

Ingenieurbüro für Geotechnik Pfeiffer GmbH

Heimerdinger Straße 24, 71229 Leonberg

Tel. 07152/9030-00

E-Mail: [geotechnik.pfeiffer@arcor.de](mailto:geotechnik.pfeiffer@arcor.de)

[www.baubodenumwelt.de](http://www.baubodenumwelt.de)

---



Leonberg, den 07. September 2020

Bearbeiter: A. Förstner  
C. Heimgärtner

# **GEOTECHNISCHER BERICHT ERGÄNZENDE ERKUNDUNGEN**

**BV „Berliner Straße“**

**71229 Leonberg**

(Flurstücknummer 430/1, /11)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>UNTERLAGEN</b> .....	<b>3</b>
2.1	Unterlagen zum Bauvorhaben.....	3
2.2	Unterlagen zu Boden- und Wasserverhältnissen .....	3
<b>3</b>	<b>BAUVORHABEN, PROJEKTBE SCHREIBUNG</b> .....	<b>3</b>
3.1	Baugelände .....	3
3.2	Alte und vorhandene Bebauung.....	4
<b>4</b>	<b>BAUGRUND</b> .....	<b>4</b>
4.1	Baugrunduntersuchung.....	4
4.1.1	Geologische Vorgeschichte .....	4
4.1.2	Erkundungen des Baugrundes.....	4
4.1.3	Hydrogeologie.....	5
4.2	Baugrundbeurteilung.....	5
4.2.1	Baugrundmodell.....	5
4.2.2	Gipskarst/Subrosion.....	6
4.2.3	XRF-Analysen auf Anhydrit.....	7
4.2.4	Übergang zur Erfurt-Formation / Lettenkeuper .....	7
4.2.5	Bodenkennwerte .....	8
4.2.6	Baugrundrisiko .....	8
4.2.7	Homogenbereiche (DIN 18 300 – Erdarbeiten, DIN 18301 - Bohrarbeiten) 8	
4.2.8	Bodenklassen/Bodengruppen (nach DIN 18 300:2012-09).....	10
4.3	Altlasten oder schädliche Bodenveränderungen.....	10
4.4	Erdbebenzonen und Besonderheiten.....	11
<b>5</b>	<b>GRÜNDUNG</b> .....	<b>11</b>
5.1	Allgemeine Angaben und Gründungsmöglichkeiten.....	11
5.2	Gründungsempfehlungen.....	11
5.2.1	Pfahlkennwerte .....	12
5.3	Aufbau unter Bodenplatten .....	12
5.4	Bemerkungen / Ergänzungen.....	13
<b>6</b>	<b>AUSHUB</b> .....	<b>14</b>
6.1	Anfallendes Bodenmaterial .....	14
6.2	Chemische Analysen .....	14
<b>7</b>	<b>ABDICHTUNG</b> .....	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>BAUGRUBENGESTALTUNG</b> .....	<b>15</b>
<b>9</b>	<b>SCHLUSSBEMERKUNG</b> .....	<b>16</b>

## Anlagen

<b>Anlage 1</b>	Lageplan, Profilschnitte.....	(1.1 – 1.3)
<b>Anlage 2</b>	Profile KB-S, Bohrkernbilder .....	(2.1 – 2.3)
<b>Anlage 3</b>	RFA/XRF - Röntgenspektren .....	(3.1 – 3.6)
<b>Anlage 4</b>	Luftbild von 1971 .....	(4)

## 1 VERANLASSUNG

**Beauftragung:** Durch die Stadtverwaltung Leonberg entsprechend unseres Angebots vom 19.03.2020.

**Bauvorhaben:** Neubau von 7 Wohnhäuser mit bis zu 12 Stockwerken inkl. gemeinsamer mehrstöckiger Tiefgarage.

**Aufgabenstellung:** Genauere Erkundung der Untergrundverhältnisse besonders in Hinsicht auf die anstehenden Grundgipsschichten, geotechnischer Bericht mit Gründungsempfehlung, Angaben zur Baugrubengestaltung.

