

**Abbaugelbiet Lugibach Ost
Würenlos / AG**

Geologisch-hydrogeologischer Bericht

Baden, 29. April 2020

Auftraggeber: Tägerhard Kies AG, Otelfingerstrasse 5, 5430 Wettingen

Objektnummer: 192001

INHALT

1	EINLEITUNG	4
1.1	Ausgangslage und Auftrag	4
1.2	Projektperimeter	4
1.3	Verwendete Unterlagen	4
1.4	Ausgeführte Arbeiten	4
2	GEOLOGISCHE UND HYDROGEOLOGISCHE ÜBERSICHT	5
2.1	Geologische Verhältnisse	5
2.2	Grundwasserverhältnisse	7
3	GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE IM BEREICH DES PROJEKTPERIMETERS	8
3.1	Sondierungen	8
3.2	Geophysikalische Untersuchungen	8
3.3	Schichtaufbau	10
3.4	Materialbeschaffenheit	11
3.5	Kataster der belasteten Standorte	12
4	GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE IM BEREICH DES PROJEKTPERIMETERS	12
4.1	Lage des Grund- resp. Hangwasserspiegels	12
4.2	Schwankungsverhalten des Grund- resp. Hangwasserspiegels	13
4.3	Beschaffenheit des Grundwassers	13
5	GEOLOGISCH-HYDROGEOLOGISCHE BEURTEILUNG	13
5.1	Materialbeschaffenheit	13
5.2	Provisorische Festlegung der tiefstzulässigen Abbaukote	14
5.3	Abbaubare Kiesmächtigkeit	15
6	PROJEKTAUSWIRKUNGEN AUF DAS GRUNDWASSER	16
6.1	Projektauswirkungen während des Abbaus	16
6.2	Projektauswirkungen während der Wiederauffüllung	17
7	GRUNDWASSERSCHUTZMASSNAHMEN	18
7.1	Trockenschutzschicht	18
7.2	Grundwasserschutzmassnahmen während des Abbaus	18
7.3	Grundwasserschutzmassnahmen während der Wiederauffüllung	18
8	GRUNDWASSERÜBERWACHUNG	19
8.1	Grund- resp. Hangwasserspiegellage	19
8.2	Grundwasserqualität	19
9	ZUSAMMENFASSENDE BEURTEILUNG	19

TABELLEN

Tabelle 1:	Angaben zu Bohrungen und Baggerschächten	9
Tabelle 2:	Gewichtsprozente von charakteristischen Korngrössenintervallen	12
Tabelle 3:	Volumenkalkulation der anzutreffenden Lithologien im Abbauperimeter	15

FIGUREN

Figur 1:	Ausschnitt aus dem Geologischen Atlas der Schweiz, 1:25'000	6
Figur 2:	Hydrogeologisches Profil 12 (Profillinie vgl. Figur 3), nicht massstäblich	6
Figur 3:	Ausschnitt aus der Grundwasserkarte des Kantons Aargau, 1:25'000	7

BEILAGEN

Beilage 1:	Situation 1:2'500, Lage des Abbaugbietes und der Sondierungen
Beilage 2:	Profil A, B und C 1:1'000, geologisch bearbeitet
Beilage 3:	Sondierprotokolle der Bohrungen 20-1 bis 20-3
Beilage 4:	Sondierprotokolle der Baggerschächte 20-11 bis 20-19
Beilage 5:	Fotodokumentation Kernbohrung 20-1
Beilage 6:	Korngrössenverteilung; Erdbaulabor F. Steiger
Beilage 7:	Geophysikalische Untersuchungen; Bericht roXplore GmbH vom 20. April 2020
Beilage 8:	Situation 1:2'500, Isohypsen der tiefstzulässigen Abbaukote

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage und Auftrag

Im Gebiet Tägerhard/Flüefeld zwischen Würenlos und Wettingen wird seit längerem Kies abgebaut. Aktuell werden an drei Standorten Kiesgruben betrieben respektive wieder aufgefüllt. Die Firma Tägerhard Kies AG, Betreiberin der Kiesgrube «Lugibach West» in Würenlos, sieht zur längerfristigen Ressourcensicherung auch im benachbarten Gebiet «Lugibach Ost» einen Materialabbau vor. Eine erste grobe Machbarkeitsabschätzung wurde bereits im Februar 2018 durch die ilu AG vorgenommen.

Basierend auf dem Angebot vom 15. Januar 2020 hat Herr Urs Meier von der Tägerhard Kies AG die Jäckli Geologie AG mündlich beauftragt, im vorgesehenen Projektperimeter detaillierte geologisch-hydrogeologische Untersuchungen durchzuführen.

1.2 Projektperimeter

Der Projektperimeter «Lugibach Ost» befindet sich im Gebiet Lugibach, direkt an der Kreuzung von Furttal- und Landstrasse im nordwestlichen Gemeindegebiet von Würenlos. Er umfasst die Parzellen Kat.-Nrn. 2528, 2546, 2547, 2550, 2551, 2552, 2553, 2555, 2556, 2560, 2564, 3985 und 5071. Der Projektperimeter ist in den *Figuren 1 bis 3* und in den *Beilagen 1 und 7* ersichtlich.

1.3 Verwendete Unterlagen

- [1] Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25'000, Blatt 1070 Baden, Karte 120 mit Erläuterungen, 2006/2007.
- [2] ilu AG (21.02.2018): Erste geologische Einschätzung, Grobe Volumen-Kalkulation, Gebiet Lugibach Ost.
- [3] ilu AG (23.02.2018): Abbaugbiet Lugibach Ost, Grobanalyse, Erstbeurteilung potentieller Kiesabbau.
- [4] Richtplan des Kantons Aargau, 1:25'000 (agis, April 2020)
- [5] Grundwasserkarte des Kantons Aargau, 1:25'000 (agis, April 2020)
- [6] Gewässerschutzkarte des Kantons Aargau, 1:25'000 (agis, April 2020)
- [7] Kataster der belasteten Standorte des Kantons Aargau, 1:25'000 (agis, April 2020)
- [8] Prüfperimeter Bodenaushub des Kantons Aargau, 1:25'000 (agis, April 2020)

1.4 Ausgeführte Arbeiten

Eduard Meier AG, Wettingen

- Ausheben von neun Baggerschächten.

Blétry AG, Küttigen

- Abteufen einer Kernbohrung und zwei Destruktivbohrungen bis rund 54 m Tiefe.
- Ausbau der Bohrungen mit 4.5"-Piezometerrohren zu Grundwasser-Messstellen.

roXplore gmbh, Amlikon-Bissegg

- Durchführung und Auswertung von seismischen Messungen.

Erdbaulabor F. Steiger, dipl. Bauing. ETH/SIA, Zürich

- Bestimmung der Kornverteilung an insgesamt sechs Materialproben.

Jäckli Geologie AG, Baden

- Festlegung der Sondier- und Bohrstandorte, Einholen der Bohrbewilligung.
- Organisation und Fachbauleitung der Sondierungen und der geophysikalischen Untersuchungen.
- Begleitung und geologische Aufnahme von neun Baggersondierungen und drei Bohrungen.
- Nivellement und Vermessung der Sondierstandorte.
- Durchführung von Abstich-Messungen in den Grundwasser-Messstellen.
- Auswertung und grafische Darstellung sämtlicher Untersuchungsergebnisse.

2 GEOLOGISCHE UND HYDROGEOLOGISCHE ÜBERSICHT

2.1 Geologische Verhältnisse

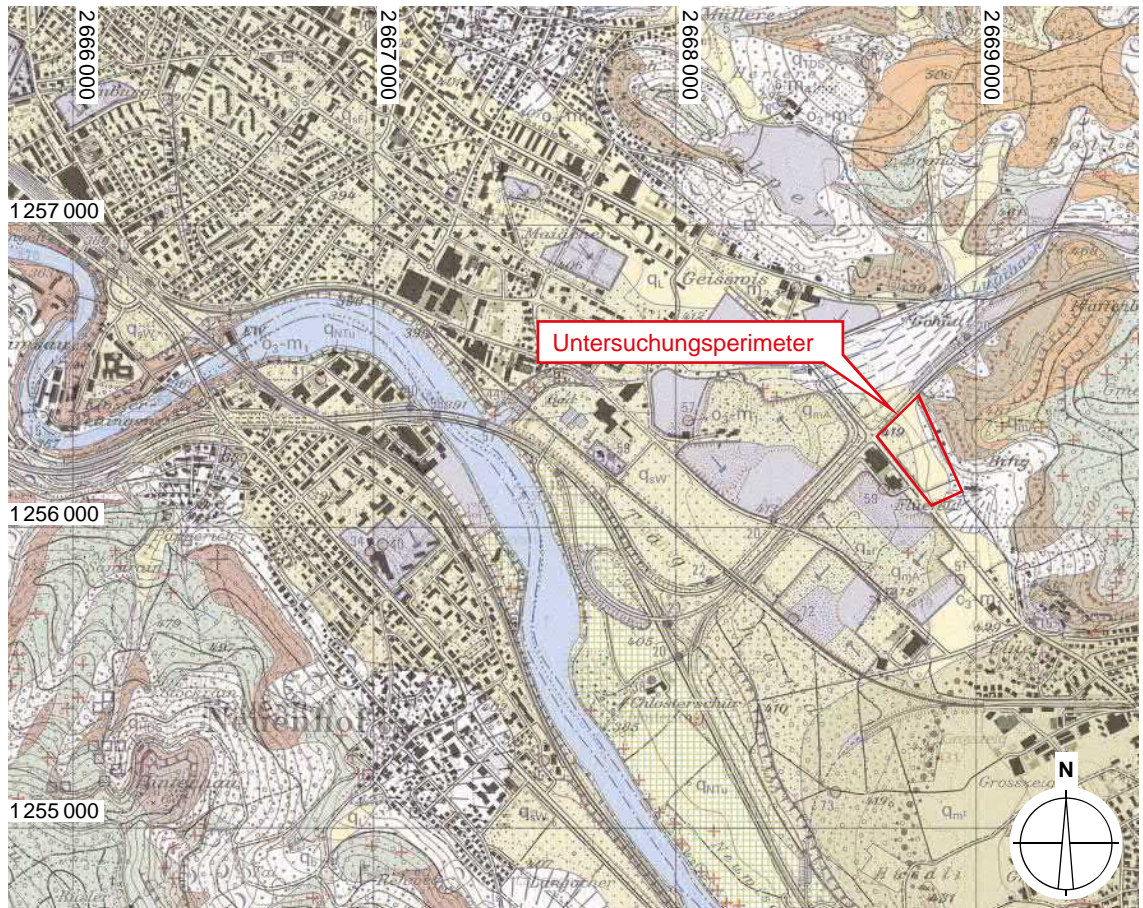
(Figuren 1 und 2)

Der Projektperimeter liegt an der nördlichen Talflanke des Limmattals, kurz vor der Einmündung des Furttales (vgl. Figur 1).

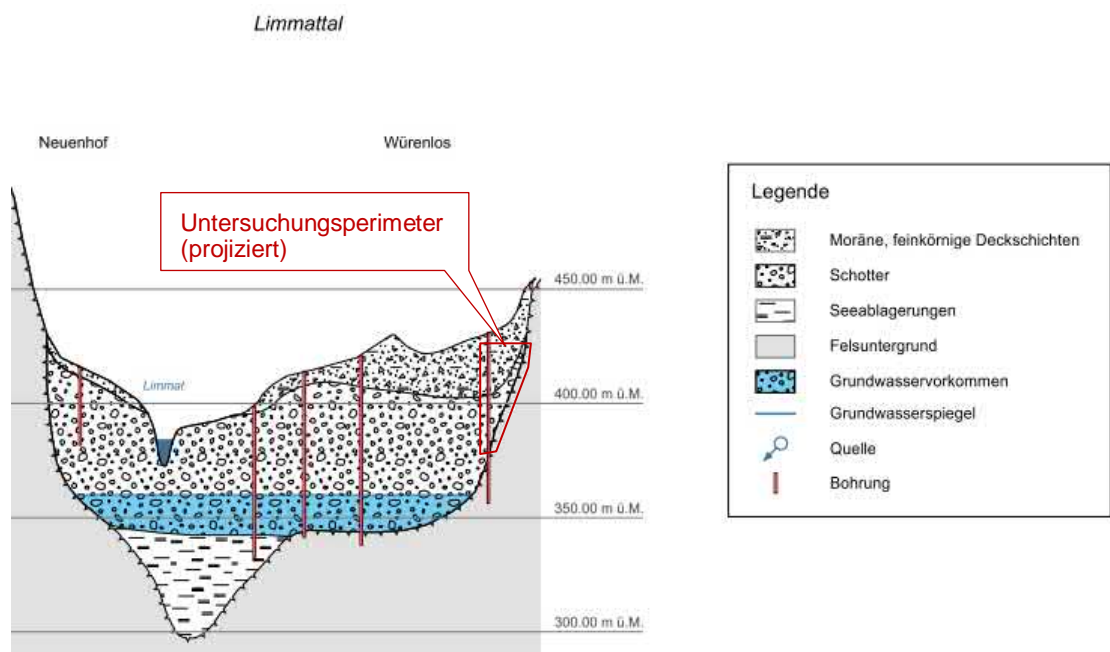
Die Felsoberfläche aus Gesteinen der Molasse ist direkt nordöstlich des Projektperimeters an der Terrainoberfläche aufgeschlossen. Aus dem benachbarten, nordwestlich angrenzenden Abbaugbiet ist bereits bekannt, dass dort eine unterirdische, ungefähr Nordost-Südwest ausgerichtete Felsrippe vorhanden ist. Gegen Südwesten taucht der Fels ab und wird im schmalsten, zentralen Teil der Felsrinne von rund 50 m mächtigen, feinkörnigen Seeablagerungen überdeckt. An deren Obergrenze von rund 340 m ü.M. bilden die Seeablagerungen zusammen mit einer seitlichen Aufweitung des alten Felstals eine breite, unterirdische «Talmulde». Über den Seeablagerungen resp. dem Molassefels liegen bis zu 60 m mächtige Lockergesteinsablagerungen aus kiesigem Schotter und feinkornreicherem, verschwemmtem Moränenmaterial (vgl. Figur 2).

Über dem Molassefels folgen im Bereich des Projektperimeters glaziale und postglaziale Lockergesteine. Es handelt sich dabei um vorwiegend sandig-kiesige Niederterrassenschotter, welche lagenweise auch feinanteilreich ausgebildet sein können. Über den Schottern folgen mehrheitlich geringmächtige Oberflächenschichten. Entlang der nordöstlichen Perimetergrenze resp. gegen die Talflanke hin liegen zuoberst relativ mächtige Gehänge- und Verwitterungsablagerungen vor.

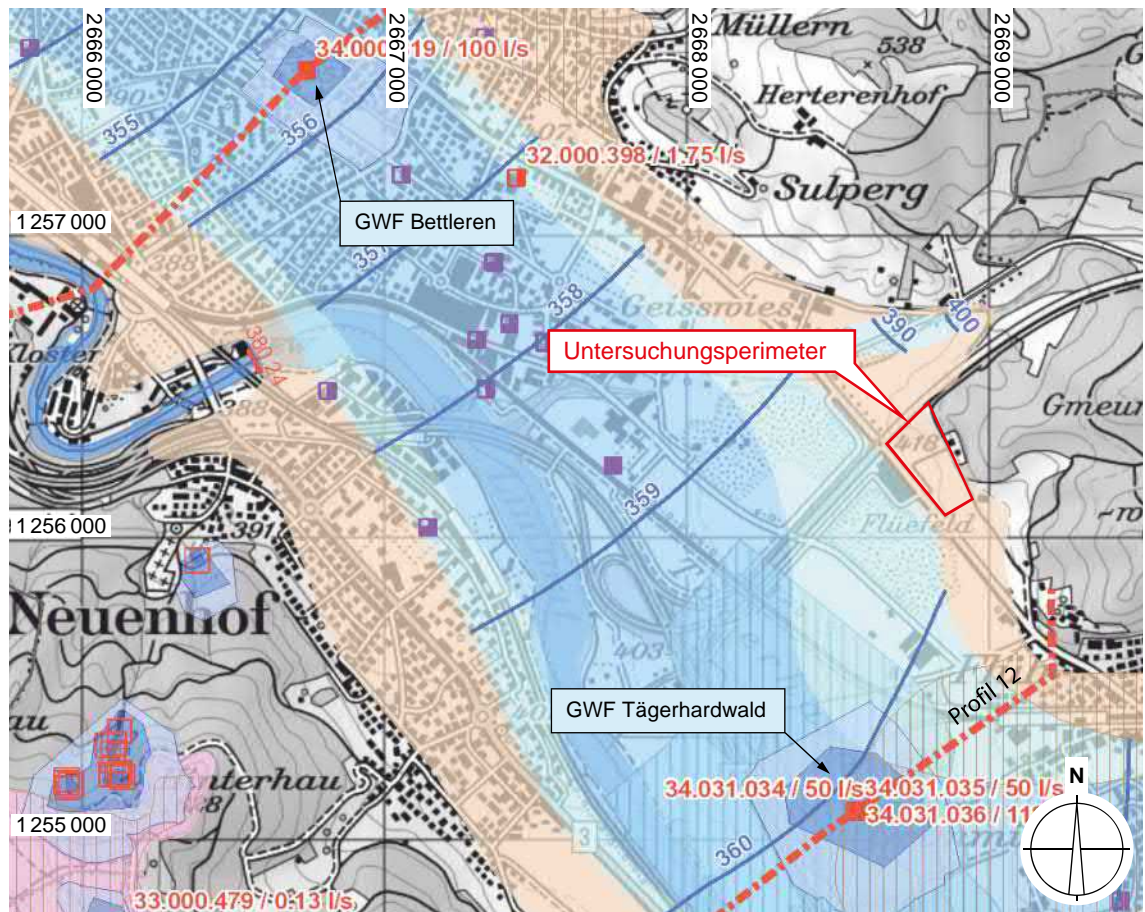
Figur 1: Ausschnitt aus dem Geologischen Atlas der Schweiz, 1:25'000








Figur 2: Hydrogeologisches Profil 12 (Profillinie vgl. Figur 3), nicht massstäblich




Figur 3: Ausschnitt aus der Grundwasserkarte des Kantons Aargau, 1:25'000






Schotter-Grundwasserleiter in Tälern

-  Geringe Grundwassermächtigkeit oder geringe Durchlässigkeit
-  Mittlere Grundwassermächtigkeit, nachgewiesen / vermutet
-  Grosse Grundwassermächtigkeit, nachgewiesen / vermutet
-  Sehr grosse Grundwassermächtigkeit
-  Grundwasser-Stockwerk 2 / 3




Bedeckung von Grundwasserleitern

-  Schlecht durchlässige Deckschicht

Schotter-Grundwasserleiter über den Tälern

-  Geringe Grundwassermächtigkeit oder geringe Durchlässigkeit
-  Mittlere Grundwassermächtigkeit, nachgewiesen / vermutet
-  Grosse Grundwassermächtigkeit

Hydrogeologische Angaben

-  401 Isohypsen des Grundwasserspiegels bei Mittelwasserstand
-  Quelfassung
-  Grundwasserfassung

2.2 Grundwasserverhältnisse

(Figur 3)

Der Projektperimeter befindet sich im nördlichsten Randbereich des Limmattal-Grundwasservorkommens (vgl. Figur 3). Als Grundwasserleiter wirken die gut durchlässigen Niederterrassenschotter, während die darunter folgenden Seeablagerungen resp. Felsgesteine den Grundwasserstauer darstellen.

Das Grundwasser fliesst in der Talsohle mit einem flachen Gefälle von rund 1‰ ungefähr parallel zur Talachse von Südosten nach Nordwesten. Der Grundwasserspiegel bei Mittelwasser liegt im talseitigen Abschnitt des Projektperimeters auf rund 359-360 m ü.M. Als Folge des ansteigenden Reliefs der Felsoberfläche gegen Norden ist im Projektperimeter nur lokal, d.h. im tiefsten Teil des Schotters knapp über der Felsoberfläche wenig Grund- resp. Hangwasser vorhanden.

Das Limmattal-Grundwasservorkommen wird in zahlreichen Pumpwerken sowohl zu Trink- und Brauchwasserzwecken als auch zu thermischen Zwecken genutzt (vgl. *Figur 3*). Speziell erwähnenswert sind die beiden nächstgelegenen, kommunalen Trinkwasserfassungen Tägerhardwald (Konz. Nr. 34.031.034-036, stromaufwärts) und Bettleren (Konz. Nr. 34.000.319, stromabwärts).

Der Projektperimeter befindet sich im Gewässerschutzbereich A_u [6].

3 GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE IM BEREICH DES PROJEKTPERIMETERS

3.1 Sondierungen

(*Beilagen 1, 3, 4 und 5*)

Zur Abklärung der Untergrund- und Grundwasserverhältnisse sowie zur ungefähren Ermittlung der tiefstzulässigen Abbaukote und des Abbauvolumens wurden im Projektperimeter insgesamt drei tiefreichende Sondierbohrungen abgeteuft sowie neun Baggerschächte ausgehoben. Die Bohrungen wurden durch das Versetzen von PVC-Kleinfiterrohren (4.5", vgl. *Tabelle 1*) zu Grundwasserbeobachtung- und -messstellen ausgebaut. Die Sondierstandorte sind in *Beilage 1* dargestellt. Die Sondierprotokolle der Bohrungen und der Baggerschächte finden sich in den *Beilagen 3* resp. *4*. In *Beilage 5* ist zudem die Fotodokumentation der Kernbohrung 20-1 vorhanden.

3.2 Geophysikalische Untersuchungen

(*Beilage 7*)

Wie in *Kap. 2.1* erwähnt, wurde im nördlichen Bereich des Projektperimeters eine unterirdische Felsrippe vermutet. Aus diesem Grund wurde zur Erkundung der Felsoberfläche zusätzlich zu den drei Bohrungen entlang von vier Profilen seismische Messungen (Refraktionsseismik) durchgeführt.

Mit Hilfe der seismischen Profile konnte der Verlauf der Felsoberfläche im Bereich des Projektperimeters ungefähr ermittelt werden. In den Profilen wird die Felsoberfläche von der nordöstlichen Perimetergrenze her als zuerst steil abfallender, gegen Südwesten hin abflacher, seismischer Horizont abgebildet.

Mit Hilfe der seismischen Messungen konnten zudem Änderungen in der Zusammensetzung resp. Lagerungsdichte innerhalb der Lockergesteinsablagerungen detektiert werden. So konnten innerhalb der Lockergesteine anhand verschiedener Wellengeschwindigkeiten Deckschichten sowie locker und dicht gelagerte Kiesschichten unterschieden werden.

Detaillierte Erläuterungen finden sich im Untersuchungsbericht der roXplore GmbH vom 20. April 2020 in *Beilage 7*. Die Resultate der seismischen Messungen dienen zusammen mit den Sondiererergebnissen als Basis für die Interpretation des im Projektperimeter vorhandenen Schichtaufbaus (vgl. Kap. 3.3).

Tabelle 1: Angaben zu Bohrungen und Baggerschächten

Sondierung	Terrainhöhe	Koordinaten	Sondierart, Einbau	Sondier-tiefe	Wasserspiegel		
					Tiefe	Kote	Datum
Nr.	[m ü.M.]	-	*) **)	[m]	[m ab OKT]	[m ü.M.]	-
20-1	418.14	668'675/ 256'305	KB P	54	52.42	365.72	30.3.2020
20-2	419.12	668'788/ 256'166	SB P	52	50.50	368.62	30.3.2020
20-3	423.01	668'849/ 256'294	SB P	22	20.38	402.63	30.3.2020
20-11	423.06	668'793/ 256'429	BS	1.7	keine Wasserzutritte		13.2.2020
20-12	422.52	668'800/ 256'409	BS	2.4	keine Wasserzutritte		13.2.2020
20-13	421.86	668'815/ 256'379	BS	4.2	keine Wasserzutritte		13.2.2020
20-14	423.25	668'851/ 256'298	BS	3.5	keine Wasserzutritte		13.2.2020
20-15	423.99	668'875/ 256'231	BS	5.0	keine Wasserzutritte		13.2.2020
20-16	425.27	668'910/ 256'161	BS	4.5	keine Wasserzutritte		13.2.2020
20-17	419.12	668'798/ 256'274	BS	3.0	keine Wasserzutritte		14.2.2020
20-18	418.54	668'762/ 256'238	BS	4.5	keine Wasserzutritte		14.2.2020
20-19	421.15	668'776/ 256'419	BS	4.0	keine Wasserzutritte		13.2.2020

*) KB = Rotationskernbohrung
SB = Spühlbohrung
BS = Baggerschacht
P = Piezometerrohr

***) OK Piezometerrohr

Nr. 20-1 418.04 m ü.M. Ø 4.5"
Nr. 20-2 419.04 m ü.M. Ø 4.5"
Nr. 20-3 422.80 m ü.M. Ø 4.5"

3.3 Schichtaufbau

(Beilagen 1-5)

Anhand der Sondierergebnisse und der seismischen Messungen können die Lockergesteinsablagerungen im Projektgebiet Lugibach Ost in die nachfolgend beschriebenen Schichteinheiten unterteilt werden. Anhand der Sondierungen (vgl. Kap. 3.1) und seismischen Messungen (vgl. Kap. 3.2) wurden insgesamt drei geologische Querprofile durch den Projektperimeter gezeichnet, in welchen der Schichtaufbau im Detail dargestellt ist (vgl. Beilage 2).

