das seismische Wellenfeld entlang der Bohrungen aufgezeichnet. Dieses Messprinzip nennt man Vertical Seismic Profiling (VSP). Je nach Fragestellung kann die Anregung an einem einzelnen Punkt in der Nähe des Bohrlochs (zero-offset VSP), auf sich kreuzenden Linien (walkaway-VSP) oder flächenhaft im Umfeld des Bohrlochs (3D-VSP) durchgeführt werden.

Generell wird das geophysikalische Messprogramm für jeden Messeinsatz, der in der Regel vor dem Setzen der Verrohrung im offenen Bohrloch ausgeführt wird, in der jeweiligen Bohrung eng auf die Fragestellung und die technischen Randbedingungen abgestimmt. Dabei sind insbesondere die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Geologische Fragestellung gemäss Untersuchungsprogramm
- Abstimmung der Verfahren auf die Eigenschaften des Bohrlochs und der Bohrspülung
- Befahrbarkeit des Bohrlochs
- Operatives Risiko

3.3.3 Untersuchungen Hydrogeologie und Hydrochemie

Die Ziele der hydrogeologischen und hydrochemischen Untersuchungen sind die detaillierte Erkundung der hydraulischen Durchlässigkeit und Potenziale in den Aquiferen und Aquitarden sowie die Abklärung des Chemismus und des Alters der Tiefengrundwässer in den Aquiferen und der Porenwässer in den Aquitarden.

Hierzu ist es notwendig, die Registrierung aller Wasserzuflüsse und -verluste sowie Gaszutritte während Bohr-, Stillstands- und Testphasen vorzunehmen, um daraus die Spülungsbilanz und die Bohrlochgeschichte zur Festlegung der Randbedingungen für die hydraulischen Untersuchungen zu erstellen.

Mit Hilfe von hydraulischen Packertests kann eine detaillierte hydraulische Charakterisierung von ausgewählten Bohrlochabschnitten zur Bestimmung der Transmissivität, der hydraulischen Durchlässigkeit, des Fliessmodells und des hydraulischen Potenzials vorgenommen werden. Ergänzend können zur Gesteinscharakterisierung der Wirtgesteinsstrecke Gaseintrittsdruckmessungen (sogenannte "Gas Threshold Pressure Tests") durchgeführt werden. In Abhängigkeit von der Transmissivität des Testintervalls kommen verschiedene Testmethoden zum Einsatz:

- Pumptests mit konstanter Förderrate bzw. konstantem Druck
- Injektionstests mit konstantem Druck oder konstanter Fliessrate
- Slugtests
- Pulsetests

In der Regel werden die oben beschriebenen Testmethoden miteinander kombiniert, d.h. als Testsequenz in unterschiedlicher Reihenfolge nacheinander ausgeführt.

Ergänzend zu den hydraulischen Packertests kann bei einer genügend hohen Transmissivität auch ein sogenanntes Fluid-Logging durchgeführt werden. Hierbei werden die Wasserzuflüsse mit Hilfe einer Serie von Temperatur-Leitfähigkeitslogs und/oder Flowmeter-Logs identifiziert und die Durchlässigkeit von diskreten wasserführenden Zonen bestimmt.

Nach Abschluss des Bohr- und Testprogramms können bei Bedarf LZB-Systeme in den Bohrungen installiert werden, da oftmals während der aktiven Bohr- und Testphase nur eine beschränkte Zeit zur Verfügung steht. Ziel der LZB ist:

- die Ermittlung der "ungestörten" hydraulischen Potenziale
- die Ermittlung von repräsentativen hydraulischen Parametern (Transmissivität, Speicherkoeffizient, Porosität) im regionalen Massstab
- die allfällige Entnahme von Wasserproben zur hydrochemischen Charakterisierung bzw. Altersbestimmung der Tiefengrundwässer

Dazu werden ausgewählte Bohrlochstrecken mit Hilfe von im Bohrloch installierten Multipacker-Systemen hydraulisch voneinander getrennt und mit entsprechenden Druck- und Temperatursensoren bestückt.

Im Zuge der Bohr- und Testarbeiten können aus ausgewählten Bohrlochabschnitten, in der Regel in Verbindung mit den hydraulischen Packertests, Wasser- und/oder Gasproben in geeigneter Qualität und Menge entnommen werden, um hydrochemische und Isotopen-Analysen durchführen zu können.

Zur Beprobung und Untersuchung von Porenwässern aus Aquitarden kommen im Labor Methoden wie die Vakuum-Extraktionstechnik, die diffusive Äquilibrierung, die advektive Verdrängung, die Kationen-Austauschmethode an oder das Auspressen (engl. Squeezing) und Auslaugen (engl. Leaching) von Gesteinsproben aus Bohrkernen zur Anwendung (Wersin et al. 2013).

3.3.4 Geotechnik

Ziel der Untersuchungen ist es, eine boden- und felsmechanische Charakterisierung der relevanten Gesteine, der vorkommenden Trennflächen (sowie eventuellen Störungsflächen und -zonen) des Gebirges als Ganzes sowie der Gebirgsspannungen vorzunehmen. Diese Charakterisierung soll sich nicht nur auf den Bereich des Wirtgesteins bzw. des zukünftigen Tiefenlagers beschränken, sondern auch das Hangende und gegebenenfalls auch das Liegende einschliessen, um ein gesamtheitliches Bild zu erhalten und um Grundlagen zur Planung und Erstellung von zukünftigen Bauwerken (wie z.B. Rampen, Schächte etc.) zu erhalten. Die Laboruntersuchungen von Bohrkernen und die In situ-Messdaten dienen dabei zur Bestimmung von:

- Druck- und Zugfestigkeit
- Scherfestigkeit
- Deformationsverhalten
- spezifischem Gewicht, Raumgewicht, Porosität, thermischen Eigenschaften und Quellverhalten

Im Bohrloch können In situ-Spannungs- und/oder Dilatometer-Messungen vorgenommen werden. Zusätzliche Informationen zu den felsmechanischen Messungen können auch mit Hilfe von bestimmten geophysikalischen Bohrlochmessungen gewonnen werden (vgl. Kap. 3.3.2). So ermöglichen zum Beispiel Kaliber-Messungen die Detektion von Bohrlochrandausbrüchen und erlauben so Aussagen zur Spannungssituation um das Bohrloch. Auch kann aus geophysikalischen Laufzeitmessungen (z.B. VSP) auf die geomechanischen Eigenschaften und auf den Spannungszustand im Gebirge zurückgeschlossen werden. Spezielle geophysikalische Logging-Methoden (z.B. Ultrasonic-Messung) liefern auch Hinweise auf die Spannungssituation sowie die Anisotropie im Gebirge.

An möglichst ungestört entnommenen und speziell versiegelten sowie schonend gelagerten bzw. transportierten Kernproben[5] sollen im Labor geomechanische Gesteins- und Trennflächeneigenschaften bestimmt werden. Dabei kommen standardisierte Tests, aber auch spezielle Versuchsanordnungen sowie unterstützend auch indirekte Messmethoden (wie z.B. 'Durchschallung') zur Anwendung. Neben Kurzzeitversuchen sind zur Untersuchung des Kriech- und Quellverhaltens aber auch von Porenwasserdruck-Effekten (v.a. bei gering durchlässigen Gesteinen) Langzeitversuche vorgesehen. Neben den Parametern Festigkeit und Verformbarkeit werden auch mineralogische und petrophysikalische Eigenschaften (wie Tongehalt, Wassergehalt, Porosität, Dichte, Anisotropie etc.) erfasst. Ergänzend lassen sich Untersuchungen zur Verwitterungsbeständigkeit / Aufweichbarkeit, Abrasivität / Quarzgehalt etc. ausführen.

Die im Bohrloch geplanten geomechanischen Messungen (Spannungsmessungen und/oder Dilatometertests) werden nach vielfach erprobten und bewährten Verfahren abgewickelt. Vereinzelt stehen die Anforderungen in Zusammenhang mit den geomechanischen Untersuchungen aufgrund der evtl. zeitlich begrenzten Bohrlochstabilität auch in Konflikt mit anderen erdwissenschaftlichen Untersuchungen, so dass gegebenenfalls Prioritäten gesetzt werden müssen.

[5] Theoretisch ist die Entnahme von Kernen auch mittels direkter Beprobungsverfahren (wie z.B. dem sogenannten 'Side-wall-coring') denkbar.

3.4 Beginn, Dauer und Programmanpassungen (nach Art. 59c KEV)

Die erdwissenschaftlichen Untersuchungen mittels Sondierbohrungen sollen unmittelbar nach Rechtskraft der ersten Bewilligung durch das Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) beginnen, was derzeit für Anfang 2019 terminiert ist. Es wird mit einer Untersuchungsdauer von ca. drei bis fünf Jahren gerechnet. Die Reihenfolge des Abteufens der Sondierbohrungen im Standortgebiet NL wird zu einem späteren Zeitpunkt aufgrund der dannzumal geltenden Prioritäten festgelegt.

In Abhängigkeit der Befunde von vorgängigen Bohrungen und/oder der Ergebnisse der seismischen Messungen sollen Möglichkeiten für ergänzende Arbeiten offengehalten werden, z.B. für einen abgelenkten Ast aus einem bestehenden Bohrpfad zur weiteren Erkundung des EG. Ausserdem können sich zusätzliche Zielsetzungen ergeben, die dazu führen, dass beispielsweise mehrere Bohrungen vom Bohrplatz der Sondierbohrungen Stadel 3 in verschiedene Richtungen ausgeführt werden (vgl. Kap. 6.2.2 und 7.1).

Solche Entscheide sind in Absprache mit den Aufsichtsbehörden zu treffen. Damit soll auf Ergebnisse von laufenden Untersuchungen in flexibler Weise reagiert werden können.

Die Nagra behält sich vor, nach Konsultation bzw. Stellungnahme der zuständigen Aufsichtsorgane die erforderlichen Anpassungen vorzunehmen, sei es durch Einsatz zusätzlicher Untersuchungen, Anpassungen der Bohrtechnik und der Testverfahren oder Weglassung nicht mehr benötigter Programmteile.

Ebenso ist denkbar, dass sich bereits im Verlauf der Sondierbohrungen und Untersuchungen Resultate zeigen, die eine Weiterführung der Arbeiten nicht rechtfertigen. Für diesen Fall behält sich die Nagra vor, das Sondier- und Untersuchungsprogramm abzubrechen.

4 Rechtliche Voraussetzungen für die Bewilligung des Bohrplatzes

4.1 Rechtslage und Prüfungsumfang

Erdwissenschaftliche Untersuchungen in möglichen Standortregionen, die dazu dienen, Kenntnisse im Hinblick auf ein geologisches Tiefenlager zu beschaffen, bedürfen einer Bewilligung des UVEK (Art. 35 Abs. 1 KEG). Die Erteilung der bundesrechtlichen Bewilligung setzt insbesondere voraus, dass keine von der Bundesgesetzgebung vorgesehenen Gründe, namentlich des Umweltschutzes, des Natur- und Heimatschutzes und der Raumplanung, einer solchen entgegenstehen (Art. 35 Abs. 2 lit. b KEG). Die Bewilligung wird somit nicht schon erteilt, wenn die kernenergierechtlichen Anforderungen erfüllt sind, es müssen darüber hinaus auch jene des übrigen Bundesrechts eingehalten werden. Zu den Anforderungen des Bundesrechts zählen insbesondere:

- das Raumplanungsrecht mit seinen Planungszielen und Grundsätzen (Art. 1 und 3 Raumplanungsgesetz, RPG);
- die Rücksichtnahme auf Landschaften und Kulturdenkmäler (Art. 3 Natur- und Heimatschutzgesetz, NHG);
- die Rücksichtnahme auf wertvolle Lebensräume mit Tieren und Pflanzen (Art. 18 NHG);
- die vorsorgliche Emissionsbegrenzung (Art. 11 Umweltschutzgesetz, USG);
- der Schutz der Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen (Art. 1 Gewässerschutzgesetz, GSchG).

Bei der Wahl der Bohrstandorte ist eine Standortevaluation erforderlich, die den materiellen Gehalt der Ziele und Grundsätze der Raumplanung (Art. 75 BV sowie Art. 1 und 3 RPG, vgl. Urteil des Bundesgerichts 1c_604/2014 vom 12.05.2015, BG 2015) berücksichtigt. Dabei gilt es insbesondere zu beachten, dass die wesentlichen Eingriffe und Anlagen mit Auswirkungen auf Raum und Umwelt temporärer Natur sind (Betrieb des Bohrplatzes).

Mit der Bewilligung gemäss Art. 35 KEG werden sämtliche nach Bundesrecht notwendigen Bewilligungen erteilt (Art. 49 Abs. 2 KEG). Kantonale Bewilligungen und Pläne sind nicht erforderlich. Das kantonale und kommunale Recht ist zu berücksichtigen, soweit es das Projekt nicht unverhältnismässig einschränkt (Art. 49 Abs. 3 KEG). Kantonale und kommunale Nutzungspläne gelten dabei als kantonales Recht.

4.2 Befristung

Art. 36 Abs. 2 KEG verlangt eine Befristung der Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen. Dabei ist zunächst die Geltungsdauer der Bewilligung an sich zu befristen (Zeit, innert welcher der Baubeginn zu erfolgen hat) und die Zeitdauer, während der die bewilligten Aktivitäten (eigentliches Abteufen der Bohrungen) andauern dürfen. Bei einigen Untersuchungsstandorten bleiben zum Zweck der LZB in Bohrungen gewisse Einrichtungen (wie z.B. Bohrkeller mit Beobachtungsinstrumenten sowie Zufahrtsmöglichkeit und Stromversorgung) bestehen. Auch für diese Anlagen ist die Bewilligung entsprechend zu befristen (vgl. Kap. 8.2).

4.3 Rechtsverhältnisse am Bohrplatz

Die Gesuchstellerin hat alle notwendigen Rechte zur Durchführung der Bohrarbeiten und für den Fortbestand des Bohrkellers (Baurecht) freihändig erworben. Die Durchführung eines Enteignungsverfahrens im Sinne von Art. 51 KEG ist daher nicht notwendig.

5 Technische Gesuchsunterlagen (nach Art. 58 KEV)

Das vorliegende Sondiergesuch umfasst die notwendigen Gesuchsunterlagen nach KEG resp. KEV zur Erteilung einer befristeten Bewilligung für einen Bohrplatz und die Durchführung von Sondierbohrungen auf dem Gebiet der Parzelle Kat.-Nr. 1129 (Ansatzpunkt der Bohrungen ca. 2'678'793 / 1'267'162, ca. 407.4 m ü. M.). Die zugrundeliegenden massgeblichen Gesetze und Verordnungen sind dem Bericht vorangestellt (vgl. Seite XI, "Gesetze und Verordnungen"), die Richtlinien und Normen sind in Kapitel 9 ("Literaturverzeichnis") aufgeführt.

Die Parzelle Kat.-Nr. 1129 liegt im Gebiet "Hasliboden" in der Gemeinde Stadel (Kanton Zürich; vgl. Fig. 5.1) und wird derzeit landwirtschaftlich als Fruchtfolgefläche (FFF) genutzt (vgl. Kap. 6.5.9). Die Zufahrt zum Bohrplatz erfolgt über die Waldhofstrasse (Parzelle Kat.-Nr. 1166 und 1142) sowie über eine neu zu erstellende Zufahrt (vgl. Fig. 5.1 und Beilage 4). Das Kabeltrasse der Werke wird in der Waldhofstrasse geführt, quert die Kiesstrasse und schliesst dann im Bereich des Kieswerkes Witschgenächer der KIBAG Beton AG (Flurname "Steinächer") an die bestehenden Werkleitungen an.

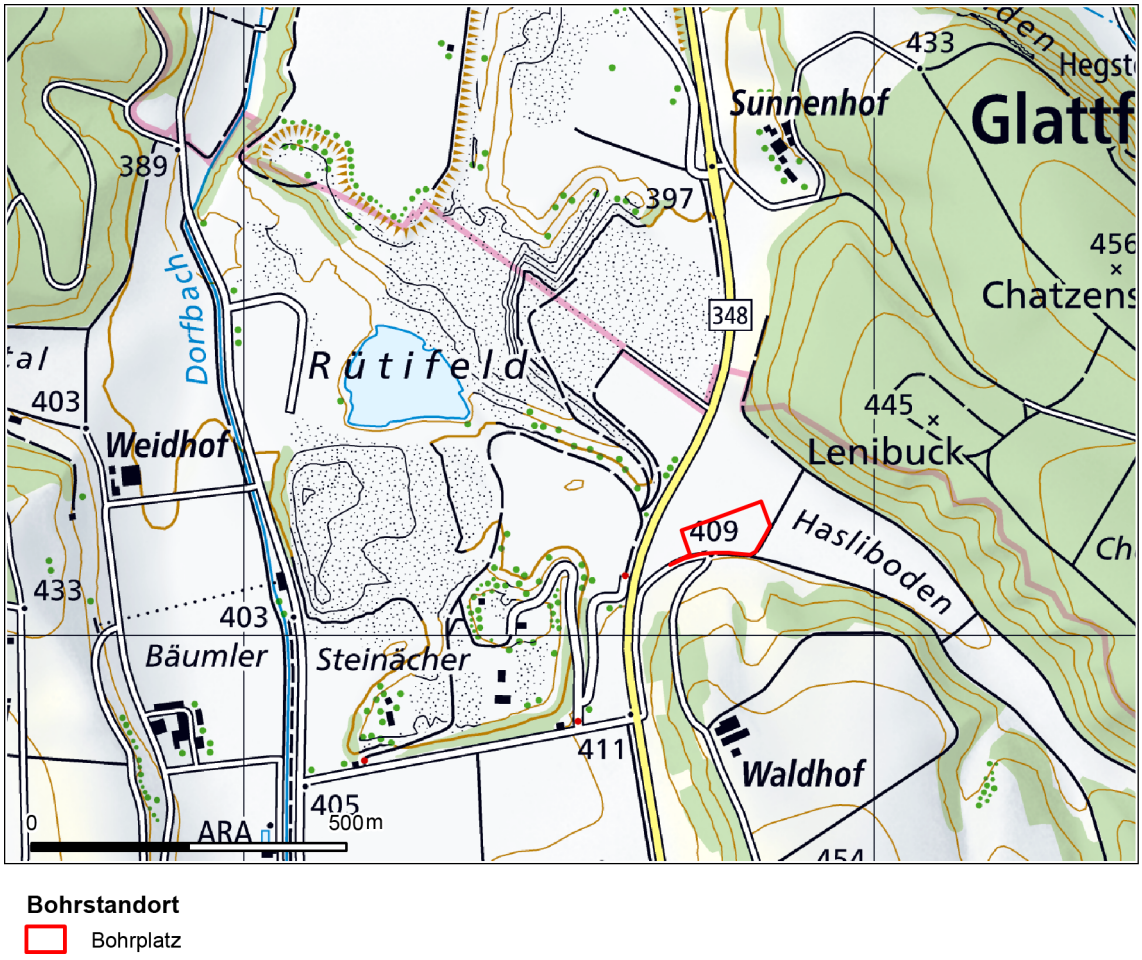


Fig. 5.1: Lage und Grösse des Standorts des Bohrplatzes Stadel 3.

Die nachstehend umschriebenen Massnahmen sind für eine Zeitspanne von bis zu fünf Jahren ab Baubeginn geplant. Nach Beendigung der Sondierbohrungen wird der Bohrplatz aufgehoben und die Parzelle rekultiviert, so dass eine landwirtschaftliche Nutzung wieder möglich ist. Die Wegparzelle wird wieder instandgesetzt, so dass sie dem früheren Zustand entspricht. Verbleiben werden bei Bedarf lediglich der Bohrkeller mit entsprechenden Messeinrichtungen, Leitungen für Stromversorgung und Telekommunikation sowie eine Zufahrt zum Bohrkeller. Diese Anlagen dienen der LZB, welche mehrere Jahre bis Jahrzehnte andauern kann. Deshalb wird für den Bohrkeller und seinen Zugang resp. seine Zufahrt eine Betriebs- und Nutzungsbewilligung bis zum rechtskräftigen Entscheid über eine nukleare Baubewilligung für ein geologisches Tiefenlager, längstens jedoch von 45 Jahren nach Abschluss aller Bohrarbeiten und Fertigstellung des Bohrkellers beantragt. Falls diese Betriebsdauer sich als nicht ausreichend erweisen sollte, wird ein Gesuch auf Verlängerung gestellt.

Falls keine weiteren Untersuchungen und/oder LZB geplant sind, werden die Bohrlöcher gemäss den Auflagen der Aufsichtsbehörde verfüllt und der Bohrplatz anschliessend rekultiviert.

5.1 Örtliche Gegebenheiten

Die für die Sondierbohrungen, d.h. Bohrplatz und Depotflächen, vorgesehene Fläche der Parzelle Kat.-Nr. 1129 liegt gemäss Zonenplan der Gemeinde Stadel (Gemeinde Stadel 2010) in der kantonalen Landwirtschaftszone. Das Grundstück wird landwirtschaftlich als FFF genutzt. Die für den Bohrplatz vorgesehene Fläche im südlichen Parzellenbereich weist ein nach Norden geneigtes Gefälle von ca. 1 - 4 % auf. Die gesamte vorübergehend beanspruchte Fläche weist eine durchschnittliche Breite von gut 60 m und eine Länge von rund 135 m auf (vgl. Beilagen 4 und 5) und beträgt inklusive Erschliessung ca. 7'590 m^2. Diese Fläche wird für die Dauer der Erstellung des Bohrplatzes und der Bohrarbeiten zuzüglich der Rekultivierungsphase der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung entzogen.

Die Parzelle befindet sich ausserhalb des Siedlungsgebiets der Gemeinde Stadel, östlich der Kiesgrube "Rütifeld" der KIBAG Beton AG mit Anbindung an die regionale Verbindungsstrasse RVS 348 (Kiesstrasse) über die Waldhofstrasse. Der Abstand vom geplanten Bohrkeller zum nächstgelegenen Wohnhaus "Waldhofstrasse 12" des Landwirtschaftsbetriebs "Waldhof" im Süden beträgt ca. 350 m (vgl. Beilage 4). Etwa 600 m nördlich des Bohrplatzes befindet sich der "Sunnehof", welcher bereits auf Gemeindegebiet von Glattfelden liegt (vgl. Fig. 5.1 und 6.9).

5.2 Platzerstellung und -ausrüstung

Vor der Erstellung des Bohrplatzes ist vorgesehen, ein sogenanntes Standrohr durch die quartären Lockergesteine hindurch bis in den anstehenden Fels hinein abzuteufen. Nach Erreichen der Endteufe wird das Standrohr dauerhaft einzementiert und verbleibt auch nach Abschluss der Bohrarbeiten im Boden. Somit ist eine dauerhafte Abdichtung des Bohrlochs im Bereich des Schotter-Grundwasserleiters gewährleistet. Zudem dient das Standrohr als Führung für eine richtungstreue Erstellung der späteren Tiefbohrung.

Für die Erstellung des Bohrplatzes werden zunächst der Ober- und der Unterboden im Bereich des Bohrkellers und der erforderlichen Niveauanpassungen im südlichen Bereich abgetragen. Der Oberboden (A-Horizont, Humus) wird im westlichen Bereich der Parzelle mit einer Schütthöhe von ca. 1.50 m und der Unterboden (B-Horizont) mit einer Schütthöhe von ca. 2.5 m deponiert (vgl. Beilage 5). Die Schütthöhen sind aufgrund des Leitfadens für Bodenschutz beim Bauen (Häusler & Salm 2001) gewählt.

Für die restlichen Bereiche des Bohrplatzes sowie der Zufahrt, Parkplätze etc. wird der Kieskoffer – abgetrennt durch ein Geotextil (Vlies) – möglichst direkt auf den Acker bzw. Humus geschüttet. Im nördlichen Bereich ist aufgrund der Topographie kein Bodenaushub notwendig.

Für die Flächen ohne Belag (bspw. Parkplätze) ist eine gewalzte Kiesmächtigkeit von rund 0.5 m vorgesehen. Bei den Flächen mit Belag (Bohrplatz) wird die Mächtigkeit von gewalztem Kies inkl. Belag ebenfalls insgesamt 0.5 m betragen.

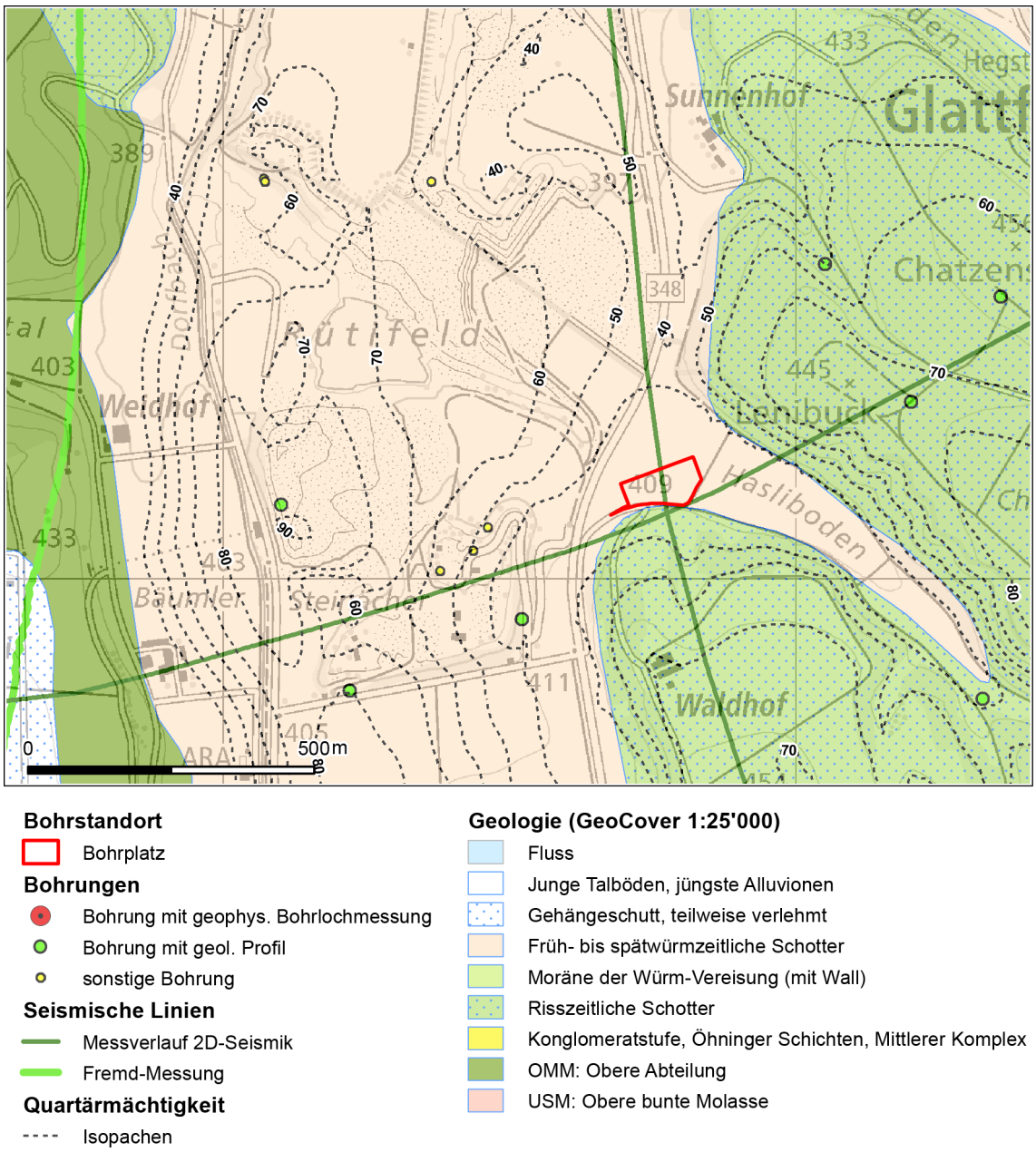


Fig. 5.2: Geologische Karte im Bereich des Standorts der Sondierbohrungen Stadel 3

In einem zweiten Arbeitsschritt werden im Bereich des Bohrplatzes Erdarbeiten für die notwendigen Infrastrukturbauten sowie leichte Terrainausebnungen ausgeführt. Das anfallende Aushubmaterial wird nordöstlich deponiert (vgl. Beilagen 4 und 5). Die Schütthöhe des Aushubdepots beträgt 2.0 - 3.0 m. Beim Aushubmaterial handelt es sich um früh- bis spätwürmzeitliche Schotter (Pleistozän; vgl. Fig. 5.2 und Beilage 3). Die Quartärmächtigkeit im Bereich des Bohrplatzes beträgt ca. 30 m.

Für den Arbeitsbereich des Bohrplatzes ist eine befestigte Fläche mit einer Länge und Breite von ca. je 60 m vorgesehen (vgl. Beilage 4). Diese Fläche wird mit einer Fundationsschicht (ungebundene Gemische 0/45 mm und Planiermaterial 0/16 mm, Schichtstärke gesamt 0.5 m) und einem einschichtigen Belag (Tragdeckschicht AC T 22 S, Schichtstärke 0.1 m) versehen. Darüber hinaus werden unbefestigte Flächen mit Kiesbelag für Parkplätze und Vorplätze auf dem Bohrplatz geplant.

Im Zentrum des Bohrplatzes wird ein innerer Arbeitsbereich durch einen zweireihigen Randabschluss (abgesenkter Bord-/Wasserstein) vom äusseren Arbeitsbereich abgegrenzt (vgl. Beilage 5). Der innere Arbeitsbereich dient als Standplatz des Bohrgeräts inklusive Nebenaggregate und Gestängelager (vgl. Beilage 5). Der Randabschluss dient sowohl der visuellen als auch der entwässerungstechnischen Trennung.

Auf der Platzfläche installiert sich die Bohrfirma mit den notwendigen Maschinen, Geräten, Bohrgestängen, Magazinen, Containern etc. zur Ausführung der geplanten Bohrarbeiten.

Ein Grossteil der Werkleitungsarbeiten erfolgt im Strassenbereich der Waldhofstrasse. Während dieser Zeit (rund 8 Wochen) muss der oberliegende Waldhof von Süden her, über die Haslistrasse / Berghof angefahren werden. Die temporäre Umleitung wird mit den Anrainern und der Gemeinde Stadel vorbereitet werden.

Ab Baubeginn wird eine Bewilligungsdauer für den Betrieb des Bohrplatzes von fünf Jahren beantragt (vgl. Kap. 8).

5.3 Bohrkeller

Im Zentrum des Bohrplatzes wird der Bohrkeller in Ortsbeton wasserdicht (Dichtigkeitsklasse 2) erstellt. Die Bohrungen bzw. der Bohrkeller sind T-förmig angeordnet mit unterschiedlichen Abmessungen in den beiden Achsrichtungen (vgl. Tab. 5.1 und Fig. 5.3), so dass ein Abteufen sowohl von Senkrecht- als auch von Schrägbohrungen möglich ist. Der Bohrkeller ist für Schrägbohrungen Richtung NNW, ENE, SSE, WSW ausgelegt (vgl. Fig. 7.1).

Für eine bessere Lastverteilung der Bohranlage wird rund um den Bohrkeller eine Lastplatte aus Stahlbeton mit einer Breite von 3.3 m und einer Stärke von 0.4 m erstellt. Der Bohrkeller mit seiner Bodenplatte (Stärke 0.3 m), seinen Wänden und der umlaufenden Lastplatte ist dafür ausgelegt, Lasten des Bohrgeräts bis zu 100 t über seine typischerweise zwei vorderen Auflageflächen von je ca. 5 m² abzutragen. Damit ist sichergestellt, dass Bohranlagen bis ca.175 t Hakenlast auf dem Bohrplatz aufgestellt werden können, die genügend Reservekapazität bieten, um eine Endteufe von max. 2'000 m zu erreichen. Der Bohrkeller mit seiner umlaufenden Lastplatte ermöglicht ausserdem, die unterschiedlichsten Bohrgeräte flexibel an den geplanten Bohrpunkten aufzustellen. Der innere Arbeitsbereich des Bohrplatzes ist darüber hinaus für die Aufnahme von je 30 t Verkehrslasten der beiden hinteren Lastabtragungspunkte des Bohrgeräts ausgelegt (Auflagerfläche: jeweils 5 m^2). Falls die Tragfähigkeit des Platzes für die hinteren Lastabtragspunkte des vorgesehenen Bohrgeräts nicht ausreichend sein sollte, können zusätzlich kleine, bodenebene Fundamente oder Mikropfähle für den notwendigen Lastabtrag erstellt werden. Das Design und

die Ausmasse des Bohrplatzes verändern sich dadurch nicht. Die Planung des Bohrkellers und der Bodenplatte (inklusive Statik, Armierung, Lastabtrag etc.) in Abhängigkeit des Baugrunds ist noch zu bestätigen, sobald das Bohrgerät für die Ausführung feststeht.

Tab. 5.1: Abmessungen Bohrkeller (Innenmasse)

Bohrrichtung	**Länge [m]**	**Breite [m]**	**Tiefe min. [m]**
NNW – SSE	4.9	2.5	2.0
ENE – WSW	6.9	2.5	2.0

Da der Bohrkeller auch für die erste Sammlung der Abwässer dient, wird im Bohrkeller ein Pumpensumpf mit den Massen von 0.8 m × 0.8 m × 0.8 m erstellt (L × B × T; vgl. Fig. 5.3 – 5.5 und Beilage 8).