## 2 UNTERLAGEN

### 2.1 Unterlagen zum Bauvorhaben

Nachfolgend aufgeführte Planungsunterlagen wurden uns vom Auftraggeber für die Ausarbeitung des Berichtes zur Verfügung gestellt:

- Lageplan, Grundrisse, Schnitte; 02.03.2020

### 2.2 Unterlagen zu Boden- und Wasserverhältnissen

- Topographische Karte 1: 25.000, TK 25, 7120 Stuttgart-Nordwest, TOP25.
- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1: 25.000, 7120 Stuttgart-Nordwest, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, LGRB Kartenviewer 2020.

## 3 BAUVORHABEN, PROJEKTBECHREIBUNG

### 3.1 Baugelände

**Lage:** Westlich entlang der Berliner Straße auf der Höhe zwischen der Abzweigung Breslauer Straße und der Lobensteiner Straße.

**Zustand des Baugeländes:** Das Areal ist derzeit als Grünfläche genutzt. Im Norden besteht ein Skaterpark. Die Skaterbahn wird von einem Erdwall eingefasst, der sich im Westen nach Süden entlang der Grundstücksgrenze fortsetzt. Bepflanzt ist die Grünanlage entlang des Rands mit Einzelbäumen und Baumgruppen. Die Oberflächenentwässerung erfolgt über Abzugsgräben. Zur Modellierung des Geländes wurde eine 3 bis 5 m mächtige künstliche Auffüllung vorgenommen

**Bauwerke:** Geplant sind 7 mehrstöckige Wohnhäuser mit mehreren Untergeschossen bzw. gemeinsamer Tiefgarage. Die Gebäude weisen insgesamt 10-12 Geschosse auf (TG1 - 3, UG, EG, 1.OG - 6. OG, DG).

**Gebäudehöhen:** Nach den Planunterlagen liegt die EFH =  $\pm 0,00$  auf 384 m NN und die FFB des untersten Tiefgarageschosses auf ca. 378 m NN.

### 3.2 Alte und vorhandene Bebauung

**Bestand:** Es handelt es sich um eine der Naherholung dienende Freifläche. Abgesehen von der Skaterbahn und den Spielplätzen sind uns keine baulichen Anlagen bekannt. Nordwestlich des Gebiets fand früher ein Gipsabbau statt.

**Grenzbebauung:** Entlang der Berliner Straße reicht die geplante Maßnahme bis an die bestehenden Rad- und Fußgängerwege heran. Während die Böschungshöhen im Süden voraussichtlich  $< 3$  m betragen wachsen die Böschungshöhen nach Norden bis auf ca. 12-13 m an. Dadurch werden konstruktive Verbaumaßnahmen erforderlich.

## 4 BAUGRUND

### 4.1 Baugrunduntersuchung

#### 4.1.1 Geologische Vorgeschichte

Das Baugelände ist großflächig künstlich aufgefüllt. Darunter folgen zunächst Verwitterungslehm und die Schichten der Grabfeld-Formation (kmGr, U. Gipskeuper). Darunter folgen in größerer Tiefe die Schichten der Erfurt-Formation (kuE, Lettenkeuper).

Generalisierter Schichtenaufbau

**(Oberboden)**  
**Auffüllungen**  
**Verwitterungslehm**  
**Grabfeld-Formation (kmGr, Unterer Gipskeuper)**  
**Erfurt-Formation (kuE, Lettenkeuper)**

#### 4.1.2 Erkundungen des Baugrundes

**Aufschlussverfahren:** Zur weiteren Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 04.07.2020 zehn Drucksondierungen bis max. 10,0 m ausgeführt und vom 17.06.2020 bis zum 19.06.2020 eine Kernbohrung bis 30,7 m abgeteuft.

Die Höhen und Lagen der Sondierungen wurden von GEOMATIKK IB Kling, Böblingen, vermessen und sind im Lageplan zusätzlich zu den vorherigen Untersuchungen in der Anlage 1.1 dargestellt.