Deckschichten

Mit der Bezeichnung «Deckschichten» werden nachfolgend die verschiedenen, oberflächen-nahen, über den Schottern vorhandenen, vorwiegend feinanteilreichen Lockergesteinsablagerungen zusammengefasst.

Im gesamten Projektperimeter wurde zuoberst geringmächtiger Oberboden aus durchwurzeltem, tonig-siltigem Feinsand angetroffen.

Im südwestlichen Bereich des Projektperimeters (Bohrungen 20-1 und 20-2 sowie Baggerschächte 20-17 und 20-18) folgen unter dem Oberboden *Verwitterungslehme* aus vorwiegend tonig-siltigem Feinsand mit wenig Kies bzw. tonig-siltigem Kies mit reichlich Sand. Die Untergrenze der *Verwitterungslehme* wurde in rund 1.8 bis 2.9 m u.T. angetroffen.

Im nordöstlichen Bereich des Projektperimeters (Bohrung 20-3, Baggerschächte 20-11 bis 20-16, 20-19) folgen unter dem Oberboden *Gehängeablagerungen* aus vorwiegend sauberem bis tonig-siltigem Sand mit wenig Kies. Speziell erwähnenswert ist, dass in den Baggersondierungen 20-12 bis 20-14 vermehrt Bruchstücke aus Sandsteinen beobachtet wurden, während in den Baggersondierungen 20-15 und 20-16 vermehrt Gastropoden-führende, tonig-siltige Schichten vorhanden waren. Die Untergrenze der Gehängeablagerungen wurde lediglich in der Spühlbohrung 20-3 (rund 8 m u.T.) und im Baggerschacht 20-11 (0.8 m u.T.) angetroffen.

Niederterrassenschotter

Unter den Deckschichten folgt in den drei Bohrungen resp. in den beiden Baggersondierungen 20-17 und 20-18 die Niederterrassenschotter. In der *Beilage 1* sind die Koten der Obergrenze der Schotter vermerkt. Diese bestehen mehrheitlich aus sauberem bis mässig siltigem Kies mit reichlich bis viel Sand und einem variablen Anteil an Steinen und Blöcken. Der oberste Abschnitt der Schotter ist aufgrund von Verwitterungsprozessen stellenweise etwas feinanteilreicher ausgebildet. Zudem wurden im obersten Abschnitt stellenweise sog. «faule Gerölle» festgestellt.

Die detaillierte Abfolge der Schotter bis auf den darunterliegenden Fels ist in der Kernbohrung 20-1 (vgl. *Beilage 3*) ersichtlich. Der Kieskörper kann hier von oben nach unten in die stratigraphischen Untereinheiten des Wettinger-Schotter, die glazigenen Sedimente des Wettinger-Vorstosses und des Flüefeld-Schotter unterteilt werden (vgl. auch [2, 3]).

Aufgrund mehrerer Bohrkern-Abschnitte mit einem hohen Anteil an Bohrmehl ist in Rücksprache mit dem Bohrmeister davon auszugehen, dass insbesondere die tieferliegenden Einheiten der Schotter stellenweise sehr dicht gelagert resp. verkittet sind. Dies deckt sich mit den seismischen Ergebnissen, welche aufgrund der Zunahme der seismischen Geschwindig-

keiten einen lithologischen Wechsel postulieren (vgl. Kap. 3.2, Beilage 7). Die Verkittungen sind vorwiegend unterhalb von 10 bis 15 m u.T. zu beobachten und liegen dementsprechend in den tieferliegenden glazigenen Sedimenten des Wettinger Vorstoss und des Flüefeld-Schotters.

Fels

Die Felsgesteine der Oberen Meeresmolasse sind aus grauen bis beigegrünlichen, weichen Sandsteinen aufgebaut. Der Molassefels wurde in folgenden vier Sondierungen angetroffen:

- | | | |
|------------------------|-----------------|------------------|
| • Kernbohrung 20-1: | ca. 53.0 m u.T. | ca. 365.1 m ü.M. |
| • Spühlbohrung 20-2: | ca. 51.0 m u.T. | ca. 368.1 m ü.M. |
| • Spühlbohrung 20-3: | ca. 20.0 m u.T. | ca. 403.0 m ü.M. |
| • Baggerschacht 20-11: | ca. 0.8 m u.T. | ca. 421.5 m ü.M. |

Gemäss den Erkenntnissen aus den Sondierungen und den seismischen Messungen fällt die Felsoberfläche wie erwartet von der nordöstlichen Perimetergrenze steil in südwestlicher Richtung ab. Entlang der nordöstlichen Perimetergrenze liegt der Fels auf rund 410 m ü.M. Eine Ausnahme stellt die nördlichste Ecke dar, wo der Fels lokal auf über 420 m ü.M. liegt. Es dürfte sich dabei um den Ausläufer der aus dem benachbarten Abbaugelbiet bekannten, unterirdischen Felsrippe handeln. Die weiteren Sondierungen und die seismischen Messungen zeigen aber, dass die Felsrippe lediglich lokal in dieser Ecke vorhanden ist und sich nicht weiter in den Projektperimeter hinein erstreckt. Entlang der südwestlichen Perimetergrenze liegt der Fels noch auf rund 370 m ü.M. In *Beilage 1* ist der Verlauf der Felsoberfläche anhand von Isolinien dargestellt.

3.4 Materialbeschaffenheit

(*Beilage 6*)

Aus der Kernbohrung 20-1 wurden insgesamt sechs gestörte Kiesproben entnommen, an welchen im Erdbaulabor von F. Steiger die Kornverteilung anhand von Sieb- und Schlamm-analysen bestimmt wurde. Dabei entstammen zwei Proben der obersten Einheit des Wettinger Schotters, eine Probe den glazigenen Sedimente des Wettinger Vorstosses und drei Proben des Flüefeld-Schotters. Die Summenkurven der Kornverteilung sind in der *Beilage 6* dargestellt und in der *Tabelle 2* zusammengestellt. Aus den Spühlbohrungen 20-2 und 20-3 wurden aufgrund des destruktiven Bohrverfahrens keine Proben entnommen resp. analysiert.

Aufgrund der geringen Anzahl an Proben aus lediglich einer Bohrung (20-1) sind die oben aufgeführten Kornverteilungen nicht für den gesamten Projektperimeter repräsentativ. Dennoch können sie erste Hinweise auf die Kiesqualität in den verschiedenen stratigraphischen Einheiten geben.

Generell zeigen alle entnommenen Proben mit 6 bis 9 Gewichtsprozent einen relativ geringen Feinkornanteil (Ton- und Silt). Die Frostsicherheit der untersuchten Schotterproben ist nach dem Kriterium $P(0.02\text{ mm}) < 3\%$ (P = Prozent Siebdurchgang bei $d = 0.02\text{ mm}$) mit Werten von 0 bis 2.2% gegeben.

Der Wettinger Schotter weist mit 19 bis 22 Gewichtsprozent einen leicht geringeren Sand-Anteil als der darunterliegende, stellenweise verkittete Schotter des Wettinger Vorstosses (33 Gew.-%) und des Flüefeld-Schotters (29 bis 33 Gew.-%) auf. Dementsprechend höher ist der Kies-Anteil in der obersten Einheit (63 bis 74 Gew.-%) gegenüber den unteren beiden Einheiten (58 bis 67 Gew.-%).

Aufgrund der beschränkten Probemenge von jeweils ca. 5 bis 10 kg erscheint der Anteil an Steinen gemäss den obgenannten Kornverteilungen deutlich zu klein. Gemäss visueller Abschätzung anlässlich der geologischen Aufnahme der Sondierungen wurden lagenweise bis zu 20 Gew.-% Steine und Blöcke beobachtet.

Tabelle 2: Gewichtsprozente von charakteristischen Korngrössenintervallen

Lithologie	Korngrösse			
	Ton & Silt [Gew. - %]	Sand [Gew. - %]	Kies [Gew. - %]	Steine [Gew. - %]
	< 0.063 mm	0.063 – 2.0 mm	2.0 - 63 mm	63–200 mm
Wettinger-Schotter	6 - 7	19 - 22	63 - 74	0 - 9
Wettinger-Vorstoss	6	33	67	0
Flüefeld-Schotter	6 - 9	29 - 33	58 - 64	0

3.5 Kataster der belasteten Standorte

Die Projektparzellen sowie die direkt angrenzenden Parzellen sind nicht im Kataster der belasteten Standorte eingetragen [7].

Gemäss Prüfperimeter Bodenaushub des Kantons Aargau ist entlang der beiden Kantonsstrassen K120 und K275 je 10 m seitlich ab Strassenrand mit Belastungen des Bodens mit Blei (Pb) und Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) zu rechnen [8]. Der Bodenabtrag ist in diesem Bereich entweder direkt vor Ort zu verwerten oder vor der weiteren Verwendung resp. Deponierung auf die primäre Schadstoffbelastung (Pb/PAK) hin zu untersuchen.

4 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSSE IM BEREICH DES PROJEKTPERIMETERS

Gemäss der aktuellen Grundwasserkarte des Kantons Aargau befindet sich der Projektperimeter im Randbereich des Limmattal-Grundwasservorkommens, d.h. in einem Bereich ohne nutzbares Grundwasser [5].

4.1 Lage des Grund- resp. Hangwasserspiegels

Am 30. März 2020 wurde der Grundwasserspiegel in allen Bohrungen mittels Kabellichtlot gemessen (vgl. Tabelle 1).

Die Abstichmessungen zeigen, dass im gesamten Projektperimeter lediglich wenig Hangwasser vorhanden ist, welches knapp über dem Fels von Nordosten gegen Südwesten in Richtung Limmattal abströmt.

In der Bohrung 20-3 entlang der nordöstlichen Perimetergrenze lag der Hangwasserspiegel auf 402.63 m ü.M. und somit innerhalb der Felsgesteine der Oberen Süsswassermolasse.

Lediglich entlang der südwestlichen Perimetergrenze lag der Hangwasserspiegel knapp über der Felsoberfläche. In der Bohrung 20-1 wurde dieser auf rund 365.72 m ü.M. und somit rund 60 cm über der Felsoberfläche gemessen. In der Bohrung 20-2 lag er mit 368.62 m ü.M. rund 50 cm über dem Fels.

4.2 Schwankungsverhalten des Grund- resp. Hangwasserspiegels

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass im Projektperimeter in den Schottern lediglich direkt über dem Fels wenig Hangwasser vorhanden ist. Aufgrund der auftauchenden Felsoberfläche gegen Nordosten liegt der Hangwasserspiegel im Bereich des Projektperimeters deutlich über dem Grundwasserspiegel in der Talsohle des Limmattaes. Zum Zeitpunkt der Abstichmessungen war es allerdings generell sehr trocken. Es ist deshalb damit zu rechnen, dass der Hangwasserspiegel nach längeren Niederschlagsperioden noch etwas ansteigen kann. Mangels langjähriger Messreihen aus den neu erstellten Messstellen im Projektperimeter ist aber eine zuverlässige Prognose über den möglichen Schwankungsbereich zum heutigen Zeitpunkt noch nicht möglich.

Aus diesem Grund muss möglichst bald mit periodischen Abstichmessungen resp. kontinuierlichen Aufzeichnungen der Wasserspiegellage mittels Datenloggern zu beginnen (*vgl. Kap. 8*). Sobald die entsprechenden Messergebnisse vorliegen, kann ein verbindlicher Höchststand prognostiziert werden.

4.3 Beschaffenheit des Grundwassers

Aufgrund der geringen Hangwassermächtigkeit in den Bohrungen und der damit verbundenen technischen Schwierigkeiten bei der Durchführung von Pumpversuchen, konnten bisher noch keine Wasserproben für chemische Analysen entnommen werden. Dies wird zu einem späteren Zeitpunkt aber noch nachgeholt, so dass vor den Abbauaktivitäten die Ergebnisse von chemischen Wasseranalysen vorliegen.

5 GEOLOGISCH-HYDROGEOLOGISCHE BEURTEILUNG

5.1 Materialbeschaffenheit

Die Deckschichten bestehen hauptsächlich aus feinanteilreichem Sand und tonigem Silt, weshalb sie für eine Nutzung als Rohstoff nicht in Frage kommen.

Die Schotter hingegen eignen sich analog zu den zahlreichen bereits bestehenden Kiesgruben im näheren Umfeld gut für einen Materialabbau. Gemäss den durchgeführten Kornanalysen variiert der Feinkornanteil (Ton und Silt) im Schotter zwischen rund 6 und 9%. Gemäss der geologischen Aufnahme der Sondierungen ist aber damit zu rechnen, dass der Schotter

lagenweise auch einen etwas höheren Feinanteil aufweisen kann. Erfahrungsgemäss weist der oberste Abschnitt eines Schotters aufgrund von Verwitterungsprozessen auch etwas mehr «faule Gerölle» auf, wie sie in der Bohrung 20-1 auch beobachtet werden konnten. Insgesamt wurden aber innerhalb der Schotter nur relativ wenige faule Gerölle festgestellt. Jedoch wurde in der Bohrung 20-1 über die gesamte Bohrstrecke, insbesondere ab ca. 18 m u.T. relativ viel sog. Bohrmehl festgestellt, was nach Rücksprache mit dem Bohrmeister ein Anzeichen für hart gelagerte, verkittete Kiesabschnitte sein dürfte. Gemäss den seismischen Messungen dürften die Verkittungen im gesamten Projektperimeter ab ca. 10 bis 15 m u.T. zunehmen. Dies erfordert eine intensive und entsprechend kostspielige Aufbereitung durch leistungsfähige Abbaumaschinen und Brecheranlagen.

Für eine detailliertere Beurteilung der Materialbeschaffenheit wären allerdings noch grössere Probemengen und vertiefte Laborprüfungen notwendig.

5.2 Provisorische Festlegung der tiefstzulässigen Abbaukote

(Beilage 8)

Für den qualitativen Schutz des Grundwassers kommt bei einem Materialabbauvorhaben der über dem Grundwasser verbleibenden Materialschicht eine grosse Bedeutung zu. Durch ihre Filterwirkung erfüllt diese während dem Abbau und insbesondere im Verlauf der nachfolgenden Auffüllung eine wichtige Schutzfunktion. Bei Störfällen bietet die Trockenschuttschicht zudem einen gewissen Interventionsspielraum. Die Mächtigkeit der zu belassenen Schutzschicht hängt von der Lage des betroffenen Gebietes im Bezug auf das nutzbare Grundwasser ab.

Gesetzliche Vorgaben

Gemäss Art. 44 des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) vom 24. Januar 1991 ist «bei einem Grundwasservorkommen, das sich nach Menge und Qualität für die Wassergewinnung eignet», ein Materialabbau möglich, wenn über dem höchstmöglichen Grundwasserspiegel eine schützende Materialschicht belassen wird. Diese ist nach den örtlichen Gegebenheiten zu bemessen».

Gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28.10.1998 (Stand 1. Mai 2017), Anhang 4, Art. 211, Absatz 3 muss beim Abbau von Kies, Sand und anderem Material im Gewässerschutzbereich A_U «eine schützende Materialschicht von mindestens 2 m über dem natürlichen 10-jährigen Grundwasserhöchstspiegel belassen werden.»

Die Mächtigkeit der Schutzschicht wird gemäss der heutigen Praxis des kantonalen Departements Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt im *Grundwasser-Randgebiet* üblicherweise mit 2 m und im Gebiet mit nutzbarem Grundwasser mit 3 m festgelegt.

Anwendung auf den Abbauperimeter

Für die Festlegung der tiefstmöglichen Abbaukote ist demgemäss der höchste Grund- resp. Hangwasserspiegel massgebend. Wie in *Kap. 4.2* diskutiert wurde, sind im Bereich des Abbauperimeters sowohl der Mittelwasserstand als auch der Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels derzeit noch nicht bekannt. Ein definitiver Höchstwasserstand kann somit erst

festgelegt werden, wenn aus den verfilterten Bohrungen über eine längere Periode Messdaten vorliegen.

Unter Berücksichtigung der geringen Hangwassermächtigkeit über dem Fels kann vorderhand von einer zu belassenden Materialschicht über dem Fels von 3 m ausgegangen werden. Dies ergibt eine provisorische, tiefstzulässige Abbaukote entlang der nordöstlichen Perimetergrenze von 413 m ü.M. Mit dem Einfallen der Felsoberfläche gegen Südwesten taucht die provisorische, tiefstzulässige Abbaukote gegen die südwestliche Perimetergrenze auf ca. 373 bis 377 m ü.M. ab. Die Isolinien der vorläufig vorgeschlagenen, tiefstzulässigen Abbaukoten sind in der Situation in *Beilage 8* sowie in den Profilen in der *Beilage 2* dargestellt.

Die definitive Mächtigkeit der Schutzschicht resp. die definitive, tiefstzulässige Abbaukote wird von der Bewilligungsbehörde festgelegt. Zur Einreichung eines entsprechenden Vorschlags für diese Kote sind - wie bereits erwähnt- systematischen Abstichmessungen notwendig (*vgl. Kapitel 7*).

5.3 Abbaubare Kiesmächtigkeit

(*Beilage 8*)

Für den Abbauperimeter wurden anhand der Sondierungen und seismischen Messungen grobe Abschätzungen für die zu erwartenden, durchschnittlichen Mächtigkeiten der jeweiligen Lithologien durchgeführt (*vgl. Tabelle 3*). Zur groben Abschätzung der abbaubaren Volumina wurde die Mächtigkeit der jeweiligen Lithologie anhand der Kernbohrung 20-1 bestimmt und mit deren abbaubaren Basisfläche multipliziert. Für die Berechnung der Basisflächen wurde der Abbauperimeter aufgrund der variablen Felsneigung in vier Teilflächen unterteilt und eine durchgehende Grubenböschung von 2:1 ohne Bermen angenommen. Für das totale abbaubare Volumen des Kieskörpers wurde vorläufig eine zu belassende Schutzschicht von 3 m über dem Fels angenommen.

Das abbaubare Kiesvolumen kann anhand dieser Aufstellung zu rund 815'000 m³ abgeschätzt werden.

Tabelle 3: *Volumenkalkulation der anzutreffenden Lithologien im Abbauperimeter*

Lithologie	Mächtigkeit [m]			Fläche [m ²]	Volumen [m ³]
	<i>min.</i>	<i>max.</i>	Ø	<i>ca.</i>	<i>ca.</i>
<i>Deckschichten</i>	2	8	4.3	35'495	151'277
<i>Wettinger Schotter</i>	12	12	12	30'777	369'330
<i>Wettinger Vorstoss</i>	12	12	12	22'188	266'256
<i>Flüefeld Schotter</i>	9	14.5	11.1	14'170	178'112
Total (exkl. Deck- und Schutzschicht)	-	-	35.1	-	813'698

6 PROJEKTAUSWIRKUNGEN AUF DAS GRUNDWASSER

6.1 Projektauswirkungen während des Abbaus

Quantitative Auswirkungen

Im Verlauf des Kiesabbaus wird die heute über bis zu über 50 m mächtige Materialschicht über dem Fels um rund 95% verringert. Durch die Entfernung der Vegetation und der Kulturerde wird sich die Gesamtverdunstung, die sog. Evapotranspiration, verringern. Durch das Abtragen der feinkörnigen Oberflächenschichten werden zudem extreme Niederschlagsereignisse weniger stark abgedämpft, wodurch sie sich rascher auf das Grundwasser durchpausen können. Da durch einen etappierten Abbauvorgang mit jeweils nur verhältnismässig kleinen offenen Flächen, können die Auswirkungen auf das Grundwasser jedoch sehr gering gehalten werden.

Qualitative Auswirkungen

Ein möglicher Schadstoffeintrag ins Grundwasser kann über folgende Wege erfolgen:

- Eintrag über atmosphärische Deposition, namentlich über versickerndes Niederschlagswasser.
- Auswaschung von Schadstoffen aus den verschiedenen, über dem Grundwasser liegenden Bodenschichten.
- Einsickern von Grundwasser gefährdenden Flüssigkeiten bei Störfällen.

Atmosphärische Deposition von Schadstoffen

Der Projektperimeter liegt in unbebautem Gebiet. Entlang der nördlichen sowie der südwestlichen Perimetergrenze verlaufen die Kantonsstrassen K120 und K275, von welchen mit Schadstoffemissionen auszugehen ist, da sie stark befahren sind. Zu erwähnen ist auch eine mögliche Deposition von Schadstoffen aus Emissionen der in der Kiesgrube eingesetzten Maschinen. Quantitative Angaben über allfällige Einflüsse liegen aber keine vor.

Chemische Belastung aus Boden

Der Projektperimeter und dessen nähere Umgebung wird momentan landwirtschaftlich genutzt. Aus den entsprechenden Aktivitäten sind vor allem Einflüsse aus dem Einsatz von landwirtschaftlichen Dünge- und Hilfsstoffen (Stickstoffverbindungen, Herbizide, einzelne Schwermetalle) zu erwarten. Eine Aussage über eine derartige Belastung des Grundwassers im Projektperimeter ist derzeit nicht möglich. Aufschluss darüber werden die noch ausstehenden Grundwasseranalysen geben.

Auswirkungen auf die chemische Beschaffenheit insgesamt

Durch den Abtrag der Bodenschichten und des Kieskörpers wird die Filterschicht über dem Grundwasser teilweise bis weitgehend eliminiert. Dementsprechend wäre zu erwarten, dass sich der atmosphärische Eintrag während des Kiesabbaus tendenziell etwas stärker auf das Grundwasser auszuwirken vermag. Insgesamt dürfte der Kiesabbau jedoch höchstens zu ei-

ner sehr geringen, bei den meisten Parametern in der Praxis voraussichtlich jedoch kaum nachweisbaren Veränderung des Grundwasserchemismus führen.

Hinweise auf mögliche Störfälle

In einer Kiesgrube sind Störfälle vor allem während der Abbau- und Auffüllphase relevant. Als Störfälle mit möglichen Auswirkungen sind zu erwähnen:

- Das unfallmässige Ausfliessen von Treibstoffen (vor allem Dieselöl) in der Grössenordnung von maximal einigen 100 l.
- Das Auslaufen von Hydrauliköl aus einem Trax oder einem Bagger in der Grössenordnung von einigen 10 l.

Beim Erreichen der tiefstzulässigen Abbaukote ist über dem Grundwasserspiegel noch eine 2-3 m mächtige, ungesättigte Kiesschicht (Trockenschutzschicht) vorhanden. Öl, welches in beschränkten Mengen ausfliesst, wird dort zurückgehalten und den Grundwasserspiegel nicht erreichen, falls sofort geeignete Massnahmen eingeleitet werden (vgl. Kap. 7.2).

6.2 Projektauswirkungen während der Wiederauffüllung

Bei Kiesabbauvorhaben stellt in der Regel die Nachnutzung der Grube, insbesondere die Wiederauffüllung, sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht, die grösste Gefährdung für das Grundwasser dar.

Quantitative Auswirkungen

Mit der Auffüllung kann die ursprünglich gleichmässige Durchlässigkeit resp. Sickerfähigkeit des Schotters nicht mehr erreicht werden. Aufgrund der unterschiedlichen Durchlässigkeiten innerhalb des Auffüllkörpers wird das Sickerwasser unterschiedlich schnell in die Tiefe einsickern. Grobkörnige, blockige Materialien können bevorzugte Zirkulationsschichten darstellen, während Zonen mit vorwiegend feinteilreichem Material als lokale Stauer wirken.