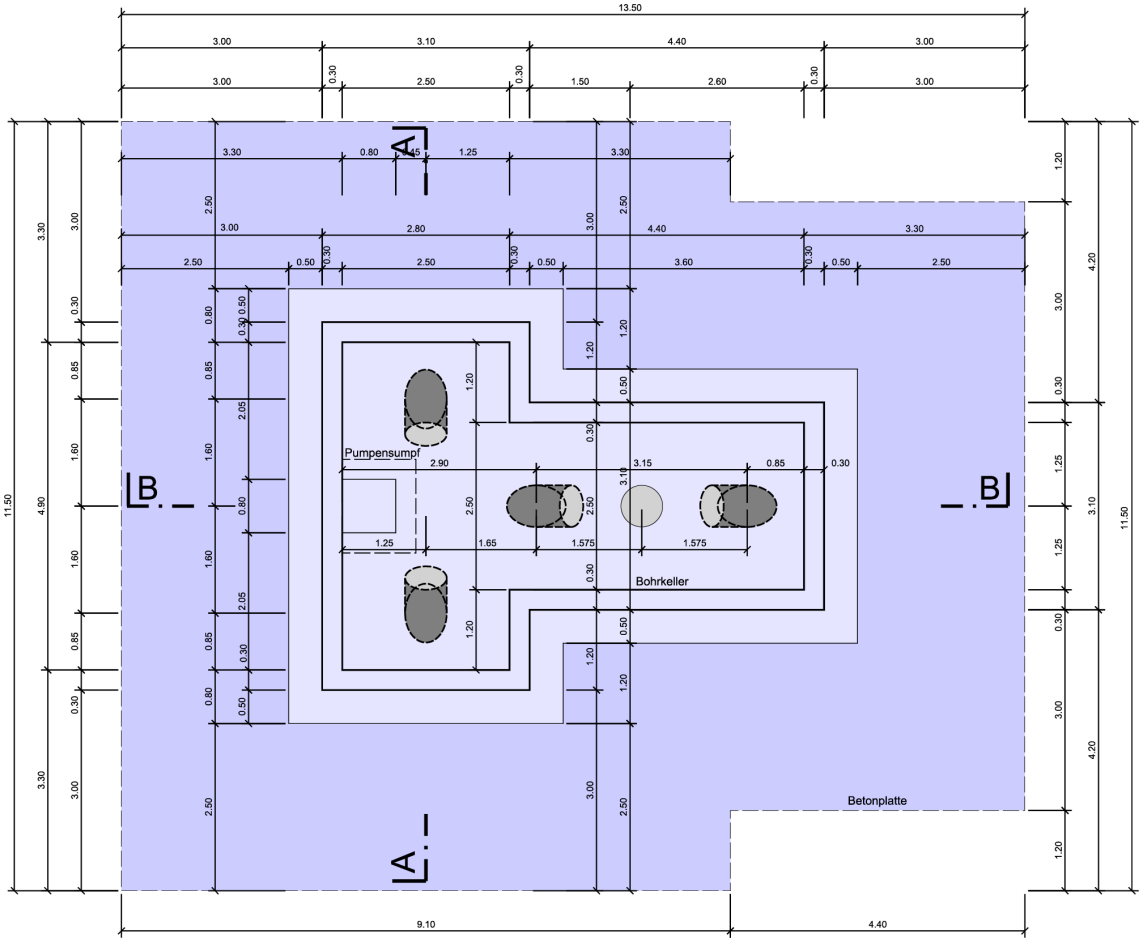


Fig. 5.3: Grundriss des Bohrkellers für fünf Bohrrichtungen

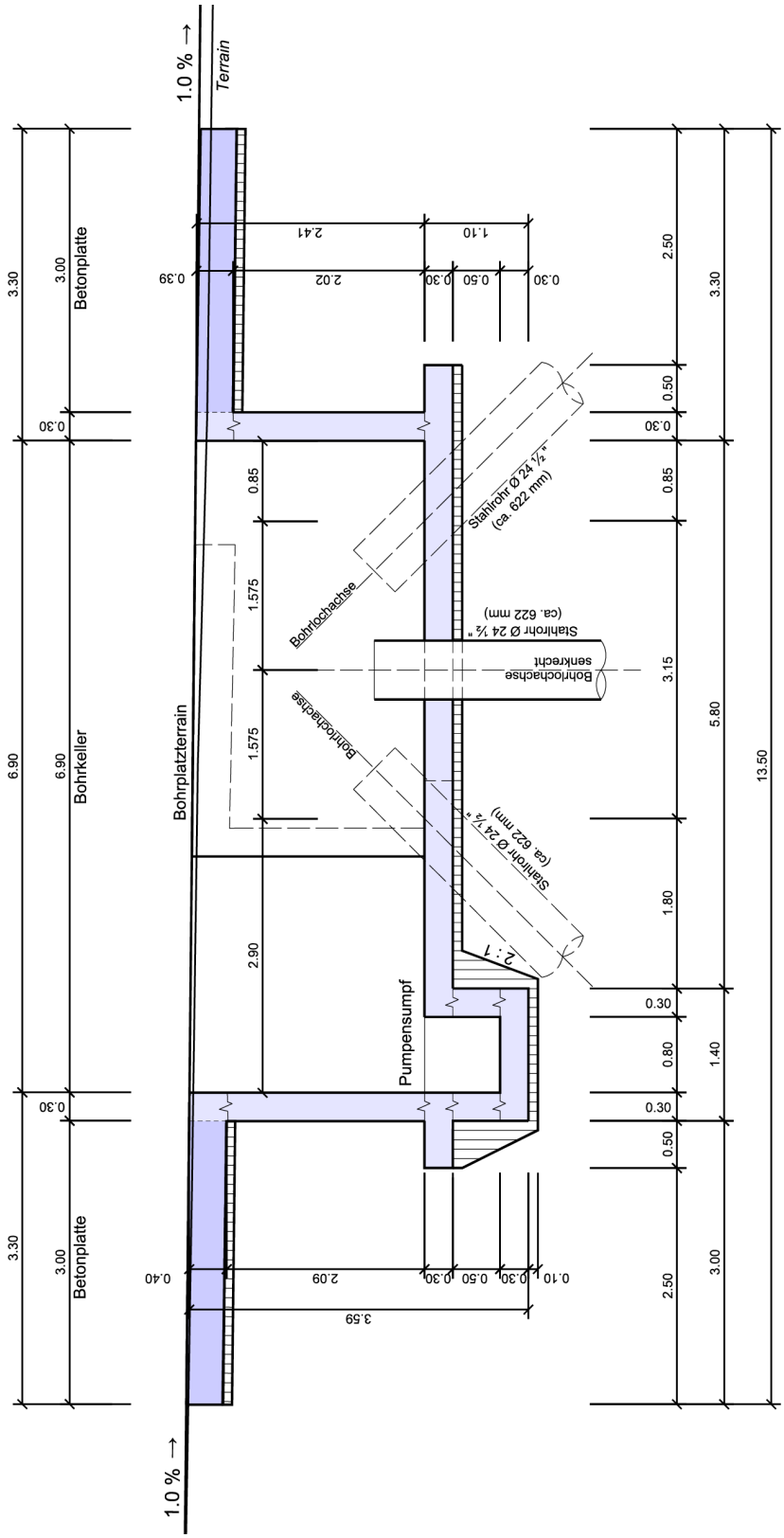


Fig. 5.4: Längsschnitt (B-B) des Bohrkellers mit den Bohrrichtungen WSW und ENE und den entsprechenden Bohransatzpunkten

(Lage des Schnitts vgl. Beilage 8)

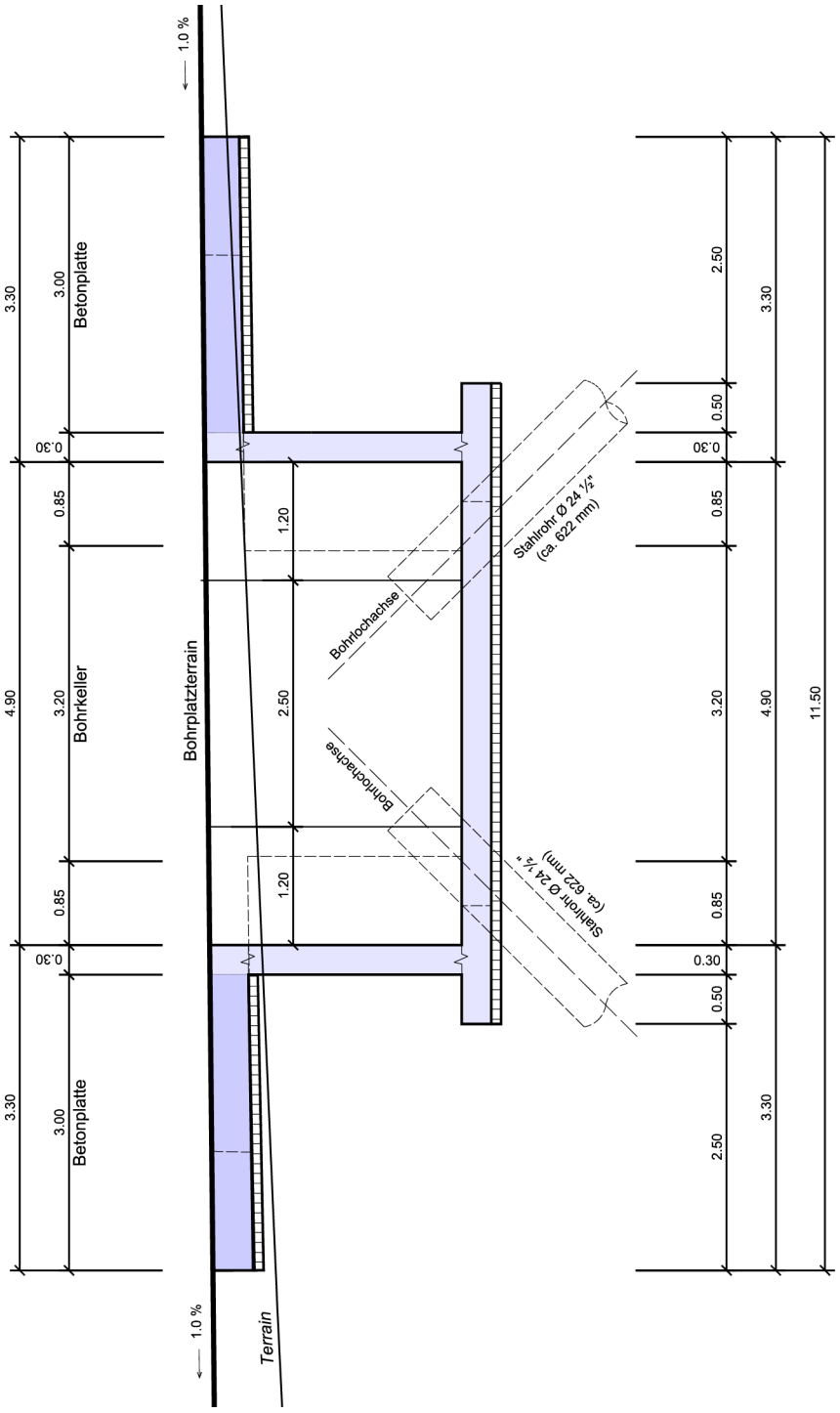


Fig. 5.5: Querschnitt des Bohrkellers (A-A) mit den Bohrrichtungen NNW und SSE und den entsprechenden Bohransatzpunkten

(Lage des Schnitts vgl. Beilage 8)

5.4 Nebenanlagen

5.4.1 Container

Für die Mannschafts- und Messcontainer werden in den Randbereichen asphaltierte Flächen mit einer Fundationsschicht (ungebundene Gemische 0/45 mm, Schichtstärke gesamt ca. 0.5 m; Flächen gewalzt) erstellt.

Die einzelnen Container für die Überwachung des Bohrbetriebs sowie zur laufenden Untersuchung und Auswertung werden voraussichtlich am nordwestlichen Bohrplatzrand angeordnet (vgl. Beilage 5). Die Anordnung und Anzahl der Container kann sich aufgrund der Anforderungen zur Platzierung des Bohrgeräts noch kurzfristig leicht ändern. Für die Überwachungssysteme der Bohranlage und des Bohrbetriebs sowie für die Analyse von Fluiden und Gasen wird von den Containern bis zum Bohrkeller ein Kabelkanal erstellt.

Ebenfalls am nordwestlichen Bohrplatzrand können die Mannschaftscontainer sowie die Container für den Bohrmeister resp. die Projektleitung platziert werden. Die Mannschaftscontainer werden mit einer Sanitäranlage (WC und Duschen) ausgestattet. Um die Platzverhältnisse zu optimieren, können die Container, wo möglich, aufeinandergestellt werden.

Die Anordnung der Container auf dem Bohrplatz (vgl. Beilage 5) kann sich in Abhängigkeit vom eingesetzten Bohrgerät noch verändern und ist deswegen auf den Plänen nicht als abschliessend anzusehen. Die dargestellte Anordnung der Container geht von einer NNW - SSE ausgerichteten Anordnung des Bohrgeräts aus, die auch für eine Vertikalbohrung geeignet ist.

Falls andere Bohrrichtungen ausgeführt werden sollen, muss die Anordnung der Container allenfalls angepasst werden.

Im Bereich des Zugangstors zum Bohrplatz ist vorgesehen, einen Infocontainer aufzustellen.

5.4.2 Parkplatz

Es sind insgesamt 12 Parkplätze vorgesehen. Diese werden beim Infocontainer nordwestlich der Zufahrt zum Bohrplatz (vgl. Beilage 4) angeordnet und mit einer Fundationsschicht (ungebundene Gemische 0/45 mm, Schichtstärke gesamt 0.5 m; Flächen gewalzt) versehen.

5.4.3 Umzäunung

Der Bohrplatz wird gesichert und der Zutritt geregelt. Um das gesamte Bohrplatzareal wird ein Bauzaun erstellt (vgl. Beilage 5).

5.5 Erschliessung und Verkehr

5.5.1 Verkehrsanbindung

Die Verkehrserschliessung erfolgt ausschliesslich über das öffentliche Strassennetz. Die Anfahrtsroute führt auf keinem Abschnitt durch Siedlungsgebiet. In der Nähe des Bohrplatzes befindet sich die Nationalstrasse A51 Zürich – Bülach. Die nächste Autobahnausfahrt/-einfahrt ist die E1 Bülach-Nord, welche ca. 10 km in südöstlicher Richtung vom Bohrplatz entfernt liegt. Ab dieser Ausfahrt ist der Bohrplatz über die Hauptverbindungsstrasse HVS 4 (Schaffhauserstrasse) und HVS 7 (Weiacher- / Glattfelderstrasse) sowie über den kurzen Abschnitt der

Nationalstrasse A50 Glattfelden zu erreichen. Von dort aus erfolgt die Zufahrt über die Kantonsstrasse RVS 348 (Aarüti- / Kiesstrasse) über eine Strecke von ca. 1.7 km bis zur Kreuzung Querstrasse. An dieser Kreuzung erfolgt das Linksabbiegen in die Waldhofstrasse, welche nach ca. 380 m direkt zum Bohrplatz führt (vgl. Fig. 5.1 und 5.6 sowie Beilage 5).

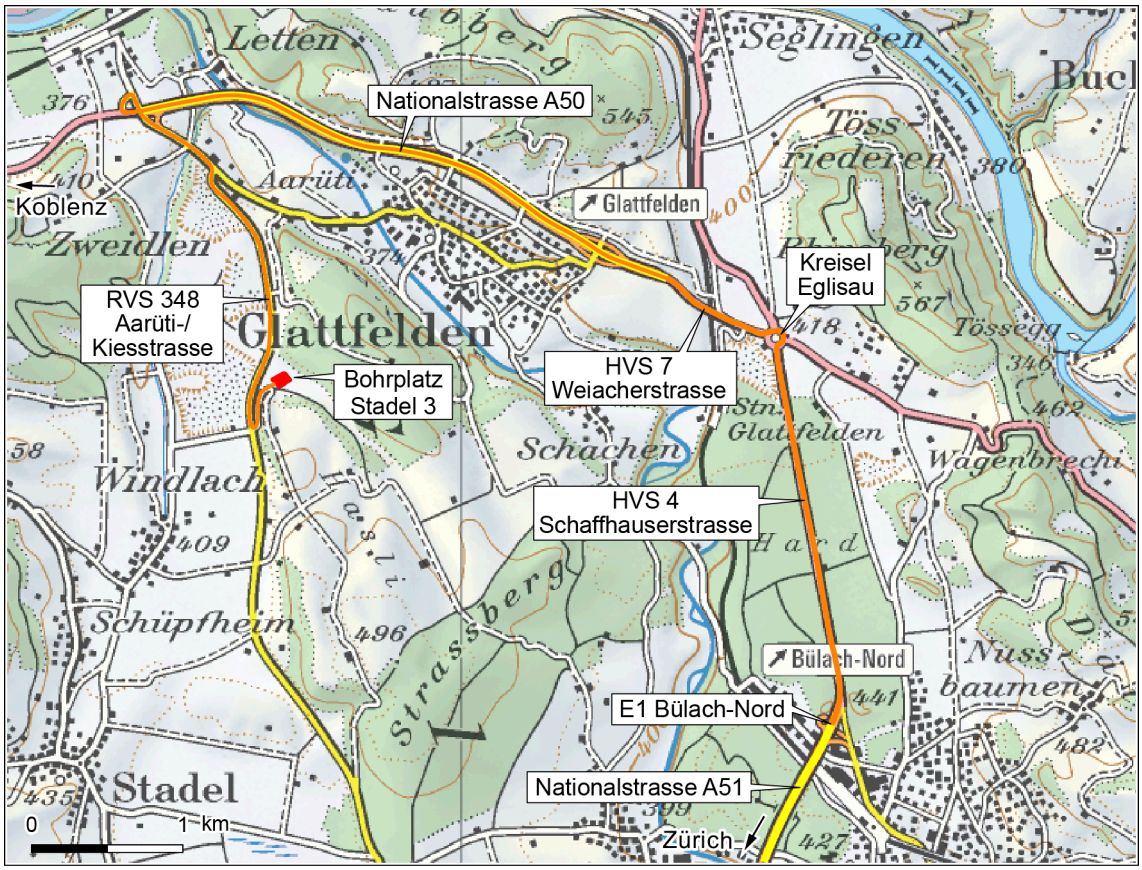


Fig. 5.6: Karte zur Erschliessung des Standorts der Sondierbohrungen Stadel 3

5.5.2 Verkehrsaufkommen

Die Gesuchstellerin hat hinsichtlich des durch den Bohrbetrieb verursachten LKW-Verkehrs Erfahrungen aus früheren Bohrbetrieben in der Nordschweiz, am Wellenberg (Kanton Nidwalden; Gassler & Karsch 1996) oder im Zürcher Weinland (Sondierbohrung Benken; Macek & Gassler 2001). In der Nordschweiz wurde jede Fahrt registriert und die Auswertung zeigte ein durchschnittliches LKW-Aufkommen von ca. 50 Fahrten pro Woche (Summe von Hin- und Rückfahrten). Der Anteil der aus betrieblichen Gründen unumgänglichen Fahrten während der Nacht und sonntags betrug ca. 5 %.

Es ist zu beachten, dass das LKW-Aufkommen je nach Projektphase variiert. Während der Bauphase (d.h. Erstellung Bohrplatz und Installation Bohrgerät) und der Betriebsphase (d.h. Abteufen der Bohrungen) werden die höchsten LKW-Aufkommen erwartet.

Die Arbeiten auf dem Bohrplatz werden während der Betriebsphase täglich im 24-h-Betrieb ablaufen.

Während der langfristigen Überwachungsphase sind nur zum Ein- und Ausbau des Messequipments sowie für allfällige Reparaturarbeiten LKW-Fahrten erforderlich, die in der Regel nur tagsüber stattfinden. Während der Beobachtungsphase für die Datenerhebung sind grundsätzlich keine LKW-Fahrten erforderlich.

Der durchschnittliche Tagesverkehr (DTV) für Motorfahrzeuge in den befahrenen Abschnitten der National- und Kantonsstrassen weist gemäss dem kantonalen Gesamtverkehrsmodell (GVM-ZH 2014) die Werte für die Jahre 2013 und 2030 gemäss Tab. 5.2 auf.

Tab. 5.2: Mess- und Prognosewerte kantonales Gesamtverkehrsmodell (GVM-ZH 2014)

Abschnitt	**Messwert DTV 2013** [Fahrzeuge/Tag]	**Prognosewerte DTV 2030** [Fahrzeuge/Tag]
A51	26'597	38'032
HVS 4	27'000	37'653
HVS 7*	11'546	18'945
A50	5'707	10'172
HVS 7**	6'355	10'233
RVS 348	4'080	4'497

* Teilabschnitt Weiacherstrasse zwischen Kreisel Eglisau und der A50 (Ausfahrt Glattfelden)
** Teilabschnitt Glattfelderstrasse von A50 in Richtung Weiach

Gemäss dieser Prognose kann der zusätzliche Bohrplatzverkehr während des Baus und des Betriebs des Platzes für die Strassenbelastung als untergeordnet betrachtet werden.

5.6 Wasserversorgung

Der Bohrplatz wird ca. 430 m weiter südlich, direkt bei der Kiesgrube Witschgenächer der KIBAG Beton AG (Flurname "Steinächer"), an die Versorgungsleitung des örtlichen Wasserversorgungsnetzes der Gemeinde Stadel angeschlossen (vgl. Beilage 5 und Fig. 5.7).

Unmittelbar nach dem Anschlussschieber des Bohrplatzes wird ein Zählerschacht angeordnet, um die Bezugsmengen festzuhalten. Der Wasserzähler wird von der Gemeinde Stadel bezogen. Zur Gewährleistung der Trinkwassersicherheit ist zusätzlich eine Sicherheitseinrichtung mittels Systemtrenngerät Bauart BA einzubauen. Die interne Versorgung des Bohrplatzes wird mittels einer Anschlussleitung PE DN 160 mm sichergestellt, an welcher noch einzelne Abgänge für die Versorgung von Containern möglich sind. Für die Sicherstellung des Löschschutzes wird im Zugangsbereich des Platzes ein Hydrant platziert. Die maximale Fördermenge des Hydranten Nr. 157 beträgt 25 l/s bei einem Betriebsdruck von 3.7 bar.

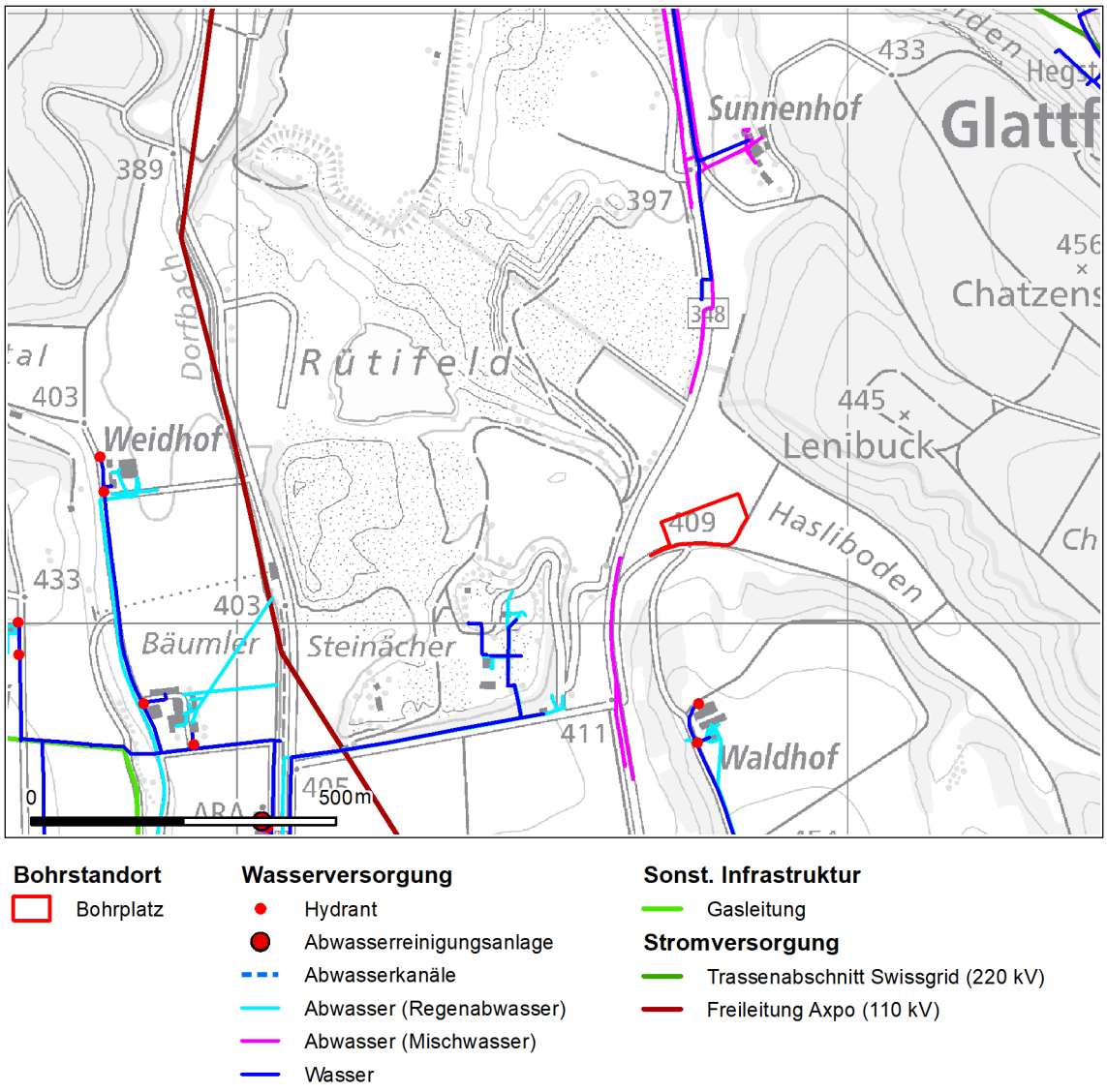


Fig. 5.7: Karte zur Erschliessung des Standorts der Sondierbohrungen Stadel 3 mit Wasser, Abwasser und Strom

Die Anschlüsse der Container sowie die Zuleitungen werden unterirdisch resp. überdeckt erfolgen. Unmittelbar beim Bohrkeller ist ein Anschlusspunkt für die Bohrbelange vorgesehen.

5.7 Entsorgung

Die während der Betriebsphase anfallenden Abwässer werden soweit aufbereitet, dass die vorgeschriebenen Einleitgrenzwerte in die Kanalisation bezüglich Qualität und Menge eingehalten werden. Die Prinzipien der Wasseraufbereitung und -entsorgung auf der Baustelle richten sich nach der SN-Norm 509 431 / SIA 431 (1997).

Sie können wie folgt charakterisiert werden:

- Meteorwasser, ausserhalb der befestigten Fläche: Flächenförmige Versickerung, Versickerung über die Schulter
- Wasser vom äusseren Arbeitsbereich: Zuleitung Entwässerungsschacht durch Belagsrinnen → Absetzbecken mit Ölabscheider und Schlammfang → pH-Neutralisation → Stapelbecken → Oberflächige Versickerung vor Ort oder alternativ Zuführung zur Kiesgrube Witschgenächer der KIBAG Beton AG und Entleerung in deren Versickerungsgrube
- Wasser / Bohrspülflüssigkeit vom inneren Arbeitsbereich: Pumpensumpf → Absetz-/ Schlammbecken → Desander/Desilter → Ölabscheider und Schlammfang → Stapelbecken → ggf. pH-Neutralisation und Koaleszenzabscheider → Oberflächige Versickerung vor Ort oder alternativ Zuführung zur Kiesgrube Witschgenächer der KIBAG Beton AG und Entleerung in deren Versickerungsgrube
- Der anfallende Bohrschlamm wird deponiert
- Aquifer-Wasser: Absetzbecken → Kontrolle (Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit) → Kanalisation
- Häusliche Abwässer: via Fäkalientank in Abwasserreinigungsanlage (ARA) bzw. Anschluss an Kanalisation

Für den Betrieb des Bohrplatzes wird vor Baubeginn ein Entwässerungskonzept aufgestellt, das zur Einhaltung der folgenden Grundsätze dient:

- Bei Abwässern: Vermeiden, vermindern, separat fassen, rezirkulieren, behandeln, ableiten
- Einzelne Abwasserteilströme sind möglichst am Ort ihres Anfalls, vor der Vermischung mit anderen Abwässern, zu fassen
- Nicht verschmutztes Abwasser ist vorzugsweise versickern zu lassen (z.B. Parkplätze)
- Verschmutztes Abwasser muss auf der Baustelle mittels Sedimentation bzw. Neutralisation vorbehandelt werden
- Alkalische Abwässer dürfen nicht versickert oder in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet werden
- Wassergefährdende Stoffe dürfen weder im Boden versickern, noch in ein Gewässer oder in eine Kanalisation gelangen

Das Entwässerungskonzept regelt zudem die notwendigen Massnahmen bei ausserordentlichen Ereignissen und Störungen sowie die Aufgaben und Verantwortlichkeiten der Beteiligten. Das Entwässerungskonzept basiert auf dem eidgenössischen Gewässerschutzgesetz (GSchG) und der -verordnung (GSchV), den kantonalen und kommunalen Gewässerschutzbestimmungen sowie den Auflagen und Bedingungen der behördlichen Bewilligungen und dem generellen Entwässerungsplan (GEP) der Gemeinde.

Die auf dem Bohrplatz anfallenden Abfälle und das Bohrklein werden gemäss einem Entsorgungskonzept über bestehende Entsorgungswege (vgl. Kap. 5.7.4) entsorgt.

5.7.1 Häusliches Abwasser

Das häusliche Abwasser wird in einem Fäkalientank gesammelt. Das Abwasser wird in regelmässigen Intervallen aus dem Fäkalientank abgesaugt, abtransportiert und in der ARA Furt in Bülach entsorgt (vgl. Kap. 5.7.4). Der Tank wird mittels einer Füllstandmessung mit Hinweissignal gegen eine Überfüllung gesichert.

5.7.2 Meteorwasser

Das Dachwasser der Container fliesst platzabgewandt ab und versickert flächenförmig über die Schulter. Die Parkplätze werden wasserdurchlässig ausgebildet (Kiesplätze, Aufbau vgl. Kap. 5.4.2 und Beilage 5).

Das Regenabwasser des äusseren Arbeitsbereichs sowie das Waschwasser der Geologie und des Labors werden über Belagsrinnen einem Platzwasserschacht zugeführt und von dort mit einer Freispiegelleitung dem Schlammfang mit Ölabscheider zugeleitet. Das gereinigte Platzwasser wird primär dem ersten Stapelbecken zugeführt und dann vor Ort in einer humusierten Mulde versickert.

Gemäss dem Merkblatt "Versickerung des Regenwassers" (AWEL 2009), ist für die Versickerung des auf einer befestigten Fläche anfallenden Regenabwassers eine Versickerungsfläche von 5 bis 10 % der entwässerten Fläche erforderlich. Die erforderliche Versickerungsfläche muss somit ca. 170 m² gross sein (vgl. Beilage 5).

Alternativ und bei schlecht sickerfähigem Untergrund, wird das Abwasser periodisch aus den Stapelbecken abgesaugt, abtransportiert und der naheliegenden Kiesgrube Witschgenächer (Flurname "Steinächer") der KIBAG Beton AG zur Versickerung zugeführt.

Das Platzwasser des inneren Arbeitsbereichs (Fläche innerhalb der zweireihig abgesenkten Bundsteine, vgl. Beilage 5), das am meisten von einer Vermischung mit Bohrspülflüssigkeit und Verunreinigungen durch das Gestängelager gefährdet ist, wird über Einlaufschächte dem Pumpensumpf des Bohrkellers zugeführt und von dort dem Aufbereitungsprozess für überschüssige Bohrspülung zugeleitet (vgl. Kap. 5.7.3). Vorgereinigtes Abwasser aus diesem Aufbereitungsprozess wird durch den Schlammfang mit Ölabscheider einem Stapelbecken zugeführt (vgl. Beilage 5). Eine allfällige Aufbereitung zwecks Wiederverwendung, z.B. mittels Spaltanlage, findet direkt auf dem Bohrplatz statt. Ansonsten wird die vorgereinigte Flüssigkeit vor Ort versickert oder der Kiesgrube Witschgenächer der KIBAG Beton AG zur Versickerung zugeführt.

Bei einem grösseren Regenereignis kann das in die Stapelbecken geführte Platzwasser nötigenfalls über eine Überfallkante entlastet werden. Das gespeicherte Wasser ist anschliessend zu versickern oder alternativ mit Hilfe von Saugwagen der Kiesgrube Witschgenächer (Flurname "Steinächer") der KIBAG Beton AG zuzuführen und dort zu versickern.

5.7.3 Bohrspülung

Die Bohrspülung wird in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert. Durch den Einsatz von einzementierten Standrohren werden oberflächennahe Grundwasserleiter gegen das Eindringen von Bohrspülung geschützt und gleichzeitig von den tiefen Aquiferen in den Bohrungen getrennt. Die Spülflüssigkeit wird zunächst im Schlammbecken gesammelt bzw. zwischengelagert. Innerhalb des Schlammbeckens setzen sich grobe Schmutzteile ab. Die zu entsorgende Spülflüssigkeit wird in ein angrenzendes Mischbecken gepumpt und dort neutralisiert (pH-Neutralisation).

Mittels Desander, Desilter und Zentrifuge werden ihr die Feststoffe entzogen. Falls nötig, werden zusätzlich Flockungsmittels eingesetzt. Die Feststoffe werden aus dem Mischbecken auf die örtlichen Transportmulden verladen und einer geeigneten Deponie zugeführt. Die klare Flüssigphase wird über den Saugtank direkt einem Stapelbecken (vgl. Beilage 5) zugeführt. Von dort wird die Flüssigkeit primär wiederverwendet und erneut dem Bohrprozess zugeführt oder – je nach Abwasserqualität – mit Tankwagen der ARA Furt Bülach oder der Kiesgrube Witschgenächer (Flurname "Steinächer") der KIBAG Beton AG zugeführt.

5.7.4 Abfälle und Materialbewirtschaftung

Auf dem Bohrplatz anfallende Abfälle sind – sofern sie nicht vermieden werden können – getrennt nach Arten zur Verwertung und Entsorgung zu sammeln und abzutransportieren (vgl. SN-Norm 509 430 (SIA 1993), VVEA, VeVA, Richtlinien zur Verwertung mineralischer Bauabfälle etc.). Die Unternehmer resp. der Bohrunternehmer haben vor Baubeginn das Konzept für die Abfallentsorgung und die Entsorgung des Bohrkleins zu erarbeiten. Hierbei werden die vorgeschlagenen Deponien und allfällige alternative Deponien nochmals in Bezug auf ihre Eignung und Lage (Nähe zum Bohrplatz) überprüft sowie die jeweiligen Abnahmegarantien der Deponiebetreiber eingeholt.

Die in Tab. 5.3 aufgelisteten Anlagen sind für die Entsorgung der verschiedenen Feststoffe und Fluide vorgesehen.

Tab. 5.3: Entsorgungswege für Feststoffe und Fluide

Anlage	Deponietyp *	Ort	Entsorgungsgut
Kiesgrube Witschgenächer der KIBAG Beton AG	-	Windlach (Stadel) /ZH	Platz- und Waschwasser, vorbehandelte Spülflüssigkeit
ARA Furt Bülach	-	Bülach / ZH	Häusliches Abwasser
ISD Hardrütenen	Typ B (Inertstoffe)	Weiach / ZH	Aushubmaterial, Bohrkerne, Cuttings, Feststoffe aus der Bohrspülung, Bauabfälle
Deponie Häuli	Typ C (Reststoffe)	Lufingen / ZH	Feststoffe aus der Bohrspülung (evtl. teilweise aufbereitet)
Deponie Häuli	Typ E (Reaktorstoffe)	Lufingen / ZH	Alle übrigen für die Ablagerung zugelassenen Abfälle

* Stofftypisierung gemäss Abfallverordnung (VVEA)

5.8 Stromversorgung

Die Energieversorgung der gesamten Bohrplatzinfrastruktur (Container, Spülpumpen und Aggregate) soll mittels eines Anschlusses an das regionale Stromversorgungsnetz (Mittelspannung / MS 16 kV, EKZ; vgl. Beilage 5) gelöst werden. Der Anschlusspunkt für die Baustellenversorgung befindet sich direkt bei der Kiesgrube Witschgenächer (Flurname "Steinächer") der KIBAG Beton AG. Ab diesem Punkt verläuft die Leitung erdverlegt bis zum Bohrplatz (vgl. Beilage 5).