### 4.1.3 Hydrogeologie

#### Schicht- und Grundwasser:

In der Kernbohrung „KB-S“ wurde zwischen 15,2 m Tiefe (= 370,6 m NN) und 15,7 m ein Subrosionshohlraum angetroffen, der geringfügig wasserführend ist.

Tiefere Wasserzutritte konnten auf Grund des Bohrverfahren nicht mehr festgestellt werden. Auch aus den Drucksondierungen können keine Rückschlüsse auf angetroffene wasserführende Schichten gezogen werden.

Die freie Grundwasserdruckfläche konnte nicht gemessen werden. Ein Bemessungsgrundwasserstand kann daher nicht angegeben werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass dieser in für das Gebäude nicht relevanten Tiefen liegt (< 372,00 m NN). Der freie Grundwasserspiegel des in der Umgebung liegenden Sees wird näherungsweise mit 370 m NN angegeben.

Im vorliegenden Fall muss sich der Bemessungswasserstand allerdings zunächst an der geringen Durchlässigkeit der anstehenden Schichten ( $k_f \ll 10^{-4}$  m/s) orientieren und ist daher ohne weitere Maßnahmen zunächst auf Höhe der GOK anzusetzen (vgl. Kap. 7).

## 4.2 Baugrundbeurteilung

### 4.2.1 Baugrundmodell

Direkte Aufschlüsse liegen als Bohrkern bis in eine max. Tiefe von 30,7 m vor. Der tiefere Schichtenaufbau basiert auf der regionalen Geologischen Karte von Baden-Württemberg.

#### Kurzprofil KB-S:

##### Quartär

- 4,10 m: Anthropogene Ablagerungen (Aufschüttung, Auffüllung), qhy (Qu)

##### Grabfeld-Formation (Unt. Gipskeuper)

- 6,50 m: Bochingen-Horizont, Ton-/Mergelstein, mit Sulfat, kmBH (kmGr)

- 24,27 m: Grundgipsschichten, Gipsstein mit Tonsteinlagen, kmGI (kmGr)

- Subrosionshohlraum von 15,2 - 15,7 m u. GOK mit geringen Grundwasserzutritt

- Anhydritlagen von 20,45 - 20,92 m und 22,4 bis 23,4 m u, GOK

##### Erfurt-Formation (Lettenkeuper)

- 24,61 m: Grenzdolomit, Dolomitstein, vergipst, kuD (kuE)

- 28,00 m: Grüne Mergel, Ton(megel)stein, tlw. Sulfat, kuGRM (kuE)

- 29,64 m: Linguladolomit-Horizont, kuLd (kuE)

- 30,04 m: Obere Graue Mergel, Dolomitstein mit Tonsteinlagen, kuOGM (kuE)

- 30,70 m: Anoplophoradolomit-Horizont, Dolomitstein bis Tonstein, kuAd

(kuE)

Die Profile der Drucksondierungen und der Kernbohrung KB-S, mit Bildern und ausführlichem schriftlichen Bohrprofil, sind als Anlage 2 beigelegt. Die Schnitte mit Darstellung des Baugrundmodells findet sich in der Anlage 1. Hierzu wurden die Erkenntnisse der vorangegangenen Erkundungen und von Erkundungen im Umfeld mit den aktuellen zusammengefasst. Der Schichtenaufbau folgt dem generellen Schema „**Quartär/Auffüllungen - Grabfeld-Fm. – Erfurt-Fm.**“.

#### 4.2.2 Gipskarst/Subrosion

Bei Gips handelt es sich um ein im geologischen Sinne leicht lösliches Mineral, welches durch fließendes Grundwasser gelöst und abtransportiert wird (Subrosion/Gipskarst). Dadurch entstehen unregelmäßig geformte unterirdische Hohlräume. Bekannter ist dieses Phänomen in Kalksteinen z.B. in Form von Höhlen in der Schwäbischen Alb. Bei fortschreitender Subrosion lösen sich Bruchstücke aus der Decke des Hohlraums, wodurch diese dünner und schwächer wird, bis es zum Einsturz (= Doline) kommt.