Qualitative Auswirkungen

Das ungewollte, bzw. unbeabsichtigte Einlagern von wassergefährdenden Stoffen in eine Kiesgrube kann eine Grundwassergefährdung bewirken oder sogar eine Grundwasserverunreinigung auslösen. Je nach chemischer Beschaffenheit, Menge und Tiefenlage solcher Stoffe innerhalb des Auffüllkörpers können die Schadstoffe unterschiedlich schnell mobilisiert, transportiert und allenfalls auch ins Grundwasser eingetragen werden.

Die Filterwirkung des Auffüllmaterials wird zudem nicht mehr die gleiche sein, wie diejenige des ursprünglichen Schotters.

Das Vorhandensein von organischen und somit sauerstoffzehrenden Inhaltsstoffen, wie sie praktisch in jeder Auffüllung vorhanden sind, kann dazu führen, dass der Sauerstoffgehalt des Sickerwassers an der Basis der Auffüllung gering oder sogar sehr gering ist.

7 GRUNDWASSERSCHUTZMASSNAHMEN

7.1 Trockenschutzschicht

(Beilage 8)

Wie bereits in *Kapitel 5.2* diskutiert, kommt der über dem Grundwasser verbleibenden Materialschicht durch ihre Filterwirkung eine grosse Bedeutung beim Grundwasserschutz zu. Im vorliegenden Fall ist kein nutzbares Grundwasser resp. direkt über dem Molassefels lediglich wenig Hangwasser vorhanden. Aufgrund der bisher gemessenen geringen Hangwassermächtigkeit wurde die Trockenschutzschicht provisorisch auf 3 m über der Felsoberfläche angesetzt, was einer Schutzschicht von ca. 2 bis 3 m über dem bisher bekannten Hangwasserspiegel entspricht. Für eine zuverlässigere Festlegung der Trockenschutzschicht sind erst längerfristige Abstichmessungen in den verfilterten Bohrungen nötig.

7.2 Grundwasserschutzmassnahmen während des Abbaus

Während des Betriebs der Abbaustelle sind folgende Massnahmen des qualitativen Grundwasserschutzes vorzusehen:

- Wassergefährdende Flüssigkeiten wie z.B. Dieselöl, Hydrauliköl, etc. dürfen nur ausserhalb der Kiesgrube und nur in Containern mit ausreichend grossen Auffangwannen gelagert werden.
- Der Umschlag von wassergefährdenden Flüssigkeiten ist nur auf eigens dafür vorgesehenen, befestigten Plätzen ausserhalb der Kiesgrube zugelassen.

Bei Stör- und Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen in der Kiesgrube muss in erster Linie eine Ausbreitung der Schadstoffe im Boden und im Grundwasser verhindert werden. Hierzu sollte im Grundsatz wie folgt vorgegangen werden:

- Die Art und Menge des ausgelaufenen Schadstoffes sind festzuhalten.
- Sind wassergefährdende Stoffe in den Untergrund gelangt, müssen umgehend die kantonale Aufsichtsbehörde und der auf der Untersuchung der Abbaustelle bekannte Hydrogeologe benachrichtigt werden.
- Die kontaminierten Bodenschichten müssen sofort ausgehoben, in einer Mulde zwischengelagert, von einem Hydrogeologen beurteilt und anschliessend sicher entsorgt werden. Da die notwendigen Baumaschinen für diese Arbeiten auf Platz sind, ist grundsätzlich ein rasches Eingreifen gewährleistet.
- Die kantonalen Fachstellen können je nach Schadenfall und Ausmass weitere Massnahmen anordnen (z.B. chemische Bodenanalysen, Baggersondierungen, chemische Analysen des Grundwassers).

Die im Einzelfall notwendigen Sanierungsmassnahmen sind mit der kantonalen Aufsichtsbehörde und dem Hydrogeologen festzulegen.

7.3 Grundwasserschutzmassnahmen während der Wiederauffüllung

Wie in *Kapitel 6.2* beschrieben, besteht bei der nachfolgenden Wiederverfüllung der Kiesgrube einerseits die Gefahr einer qualitativen Beeinträchtigung des Grundwassers durch einen

unbeabsichtigten Einbau von Material, welches Belastungen mit wassergefährdenden Stoffen aufweist. Daneben kann die unterschiedliche Durchlässigkeit des Auffüllmaterials zukünftig die Grundwasserneubildungsrate beeinflussen.

Unter diesen Gesichtspunkten ist darauf zu achten, dass nur Aushubmaterial eingebaut wird, welches die Anforderungen an unverschmutzten Aushub gemäss Anhang 3 Ziffer 1 der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) erfüllt. Dies entspricht dem Deponie Typ A gemäss Anhang 5 Ziffer 1 der VVEA. Insbesondere ist auch darauf zu achten, dass das Material möglichst wenig organische Inhaltsstoffe enthält, da deren Abbau im Sickerwasser zu sauerstoffarmen Bedingungen führt. Beim Materialeinbau ist zudem darauf zu achten, dass noch eine gewisse Wasserzirkulation stattfinden kann, gleichzeitig aber Zonen mit bevorzugten Zirkulationsschichten möglichst verhindert werden.

8 GRUNDWASSERÜBERWACHUNG

8.1 Grund- resp. Hangwasserspiegellage

Eine möglichst genaue Kenntnis der Lage und des Schwankungsverhaltens des Hangwasserspiegels ist für den qualitativen und quantitativen Grundwasserschutz während des Materialabbaus und der nachfolgenden Wiederauffüllung von zentraler Bedeutung. Zur Beobachtung der Grund- resp. Hangwasserspiegel-Schwankungen im Projektperimeter stehen die Messstellen 20-1 und 20-2 (Abstrom) sowie 20-3 (Zustrom) zur Verfügung.

Zur provisorischen Festlegung der tiefstzulässigen Abbaukote wurde bisher lediglich eine Abstichmessung durchgeführt. Die kontinuierliche Überwachung des Hangwasserspiegels ist bereits vor dem Abbau zu starten, damit zum Zeitpunkt des Abbaus verbindliche Angaben zum Hochwasserständen und belastbare Daten für die Festsetzung der definitiven, tiefstzulässigen Abbaukote vorliegen.

Es empfiehlt sich dazu, in den drei vorhandenen Messstellen elektrische Datenlogger zu installieren, welche den Grundwasserstand permanent aufzeichnen und halbjährlich ausgelesen werden können.

8.2 Grundwasserqualität

In den beiden Abstrom-Messstellen 20-1 und 20-2 sind rechtzeitig vor sowie während den Abbauaktivitäten und der anschliessenden Auffüllung periodisch (halbjährlich) Wasserproben zu entnehmen und in einem Labor chemisch auf die Wasserqualität zu analysieren. In der Zustrom-Messstelle 20-3 wird es voraussichtlich nicht möglich sein, Proben zu entnehmen, da praktisch kein Wasser vorhanden ist. Sobald die Ergebnisse der ersten Beprobung (Nullprobe) vorliegen, können die zu untersuchenden Parameter bestimmt werden.

9 ZUSAMMENFASSENDE BEURTEILUNG

Für die hydrogeologischen Beurteilung der Materialabbaumöglichkeiten im Projektgebiet «Lugibach Ost» in Würenlos wurden drei tiefreichende Sondierbohrungen abgeteuft, neun

Baggerschächte ausgehoben und zusätzlich seismische Messungen durchgeführt. Die Untersuchungen zeigen, dass der Fels im Bereich des Projektperimeters steil von Südwesten nach Nordosten ansteigt. Die aus dem benachbarten Abbaugbiet bekannte, unterirdische Felsrippe wurde lediglich in der nördlichsten Ecke angetroffen.

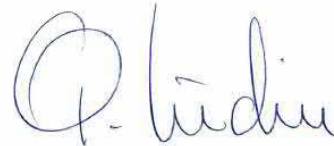
Die Qualität der abbaubaren Schotter ist im Bezug auf die Korngrößenverteilung grundsätzlich als gut einzustufen. Faule Gerölle wurden relativ wenige festgestellt, jedoch liegen insbesondere im unteren Abschnitt Hinweise auf Verkittungen vor.

Die drei Bohrungen wurden so platziert, dass sie für die künftige Überwachung des Grundwassers dienen können. Es empfiehlt sich, die quantitative Überwachung (Lage und Schwankungsverhalten des Hangwasserspiegels) möglichst bald zu starten. Die qualitative Überwachung (chemische Beschaffenheit des Hangwassers) muss dann rechtzeitig vor Beginn des Abbaubetriebs in Angriff genommen werden.

Aufgrund der beschriebenen hydrogeologischen Verhältnisse ist das Abbauprojekt bezüglich aus hydrogeologischer und grundwasserschutztechnischer Sicht als bewilligungsfähig zu beurteilen. Die definitive Beurteilung erfolgt durch die zuständige kantonale Behörde.

Baden, 29. April 2020
192001 Bericht 1.docx Ru/FR/Lü

Jäckli Geologie AG



Sachbearbeiter:
Benjamin Ruf, MSc ETH, Geologe
Roland Felber, MSc ETH, Geologe

Abbaugelbiet Lugibach Ost
Würenlos / AG

Geologisch-hydrogeologischer Bericht

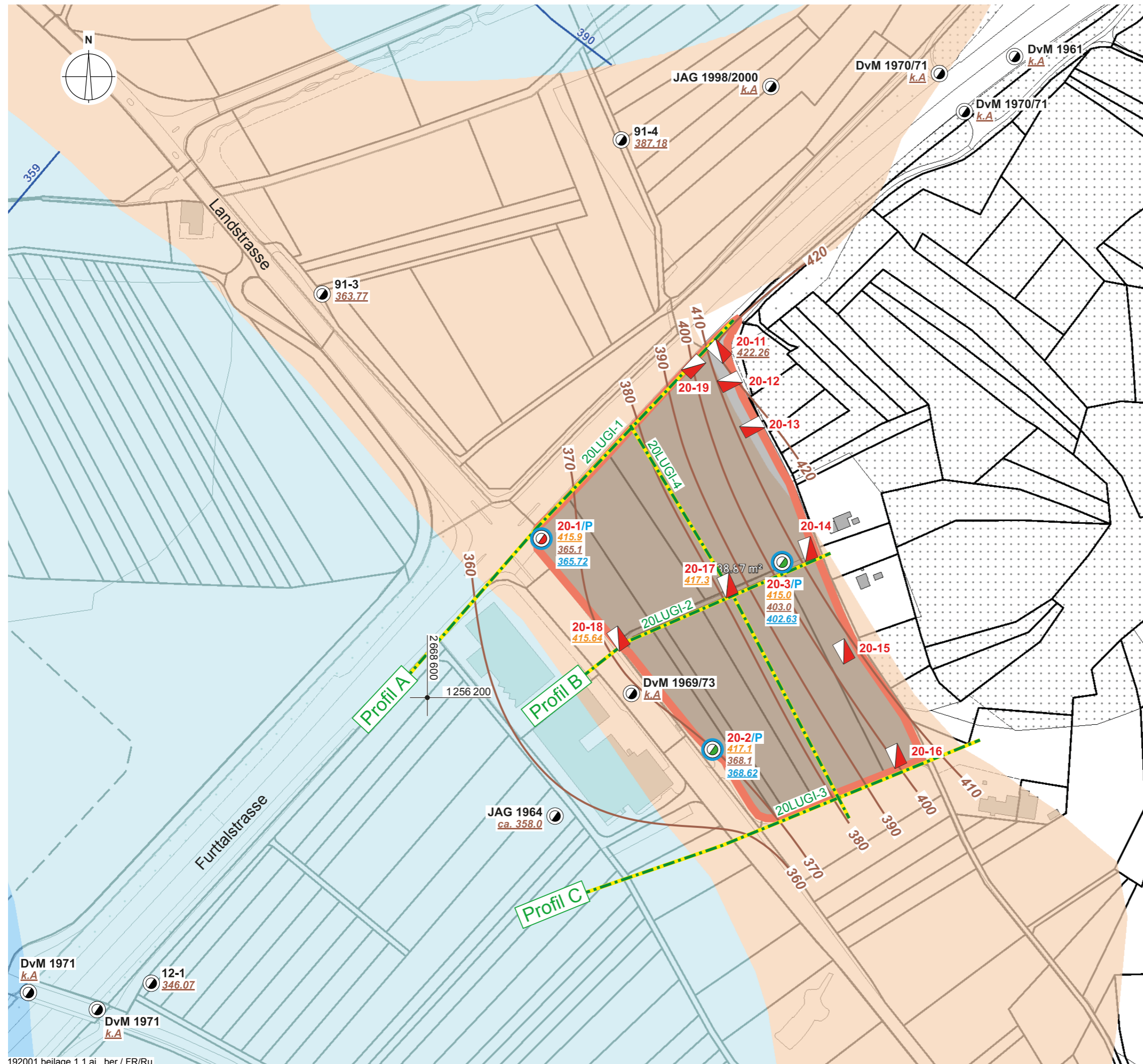
Beilagen

- Beilage 1: Situation 1:2'500, Lage des Abbaugelbietes und der Sondierungen
- Beilage 2: Profil A, B und C 1:1'000, geologisch bearbeitet
- Beilage 3: Sondierprotokolle der Bohrungen 20-1 bis 20-3
- Beilage 4: Sondierprotokolle der Baggerschächte 20-11 bis 20-19
- Beilage 5: Fotodokumentation Kernbohrung 20-1
- Beilage 6: Korngrößenverteilung; Erdbaulabor F. Steiger
- Beilage 7: Geophysikalische Untersuchungen; Bericht roxplore GmbH vom 20. April 2020
- Beilage 8: Situation 1:2'500, Isohypsen der tiefstzulässigen Abbaukote

Abbaugelände Lugibach Ost
Würenlos / AG

Geologisch- hydrogeologische
Untersuchungen

Situation 1:2'500
Lage des Abbaugeländes und
der Sondierungen



Legende

- Projektareal
- Kernbohrung
- Destruktivbohrung
- Sondierschacht
- ältere Kernbohrung
- Piezometerrohr
- seismische Messungen (Profil)
- 415.0 Kote der Schotteroberfläche (m ü.M.)
- 402.63 Kote Grundwasserspiegel am 30. März 2020 (m ü.M.)
- 403.0 Kote der Felsoberfläche (m ü.M.)
- 400- Isohypse der Felsoberfläche (m ü.M.)

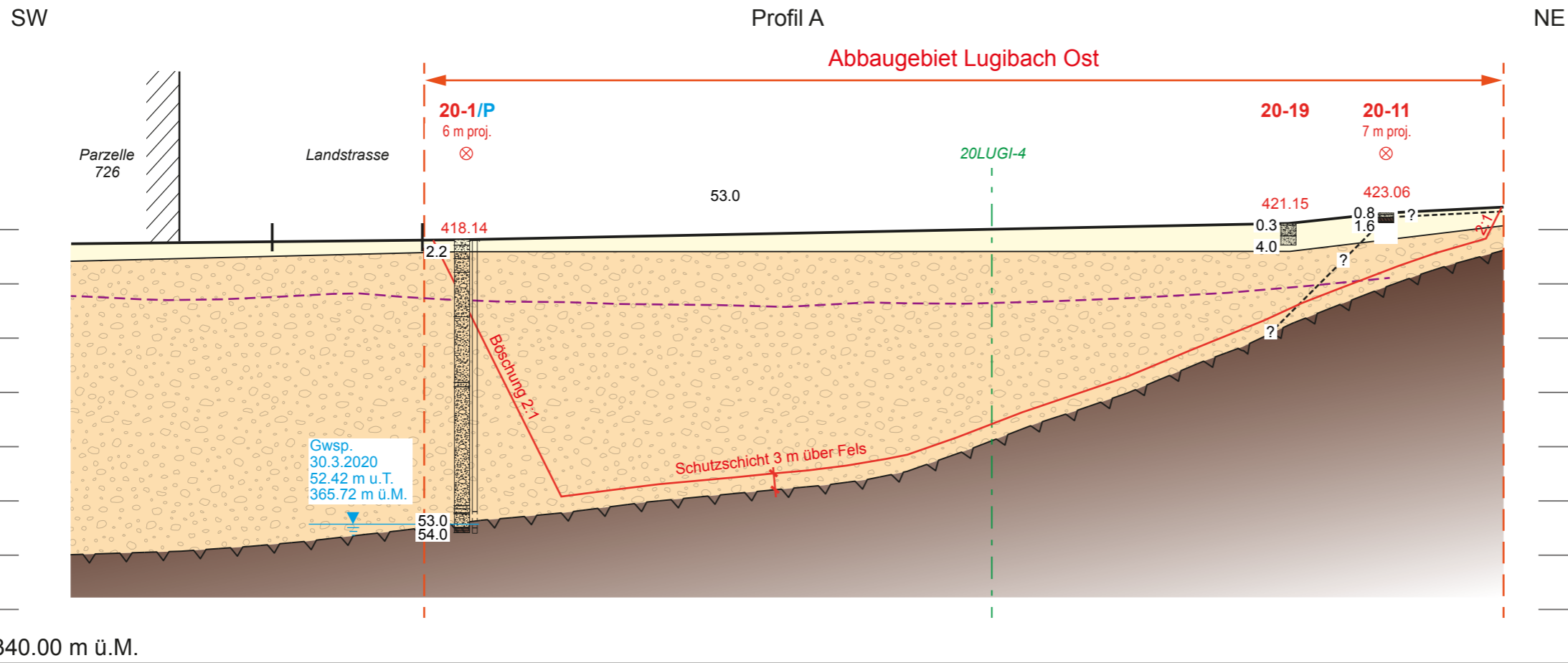
Grundwasserkarte Kt. Aargau

Schotter-Grundwasserleiter in Tälern

- Geringe Grundwassermächtigkeit oder geringe Durchlässigkeit
- Mittlere Grundwassermächtigkeit, nachgewiesen

Hydrogeologische Angaben

- 355 Isohypsen des Grundwasserspiegels bei Mittelwasserstand



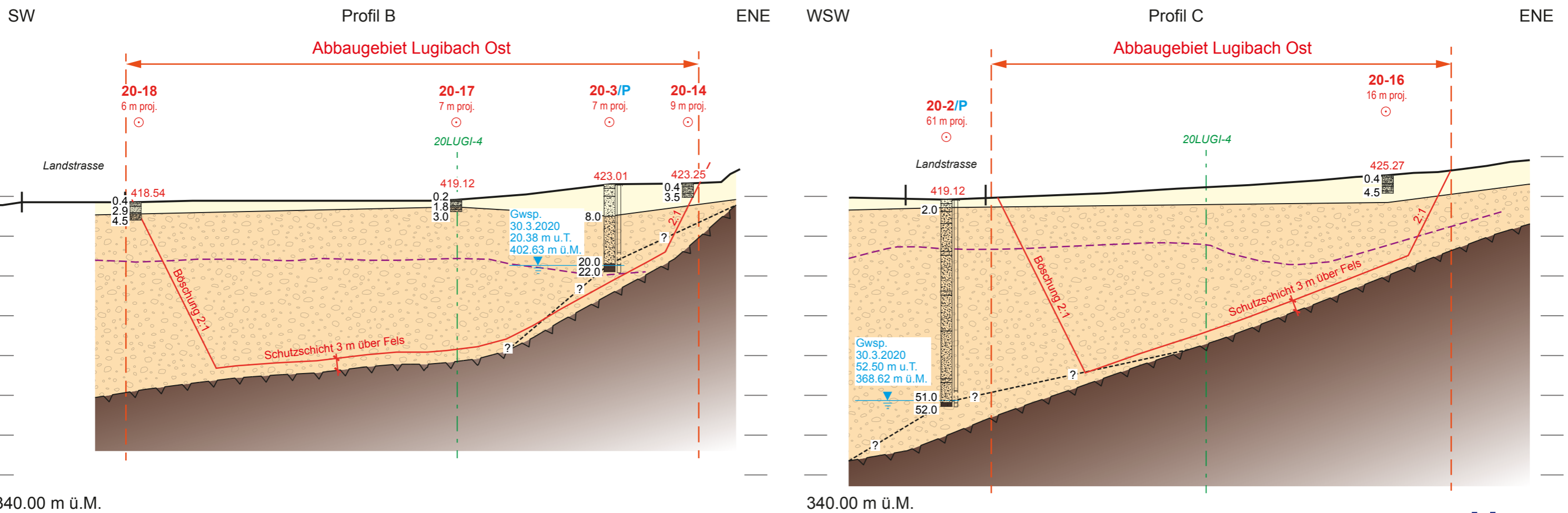
Abbaugebiet Lugibach Ost
Würenlos / AG

Geologisch-hydrogeologische
Untersuchungen

Profil A, B und C 1:1000
geologisch bearbeitet

Legende

- Deckschichten (Oberflächenschichten, Gehängeablagerungen / Verwitterungslehm)
- Niederterrassenschotter
- Obere Meeresmolasse (Verlauf gemäss seismischen Messungen)
- Grundwasserspiegel mit Datum
- Felsverlauf im Bereich der projizierten Sondierung
- Lithologischer Wechsel (vermutlich erhöhte Verkitzung)



Abbaugelbiet Lugibach Ost
Würenlos / AG

Sondierprotokolle der Bohrungen 20-1 bis 20-3

**Abbaugelände Lugibach Ost
Würenlos / AG**

Bohrung 20-1

Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Wettingen
 Bohrfirma: Blétry AG, Benkenstrasse 52, Küttigen
 Bohrmeister: Mustafa Redzepi
 Geologische Aufnahme: B. Ruf, MSc ETH, Geologe
 Ausführungsdatum: 9.3. - 20.3.2020

Koordinaten: 2 668 675 / 1 256 305
 OK Terrain (OKT): 418.14 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): 418.04 m ü.M.
 Massstab: 1:200
 Datei: 192001 KB 20-1.ai / gi



Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Bohrlochversuche Einbauten	PVC ø4.5"
Rotationskernbohrung, Einfachkernrohr, ø 219 mm	Verwitterungslehm	415.9	1.0 2.2 3.5 6.0 14.2	beigebrauner, leicht toniger Silt/Feinsand, vereinzelt Kies rostbrauner, leicht bis mässig tonig-siltiger Kies (Komponenten: kantig, Anzeichen von Verwitterung), reichlich Sand beigebrauner, leicht tonig, mässig siltiger Kies/Sand (Komponenten: gerundet), viel Sand/Kies, Steine (gemessener max ø >15 cm, Gewichtsanteil ca. 10%) beige bis graubrauner, mässig siltiger Kies (Komponenten: gerundet), reichlich Sand, Steine und Blöcke (gemessener max ø > 40 cm, Gewichtsanteil ca. 15-20%) beigebrauner, mässig siltiger Kies (Komponenten: kantengerundet bis gerundet, Anzeichen von Verwitterung), reichlich Sand, Steine und Blöcke (gemessener max ø >40 cm, Gewichtsanteil ca. 15-20%), heterogene Abfolge: stellenweise leicht tonig	Bemerkungen: 0 - 2 m u.T. stellenweise Kernverluste Mögliche Detailstratigraphie: - 2.2 bis 14.2 m u.T. Wettinger Schotter - 14.2 bis 26.3 m u.T. Glazigene Sedimente, Wettinger Vorstoss - 26.3 bis 53.0 m u.T. Flüefeld-Schotter	4/8 mm Filterkies Tonabdichtung
	Niederterrassen-schotter		26.3 27.1 49.0 49.6 50.3 50.5	beigegrauer, leicht bis stark siltiger, zumeist mässig siltiger Kies (Komponenten: gerundet), reichlich bis viel Sand, Steine (gemessener max ø >15 cm, Gewichtsanteil ca. 10%), z.T. verkittet (Bohrmehl) Bohrmehl: ca. 18.5 - 19.5 m u.T. ca. 20.5 - 21.5 m u.T. rötlichbrauner, mässig bis stark siltiger Kies (Komponenten: kantengerundet bis gerundet, Anzeichen von Verwitterung), reichlich Sand, Steine (gemessener max ø 15 cm, Gewichtsanteil ca. <5%) beigegrauer, sauberer bis mässig siltiger, zumeist leicht siltiger Kies (Komponenten: gerundet, stellenweise kantengerundet), reichlich Sand, Steine (gemessener max ø >15 cm, Gewichtsanteil ca. 10-15%), stellenweise verkittet (Bohrmehl) Bohrmehl: ca. 27.1 - 28.0 m u.T. ca. 28.3 - 28.8 m u.T. ca. 31.5 - 33.5 m u.T. ca. 34.0 - 34.5 m u.T. ca. 35.5 - 36.0 m u.T. ca. 38.5 - 44.0 m u.T. ca. 45.5 - 46.0 m u.T. ca. 46.5 - 49.0 m u.T. beigebrauner, mässig bis stark siltiger Kies (Komponenten: kantengerundet bis gerundet), viel Sand, Steine (gemessener max ø 8 cm, Gewichtsanteil ca. 5%) grauer, leicht siltiger Kies (Komponenten: gerundet), reichlich bis viel Sand, stellenweise verkittet (Bohrmehl) beiger, leicht tonig, mässig siltiger Kies, viel Sand grauer, leicht siltiger Kies (Komponenten: kantengerundet bis gerundet), reichlich bis viel Sand, Steine (gemessener max ø 12 cm, Gewichtsanteil ca. 5-10%), stellenweise verkittet (Bohrmehl)	50 m Vollrohr 4/8 mm Filterkies Gwsp. 30.3.2020 52.42 m u.T. 365.72 m ü.M.	3 m Filterrohr 1 m Vollrohr
	Obere Meeresmolasse	365.1 364.1	53.0 54.0	beigegrüner Sandstein, weich, zerbohrt/verwittert		

gestörte Probe

**Abbaugelände Lugibach Ost
Würenlos / AG**

Bohrung 20-2

Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Wettingen
 Bohrfirma: Blétry AG, Benkenstrasse 52, Küttigen
 Bohrmeister: Mustafa Redzepi
 Geologische Aufnahme: B. Ruf, MSc ETH, Geologe
 Ausführungsdatum: 28.2. - 4.3.2020

Koordinaten: 2 668 788 / 1 256 166
 OK Terrain (OKT): 419.12 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): 419.04 m ü.M.
 Massstab: 1:200
 Datei: 192001 KB 20-2.ai / gi



Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Bohrlochversuche Einbauten	PVC ø4.5"	
Spülbohrung, ø 219 mm	Verwitterungslehm	417.1	1.0	beigebrauner, leicht toniger Silt/Feinsand, vereinzelt Kies, leicht durchwurzelt, humos			
			2.0	beigebrauner, leicht tonig, mässig siltiger Kies, reichlich Sand			
			3.0	beiger, mässig siltiger Kies, reichlich Sand			
			6.0	beigebrauner, mässig bis stark siltiger Kies, reichlich bis viel Sand			
			13.0	brauner, leicht tonig, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich Sand			
	Niederterrassenschotter			14.0			grauer, sauberer bis leicht siltiger Kies, wenig bis reichlich Sand
				23.0			beigebrauner, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich bis viel Sand
				24.0			brauner, leicht tonig, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich bis viel Sand
				33.0			beigebrauner, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich bis viel Sand
				45.0			grauer, sauberer bis leicht siltiger Kies, reichlich Sand, dicht gelagert (Chipgrösse)
Obere Meeresmolasse		368.1 367.1	51.0	beiger, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich Sand			
			52.0	beigegrüner, mergeliger Feinsandstein, weich			

Gwsp.
30.3.2020
50.50 m u.T.
368.62 m ü.M.