Auf dem Bohrplatz wird eine temporäre Trafostation in Abhängigkeit vom eingesetzten Bohrgerät mit ca. 1.5 bis 3.5 MW Leistung platziert, welche den gesamten Strombedarf abdecken kann. Über die anschliessend angeordnete Unterverteilung werden alle benötigten Stromverbraucher angeschlossen. Die beschriebene Anschlussvariante bedarf der Abstimmung des Anschlusspunkts und der technischen Einrichtungen mit dem Energielieferanten sowie dem eidgenössischen Starkstrominspektorat (ESTI). Falls Anschlüsse aus technischer Sicht nicht möglich sein sollten bzw. die entsprechenden Kapazitäten nicht zur Verfügung stehen, kann die Versorgung auch über mobile Einheiten sichergestellt werden.

Ungeachtet der Anschlussvarianten ist grundsätzlich vorgesehen, Leerrohre (PE 150 / MS und PE 120 / NS) zu verlegen, um entsprechende Kabel zum Bohrplatz führen zu können.

Aus Sicherheitsgründen muss während des Bohrbetriebs die Stromversorgung jederzeit gewährleistet sein. Aus diesem Grund sind durch die Bohrfirma zwei eigene, auf die Bohranlage abgestimmte, mit Diesel betriebene Notstromaggregate zu installieren (vgl. Kap. 5.9).

Im Hinblick auf die LZB bleibt der Anschluss an das lokale NS-Netz zur Versorgung des Bohrkellers bestehen. Falls Anschlüsse an das NS-Netz aus technischer Sicht nicht möglich sein sollten bzw. die entsprechenden Kapazitäten nicht zur Verfügung stehen, kann die Datenerfassung während der LZB-Phase auch autonom (z.B. mittels Solarpanel oder Batterien) mit Energie versorgt werden.

5.9 Aggregate und Fahrzeuge

Zum jetzigen Zeitpunkt steht noch nicht fest, welches Antriebssystem bzw. Bohrgerät eingesetzt wird. Grundsätzlich werden Bohrgeräte über ein Hydrauliksystem betrieben, welches im Normalfall durch Dieselmotoren angetrieben wird. Es wird jedoch angestrebt, einen elektrisch-hydraulischen Antrieb zum Einsatz zu bringen, da in der Nähe des Bohrplatzes die Möglichkeit eines Anschlusses an das MS-Netz besteht (vgl. Kap. 5.8), so dass lediglich eine Notstromversorgung auf Basis von Dieselgeneratoren installiert werden müsste.

Die Massnahmen in Zusammenhang mit der Luftreinhaltung richten sich nach der Richtlinie des Bundesamts für Umwelt (BAFU) "Luftreinhaltung auf Baustellen" (BAFU 2016). Entsprechend ist vorgesehen, als Betriebsstoff für Transportmittel und Maschinen (sofern sie nicht elektrisch betrieben sind) ausschliesslich schwefelarmen Diesel ($S < 30$ ppm) zu verwenden. Ausserdem ist der Einsatz von modernen, nachweislich gut gewarteten Lastwagen, Baumaschinen und Geräten geplant. Die Unternehmer werden verpflichtet, mit dem Angebot eine vollständige Liste für sämtliche auf dem Bohrplatz eingesetzten Geräte und Maschinen einzureichen.

Alle Baumaschinen und Geräte müssen die Grenzwerte gemäss der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) einhalten.

Fahrzeugbewegungen im Bereich des Bohrplatzes werden als Hauptursache für allfällige Staubbelastungen während der Betriebsphase angesehen. Daher werden auf dem Bohrplatz technische und betrieblich-organisatorische Vorkehrungen zur Staubbekämpfung auf Zufahrten und Plätzen sowie bei Materiallagern und beim Materialumschlag etc. getroffen. In Frage kommen z.B. Massnahmen wie Befeuchtungen, periodische Reinigungen sowie Geschwindigkeitsbeschränkungen etc.

Generell gibt die Lärmschutz-Verordnung (LSV) keine Grenzwerte für die Beurteilung von Baulärm vor. Obwohl es sich um eine temporäre Anlage handelt, werden für einen quantitativen Vergleich die Grenzwerte für permanente Anlagen gemäss Anhang 6 LSV (Belastungsgrenzwerte für

Industrie- und Gewerbelärm) aufgeführt. Da es sich beim Bohrbetrieb um neue Anlagen handelt, sind für den nahe gelegenen Landwirtschaftsbetrieb "Waldhof" (Lärm-Empfindlichkeitsstufe III, vgl. Kap. 6.5.2) entsprechende Planungswerte einzuhalten.

Die Planungswerte (PW) des Beurteilungspegels Lr in dB(A) für die Empfindlichkeitsstufe III sind:

- Tags (7:00 - 19:00 Uhr) – 60 dB(A)
- Nachts (19:00 - 7:00 Uhr) – 50 dB(A)

Auch in den Auflagen für die Sondierbohrung Benken (Macek & Gassler 2001) wurden für die Betrachtung der Lärmimmissionen die Planungswerte von 60 dB(A) tagsüber und 50 dB(A) während der Nacht für die relevanten lärmempfindlichen Räume angesetzt. Dies entspricht den Immissionsgrenzwerten (IGW) des Beurteilungspegels Lr in dB(A) der LSV (Anhang 6).

5.10 Telekommunikation

Für die Sicherstellung von Telekommunikation und Internet wird ein Anschluss an das bestehende Trassee der Swisscom vorgesehen, welches innerhalb der Parzelle Kat.-Nr. 1121 der Kiesgrube Witschgenächer (Flurname "Steinächer") der KIBAG Beton AG verläuft (vgl. Beilage 5). Im Container der Projektleitung wird ein Hotspot / WLAN-Accesspoint eingerichtet.

Sollte ein Anschluss an das Swisscom-Trassee nicht möglich sein, so ist die Telekommunikation mittels mobiler Funknetze zu lösen. Nach Abklärungen mit der Swisscom ist am vorgesehenen Bohrplatzstandort voller 4G-Empfang sichergestellt (Download-Rate: ca. 100 Mbit/s, Upload-Rate: ca. 100 Mbit/s).

5.11 Ausleuchtung

Die Ausleuchtung des Bohrplatzes und der Arbeitsbereiche liegt grundsätzlich in der Verantwortung der Bohrunternehmung und wird so umgesetzt, dass die Arbeitssicherheit nachts gewährleistet werden kann und gleichzeitig die Umgebung so wenig wie möglich durch Lichtimmissionen belastet wird. Die eingesetzten Leuchtmittel (Flutlichtscheinwerfer) sind so zu platzieren, dass sie zielgerichtet nur den Arbeitsbereich ausleuchten.

Die Lichtverschmutzung der Umgebung ist gegebenenfalls mit geeigneten Abschirmmitteln und standortgerechter Ausrichtung zu verhindern (vgl. Fig. 5.8). Ein Einsatz von LED-Leuchtmitteln wird dabei als sinnvoll erachtet. Die SN-Norm 586 491 "Lichtemissionen im Aussenraum" (SIA 2013) ist einzuhalten.

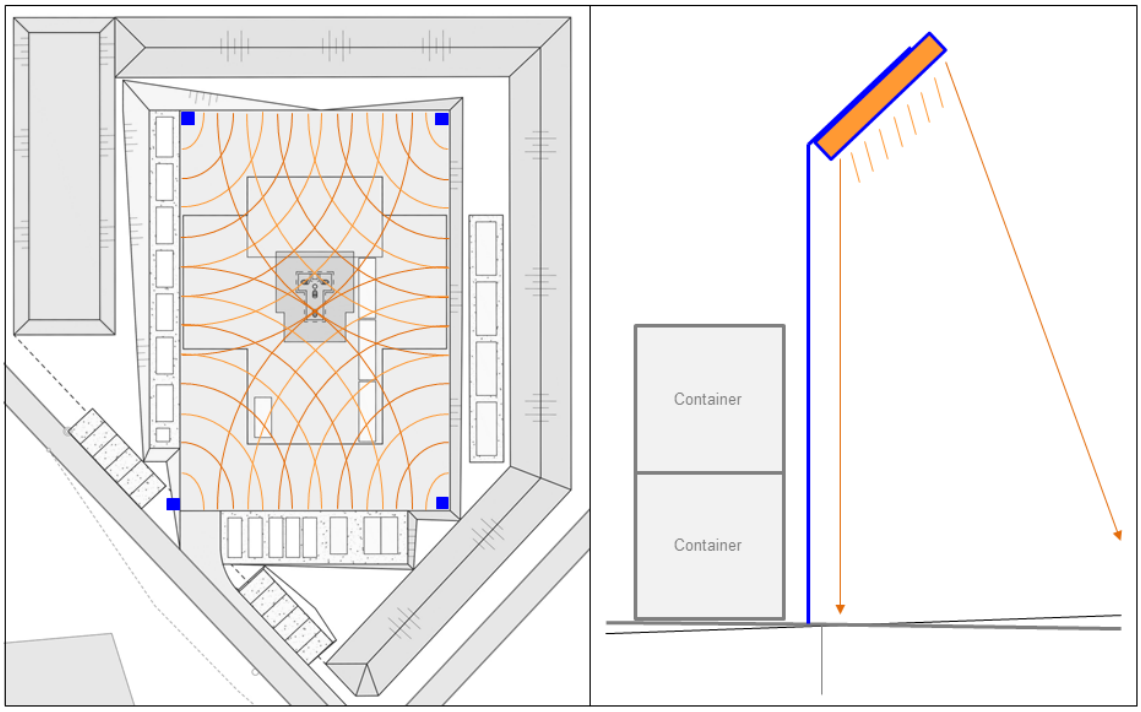


Fig. 5.8: Beispielhafte Ausleuchtung des Arbeitsbereichs für den Bohrplatz (Leuchte mit Wirkungsbereich)

5.12 Rekultivierung

Nach Abschluss der Betriebsphase wird die befestigte Bohrplatzfläche mit den Nebenanlagen aufgehoben, die eingebrachten Fremdmaterialien wie Kieskoffer, Bitumenbeläge und Betonfundamente (Lastplatten seitlich des Bohrkellers; vgl. Schemaschnitte A–A und B–B in Beilage 9) werden entfernt und die Werkleitungen teilweise rückgebaut. Mit den Rekultivierungs- und Wiederherstellungsarbeiten wird die beanspruchte Fläche wieder so hergerichtet, dass die landwirtschaftliche Nutzung ohne Ertragseinbussen fortgeführt werden kann. Vor Baubeginn wird ein Bodenschutz- und Rekultivierungskonzept erarbeitet. Die Bauarbeiten, die Deponierung der Böden und die Rekultivierung werden mit einer bodenkundlichen Baubegleitung (BBB) vorgenommen und erfolgen in Absprache mit dem Eigentümer und Bewirtschafter.

Langfristig erfolgt unter Umständen eine mehrere Jahre bis Jahrzehnte dauernde LZB-Phase in den Bohrlöchern. Zurück bleiben in diesem Fall der Bohrkeller (vgl. Kap. 5.3), der durch eine Betonplatte mit integrierter Einstiegs- und Revisionsöffnung abgeschlossen wird, sowie eine gekofferte Zufahrt und Energie- resp. Telekommunikationsleitungen (vgl. Beilage 9). Die Zugangsöffnungen sind bei Schrägbohrungen in Richtung der gewählten Bohrachsen anzuordnen. Zur Vermeidung von Kulturschäden bei Kontrollgängen und Workover-Arbeiten bleibt ein befestigter Weg bestehen. Diese Zufahrt zum verbleibenden Bohrkeller und zu den Messeinrichtungen erfolgt ab der Waldstrasse (Parzellen Kat.-Nrn. 1166 und 1142) über einen neu zu erstellenden Zufahrtsbereich (unbefestigter Weg) auf der Parzelle Kat.-Nr. 1129 mit einer Breite von rund 3 m.

Zur Einspeisung und Fernüberwachung der Registriergeräte werden ein Stromanschluss in NS (vgl. Kap. 5.8) und ein Telekommunikationsanschluss mit benötigter Bandbreite (vgl. Kap. 5.10) in den Bohrkeller geführt. Alternativ eignet sich die kabellose Datenübertragung während der LZB Technologien wie LORAWAN, mit welcher auch durch Betonbauwerke (wie den Bohrkeller) Daten übertragen werden können.

6 Aspekte des Umwelt-, Natur- und Heimatschutzes und der Raumplanung

6.1 Interessenabwägung für erdwissenschaftliche Untersuchungen

Erdwissenschaftliche Untersuchungen mittels Sondierbohrungen dienen dazu, die Kenntnisse über den Untergrund im Hinblick auf ein geologisches Tiefenlager zu erweitern. Gemäss Art. 49 ff. KEG handelt es sich beim Bewilligungsverfahren von erdwissenschaftlichen Untersuchungen um ein Bundesverfahren (analog eines bundesrechtlichen Plangenehmigungsverfahrens). Die Bewilligungen werden gemäss KEG durch das UVEK erteilt, wenn:

- gemäss Art. 35 Abs. 2 lit. a die geplanten Untersuchungen geeignet sind, die erforderlichen Grundlagen für die spätere Beurteilung der Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers zu erbringen, ohne die Eignung eines Standorts zu beeinträchtigen und
- gemäss Art. 35 Abs. 2 lit. b keine anderen von der Bundesgesetzgebung vorgesehenen Gründe, namentlich des Umweltschutzes, des Natur- und Heimatschutzes und der Raumplanung, entgegenstehen.

Für die konkrete Wahl des Bohrstandorts wird eine parzellengenaue Angabe und eine Begründung für die Wahl des Bohrstandorts vorausgesetzt (vgl. Art. 35 Abs. 2 lit. b KEG; Art. 3 Raumplanungsverordnung RPV). Die Bohrplatzevaluation geht von den Erfordernissen des Untersuchungszwecks aus (Geologie) und wird sodann nach den Zielen und Grundsätzen der Raumplanung sowie nach betrieblichen Kriterien eingegrenzt.

Dazu ist eine Interessenabwägung im Sinne von Art. 3 Abs. 1 lit. a RPV durchzuführen. Mittels Interessenabwägung soll aufzeigt werden:

- welche erheblichen privaten und öffentlichen Interessen berührt werden,
- welche möglichen Auswirkungen durch die Sondierbohrungen auf die ermittelten Interessen zu erwarten sind und
- welches Gewicht den berührten Interessen zugemessen wird.

6.2 Methodik der Auswahl des Bohrplatzes

Auf Basis der geologischen Verhältnisse (vgl. Kap. 6.2.1) wird der Betrachtungsraum für die Sondierbohrungen (Fig. 6.1) unter Berücksichtigung der in Kap. 6.2.2 genannten Zielsetzungen und des Untersuchungszwecks gemäss Art. 35 Abs. 2 lit a KEG ausgeschieden. Die gewählte Grösse des Betrachtungsraums ist ausreichend, um raumplanerisch und umweltrechtlich geeignete Bohrstandorte zu evaluieren. Im Rahmen eines schrittweisen Vorgehens werden eine oder mehrere geeignete Flächen für einen Sondierstandort eingegrenzt und ausgeschieden. In einem letzten Schritt wird die Optimierung der Standortevaluation aufgrund qualitativer und erschliessungstechnischer Kriterien vorgenommen.

Die Informationen zu räumlichen öffentlichen Interessen liegen auf kantonaler Ebene als öffentlich einsehbare Geodaten vor (z.B. Grundwasserschutzzonen auf der sogenannten Gewässerschutzkarte). Zur Durchführung einer Interessenabwägung werden die vorhandenen Geodaten in einem GIS-gestützten Auswahlverfahren verwendet, um auf Basis einer Negativplanung, d.h. durch den schrittweisen Ausschluss von raumplanerisch und umweltrechtlich ungeeigneten Flächen und einer anschliessenden qualitativen Beurteilung der Restflächen, mögliche Bohrplätze einzugrenzen.

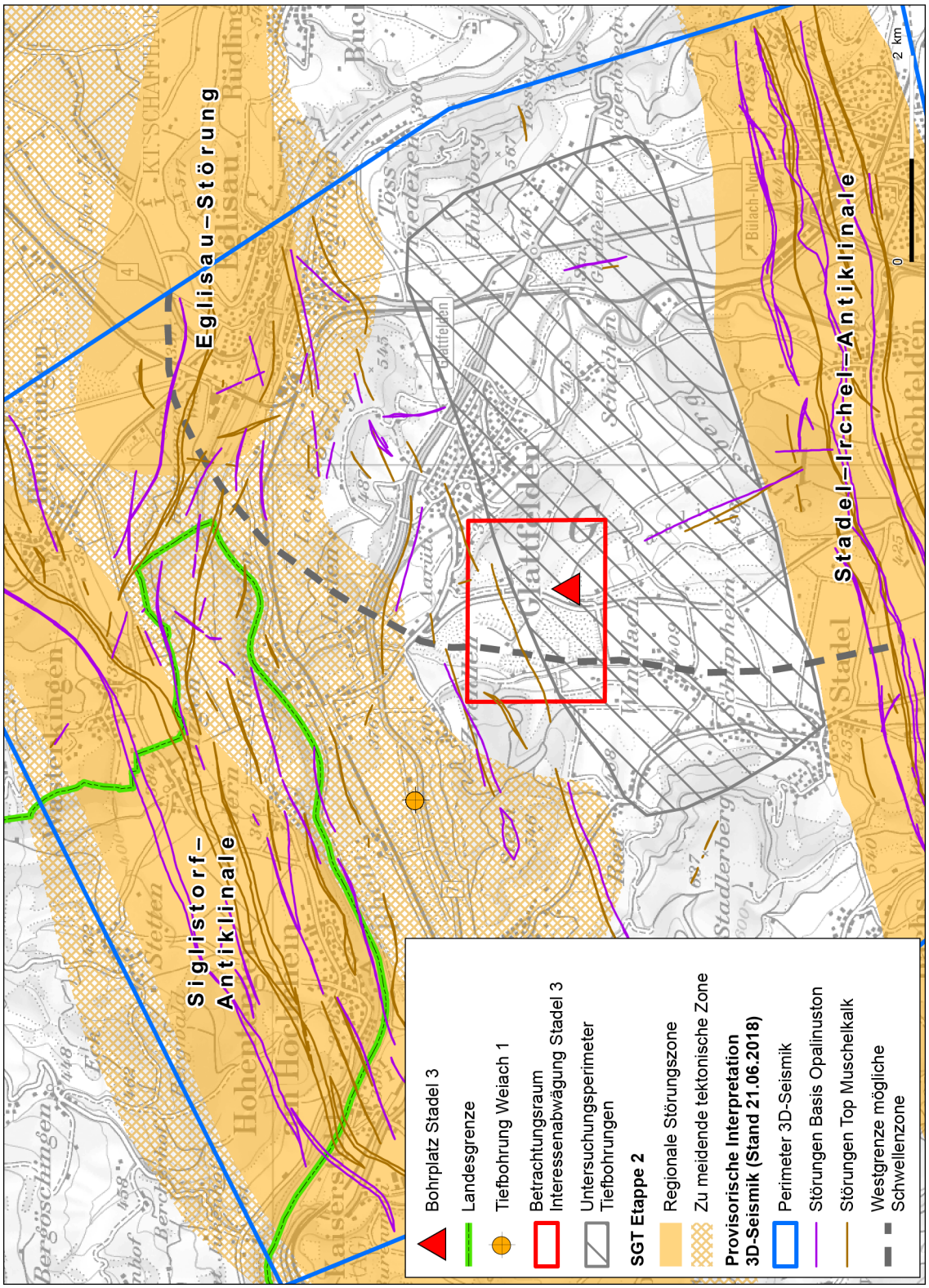


Fig. 6.1: Tektonische Situation und Untersuchungsperimeter Tiefbohrungen im Standortgebiet NL mit dem Bohrplatz Stadel 3 und dem Betrachtungsraum für die Interessenabwägung

Je nach Bedeutung des räumlichen öffentlichen Interesses wird eine Gewichtung der Kriterien vorgenommen. So werden zuerst raumplanerische und umweltrechtliche Voraussetzungen bestimmt, deren Vorliegen ohne Interessenabwägung im Einzelfall zum Ausschluss der Eignung von Bereichen für Bohrstandorte führt. Erst danach werden bautechnische oder qualitative Kriterien hinzugezogen. Dieses Verfahren entspricht einer umfassenden Interessenabwägung im Sinne der RPV und trägt der Bedingung nach Art. 35 Abs. 2 lit. b KEG Rechnung (vgl. Kap. 4.1 und 6.1).

Das konkrete Vorgehen dieses schrittweisen Verfahrens zur Eingrenzung der möglichen Bohrstandorte, inklusive allfälliger Alternativstandorte, wird nachfolgend erläutert.

6.2.1 Geologische Verhältnisse und geeignete Gebiete im Untergrund

Das geologische Standortgebiet NL wird im Norden von der Siglistorf-Antiklinale und der Eglisau-Störung und im Süden von der Stadel-Irchel-Antiklinale begrenzt (Fig. 6.1) und befindet sich gemäss der aktuellen Interpretation von 2D-Seismikdaten vollständig über dem Nordschweizer Permokarbontrog (vgl. Naef & Madritsch 2014; Madritsch et al. 2018). Die regionalen Störungszonen sind nicht Teil des zu charakterisierenden untertägigen Bereichs.

Der mit Hilfe der Sondierbohrungen Stadel 3 zu charakterisierende untertägige Bereich ergibt sich in erster Linie durch die neuen Erkenntnisse aus den provisorischen Interpretationsergebnissen der Nagra 3D-Seismik NL-16 (ENSI 2018). Diese bestätigen die Existenz einer regionalen Flexurzone im Norden des Standortgebiets, welche von der Nagra bereits anhand der Ergebnisse von 2D-Seismikmessungen als zu meidende tektonische Zone eingestuft wurde (Nagra 2014b, Dossier II; Nagra 2014a). Die Auswertung der 3D-Seismikdaten zeigt nunmehr, dass der Einflussbereich dieser Flexurzone und damit verbundene Störungen im mesozoischen Schichtstapel weiter nach Süden reichen, als dies bisher anhand der 2D-Seismik angenommen wurde (vgl. Fig. 6.1). Die entsprechenden, in der 3D-Seismik kartierten Störungen wurden bei der Abgrenzung des Untersuchungsperimeters für die Tiefbohrungen berücksichtigt (Fig. 6.1).

6.2.2 Zielsetzungen der Sondierbohrungen Stadel 3

Der Sondierstandort Stadel 3 liegt im nordöstlichen Bereich des Standortgebiets NL (vgl. Beilage 1). Sondierbohrungen in diesem Gebiet zielen darauf ab, Kenntnisse über diesen nordöstlichen Teil des sich aus den provisorischen Interpretationsergebnissen der 3D-Seismik NL-16 ergebenden Untersuchungsperimeters für Tiefbohrungen zu gewinnen. Der Untersuchungsperimeter für Tiefbohrungen inkludiert zukünftige, anhand der detaillierten Auswertung der 3D-Seismik NL-16 abzugrenzende, potenzielle Lagerzonen. Um das verbleibende untertägige Platzangebot in der potenziellen Lagerzone durch die Sondierbohrungen nicht unnötig einzuschränken, aber trotzdem möglichst repräsentative Erkenntnisse zu gewinnen, wurde ein Bohrplatz im randlichen Bereich des Untersuchungsperimeters für Tiefbohrungen und damit ausserhalb des gemäss der 3D-Seismikinterpretation stärker tektonisch überprägten Bereichs gewählt (vgl. Fig. 6.1). Zudem wurde ein Bohrstandort gesucht, welcher im westlichen Bereich der "Schwellenzone" des 'Braunen Doggers' liegt (vgl. Fig. 6.1; vgl. Meier & Deplazes 2014).

Neben der Analyse von Tiefenlage, Mächtigkeit, Fazies und Eigenschaften von Wirt- und Rahmengesteinen sowie von begrenzenden Tiefenaquiferen sollen mit den Sondierbohrungen vom Standort Stadel 3 aus die Temperatur- und Spannungsverhältnisse bis in den prä-mesozoischen Sockel (Permokarbon) analysiert werden können. Zudem sollen Untersuchungen zu den bautechnischen Verhältnissen in den über dem Opalinuston liegenden Gesteinsschichten möglich sein.

Vom Bohrplatz aus sollen die interessierenden Gesteinseinheiten gegebenenfalls auch mit Schrägbohrungen, d.h. mit Winkeln von bis zu 45° von der Vertikalen, untersucht werden können, um bei Bedarf eine exemplarische Charakterisierung von steilstehenden Störungszonen zu ermöglichen. Es sollen Schrägbohrungen nach WSW, ENE, NNW und SSE möglich sein.

Mit einer Schrägbohrung in nordnordwestlicher Richtung soll im Bedarfsfall der stärker tektonisch überprägte Bereich nordwestlich ausserhalb des "Untersuchungsperimeters Tiefbohrungen" bzw. südöstlich der zu meidenden tektonischen Zone erkundet werden können. Mit einer Schrägbohrung in westsüdwestlicher Richtung soll im Bedarfsfall die Westgrenze der vermuteten "Schwellenzone" erkundet werden können.

6.2.3 Raum- und umweltplanerische Kriterien an der Oberfläche

Nach der räumlichen Eingrenzung des Betrachtungsraums soll der effektive Bohrstandort anhand einschränkender raum- und umweltplanerischer Kriterien an der Oberfläche weiter eingegrenzt werden. Für diesen Prozess wurde ein Vorgehen in sieben Schritten entwickelt, mit dem ein geeigneter Bohrplatz ausgewählt wird, der sowohl den gesetzlichen raumplanerischen und umweltrechtlichen Kriterien als auch den technischen Vorgaben der Nagra entspricht. Die nachteiligen Auswirkungen auf Mensch, Landschaft und Umwelt sollen nach Möglichkeit vermieden bzw. gering gehalten werden.

Schritt 1 – Prüfung des Vorhandenseins von geeigneten Bauzonen

Gemäss Art. 22 Abs. 2 lit. a RPG sollen Bauten und Anlagen dem Zweck der Nutzungszone entsprechen. Für Bauten und Anlagen, welche für die Installation eines Bohrplatzes und die Durchführung von erdwissenschaftlichen Untersuchungen nötig sind, bedeutet dies, dass sie – falls möglich – in den Bauzonen zu platzieren sind. Im Vordergrund stehen hier freie Flächen, z.B. innerhalb von Gewerbe- und Industriezonen bzw. freie Bauflächen. Aus Gründen des Lärm- und Immissionsschutzes werden primär Gewerbe- und Industriezonen bevorzugt. Liegen innerhalb von Gewerbe- und Industriezonen für Standorte konkrete Bauabsichten (z.B. in Form von Gestaltungsplanungen oder Bauprojekten) vor, die mit der Nutzung als Bohrplatz zeitlich kollidieren, wird von diesen Standorten abgesehen. Dies deshalb, weil die Bohrstandorte – aufgrund der beantragten Geltungsdauer für die Bewilligung sowie für den möglichen Zeitraum der Bohrarbeiten – während rund 15 Jahren zur Verfügung stehen müssen.

Standorte für Sondierbohrungen sind dann aus wichtigen und objektiven Gründen in Analogie zu Art. 24 lit. a RPG auf einen Standort ausserhalb von Bauzonen angewiesen, wenn im Bereich des ermittelten Betrachtungsraums innerhalb der Bauzonen kein geeigneter Standort zur Verfügung steht. Einem so ausserhalb der Bauzonen standortgebundenen Bohrplatz dürfen jedoch entsprechend Art. 24 lit. b RPG keine überwiegenden Interessen entgegenstehen. Für die Wahl eines Bohrstandorts ausserhalb der Bauzonen ist eine Interessenabwägung im Rahmen von raumplanerischen und umweltrechtlichen Kriterien von zentraler Bedeutung.

Schritt 2 – Grundsätzlicher Ausschluss von Flächen aufgrund überwiegender raumplanerischer und umweltrechtlicher Interessen

Ausgehend von den Flächen der geologischen Betrachtungsräume wurden Gebiete als mögliche Standorte für einen Bohrplatz ausgeschlossen, die aufgrund raumplanerischer oder umweltrechtlicher Festsetzungen und Vorgaben bereits grundsätzlich ausser Betracht fallen. Es handelt sich hierbei um räumliche Elemente, welche aufgrund ihrer überwiegenden öffentlichen Interessen einen hohen Schutzstatus geniessen. Der hohe Schutzstatus verhindert, dass innerhalb dieser ausgeschiedenen Flächen Bauten und Anlagen in der geplanten Art erstellt werden dürfen, wenn dies nicht aus übergeordneten Gründen unerlässlich ist. Sie werden deswegen in diesem Verfahren als Ausschlusskriterien für die Standortwahl von potenziellen Bohrplätzen verwendet.

Auf den verschiedenen Stufen (Bundesinventar, Richtplan) sind grossflächige Landschaftsschutzelemente ausgeschieden. Das Kriterium Landschaftsschutz wird vorliegend nicht als Ausschlusskriterium sondern als qualitatives Kriterium eingestuft, da die eigentliche Bohrtätigkeit, welche eine gewisse Beeinträchtigung der Landschaft nach sich ziehen kann, zeitlich eng begrenzt ist (in der Regel maximal fünf Jahre).

Folgende Flächen werden bei der Auswahl eines Standorts ausgeschlossen:

- Objekte im Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung (ISOS, gemäss Art. 5 NHG) und im Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz (IVS, gemäss Art. 5 NHG)
- Biotope von nationaler Bedeutung (Art. 18a NHG: Hoch- und Übergangsmoore, Flachmoore, Auengebiete, Amphibienlaichgebiete sowie Trockenwiesen und -weiden)
- Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung (Art. 11 JSG)
- Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung (national)
- Nationalpärke (Art. 23f NHG)
- Waldareale (Art. 2 WaG)
- Grundwasserschutzzonen S1, S2 und S3 (Anhang 4, Art. 222 und 223 GSchV; Wegleitung Grundwasserschutz, BAFU 2004)
- Grundwasserschutzareale (Anhang 4, Art 23 GSchV)
- Oberirdische Gewässer und ihre Gewässerräume (Art. 36a GSchG, Art. 41c ff GSchV und § 15 ff HWSchV ZH)

Die aus Schritt 2 übrig gebliebenen Flächen werden in Schritt 3 weiter geprüft.

Schritt 3 – Ausschluss von Gebieten aufgrund kantonaler Vorgaben

Im Schritt 3 werden Flächen ausgeschlossen, welche durch kantonale Vorgaben geschützt sind. Kantonale Bewilligungen sind im Sinne des Konzentrationsprinzips nicht erforderlich, es gilt jedoch, das kantonale Recht zu berücksichtigen. Dies betrifft folgende Flächen:

- Flächen, die gemäss § 203 PBG ZH als Objekte des Naturschutzes, des Denkmalschutzes oder des Ortsbildschutzes inventarisiert sind (Natur- und Landschaftsschutzinventar (1980), nicht aber Objekte des Landschaftsschutzes, vgl. Schritt 2 sowie archäologische Zonen, vgl. Schritt 7)
- Kantonal ausgeschiedene Wildtierkorridore (vgl. § 23 lit. d PBG ZH, Art. 18 Abs. 1 NHG, Art. 1 Abs. 1 lit. a JSG)

Schritt 4 – Ausschluss von Gebieten aufgrund bautechnischer Vorgaben

Mindestgrösse

Ein Bohrplatz inklusive Installationsflächen muss eine Mindestgrösse von ca. 5'000 m^2 aufweisen, damit sowohl für die Installation des Bohrgeräts mit den entsprechenden notwendigen Aggregaten und Stellflächen für Container und Mulden als auch für Depotflächen (Aushub- und Humusdepots) genügend Platz vorhanden ist. Flächen, welche kleiner als die genannte Mindestgrösse sind, scheiden als potenzielle Bohrplätze aus. Dieses Kriterium wird in jedem der folgenden Schritte erneut angewandt, so dass Restflächen, die aufgrund ungenügender Grösse für einen Bohrplatz nicht in Frage kommen, systematisch eliminiert werden.

Hangneigung

Die Fläche des Bohrplatzes für das Errichten der Installationen sollte möglichst eben sein. Die Erstellung eines Bohrplatzes an Hängen mit einer Neigung > 15 % würde grossflächige Terrainveränderungen und erhebliche bauliche Massnahmen sowohl für den Bohrplatz als auch gegebenenfalls für die Strassenerschliessung mit sich bringen. Derartigen Bereichen fehlt folglich die notwendige Eignung.

Schritt 5 – Ausschluss von Gebieten aufgrund betrieblicher Vorgaben

Naturgefahren

Bohrplätze in Gefahrenzonen mit mittlerer bis erheblicher Gefährdung (blau und rot bezeichnete Flächen der kantonalen Gefahrenkarte) stellen ein erhebliches Sicherheitsrisiko für das anwesende Bau-, Bohr- und Forschungspersonal dar, welches unverhältnismässige Objektschutzmassnahmen (z.B. Hangsicherungsmassnahmen bei Rutschgefahr, Dammschüttungen bei Hochwassergefahr) nach sich ziehen würde. Für die anschliessende LZB-Phase werden zudem sensible Messsensoren installiert, welche durch allfällige Bodenbewegungen oder Überschwemmungen gefährdet bzw. zerstört werden könnten. Aus diesen Gründen gelten Gefahrenzonen mit mittlerer bis erheblicher Gefährdung als weitere Ausschlusskriterien.

Überregionale Versorgungsleitungen

Überregionale Versorgungsleitungen wie Hochspannungs- und Gasleitungen sind standortgebundene Anlagen, welche von hohem öffentlichem Interesse und raumplanerisch festgesetzt sind (Richtplan). Wären sie durch einen Bohrplatz tangiert, müssten sie vorgängig umgelegt werden, was unter Umständen komplexe und langwierige Planungen und Bewilligungsverfahren zur Folge hätte. Aus diesem Grund ist bei der Standortwahl eines Bohrplatzes genügend Abstand einzuhalten, so dass die Bohrinstallationen keine nachteiligen Auswirkungen auf die Anlagen haben. Gemäss Art. 13 Abs. 1 der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) müssen zudem die Immissionsgrenzwerte von Elektroleitungen überall eingehalten werden, wo sich Menschen permanent aufhalten können. Zum Schutz des Bau-, Bohr- und wissenschaftlichen Personals vor dem um Frei- und Kabelleitungen entstehenden Magnetfeld (> 1 μT) ist deshalb ein ausreichender Abstand zu den jeweiligen Leitungen einzuhalten.

Für Elektroleitungen (Frei- und Kabelleitungen) sind folgende Minimalabstände einzuhalten[6]:

- Höchstspannungsleitungen (220 - 380 kV): 50 m
- Hochspannungsleitungen (110 - 150 kV): 20 m
- Mittelspannungsleitungen (10 - 16 kV): 10 m
- Kabelleitungen (bis 110 kV): 6 m

Ausserdem gelten die Richtlinien für den Einsatz von Kranen und Baumaschinen im Bereich elektrischer Freileitungen (SUVA 2011) und die darin erwähnten Vorschriften sinngemäss.