In der Kernbohrung wurde in 15,2 m Tiefe ein solcher Subrosionshohlraum mit einer Mächtigkeit von 0,5 m angebohrt, aus dem Grundwasser der Bohrung zutrat. Der Hohlraum liegt bei ca. 370-371 m NN und damit ca. 7 m unter der geplanten UFH. Etwa auf dem gleichen Niveau wurden auch in der Umgebung (*Hydrogeologisches Gutachten, E. Veas, 19.11.1990*) Hohlräume mit bis zu 2,6 m Höhe erbohrt. Nach den vorliegenden Gutachten liegt auch außerhalb des Untersuchungsgebiets der Grundwasserspiegel etwa auf diesem Niveau (inkl. dem naheliegenden See des ehem. Gipsbruchs).

Am Vergleich der beieinanderliegenden CPT1 und KB-S sieht man den abrupten Wechsel von Gipsstein (Fels) zu einem Untergrund der kaum Widerstand aufweist, was typisch für Dolinenverstürze ist und auch den Verdacht aus dem geoelektrischen Gutachten bestätigt. In diesem wurden allerdings nicht die Subrosions Hohlräume, die für die Dolinen verantwortlich sind, erfasst, die nun durch die Bohrung zu Tage kamen.

Im Luftbild von 1971 (Anlage 4) sind vier Stellen markiert, die rundliche Strukturen aufweisen und von denen zwei im Bereich des Baugebiets liegen. Da >25 Jahre nach Ende des 2. Weltkriegs Bombentrichter auf einem Feld eher unwahrscheinlich sind, könnte es sich hierbei um Dolinen handeln.

### 4.2.3 XRF-Analysen auf Anhydrit

Im Gegensatz zu Gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) handelt es sich bei Anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ) um Calciumsulfat ohne Kristallwasser, wo auch der Name herrührt. Kommt Anhydrit mit Wasser in Kontakt wird dieser über die fluide Phase langsam in Gips umgewandelt. Diese Umwandlung geht mit einer Volumenzunahme (bis zu 60%) und dadurch bedingt mit erheblichen Quelldrücken einher, die kleine bis erhebliche Schäden anrichten können.

Zur Analyse auf mögliche Anhydritvorkommen wurden in Absprache mit dem LGRB sechs Proben aus verdächtigen Bereichen des Bohrkerns der KB-S entnommen und im Labor des LGRB in Freiburg mittels WD-XRF untersucht. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 1: Übersicht XRF-Analysen

Name	Entnahmetiefe in m u. GOK	Stratigraphie	Mineralogie
Probe 1	18,98 – 19,00	Grundgips, kmGl	Gips, Dolomit
Probe 2	20,50 – 20,55	Grundgips, kmGl	<b>Anhydrit</b> , (Gips)
Probe 3	20,87 – 20,90	Grundgips, kmGl	<b>Anhydrit</b>
Probe 4	21,80 – 21,89	Grundgips, kmGl	Dolomit, (Gips)
Probe 5	22,72 – 22,78	Grundgips, kmGl	<b>Anhydrit</b>
Probe 6	28,12 – 28,14	Grüne Mergel kuGRM	Dolomit, Quarz, Gips

In drei der sechs Proben wurde überwiegend Anhydrit gemessen. Die entsprechenden Bereiche sind im Profil der KB-S sowie dem Baugrundprofil dargestellt und benannt. Die ausgewerteten Spektren der Analysen sind in der Anlage 3 dargestellt.

In der Kernbohrung KB-S wurden zwei Anhydritvorkommen im Bereich unterhalb der Subrosionshöhlräume angetroffen. Die Gesamtmächtigkeit summiert sich auf ca. 1,5 m. In der Bohrung wurden fast die gesamten Grundgipsschichten in gutem Erhaltungszustand erbohrt. Dennoch sind die Anhydritschichten voneinander getrennt und im Verhältnis zum Gips relativ geringmächtig. Daher gehen wir davon aus, dass es sich hierbei nicht um durchgängige Schichten handelt, sondern um reliktschicht erhaltende Linsen, die bisher vom Grundwasser abgeschirmt geblieben sind. Das Auftreten wird unregelmäßig sein und sich vor allem auf Bereiche mit größerer Überdeckung, d.h. im mittleren - nördlichen Teil des Planungsgebietes erstrecken.