**Abbaugelbiet Lugibach Ost
Würenlos / AG**

Bohrung 20-3

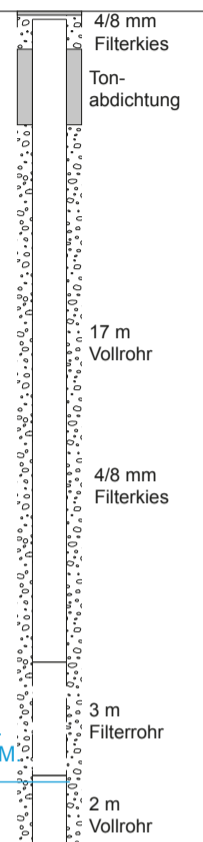
Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Wettingen
 Bohrfirma: Blétry AG, Benkenstrasse 52, Küttigen
 Bohrmeister: Mustafa Redzepi
 Geologische Aufnahme: B. Ruf, MSc ETH, Geologe
 Ausführungsdatum: 4.3. - 6.3.2020

Koordinaten: 2 668 849 / 1 256 294
 OK Terrain (OKT): 423.01 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): 422.80 m ü.M.
 Massstab: 1:200
 Datei: 192001 KB 20-3.ai / gi



Bohrart und ø	Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Bohrlochversuche Einbauten
Spülbohrung, ø 152 mm	Gehängeablagerungen	415.0	1.0	beigebrauner, leicht tonig, mässig siltiger Feinsand, vereinzelt Kies	4/8 mm Filterkies
			3.0	rötlichbrauner, leicht tonig, mässig siltiger Sand, vereinzelt Kies	Tonabdichtung
			8.0	beigebrauner, leicht bis mässig siltiger Sand, wenig Kies	17 m Vollrohr
	Niederterrassenschotter	403.0	20.0	beiger, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich bis viel Sand	4/8 mm Filterkies
Obere Meeresmolasse	401.0		22.0	grauer bis grünlichgrauer Sandstein, weich bis mittelhart	3 m Filterrohr 2 m Vollrohr

Gwsp.
 30.3.2020
 20.38 m u.T.
 402.63 m ü.M.



Abbaugebiet Lugibach Ost
Würenlos / AG

Sondierprotokolle der Baggerschächte 20-11 bis 20-19

Abbaugebiet Lugibach Ost Würenlos / AG

Sondierschacht 20-11

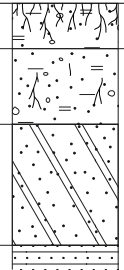
Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Otelfingerstrasse 5, Wettingen
 Geologische Aufnahme: Herr V. Sachbearbeiter, Berufsbezeichnung
 Ausführungsdatum: 13. Februar 2020
 Schachtabmessungen: ca. 1.0 m x 2.5 m
 Standfestigkeit: während ca. 10 Minuten standfest

Koordinaten: 2 668 793 / 1 256 429
 OK Terrain (OKT): 423.06 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): -
 Massstab: 1:50
 Datei: 192001 Schacht 20-11.ai / ber

jäckli
geologie

www.jaeckli.ch

Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Versuche Einbauten
Oberboden	422.8	0.3	brauner, mässig tonig, mässig siltiger Feinsand, wenig Kies (gerundet), vereinzelte Fremdbestandteile (Tonscherben), leicht durchwurzelt, erdfeucht	Kein Wasserzutritt beobachtet
Gehängeablagerungen	422.3	0.8	beigebrauner, mässig tonig, mässig siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), leicht durchwurzelt, erdfeucht	
Obere Meeresmolasse, verwittert	421.5	1.6	beiger, sauberer Sand, erdfeucht, darunter: grauer Sandstein, weich	



Abbaugebiet Lugibach Ost Würenlos / AG

Sondierschacht 20-12

Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Otelfingerstrasse 5, Wettingen
 Geologische Aufnahme: Herr V. Sachbearbeiter, Berufsbezeichnung
 Ausführungsdatum: 13. Februar 2020
 Schachtabmessungen: ca. 1.0 m x 2.0 m
 Standfestigkeit: während ca. 10 Minuten standfest

Koordinaten: 2 668 800 / 1 256 409
 OK Terrain (OKT): 422.52 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): -
 Massstab: 1:50
 Datei: 192001 Schacht 20-12.ai / ber



Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Versuche Einbauten
Oberboden	422.1	▼	brauner, mässig tonig, mässig siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), leicht durchwurzelt, erdfeucht	Kein Wasserzutritt beobachtet
Gehängeablagerungen		0.4	beigebrauner, mässig tonig, mässig siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), vereinzelt Steine (gerundet, gemessener max. ø 10 cm), erdfeucht	
	420.1	1.0	beiger, sauberer bis leicht siltiger Sand, vereinzelt Kies (gerundet), durchwurzelt, erdfeucht	
		2.0	grünlich-beiger, sauberer Sand, vereinzelt Kies (gerundet), z.T. kleinere Bruchstücke aus Sandstein (vermutlich verwitterter Fels), erdfeucht	
		2.4		



Abbaugebiet Lugibach Ost Würenlos / AG

Sondierschacht 20-13

Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Otelfingerstrasse 5, Wettingen
 Geologische Aufnahme: Herr V. Sachbearbeiter, Berufsbezeichnung
 Ausführungsdatum: 13. Februar 2020
 Schachtabmessungen: ca. 0.8 m x 3.0 m
 Standfestigkeit: während ca. 10 Minuten standfest

Koordinaten: 2 668 815 / 1 256 379
 OK Terrain (OKT): 421.86 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): -
 Massstab: 1:50
 Datei: 192001 Schacht 20-13.ai / ber



www.jaeckli.ch

Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Versuche Einbauten
Oberboden	421.6	0.3	brauner, schwach bis mässig toniger, mässig siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), leicht durchwurzelt, erdfeucht	Kein Wasserzutritt beobachtet
Gehänge-ablagerungen	417.7	0.8	rötlich-brauner, mässig tonig-siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), erdfeucht	
		2.0	beiger, mässig bis stark toniger, leicht siltiger Sand, vereinzelt Kies (gerundet), vereinzelt Steine (gerundet, gemessener max. ø 10 cm), durchwurzelt, erdfeucht	
		4.2	beiger, sauberer Sand, wenig Kies (gerundet), vereinzelt Steine (gerundet, gemessener max. ø 18 cm), z.T. grössere, rötliche und grünliche Bruchstücke aus Sandstein (vermutlich verwitterter Fels), erdfeucht	
			 	



Abbaugebiet Lugibach Ost Würenlos / AG

Sondierschacht 20-14

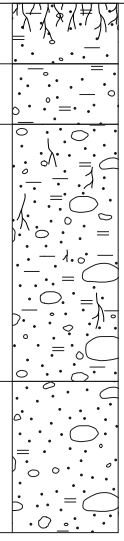
Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Otelfingerstrasse 5, Wettingen
 Geologische Aufnahme: Herr V. Sachbearbeiter, Berufsbezeichnung
 Ausführungsdatum: 13. Februar 2020
 Schachtabmessungen: ca. 0.8 m x 2.5 m
 Standfestigkeit: während ca. 10 Minuten nachbrüchig

Koordinaten: 2 668 851 / 1 256 298
 OK Terrain (OKT): 423.25 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): -
 Massstab: 1:50
 Datei: 192001 Schacht 20-14.ai / ber



www.jaeckli.ch

Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Versuche Einbauten
Oberboden	422.9	0.4	brauner, mässig tonig-siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), leicht durchwurzelt, erdfeucht	Kein Wasserzutritt beobachtet
Gehängeablagerungen	419.8	0.8	rötlich-brauner, mässig tonig, leicht bis mässig siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), erdfeucht	Seitliches Nachbrechen ca. 0.8 - 2.5 m u.T. (Beobachtungsdauer ca. 10 Minuten)
		2.5	beigebrauner bis leicht grünlicher, leicht bis mässig toniger, mässig siltiger Sand, wenig Kies (gerundet), vereinzelt Steine (gerundet, gemessener max. ø 15 cm), leicht durchwurzelt, erdfeucht	
		3.5	beiger, leicht siltiger bis sauberer Sand, vereinzelt Kies (gerundet), vereinzelt Steine (gerundet, gemessener max. ø 18 cm), z.T. kleinere Bruchstücke aus Sandstein (vermutlich verwitterter Fels), erdfeucht	



Abbaugebiet Lugibach Ost Würenlos / AG



Sondierschacht 20-15

Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Otelfingerstrasse 5, Wettingen
 Geologische Aufnahme: Herr V. Sachbearbeiter, Berufsbezeichnung
 Ausführungsdatum: 13. Februar 2020
 Schachtabmessungen: ca. 1.0 m x 3.5 m
 Standfestigkeit: während ca. 15 Minuten standfest

Koordinaten: 2 668 875 / 1 256 231
 OK Terrain (OKT): 423.99 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): -
 Massstab: 1:50
 Datei: 192001 Schacht 20-15.ai / ber



www.jaekli.ch

Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Versuche Einbauten
Oberboden	423.9	0.1	brauner, mässig bis stark tonig-siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (kantig), leicht durchwurzelt, erdfeucht	Kein Wasserzutritt beobachtet
		1.4	beigebrauner, mässig tonig, leicht siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (kantig bis gerundet), leicht durchwurzelt, erdfeucht	
Gehängeablagerungen		4.0	beiger, leicht tonig-siltiger Sand, vereinzelt Kies (kantig bis gerundet), vereinzelt Steine (kantig bis gerundet, gemessener max. ø 10 cm), viele Gastropoden, erdfeucht	
		5.0	beiger, leicht siltiger bis sauberer Sand, vereinzelt Kies (kantig bis gerundet), erdfeucht	
	419.0			

Abbaugebiet Lugibach Ost Würenlos / AG




Sondierschacht 20-16

Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Otelfingerstrasse 5, Wettingen
 Geologische Aufnahme: Herr V. Sachbearbeiter, Berufsbezeichnung
 Ausführungsdatum: 13. Februar 2020
 Schachtabmessungen: ca. 1.0 m x 3.5 m
 Standfestigkeit: während ca. 10 Minuten standfest

Koordinaten: 2 668 910 / 1 256 161
 OK Terrain (OKT): 425.27 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): -
 Massstab: 1:50
 Datei: 192001 Schacht 20-16.ai / ber



www.jaekli.ch

Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Versuche Einbauten
Oberboden	424.9	0.4	brauner, mässig bis stark tonig, mässig siltiger Feinsand, wenig Kies (kantig bis gerundet), vereinzelt Steine (kantig bis gerundet, gemessener max. ø 11 cm), erdfeucht	Kein Wasserzutritt beobachtet  
Gehängeablagerungen		2.1	rötlich-brauner, mässig tonig-siltiger Kies (kantig bis gerundet), viel Sand, vereinzelt Steine (kantig bis gerundet, gemessener max. ø 16 cm), erdfeucht bis feucht, z.T. sandige Zwischenlagen, ca. 0.2 m mächtig	
		2.8	brauner, leicht tonig-siltiger Kies (kantig bis gerundet), reichlich Sand, Steine (gemessener max. ø 18 cm, Gewichtsanteil ca. 10-15%), erdfeucht	
		3.9	beiger, mässig tonig, stark siltiger Sand, wenig Kies (gerundet), vereinzelt Steine (gerundet, gemessener max. ø 10 cm), z.T. Gastropoden, erdfeucht	
	420.8	4.5	beigegrauer, leicht siltiger bis sauberer Sand, wenig Kies (gerundet), vereinzelt Steine (gerundet, gemessener max. ø 18 cm), erdfeucht 	



Abbaugebiet Lugibach Ost Würenlos / AG

Sondierschacht 20-17

Bauherrschaft: Trägerhard Kies AG, Otelfingerstrasse 5, Wettingen
 Geologische Aufnahme: Herr V. Sachbearbeiter, Berufsbezeichnung
 Ausführungsdatum: 14. Februar 2020
 Schachtabmessungen: ca. 1.0 m x 3.0 m
 Standfestigkeit: während ca. 10 Minuten nachbrüchig

Koordinaten: 2 668 798 / 1 256 274
 OK Terrain (OKT): 419.12 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): -
 Massstab: 1:50
 Datei: 192001 Schacht 20-17.ai / ber



www.jaekli.ch

Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Versuche Einbauten
Oberboden	418.9	0.2 0.4	brauner, mässig tonig-siltiger Feinsand, vereinzelt bis wenig Kies (gerundet), wenig Fremdbestandteile (Stroh, Tonscherben), erdfeucht beigebrauner, mässig tonig-siltiger Feinsand, wenig Kies (gerundet)	Kein Wasserzutritt beobachtet Starkes Nachstürzen bis ca. 1.5 m u.T. (Beobachtungsdauer ca. 10 Minuten)
Verwitterungslehm		1.5	beiger, stark toniger, leicht siltiger Feinsand bis Sand, wenig Kies (gerundet), Steine (gerundet, gemessener max. ø 9 cm, Gewichtsanteil ca. 10 %), erdfeucht	
Niederterrassenschotter	417.3	1.8	beiger, sauberer Sand, erdfeucht	
		2.5	grauer, sauberer bis z.T. mässig siltiger Kies (gerundet), reichlich bis viel Sand, Steine (gerundet, gemessener max. ø 45 cm, Gewichtsanteil ca. 15-20 %), gerundet	
	416.1	3.0	brauner, leicht siltiger Sand, reichlich bis viel Kies (gerundet), erdfeucht	



Abbaugebiet Lugibach Ost Würenlos / AG



Sondierschacht 20-18

Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Otelfingerstrasse 5, Wettingen
 Geologische Aufnahme: Herr V. Sachbearbeiter, Berufsbezeichnung
 Ausführungsdatum: 14. Februar 2020
 Schachtabmessungen: ca. 1.0 m x 3.5 m
 Standfestigkeit: während ca. 10 Minuten nachbrüchig

Koordinaten: 2 668 762 / 1 256 238
 OK Terrain (OKT): 418.54 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): -
 Massstab: 1:50
 Datei: 192001 Schacht 20-18.ai / ber



www.jaekli.ch

Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Versuche Einbauten
Oberboden	418.1	0.4	brauner, mässig tonig, leicht siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), leicht durchwurzelt, vereinzelt Fremdbestandteile (Tonscherben), erdfeucht	Kein Wasserzutritt beobachtet
Verwitterungs-lehm	415.6	1.0	beige-brauner, mässig tonig, leicht siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), erdfeucht	Starkes Nachstürzen von ca. 0.6 bis 2.9 m u.T. (Beobachtungsdauer ca. 10 Minuten)
		2.6	beiger, mässig bis stark tonig, leicht siltiger Sand, z.T. saubere sandige Zwischenlagen, erdfeucht	
Niederterrassenschotter	414.0	2.9	brauner, mässig bis stark tonig, leicht bis mässig siltiger Kies (gerundet), viel Sand, erdfeucht	 
		4.5	grauer, sauberer bis z.T. mässig siltiger Kies (gerundet), reichlich bis viel Sand, Steine (gerundet, gemessener max. ø 35 cm, Gewichtsanteil ca. 15-20 %), erdfeucht	



Abbaugebiet Lugibach Ost Würenlos / AG



Sondierschacht 20-19

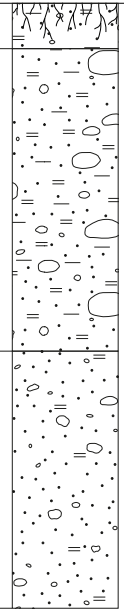
Bauherrschaft: Tägerhard Kies AG, Otelfingerstrasse 5, Wettingen
 Geologische Aufnahme: Herr V. Sachbearbeiter, Berufsbezeichnung
 Ausführungsdatum: 14. Februar 2020
 Schachtabmessungen: ca. 0.8 m x 2.5 m
 Standfestigkeit: während ca. 10 Minuten nachbrüchig

Koordinaten: 2 668 776 / 1 256 419
 OK Terrain (OKT): 421.15 m ü.M.
 OK Rohr (OKR): -
 Massstab: 1:50
 Datei: 192001 Schacht 20-19.ai / ber



www.jaeckli.ch

Geologische Identifikation	Kote m ü.M.	Tiefen ab OKT (m)	Materialbeschreibung	Versuche Einbauten
Oberboden	420.8	0.3	brauner, mässig tonig-siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), leicht durchwurzelt, erdfeucht	Kein Wasserzutritt beobachtet
Gehänge-ablagerungen	417.1	2.3 4.0	<p>beigebrauner, mässig bis stark tonig, mässig siltiger Feinsand, vereinzelt Kies (gerundet), vereinzelt Steine (gerundet, gemessener max. \varnothing 14 cm), erdfeucht</p> <p>beiger, sauberer bis leicht siltiger Sand, vereinzelt Kies (gerundet), erdfeucht</p>	<p>Starkes Nachstürzen von ca. 0.8 bis 2.3 m u.T. (Beobachtungsdauer ca. 10 Minuten)</p>  



Abbaugelbiet Lugibach Ost
Würenlos / AG

Fotodokumentation Kernbohrung 20-1

Foto 1: Kernbohrung 20-1: 0 m bis 2 m



Foto 2: 2 m bis 4 m



Foto 3: 4 m bis 6 m



Foto 3: 6 m bis 8 m



Foto 4: 8 m bis 10 m



Foto 5: 10 m bis 14 m



Foto 6: 14 m bis 16 m



Foto 7: 16 m bis 18 m



Foto 8: 18 m bis 20 m



Foto 9: 20 m bis 22 m



Foto 10: 22 m bis 26 m



Foto 11: 26 m bis 28 m



Foto 12: 28 m bis 30 m



Foto 13: 30 m bis 32 m



Foto 14: 32 m bis 34 m



Foto 15: 34 m bis 36 m



Foto 16: 36 m bis 38 m



Foto 17: 38 m bis 40 m



Foto 18: 40 m bis 42 m



Foto 19: 42 m bis 44 m



Foto 20: 44 m bis 46 m



Foto 21: 46 m bis 48 m



Foto 22: 48 m bis 50 m



Foto 23: 50 m bis 52 m



Foto 24: 52 m bis 54 m



Abbaugelbiet Lugibach Ost
Würenlos / AG

Korngrössenverteilung; Erdbaulabor F. Steiger

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

Auftrag:	11034	Lugibach, Würenlos			
Material- und Feldbezeichnung					
Labor Nr.		17813	17814	17815	
Bohrung Nr.		20-1	20-1	20-1	
Feldbezeichnung der Probe					
Entnahmekote (Tiefe) m		3.5-6.0	6.0-14.2	14.2-26.3	
USCS-Klassifikation					
Anlieferungszustand					
Wassergehalt	W %	3.7	3.2	2.9	
Dichte (feucht)	ρ g/cm ³				
Trockendichte	ρ_d g/cm ³				
Dichte der Festsubstanz	ρ_s g/cm ³	2.71	2.71	2.70	
Porosität	n %				
Sättigungsgrad	Sr %				
Carbonatgehalt	Ca %				
Druckfestigkeit	d_c kPa				
Konsistenz					
Fliessgrenze	W_L %				
Ausrollgrenze	W_P %				
Plastizitätszahl	$I_P = W_L - W_P$ %				
Liquiditätsindex	$I_L = (W - W_P) / I_P$				
Kornverteilung					
D max	mm	100.0	63.0	63.0	
> 90 mm	%	2.1	0.0	0.0	
< 90 mm	%	97.9	100.0	100.0	
< 63 mm	%	90.8	100.0	100.0	
< 31.5 mm	%	76.6	78.4	83.7	
< 16 mm	%	60.9	56.7	67.2	
< 8 mm	%	44.9	39.2	54.6	
< 4 mm	%	34.7	31.3	45.8	
< 2 mm	%	28.2	26.2	39.2	
< 1 mm	%	22.59	21.70	28.87	
< 0.5 mm	%	18.70	18.82	22.69	
< 0.25 mm	%	15.84	15.96	18.61	
< 0.125 mm	%	12.73	13.38	14.67	
< 0.063 mm	%	9.72	11.12	11.56	
< 0.02 mm	%	6.02	7.12	6.27	
< 0.002 mm	%	1.33	1.92	1.33	

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

Auftrag:	11034	Lugibach, Würenlos			
Material- und Feldbezeichnung					
Labor Nr.		17816	17817	17818	
Bohrung Nr.		20-1	20-1	20-1	
Feldbezeichnung der Probe					
Entnahmekote (Tiefe) m		27.1-32.0	32.0-40.0	40.0-49.0	
USCS-Klassifikation					
Anlieferungszustand					
Wassergehalt	W %	2.2	1.3	1.7	
Dichte (feucht)	ρ g/cm³				
Trockendichte	ρ_d g/cm³				
Dichte der Festsubstanz	ρ_s g/cm³	2.72	2.71	2.70	
Porosität	n %				
Sättigungsgrad	Sr %				
Carbonatgehalt	Ca %				
Druckfestigkeit	d_c kPa				
Konsistenz					
Fliessgrenze	W_L %				
Ausrollgrenze	W_P %				
Plastizitätszahl	$I_P = W_L - W_P$ %				
Liquiditätsindex	$I_L = (W - W_P) / I_P$				
Kornverteilung					
D max	mm	63.0	63.0	63.0	
> 90 mm	%	0.0	0.0	0.0	
< 90 mm	%	100.0	100.0	100.0	
< 63 mm	%	100.0	100.0	100.0	
< 31.5 mm	%	83.4	85.8	92.1	
< 16 mm	%	68.4	74.3	78.4	
< 8 mm	%	54.4	62.0	57.5	
< 4 mm	%	43.7	51.3	43.4	
< 2 mm	%	36.0	42.4	35.6	
< 1 mm	%	28.04	33.82	28.08	
< 0.5 mm	%	20.71	28.69	21.28	
< 0.25 mm	%	16.45	24.49	16.59	
< 0.125 mm	%	12.96	19.47	12.98	
< 0.063 mm	%	10.11	15.45	10.14	
< 0.02 mm	%	5.76	8.94	5.80	
< 0.002 mm	%	1.16	2.16	1.20	