Aus betrieblicher und bautechnischer Sicherheit ist es gemäss Art. 12 Abs. 1 Verordnung über Sicherheitsvorschriften für Rohrleitungsanlagen (RLSV) erforderlich, einen Sicherheitsabstand von mindestens 10 m zu Gasleitungen mit einem Druck von bis zu 2.5 MPa nicht zu unterschreiten.

Sollten Fernwärmeleitungen, Telefon- und Glasfaserleitungen oder Trinkwasserleitungen im Bereich eines möglichen Bohrplatzes liegen, so würden diese bei der Einrichtung des Bohrplatzes verlegt werden. Somit sind sie für die Eingrenzung der möglichen Bohrplätze nicht relevant.

Hauptverkehrsachsen

Bauten und Anlagen dürfen nur dann innerhalb der Baulinien und Projektierungszonen von Hauptverkehrsachsen wie Nationalstrassen, Eisenbahnanlagen und Kantonsstrassen gebaut werden, wenn sie ganz oder überwiegend dem Betrieb der Verkehrsflächen dienen (vgl. Art. 23 NSG, Art. 18m EBG, § 265 PBG ZH). Bohrplätze dienen weder ganz noch überwiegend dem Bahn- bzw. Strassenbetrieb, weshalb sie ausserhalb der festgelegten Baulinien und Projektierungszonen zu platzieren sind.

Folgende beidseitigen, minimalen Abstände sind von den jeweiligen Verkehrsflächen einzuhalten:

- Kantons- und Gemeindestrassen: 6 m
- Nationalstrassen: 10 m
- Eisenbahnanlagen/Fahrleitung: In Abhängigkeit der Installation und der Höhe des Bohrgeräts (VÖV 2012)

Immissionsschutz – Lärm und Licht

Während der Betriebsphase ist am gewählten Bohrplatz mit einer mässigen Lärmbelastung der Umgebung zu rechnen. Gemäss Art. 41 LSV ist innerhalb von Wohnzonen (in der Regel Empfindlichkeitsstufe II, Gebäude mit lärmempfindlichen Räumen) kein störender Betrieb zulässig, weshalb ein Bohrplatz mit 24-h-Betrieb nicht in Wohnzonen platziert werden kann. Der Bohrplatz gilt gemäss der LSV als neue Anlage, weswegen die Planungswerte eingehalten werden müssen. Anhang 6 LSV sieht vor, dass die Planungswerte innerhalb dieser Empfindlichkeitsstufe II tagsüber nicht über 55 dB (A) liegen und insbesondere nachts 45 dB (A) nicht überschreiten.

Gemäss der Baulärm-Richtlinie des BAFU, Ziff. 2.2 (BAFU 2011) kann davon ausgegangen werden, dass der Abstand einer Baustelle mit lärmintensiven Arbeiten zu den nächstgelegenen Räumen mit lärmempfindlicher Nutzung (z.B. Wohnen) mindestens 600 m betragen muss, damit

[6] Abstand zur Einhaltung des Anlagegrenzwerts von 1 µT gemäss BAFU (2005).

keinerlei Lärmschutzmassnahmen getroffen werden müssen. Beträgt der Abstand zwischen 600 und 300 m, so ist davon auszugehen, dass während den gängigen Arbeitszeiten (wochentags 7:00 - 12:00 Uhr und 13:00 - 19:00 Uhr) keine Lärmschutzmassnahmen notwendig sind. Beträgt der Abstand weniger als 300 m oder wird auch ausserhalb dieser Zeiten gearbeitet, sind spezifische Lärmschutzmassnahmen nötig.

Um störende Lärmimmissionen zu Wohnzonen (geschlossene Wohnbebauung) von vornherein zu minimieren bzw. zu vermeiden, wird für die Auswahl des Bohrplatzes eine 300 m-Pufferzone um Wohngebiete ausgeschieden, so dass nur ausserhalb von üblichen Arbeitszeiten gegebenenfalls technische Lärmschutzmassnahmen (z.B. Emissionsreduktion am Bohrgerät) getroffen werden müssen. Ist ein Minimalabstand von 300 m zum nächsten Wohngebiet nicht möglich, müssen zusätzliche bauliche Lärmschutzmassnahmen (vgl. Kap. 6.5.2) getroffen werden.

Ein 24-h-Bohrbetrieb erfordert in der Dämmerung und nachts eine Beleuchtung des Bohrplatzes, was zu Lichtimmissionen führen kann. (vgl. Kap. 5.11). Durch den 300 m-Puffer um Wohnzonen ist der Schutz vor Lichtimmissionen für die betroffene Wohnbevölkerung in der Regel gewährleistet. Die Ausleuchtung des Bohrplatzes wird in Kap. 5.11 erläutert, durch einen zielgerichteten Einsatz der Scheinwerfer wird lediglich der notwendige Arbeitsbereich optimal ausgeleuchtet und Streulicht vermieden, so dass schädliche Auswirkungen auf die nachtaktive Fauna auf ein Mindestmass reduziert werden.

Schritt 6 – Evaluation von Sonderflächen

Zusätzlich zu den raumplanerischen, den bautechnischen und den betrieblichen Ausschlusskriterien (Schritte 1 bis 5), gibt es Standorteigenschaften oder Nutzungen, welche das Erstellen eines Bohrplatzes erschweren. Zudem können aktuelle Landnutzungen durch das Errichten eines Bohrplatzes wesentlich eingeschränkt oder gar verunmöglicht werden. Aus diesem Grund sind die nachstehenden Flächen für Bohrplätze zu meiden:

- **Ablagerungs-, Betriebs- und Unfallstandorte im Sinne der Altlastenverordnung (AltlV)** gilt es aus technischer und finanzieller Sicht und aus Gründen der Arbeitssicherheit zu meiden. Das Erstellen eines Bohrplatzes auf einem belasteten Standort erfordert eine vorgängige Untersuchung und gegebenenfalls eine Sanierung (Art. 3 AltlV).
- Bohrplätze im Bereich von **Flächen mit Spezialkulturen** (Obstgärten, Rebberge, Familiengärten) könnten eine langfristige Beeinträchtigung der Flächen bzw. der Bepflanzungen nach sich ziehen und werden bei der Auswahl ausgeschieden.
- **Freizeit- und Sportflächen** (z.B. Golfplätze, Sportanlagen) würden durch das Erstellen eines Bohrplatzes in ihrer Nutzung wesentlich eingeschränkt. Sie sind zudem in der Regel von Bedeutung für die Öffentlichkeit.

Die Restflächen, welche nach der Eingrenzung durch die Schritte 1 bis 6 übrigbleiben, werden anschliessend anhand qualitativer Kriterien verglichen und auf ihre Eignung als mögliche Standorte für einen Bohrplatz geprüft.

Schritt 7 – Optimierung der Standortevaluation

Die weiteren Kriterien für die Optimierung der Standortevaluation beruhen auf gesetzlichen Vorgaben (z.B. FFF, Landschaftsschutz etc.) und praktischen Überlegungen. Sie stellen indessen keine Ausschlussgründe dar, namentlich weil die Flächenbeanspruchung eine temporäre ist. Vielmehr geht es darum, die Standortwahl nach Abzug der Ausschlussgebiete zu optimieren (vgl. Kap. 6.3.7).

Folgende qualitativen Kriterien (ohne Rangfolge) werden grundsätzlich bei der Abwägung der hier möglichen Flächen für Sondierstandorte einbezogen:

- Sind Transportwege / Zufahrten zu den potenziellen Bohrplätzen vorhanden?
- Ist eine Erschliessung des potenziellen Bohrplatzes mit Wasser / Abwasser und Strom vorhanden?
- Falls der potenzielle Bohrplatz mit Strassen und Werkleitungen erschlossen ist, reichen deren Dimensionierungen aus oder sind für die Bau- und Betriebsphase Anpassungen nötig (z.B. Ausbau der Zufahrtsstrassen auf min. 4 m Breite)?
- Tangiert der potenzielle Bohrplatz eine national / kantonal geschützte Landschaft bzw. Landschaftsschutzobjekte (gemäss Art. 20 PäV sowie Art. 5 und 6 NHG)?
- Tangiert der potenzielle Bohrplatz eine Zone mit Materialabbau / -gewinnung (Kiesgruben, Steinbrüche)? Benachteiligt dies die Standortwahl oder gibt es mögliche Synergien?
- Tangiert der potenzielle Bohrplatz eine hochwertige FFF (Nutzungseignungsklassen 1 - 5)?
- Bestehen besondere Grundwasserverhältnisse?
- Sind potenzielle Standorte von Naturgefahren (gelbe und gelb/weisse Flächen, geringe Gefährdung bis Restgefährdung) betroffen? Kann die Arbeitssicherheit durch einfache Objektschutzmassnahmen gewährleistet werden?
- Liegt der Bohrplatz innerhalb einer archäologischen Zone? Archäologische Funde können zu einem Baustopp und wesentlichen baulichen Verzögerungen führen.

Im Rahmen der Einzelfallprüfung werden die übrig gebliebenen Flächen anhand der qualitativen Kriterien bewertet und mit dem ausgewählten Bohrplatz verglichen. Anhand dieser Kriterien und im Vergleich ist aufzuzeigen, dass der gewählte Bohrplatz Vorteile gegenüber Bohrplätzen in den Vergleichsräumen aufweist.

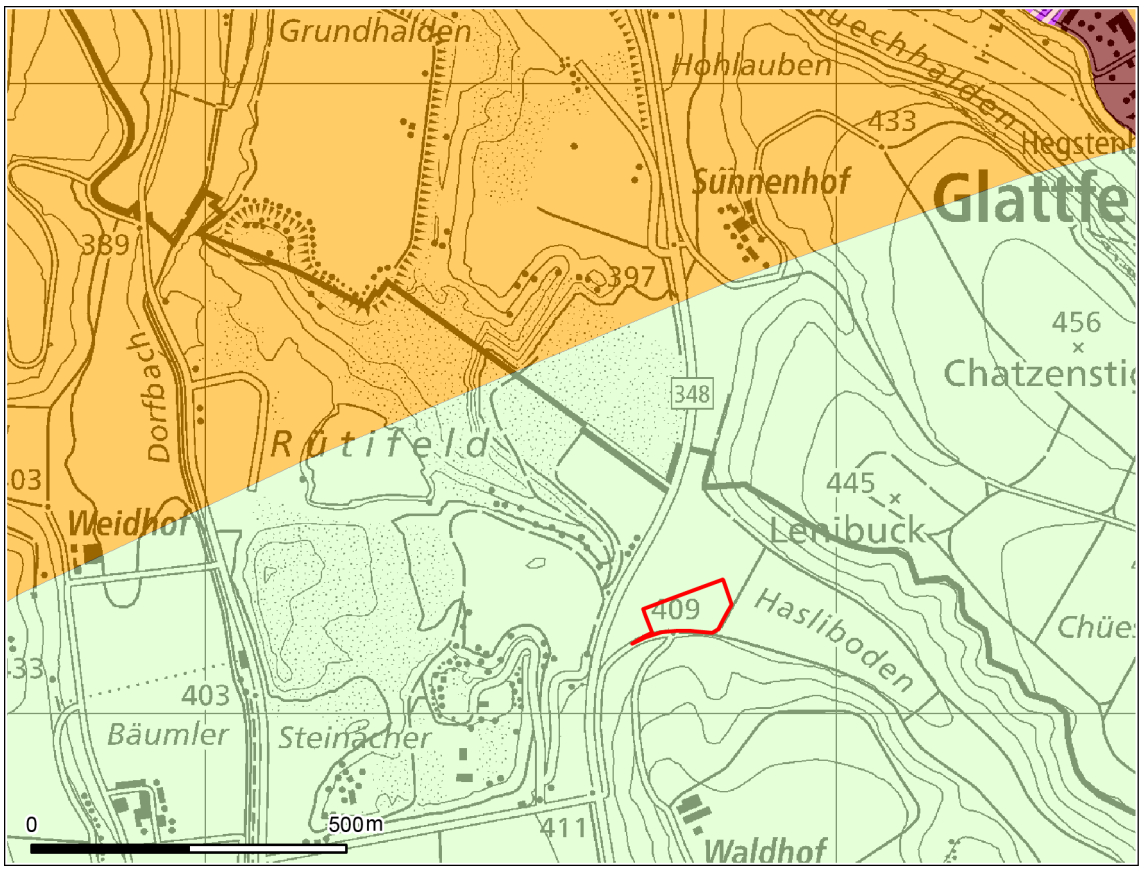
6.3 Eingrenzung und Auswahl des Bohrplatzes

Anhand der oben beschriebenen Methodik mit den einzelnen Schritten zur Eingrenzung eines potenziellen Bohrplatzes wird im Folgenden mit Hilfe des bereits erwähnten GIS-gestützten Verfahrens eine Auswahl vorgenommen. Die resultierenden räumlichen Einschränkungen werden jeweils graphisch dargestellt und im Anschluss erläutert.

Der Betrachtungsraum für die Interessenabwägung wurde gemäss den geologischen Untersuchungszielen (vgl. Kapitel 3.1 und 3.2) gewählt. Es gilt zu beachten, dass die stärker tektonisch überprägten Bereiche nordwestlich ausserhalb des "Untersuchungsperimeters Tiefbohrungen" für Bohrstandorte a priori ausscheiden (vgl. Fig. 6.1). Zudem soll gemäss Zielsetzung der Sondierbohrungen Stadel 3 der weitgehend ungestörte Bereich des Deckgebirges innerhalb des genannten Untersuchungsperimeters für Tiefbohrungen aufgeschlossen werden (vgl. Kap. 6.2.1 und 6.2.2).

6.3.1 Schritt 1 – Bauzonen

Im Betrachtungsraum der Sondierbohrungen Stadel 3 sind nur innerhalb der Ortschaft Glattfelden Bauzonen vorhanden (vgl. Fig. 6.2). Diese Bauzonen, welche gemäss der Bau- und Zonenordnung (BZO; Gemeinde Glattfelden 2011) als Zonen für öffentliche Bauten resp. als Wohn- und Gewerbezonen ausgeschieden wurden, befinden sich in der Nordostecke und gleichzeitig vollständig ausserhalb des Untersuchungsperimeters für Tiefbohrungen. Die Anordnung eines Bohrplatzes innerhalb einer Bauzone ist somit nicht möglich.



Bohrstandort

Bohrplatz

Gebiete ausserhalb Untersuchungsperimeter TBO

Betrachtungsraum Interessenabwägung

Restfläche

Kriterien Schritt 1

Bauzonen

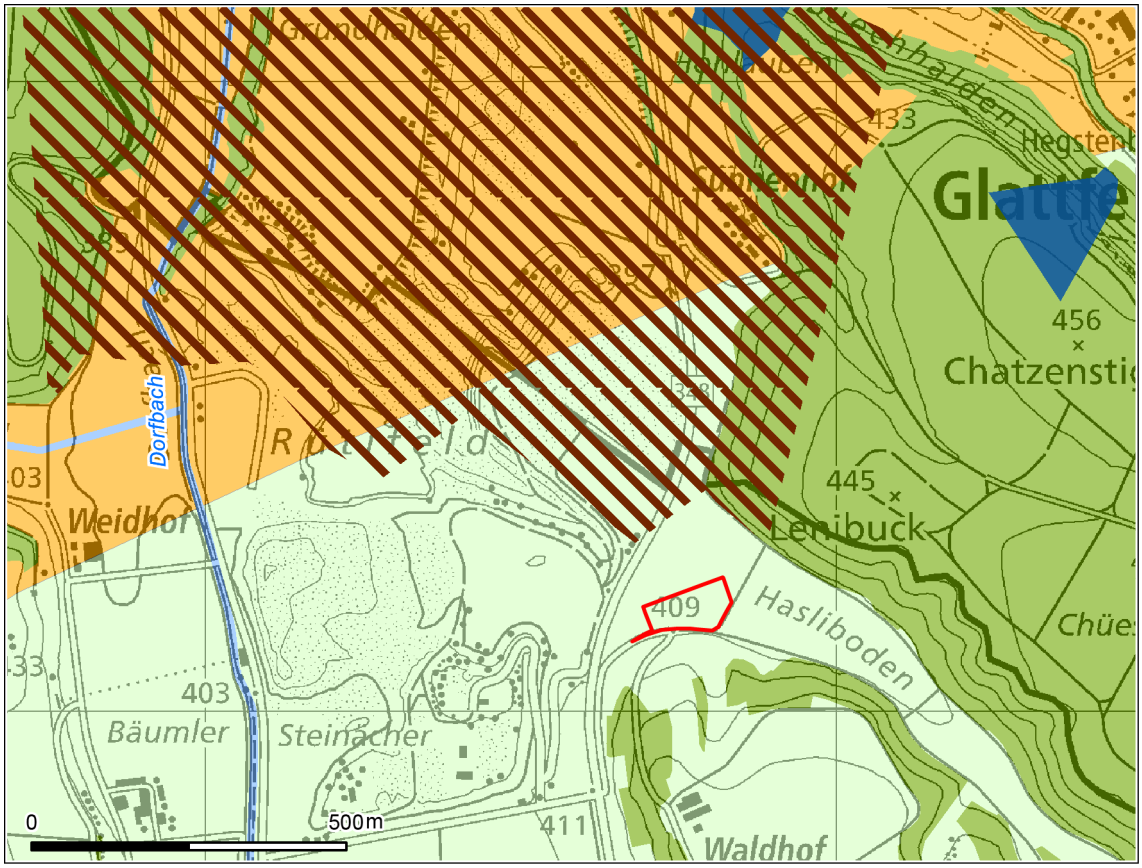
Zone für öffentliche Bauten

Wohn-/Gewerbezone

Fig. 6.2: Darstellung von Bauzonen

6.3.2 Schritt 2 – Raum- und umweltplanerische Kriterien

Im Betrachtungsraum der Sondierbohrungen Stadel 3 ist besonders der als national bedeutend eingestufte Wildtierkorridor ZH 8 Neerach (vgl. Fig 6.3 und 6.15) zu berücksichtigen. Ein weiteres Ausschlusskriterium bilden die Waldflächen entlang des NW – SE verlaufenden Hügelzugs "Chatzenstig". Die vorhandenen Grundwasserschutzzonen liegen allesamt innerhalb von Waldflächen und schränken die Standortwahl somit nicht weiter ein. Im Westen des Betrachtungsraums fliesst der Dorfbach von Süden nach Norden. Das Fliessgewässer inkl. des gesetzlich ausgeschiedenen Gewässerraums wird für die Standortwahl ausgeschlossen.



Bohrstandort
- Bohrplatz
- Gebiete ausserhalb Untersuchungsperimeter TBO

Betrachtungsraum Interessenabwägung
- Restfläche

Kriterien Schritt 2
- Waldfläche
- Wildtierkorridor von nationaler Bedeutung (BAFU)
- Gewässerraum
- Grundwasserschutzzonen S1, S2, S3
- Grundwasserschutzareal

Fig. 6.3: Darstellung der raumplanerischen und umweltrechtlichen Kriterien

Sämtliche Ausschlusskriterien von Schritt 2 werden in der nachfolgenden Fig. 6.4 (Schritt 3) als "ausgeschiedene Fläche" zusammengefasst und mit einer Fläche in schwarz-weissem Karo-Muster dargestellt. Alle Flächen, welche aufgrund von nachfolgenden Ausschlusskriterien wegfallen, werden jeweils dazu addiert.

6.3.3 Schritt 3 – Überprüfung kantonaler Vorgaben

Im Südosten des Betrachtungsraums für die Interessenabwägung befindet sich der Waldstandort von naturkundlicher Bedeutung (WNB) "Glattfeldenrain", welcher jedoch innerhalb der bereits ausgeschiedenen Waldfläche (vgl. Fig. 6.3) liegt. Die Bohrplatzsuche wird durch das Naturschutzobjekt nicht weiter eingeschränkt. Das überregionale Schutzgebiet Kiesgrube "Büel / Mittlerer Boden / Rütifeld" im Norden des Betrachtungsraums befindet sich ausserhalb des Untersuchungsperimeters für Tiefbohrungen und schränkt die Standortwahl deshalb nicht ein.

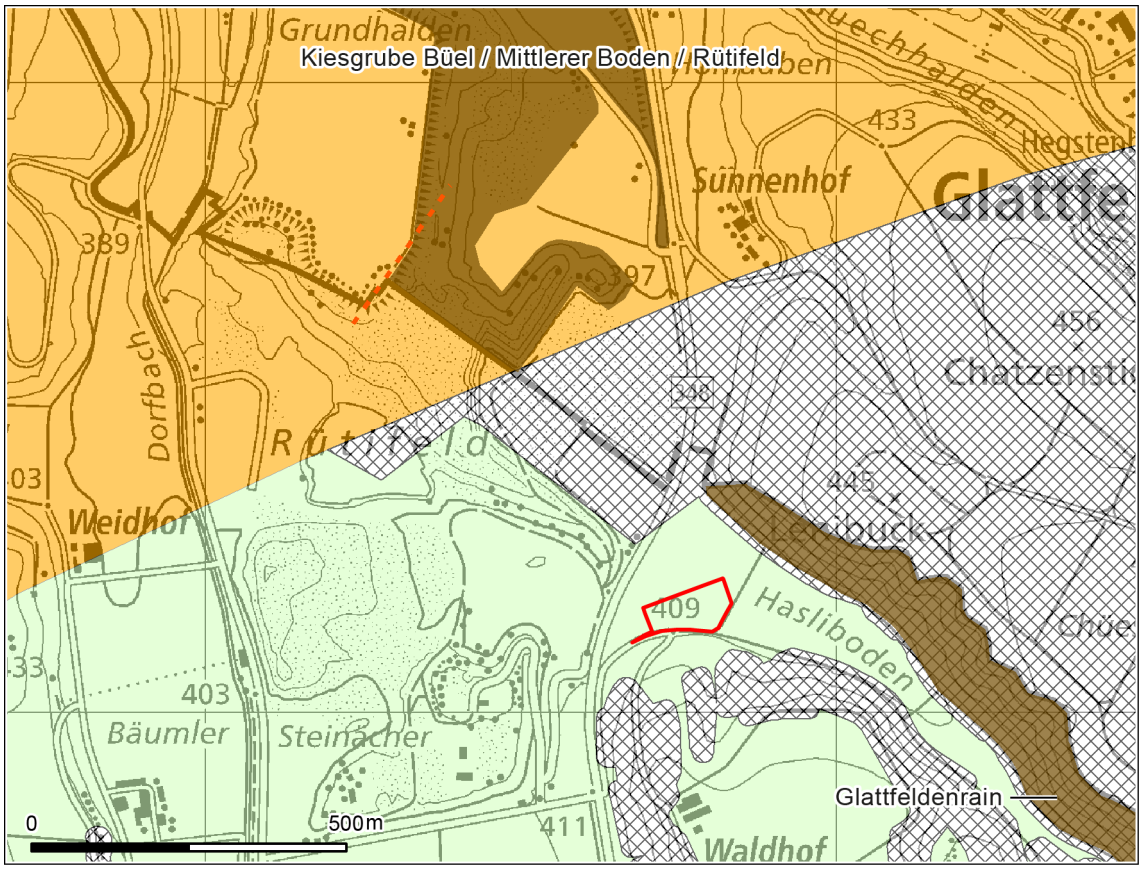


Fig. 6.4: Darstellung der kantonalen Schutzgebiete

Der im Betrachtungsraum aufgeführte, regionale historische Verkehrsweg verläuft ebenfalls ausserhalb des Untersuchungsperimeters für Tiefbohrungen und wirkt deshalb für die Standortwahl von Bohrplätzen nicht einschränkend.

6.3.4 Schritt 4 – Bautechnische Vorgaben

Die abfallenden, meist bewaldeten Hänge der Hügel "Chatzenstig" und "Hasli" weisen eine Hangneigung von > 15 % auf (vgl. Fig. 6.5). Da sowohl der Bohrplatz als auch die Zufahrtsstrassen aus bautechnischen Gründen möglichst eben gelegen sein sollten, würden Flächen in steilem Gelände eine entsprechend grosse Geländeanpassung in Verbindung mit einem grossen Flächenbedarf nach sich ziehen. Dies ist nicht im Sinne der Schonung der Landschaft gemäss Art. 3 Abs. 2 RPG. Folglich scheiden die überwiegend bewaldeten Hänge der genannten Hügel als mögliche Bohrplatzstandorte aus.

Kleinere Restflächen werden auf die benötigte Mindestgrösse für einen Bohrplatz von minimal 5'000 m^2 geprüft und bei Nichterreichen ausgeschieden (vgl. Fig. 6.5).

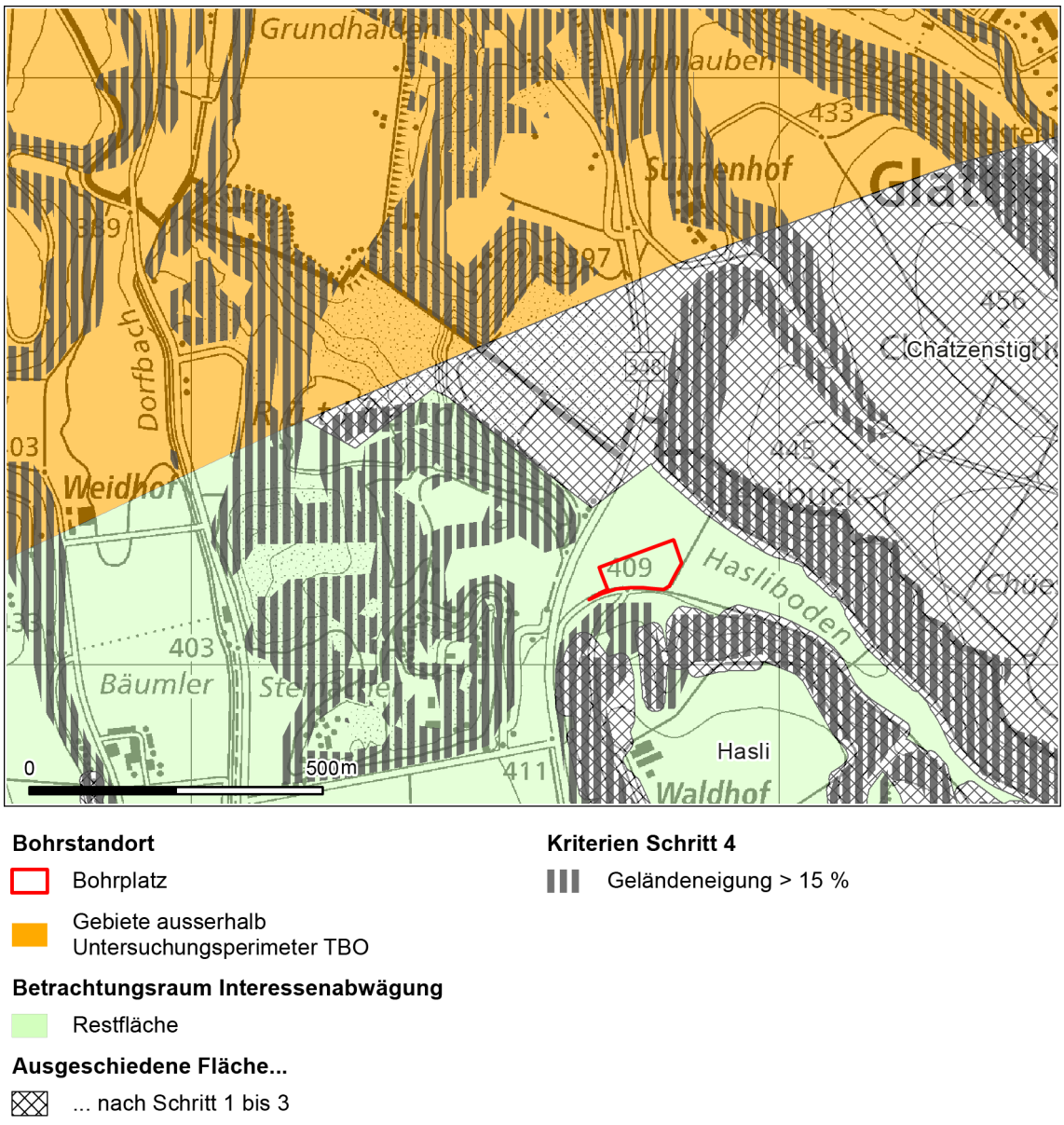
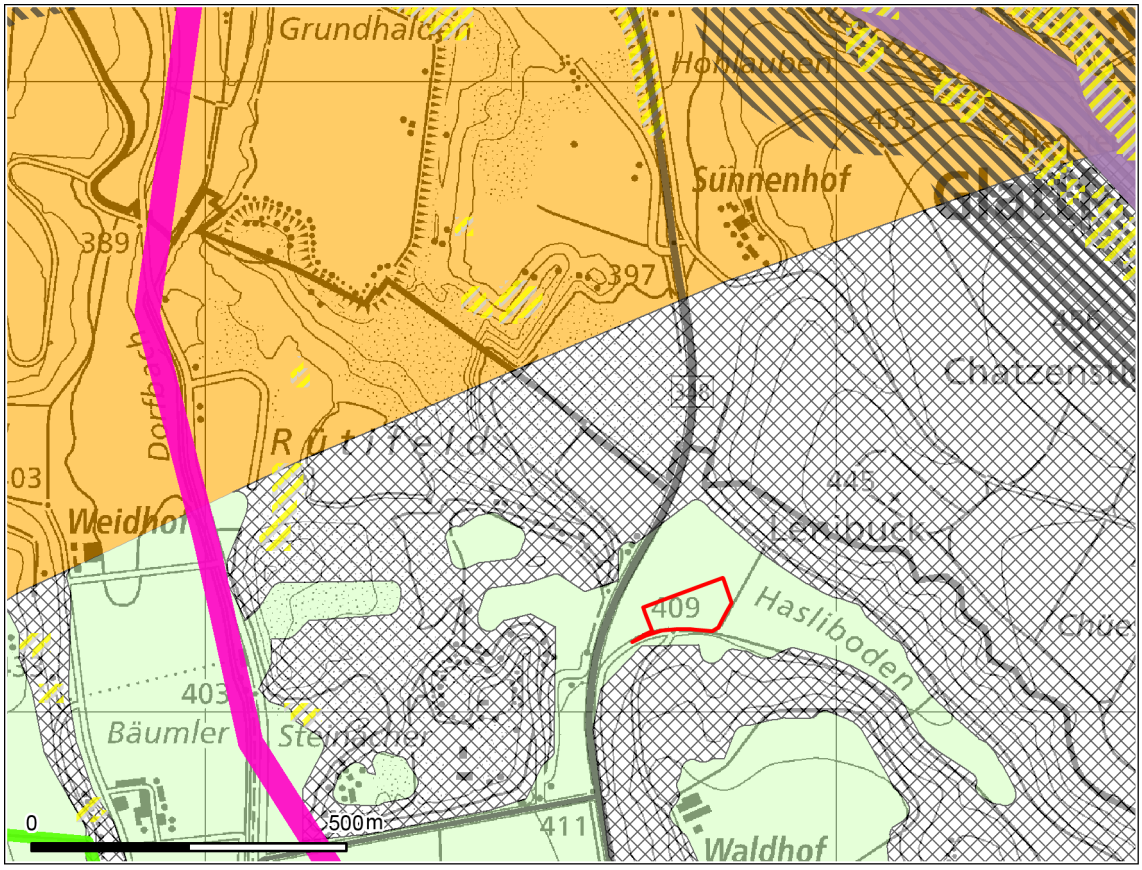


Fig. 6.5: Darstellung der bautechnischen Vorgaben

6.3.5 Schritt 5 – Betriebliche Vorgaben

Anforderungen an betriebliche Vorgaben enthalten vor allem Abstände zu Wohngebieten aufgrund von Lärmschutzüberlegungen, Sicherheitsabstände um verschiedene Leitungen (Frei- und Kabelleitungen, Gasleitungen, Verkehrsinfrastruktur) sowie eine genaue Betrachtung allfälliger Naturgefahren, die den Betrieb auf einem möglichen Bohrplatz gefährden könnten.

Der Lärmschutzpuffer von 300 m, welcher um die Bauzonen der Ortschaft Glattfelden gelegt wird, schränkt die Standortwahl für Bohrplätze nicht weiter ein (vgl. Fig. 6.6).



Bohrstandort
- Bohrplatz
- Gebiete ausserhalb Untersuchungsperimeter TBO

Betrachtungsraum Interessenabwägung
- Restfläche

Ausgeschiedene Fläche...
- ... nach Schritt 1 bis 4

Kriterien Schritt 5
- Hauptverkehrsnetz
- 300 m Puffer um Wohnzonen
- Naturgefahren (synoptisch)
- Freileitung (110 kV)
- Freileitung (220 kV)
- Gasleitung

Fig. 6.6: Darstellung der betrieblichenVorgaben

Eine 110 kV-Freileitung verläuft von Norden nach Süden durch den Betrachtungsraum. Ausserdem ist in der Südostecke des Betrachtungsraums eine Gasleitung (Strecken-Nr. 92 Remigen-Glattfelden, Nennweite (DN) 28, Betriebsdruck 70 bar) vorhanden. Die Versorgungstrassen, inklusive deren Sicherheitspuffer sowie die Flächen des Hauptverkehrsnetzes (Strassen / Eisenbahn) stehen als mögliche Bohrplätze nicht zur Verfügung.

Das Landwirtschaftsgebiet im Betrachtungsraum befindet sich ausserhalb des kartierten Naturgefahrenbereichs. Die synoptische Gefahrenkarte weist nur kleinräumig Gefahrengebiete aus, welche jedoch allesamt innerhalb von bereits ausgeschiedenen Flächen liegen (vgl. Fig. 6.6). Somit schränken die Naturgefahren die Standortwahl für einen Bohrplatz nicht weiter ein.

6.3.6 Schritt 6 – Evaluation von Sonderflächen

Die Prüfung auf belastete Standorte, Spezialkulturen sowie Freizeit- und Sportanlagen ergab im südwestlichen Teil des Betrachtungsraums grossflächige Einschränkungen (vgl. Fig. 6.7) durch die Ablagerungsstandorte "Kiesgrube Steinäcker" (Standort-Nr. 0100/D.0001) und "Kiesgrube Rütifeld-Dürrenhag" (Standort-Nr. 0100/D.0002). Die wiederaufgefüllten Kiesgruben wurden gemäss dem Kataster der belasteten Standorte (KbS) mit Aushubmaterial verfüllt, welches teilweise mit mineralischen und nichtmineralischen Fremdstoffen durchsetzt ist. Die Flächen werden als "nicht untersuchungsbedürftig" beurteilt. Einzig der im Nordwesten vorhandene Ablagerungsstandort "Kiesgrube Breitächer" (Standort-Nr. 0100/D.0004) wird als belastet klassiert, jedoch als "weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig" eingestuft. Im Südwesten ist schliesslich ein belasteter und sanierungsbedürftiger Betriebsstandort ("Schiessanlage Windlach", Standort-Nr. 0100/I.0001) vorhanden. Dieser befindet sich jedoch innerhalb der bereits ausgeschiedenen Fläche und schränkt die Standortwahl nicht weiter ein.