### 4.2.4 Übergang zur Erfurt-Formation / Lettenkeuper

Nach den vorhandenen Bohrdaten liegt der Übergang zu den Schichten der Erfurt-Formation ziemlich regelmäßig im Bereich von ca. 362 bis 361 m NN.

#### 4.2.5 Bodenkennwerte

##### Rechenwerte:

In der nachfolgenden Tabelle sind die bodenmechanischen Kennwerte der anstehenden Schichten und ihre Schwankungsbereiche angegeben. Diese Schwankungsbereiche ergeben sich aus den unterschiedlichen Kennwerten zusammengefasster Schichten und der variierenden Zusammensetzung der Böden. Die charakteristischen Werte (Index „k“), die für die erdstatischen Berechnungen herangezogen werden können, sind in Klammer angegeben. Für gelöste und wieder eingebaute Böden darf ohne weiteren Nachweis durch Laborversuche keine Kohäsion angesetzt werden ( $c_k$  für Schüttung = 0 kN/m<sup>2</sup>).

Tab. 2: Bodenmechanische Rechenwerte

Schichtbeschreibung:	Kurzzeichen nach DIN 18196	Wichte		Reibungswinkel	Kohäsion	Steifemodul
		über Wasser	unter Wasser			
		( $\gamma_k$ )	( $\gamma'_{k}$ )			
		[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]			
Auffüllungen	TM	(19)	(9)	(25)	0 – 10	-
Grabfeld-Fm, Tonstein	TM/TA	(21)	(11)	(28)	0 – 30	20 – 40
Grabfeld-Fm, Gipsstein, Anhydrit	-	(22)	(12)	(40)*	>100	>100
Erfurt-Fm., Tonstein	TM/TA	(21)	(11)	(28)	20 – 50	30 – 50
Erfurt-Fm, Dolomitstein	-	(22)	(12)	(40)*	0 - <100	>100

\*) Ersatzreibungswinkel; Die Zuordnung der Werte zu den einzelnen Schichten kann anhand der Profile und Schnitte in Anlage 2 bzw. 1 erfolgen.

#### 4.2.6 Baugrundrisiko

Hinsichtlich des Baugrundrisikos ist das Setzungsverhalten des Bauwerks maßgebend. Hierbei spielt die besondere Lage in den Grundgipsschichten eine besondere Rolle. Neben den durch löslichen Gips entstandenen Subrosionshöhlräumen und damit einhergehenden Dolinenstrukturen wurden auch erhaltene quellfähige Anhydritlagen erbohrt.

#### 4.2.7 Homogenbereiche (DIN 18 300 – Erdarbeiten, DIN 18301 - Bohrarbeiten)

Nach der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB 2012, Ergänzungsband 2015, sind Boden und Fels in Homogenbereiche einzuteilen. Dabei wird als Homogenbereich ein begrenzter Bereich gedeutet, der aus einer oder mehreren Boden- und Felschichten bestehen kann und dessen bautechnische Eigenschaften im Hinblick auf die Ausführung der entsprechenden Gewerke, eine definierte Streuung aufweisen und sich von den Eigenschaften der abgegrenzten Bereiche abheben.

Nachfolgend sind die Homogenbereiche für die im Untersuchungsgebiet verbreiteten Schichten für Erdarbeiten tabellarisch dargestellt (vgl. auch Profilschnitt in Anlage 1). Die angegebenen Bodenkennwerte und deren Spannbreiten beruhen auf Erfahrungswerten sowie den durchgeführten Untersuchungen.