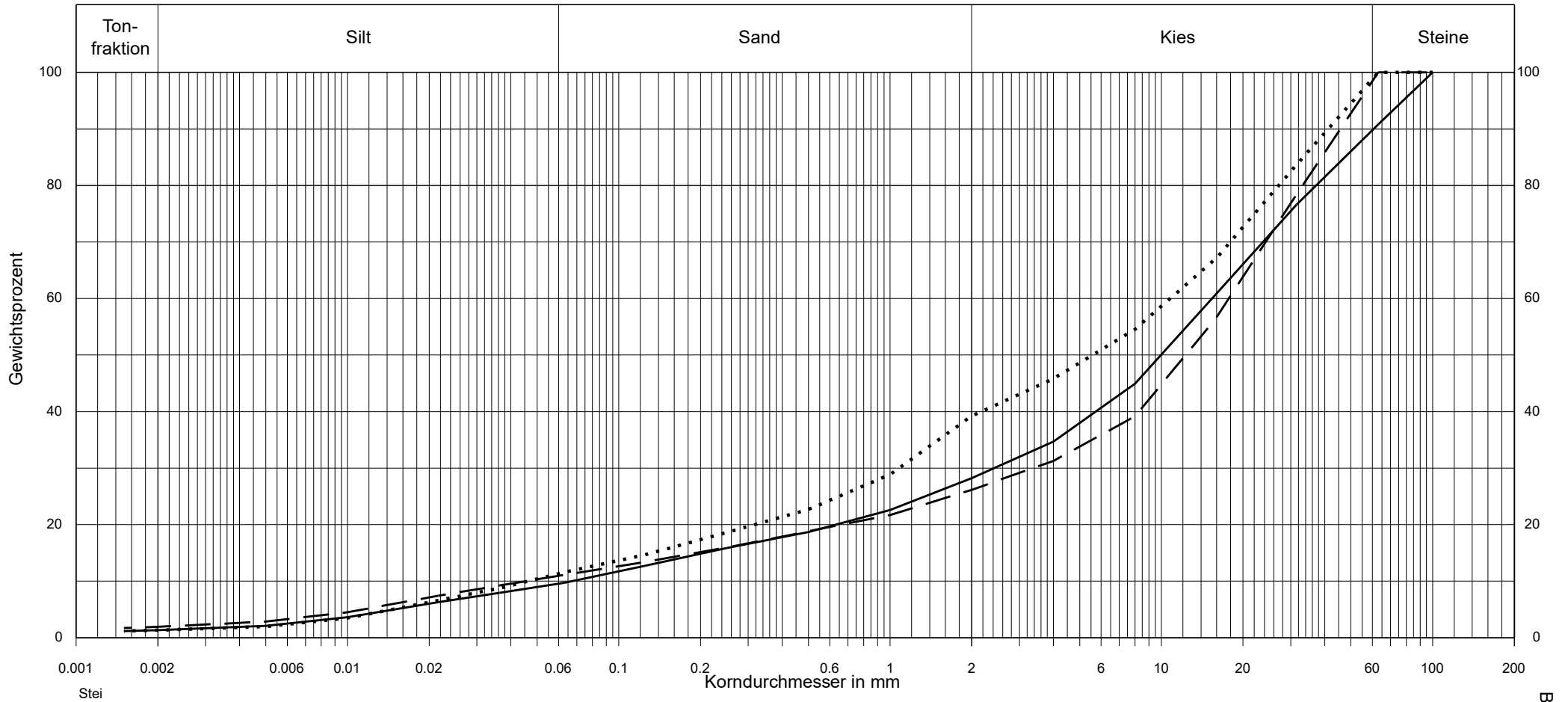
Kornverteilung in Summationskurven

Auftrag:

11034

Lugibach, Würenlos

Material- und Feldbezeichnung				Anlieferungszustand				Konsistenz			USCS
Bohrung	Labor Nr.	Tiefe m	Signatur	w %	ρ g/cm ³	ρ_d g/cm ³	ρ_s g/cm ³	w _L %	w _P %	I _P %	
20-1	17813	3.5-6.0	—————	3.7			2.71				
20-1	17814	6.0-14.2	- - - - -	3.2			2.71				
20-1	17815	14.2-26.3	2.9			2.70				



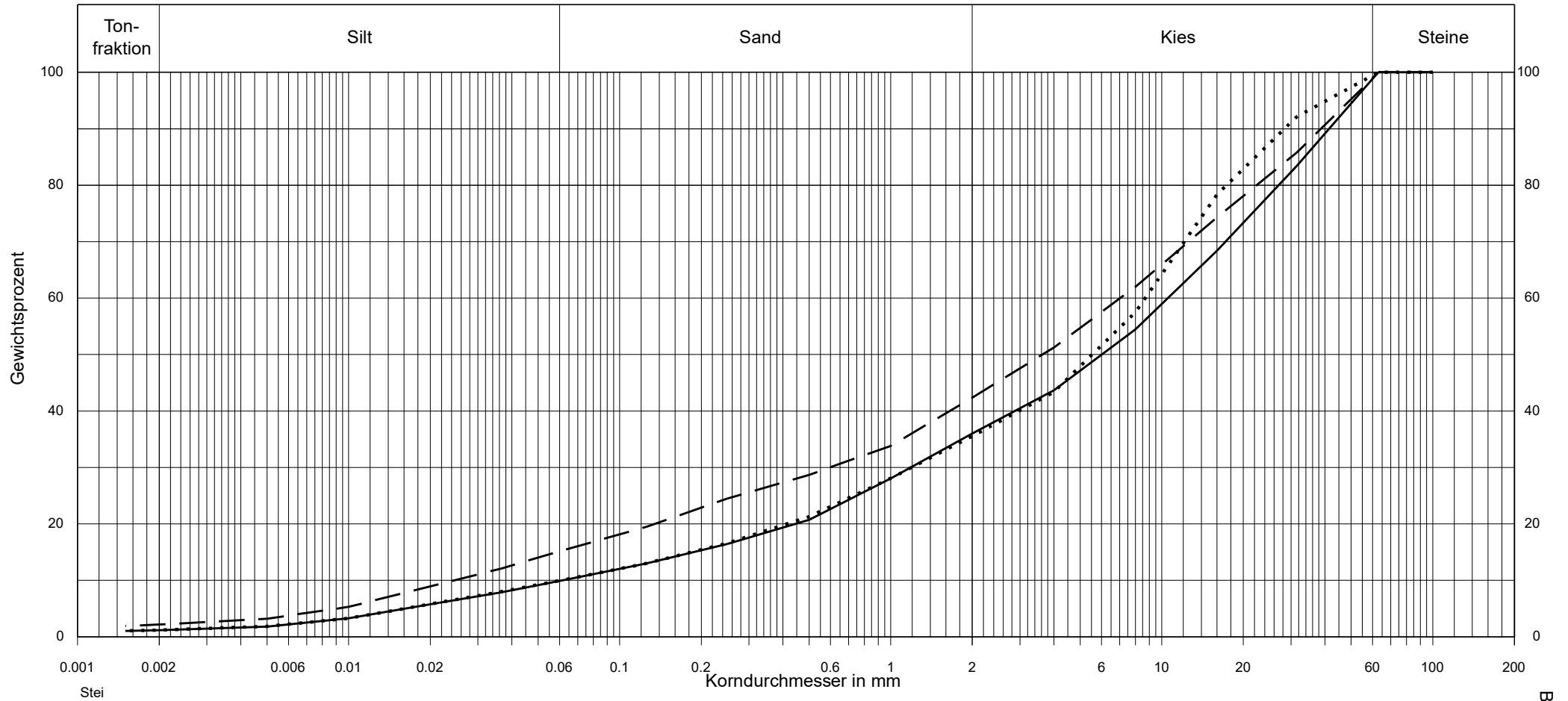
Kornverteilung in Summationskurven

Auftrag:

11034

Lugibach, Würenlos

Material- und Feldbezeichnung				Anlieferungszustand				Konsistenz			USCS
Bohrung	Labor Nr.	Tiefe m	Signatur	w %	ρ g/cm ³	ρ_d g/cm ³	ρ_s g/cm ³	w _L %	w _P %	I _P %	
20-1	17816	27.1-32.0	—————	2.2			2.72				
20-1	17817	32.0-40.0	- - - - -	1.3			2.71				
20-1	17818	40.0-49.0	1.7			2.70				



Abbaugelbiet Lugibach Ost
Würenlos / AG

Geophysikalische Untersuchungen; Bericht roxplore GmbH vom 20. April 2020



Projekt Kiesabbau Lugibach
Gemeinde Würnelos AG

Bericht	zur seismischen Erkundung im Rahmen des Konzessionsprojekts
----------------	--

Bauherr Tägerhard Kies AG
Otelfingerstrasse 5
5430 Wettingen

Fachplanung Geologie Jäckli Geologie AG
Roland Felber
Kronengasse 39
5400 Baden

Kontraktor roXplore gmbh
Oberfeldstrasse 6
8514 Amlikon-Bissegg
Telefon 078 687 3999
roxplore@roxplore.ch
www.roxplore.ch

Berichtsdatum 20. April 2020

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einführung.....	4
1.1	Ausgangslage und Aufgabenstellung.....	4
1.2	Die angewandte Messmethodik.....	5
2	Die Feldarbeiten.....	8
2.1	Messablauf.....	8
2.2	Zusammenfassung der Registrierparameter.....	8
2.3	Der Messumfang.....	8
2.4	Situationsplan.....	9
2.5	Koordinaten der Geophonstationen.....	10
2.6	Messequipe seismische Feldarbeiten.....	10
3	Die Datenbearbeitung und Auswertung.....	12
3.1	Die Datenverarbeitung (Processing).....	12
3.2	Die Abbildungen der refraktionstomographischen Ergebnisse.....	16
4	Diskussion der Resultate.....	19
4.1	Querprofil 20LUGI-1 entlang der Furttalstrasse.....	19
4.2	Querprofil 20LUGI-2 in der Mitte des Flüefelds.....	19
4.3	Querprofil 20LUGI-3 im Südosten des Flüefelds.....	20
4.4	Längsprofil 20LUGI-4 in der Mitte des Flüefelds.....	20
5	Zusammenfassung und Bewertung der Untersuchung.....	26
Anhang	Seismische Geschwindigkeiten von Gesteinen + Materialien.....	27



VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Blockdiagramm Kompressionswelle.....	5
Blockdiagramm Scherwelle.....	5
Schema Refraktionsseismik.....	7
Lage der seismischen Messprofile.....	9
Seismogramme und Ersteinsatzlaufzeiten.....	13
Laufzeitkurven.....	13
Workflow Refraktionsseismik.....	14
Gemessene und modellierte Laufzeitkurve.....	15
Refraktionsseismische Geschwindigkeitsverteilung.....	16
Refraktionsseismische Wellenfaddichte.....	17
Geophysikalische Interpretation.....	17
Ergebnisse Querprofil 20LUGI-1.....	22
Ergebnisse Querprofil 20LUGI-2.....	23
Ergebnisse Querprofil 20LUGI-3.....	24
Ergebnisse Querprofil 20LUGI-4.....	25
Seismische Geschwindigkeiten von verschiedenen Gesteinen und Materialien.....	27

VERZEICHNIS DER FORMELN

Poisson-Zahl.....	6
Schermodul / Schumodul.....	6
Kompressionsmodul.....	6
Elastizitätsmodul / Young'scher Modul.....	6

VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tab. 2.1	Zusammenfassung Messmengen und -längen.....	8
Tab. 2.2	Koordinaten einiger Geophonstationen.....	10

1 Einführung

Die Trägerhard Kies AG, Wettingen AG, hat am 22. Januar 2020 die roXplore gmbh, Amlikon TG, für eine refraktionsseismische Felstiefenbestimmung auf dem "Flüefeld", Gemeinde Würenlos AG, zwischen Furttalstrasse, Landstrasse und dem Bifigweg beauftragt. Der vorliegende Bericht dokumentiert diese geophysikalischen Messungen und deren Analysen, Ergebnisse und geologische Interpretation im Rahmen der Abbauvolumen-Berechnungen des Geologen.

1.1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

1.1.1 Die lokalen Verhältnisse

Geologie:

Es werden relativ dichte Limmattalschotter im Hangenden und an der Oberfläche leicht verwitterte (1-2 m) Sand- und Mergelsteine der OSM im Liegenden des zu explorierenden Horizontes erwartet. Mit sehr weichen Glimmersandsteinen der OSM ist nicht zu rechnen, diese liegen hier höher. Es wird allgemein nur ein geringmächtig gesättigter Grundwasserkörper von max. einigen Metern über der Felsoberfläche und parallel zu dieser erwartet.

Lärmsituation:

Der Standort liegt im Bereich der Kreuzung der stark befahrenen Furttal- und Landstrasse am westlichen Rand der Gemeinde Würenlos AG. In unmittelbarer Nähe sind zudem zwei aktive und eine inaktive Kiesgrube (letztere wird als Deponie genutzt) vorhanden. Entsprechend ist am Standort der geplanten Untersuchungen tagsüber mit grösserer Bodenunruhe und damit mit einem geringen Nutz-Störsignal-Abstand zu rechnen.

Geländebeschaffenheit:

Der Abbauperimeter ist flach und bis auf wenige Randzonen frei von Wald; er wird meist landwirtschaftlich genutzt. Südwestlich der Landstrasse liegt ein Gewerbegebiet mit entsprechenden (unterkellerten) Gebäuden und versiegelter Oberfläche.

1.1.2 Erkundungsziele

Entlang vier Profilschnitten soll die Felsoberfläche bis in mindestens 50 m Tiefe seismische aufgeschlossen werden. Allgemein wird eine im Nordosten eher steil abfallende Felstopographie erwartet, welche nach Südwesten abflacht. Drei Sondierbohrungen (eine davon als Kernbohrung ausgeführt) und einige Baggerschlitze ergänzen das Untersuchungsprogramm. Die Ergebnisse dieser geologischen Untersuchungen können in die Interpretation der Seismik einfließen.

Die Landstrasse muss auf den beiden vorgeschlagenen Querlinien sowohl mit der Geophonauslage als auch mit Quellpunkten überquert werden, um auch am Parzellenrand Felstiefen zu bestimmen.

1.2 Die angewandte Messmethodik

1.2.1 Seismische Wellen

Die Körperwellen lassen sich aufgrund der Partikelbewegung (elastische Deformation des Mediums) in P- (=Primär-, auch Longitudinal- oder Kompressionswelle, Fig. 1.1) und S-Welle (=Sekundär-, auch Scherwelle, Fig. 1.2) unterscheiden, wobei sich die Primärwelle bei natürlichen Lithologien knapp doppelt so schnell ausbreitet als die Sekundärwelle. Die P-Welle beschreibt eine wechselweise Kompression- und Dilatationsphase, das heisst, die Partikelbewegung entspricht einer in Ausbreitungsrichtung gerichteten Druckwelle. Die S-Welle entspricht einer senkrecht zur Ausbreitungsrichtung gerichteten Scherbewegung der Volumenelemente, welche sowohl horizontal (als SH-Welle bezeichnet) als auch vertikal (SV-Welle) sein kann. Im Gegensatz zur Kompressionswelle ist eine Übertragung der Scherwelle in Flüssigkeiten aufgrund der nicht vorhandenen Scherfestigkeit nicht möglich. Die Scherwellengeschwindigkeit wird daher auch nicht von im Gestein vorhandenen Fluiden beeinflusst.

Während die P-Welle mit einfachen Vertikalaufnehmern (Geophonen, Seismometern, MEMS) oder Drucksensoren (Hydrophonen) gemessen werden kann, benötigt die S-Welle Horizontalaufnehmer (im Falle der Analyse der SH-Welle) oder Vertikalgeophonen (im Falle der schwieriger auszuwertenden SV-Welle).

Zur Bestimmung der Tiefenlage der Felsoberfläche reicht in aller Regel die Anwendung von P-Wellen. Entsprechend wurden im Projekt Kiesabbau Lugibach auch nur diese angeregt und ausgewertet.

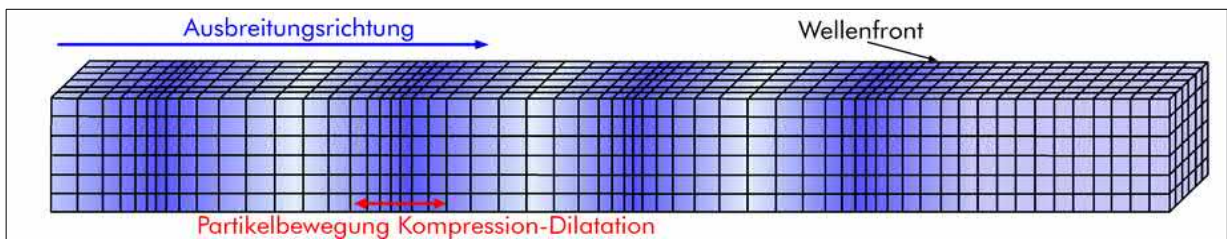


Fig. 1.1 P-Welle: Das Blockdiagramm zeigt, dass die Partikelbewegung und die Ausbreitungsrichtung bei der Kompressionswelle parallel sind. Die stossartige Erschütterung erzeugt einen Wechsel von Kompression und Dilatation, gleich den Schallwellen in der Luft (Druckschwankungen).

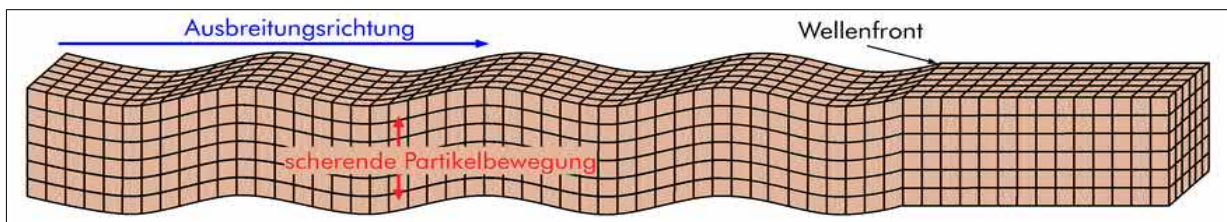


Fig. 1.2 S-Welle: Das Blockdiagramm zeigt, dass bei der Scherwelle die scherende Partikelbewegung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung liegt. Weil Fluide keine Scherfestigkeit aufweisen, können sich S-Wellen nur in festen Medien ausbreiten.

1.2.2 Zusammenhang zwischen seismischen Geschwindigkeiten und elastischen Bodenparametern

Die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der beiden Wellentypen sind von den elastischen Bodenparametern abhängig. Folgende Gleichungen (Sheriff, 2002) beschreiben den Zusammenhang zwischen den seismisch bestimmten, elastischen Moduln, der Dichte (Volumengewicht) ρ und den seismischen Geschwindigkeiten v_s und v_p und gelten für sehr kleine Dehnungen:

Die *Poisson-Zahl* ν (auch Poisson-Verhältnis oder σ oder δ) berechnet sich aus dem Zusammenhang der seismischen Geschwindigkeiten gemäss Formel 1:

$$\nu = \frac{v_p^2 - 2v_s^2}{2 \cdot (v_p^2 - v_s^2)} \quad (\text{Form. 1})$$

Der *Schermodul* G (auch *Schubmodul* oder μ) folgt aus der Dichte ρ und der seismischen Scherwellengeschwindigkeit:

$$v_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \rightarrow G = \rho \cdot v_s^2 \quad (\text{Form. 2})$$

Der *Kompressionsmodul* K kann aus den beiden seismischen Geschwindigkeiten v_p und v_s und der Dichte ρ nach der Formel 3 berechnet werden:

$$v_p = \sqrt{\frac{(K + \frac{4}{3}G)}{\rho}} \rightarrow K = \rho \left(v_p^2 - \frac{4}{3}v_s^2 \right) \quad (\text{Form. 3})$$

Als weiterer geotechnischer Kennwert lässt sich auch der *Elastizitätsmodul* E (auch als *Youngscher Modul* bezeichnet) aus den seismischen Geschwindigkeiten ableiten:

$$E = \rho \cdot v_s^2 \cdot \left(\frac{3v_p^2 - 4v_s^2}{v_p^2 - v_s^2} \right) \quad (\text{Form. 4})$$

1.2.3 Tauchwellentomographie (Refraktionsseismik)

Seismische Körperwellen breiten sich im Untergrund gemäss den Gesetzen der Akustik (Fig. 1.3) aus. An Schichtgrenzen mit differenten Ausbreitungsgeschwindigkeiten reflektieren und refraktieren (brechen) bestimmte Energieanteile der seismischen Wellen. Die Bewegungen der reflektierten und totalrefraktierten Wellen werden an der Oberfläche in den Empfängern (in der Regel Geschwindigkeitsaufnehmer = Geophone) gemessen und im Seismographen digitalisiert und aufgezeichnet.

Die bekannte und weit verbreitete Refraktionsseismik wertet nur die Laufzeiten der ersten aufgezeichneten Wellen in jedem Geophon auf. Dabei handelt es sich in den ganz nah gesetzten Geophonen um die direkte Welle, bei weiter entfernten Empfängerstationen um totalrefraktierte Wellen einzelner tiefer liegender Horizonte. Die zeitliche Ableitung der Laufzeiten erlaubt die Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeiten einzelner Schichten.

Durch moderne Auswerteverfahren (z.B. Tauchwellentomographie) können Datensätze mit einer grossen Anzahl an Quellpunkten und Empfängerstationen automatisiert ausgewertet werden. Entgegen der konventionellen Refraktionsseismik mit 3 bis 5 Aufzeichnungen pro Auslage bietet die Refraktionstomographie bei leicht erhöhtem Feldaufwand ein Mehrfaches an Genauigkeit und Aussagekraft der Auswertung. Insbesondere sind auch geologische Aufschlüsse bei nicht sprunghaften Geschwindigkeitsänderungen, wie sie beispielsweise bei verwitterndem Fels oder bei kontinuierlichem Übergang von lockerem Schotter zu zementierter Nagelfluh, möglich.

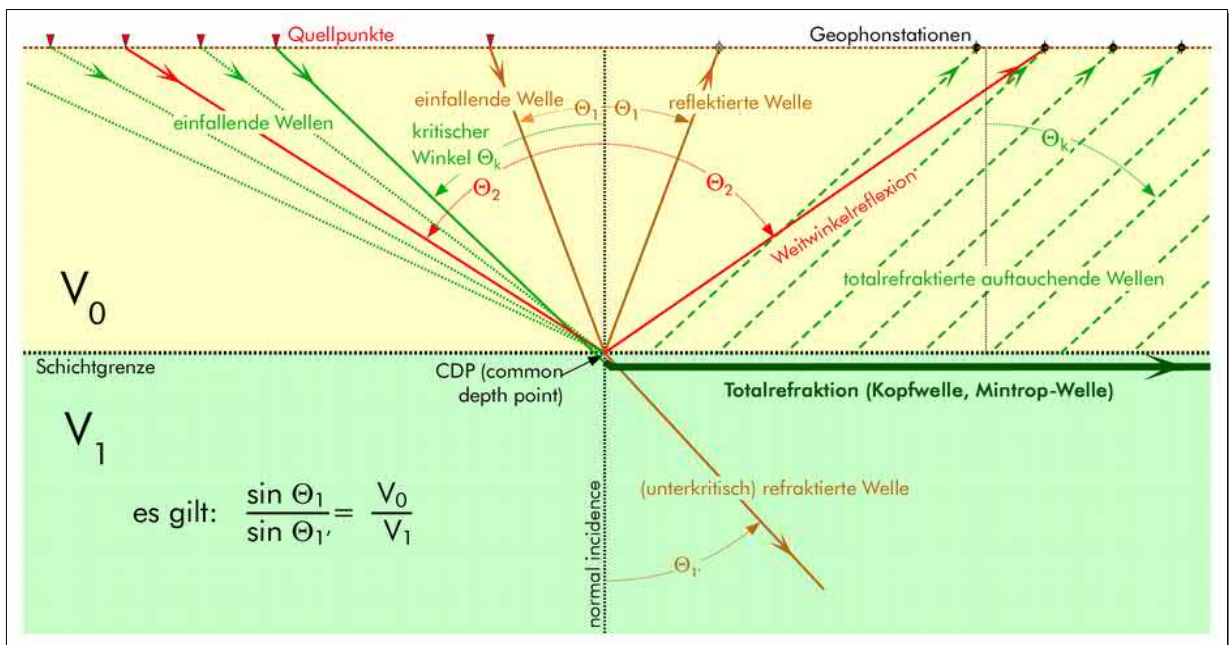


Fig. 1.3 Das Schema zeigt die Zusammenhänge zwischen ein- und ausfallenden seismischen Wellen in Bezug auf Geschwindigkeiten und Winkel. Diese Situation ist beispielsweise beim Grundwasserspiegel oder der Felsoberfläche unter einem weichen Schotter zu beobachten. Die totalrefraktierte Kopf- (auch als Mintropwelle bezeichnet) pflanzt sich entlang der Schichtgrenze im schnelleren Medium fort und führt dort zu einer erhöhten Zahl an Wellenstrahlen pro Volumenelement (der sogenannten Wellenfaddichte). Die Wellenfaddichte ist damit ein wichtiges Hilfsmittel zur Interpretation von Refraktionstomographischen Ergebnissen.