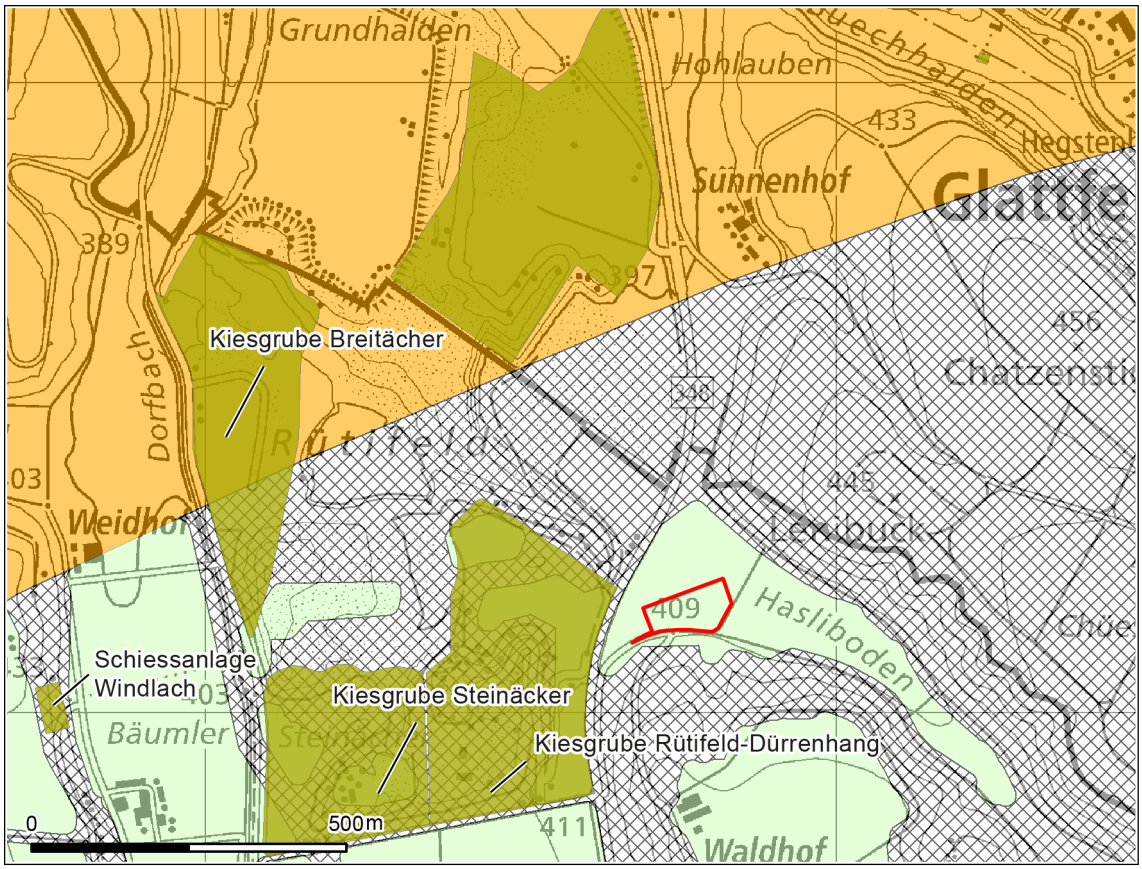


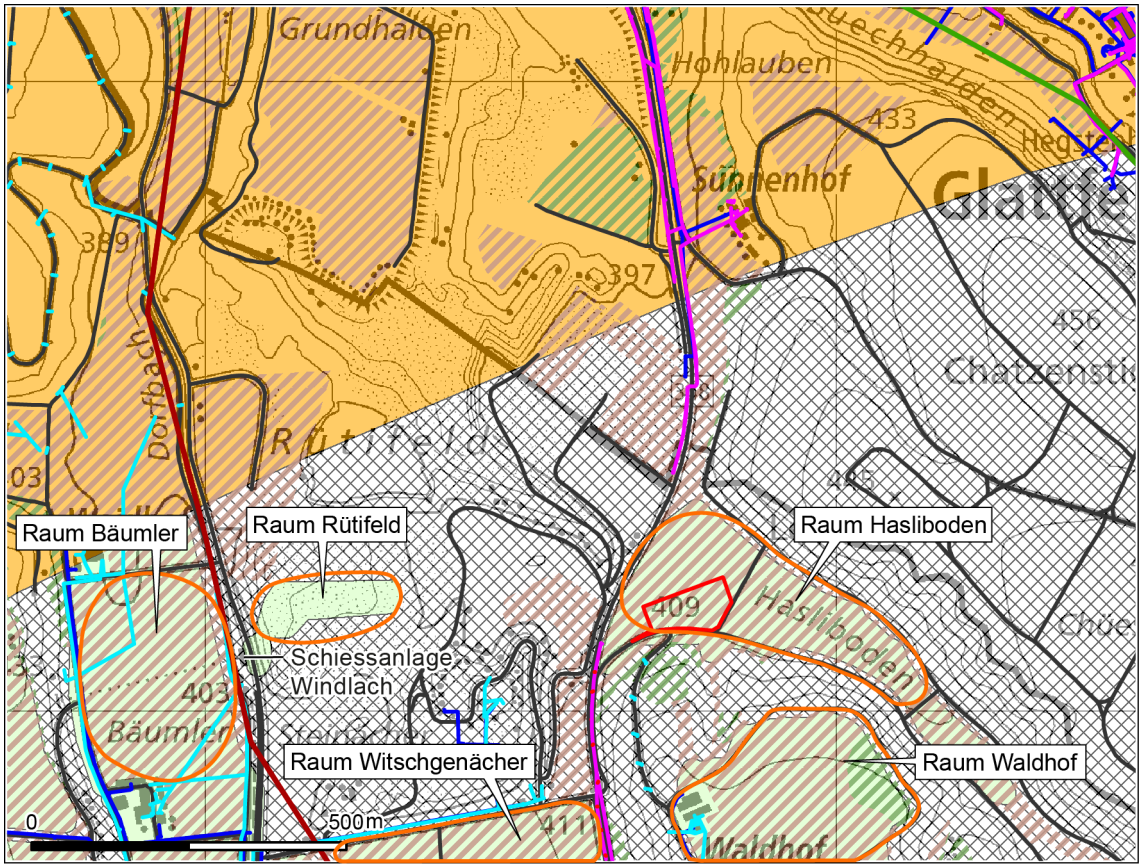
Fig. 6.7: Darstellung der Sonderflächen

6.3.7 Schritt 7 – Qualitative Beurteilung der Restflächen

Nach dem GIS-Daten-Verschnitt bleiben einige grössere Restflächen übrig (vgl. Fig. 6.8), welche allesamt entlang von Verkehrsachsen gelegen und entsprechend verkehrs- und infrastruktur-technisch gut erschlossen sind. Bei den meisten Restflächen handelt es sich um grössere, zusammenhängende Landwirtschaftsflächen, welche meist als FFF klassiert sind.

Die Restfläche innerhalb des Raums "Rütifeld" eignet sich nicht, da die Fläche innerhalb des Abbauperimeters liegt und die Wiederauffüllung in dem Bereich noch im Gange ist. Dasselbe gilt für den Raum "Witschgenächer", welcher gemäss dem Gesamtkonzept Windlacherfeld (Kt. Zürich 2014) sowie entsprechend dem Richtplan des Kantons Zürich (Kt. Zürich 2015) innerhalb des Kiesabbau-Perimeters liegt, welcher in naher Zukunft ausgeschöpft werden wird. Somit stehen beide Restflächen aus betrieblichen Gründen nicht zur Verfügung.

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche "Bäumler" sowie eine in Fig. 6.8 nicht bezeichnete Restfläche im Südwesten davon liegen östlich der Westgrenze der möglichen "Schwellenzone" (vgl. Fig. 6.1) und entsprechen den geologischen Untersuchungszielen somit nicht. Die zwei Restflächen werden aus dem Grund nicht mehr weiter beachtet. Die Restfläche "Waldhof" eignet sich aus Lärmschutzüberlegungen einzig im nordöstlichen Bereich, da nur dort ein maximaler Abstand zum gleichnamigen Landwirtschaftsbetrieb eingehalten werden kann. Allerdings ist die Strassenerschliessung in diesem Bereich ungenügend und müsste für die Bohrbelange ausgebaut werden.



Bohrstandort

- Bohrplatz
- Gebiete ausserhalb Untersuchungsperimeter TBO

Betrachtungsraum Interessenabwägung

- Restfläche

Ausgeschiedene Fläche...

- ... nach Schritt 1 bis 6

Kriterien Schritt 7 (Einzelfallprüfung)

- Strasse ≥ 4 m
- Wasser
- Abwasser (Regenabwasser)
- Abwasser (Mischwasser)
- Trassenabschnitt Swissgrid (220 kV)
- Stromversorgung (Freileitung)
- Fruchtfolgefläche
- Fruchtfolgefläche (bedingt)

Fig. 6.8: Darstellung einzelner qualitativer Kriterien der Standortbeurteilung

Nach dieser Vorausscheidung bleiben zwei Räume übrig: "Hasliboden" und "Waldhof". Die übriggebliebenen Räume werden im Folgenden nach weiteren, qualitativen raumplanerischen und umweltrechtlichen Kriterien auf ihre Eignung hin verglichen. Die Kriterien und deren Wertung sind einander tabellarisch gegenübergestellt (vgl. Tab. 6.1).

Tab. 6.1: Qualitative Standortbeurteilung im Betrachtungsraum der Sondierbohrungen Stadel 3

Kriterium	**Raum "Hasliboden" (Bohrplatz Stadel 3)**	**Raum "Waldhof"**
Erschliessung Strasse	Grösstenteils asphaltierte Strasse, direkter Anschluss an die Kiesstrasse (RSV 348)	Asphaltierte, schmale Strasse bis zum Waldhof, danach chaussierter Feldweg
Erschliessung Wasser / Strom	Anschlussdistanz ca. 375 m / Anschlussdistanz ca. 580 m	Anschlussdistanz min. 60 m / Anschlussdistanz min. 60 m
Abwasser	Abpumpen und abführen	Abpumpen und abführen
Landschaft	Geomorph. L-Schutzobjekt L-Fördergebiet	Geomorph. L-Schutzobjekt L-Fördergebiet
Hangneigung	Nahezu eben	Nahezu eben
Nutzung (gemäss landwirtschaftlicher Nutzungseignungskarte Kanton Zürich)	uneingeschränkte Fruchtfolge 2. Güte	Futterbaubetonte Fruchtfolge / Ackerbau stark eingeschränkt
Grundwasser	Gewässerschutzbereich A_u Grundwassermächtigkeit < 2 m	Gewässerschutzbereich A_u Grundwassermächtigkeit < 2 m
Flora, Fauna, Lebensräume	Randlich innerhalb Ausbreitungsachse	Innerhalb Ausbreitungsachse
Abstand zum nächsten Wohngebäude	350 m	ca. 295 m

Der Raum "Waldhof" liegt innerhalb der Ausbreitungsachse für Wildtiere, befindet sich innerhalb eines Landschaftsschutzobjekts und ist bezüglich Strasseninfrastruktur (steile, schmale Zufahrt, die im letzten Teilstück geteert und ausgebaut werden müsste) weit weniger gut erschlossen als der Vergleichsraum (vgl. Tab. 6.1). Aufgrund der erschliessungs- und lärmtechnischen Standortnachteile des Raums "Waldhof" fällt die Standortwahl auf den Raum "Hasliboden".

Der Raum "Hasliboden" hat aufgrund der randnahen Lage innerhalb des Untersuchungsperimeters Tiefbohrungen (vgl. Fig. 6.1) einen gewichtigen geologischen Vorteil: Eine geringere Beeinflussung des Untersuchungsperimeters ist aus Aspekten der Sicherheit eines späteren geologischen Tiefenlagers wünschenswert (vgl. Kap. 7.1). Aus umweltrechtlicher Sicht tangiert der Standort zwar eine nationale Ausbreitungsachse, jedoch nur randlich. Ausserdem wurde der Raum "Hasliboden" als potenzielle Erweiterungsfläche für den Kiesabbau ausgeschieden (Kt. Zürich 2014). Die Ausscheidung des Raums "Hasliboden" als potenzielle Erweiterungsfläche ist jedoch bis Abschluss der Betriebsphase aus raumplanerischer Sicht noch nicht relevant, da eine Erweiterung erst im Rahmen der nächsten Richtplanrevision (voraussichtlich ab 2025) überprüft wird. Weiter ist die Strassenerschliessung des Raums sehr einfach und die Lärmabschirmung

gegenüber von Wohnhäusern ideal. Es zeigt sich, dass der Raum "Hasliboden" einerseits nach geologischen Kriterien und andererseits aus raumplanerischer Sicht am besten geeignet ist (vgl. Tab. 6.1).

6.4 Relevanzmatrix des Bohrplatzes der Sondierbohrungen Stadel 3

Die konkreten standortspezifischen, erheblichen öffentlichen Interessen des Umwelt-, Natur- und Heimatschutzes sowie der Raumplanung, welche auf den Bohrplatz der Sondierbohrungen Stadel 3 zutreffen, wurden in einer Relevanzmatrix (vgl. Tab. 6.2) zusammengefasst. Daraus wird ersichtlich, ob derartige Interessen während der Bau-, Betriebs- oder Beobachtungsphase berührt werden.

Die Bauphase umfasst die Erstellung und Erschliessung des Bohrplatzes inklusive Bau des Bohrkellers und der Fundation für das Bohrgerät. Während der Betriebsphase werden die Sondierbohrungen Stadel 3 abgeteuft und das Untersuchungsprogramm mit seinen Testarbeiten durchgeführt. Hierzu gehören auch der Abbruch der Fundamente, der Rückbau des Bohrplatzes sowie die Rekultivierungsarbeiten. Anschliessend beginnt die allfällige LZB-Phase mit dem Betrieb des verbleibenden Bohrkellers und der Messeinrichtungen.

Tab. 6.2: Relevanzmatrix der Umweltbereiche für die Bau-, Betriebs- und Beobachtungsphase des Bohrplatzes der Sondierbohrungen Stadel 3

Umweltbereiche	**Bau-phase**	**Betriebs-phase**	**Beobachtungs-phase**
Luftreinhaltung	●	○ [1)]	○
Lärm	●	●	○
Lichtimmissionen	○	●	○
Erschütterungen	○	○	○
Grundwasser	●	●	○
Oberflächengewässer und aquatische Ökosysteme	○	○	○
Entwässerung des Bohrplatzes	●	●	○
Naturgefahren	○	○	○
Boden / FFF	●	●	○
Altlasten	○	○	○
Abfälle, umweltgefährdende Stoffe	○	●	○
Umweltgefährdende Organismen	○	○	○
Wald	○	○	○
Flora, Fauna, Lebensräume	●	●	○
Landschaft und Ortsbild	●	●	○
Kulturdenkmäler, archäologische Stätten	○	○	○
Störfallvorsorge / Katastrophenschutz	○	○	○

Legende:

○ Irrelevant, keine Auswirkungen

● Auswirkungen relevant, Umweltaspekt im Detail behandelt

[1)] Unter der Annahme, dass ein Stromanschluss an das MS-Netz erfolgt (vgl. Kap. 5.8)

Nachfolgend werden die relevanten Interessen einzeln behandelt und – wo notwendig – entsprechende Schutzmassnahmen erläutert.

6.5 Raum- und umweltplanerische Charakterisierung des Bohrplatzes der Sondierbohrungen Stadel 3

6.5.1 Luftreinhaltung

Während der Bau- und Betriebsphase kommen auf dem Bohrplatz der Sondierbohrungen Stadel 3 diverse mit Treibstoff betriebene Baumaschinen sowie das eigentliche Bohrgerät zum Einsatz. Es wird angestrebt, einen Anschluss an das vorhandene MS-Netz herzustellen, damit elektrisch-hydraulische Antriebe zum Einsatz kommen können und während der Betriebsphase lediglich zwei Notstromaggregate aufgestellt werden müssen (vgl. Kap. 5.8). Das Anlegen von allfälligen Zwischenlagern mit feinkörnigen Aushub- resp. Ausbruchmaterialien kann zudem zu Staubbildung führen.

***Massnahmen**:* Die zu ergreifenden Massnahmen zur Luftreinhaltung und Staubbekämpfung wurden unter Kap. 5.9 bereits erläutert.

6.5.2 Lärm

Das Bauprogramm ist so ausgerichtet, dass die durch Lärm entstehenden Beeinträchtigungen in unmittelbarer Nachbarschaft möglichst gering gehalten werden können.

Die nächstgelegene bewohnte Liegenschaft befindet sich in südlicher Richtung. Es handelt sich dabei um den Landwirtschaftsbetrieb "Waldhof" mit einem Abstand des Wohnhauses zum Bohrkeller von ca. 350 m. Das Wohnhaus wird durch das dazugehörige Landwirtschaftsgebäude vom Bohrplatz vollständig abgeschirmt und ist gemäss dem Zonenplan der Gemeinde Stadel (Gemeinde Stadel 2010) der Landwirtschaftszone und somit der Empfindlichkeitsstufe III zuzuordnen. Im Norden des Bohrplatzes liegt ein weiterer Landwirtschaftsbetrieb ("Sonnenhof"), welcher in der Landwirtschaftszone der Gemeinde Weiach liegt und der Empfindlichkeitsstufe III angehört. Der Abstand vom Wohnhaus zum Bohrkeller beträgt über 600 m. Ausserdem liegen ein Stück Wald sowie die Landwirtschaftsgebäude dazwischen, weshalb der Hof gegen den Bohrplatz hin gut abgeschirmt ist und keine speziellen Lärmschutzmassnahmen nötig sind.

Die von der Anlage ausgehenden Lärmimmissionen auf die Liegenschaften mit lärmempfindlichen Räumen, d.h. das Wohngebäude des Landwirtschaftsbetriebs "Waldhof", kann nicht vorgängig berechnet werden, weil diese vom verwendeten Bohraggregat und den dazugehörigen Nebenaggregaten abhängen. Die Gesuchstellerin sichert die Einhaltung der Planungswerte gemäss Anhang 6 LSV (Industrie- und Gewerbelärm) zu und stellt die Lärmprognose und eine Aufstellung über allfällig getroffene Massnahmen der Aufsichtsbehörde vor Beginn der Bohrarbeiten zu.

***Massnahmen**:* Um dem Vorsorgeprinzip gemäss Art. 11 USG Rechnung zu tragen, werden folgende Massnahmen ins Projekt integriert (ohne Rangfolge):

- Bei der Auswahl des Bohraggregats wird darauf geachtet, dass ein lärmarmes, dem aktuellen Stand der Technik entsprechendes Fabrikat zum Einsatz gelangt.
- Lärmintensive Arbeiten werden – wenn vom Ablauf her möglich – jeweils tagsüber ausgeführt.
- Die Einhausung von Antriebsmotoren (Top Drive) resp. Spülpumpen sowie das Anbringen von Dämmmatten an beweglichen Teilen bzw. am Antrieb werden optional vorgesehen.
- Seitens der Gesuchstellerin wird eine Anlaufstelle für mögliche eingehende Beschwerden geschaffen.

Zeigt sich im laufenden Betrieb, dass die Planungswerte trotz der obigen Massnahmen nicht eingehalten werden, könnten Lärmschutzwände erstellt werden und/oder die auf Bohrplatzniveau stehenden Antriebsmotoren mit entsprechenden Schallschutzmassnahmen zu dämmen, so dass eine Überschreitung der Planungswerte ausgeschlossen wird.

Vom Bohrunternehmer und seinen Subunternehmern sowie sämtlichen Zulieferfirmen werden alle Massnahmen der Stufe C entsprechend dem Massnahmenkatalog der Baulärm-Richtlinie (BLR, BAFU 2011) gefordert.

6.5.3 Lichtimmissionen

Während der Betriebsphase ist ein 24h-Bohrbetrieb vorgesehen. Eine Ausleuchtung des Bohrplatzes ist dazu unumgänglich. Sowohl während der Bau- als auch während der Beobachtungsphase sind keine Beleuchtungsmassnahmen nötig, da alle Arbeiten während des Tags ausgeführt werden können.

***Massnahmen**:* Bei der Ausleuchtung des Bohrplatzes wird darauf geachtet, dass die Leuchtquellen gezielt eingesetzt werden und nur den Arbeitsbereich ausleuchten (vgl. Kap. 5.11, Fig. 5.8). Zusätzlich schirmen die Aushub- und Humusdepots sowie die Containeranlagen die Umgebung des Bohrplatzes vor den Lichtimmissionen ab. Während der Betriebsphase ist deswegen mit minimalen Lichtimmissionen zu rechnen, welche auf die nachtaktive Fauna nur lokal und sehr begrenzte Auswirkungen haben.

6.5.4 Erschütterungen

Es wird in keiner Phase mit Erschütterungen gerechnet, so dass keine vorsorglichen Massnahmen bezüglich Einwirkungen auf Menschen und Gebäude nötig sind (vgl. Kap. 7.5). In jedem Fall ist jedoch die DIN-Norm 4150-2 bezüglich Erschütterungen im Bauwesen zu berücksichtigen (ISO DIN 4150-2 1999).

Es sind keine Massnahmen bezüglich Erschütterungen nötig.

6.5.5 Grundwasser

Der Bohrplatz der Sondierbohrung Stadel 3 liegt im Gebiet "Hasliboden" am Rand des "Windlacherfelds", nordöstlich der Ortschaft Windlach und am Hangfuss des Hügels "Hasli". Das "Windlacherfeld" befindet sich über einer rund 80 m tiefen, durch glaziale Erosion geschaffene Felsrinne, welche flach gegen Norden abfällt. Der Molassefels wird von einer kompakten Grundmoräne der letzten Eiszeit überlagert. Über der Grundmoräne folgen mächtige Niederterrassenschotter, welche im zentralen Bereich der Rinne eine Mächtigkeit von rund 60 m erreichen. Westlich des Bohrstandorts, im "Rütifeld", werden die Niederterrassenschotter im in zahlreichen Kiesgruben abgebaut. Den Abschluss bilden natürliche, feinkörnige Oberflächenschichten, welche den Niederterrassenschotter mit einer Mächtigkeit von mindestens 2 m bedecken. Gegen den Rand der Rinne zu steigt die Felsoberfläche steil gegen die Terrainoberfläche an (Kempf et al. 1986).

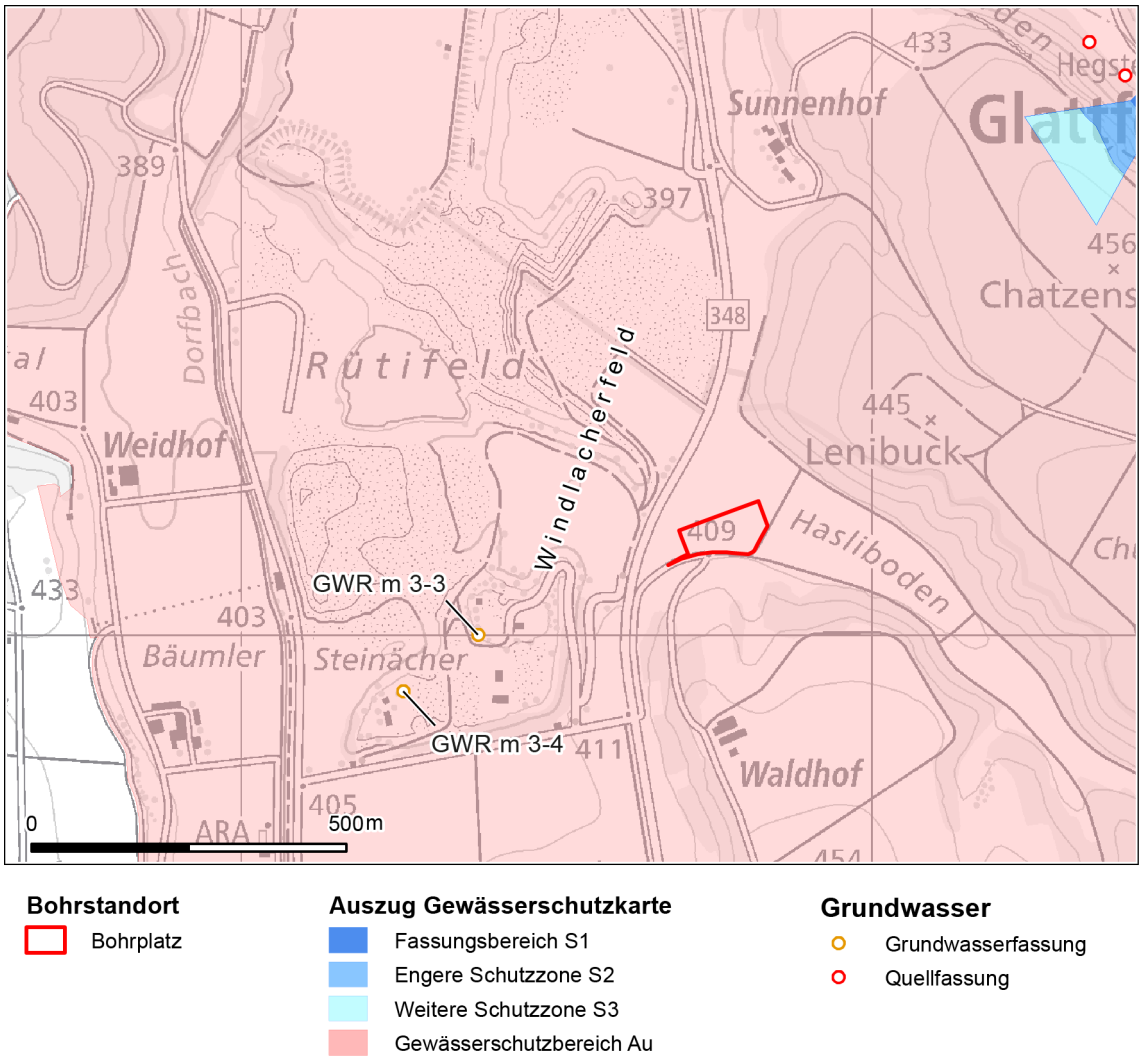


Fig. 6.9: Auszug aus der Gewässerschutzkarte des Kantons Zürich beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3

Die gut durchlässigen Niederterrassenschotter führen an der Basis Grundwasser, wobei der Flurabstand des lang gestreckten Grundwasservorkommens Windlach (GWR Nr. m 3) im zentralen Bereich der Rinne mit ca. 40 - 45 m sehr gross ist. Die Grundwassermächtigkeit beträgt dort gemäss der Grundwasserkarte des Kantons Zürich (vgl. Fig. 6.10) mehr als 10 m. Das Grundwasser wird in mehreren Fassungen, in rund 450 m resp. 600 m Distanz zum Bohrplatz zu Brauchwasserzwecken genutzt (GWR m 3-3; 1'000 l/min konzessionierte Entnahmemenge resp. GWR m 3-4; 1'500 l/min konzessionierte Entnahmemenge). Die Tiefe der Felsrinne nimmt zu deren Ostrand hin rasch ab und der Molassefels ist beim Bohrplatz bereits in einer Tiefe von 30 m u.T. zu erwarten (vgl. Beilage 3).

Entsprechend befindet sich der Bohrplatz Stadel 3 ausserhalb des nutzbaren Grundwasservorkommens. Es ist lediglich an der Basis des Schotters mit wenig Grundwasser zu rechnen, welches in Richtung Westen zum Grundwasserstrom des Windlacherfelds abfliesst. Der Wasserspiegel dieses unterirdischen Randzuflusses befindet sich deutlich oberhalb des nutzbaren Grundwasservorkommens in der Talsohle.

Aufgrund der Isohypsendarstellung auf der kantonalen Grundwasserkarte verläuft die generelle Strömungsrichtung des Grundwasservorkommens im Windlacherfeld generell etwa von Süden nach Norden. Im Bereich des Bohrplatzes ist aufgrund der Felstopographie eher von einer Grundwasserfliessrichtung von Südosten nach Nordwesten auszugehen. Gemäss der Gewässerschutzkarte befindet sich der "Hasliboden" innerhalb des Gewässerschutzbereichs A_u (vgl. Fig. 6.9).

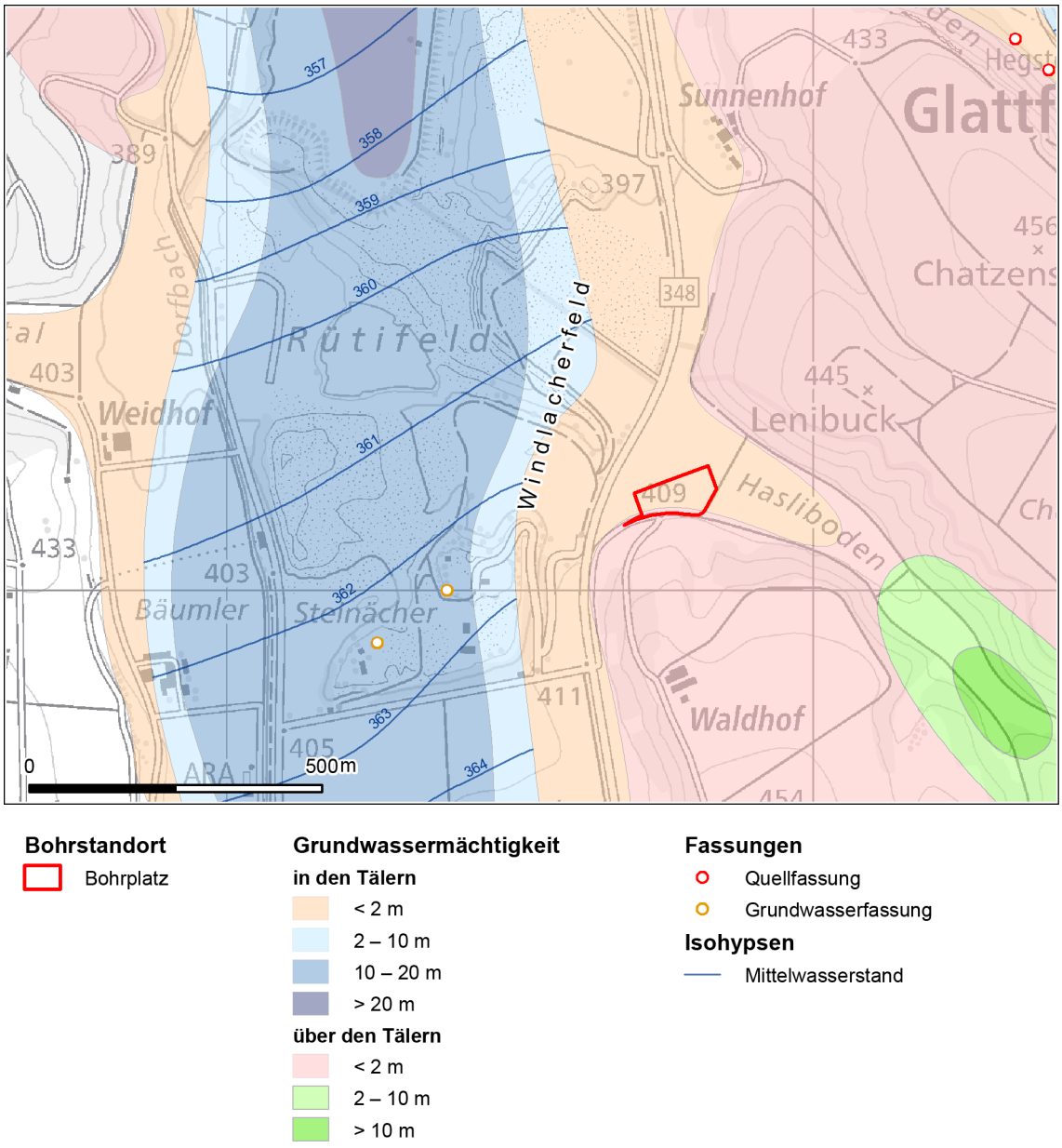


Fig. 6.10: Grundwasserverhältnisse (Mittelwasser) beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3

Aufgrund des Einfallswinkels der WSW- resp. NNW-Schrägbohrungen von 45° gegenüber der Horizontalen erreichen die Schrägbohrungen nach spätestens 35 m den Molassefels. Die Schrägbohrpfade verlaufen einiges steiler als die Rinnenflanke der Felsrinne (rund 10 % gemäss Kempf et. al 1986), womit die Schrägbohrungen nach Erreichen des Molassefelsens die quartären Sedimente der Windlacherfeldrinne nicht mehr tangieren. Eine Beeinträchtigung der grundwasserführenden Lockergesteine oder der vorhandenen Brauchwasserfassungen innerhalb der Felsrinne ist aufgrund dieses Verlaufs in beiden genannten Schrägbohrrichtungen nicht zu erwarten.

***Massnahmen**:* Zum Schutz des geringmächtigen Grundwasservorkommens im Bereich des Bohrplatzes sind eine Reihe baulicher Massnahmen geplant (vgl. Kap. 3.2, 5.7.3 und 7.2), so dass die Versickerung von grundwassergefährdenden Fluiden ausgeschlossen werden kann. Aufgrund der getroffenen Vorsichtsmassnahmen gemäss Kap. 5.7.3 können Verschmutzungen des Grundwassers während der Bohrarbeiten verhindert werden.

Zum Schutz des Grundwasserträgers während der Bohrarbeiten wird zu Beginn ein Standrohr bis einige Meter in den Fels hinein gesetzt und einzementiert (vgl. Kap 3.3). Dadurch kann der Grundwasserschutz während der eigentlichen Bohrarbeiten wirksam gewährleistet werden. Die geplanten Bohrungen gefährden die relativ weit entfernten Brauchwasserfassungen nicht. Eine Überwachung der Brauchwasserfassungen ist daher nicht notwendig.

6.5.6 Oberflächengewässer und aquatische Ökosysteme

In der Umgebung des Bohrplatzes befinden sich keine Oberflächengewässer, die durch den Bau und Betrieb des Bohrplatzes beeinträchtigt werden (vgl. Fig. 6.11). Bei den nächstgelegenen Oberflächengewässern auf der Westseite der Kiesgruben Rütifeld handelt es sich um den "Dorfbach" in einer Entfernung von über 750 m.

Es sind keine Massnahmen notwendig.