Tab. 3: Homogenbereiche

Homogenbereiche DIN 18 300: 2016-09- (Erdarbeiten)					
Schicht	Bereich <sup>*)</sup>				
Mutterboden (Bodenklasse 1 nach DIN 18300:2012-09)	<b>O</b>	Oberbodenarbeiten zu DIN 18 320 (Landschaftsbauarbeiten)			
Auffüllungen (Bodenklasse 3-5 nach DIN 18300:2012-09)	<b>A</b>	Bodengruppe	-	-	TM
		Anteil Steine/Blöcke	-	%	0 - 20
		Org. Anteil	V <sub>gl</sub>	%	<2
		Wassergehalt	w <sub>n</sub>	%	15 - 25
		Wichte	γ	kN/m <sup>3</sup>	18 - 20
		Konsistenz	l <sub>c</sub>	-	0,5 - 1,0
		Scherfestigkeit	c <sub>u</sub>	kN/m <sup>2</sup>	20 - 60
Lagerungsdichte	l <sub>D</sub>	%	-		
Verwitterte Grabfeld-Formation (Bodenklasse 5, 6 nach DIN 18300:2012-09)	<b>B</b>	Bodengruppe	-	-	TM
		Anteil Steine/Blöcke	-	%	0 - 10
		Org. Anteil	V <sub>gl</sub>	%	-
		Wassergehalt	w <sub>n</sub>	%	15 - 20
		Wichte	γ	kN/m <sup>3</sup>	20-22
		Konsistenz	l <sub>c</sub>	-	0,5 - 1,0
		Scherfestigkeit	c <sub>u</sub>	kN/m <sup>2</sup>	-
Lagerungsdichte	l <sub>D</sub>	%	-		
Gipsstein (Bodenklasse 6/7 nach DIN 18300:2012-09)	<b>C</b>	Genetische Einheit	z.Z. keine genauen Angaben möglich		
		Petrografie			
		Verwitterung			
		Veränderlichkeit			
		Struktur			
		Trennflächen			
		Gesteinskörper			
Wichte					
Druckfestigkeit					
Homogenbereiche DIN 18 301: 2015-08- (Bohrarbeiten)					
Gipsstein	<b>X1</b>		z.Z. keine genauen Angaben möglich		
Anhydritstein	<b>X2</b>		z.Z. keine genauen Angaben möglich		
Ton-/Mergel-/Dolo- mitstein-Wechsel	<b>X3</b>		z.Z. keine genauen Angaben möglich		

Die genauere Festlegung von Homogenbereichen mit spezifischen Kennwerten bedarf nach DIN 18300:2016-9 deren Ermittlung in Laborversuchen.

#### 4.2.8 Bodenklassen/Bodengruppen (nach DIN 18 300:2012-09)

Tab. 4: Boden- und Felsklassen nach **älterer** DIN 18 300, ohne Homogenbereiche

<i>Schicht</i>	<i>Boden- und Felsklassen</i>
Auffüllung	3 – 5
Grabfeld-Fm., verwittert	5
Grabfeld-Fm., Tonstein	6
Grabfeld-Fm., Gipsstein	6/7
Erfurt-Fm. Ton-/Dolomitstein	6/7
<b>Auszug aus DIN 18 300:2012-09</b>	
Klasse 1:	<b>Oberboden bzw. Mutterboden</b> - d.h. oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z.B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen), auch Humus und Bodenlebewesen enthält
Klasse 2:	<b>Fließende Bodenarten</b> - d.h. Bodenarten von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit und die das Wasser schwer abgeben
Klasse 3:	<b>Leicht lösbare Bodenarten</b> - d.h. nichtbindige bis schwach bindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 % Beimengungen an Schluff und Ton (Korngrößen < 0,063 mm) und mit höchstens 30 % Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt (Durchmesser ca. 0,3 m).
Klasse 4:	<b>Mittelschwer lösbare Bodenarten</b> - d.h. Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit mehr als 15 % der Korngrößen < 0,063 mm, sowie bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität (TL, TM nach DIN 18 196), je nach Wassergehalt weich bis halbfest und max. 30 % Steine größer 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt.
Klasse 5:	<b>Schwer lösbare Bodenarten</b> - d.h. Bodenarten nach Klasse 3 und 4, jedoch mehr als 30 % Steinen von über 63 mm Korngröße bis 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt und höchstens 30 % Steine von über 0,01m <sup>3</sup> bis 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt (Durchmesser ca. 0,6 m) sowie ausgeprägt plastische Tone (TA nach DIN 18 196), je nach Wassergehalt weich bis halbfest.
Klasse 6:	<b>Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten</b> – Felsarten mit einem inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt, die jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schieferig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige oder nichtbindige Bodenarten oder solche mit mehr als 30 % Steinen von über 0,01-0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt.
Klasse 7:	<b>Schwer lösbarer Fels</b> - wenig klüftige bzw. unverwitterte Felsarten und verfestigte Materialien (z.B. Schlackenhalde der Hüttenwerke) sowie Steine von über 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt.