2 Die Feldarbeiten

2.1 Messablauf

Datum	Zeit	Beschreibung
24.3.2020	1630	Anfahrt von Amlikon TG und Yverdon-les-Bains VD
	1630-1700	Begehung der Profile mit den Mitarbeitern
	1700-2000	Aufbau der Geophon-Auslagen auf allen Profilen
	2000-2030	Funktionstests und Qualitätsüberprüfung
	2030-2130	seismische Messungen Profil 20LUGI-3
	2145-2230	seismische Messungen Profil 20LUGI-2
25.3.2020	2245-0015	seismische Messungen Profil 20LUGI-4
	0030-0115	seismische Messungen Profil 20LUGI-1
	0115-0200	Abbau der Profilauslage & Aufräumarbeiten
	0200-0245	Rückfahrt nach Amlikon

2.2 Zusammenfassung der Registrierparameter

Auslage	stationäre Aufstellung
Anzahl Kanäle	bis 100
Empfängerabstände	3.0 m
Anzahl Geophone pro Station	1
Geophontyp	5 Hz, vertikal, SmartSolo
Energiequelle	PEG-40, beschleunigtes Fallgewicht 40 kg 8 kg Hammer + Stahlplatte
Abstand Anregungspunkte	2 bis 3 Geophonstationen
Anzahl Schläge / Anregungspunkt	2 – 4, ja nach Noiselevel
Abtastrate	1 Millisekunden
Horchzeit	2000 Millisekunden
Feldfilter (LC / NT / HC)	out / out / anti-alias (413 Hz, 288 dB/oct)

2.3 Der Messumfang

Profil	Lokalität	Grundabstand [m]	Anzahl					Länge [m]	MinMax [m]
			CHN	GP	HP	WD	REC		
20LUGI-1	Furtalstrasse	3.0	98	105	-	53	103	312	158
20LUGI-2	Zentrum	3.0	60	64	-	31	93	189	96
20LUGI-3	Südost	3.0	87	94	-	38	83	279	141
20LUGI-4	Längsprofil	3.0	100	100	23	18	96	297	150
TOTAL				363	23	140	375	1077	

Tab. 2.1 Zusammenfassung der Messmengen. Gesamte Datenmenge: ca. 300 MBytes.
 CHN: aktive Kanal; GP: Geophonstation; HP: Hammerpunkt; WD: Quellpunkt Fallgewicht;
 REC: Record; MinMax: Minimaler Offset an jedem GP-SP-Mittelpunkt.

2.4 Situationsplan

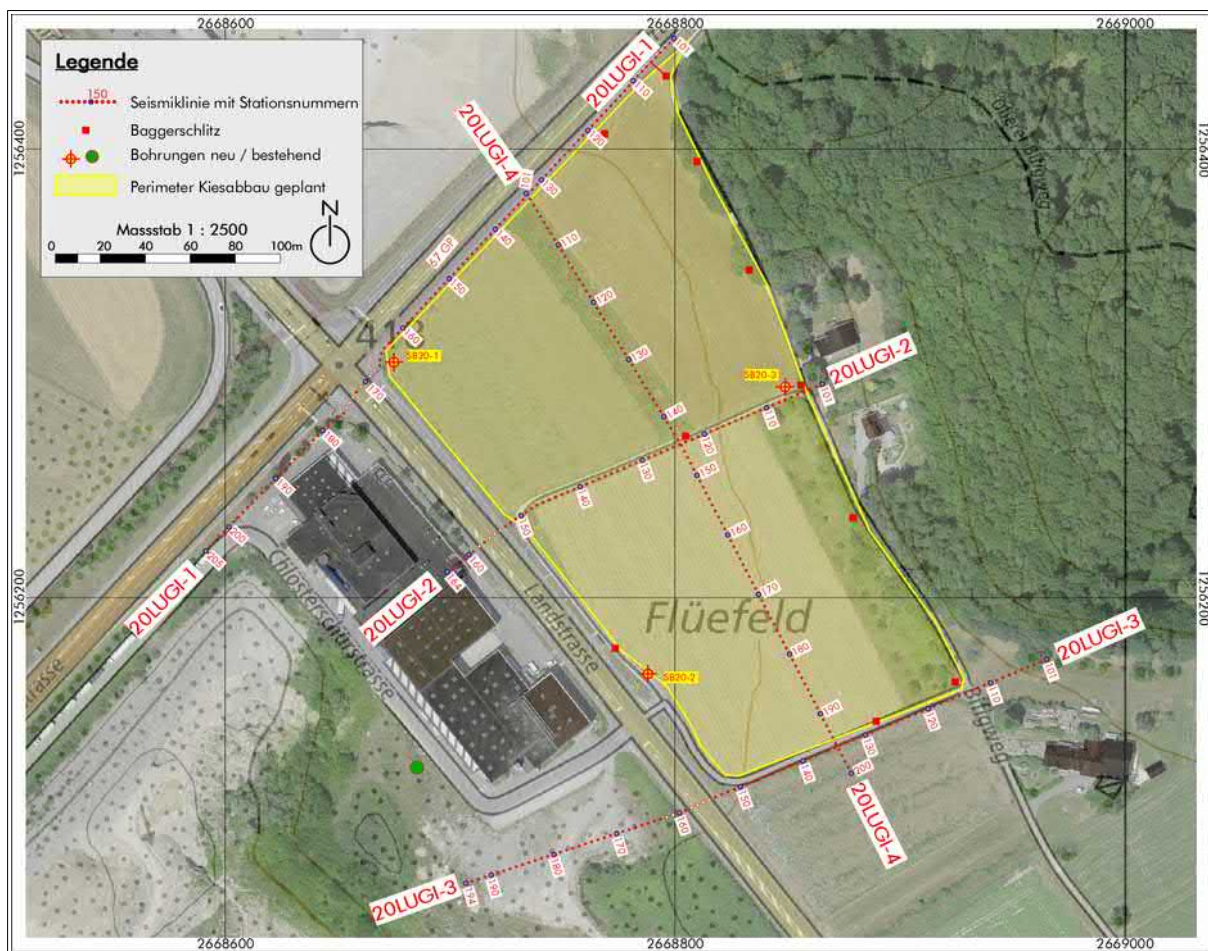


Fig. 2.1 Lage der vier seismischen Messlinien auf dem Flüefeld, Gemeinde Würenlos AG (Luftbild reproduziert mit Bewilligung von Swisstopo [Ja140147]).

2.5 Koordinaten der Geophonstationen

20LUGI-1	Rechtswert	Hochwert	Kote
101	2 668 799.5	1 256 449.5	422.7
110	2 668 781.5	1 256 430.5	421.6
120	2 668 761.2	1 256 408.4	420.7
130	2 668 740.7	1 256 386.4	419.9
140	2 668 720.1	1 256 364.3	419.3
150	2 668 699.6	1 256 342.3	418.8
160	2 668 679.0	1 256 320.2	418.3
170	2 668 643.4	1 256 274.6	418.2
180	2 668 601.7	1 256 231.6	417.4
190	2 668 591.3	1 256 220.8	417.0
200	2 668 622.5	1 256 253.2	416.6
205	2 668 662.4	1 256 296.4	416.2

20LUGI-3	Rechtswert	Hochwert	Kote
101	2 668 802.0	1 256 104.0	421.6
110	2 668 746.2	1 256 085.5	420.7
120	2 668 829.1	1 256 115.6	419.9
130	2 668 718.3	1 256 076.3	419.3
140	2 668 856.9	1 256 127.2	418.8
150	2 668 774.1	1 256 094.8	418.3
160	2 668 884.7	1 256 138.8	418.2
170	2 668 707.0	1 256 072.6	417.4
180	2 668 912.5	1 256 150.4	417.0
190	2 668 940.3	1 256 162.0	416.6
194	2 668 965.3	1 256 172.5	416.2

20LUGI-2	Rechtswert	Hochwert	Kote
101	2 668 757.9	1 256 249.5	432.6
110	2 668 813.1	1 256 273.0	427.9
120	2 668 731.5	1 256 236.6	425.3
130	2 668 840.7	1 256 284.7	423.2
140	2 668 708.4	1 256 219.2	421.2
150	2 668 785.5	1 256 261.3	419.8
160	2 668 698.8	1 256 211.6	419.9
164	2 668 865.6	1 256 295.3	419.1

20LUGI-4	Rechtswert	Hochwert	Kote
101	2 668 795.0	1 256 280.7	419.8
110	2 668 763.8	1 256 331.7	418.8
120	2 668 809.8	1 256 254.6	419.0
130	2 668 748.1	1 256 357.3	419.1
140	2 668 823.5	1 256 228.0	419.3
150	2 668 779.4	1 256 306.2	419.5
160	2 668 837.2	1 256 201.4	419.6
170	2 668 733.8	1 256 380.2	420.0
180	2 668 850.9	1 256 174.8	420.8
190	2 668 864.6	1 256 148.2	421.8
200	2 668 878.4	1 256 121.7	422.2

Tab. 2.2 Koordinaten einiger Geophonstationen entlang der vier Messlinien.

2.6 Messequipe seismische Feldarbeiten

2.6.1 Personal

Lorenz Keller	dipl. Natw. ETHZ, Geophysiker; Messleitung, Geophon-Auslage und Bedienung seismische Quelle
Thomas Tscharner	MSc. Umweltingenieur, Geophon-Auslage, Bedienung seismische Quelle
Franco Aubert	BSc., Geophysiker, Geophon-Auslage, Bedienung seismische Quelle
Mirko Marsano	Messhelfer, Geophon-Auslage, Bedienung seismische Quelle

2.6.2 Ausrüstung

1	seismische Messapparatur SmartSolo mit 400 Kanälen, 24bit A/D, 5Hz Geophone
1	seismische Messapparatur Geode mit 24 Kanälen, 24bit A/D
1	Computer für Datenkontrolle und Steuerung Geode
1	Funk-Triggerung
div.	Hammer 4-8 kg
1	Fallgewicht PEG-40, Verlängerungskabel 5 - 120 m
div.	Funkgeräte

2.6.3 Fahrzeuge

- 1 Messwagen VW T5 Syncro
- 1 Messbohrung IVECO
- 1 Pick-Up Isuzu D-Max mit Fallgewicht

2.6.4 Die äusseren Messbedingungen, lokale Besonderheiten

Die Messarbeiten fanden bei sehr günstigen Witterungs- und Umweltbedingungen statt. Trotz der Nähe zur stark befahrenen Land- und Furttalstrasse war der Verkehrslärm dank der Corona-Ausgangsbeschränkungen auf enorm tiefen Niveau. Selbst auf dem Profil direkt entlang der Furttalstrasse (Profil 20LUGI-1) war sehr wenig Verkehr zu beobachten. Die von ihm induzierten Störungen konnten einfach durch kurze Unterbrechungen während der Messarbeiten umgangen werden.

Die Datenqualität kann als sehr gut bezeichnet werden. Einzig das Profil 20LUGI-3 im Südwesten zeigte im Bereich der künstlichen Aufschüttung südwestlich der Landstrasse eine etwas reduzierte Datenqualität aufgrund der eher lockeren Lagerungsdichte und entsprechend starker Dämpfung vor allem der hochfrequenten Signalanteile.

3 Die Datenbearbeitung und Auswertung

3.1 Die Datenverarbeitung (Processing)

3.1.1 Personal

Lorenz Keller dipl. Natw. ETHZ, Geophysiker

3.1.2 Verwendete Software

Seismic PrePro: SPW der Parallel Geosc. Corp → www.parallelgeo.com

Refraction seismic: RAYFRACT der Intelligent Resources Inc. → www.rayfract.com

Gridding: SURFER der Golden Software, Inc. → www.goldensoftware.com

Graphische Aufbereitung: CANVAS der ACDSystems → www.acdsee.com

Textbearbeitung: OpenOffice der Open Document Foundation → www.libreoffice.org

3.1.3 Die refraktionsseismische Datenverarbeitung

a) Datenvorbereitung

Das Editing besteht in der Zuordnung der geometrischen Informationen der Schuss- und Empfängerpunkte zu den seismischen Daten. Zusätzlich werden Seismogramme geringer Datenqualität gefiltert oder gelöscht, notwendige Ungenauigkeiten in der Nullzeitbestimmung korrigiert und eine rudimentäre Geschwindigkeitsbestimmung einzelner Refraktoren vorgenommen. Anschliessend werden die Seismogramme mit identischen Quell- und Empfängerstationen summiert (vertikale Stapelung).

b) Bestimmung der Ersteinsatzzeiten

Die Darstellung sämtlicher Seismogramme eines Quellpunktes erlaubt die einfache Bestimmung der Laufzeiten zwischen Quellpunkt und Empfängerstation. Durch manuelles Setzen von Zeitmarken auf jedem Seismogramm werden die Laufzeiten der Schallimpulse (hier der P-Wellen) bestimmt (siehe Fig. 3.2 und Fig. 3.3, a).

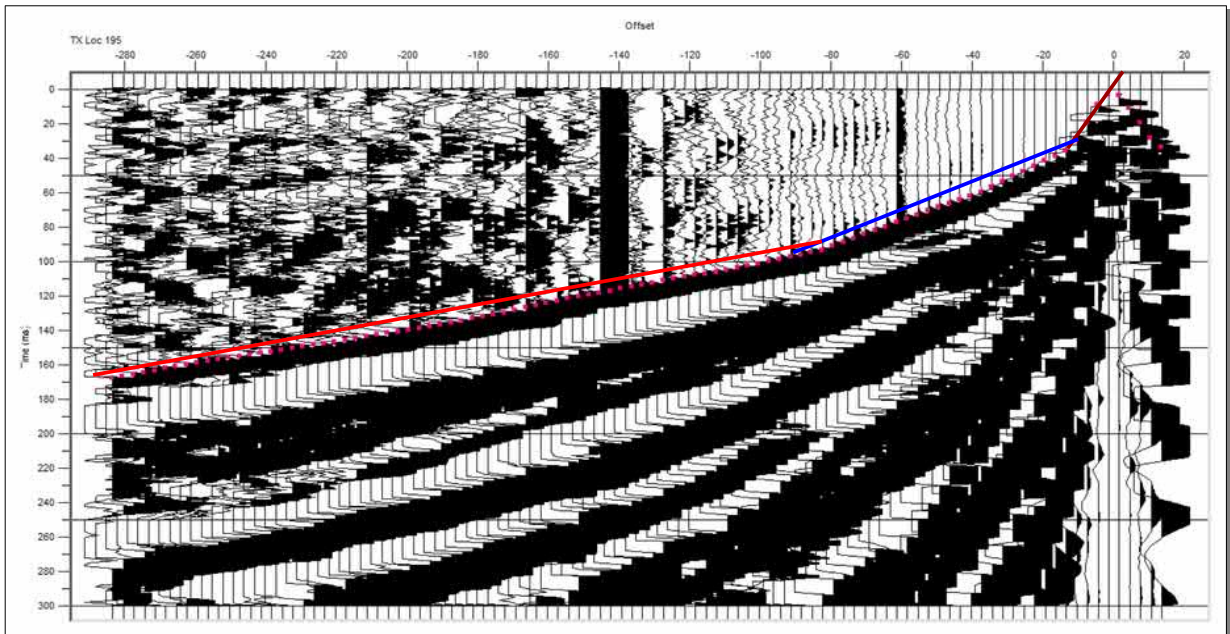


Fig. 3.1 Seismischer Feldrekord (ungefiltert) vom Profil 20LUGI-4. Die sehr hohe Datenqualität wurden mit einer Stapelung von 3 Hammerschlägen erzielt und erlaubt sehr gute Bestimmung der Laufzeiten bis über 280 m Distanz. Markiert sind die Ersteinsätze (rote Punkte) mit einem 3-Schichten-Fall (farbige Geraden über den Ersteinsatzzeiten).

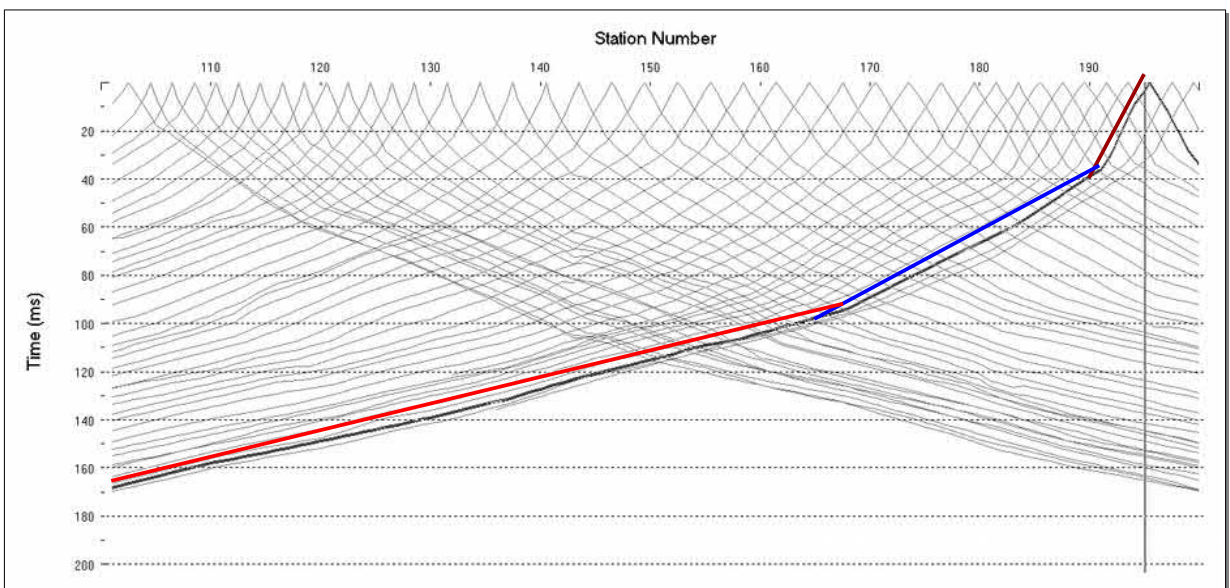


Fig. 3.2 Gesamtheit aller Laufzeitkurven vom Messprofil 20LUGI-4 (gleicher Rekord wie in Fig. 3.1). Als erste Interpretation kann ein 3-Schichten-Fall angenommen werden, welcher durch die drei Linien angedeutet wird:

- braun: direkte Welle in der Verwitterungsschicht, ~ 400 m/s
- blau: Zwischenschicht, ~ 1450 m/s
- rot: Fels, > 2100 m/s

c) Ableitung eines geeigneten Startmodells der Inversion (Fig. 3.3, b)

Die refraktionsseismische Auswertung wurde nach dem XTV-Verfahren der CMP-Methode (Δt -v-Methode) berechnet. Dies erlaubt, auch starke Geschwindigkeitskontraste zwischen Locker- und Festgestein besser abzubilden. Dabei werden die Laufzeiten zu gemeinsamen Mittelpunkten (CMP) sortiert und durch zeitliche Ableitung nach dem Weg die Geschwindigkeiten bestimmt. Das endliche Startmodell wird durch eine Mittelung aller berechneten 1-D-Geschwindigkeitsmodelle (smooth gradient) und laterale Ausdehnung erzeugt.

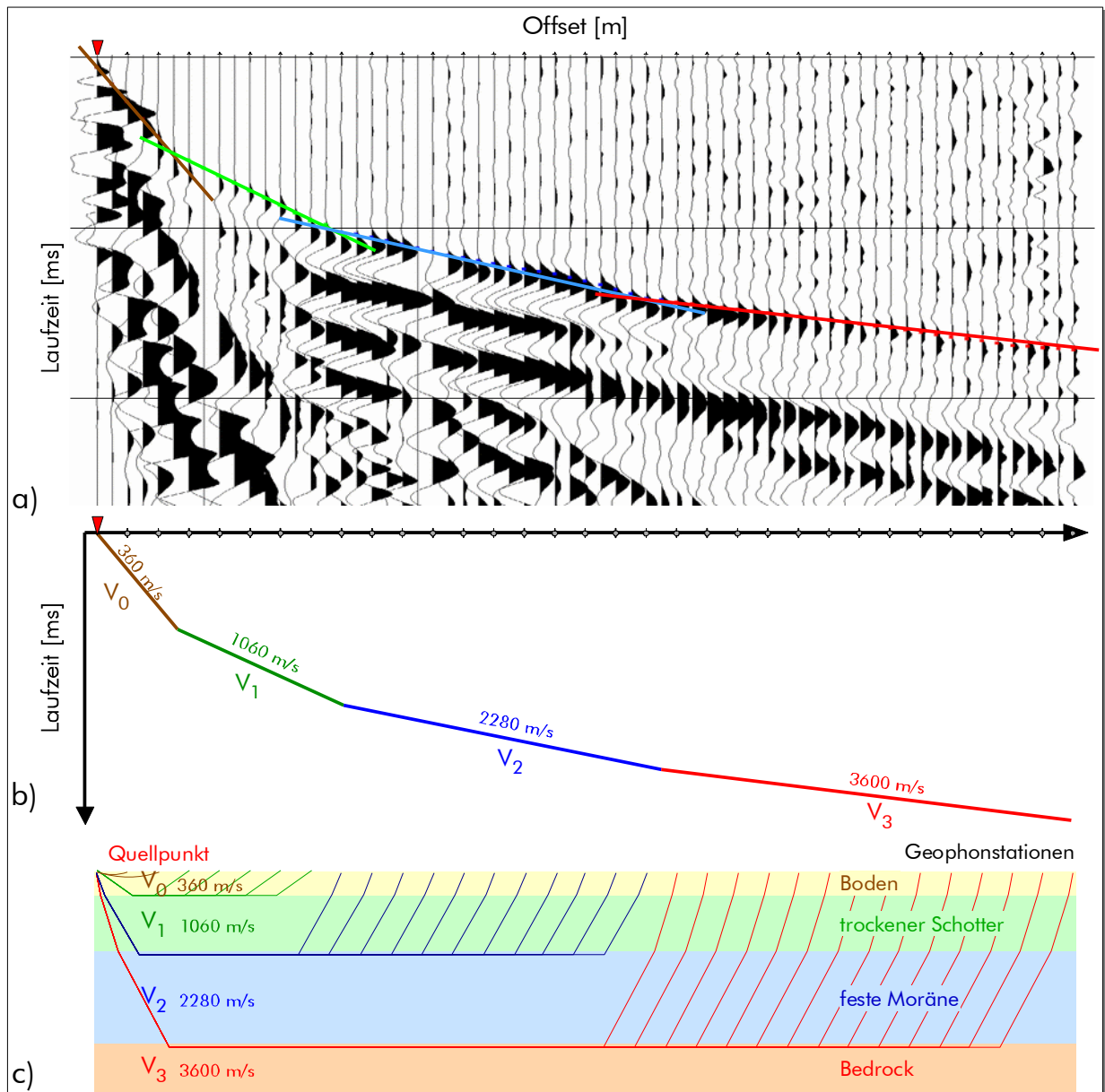


Fig. 3.3 Generalisierter Workflow der Refraktionsseismik:
a) Die seismischen Daten (im Gegensatz zu Fig. 3.2 wird hier die Laufzeit von unten nach oben dargestellt) werden auf gemeinsamen Schusspunkt sortiert (auch möglich mit Empfänger-, CDP- oder Offset-Sortierung). Die Einsatzzeiten der seismischen Wellen werden mit den farbig markierten Zeitmarken „gepickt“.
b) Ableitung der seismischen Geschwindigkeiten.
c) Inversion der Laufzeiten und Geschwindigkeiten zu einem geologischen Modell.

d) *Dateninversion (Modellierung)*

Das Startmodell wird iterativ zum finalen Modell mittels wavepath eikonaler traveltimes tomography (WET tomography, einem Fresnel-Volumen-/fat ray-Ansatz) in 100 Schritten verfeinert (Fig. 3.3, c). Dieser Inversionsalgorithmus basiert auf der Annahme, dass die Ausbreitung der seismischen Wellen nicht als Strahlen sondern unter Berücksichtigung eines allseitigen, endlichen und vom Frequenzgehalt des seismischen Signals bestimmten Volumens erfolgt.