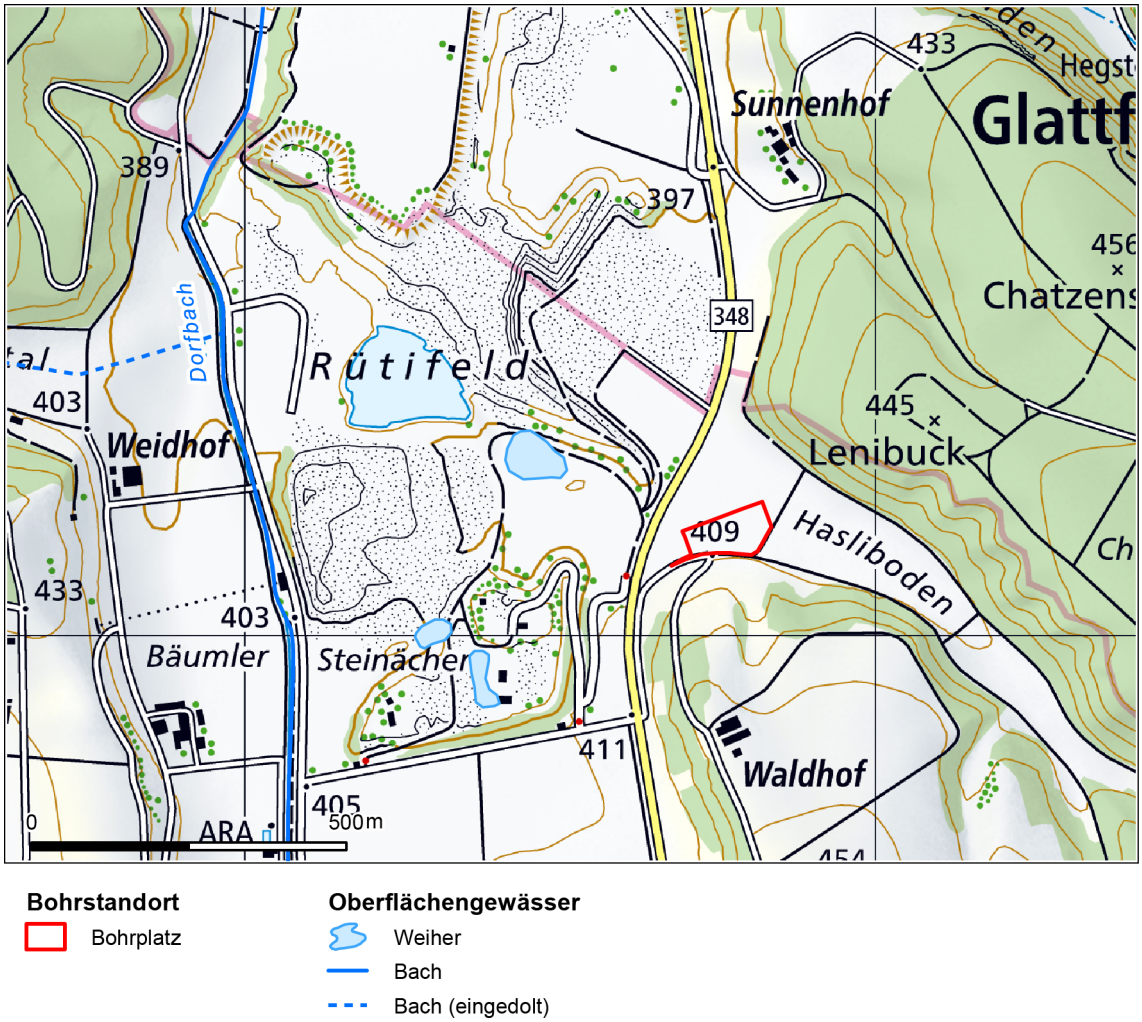


Fig. 6.11: Oberflächengewässer im Bereich des Standorts der Sondierbohrungen Stadel 3

6.5.7 Entwässerung des Bohrplatzes

Während der Bau- und Betriebsphase des Bohrplatzes der Sondierbohrungen Stadel 3 fallen Abwässer diverser Herkunft an. Je nach Herkunft und Verschmutzungsgrad sind diese entsprechend zu entsorgen.

***Massnahmen**:* Konkrete Entsorgungswege werden bereits in Kap. 5.7 erläutert.

6.5.8 Naturgefahren

Naturgefahren sind kein eigentlicher Umweltbereich im Sinne einer Umweltprüfung. Trotzdem ist es sinnvoll, den Einfluss des Vorhabens auf Naturgefahren zu betrachten und zu beurteilen.

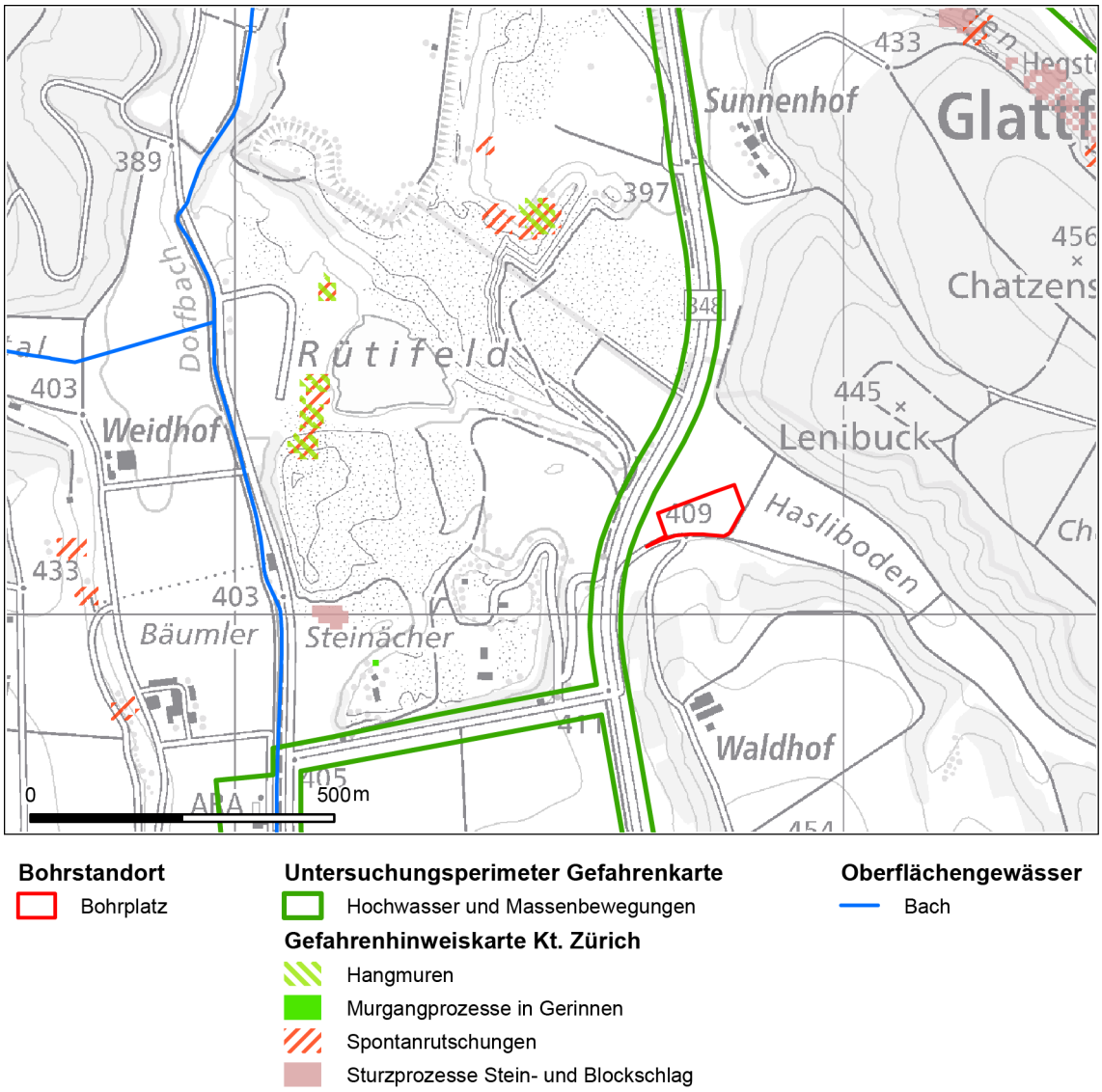


Fig. 6.12: Auszug aus der Gefahrenkarte des Kantons Zürich beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3

Der Bohrplatz liegt ausserhalb des bisher kartierten Bereichs der Naturgefahrenkarte. Die nahe gelegene Kiesstrasse befindet sich innerhalb des kartierten Bereichs, weist jedoch keine Gefahren auf. Für die Gefahrenbeurteilung des Bohrplatzes wird deshalb auf die Gefahrenhinweiskarte zurückgegriffen, welche ebenfalls keine Gefährdung für den Bohrplatz modelliert (vgl. Fig. 6.12). Es ist daher von keiner Gefährdung des Bohrplatzes auszugehen.

Entsprechend sind bezüglich Naturgefahren keine Massnahmen notwendig.

6.5.9 Boden / Fruchtfolgeflächen

Die Bohrplatzfläche befindet sich gemäss dem kantonalen Richtplan (Kt. Zürich 2015) und der BZO der Gemeinde Stadel (Gemeinde Stadel 2011) in der Landwirtschaftszone (vgl. Fig. 6.13). Bei der betroffenen Fläche handelt es sich gemäss der landwirtschaftlichen Nutzungseignungskarte des Kantons Zürich um eine uneingeschränkte Fruchtfolge 2. Güte, die derzeit ackerbaulich genutzt wird.

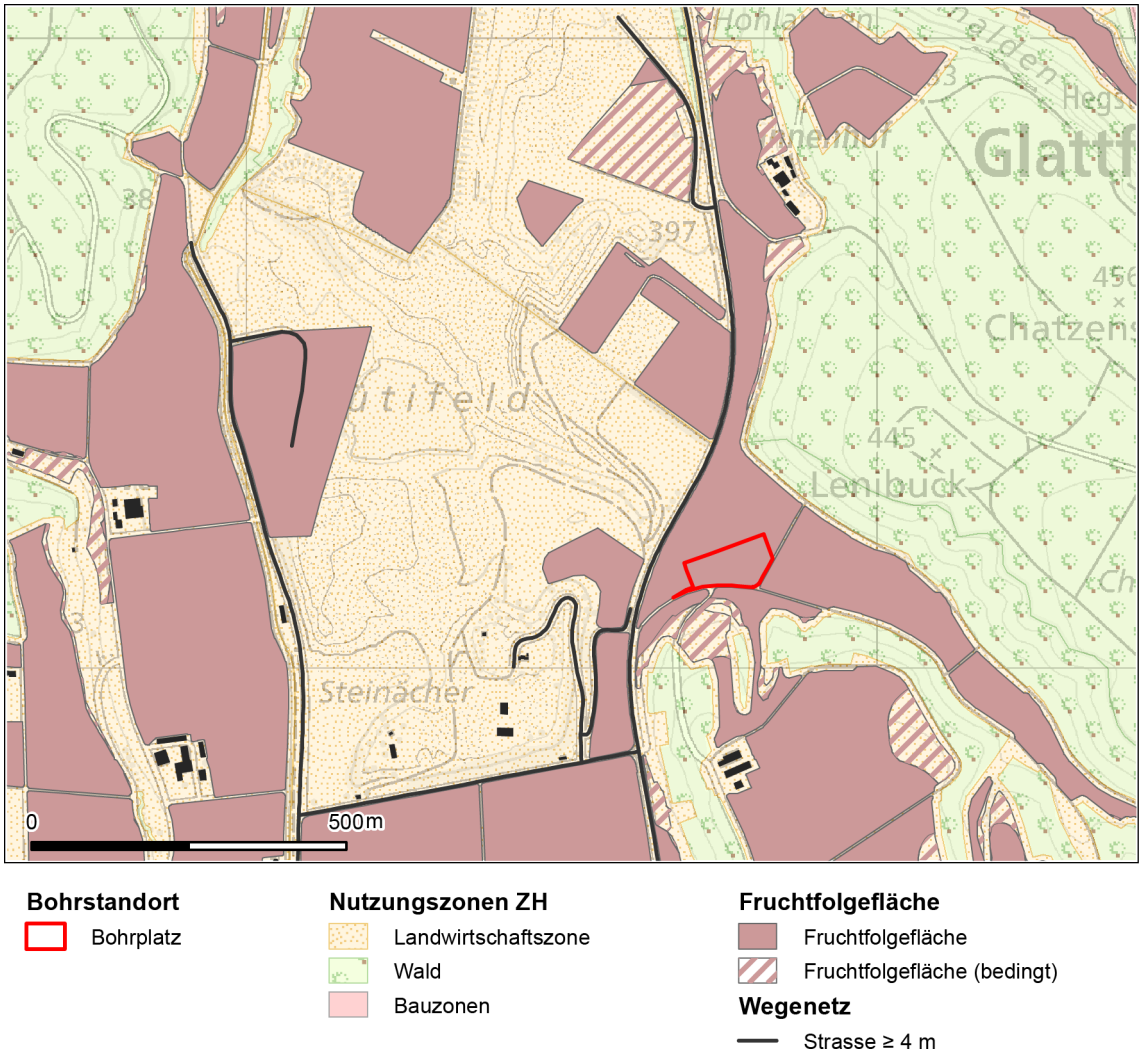


Fig. 6.13: Landnutzung im Bereich des Standorts der Sondierbohrungen Stadel 3

Der Ober und- Unterboden muss für die Erstellung des Bohrplatzes auf der gesamten benötigten Fläche abgetragen werden (vgl. Kap. 5.2). Das abgetragene Ober- und Unterbodenmaterial wird im Zuge der Bauphase seitlich als separate Aushub- und Humusdepots aufgeschüttet (vgl. Beilage 5). Auf der Bohrplatzfläche werden keine Vorbelastungen erwartet, sie ist nicht im Prüfperimeter für Bodenverschiebungen (PBV) eingetragen (vgl. Fig. 6.14).

Der Bohrkeller und die Zufahrt bleiben anschliessend während der Beobachtungsphase bestehen. Entsprechend wird diese Fläche von rund 135 m^2 (vgl. Beilage 9) erst nach Abschluss der Beobachtungsphase rekultiviert.

***Massnahmen**:* Vor Baubeginn wird ein Bodenschutz- und Rekultivierungskonzept erarbeitet, um die uneingeschränkte Nutzung von FFF nach Abschluss der Arbeiten zu gewährleisten. Die Planung der Triage des Bodenaushubs, die Deponierung und Zwischenlagerung der Böden sowie die Rekultivierung werden durch eine BBB begleitet. Sämtliche Erdbauarbeiten werden gemäss dem Leitfaden Bodenschutz beim Bauen (Häusler & Salm 2001) und der Schweizer Norm SN 640 581 (VSS 2017) ausgeführt.

Mit den vorgeschlagenen Massnahmen aus dem zu erstellenden Bodenschutz- und Rekultivierungskonzept soll die Beeinträchtigung von FFF minimiert werden. Das Konzept umfasst die durchzuführenden Erdarbeiten während des Baus, die Lagerung der Erdmaterialien und die anschliessende Rekultivierung des Bohrplatzes mit der Aufhebung der Depots (vgl. Kap. 5.12).

6.5.10 Altlasten

Die Parzelle Kat.-Nr. 1129 befindet sich gemäss dem Kataster der belasteten Standorte (KbS; GIS-ZH 2018) ausserhalb von belasteten Flächen (Fig. 6.14).

Es sind keine Massnahmen vorgesehen.

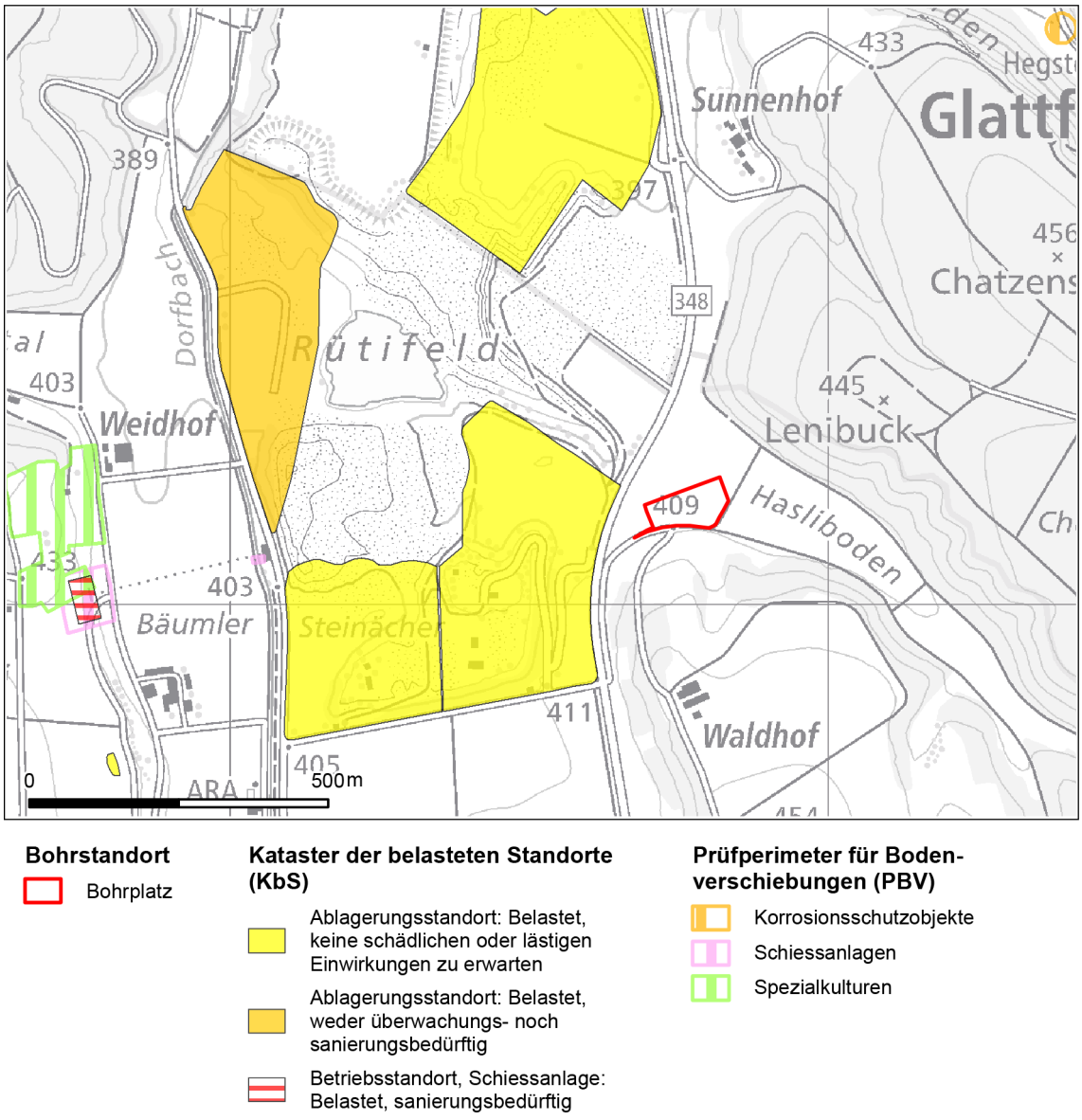


Fig. 6.14: Auszug aus dem Kataster der belasteten Standorte (KbS) und dem Prüfperimeter für Bodenverschiebungen (PBV) des Kantons Zürich beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3

6.5.11 Abfälle, umweltgefährdende Stoffe

Auf dem Bohrplatz befinden sich keine Bauten oder Anlagen, welche im Rahmen der Bau- und Betriebsphase des Bohrplatzes abgebrochen oder rückgebaut werden müssen.

Während der Betriebsphase fällt Bohrschlamm an, welcher gegebenenfalls separat behandelt und entsorgt werden muss. Die Behandlung und Entsorgung von Abwässern (z.B. Bohrspülung) wird in Kap. 5.7 erläutert.

***Massnahmen**:* Aushub, welcher für das Erstellen des Bohrkellers anfällt, wird soweit möglich wiederverwertet (Zwischenlager auf Aushubdepot, vgl. Kap. 5.2; Rekultivierung, vgl. Kap. 5.12) resp. wenn nötig auf den in Kap. 5.7.4 beschriebenen Entsorgungswegen entsorgt. Die Bohrspülung wird so lange wie möglich rezirkuliert und der dabei anfallende Bohrschlamm, wie in Kap. 5.7.3 detailliert beschrieben, von der Flüssigphase getrennt und fachgerecht entsorgt.

6.5.12 Umweltgefährdende Organismen

Gemäss der Neophyten-Kartierung des Kantons Zürich (GIS-ZH 2018) sind für den Bohrplatz sowie dessen nähere Umgebung keine Vorkommen von Neophyten verzeichnet.

Es sind keine Massnahmen vorgesehen.

6.5.13 Wald

Die nächste Waldfläche in der Nähe des Bohrplatzes Stadel 3 befindet sich nördlich resp. nordöstlich im Abstand von rund 140 m zum Bohrkeller (vgl. Fig. 6.13 und 6.15). Es handelt sich um einen Waldstandort von naturkundlicher Bedeutung (WNB) Nr. 100.01 "Glattfeldenrain", welcher aufgrund der seltenen Waldgesellschaften (Hainsimsen-Eichenwald und Bergseggen-Buchenwald) geschützt wurde. Der Bohrplatz beeinflusst den Bewuchs der Waldfläche nicht.

Entsprechend sind keine Massnahmen zum Schutz des Waldes erforderlich.

6.5.14 Flora, Fauna, Lebensräume

Die Fläche des Bohrplatzes der Sondierbohrungen Stadel 3 wird derzeit landwirtschaftlich intensiv genutzt. Aufgrund dieser bestehenden Nutzung sind im Bereich des eigentlichen Bohrplatzes wenig relevante Auswirkungen auf Flora und Fauna zu erwarten.

Der Perimeter der nationalen Ausbreitungsachsen wird randlich (ca. 30 m innerhalb der Grenzziehung) durch den Bohrplatz tangiert (vgl. Fig. 6.15). Die Ausbreitungsachse stellt die Verbindung zwischen den zwei nationalen Wildtierkorridoren ZH 10 "Glattfelden" 140 m nördlich sowie ZH 8 "Neerach" 2.2 km südlich sicher. Die Randlage des 1.9 km breiten Perimeters ist insofern tragbar, als dass der Standort durch die nahe gelegenen Kiesgruben sowie deren Werksverkehr über die Kiesstrasse (regionale Verbindungsstrasse) ohnehin durch Lärm- und Lichtimmissionen randlich vorbelastet ist. Gemäss dem Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zürich für motorisierten Individualverkehr (maps.zh.ch) verkehrten im Jahr 2016 auf Höhe des Bohrplatzes täglich durchschnittlich 4'250 Fahrzeuge, wobei es sich bei 17 % um Lastwagen handelt. Ein Jagdrevier wird von der Umsetzung des Bohrplatzes nicht tangiert bzw. die Jagd wird nicht eingeschränkt.

***Massnahmen**:* Es gilt die Auswirkungen auf Wildtiere, die sich im Waldrandbereich bzw. im Bereich der Lichtung aufhalten, auf ein Minimum zu reduzieren. Gegebenenfalls sind die ohnehin vorgesehenen Lärm- und Lichtschutzmassnahmen in Bezug auf die wildtierökologischen Belange

zu ergänzen, indem die Emissionen (Licht und Lärm) an den Quellen reduziert werden. Ausserdem wurde das Aushubdepot mit einer Schütthöhe von 3 m gegen Westen in Richtung der Ausbreitungsachse platziert (vgl. Beilage 5). Somit können eventuelle Störeinflüsse durch den Bohrplatz weiter reduziert werden.

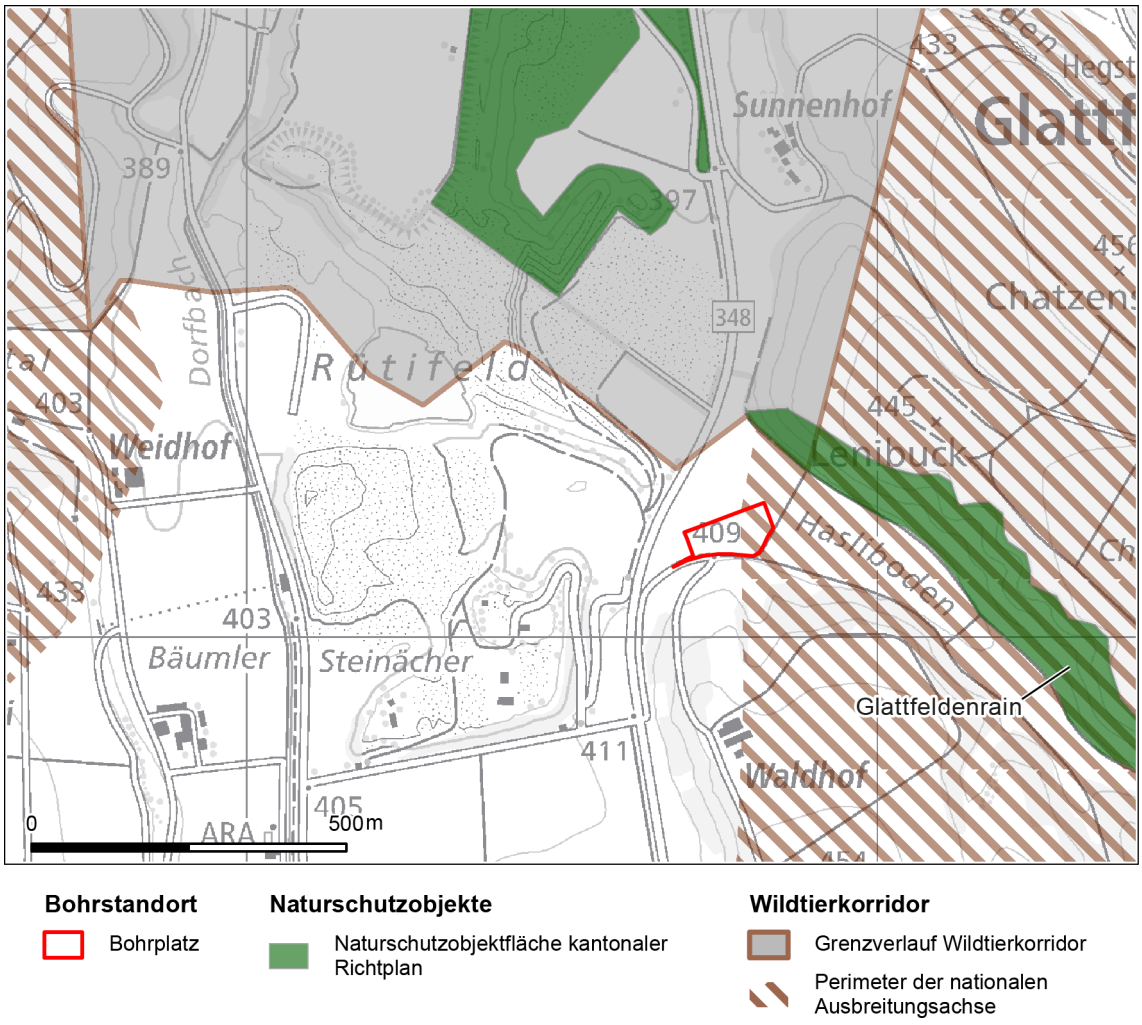


Fig. 6.15: Naturschutzobjekte beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3

6.5.15 Landschaft und Ortsbild

Der Bohrplatz der Sondierbohrungen Stadel 3 liegt knapp ausserhalb eines Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN, vgl. Fig. 6.16). Das Bundesinventar "Glaziallandschaft Neerach-Stadel" hat zum Ziel, für die Schweiz typische Landschaften – in dem Fall naturnah geprägte Kulturlandschaften sowie die für eine Landesgegend besonders kennzeichnenden Oberflächenformen – zu schützen.

Weiter liegt der Bohrplatz innerhalb eines Landschaftsfördergebiets, welches im Betrachtungsraum beinahe deckungsgleich mit dem BLN-Gebiet ist (vgl. Fig. 6.16). Gemäss dem Richtplan des Kantons Zürich ist das Ziel von Landschaftsfördergebieten (Kt. Zürich 2015) Landschaften, die sich durch Eigenart, Natürlichkeit und ihren Erholungswert auszeichnen, zu erhalten und weiterzuentwickeln.

Schliesslich tangiert der Bohrplatz das geomorphologische Landschaftsschutzobjekt "Würmzeitliche Glaziallandschaft Neeracher Riet – Stadel – Glattfelden" von kantonaler Bedeutung (vgl. Fig. 6.16).

Das grossflächige Landschaftsfördergebiet sowie das Landschaftsschutzobjekt werden aufgrund der kurzen Betriebsdauer der Sondierbohrungen Stadel 3 von maximal fünf Jahren sowie aufgrund der randlichen Lage nicht langfristig beeinträchtigt. Ausserdem ist das Gebiet "Hasliboden" gemäss dem Gesamtkonzept Windlacherfeld / Weiach des Kantons Zürich (Kt. Zürich 2014) als potenzielle Erweiterung der Kiesgruben Rütifeld vorgesehen. Dieser Eingriff in die Landschaft und ins Ortsbild ist von wesentlich grösserer und längerfristiger Tragweite als ein temporärer Bohrplatz.

Das Bohrvorhaben widerspricht aufgrund seines temporären Charakters sowie der geringen baulichen Anpassungen bei der Erstellung des Bohrplatzes weder den langfristigen Landschaftsschutzinteressen des Landschaftsfördergebiets noch dem des geomorphologischen Landschaftsschutzobjekts.

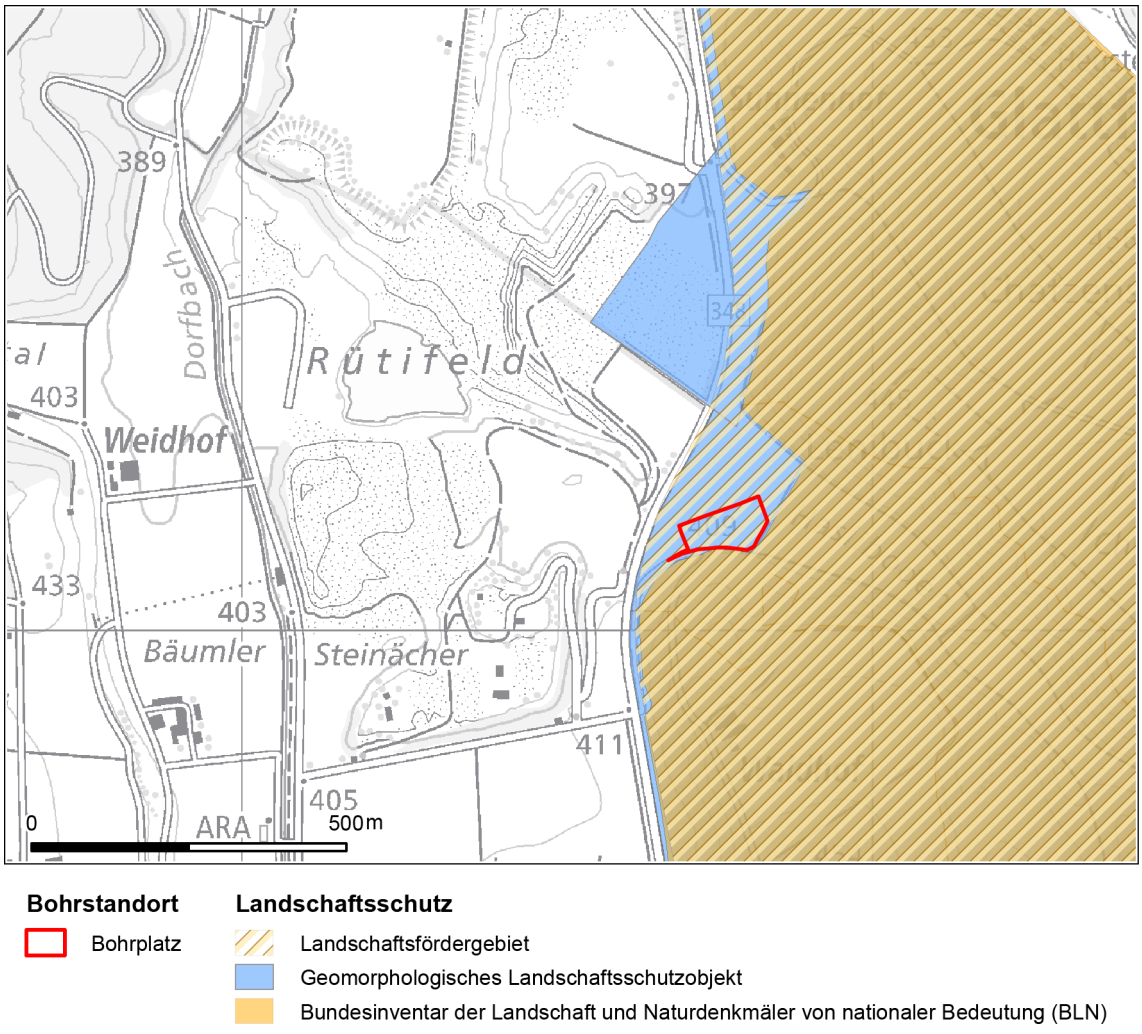


Fig. 6.16: Landschaftsschutzflächen beim Standort für die Sondierbohrungen Stadel 3

***Massnahmen**:* Beim Rückbau des Bohrplatzes wird der ursprüngliche landschaftliche Zustand wiederhergestellt. Das Bohrvorhaben widerspricht deshalb den langfristigen Landschaftsschutzinteressen des Landschaftsschutz- resp. des Landschaftsfördergebiets nicht.

6.5.16 Kulturdenkmäler und archäologische Stätten

Im näheren Umfeld des Bohrplatzes sind keine Kulturgüter oder archäologischen Zonen verzeichnet (vgl. Fig. 6.17).

Entsprechend sind keine Massnahmen erforderlich.