**Mangels geeigneter Proben bzw. Analysen ist eine Einstufung nach der neuen Fassung der DIN 18300:2016-09 in Homogenbereiche auf der Grundlage der vorhandenen Datenbasis nicht möglich.**

#### 4.3 Altlasten oder schädliche Bodenveränderungen

Hier erfolgt der Verweis auf Kap. 3.3 unseres ersten Berichts vom 03.03.2016.

Zusätzliche Untersuchungen wurden bisher nicht durchgeführt.

#### 4.4 Erdbebenzonen und Besonderheiten

Gemäß DIN 4149 ("Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten") und der „Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg (1. Aufl. 2005)“, liegt Leonberg **innerhalb der Erdbebenzone 1**. Hinsichtlich des Einflusses der örtlichen Untergrundverhältnisse auf die Erdbebeneinwirkung sind die in der folgenden Tabelle aufgeführten Kenndaten maßgeblich:

Tab. 5: Erdbebenzone und Baugrundklasse

Erdbebenzone	Intensitätsintervall	Bemessungswert der Bodenbeschleunigung $a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	Baugrundklassen	Geologische Untergrundklassen
<b>1</b>	<b><math>6,5 \leq I &lt; 7,0</math></b>	<b>0,4</b>	<b>B</b>	<b>R</b>

## 5 GRÜNDUNG

### 5.1 Allgemeine Angaben und Gründungsmöglichkeiten

Es liegen uns Vorentwürfe vor. Die EFH liegt auf ca. 384 m NN. Nach den Planunterlagen sind bis zu 12 Geschosse vorgesehen. Allein unter dem EG werden bis zu drei Geschosse ausgeführt, so dass die FFB des untersten TG-Parkdecks auf 378,0 m NN liegt. Die Untergrundsituation ist in den Schnitten in der Anlage 1 dargestellt.

Beim derzeitigen Kenntnisstand ist der Untersuchungsbereich als Erdfallgebiet zu bezeichnen. Die im Untergrund festgestellten Hohlräume sind im Wesentlichen auf subrosive Vorgänge zurückzuführen. Die Subrosion findet bevorzugt entlang von Klüften und an Kreuzungspunkten von Klüften statt, da dort in der Regel Grund- und Sickerwasser migriert. Dies führt zu rinnenförmigen und punktuell angeordneten Senkungszonen. Diese sind, je nachdem, ob diese eine Sattel- oder Muldenlage hervorrufen, für erhebliche bis geringe Schäden ursächlich.

Jedenfalls ist aufgrund der Hohlräume, den Dolinen und dem Anhydrit von erheblichen Mehraufwendungen hinsichtlich der Gründung der Gebäude auszugehen.

### 5.2 Gründungsempfehlungen

Zur Vermeidung von durch Subrosion bedingten Setzungen und Sackungen müssen die Grundgipsschichten vollständig durchgründet werden. Die Basis derselben liegt auf ca. 362 m NN. Darunter folgen die Schichten des Lettenkeupers, die den Gründungshorizont bilden.