Der RMS-Fehler (siehe die Angaben in den Bildunterschriften der Figuren Fig. 4.1 bis Fig. 4.4) ist dabei ein Gütemass der Inversion. Je geringer der Fehlerwert ausfällt, desto besser widerspiegeln die modellierten Laufzeiten die tatsächlichen Messwerte.

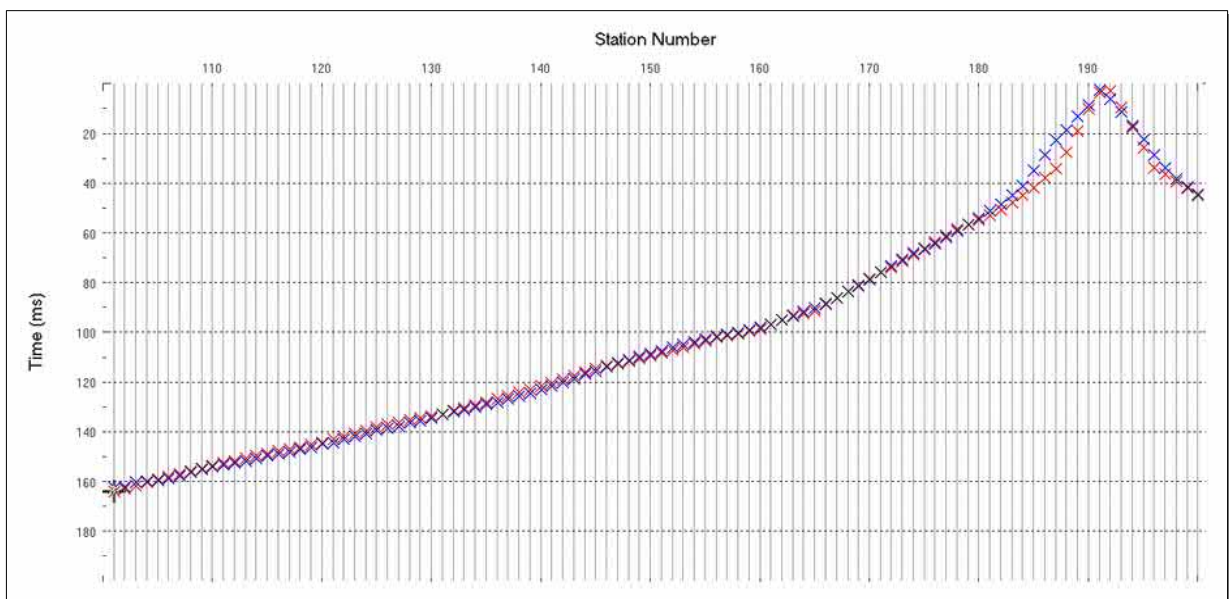


Fig. 3.4 Beispiel der modellierten Laufzeiten des Schusses vom Messprofil 20LUGI-4: rote Kreuze markieren die tatsächlich gemessenen Laufzeiten, die blauen Kreuze die modellierten Werte. Grüne Kreuze stehen für die Übereinstimmung der Modelldaten mit den Messdaten. Der RMS-Fehler an diesem Quellpunkt beträgt 1.02 % [1.7 ms].

e) *Die Darstellungen der Refraktionstomographie*

Das Ergebnis der Refraktionstomographischen Auswertung besteht aus zwei Illustrationen: Die seismische Geschwindigkeitsverteilung und die Wellenpfaddichte.

- ▶▶ Das Untergrundmodell der Verteilung der seismischen Ausbreitungsgeschwindigkeiten V_p [m/s]. Es widerspiegelt den physikalischen Zustand des Untergrundes als Mass der Gesteinsgüte (Dichte, Kompaktion, Steifigkeit, Festigkeit und/oder Härte) und damit möglicher lithologischer Einheiten: hohe Geschwindigkeitswerte entsprechen hartem Material (z.B. Granitfels), während tiefe Werte beispielsweise als Schotter interpretiert werden können.
- ▶▶ Die Wellenpfaddichte beschreibt die Zahl der berechneten Wellenpfade pro Flächen-/Volumeneinheit. Sie ist abhängig vom Geschwindigkeitsgradienten zwischen einzelnen Einheiten (d.h. Refraktoren) und somit bestens geeignet, die Felsoberfläche zu definieren. Letztere findet sich direkt oberhalb der grössten, lokalen Wellenpfaddichte.

3.2 Die Abbildungen der refraktionstomographischen Ergebnisse

In Kapitel 4 sind die Ergebnisse der seismischen Untersuchungen folgendermassen dargestellt: Die **Abbildung A** (Fig. 3.5) zeigt die refraktionstomographisch bestimmte Verteilung der seismischen P-Wellen-Geschwindigkeiten gemäss Abschnitt 1 im Kapitel 3.1.3e farbcodiert als kontinuierliches Geschwindigkeitsfeld und mit überlagerten Isotachen (d.h. Linien gleicher seismischer Ausbreitungsgeschwindigkeiten). Folgende Isotachen sind hier farblich hervorgehoben:

- ▶ braune Linie: 600 m/s → erster Refraktor
- ▶ blaue Linie: 1450 m/s → zweiter Refraktor
- ▶ grüne Linie: 2100 m/s → dritter Refraktor
- ▶ rote Linie: 2400 m/s → vierter Refraktor

Die bezeichneten Geschwindigkeitswerte wurden aus Einzelrekordanalysen (siehe Fig. 3.1) und der Zuordnung von Isotachen zu sprunghaften Veränderungen in der Wellenpfaddichte abgeleitet.

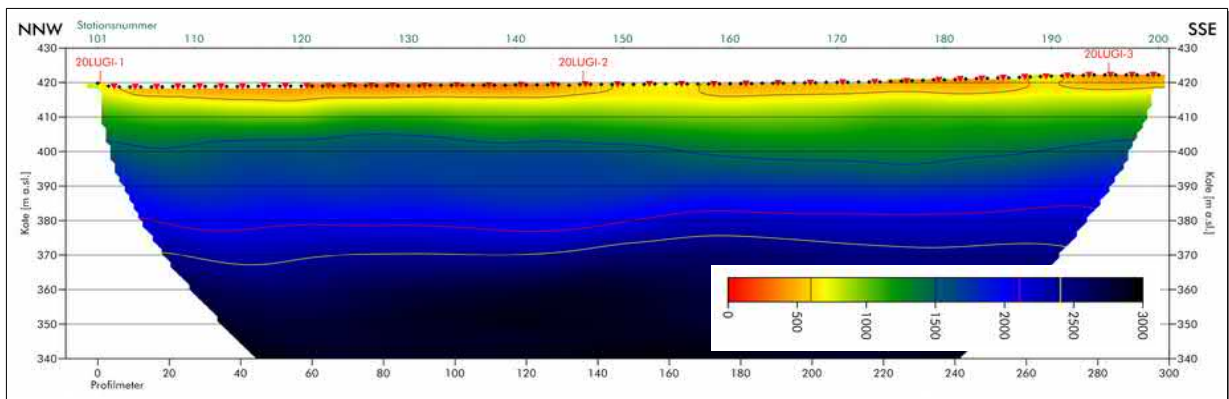


Fig. 3.5 Refraktionsseismische Geschwindigkeitsverteilung beim Profil 20LUGI-4. Die Isotachen 600 m/s (braun), 1450 m/s (blau) und 2100 m/s (rot) und 2400 m/s (gelb) sind farblich hervorgehoben.

In **Abbildung B** (Fig. 3.6) ist die Wellenpfaddichte gemäss Abschnitt 2 im Kapitel 3.1.3e dargestellt. Sie ist ein Mass für die Anzahl der Strahlenpfade pro Einheitsflächenelement und ist ein gutes Hilfsmittel zur Abschätzung der Stärke des Geschwindigkeitskontrastes und ist Ausdruck für die Intensität der Bündelung der Welligkeiten der Schallwellen an akustischen Grenzflächen. Je grösser der Wert der Wellenpfaddichte ist desto sprunghafter ist die Geschwindigkeitszunahme an der entsprechenden Grenzfläche. Die Intensität der Wellenpfaddichte bildet somit eine wichtige Grundlage zur seismischen Identifizierung von Refraktoren als beispielsweise dem Grundwasserspiegel, der Felsoberkante oder anderen lithologischen Grenzen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die zugehörige Grenzfläche immer leicht über der maximalen Amplitude liegt (siehe horizontal laufende, grüne Kopf-/Minotrop-Welle in Fig. 1.3). Im Fall einer Geschwindigkeitsinversion liegt die Grenzfläche unterhalb der Maximalwerte.

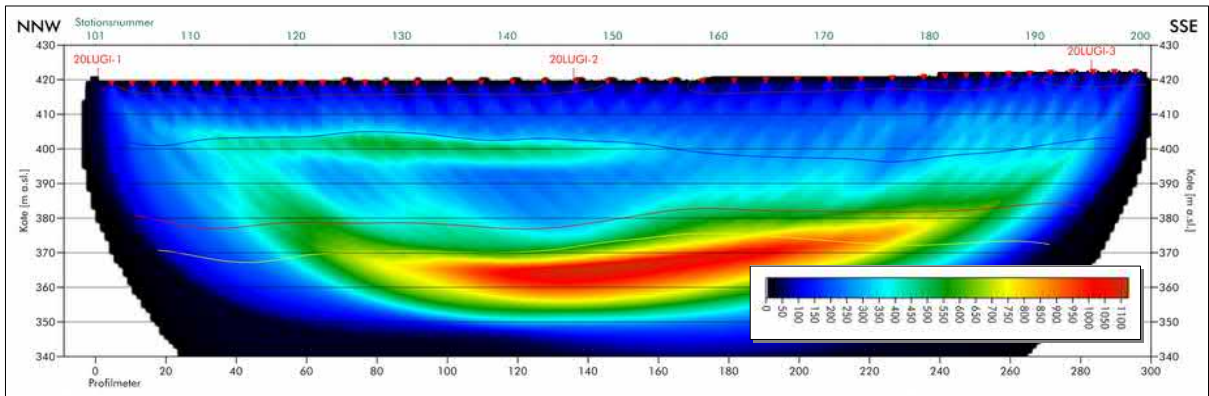


Fig. 3.6 Refraktionsseismische Wellenpfaddichte beim Profil 20LUGI-4 mit den Isotachen aus der refraktionsseismischen Geschwindigkeitssektion. Hohe Werte in der Wellenpfaddichte charakterisieren die Refraktivität einzelner Grenzflächen und widerspiegeln damit Bereiche direkt unterhalb einer Schichtgrenze mit positivem Geschwindigkeitsgradient.

Die geophysikalische Interpretation in **Abbildung C** (siehe Fig. 3.7) zeigt die Geschwindigkeitsverteilung mit transparent darüber gelegter Wellenpfaddichte als Graustufenbild und interpretierten Schichtgrenzen als Synthese von Geschwindigkeitsverteilung und Wellenpfaddichte. Zudem sind Ausschnitte aus den querenden Profilen aufgetragen. Die beiden Horizonte sind rot punktiert (der Felsoberfläche entsprechend) sowie einer deutlich hervortretenden Schichtgrenze auf Kote ca. 405 m. ü.M.. Dabei könnte es sich – aus der Diskussion mit dem Projektgeologen – um einen Zementationshorizont handeln. Die beiden in der uninterpretierten Sektion in Fig. 3.5 dargestellten Konturlinien von 600 m/s (als UK Deckschichten/Boden) und 2400 m/s (als mögliche Grenzschicht zur unverwitterten Molasse) sind in der Interpretation nicht besonders hervorgehoben.

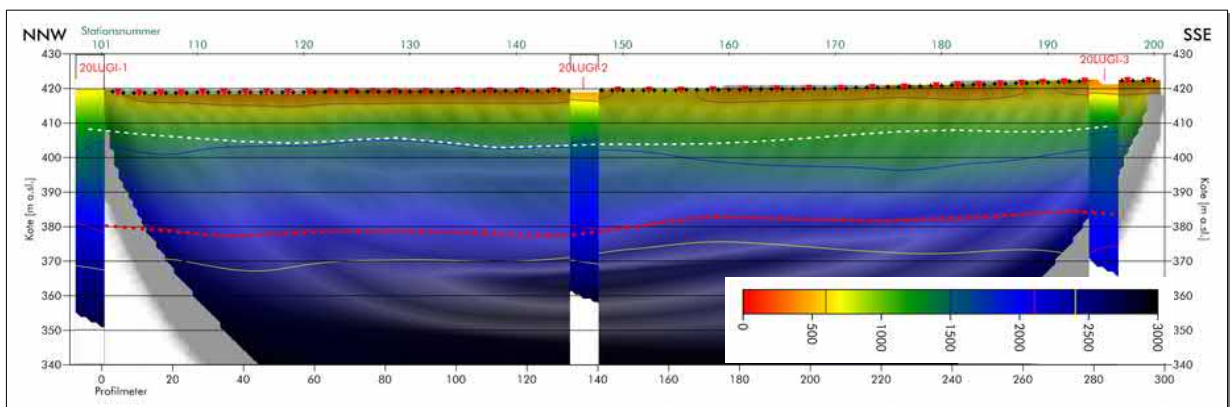


Fig. 3.7 Die geophysikalische Interpretation als Grenzflächendiagramm wird auf die einander transparent überlagerten Darstellungen der Geschwindigkeitsverteilung und der Wellenpfaddichte (als Graustufenbild) gezeichnet. Die beiden interpretierten Horizonte (weiss strichliert: UK nicht zementierte Kiese [Wettinger Schotter] und rot punktiert: OK Festgestein [Obere Meeresmolasse]) sind besonders hervorgehoben.

In der geologischen Interpretation werden die geophysikalischen Grenzflächen geologischen Einheiten zugeordnet:

- weisse Linie (1450 m/s, 2. Refraktor) → UK nicht zementierte Kiese, sog. "Wettinger Schotter"
- rote Linie (2100 m/s, 3. Refraktor) → UK Schotter / OK OSM.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen in Wasser liegt bei 1480 m/s, in Locker- oder Festgesteinen mit Grundwasser kann die Geschwindigkeit davon abweichen, je nach Lagerungsdichte des Materials. Bei den meisten Gesteinen liegt der Grundwasserspiegel bei höheren Geschwindigkeiten, mit Ausnahmen von Torf und ähnlichen sehr weichen Lockergesteinen. Ob (freies) Grundwasser im Untergrund vorhanden ist kann mit seismischen Verfahren festgestellt werden, es ist aber oft eine vertiefte Untersuchung notwendig. Die hier mit der blauen Linie dargestellte Isotache von 1450 m/s entspricht nach Aussagen des Projektgeologen nicht einem Grundwasserspiegel sondern ist eher einem Zementationshorizont innerhalb der Schotter zuzuordnen. Die Interpretation erfolgt aufgrund geologischer Überlegungen und Beobachtungen im Feld.

Eine Übersicht über die Ausbreitungsgeschwindigkeiten seismischer Wellen in unterschiedlichen Materialien sind in der tabellarischen Auflistung in der Beilage „Seismische Geschwindigkeiten von Gesteinen und Materialien“ zu finden.

4 Diskussion der Resultate

4.1 Querprofil 20LUGI-1 entlang der Furttalstrasse

Die Ergebnisse der Refraktionstomographie vom Querprofil 20LUGI-1 entlang der Furttalstrasse in Fig. 4.1 zeigen in seichter Tiefe eine nur sehr geringmächtige und nur partiell vorhandene Deckschicht und Bodenmaterial mit seismischen Geschwindigkeiten < 600 m/s. Dies ist vor allem auf den Strassenunterbau zurückzuführen, sind doch die Quellpunkte alle auf dem Strassenbelag ausgeführt worden und nur die Geophone haben im Grünstreifen gesteckt.

Eine darunter folgende, rund 10 bis 14 m mächtige, relativ locker gelagerte Schicht wird als nicht zementierter Schotter interpretiert. Gemäss Bohraufschluss B20-1 nur wenige Meter neben dem Profil bei ungefähr Station 164 gelegen handelt es sich dabei um "Wettinger Schotter".

Darunter folgen dichtere resp. härtere Schotter mit seismischen Geschwindigkeiten über 1450 m/s. Dabei dürfte es sich um die in der Bohrung B20-1 aufgeschlossenen, teilweise zementierten Schotter vom "Wettinger Vorstoss" resp. dem "Flüefeld-Schotter" handeln. Die in der Bohrung gemachte Unterscheidung zwischen diesen beiden Schichten kann mit der Seismik nicht erfasst werden. Die Abgrenzung zwischen nicht zementierten "Wettinger Schotter" und den Sedimenten des "Wettinger Vorstoss" resp. dem "Flüefeld-Schotter" lässt sich im nördlicheren Drittel der Messlinie nicht mehr gut abbilden, ist südwestlich der Station 140 aber sehr gut belegt.

Die Felsoberfläche (OK Meeresmolasse) fällt von ungefähr 415 m ü.M. am nordöstlichen Profilende bis auf etwa Kote 375 m ü.M. nach 110 m relativ steil ab. Zwischen Station 140 und dem Profilende ist das Gefälle wesentlich geringer. An der Landstrasse ist die Felsoberfläche auf ca. 366 m ü.M. sowohl in der Bohrung als auch in der Seismik gut belegt. Ganz am Profilende südwestlich des Gewerbeareal endet das Abbild der Festgesteinsoberfläche auf Kote 360 m ü.M.

4.2 Querprofil 20LUGI-2 in der Mitte des Flüefelds

Die Ergebnisse der Refraktionstomographie vom Querprofil 20LUGI-2 entlang des Feldwegs ungefähr in der Mitte des Flüefelds (siehe Fig. 4.2) zeigen in seichter Tiefe eine etwas mächtigere und praktisch durchgehend vorhandene Deckschicht und Bodenmaterial mit seismischen Geschwindigkeiten < 600 m/s. Ganz am Profilanfang im Nordosten erreicht diese Schicht eine Mächtigkeit von doch einigen Metern und könnte aus Hangsedimenten bestehen, was durch die Bohrung 20-3 etwa 5 m neben dem Profil gelegen bestätigt wird.

Eine darunter folgende, rund 12 bis 15 m mächtige, relativ locker gelagerte Schicht wird als nicht zementierter Schotter interpretiert. Gemäss Bohraufschluss KB20-1 handelt es sich dabei um "Wettinger Schotter".

Darunter folgen dichtere resp. härtere Schotter mit seismischen Geschwindigkeiten über 1450 m/s. Dabei dürfte es sich um die in der Bohrung B20-1 aufgeschlossenen, teilweise zementierten Schotter vom "Wettinger Vorstoss" resp. dem "Flüefeld-Schotter" handeln. Die in der Bohrung gemachte Unterscheidung zwischen diesen beiden Schichten kann mit der Seismik nicht erfasst werden. Die Abgrenzung zwischen nicht zementierten "Wettinger Schotter" und den Sedimenten des

"Wettinger Vorstoss" resp. dem "Flüefeld-Schotter" lässt sich jedoch sehr gut auch mit der Seismik abbilden; dieser Übergang ist auch hier ganz am Profilanfang nur schlecht belegt.

Die Felsoberfläche (OK Meeresmolasse) fällt von ungefähr 420 m ü.M. am nordöstlichen Profilende bis auf etwa Kote 380 m ü.M. nach 60 m besonders steil ab. Zwischen Station 125 und dem Profilende ist das Gefälle wesentlich geringer. An der Landstrasse ist die Felsoberfläche auf ca. 370 m ü.M. mit der Seismik belegt.

4.3 Querprofil 20LUGI-3 im Südosten des Flüefelds

Die Ergebnisse der Refraktionstomographie vom Querprofil 20LUGI-3 entlang der Strasse zum Hof "Bifig" (dargestellt in Fig. 4.3) zeigen in seichter Tiefe eine wiederum nur sehr geringmächtige und nur partiell vorhandene Deckschicht und Bodenmaterial mit seismischen Geschwindigkeiten < 600 m/s. Dies ist vor allem auf den Strassenunterbau zurückzuführen, sind doch die Quellpunkte alle auf dem Strassenbelag ausgeführt worden und nur die Geophone haben im Grünstreifen gesteckt.

Eine darunter folgende, rund 10 bis 13 m mächtige, relativ locker gelagerte Schicht wird als nicht zementierter Schotter interpretiert. Gemäss Bohraufschluss B20-1 auf dem Profil 20LUGI-1 handelt es sich dabei um "Wettinger Schotter".

Darunter folgen dichtere resp. härtere Schotter mit seismischen Geschwindigkeiten über 1450 m/s. Dabei dürfte es sich um die in der Bohrung B20-1 aufgeschlossenen, teilweise zementierten Schotter vom "Wettinger Vorstoss" resp. dem "Flüefeld-Schotter" handeln. Die in der Bohrung gemachte Unterscheidung zwischen diesen beiden Schichten kann mit der Seismik nicht erfasst werden. Die Abgrenzung zwischen nicht zementierten "Wettinger Schotter" und den Sedimenten des "Wettinger Vorstoss" resp. dem "Flüefeld-Schotter" lässt sich im nördlicheren Drittel der Messlinie nicht mehr gut abbilden, ist südwestlich der Station 135 aber sehr gut belegt.

Die Felsoberfläche (OK Meeresmolasse) fällt von ungefähr 418 m ü.M. am nordöstlichen Profilende bis auf etwa Kote 352 m ü.M. nach 210 m und bis über die Landstrasse hinaus relativ steil ab. Zwischen Station 170 und dem Profilende ist das Gefälle wesentlich geringer und liegt am Profilende bei etwa 348 m ü.M.

4.4 Längsprofil 20LUGI-4 in der Mitte des Flüefelds

Die Ergebnisse der Refraktionstomographie vom Längsprofil 20LUGI-4 ungefähr in der Mitte des Flüefelds und parallel zum Bifigweg (siehe Fig. 4.4) zeigen in seichter Tiefe eine eher mächtige (bis etwa 4 m) und praktisch durchgehend vorhandene Deckschicht und Bodenmaterial mit seismischen Geschwindigkeiten < 600 m/s. Einzig ganz am nordwestlichen Profilanfang und im Bereich der beiden querenden Wege sind die Geschwindigkeiten etwas höher. Dies steht in guter Übereinstimmung mit der beobachteten Ackerkrume und den damit fehlenden, kompakten resp. versiegelten Oberflächen.

Eine darunter folgende, rund 12 bis 15 m mächtige, relativ locker gelagerte Schicht wird als nicht zementierter Schotter interpretiert. Gemäss Bohraufschluss B20-1 beim Profil 20LUGI-1 handelt es sich dabei um "Wettinger Schotter".

Darunter folgen dichtere resp. härtere Schotter mit seismischen Geschwindigkeiten über 1450 m/s. Dabei dürfte es sich um die in der Bohrung B20-1 aufgeschlossenen, teilweise zementierten Schotter vom "Wettinger Vorstoss" resp. dem "Flüefeld-Schotter" handeln. Die in der Bohrung gemachte Unterscheidung zwischen diesen beiden Schichten kann mit der Seismik nicht erfasst werden. Die Abgrenzung zwischen nicht zementierten "Wettinger Schotter" und den Sedimenten des "Wettinger Vorstoss" resp. dem "Flüefeld-Schotter" ist nur schwach ausgeprägt und lässt sich gar nicht zwischen dem Profil 20LUGI-2 entlang des Feldwegs und dem Profilende im Südosten beobachten. Dies ist auch in Übereinstimmung mit dem gleichen Horizont auf dem Profil 20LUGI-3, ist er doch dort erst weiter südwestlich des Schnittpunkts abgebildet.