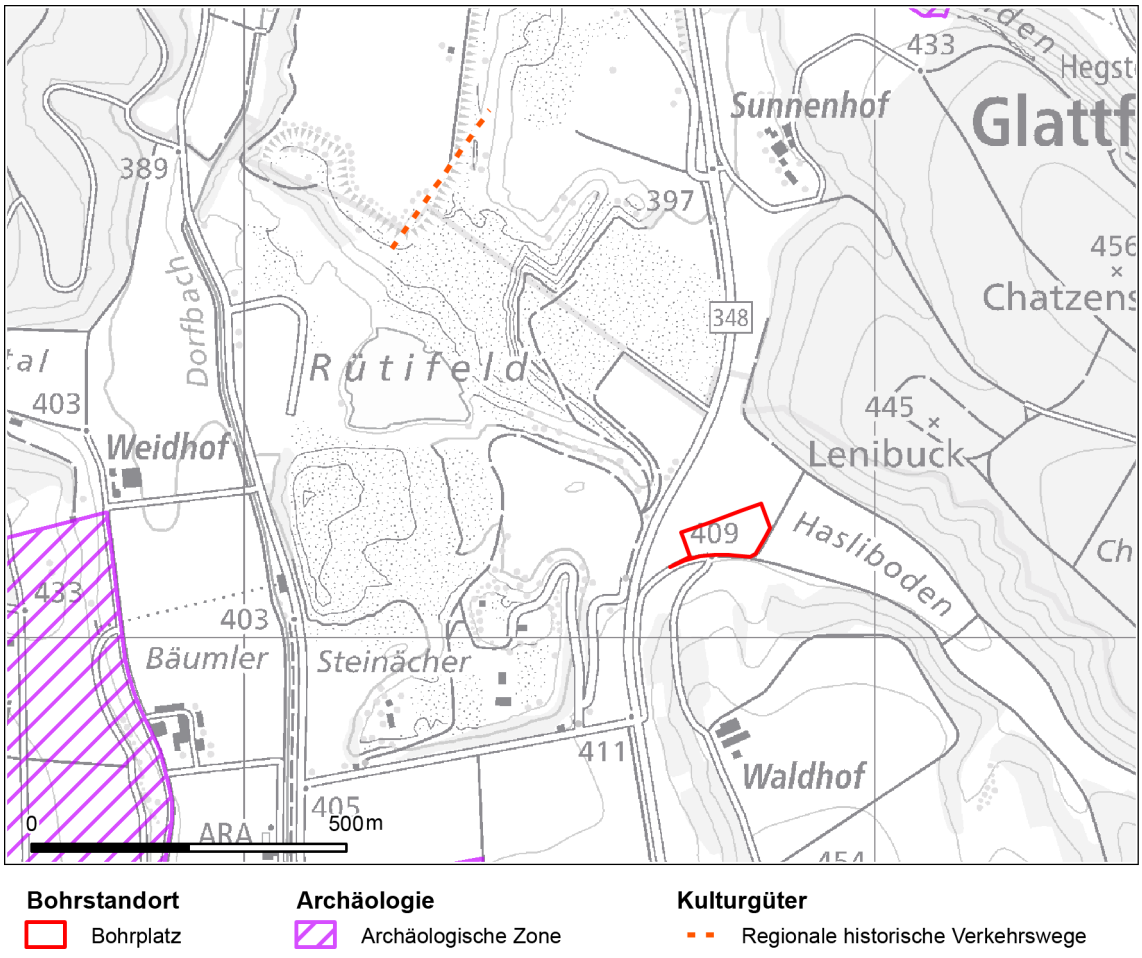


Fig. 6.17: Archäologisch relevante Flächen und Kulturgüter beim Standort der Sondierbohrungen Stadel 3

6.5.17 Störfallvorsorge/Katastrophenschutz

Im näheren Umkreis des Bohrplatzes der Sondierbohrungen Stadel 3 befinden sich keine Anlagen oder Betriebe, welche der Verordnung über den Schutz vor Störfällen (StFV) unterliegen. Im Süden in einem Abstand von über 830 m zum Bohrplatz verläuft eine Erdgasleitung, welche jedoch aufgrund der grossen Entfernung nicht durch die Bohrarbeiten tangiert wird.

Entsprechend sind keine Massnahmen notwendig.

6.5.18 Raum- und Nutzungsplanung

Die Raum- und Nutzungsplanung ist kein eigentlicher Umweltbereich im Sinne einer Umweltprüfung, welche die Auswirkungen einer Anlage auf schutzwürdige Objekte beurteilt. Das Thema zukünftiger Nutzungen gemäss der kantonalen Richtplanung soll hier dennoch beschrieben werden, da der Bohrkeller bis zu 100 Jahre an Ort verbleiben kann.

Aktuell wird die Fläche des Bohrplatzes landwirtschaftlich genutzt. Sie liegt im Landwirtschaftsgebiet und ist als Fruchtfolge 2. Güte ausgeschieden (vgl. Fig. 6.13). Zudem liegt der Bohrplatz gemäss der Richtplanung des Kantons Zürich innerhalb eines Landschaftsfördergebiets und eines Landschaftsschutzobjekts (Kt. Zürich 2015; vgl. Kap. 6.5.15). Der Bohrplatz der Sondierbohrungen Stadel 3 bleibt weiterhin dem Landwirtschaftsgebiet zugeordnet und wird nach Abschluss der Betriebsphase und erfolgter Rekultivierung auch künftig als FFF zur Verfügung stehen. Die Prüfung auf schützenswerte Lebensräume hat keine betroffenen Gebiete ergeben.

Ausserdem ist das Gebiet "Hasliboden" gemäss dem Gesamtkonzept Windlacherfeld / Weiach des Kantons Zürich (Kt. Zürich 2014) als potenzielle Erweiterung der Kiesgruben Rütifeld vorgesehen. Die dazu nötige Abbaukonzession wurden jedoch noch nicht eingeholt. Ein Kiesabbau ist somit in naher Zukunft noch nicht möglich. Eine temporäre Nutzung der Fläche als Bohrplatz steht einem zukünftigen Abbau nicht entgegen. Hinsichtlich des Langzeitbeobachtungssystems wurde mit der Grundeigentümerin eine Übereinkunft getroffen.

7 Mögliche Auswirkungen der Untersuchungen auf die Geologie und Umwelt (nach Art. 58 KEV)

Wie bereits in Kap. 6.1 erwähnt, dienen erdwissenschaftliche Untersuchungen mittels Sondierbohrungen dazu, die Kenntnisse des Untergrunds im Hinblick auf ein geologisches Tiefenlager zu erweitern. Die Bewilligungen für Sondierbohrungen werden gemäss KEG Art. 35 Abs. 2 lit. a durch das UVEK u.a. dann erteilt, wenn die Eignung eines Standorts dadurch nicht beeinträchtigt wird. Hierzu hat die Gesuchstellerin gemäss KEV Art. 58 als Teil der Gesuchsunterlagen einen Bericht über mögliche Auswirkungen der Untersuchungen auf Geologie und Umwelt einzureichen. Im Folgenden werden ausgewählte Aspekte zu den Auswirkungen der geplanten Sondierbohrungen auf die Geologie und die Umwelt betrachtet und bewertet.

7.1 Einschlusswirksamer Gebirgsbereich

Sondierbohrungen können relevante Veränderungen der Barrierenwirksamkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (EG) verursachen und somit die Eignung eines Standorts einschränken. In Nagra (2017b) werden die Auswirkungen der für SGT-E3 geplanten Sondierbohrungen im Standortgebiet NL auf die Barrierenwirksamkeit des EG detailliert untersucht. Dies geschieht anhand von generischen dreidimensionalen Modellrechnungen zur Radionuklidfreisetzung bei einem tiefen Bohrloch in unmittelbarer Nähe eines verschlossenen geologischen Tiefenlagers, welche in Poller et al. (2015) und Nagra (2017a) dokumentiert sind und auf den Dosisberechnungen zu den provisorischen Sicherheitsanalysen in SGT-E2 (Nagra 2014d) basieren.

Für die Bewertung wird ein sogenannter abdeckender Fall herangezogen, welcher alle in der Modellierung als relevant identifizierten Ungewissheiten bezüglich der Wechselwirkungen zwischen einem verschlossenen geologischen Tiefenlager und einem einzelnen tiefen, verfüllten Bohrloch konservativ berücksichtigt. Zusätzlich werden die Ergebnisse des abdeckenden Falls für jedes betrachtete Tiefenlagersystem im Standortgebiet auf eine vollständige Lagerkonfiguration mit mehreren tiefen Bohrungen in der unmittelbaren Umgebung des verschlossenen Tiefenlagers übertragen.

Die berechneten Dosismaxima innerhalb des jeweiligen Betrachtungszeitraums für das Wirtgestein Opalinuston sind in Tab. 7.1 aufgeführt. Es zeigt sich, dass die Nutzung des geologischen Standortgebiets NL von den für SGT-E3 geplanten Sondierbohrungen in diesem Gebiet nicht eingeschränkt wird. Das behördlich definierte Schutzkriterium 1[7] von 0.1 mSv/a wird für alle möglichen Lagersysteme im geologischen Standortgebiet mit genügender Sicherheitsmarge eingehalten.

[7] Gemäss Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G03/d: Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, April 2009 (ENSI 2009).

Tab. 7.1: Maximale Dosis innerhalb des jeweiligen Betrachtungszeitraums für vollständige Lagerkonfigurationen mit mehreren tiefen Bohrungen sowie für verschiedene Abstände zwischen Tiefenlager und tiefen Bohrungen in [mSv/a]

Freisetzungsort	**Abstand zwischen Tiefenlager und tiefen Bohrungen**			
	10 m	**20 m**	**50 m**	**100 m**
SMA-Lager				
Tiefe Bohrungen	2.0×10^{-2}	4.5×10^{-3}	9.0×10^{-4}	6.6×10^{-5}
Intakter EG	3.4×10^{-3}	3.4×10^{-3}	3.4×10^{-3}	3.4×10^{-3}
Gesamt	2.3×10^{-2}	7.9×10^{-3}	4.3×10^{-3}	3.5×10^{-3}
HAA-Lager bzw. Kombilager				
Tiefe Bohrungen	2.0×10^{-2}	4.6×10^{-3}	9.1×10^{-4}	6.9×10^{-5}
Intakter EG	3.7×10^{-3}	3.7×10^{-3}	3.7×10^{-3}	3.7×10^{-3}
Gesamt	2.4×10^{-2}	8.2×10^{-3}	4.6×10^{-3}	3.7×10^{-3}

Als Sicherheitsabstand zwischen sicherheitsrelevanten Anlagenteilen eines verschlossenen geologischen Tiefenlagers und einer tiefen Bohrung wird ein Mindestwert von 50 m festgelegt (exklusive allfällige aufgelockerte Bereiche der Bauwerke des verschlossenen Tiefenlagers und der Sondierbohrungen). Aus Sicht der Langzeitsicherheit bestehen bei Einhaltung dieses Sicherheitsabstands keine Anforderungen:

- bezüglich spezieller Versiegelungsmassnahmen zusätzlich zur geplanten Verfüllung der verbleibenden tiefen Bohrungen
- bezüglich der konkreten Anordnung der Bauwerke unter Tag sowie
- bezüglich der konkreten Abfallplatzierung im jeweiligen Tiefenlager

Für die Modellrechnungen wurde für die Verfüllung der tiefen Bohrung im Basisfall eine hydraulische Durchlässigkeit von 1×10^{-8} m/s angenommen, welche aufgrund einer Evaluation der Eignung von Zementen für die Verfüllung von Bohrungen sicher erreicht werden kann (Cloet & Traber 2015). Im für die Bewertung verwendeten abdeckenden Fall wurde zusätzlich ein pessimistischer Wert von 1×10^{-6} m/s verwendet. Generell basieren die Modellrechnungen und auch die nachfolgende Bewertung auf einer Kombination von zahlreichen pessimistischen und konservativen Annahmen, weshalb die Ergebnisse als sehr robust eingestuft werden. Zudem bestehen Reserven für allfällige weitere Tiefbohrungen in späteren Phasen der Lagerrealisierung sowie in Bezug auf das eingelagerte Inventar.

Da heute noch nicht definitiv festgelegt ist, ob und in welche Richtung letztendlich vom Bohrplatz der Sondierbohrungen Stadel 3 aus gebohrt wird, stellt Fig. 7.1 umhüllend die Lage und Ausdehnung der möglichen Bohrpfade von Schrägbohrungen mit bis zu 45° aus der Vertikalen in die vier vorgesehenen Richtungen NNW, SSE, WSW und ENE gemäss Beilagen 4 und 5 und unter Berücksichtigung des festgelegten Sicherheitsabstands von 50 m (d.h. ein Radius von 50 m um die potenziellen Bohrpfade) dar. Der Bohrplatz Stadel 3 ist für eine Vertikalbohrung sowie Schrägbohrungen ausgelegt (vgl. Kap. 5.3).

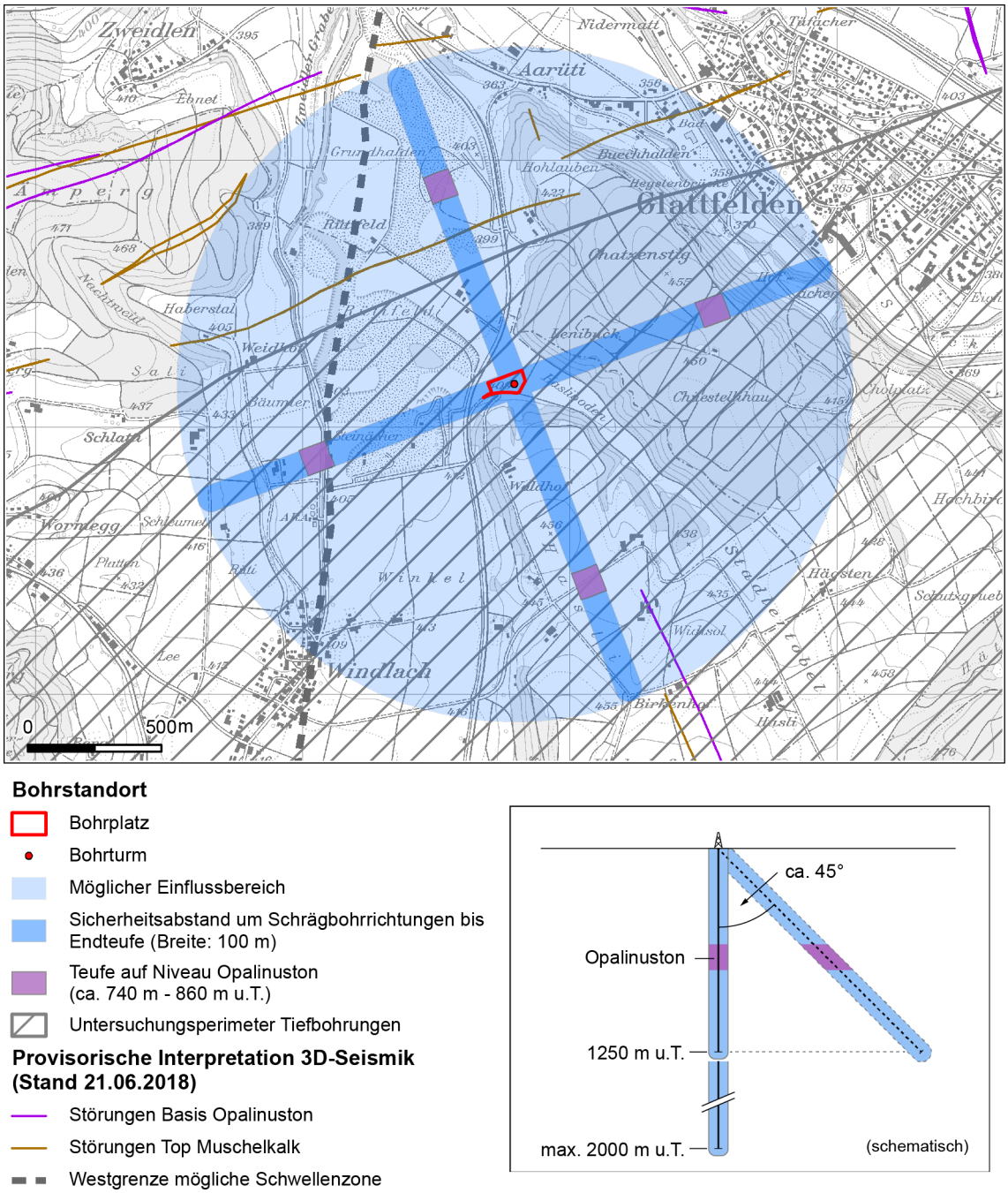


Fig. 7.1: Lage und Ausdehnung der möglichen Bohrpfade der Sondierbohrungen Stadel 3 in Bezug auf den Untersuchungsperimeter Tiefbohrungen mit Sicherheitsabstand von r = 50 m um die potenziellen Bohrpfade

Basierend auf dem Prognoseprofil (vgl. Beilage 3) sind das Tiefenniveau des Wirtgesteins Opalinuston sowie die vorgesehene Endteufe von ca. 50 m unterhalb der Basis des Mesozoikums (entspricht einer Endteufe von ca. 1'250 m u.T.) angegeben sowie die maximal vorgesehene Bohrteufe von 2'000 m u.T. Die Bohrpfade der Schrägbohrungen reichen auf Lagerniveau in den Untersuchungsperimeter für Tiefbohrungen hinein (vgl. Fig. 7.1). Die Sicherheit eines späteren geologischen Tiefenlagers kann gewährleistet werden und es bestehen keine wesentlichen Ein-

schränkungen bezüglich der späteren Platzierung des geologischen Tiefenlagers innerhalb des Untersuchungsperimeters für Tiefbohrungen.

7.2 Grundwasser und Aquifere

Relevante Auswirkungen auf das oberflächennahe Grundwasser bzw. die tiefen Aquifere durch Bohrungen sind nicht zu erwarten, wenn die Bohrarbeiten sowie der Ausbau der Bohrungen nach dem aktuellen Stand der Technik ausgeführt werden. Zu beachten ist, dass sich der Bohrplatz und die Bohrungen innerhalb eines Grundwasserrandgebiets mit geringer Mächtigkeit und Durchlässigkeit befinden (vgl. Fig. 6.10). Die Bohrpfade der Sondierbohrungen beeinflussen das Grundwasservorkommen im Windlacherfeld aufgrund der oberflächennahen Felsoberkante nicht.

Im Übrigen können Risiken schon im Vorfeld durch eine auf den konkreten Fall angepasste Bohrplanung weitestgehend minimiert bzw. ausgeschlossen werden. Die Konstruktion des Bohrplatzes (vgl. Kapitel 5) ermöglicht es zudem, die anfallenden Flüssigkeiten aufzufangen, zu kontrollieren, zu behandeln und entsprechend zu entsorgen, so dass auch eine Beeinträchtigung des oberflächennahen Grundwassers ausgeschlossen werden kann.

Durch die Lockergesteine bis zum Fels wird in der Regel mit Frischwasser gebohrt und anschliessend sofort ein entsprechendes Standrohr gesetzt und einzementiert (vgl. Kap. 3.3). Damit wird eine Beeinträchtigung des nur oberflächennahen Grundwasservorkommens durch die nachfolgenden Bohrarbeiten verhindert. In der Folge werden in den Bohrungen sukzessive weitere Verrohrungen eingebaut und zementiert. Mit diesem Einbau werden die tieferen Aquifere ebenfalls geschützt und schon während des Abteufens der Bohrung wirksam voneinander getrennt, so dass es zu keinen langfristigen hydraulischen Kurzschlüssen kommen kann. Damit wird sichergestellt, dass das hydraulische Potenzial der Aquifere durch die Bohrungen nicht gestört wird und es nicht zu einer Vermischung von unterschiedlich mineralisierten Formationswässern kommt.

Die Qualität der Einbauten und der Zementationen der Verrohrungen wird mittels eines bohrtechnischen Loggings (vgl. Kap. 3.3.2) überprüft. Im Fall einer nicht ausreichenden Abdichtung kann der geforderte Grundwasserschutz durch nachträgliche Sanierungsmassnahmen (z.B. Nachzementationen) erreicht werden. Dies sind Standardmethoden bzw. -verfahren, die jederzeit zur Anwendung kommen können.

Dass die oben beschriebenen Massnahmen in Bezug auf einen umfassenden Grundwasserschutz zielführend sind, hat die Nagra bereits in der Vergangenheit bei zahlreichen Sondierbohrungen (z.B. Nordschweiz, Wellenberg, Sondierbohrung Benken etc.; Nagra 1985, Nagra 1986a - e und Gassler & Macek 1994) den Aufsichtsbehörden aufgezeigt. Entsprechende allfällige Auflagen durch die Aufsichtsbehörden konnten in der Vergangenheit jeweils vollumfänglich erfüllt werden.

7.3 Langzeitbeobachtung

Zur LZB der Formationsdruckhöhen in einer Bohrung sowie zur Entnahme von Grundwasserproben werden in der Regel LZB-Systeme in die verrohrten Bohrungen eingebaut. In bestimmten Bohrlochabschnitten besteht über Perforationen, Zementfenster oder offene Bohrlochstrecken Zugang zu der zu beobachtenden Formation.

Mit Hilfe hydraulischer Packer und/oder Dichtstrecken (z.B. aus Zement oder Compactonit) werden die einzelnen Aquifere hydraulisch innerhalb des Bohrlochs voneinander getrennt. Die LZB-

Systeme lassen sich im Versagensfall aus dem Bohrloch bergen und reparieren bzw. durch ein neues Messsystem ersetzen (Jäggi & Frieg 2010).

Nach Abschluss der Beobachtungsphase, welche Jahre bzw. Jahrzehnte dauern kann, werden die Messsysteme aus den Bohrungen ausgebaut. Danach werden die Bohrungen nach den Vorgaben der Aufsichtsbehörden ordnungsgemäss verfüllt oder versiegelt (vgl. Kap. 7.4).

7.4 Verfüllung / Versiegelung von Sondierbohrungen

Nach Abschluss der Untersuchungen in den Sondierbohrungen (gegebenenfalls erst nach Abschluss der LZB) werden die Sondierbohrungen nach dem Stand der Technik verfüllt oder – falls gefordert – versiegelt. Hierbei kommen – im Sinne von Richtlinien und mangels vergleichbarer schweizerischer Vorgaben – die gemäss dem deutschen Bundesberggesetz (BbergG, BMJV 2013) von verschiedenen Bundesländern erlassenen Tiefbohrverordnungen (BVOT 2006a und b, BVOT 1981, BVT 1981) mit ihren Bestimmungen zur Anwendung, die das Verfüllen von auflässigen Bohrungen bzw. die Sicherung stillliegender Bohrungen zum Schutz der Umwelt regeln.

Die Verfüllung von Bohrungen ist in der Tiefbohrtechnik eine Routineaufgabe und dementsprechend liegen erprobte Verfahren vor, die auch schon bei früheren Nagra-Tiefbohrungen in der Nordschweiz (Frieg et al. 2002a - d) und am Wellenberg (Frieg et al. 2004) mehrfach erfolgreich angewandt wurden und die obengenannten Richtlinien vollumfänglich erfüllen.

Die Rückverfüllung mit sulfatbeständigen Tiefbohrzementen ist ein Standardverfahren, und die erreichten hydraulischen Durchlässigkeiten des ausgehärteten Verfüllmaterials variieren zwischen 10^{-10} und 10^{-14} m/s, so dass die angestrebte hydraulische langzeitstabile Trennung von Aquiferen erreicht wird (Cloet & Traber 2015).

Für den Fall, dass Bohrungen in den einschlusswirksamen Gebirgsbereich, d.h. in die potenzielle Lagerzone, abgeteuft werden und zu einem späteren Zeitpunkt doch eine Versiegelung dieser Bohrungen gefordert wird, hat die Nagra, teilweise in Zusammenarbeit mit ihren Schwesterorganisationen, bereits in der Vergangenheit entsprechende Konzepte und Vorgehensweisen entwickelt (Brenner & Jedelhauser 1989, Gaus et al. 2012, AMEC 2014), deren Funktionsfähigkeit auch ausgetestet wurde (Pusch et al. 1987, Pusch et al. 1991). Im Rahmen der Standortuntersuchungen am Wellenberg wurde die Sondierbohrung SB4a/s nach einem von der Aufsichtsbehörde (HSK, heute ENSI) geprüften und genehmigten Konzept für Sedimentgesteine erfolgreich versiegelt (Nagra 2002b). Weitere Forschungsarbeiten zum Thema Versiegelung wurden von der Nagra im Felslabor Grimsel durchgeführt, um die Versiegelung von geneigten oder subhorizontalen Bohrungen sicherzustellen (Blümling & Adams 2008).

Im Rahmen des SB-Experiments im Felslabor Mont Terri Projekt wurden in einer senkrechten Bohrung von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) GmbH (Braunschweig, Deutschland) Sand/Bentonit-Mischungen auf ihre Eignung als Versiegelungsmaterial für geologische Tiefenlager im Wirtgestein Opalinuston getestet (Rothfuchs et al. 2013). Es zeigte sich auch bei einem Mock-up Test im Labor, dass die Materialmischungen mit einem Anteil von 35 bis 50 % Bentonit geeignet sind. Die erreichten Wasserpermeabilitäten nach der vollständigen Aufsättigung des In situ-Tests lagen bei 4.2 bis 5.2×10^{-18} m/s und erfüllten damit die Erwartungen und Anforderungen an ein Versiegelungsmaterial.

Die detaillierten Anforderungen an die Verfüllung bzw. Versiegelung der Bohrungen werden erst definiert, wenn die geowissenschaftlichen Untersuchungen und/oder LZB-Phasen in den Sondierbohrungen abgeschlossen sind. Zu diesem Zeitpunkt wird auch erst die genaue Auslegung der

Verfüllung bzw. Versiegelung festgelegt. Die oben aufgeführten Untersuchungen und Erfahrungen zeigen, dass bereits heute die Konzepte und Techniken vorhanden sind, um die entsprechenden Anforderungen an eine Verfüllung oder Versiegelung von Bohrungen zu erfüllen.

7.5 Induzierte Seismizität

Aufgrund der geplanten Bohr- und Testarbeiten in den Sondierbohrungen und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass es sich um relativ untiefe Bohrungen in den mesozoischen Deckschichten (Sedimente) handelt, wird die Wahrscheinlichkeit für spürbare induzierte Seismizität als gering angesehen. Generell sind Beben erst ab einer Magnitude von ca. 2 bis 2.5 auf der Richterskala vom Menschen spürbar.

In der Vergangenheit konnte bei keiner Nagra-Sondierbohrung oder vergleichbaren Bohrungen in der Schweiz die Auslösung von spürbaren Erschütterungen beobachtet werden. Im Geothermieprojekt Schlattingen, an dem die Nagra mit vergleichbaren Messungen und Untersuchungen beteiligt war, registrierte der Schweizerische Erdbebendienst (SED) keine Beben. Bei der Ausführung von Stimulationsmassnahmen mit Salzsäure in den Schichten des Oberen Muschelkalks der Geothermiebohrung Schlattingen SLA-2 kam es über den kurzen Stimulationszeitraum von wenigen Stunden lediglich zu Mikrobeben mit einer Magnitude von unter 0.5 auf der Richterskala, welche jedoch für den Menschen nicht spürbar sind (Kraft et al. 2016).

Im Rahmen der Bohr- und Testarbeiten der Sondierbohrungen und/oder der anschliessenden LZB-Phase werden keinerlei Stimulationsmassnahmen (d.h. eine Injektion von grossen Fluidmengen unter hohem Druck) zur Erhöhung der Transmissivität in den verschiedenen Gesteinsformationen durchgeführt. Solche Stimulationsmassnahmen waren in der Vergangenheit bei schweizerischen Geothermieprojekten (Basel, St. Gallen) verantwortlich für induzierte Erdbeben. Lediglich bei der Durchführung der geplanten hydraulischen Tests und/oder bei Spannungsbestimmungen könnten geringe Mengen von Frischwasser bzw. Formationswasser zum Einsatz kommen, welche jedoch mit geringerem Druck in die Formation injiziert werden.

Im Übrigen betreibt der SED gemeinsam mit der Nagra ein Schwachbebenmessnetz im Bereich der Standortgebiete, mit dem allfällige Ereignisse kontinuierlich aufgezeichnet werden (Plenkers 2014) und welches zur Beweissicherung eingesetzt werden kann. Alle aktuell betriebenen Messstationen des SED finden sich unter http://www.seismo.ethz.ch/index.

7.6 Auftreten von Gas

Für die Ausführung der Bohr- und Testarbeiten werden die Unternehmer verpflichtet, die Bestimmungen, die sich aus den von den deutschen Bundesländern erlassenen Tiefbohrverordnungen ergeben, zur Anwendung zu bringen (vgl. BVOT 1981, BVOT 2006a und b, BVT 1981)[8]. Dies bedeutet beispielsweise, dass während der gesamten Bohr- und Testphase aus Gründen der Arbeitssicherheit eine kontinuierliche Überwachung für das allfällige Auftreten von Gasen (CH_4 / Kohlenwasserstoffe, CO_2, H_2S) aus dem Untergrund stattfindet.

Beim Durchbohren von gashaltigen Formationen (z.B. Molasse) können Gase unter Umständen in die Bohrung eintreten. Geringe Gaskonzentrationen sind nicht kritisch, da sie sich beim Austritt an die Oberfläche sofort mit der Umgebungsluft vermischen. In der Regel verhindert das Spülungsgewicht das Eintreten von Fluiden sowie freien und gelösten Gasen in die Bohrung. Sollten doch grössere Gasmengen unkontrolliert auftreten, kann die Bohrung mit den standardmässig

[8] Vergleichbare Regelungen sind in der Schweiz nicht erlassen worden.

installierten Sperrvorrichtungen, z.B. Ringpreventer, Gassperrtool oder einem sogenannten Blow Out Preventer (BOP), gasdicht verschlossen werden, um allfällig auftretende Gefahren abzuwenden. Anschliessend kann über das weitere Vorgehen entschieden werden. Zum Beispiel kann Gas kontrolliert abgeführt oder im Fall von brennbaren Gasen auch abgefackelt werden. Danach können weitere Massnahmen getroffen werden, um das Eintreten von Gas in die Bohrung zu verhindern bzw. zu minimieren und so die sichere Fortführung der Arbeiten zu gewährleisten.

Mit einer Ausführung der Bohrarbeiten nach dem aktuellen Stand der Technik und in Verbindung mit den zur Anwendung kommenden Kontroll- und Sicherheitsmassnahmen sowie den zur Verfügung stehenden bohrtechnischen Mitteln und Möglichkeiten ist das Auftreten von Gas in einer Sondierbohrung jederzeit beherrschbar und stellt keine Gefährdung dar.

8 Antrag

8.1 Bewilligungsvoraussetzungen (nach Art. 35 KEG)

8.1.1 Eignung (gemäss Art. 35 Abs. 2 lit. a KEG)

In Kapitel 2 "Geologischer Bericht" wurden die geologischen und hydrogeologischen Randbedingungen für die Sondierbohrungen dargelegt und der derzeitige Wissensstand zusammenfassend dargestellt.

Die Zielsetzungen für die Standortuntersuchungen und das resultierende Untersuchungsprogramm für Etappe 3 des Sachplanverfahrens wurden in Kapitel 3 aufgeführt. Sie stützen sich auf das für SGT-E3 aufgestellte Explorationskonzept (Nagra 2016).

Die geplanten Untersuchungen sind grundsätzlich geeignet, die erforderlichen Grundlagen für die spätere Beurteilung der Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers zu erbringen, ohne die Eignung des Standorts zu beeinträchtigen (vgl. Kapitel 7).

8.1.2 Entgegenstehende Interessen (Abwägung nach Art. 3 RPV)

Das Bauvorhaben steht gemäss Kapitel 6 nach durchgeführter Standortevaluation (vgl. Kap. 6.2 und 6.3) noch in Konflikt mit folgenden Interessen:

- *Grundwasserschutz:* Die im Gesuch vorgesehenen Massnahmen zum Schutz des Grundwassers, d.h. sowohl des oberflächennahen Aquifers als auch der allfällig vorhandenen, tieferen Aquifere, sind geeignet, jegliche Gefährdung wirksam zu verhindern (vgl. Kap. 3.2, 5.7 und 7.2).
- *Landwirtschaftszone und Fruchtfolgeflächen:* Die Landwirtschaftszone und insbesondere FFF sollen von Überbauungen weitgehend freigehalten werden (Art. 16 RPG). Dies schliesst auch Anlagen wie Sondierbohrungen mit ein. Die Interessenabwägung gemäss Art. 3 Abs. 1 lit. a RPV zeigt jedoch, dass im Betrachtungsraum der Sondierbohrungen Stadel 3 keine Bauzonen für Bohrplätze zur Verfügung stehen. Aufgrund der positiven Standortgebundenheit der Sondierbohrungen ist ein Ausweichen mit dem Bohrplatz in eine umliegende Bauzone somit nicht möglich. Weiterhin ist festzuhalten, dass der Bohrplatz temporär betrieben wird und anschliessend bis auf den ebenerdigen Bohrkeller mit Dimensionen von ca. 7.5 m × 5.5 resp. 3.1 m (L × B; vgl. Beilage 9) und dessen Erschliessung zurückgebaut und vollständig rekultiviert wird.
- *Natur und Landschaft:* Der Bohrplatz liegt innerhalb eines kantonalen Landschaftsschutz- sowie eines kantonalen Landschaftsfördergebiets (Richtplan; Kt. Zürich 2015). Der Betrachtungsraum der Sondierbohrungen Stadel 3 wurde einerseits aufgrund von geologischen Kriterien, andererseits auch anhand der idealen Distanz zum Siedlungsgebiet bezüglich des Lärmschutzes ausgewählt. Aufgrund der grossflächigen Ausdehnung der Landschaftsschutzflächen über einen Grossteil des Betrachtungsraums der Sondierbohrungen Stadel 3 ist eine Standortwahl ausserhalb dieser Flächen nicht möglich. Die temporäre und kurzzeitige Beeinträchtigung der Landschaft durch den Bohrplatz kann als geringfügiger Eingriff in die Ziele der Landschaftsschutzgebiete angesehen werden. Nach dem Rückbau des Bohrplatzes bleibt einzig der ebenerdige Bohrkeller mit seiner Erschliessung zurück. Die Platzierung der Aushubdepots westlich des Bohrplatzes soll den wandernden Wildtieren das Umgehen des Bohrplatzes erleichtern und Störeinflüsse des Bohrplatzes in Richtung der Ausbreitungsachse etwas abschwächen (vgl. Kap. 6.5.14). Leitstrukturen am Nord- und Ostrand können bei

Bedarf durch Bau- oder Lärmschutzwände ergänzt werden. Die ohnehin vorgesehenen Lärm- und Lichtschutzmassnahmen werden bis zum Baubeginn in Bezug auf wildtierökologische Belange bei Bedarf ergänzt.

- *Licht- und Lärmschutz:* Aufgrund der bereits heute vorgesehenen baulichen und betrieblichen Massnahmen (vgl. Kap. 5.9 und 6.5.2) wird davon ausgegangen, dass die Planungswerte nach Anhang 6 LSV mit den vorgesehenen Massnahmen eingehalten werden können. Technische Lärmschutzmassnahmen am Bohrgerät sind zusätzlich möglich, falls die noch durchzuführende Lärmprognose zeigt, dass trotzdem Lärmimmissionen über dem Grenzwert auftreten sollten. Durch eine zielgerichtete Platzierung der Flutlichtscheinwerfer (LED-Leuchten) wird angestrebt, nur den Arbeitsbereich auszuleuchten. Damit wird die Umgebung so wenig wie möglich durch Lichtimmissionen belastet. In jedem Fall wird die SN-Norm 586 491 "Lichtemissionen im Aussenraum" (SIA 2013) eingehalten.

Daraus ergibt sich, dass dem Abteufen von Sondierbohrungen am Bohrplatz Stadel 3 keine höher zu gewichtenden Interessen entgegenstehen und die Arbeiten im vorgesehenen Umfang ausgeführt werden können.

8.2 Befristungen (nach Art. 36 Abs. 2 KEG)

Es wird eine Bewilligung mit einer Geltungsdauer von zehn Jahren ab Rechtskraft beantragt. Die Gewinnung der nötigen Erkenntnisse über den Untergrund im Hinblick auf die Standortentscheide in SGT-E3 bedingt ein systematisches Vorgehen an verschiedenen Orten während längerer Zeit. Dies bedeutet, dass die Zeitdauer, innert der von einer konkreten Bewilligung Gebrauch gemacht werden kann, sich über zehn Jahre erstrecken muss.

Das Bestehen des Bohrplatzes wird auf maximal fünf Jahre veranschlagt. In dieser Zeit sind das Erstellen des Bohrplatzes und das Abteufen von bis zu drei Bohrungen möglich. Entsprechend ist die Befristung der Bewilligung für die Durchführung der Bohrarbeiten ab Baubeginn auf fünf Jahre festzusetzen.

Nach Beendigung der Bohrarbeiten und der Rekultivierung der entsprechenden Flächen werden der Bohrkeller und eine entsprechende Zufahrt sowie eine Energie- und Telekommunikationszuleitung bei Bedarf weiterbestehen (vgl. Beilage 9). Der Bohrkeller dient dem Betrieb einer LZB-Station, allenfalls bis zum Verschluss eines allfälligen geologischen Tiefenlagers. Dafür ist die Bewilligung zunächst bis zum rechtskräftigen Entscheid über eine nukleare Baubewilligung maximal auf 45 Jahre zu befristen. Die Betriebsdauer kann auf Gesuch hin bis auf 100 Jahre verlängert werden, sofern sich dies für LZB in Zusammenhang mit einem geologischen Tiefenlager als erforderlich erweist. Danach sind Bohrkeller, Zufahrt sowie Daten- und Stromleitung ebenfalls zu entfernen und die entsprechenden Flächen sind zu rekultivieren.

Falls die veranschlagten Zeiträume aus heute nicht vorhersehbaren Gründen nicht ausreichen, behält sich die Gesuchstellerin vor, rechtzeitig ein Gesuch um Verlängerung der entsprechenden vorgenannten Fristen einzureichen.

8.3 Anträge

Die Gesuchstellerin ersucht um folgende Bewilligungen:

- Der Gesuchstellerin wird die Bewilligung für zehn Jahre ab Rechtskraft (Geltungsdauer Bewilligung) für die Erstellung eines Bohrplatzes gemäss den beiliegenden Plänen und Unterlagen unter den nachgesuchten Auflagen und Bedingungen erteilt.
- Der Gesuchstellerin wird die Bewilligung erteilt, ab Baubeginn den Bohrplatz für die Dauer von fünf Jahren zu betreiben. Die Betriebsdauer kann auf Gesuch hin angemessen verlängert werden, sofern dies für die Gewinnung zusätzlicher Daten erforderlich ist.
- Der Gesuchstellerin wird die Bewilligung erteilt, von dem beantragten Bohrplatz aus bis zu drei Sondierbohrungen (vertikal, schräg oder abgelenkt) bis zu einer Teufe von maximal 2'000 m u.T. abzuteufen und ein entsprechendes geowissenschaftliches Untersuchungsprogramm auszuführen.
- Der Gesuchstellerin wird die Bewilligung für die Erstellung und den Betrieb eines Bohrkellers mit entsprechender Zufahrt gemäss den beiliegenden Plänen erteilt. Diese Bewilligung wird auf die Dauer von 45 Jahren nach Beendigung des Bohrbetriebs erteilt. Die Bewilligung kann auf Gesuch hin bis auf 100 Jahre verlängert werden, sofern sich dies für LZB in Zusammenhang mit einem geologischen Tiefenlager als erforderlich erweist.
- Der Gesuchstellerin wird die Bewilligung erteilt, einen Anschluss an das MS-Netz (16 kV) bei der Kiesgrube Witschgenächer der KIBAG Beton AG zu erstellen sowie die entsprechende Zuleitung zum Bohrplatz zu verlegen und eine temporäre Trafostation auf dem Bohrplatz zu betreiben.

Eine Informationstafel mit den Gesuchsinformationen und dem Situationsplan wird auf Parzelle Kat.-Nr. 1129 während der öffentlichen Auflage der Sondiergesuche aufgestellt.

9 Literaturverzeichnis

Albert, W. & Bläsi, H.R. (2001): Stratigraphie Nordostschweiz. Unpubl. Nagra Interner Ber.

AWEL (2009): Versickerung des Regenwassers. Merkblatt Entwässerung Industrie- und Gewerbeflächen vom Februar 2009. Hrsg. Amt für Abfall, Wasser Energie und Luft (AWEL), Zürich.

Albert, W., Bläsi, H.R., Hertrich, M. & Weber, H.P. (2012): Erdwärmesondenbohrungen Löhningen (SH), Osterfingen (SH), Hemmental (SH), Beringen (SH), Schönenwerd (SO), Wölflinswil (AG): Geologische Aufnahme und bohrlochgeophysikalische Messungen (Rohdaten). Nagra Arbeitsber. NAB 12-24.

AMEC (2014): Sealing deep site investigation boreholes – Phase 1 Report. Bericht zu Handen des Radioactive Waste Management Directorate (RWMD) der Nuclear Decommissioning Authority (NDA). Ref: RWMD/03/042. NDA, Oxford, UK.

BAFU (2004): Wegleitung Grundwasserschutz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern.

BAFU (2011): Baulärm-Richtlinie (BLR), Richtlinie über bauliche und betriebliche Massnahmen zur Begrenzung des Baulärms gemäss Artikel 6 der Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern, Stand 2011.

BAFU (2016): Luftreinhaltung auf Baustellen. Richtlinie über betriebliche und technische Massnahmen zur Begrenzung der Luftschadstoff-Emissionen von Baustellen (Baurichtlinie Luft). Ergänzte Ausgabe, Bern, Februar 2016. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern.

Beauheim, R. (2013): Hydraulic conductivity and head distributions in the host rock formations of the proposed siting regions. Nagra Arbeitsber. NAB 13-13.

BFE (2016): ENSI empfiehlt Jura Ost, NL und Zürich Nordost als Standortgebiete für geologische Tiefenlager weiter zu untersuchen. Medienmitteilung des BFE vom 14.12.2016. Bundesamt für Energie BFE, Bern. https://www.admin.ch/gov/de/start/ dokumentation/ medienmitteilungen.msg-id-64954.html

BG (2015): Plangenehmigung Transformatorenstation Weid in Busswil. Urteil (des Bundesgerichts) 1C_604/2014 vom 12.05.2015. I. öffentlich-rechtliche Abteilung, Raumplanung und öffentliches Baurecht.

Bläsi, H.R., Deplazes, G., Schnellmann, M. & Traber, D. (2013): Sedimentologie und Stratigraphie des 'Braunen Doggers' und seiner westlichen Äquivalente. Nagra Arbeitsber. NAB 12-51.

Bläsi, H.R., Weber, H.P. & Hertrich, M. (2014): Ergänzende Untersuchungen in EWS-Bohrungen: Effingen, Gansingen-Galten, Herznach, Tegerfelden-1, Tegerfelden-2, Wölflinswill-1, Wölflinswil-2 (AG) und Hemmental-2 (SH): Stratigraphie und Bohrlochgeophysik – Rohdatenbericht. Nagra Arbeitsber. NAB 14-12.

Blümling, P. & Adams, J. (2008): Grimsel Test Site Investigation Phase IV – Borehole Sealing. Nagra Tech. Ber. NTB 07-01.

BMJV (2013): Bundesberggesetz (BbergG). Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Gesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), Stand 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808). BMJV, Berlin, D.

Brenner, R.P. & Jedelhauser, P. (1989): Bohrlochversiegelung: Konzept und Machbarkeitsnachweis. Nagra Tech. Ber. NTB 89-26.

Buechi, M.W.E. (2016): Overdeepened glacial basins as archives for the Quaternary landscape evolution of the Alps. Philosophisch-naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Bern.

Büchi, U.P. (1959): Bohrung Eglisau Nr. 2 – Ergebnisse der technischen Tests. Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing. Vol. 26, Nr. 70, S. 15-16.

BVOT (1981): Landesverordnung – Bergverordnung über Tiefbohrungen, Tiefspeicher und die Gewinnung von Bodenschätzen durch Bohrungen im Lande Schleswig-Holstein (Tiefbohrverordnung – BVOT). 15. Oktober 1981, GVOBl Schl.-H. S. 264, Clausthal-Zellerfeld, D.

BVOT (2006a): Bergverordnung für Tiefbohrungen, Untergrundspeicher und für die Gewinnung von Bodenschätzen durch Bohrungen im Land Nordrhein-Westfalen (Tiefbohrverordnung – BVOT). Rundverfügung der Abteilung Bergbau und Energie in NRW der Bezirksregierung Arnsberg, 30. November 2006, Arnsberg, D.

BVOT (2006b): Bergverordnung für Tiefbohrungen, untergrundspeicher und für die Gewinnung von Bodenschätzen durch Bohrungen im Land Niedersachsen (Tiefbohrverordnung – BVOT). Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, 20. September 2006, Clausthal-Zellerfeld, D.

BVT (1981): Bergverordnung für Tiefbohrungen und für die Gewinnung von Bodenschätzen durch Bohrungen (Tiefbohrverordnung – BVT). Hessisches Oberbergamt, 3. August 1981, StAnz. S. 1696, StAnz. 1983 S. 1282, Wiesbaden, D.

Cadisch, J. (1959): Geologische Ergebnisse der Mineralquellenbohrung Eglisau 3. Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing. 26/70, 5-8.

Cloet, V. & Traber, D. (2015): Evaluation of suitability of cement backfill for deep boreholes. Nagra Arbeitsber. NAB 15-50.

Deplazes, G., Bläsi, H.R., Schnellmann, M. & Traber, D. (2013): Sedimentologie und Stratigraphie der Effinger Schichten. Nagra Arbeitsber. NAB 13-16.

Drozdzewski, G. (1979): Grundmuster der Falten und Bruchstrukturen im Ruhrkarbon. Z. dtsch. geol. Ges. 130/1, 51-67.

ENSI (2009): Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis. Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G03/d, Ausgabe April 2009. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.

ENSI (2017): Sicherheitstechnisches Gutachten des ENSI zum Vorschlag der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete. Sachplan geologische Tiefenlager, Etappe 2. ENSI 33/540, April 2017. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.

ENSI (2018): Protokoll 6. Sitzung Fachgremium „erdwissenschaftliche Untersuchungen“. ENSI 33/692, Oktober 2018. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.

Frieg, B., Gassler, W. & Jäggi, K. (2002a): KRI – Tiefbohrung Leuggern: Verfüllungsbericht. Unpubl. Nagra Interner Ber.

Frieg, B., Gassler, W. & Jäggi, K. (2002b): KRI – Tiefbohrung : Verfüllungsbericht. Unpubl. Nagra Interner Ber.

Frieg, B., Gassler, W., Jäggi, K. & Albert, W. (2002c): KRI – Tiefbohrung Böttstein: Verfüllungsbericht. Unpubl. Nagra Interner Ber.

Frieg, B., Gassler, W., Jäggi, K. & Albert, W. (2002d): KRI – Tiefbohrung Weiach: Verfüllungsbericht. Unpubl. Nagra Interner Ber.

Frieg, B., Gassler, W. & Jäggi, K. (2004): Sondierstandort Wellenberg: Verfüllungsbericht der Sondier- und Piezometerbohrungen. Unpubl. Nagra Interner Ber.

Frieg, B., Pingel, R. & Gassler, W. (2008):Tiefe Erdsondenbohrung NOK Unterwerk Oftringen – Bohrtechnik. Nagra Arbeitsber. NAB 08-21.

Gassler, W. & Karsch, H. (1996): Sondierbohrungen Wellenberg SB1, SB2, SB3, SB4, SB4a/v, SB4a/s und SB6 – Bau- und Umweltaspekte, Bohrtechnik. Nagra Tech. Ber. NTB 94-09.

Gassler, W. & Macek, A. (1994): Sondierbohrung Siblingen – Bau- und Umweltaspekte, Bohrtechnik. Nagra Tech. Ber. NTB 90-38.

Gaus, I., Vomvoris, S., Rueedi, J., Frieg, B. & Sakaki, T. (2012): Long term stability of potential system components for sealing deep investigation boreholes – Experiences and approaches at Nagra. Nagra Project Report. Commercial-in-confidence.

Gemeinde Stadel (2010): Zonenplan der Gemeinde Stadel. Genehmigt von der Baudirektion des Kantons Zürich vom 01.09.2010.

Gemeinde Stadel (2011): Bau- und Zonenordnung [BZO] 2011. Gestaltungsplan "Usserdorf-Hinterdorf". Gemeinde Stadel vom 07.02.2011.

GIS-ZH (2018): Geographisches Informationssystem des Kantons Zürich. http://maps.zh.ch/ Stand 2018.

Gmünder, C., Malaguerra, F., Nusch, S. & Traber, D. (2014): Regional Hydrogeological Model of Northern Switzerland. Nagra Arbeitsber. NAB 13-23.

Graf, H.R. (1993): Die Deckenschotter der zentralen Nordschweiz. Diss. ETH Zürich.

Graf, H.R. (2009): Stratigraphie von Mittel- und Spätpleistozän in der Nordschweiz. Beitr. geol. Karte Schweiz NF. 168, 198 S.

Graf, H.R., Bitterli-Dreher, P., Burger, H., Bitterli, T., Diebold, P. & Naef, (2006): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1070 Baden, mit Erläuterungen. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).

Green, A.G., Merz, K., Marti, U. & Spillmann, T. (2013): Gravity data in Northern Switzerland and Southern Germany. Nagra Arbeitsber. NAB 13-40.

GVM-ZH (2014): Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zürich. http://www.geolion.zh.ch/geodatenservice/show?nbid=1027

Haldiman, P., Graf, H.R. & Jost, J. (2017): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1071 Bülach, mit Erläuterungen. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).

Häusler, S. & Salm, Ch. (2001): Leitfaden Nummer 10 – Bodenschutz beim Bauen. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern.

Interreg II (2001): Erkundung der Grundwasserleiter und Böden im Hochrheintal zwischen Schaffhausen und Basel. Abschlussbericht zum INTERREG II-Projekt. Landratsamt Waldshut.

ISO DIN 4150-2 (1999): Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.

Jäckli, H. & Kempf, Th. (1972): Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:100'000, Blatt 1, Bözberg Beromünster – Erläuterungen. Schweizerische Geotechnische Komm., Zürich.

Jäggi, K. & Frieg, B. (2010): OPA: Sondierbohrung Benken: Langzeitbeobachtung 2009, Dokumentation der Messdaten. Nagra Arbeitsber. NAB 10-28.

Jordan, P., Malz, A., Heuberger, S., Pietsch, J., Kley, J. & Madritsch, H. (2015): Regionale geologische Profile durch die Nordschweiz und 2D-Bilanzierung der Fernschubdeformation im östlichen Faltenjura: Arbeitsbericht zu SGT Etappe 2. Nagra Arbeitsber. NAB 14-105.

Kempf, Th., Freimoser, M., Haldimann, P., Longo, V., Müller, E., Schindler, C., Styger, G. & Wyssling, L. (1986): Die Grundwasservorkommen im Kanton Zürich. Beitr. zur Geol. der Schweiz, Geotechn. Serie, Lfg. 69.

Klemenz, W., Blaser, P. & Küpfer, T. (2000): Hydrogeologie des Gebietes Lägern – Zürcher Weinland. Unpubl. Nagra Interner Ber.

Kraft, T., Herrmann, M. & Diehl, T. (2016): Analyse der Mikrobebenaktivität im Rahmen des Geothermieprojektes Schlattingen. Nagra Project Report. Commercial-in-confidence.

Kt. Zürich (2014): Gesamtkonzept Windlacherfeld / Weiach. Amt für Raumentwicklung des Kantons Zürich ARE, Baudirektion des Kantons Zürich.

Kt. Zürich (2015): Richtplan des Kantons Zürich vom 20. September 2011 (Stand 18. September 2015).

Macek, A. & Gassler, W. (2001): Sondierbohrung Benken – Bohrtechnik, Bau- und Umweltaspekte. Nagra Tech. Ber. NTB 99-12.

Madritsch, H. & Hammer, P. (2012): Characterisation of Cenozoic brittle deformation of potential geological siting regions for radioactive waste repositories in Northern Switzerland based on structural geological analysis of field outcrops. Nagra Arbeitsber. NAB 12-41.

Madritsch, H., Meier, B., Kuhn, P., Roth, Ph., Zingg, O., Heuberger, S., Naef, H. & Birkhäuser, Ph. (2013): Regionale strukturgeologische Zeitinterpretation der Nagra 2D-Seimik 2011/12. Nagra Arbeitsber. NAB 13-10.

Madritsch, H., Naef, H., Meier, B., Franzke, J.A. & Schreurs, G. (2018): Architecture and kinematics of the Constance-Frick Trough (northern Switzerland): Implications for the formation of Post-Variscan basins in the foreland of the Alps and scenarios of their Neogene reactivation. Tectonics 37. https://doi.org/10.1029/2017TC004945

Malz, A., Madritsch, H., Meier, B. & Kley, J. (2016): An unusual triangle zone in the external northern Alpine foreland (Switzerland): Structural inheritence, kinematics and implications for the development of the adjacent Jura fold-and-thrust belt. Tectonophysics 670, 127-143.

Matousek, F., Wanner, M., Baumann, A., Graf, H.R., Nüesch, R. & Bitterli, T. (2000): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1050 Zurzach, mit Erläuterungen. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).

Matter, A., Peters, T., Isenschmid, C., Bläsi, H.R. & Ziegler, H.-J. (1987): Sondierbohrung Riniken – Geologie. Nagra Tech. Ber. NTB 86-02.

Matter, A., Peters, T., Bläsi, H.-R., Meyer, J., Ischi, H. & Meyer, C. (1988): Sondierbohrung Weiach – Geologie. Nagra Tech. Ber. NTB 86-01.

Meier, B. & Deplazes, G. (2014): Reflexionsseismische Analyse des 'Braunen Doggers'. Nagra Arbeitsber. NAB 14-58.

Meier, B., Kuhn, P., Muff, S., Roth, Ph. & Madritsch, H. (2014): Tiefenkonvertierung der regionalen Strukturinterpretation der Nagra 2D-Seismik 2011/12. Nagra Arbeitsber. NAB 14-34.

Naef, H. & Deplazes, G. (2016): Stratigraphische Korrelation der Standortgebiete in der Nordschweiz: Grundlagen zu den Profildarstellungen im NTB 14-02, Dossier II: Sedimentologische und tektonische Verhältnisse. Nagra Arbeitsber. NAB 15-44.

Naef, H. & Madritsch, H. (2014): Tektonische Karte des Nordschweizer Permokarbontrogs: Aktualisierung basierend auf 2D-Seismik und Schweredaten. Nagra Arbeitsber. NAB 14-17.

Nagra (1985): Sondierbohrung Böttstein – Bau- und Umweltaspekte, Bohrtechnik. Nagra Tech. Ber. NTB 85-12.

Nagra (1986a): Sondierbohrung Weiach – Bau- und Umweltaspekte, Bohrtechnik. Nagra Tech. Ber. NTB 86-06.

Nagra (1986b): Sondierbohrung Riniken – Bau- und Umweltaspekte, Bohrtechnik. Nagra Tech. Ber. NTB 86-07.

Nagra (1986c): Sondierbohrung Schafisheim – Bau- und Umweltaspekte, Bohrtechnik. Nagra Tech. Ber. NTB 86-08.

Nagra (1986d): Sondierbohrung Kaisten – Bau- und Umweltaspekte, Bohrtechnik. Nagra Tech. Ber. NTB 86-09.

Nagra (1986e): Sondierbohrung Leuggern – Bau- und Umweltaspekte, Bohrtechnik. Nagra Tech. Ber. NTB 86-10.

Nagra (1989): Sondierbohrung Weiach – Untersuchungsbericht. Nagra Tech. Ber. NTB 88-08.

Nagra (2001): Sondierbohrung Benken – Untersuchungsbericht. Nagra Tech. Ber. NTB 00-01.

Nagra (2002a): Projekt Opalinuston: Synthese der geowissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse – Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle. Nagra Tech. Ber. NTB 02-03.

Nagra (2002b): SMA/WLB Bohrlochversiegelung/-verfüllung SB4a/schräg. Nagra Tech. Ber. NTB 02-24.

Nagra (2008): Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager – Geologische Grundlagen. Nagra Tech. Ber. NTB 08-04.

Nagra (2014a): SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Sicherheitstechnischer Bericht zu SGT Etappe 2: Sicherheitstechnischer Vergleich und Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete. Nagra Tech. Ber. NTB 14-01.

Nagra (2014b): SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage – Geologische Grundlagen. Dossiers I bis VII. Nagra Tech. Ber. NTB 14-02.

Nagra (2014c): Konzepte der Standortuntersuchungen für SGT Etappe 3. Nagra Arbeitsber. NAB 14-83.

Nagra (2014d): SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage. Charakteristische Dosisintervalle und Unterlagen zur Bewertung der Barrierensysteme. Nagra Tech. Ber. NTB 14-03.

Nagra (2016): Konzepte der Standortuntersuchungen für SGT Etappe 3 – Nördlich Lägern. Nagra Arbeitsber. NAB 16-28.

Nagra (2017a): Elektronischer Daten- und Resultateordner (EDR) für Modellrechnungen zur Radionuklidfreisetzung bei einem tiefen Bohrloch in unmittelbarer Nähe eines geologischen Tiefenlagers. Nagra Arbeitsber. NAB 15-38_Rev.1.

Nagra (2017b): Evaluation der Auswirkungen der für Etappe 3 geplanten Sondierbohrungen im Standortgebiet Nördlich Lägern auf die sicherheitstechnische Eignung dieses Standortgebiets. Nagra Arbeitsber. NAB 17-04.

Nagra (*in Vorb.*): 3D-Seismik 2016/17 Nördlich Lägern: Aufzeitbohrungen. Nagra Arbeitsber. NAB 18-23.

Natur- und Landschaftsschutzinventar (1980): Inventar der überkommunal bedeutenden Natur- und Landschaftsschutzobjekte des Kantons Zürich 1980 (Inventar80).

Nusch, S., Gmünder, C. & Traber, D. (2013): Hydrogeologisches Regionalmodell – Datenkompilation Hydrodaten. Nagra Arbeitsber. NAB 13-43.

Pietsch, J. & Jordan, P. (2014): Digitales Höhenmodell Basis Quartär der Nordschweiz – Version 2014 und ausgewählte Auswertungen. Nagra Arbeitsber. NAB 14-02.

Plenkers, K. (2014): Das neue Schwachbebennetz in der Nordschweiz: Standortsuche, Standortauswahl, realisierte Stationen. Nagra Arbeitsber. NAB 14-56.

Poller, A., Mayer, G. & Hayek, M. (2015): Modellrechnungen zur Radionuklidfreisetzung bei einem tiefen Bohrloch in unmittelbarer Nähe eines geologischen Tiefenlagers. Nagra Arbeitsber. NAB 15-13.

Pusch, R., Börgesson, L. & Ramqvist, G. (1987): Final report of the borehole, shaft and tunnel sealing test – Volume 1: Borehole plugging. Nagra Tech. Ber. NTB 87-25.

Pusch, R., Karnland, O., Hökmark, H., Sanden, T. & Börgesson, L. (1991): Final report of the Rock Sealing Project – Sealing properties and longevity of smectitic clay grouts. SKB Technical Report, Stripa Project, 91-30, December 1991. SKB Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Rothfuchs, T., Czaikowski, O., Hartwig, L., Hellwald, K., Komischke, M., Miehe, R. & Zhang, C.-L. (2013): SB Experiment – Self-Sealing Barriers of Sand/Bentonite Mixtures in a Clay Repository. Mt. Terri Technical Report 2009-03. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Bern.

Rybarczyk, G. (2012): Abschlussbericht des Reprozessings der regionalen seismischen Profildaten in der Nordschweiz. Unpubl. Nagra Interner Ber.

Rybarczyk, G. (2013): Seismische Datenverarbeitung der Nagra 2D-Seismik 2011/12 in Zeit. Nagra Arbeitsber. NAB 13-09.

Rybarczyk, G. (2014): Seismische Datenbearbeitung der Nagra 2D-Seismik 2011/12 in Tiefe. Nagra Arbeitsber. NAB 13-80.

Sans, M., Muñoz, J.A. & Vergés, J. (1996): Triangle zone and thrust wedge geometries related to evaporitic horizons (southern Pyrenees). Bulletin of Canadian Petroleum Geology 44/2, 375-384.

SIA (1993): SN 509 430 Entsorgung von Bauabfällen. Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.

SIA (1997): SN 509 431 Entwässerung von Baustellen. Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.

SIA (2013): SN 586 491 Vermeidung unnötiger Lichtemissionen im Aussenraum. Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.

Sperber, A. & Frieg, B. (2015): Geothermiebohrung Schlattingen SLA-1 – Bohrtechnik. Nagra Project Report. Commercial-in-confidence.

SUVA (2011): Richtlinien für den Einsatz von Kranen und Baumaschinen im Bereich elektrischer Freileitungen. Form 1863.d: Ausgabe 12.1972.

VÖV (2012): Sicherheit bei Arbeiten im Bereich von Bahnstromanlagen der SBB – Reglement RTE 20600 (Version 15.01.2012).

VSS (2017) Erdbau, Boden: Bodenschutz und Bauen. Schweizer Norm SN 640 582. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, Zürich.

Waber, H.N., Heidinger, M., Lorenz, G. & Traber, D. (2014): Hydrochemie und Isotopenhydrogeologie von Tiefengrundwässern in der Nordschweiz und im angrenzenden Süddeutschland. Nagra Arbeitsber. NAB 13-63.

Wersin, P., Mazurek, M., Waber, H.N., Mäder, U.K., Gimmi, T., Rufer, D. & De Haller, A. (2013): Rock and porewater characterisation on drillcores from the Schlattingen borehole. Nagra Arbeitsber. NAB 12-54.

Anhang A: Liste der verwendeten GIS-Daten Stadel 3

(Stand der Daten 02.08.2018)

Dateiname	Beschreibung	Zeit-stand	Datenlieferant
bln.shp	Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN)	2017	BAFU
smaragd.shp	Bundesinventar der Smaragdgebiete von nationaler Bedeutung	2011	BAFU
ra.shp	Bundesinventar der Ramsargebiete von nationaler Bedeutung	2011	BAFU
wv.shp	Bundesinventar der Wasser- und Zugvogelreservate von nationaler Bedeutung	2011	BAFU
tww.shp / tww_A2.shp	Bundesinventar der Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung	2017	BAFU
moorlandschaft.shp	Bundesinventar der Moorlandschaften von nationaler Bedeutung	2017	BAFU
jb.shp	Bundesinventar der Jagdbanngebiete von nationaler Bedeutung	2013	BAFU
hochmoor.shp	Bundesinventar der Hochmoore von nationaler Bedeutung	2017	BAFU
Flachmoor.shp	Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung	2017	BAFU
auengebiete.shp / au2017_a2.shp	Bundesinventar der Auen von nationaler Bedeutung	2017	BAFU
am_A3.shp / am_G.shp / am_L.shp	Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung	2017	BAFU
ko_überreg.shp	Wildtierkorridor von überregionaler Bedeutung	2013	BAFU
ko_regio.shp	Wildtierkorridor von regionaler Bedeutung	2008	BAFU
ch_are_bauzonen.shp	Bauzonen Schweiz	2016	Bundesamt für Raumentwicklung ARE
ivs_linienobjekte.shp	Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz	2010	Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bereich Langsamverkehr
2016-10-01-Va-ISOS_ Ortsbildattribute_Release_8.shp	Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung	2016	Bundesamt für Kultur

Dateiname	**Beschreibung**	**Zeit-stand**	**Datenlieferant**
ghk_hmur_zh.shp	Gefahrenhinweiskarte – Hangmuren	2013	Kanton Zürich
ghk_spon_zh.shp	Gefahrenhinweiskarte – Spontanrutschungen	2013	Kanton Zürich
ghk_mura_zh.shp	Gefahrenhinweiskarte – Murablagerungen	2013	Kanton Zürich
ghk_murg_zh.shp	Gefahrenhinweiskarte – Murgangprozesse in Gerinnen	2013	Kanton Zürich
ghk_stur_zh.shp	Gefahrenhinweiskarte – Sturzprozesse Stein- und Blockschlag	2013	Kanton Zürich
WB_SYN_GK_F.shp	Synoptische Gefahrenkarte Hochwasser	2017	Kanton Zürich
WB_SYN_PERIMETER_F.shp	Perimeter Gefahrenkarte	2017	Kanton Zürich
FJ_WTK_ACHSEN_NATIONAL_F.shp	Nationale Ausbreitungsachsen	2012	Kanton Zürich
FJ_WTK_PERIMETER_F.shp	Wildtierkorridore – Perimeter	2014	Kanton Zürich
GEOMORPH_INVENTAR_F.shp	Geomorphologisch bedeutende Objekte	2018	Kanton Zürich
GS_GRUNDWASSERFASSUNGEN_P.shp	Grundwasserfassungen	2018	Kanton Zürich
GS_QUELLFASSUNGEN_P.shp	Quellfassungen	2016	Kanton Zürich
AWEL_GS_GEWSCHUTZBEREICH_AU_F.shp	Gewässerschutzbereich A_u	2017	Kanton Zürich
WB_GEWAESSERAUSPRAEGUNG_L_M.shp	Öffentliche Oberflächengewässer	2018	Kanton Zürich
GS_SCHUTZZONE_TEILFLAECHEN_F.shp	Grundwasserschutzzonen	2017	Kanton Zürich
GS_SCHUTZAREALE_F.shp	Grundwasserschutzareale	2017	Kanton Zürich
GS_GW_MAECHTIGKEIT_L.shp	Grundwassermächtigkeit	2018	Kanton Zürich
GS_GW_ISOHYPSE_MW_L.shp	Grundwassergleichen Mittelwaser	2018	Kanton Zürich
GISZHPUB_FJ_WTK_ACHSEN_REGIONAL_F.shp	Perimeter der regionalen Ausbreitungsachse	2014	Kanton Zürich
GISZHPUB_NSO_2011_KANTONAL_F_V.shp	Kantonal bedeutende Naturschutzobjektflächen	2016	Kanton Zürich
GISZHPUB_NSO_2011_REGIONAL_F_V.shp	Regional bedeutende Naturschutzobjektfläche	2016	Kanton Zürich
AWEL_AW_AL_KBS_F.shp	Kataster der belasteten Standorte (KbS)	2018	Kanton Zürich
ARV_KAZ_ARCHZONEN_F.shp	Archäologische Zonenpläne	2018	Kanton Zürich
GISZHPUB_SLA_LASCHUTZ_F.shp	Landschaftsschutzgebiete und Landschaftsfördergebiete	2017	Kanton Zürich

Dateiname	Beschreibung	Zeit-stand	Datenlieferant
nutz_ubes_10.shp	Zonenpläne	2012	Kanton Zürich
reb1990.shp	Rebflächen 1990	2013	Kanton Zürich
FFF_F.shp	Fruchtfolgeflächen (FFF)	2018	Kanton Zürich
GISZHPUB_AW_CRK_Erdgasleitungen_L.shp	Erdgasleitungen aus dem Chemie Risikokataster	2015	Kanton Zürich
Bohrdaten_V11_2018-08-08.mdb	Bohrungsdatenbank	2018	Nagra
FaultPolygons_NL_40_TLi_20180910.shp	Störungen Basis Opalinuston	2018	Nagra
FaultPolygons_NL_70_TMk_20180910.shp	Störungen Top Muschelkalk	2018	Nagra
FaultPolygons_NL_80_BMz_20180910.shp	Störungen Basis Mesozoikum	2018	Nagra
Perimeter_3D-Seismik_NL.shp	Perimeter Nagra 3D-Seismik NL	2018	Nagra
iso_mqu_140612.shp	Basis Quartär	2014	Nagra
Betrachtungsraum_Interessenabwaegung.shp	Betrachtungsraum der Interessen-abwägung	2018	Nagra
regio090129n.shp	Geologisches Standortgebiet	2015	Nagra
NagraGIS_LOGS_VORHANDEN.shp	Tiefbohrung Weiach 1	2018	Nagra
Bohrplatz_zusaetzlich_nl_draft 20180326.shp	Bohrplatz Stadel 3	2018	Nagra
bohrplaetze_sondiergsuche_nl.shp	Bohrplatzperimeter	2018	Nagra
BD_moegl_schwellenzone_NL7.shp	Westgrenze mögliche Schwellenzone	2018	Nagra
Standort_Bohrturm.shp	Standort des Bohrturms innerhalb des Bohrplatzes	2017	Nagra
Einflussbereich_und_Bohrpfade.shp	Möglicher Einflussbereich der Bohrung im Untergrund	2018	Nagra
Untersuchungsperime-ter_NL7_20181001.shp	Untersuchungsperimeter für Tiefbohrungen	2018	Nagra
RegStoer_KTZ_Puffer_20141021.shp	Tektonik Nordschweiz	2016	Nagra
Swissgridnetz_AG_ZH.shp	Stromleitungen	2016	Swissgrid
EKZ_Leitungen.shp	Stromleitungen	2015	EKZ
20160317_Leitung_Axpo.shp	Stromleitungen	2016	Axpo
GLATTFELDEN_POLYGON_MAIN.shp / GLATTFELDEN_POLYGON_AUX.shp	Geol. Hauptflächenelemente – Geo25 (Vektordaten) Glattfelden	2010	swisstopo (GeoCover)
STADEL_POLYGON_MAIN.shp / STADEL_POLYGON_AUX.shp	Geol. Hauptflächenelemente – Geo25 (Vektordaten) Stadel	2010	swisstopo (GeoCover)

Dateiname	**Beschreibung**	**Zeit-stand**	**Datenlieferant**
SMR25_LV95_KREL_1051_2016_1.tif	Pixelkarte Topographie 1:25'000, Blatt Eglisau	2017	swisstopo (Swiss Map Raster)
SMR25_LV95_KREL_1071_2013_2.tif	Pixelkarte Topographie 1:25'000, Blatt Bülach	2016	swisstopo (Swiss Map Raster)
SMR50_LV95_KREL_Mosaic_2018.tif	Pixelkarte Topographie 1:50'000	2018	swisstopo (Swiss Map Raster)
PK100_LV95_KOMB_20L_Mosaic_2018.tif	Pixelkarte Topographie 1:100'000	2018	swisstopo
swissBOUNDARIES3D_1_3_TLM_HOHEITSGRENZE.shp	Hoheitsgrenze Schweiz	2018	Swisstopo (swissTLM^{3D})
swissTLM3D_TLM_FLIESSGEWAESSER.shp	TLM 3D Fliessgewässer	2018	Swisstopo (swissTLM^{3D})
swissTLM3D_TLM_EISENBAHN.shp	TLM 3D Eisenbahnlinien	2018	Swisstopo (swissTLM^{3D})
swissTLM3D_TLM_STRASSE.shp	TLM 3D Strassennetz	2018	Swisstopo (swissTLM^{3D})
swissTLM3D_TLM_GEBAEUDE_FOOTPRINT.shp	TLM 3D Gebäude	2018	Swisstopo (swissTLM^{3D})
VECTOR200_Produkt_LV03.mdb	Vector 200	2017	swisstopo
mm0001	Digitales Höhenmodell DHM25	2016	swisstopo
Sauberwasser_Select.shp / Misch_Abwasser_Select.shp	Werkkataster Wasser / Abwasser Stadel	2018	SWR Infra AG