Die Felsoberfläche (OK Meeresmolasse) liegt auf dem ganzen Profil zwischen 378 und 384 m ü.M., tendenziell etwas höher im südöstlichen Abschnitt.

Generell besteht eine gute Übereinstimmung zwischen den in den Bohrungen aufgeschlossenen Felstiefen und den seismischen Ergebnissen sowie an den Schnittpunkten der einzelnen Seismik-Linien.

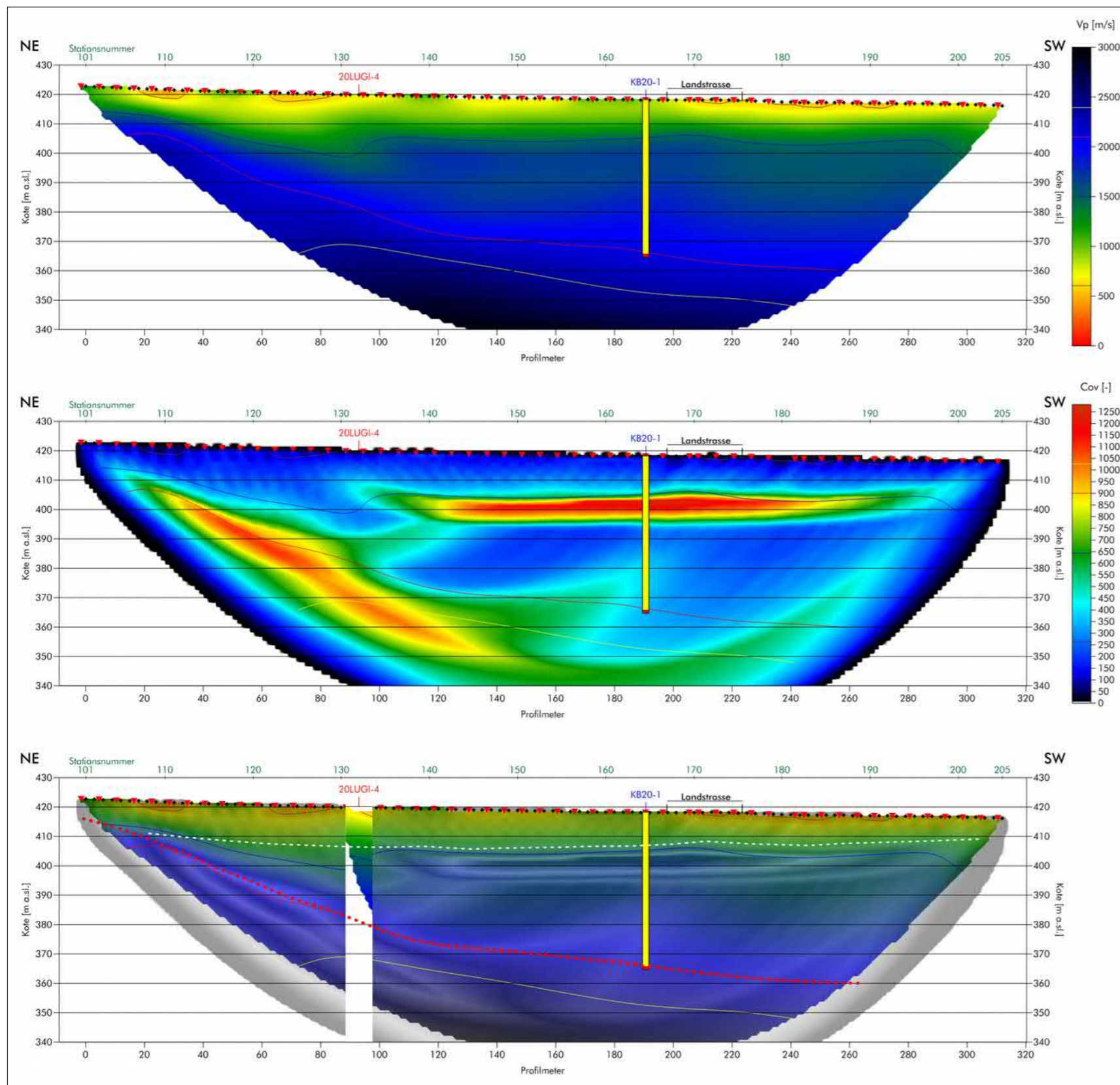


Fig. 4.1 Ergebnisse der Messlinie 20LUGI-1 entlang der Furttalstrasse (RMS-Fehler: 3.0% = 2.5 ms) uninterpretierte refraktionsseismische Geschwindigkeitsverteilung v_p (oben) und uninterpretierte Wellenfaddichte (Mitte).
unten: Geschwindigkeitsverteilung und Wellenfaddichte mit geologischer Interpretation (weiss: OK harte Schotter; rot: OK Fels).

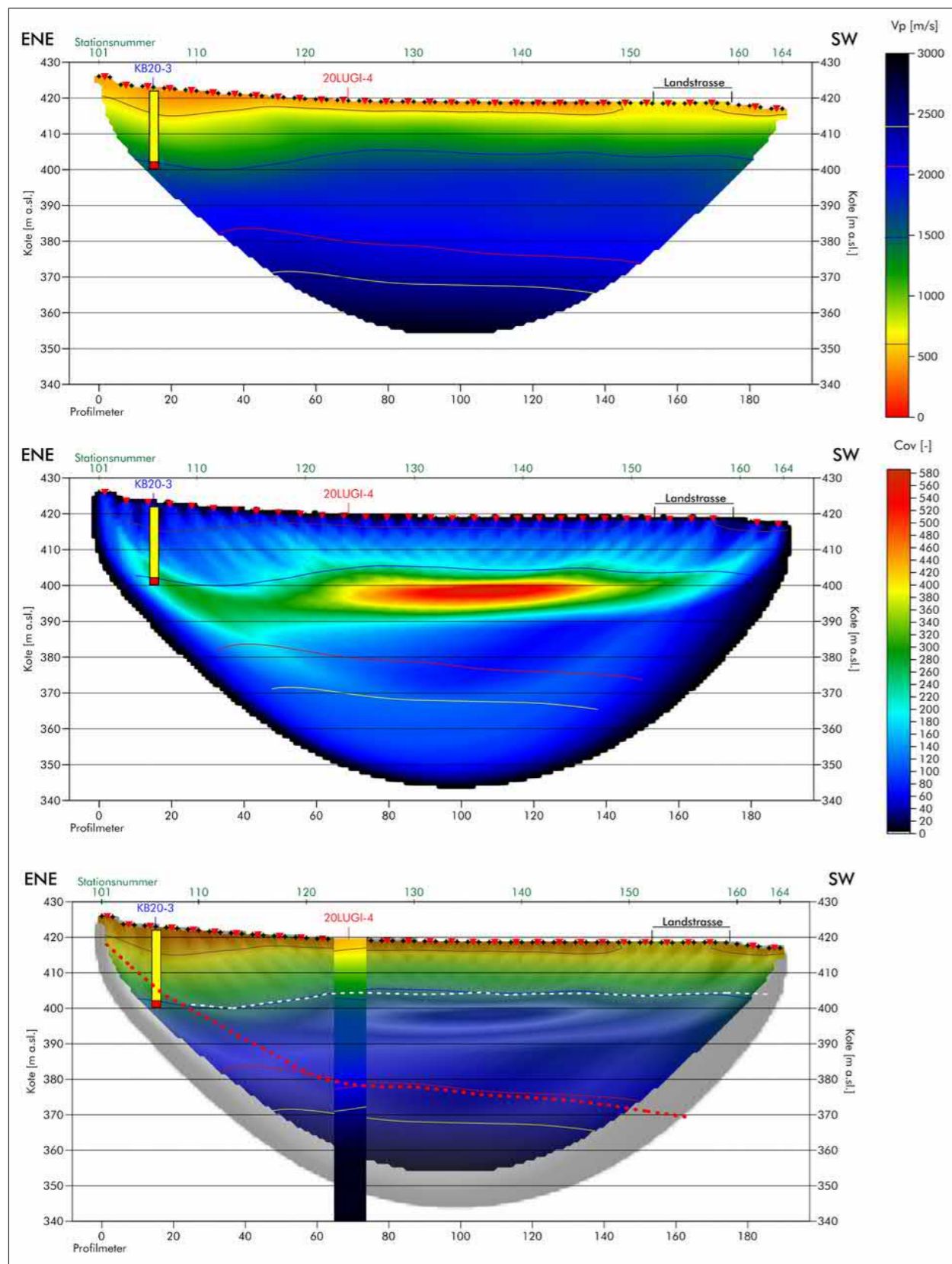


Fig. 4.2 Ergebnisse der Messlinie 20LUGI-2 in der Mitte des Fließfelds (RMS-Fehler: 3.0% = 2.0 ms) uninterpretierte refraktionsseismische Geschwindigkeitsverteilung v_p (oben) und uninterpretierte Wellenfaddichte (Mitte).
unten: Geschwindigkeitsverteilung und Wellenfaddichte mit geologischer Interpretation (weiss: OK harte Schotter; rot: OK Fels).

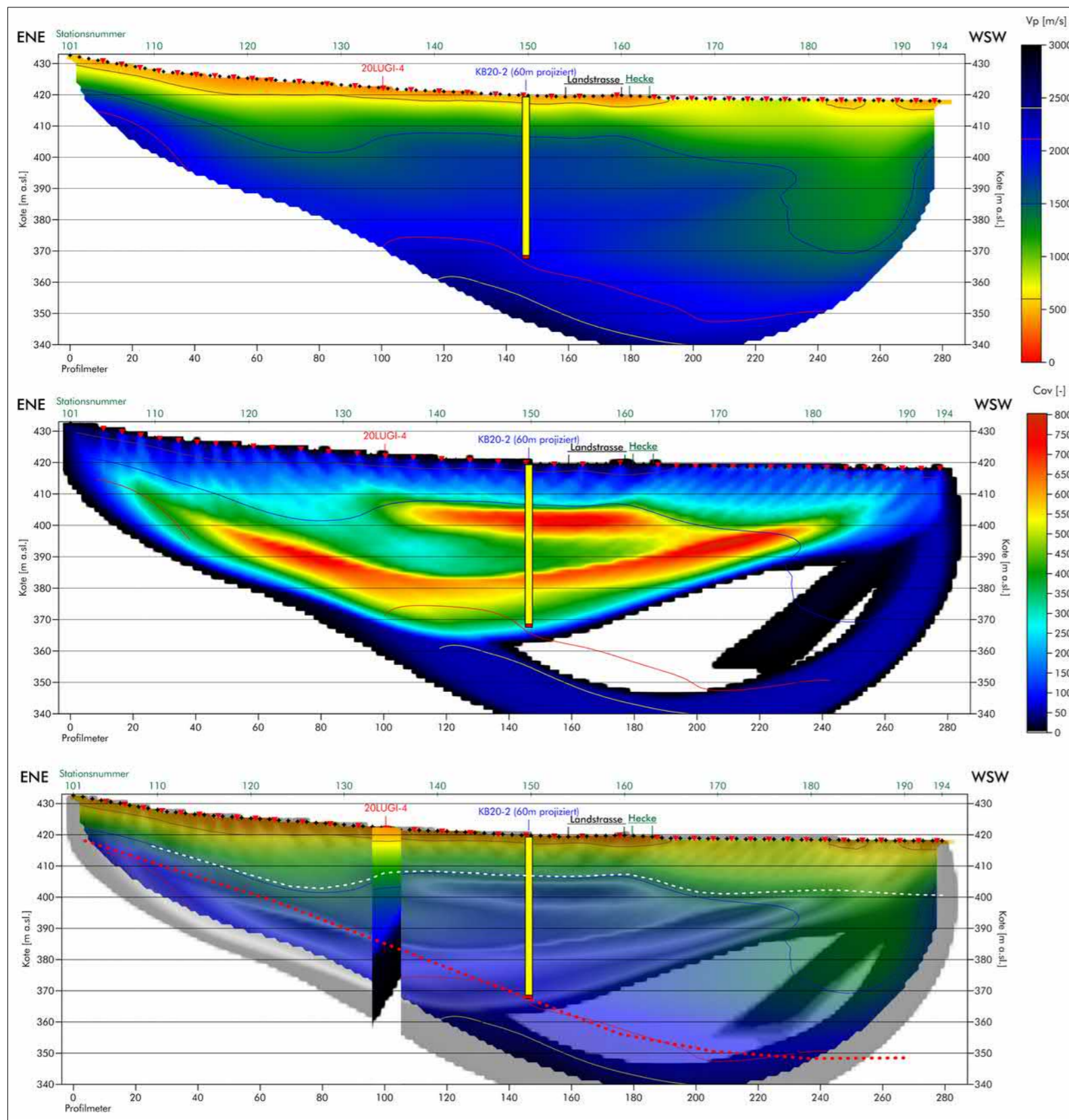


Fig. 4.3 Ergebnisse der Messlinie 20LUGI-3 im SE des Flüefelds (RMS-Fehler: 3.9% = 3.3 ms) uninterpretierte refraktionsseismische Geschwindigkeitsverteilung v_p (oben) und uninterpretierte Wellenfaddichte (Mitte).
unten: Geschwindigkeitsverteilung und Wellenfaddichte mit geologischer Interpretation (weiss: OK harte Schotter; rot: OK Fels).

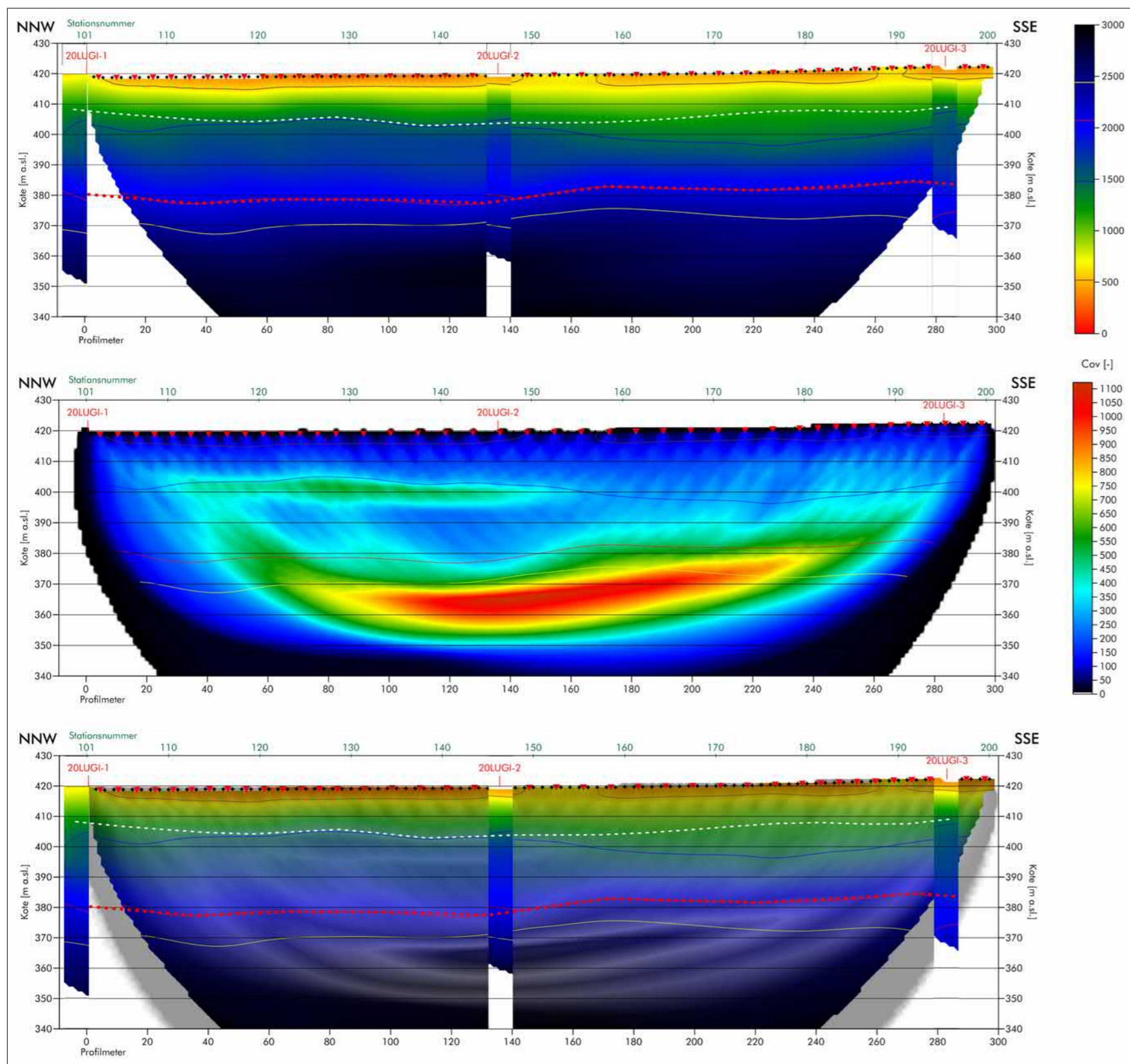


Fig. 4.4 Ergebnisse des Längsprofils 20LUGI-4 mittig des Fluefelds (RMS-Fehler: 2.0% = 1.8 ms) uninterpretierte refraktionsseismische Geschwindigkeitsverteilung v_p (oben) und uninterpretierte Wellenfaddichte (Mitte). unten: Geschwindigkeitsverteilung und Wellenfaddichte mit geologischer Interpretation (weiss: OK harte Schotter; rot: OK Fels).

5 Zusammenfassung und Bewertung der Untersuchung

- ▶▶ Für das Kiesabbauprojekt "Lugibach" in Würenlos AG der Tägerhard Kies AG, Wettingen, wurden auf dem Flüefeld zwischen Würenlos und Wettingen vier seismische Profile von total rund 1100 m Länge bemessen, refraktionsseismisch ausgewertet, interpretiert und mit diesem Bericht dokumentiert
- ▶▶ Ziel der Untersuchung war es, die Tiefe der Felsoberfläche zu kartieren und Aussagen über den generellen Aufbau des Lockergesteins zu gewinnen.
- ▶▶ Die refraktionsseismische Auswertung der Messdaten findet das Festgestein als relativ steil von vom "Bifigwald" abfallenden, gut ausgebildeten seismischen Horizont. Ab ungefähr der Mitte des Flüehfelds zwischen Wald und Landstrasse flacht die Felsoberfläche aus, im Nordwesten etwas näher zum Wald, im Südosten eher Richtung Landstrasse.
- ▶▶ Das Lockergestein kann generell mit einer Dreiteilung gegliedert werden:
 - ▶ geringmächtige Deckschicht/Boden mit P-Wellen-Geschwindigkeit v_p geringer als 600 m/s
 - ▶ einer nicht zementierten Übergangszone (Schotter) eher geringer Dichte/Härte) mit v_p bis etwa 1500 m/s und
 - ▶ einem dichten/harten Schotter mit einer seismischen Geschwindigkeit v_p zwischen 1500 m/s und 2100 m/s.
- ▶▶ Das Festgestein der Oberen Meeresmolasse ("Fels") weist seismische Geschwindigkeiten $v_p > 2100$ m/s auf.

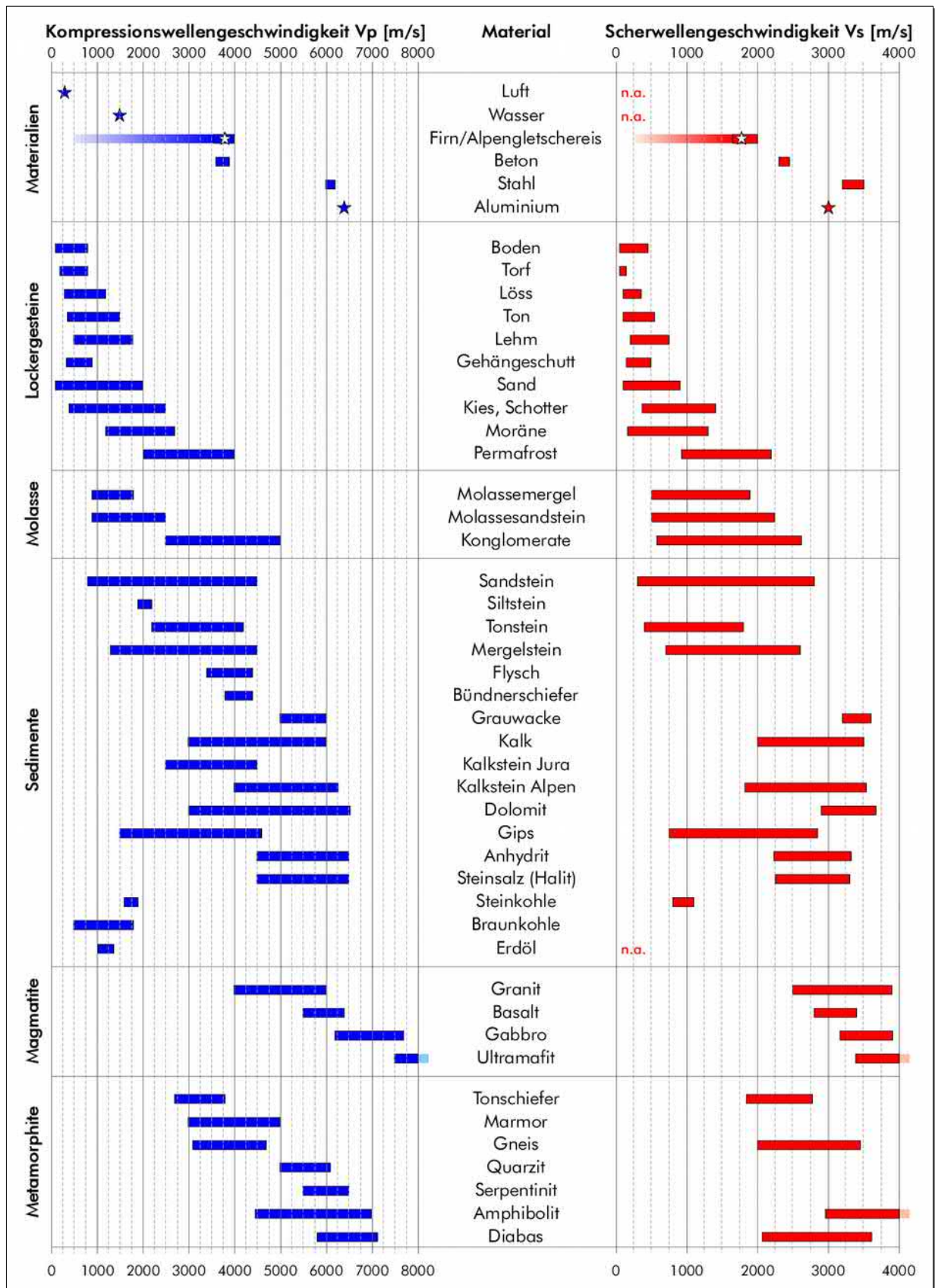
Die in diesem geophysikalischen Bericht vorgestellten geologischen Interpretationen sind mit der notwendigen Vorsicht zu verwenden. Sie ersetzen keineswegs den Einsatz eines lokal versierten Geologen.

Amlikon, 20. April 2020



Lorenz Keller
dipl. Natw. ETHZ, Geophysiker

Anhang: Seismische Geschwindigkeiten von Gesteinen + Materialien










Abbaugebiet Lugibach Ost
Würenlos / AG




Geologisch- hydrogeologische
Untersuchungen

Situation 1:2'500
Isohypsen der tiefstzulässigen
Abbaukote

Legende

-  Projektareal
-  Kernbohrung
-  Destruktivbohrung
-  Sondierschacht
-  ältere Kernbohrung
-  Piezometerrohr
-  403— Isohypse der tiefstzulässigen Abbaukote (m ü.M.)

Grundwasserkarte Kt. Aargau

- Schotter-Grundwasserleiter in Tälern**
-  Geringe Grundwassermächtigkeit oder geringe Durchlässigkeit
-  Mittlere Grundwassermächtigkeit, nachgewiesen
- Hydrogeologische Angaben**
-  355— Isohypsen des Grundwasserspiegels bei Mittelwasserstand