Die FFB TG ist auf ca. 378,0 m NN geplant. Bei einer Einbindung in diese Schicht von mind. 0,5 m betragen die erforderlichen Pfahllängen rund 16,5 m.

### 5.2.1 Pfahlkennwerte

In diesem Abschnitt werden exemplarisch Erfahrungswerte für Bohrpfähle aus den EA Pfähle zusammengestellt. Die Ton- und Dolomitsteine des Lettenkeupers (Erfurt-Formation) werden als Halbfestgestein eingestuft. Die Werte müssen durch Probelastungen bestätigt werden.

Tab. 6: Erfahrungswerte für den charakteristischen Pfahlspitzendruck  $q_{b,k}$  und die charakteristische Pfahlmantelreibung  $q_{s,k}$  für Bohrpfähle in Schluff- und Tonsteinen

Gesteinstyp	Festigkeit	Verwitterungsgrad	Pfahlwiderstände in kN/m <sup>2</sup>	
			$q_{s,k}$	$q_{b,k}$
	Handbruch			
Halbfestgestein	<b>mäßig hart</b>	<b>VA</b>	<b>300</b>	<b>3500</b>
	mäßig mürb	VE	200	2500
	mürb			

Der Horizont mit den Subrosions-Hohlräumen liegt auf einer Höhe von ca. 371,0 m NN. Damit besteht die Möglichkeit, dass sich der Boden zwischen Gründungsniveau (ca. 378,0 m NN) und Hohlraumniveau an den Pfählen anhängt. Deshalb ist zwischen diesen Niveaus eine negative Mantelreibung in Höhe von  $-50 \text{ kN/m}^2$  (abgeschätzt nach  $\tau_{n,k} = K_0 \times \tan \varphi'_k \times \sigma'_v$ )<sup>1</sup> anzusetzen.

Die Mantelreibung kann ab einem Niveau von ca. 369,0 m NN zum Ansatz kommen. Im Gips der Grabfeld-Formation kann  $q_{s,k} = 200 \text{ kN/m}^2$  angesetzt werden.

Der Beton muss gegenüber dem umgebenden Boden eine hohe Sulfatresistenz aufweisen. Außerdem muss eine Längsläufigkeit von Wasser entlang der Pfahlschäfte wirksam unterbunden werden, um eine Zufuhr von Wasser in die anhydritführenden Schichten zu verhindern. Die Auflösung und Rekristallisation zu Gips ist mit einer Volumenzunahme um rund 60% verbunden (vgl. Abschnitt 4.2.3).

### 5.3 Aufbau unter Bodenplatten

Um Setzungsschäden an Bodenplatten zu verhindern, sind diese konsequent als Decken auszubilden und deren Lasten ebenfalls über die Pfähle in den tieferen Untergrund abzuleiten. Unter den Bodenplatten ist eine feinkornfreie Schotterschicht (z.B. 5/45) als Schalung einzubauen.

<sup>1</sup> EA Pfähle, 2. Auflage, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, Verlag Ernst & Sohn

#### 5.4 Bemerkungen / Ergänzungen

Zum jetzigen Zeitpunkt sehen wir zur Gründung der aktuell geplanten bis 12 stöckigen Gebäude mit flächiger Tiefgarage keine vergleichbar sichere Alternative zur Pfahlgründung in den Schichten des Lettenkeupers (Erfurt-Formation, kuE). Im Baugebiet und in der Umgebung sind uns insgesamt 3 Bohrungen bekannt, bei denen der Übergang zum Lettenkeuper regelmäßig im Bereich bei 362 - 361 m NN erfolgt, also auf fast söhlige Lagerung der Grenzschicht hindeutet. Allerdings können durch Tektonik bedingte Versätze der Schichten gegeneinander nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden.

Dolinen, Anhydritlinsen und Hohlräume sind unregelmäßig über das Gebiet verstreut. Auch mit einem noch so engmaschigen Netz an Bohrungen, die immer nur eine punktuelle Aufnahme der Verhältnisse liefern, kann keine vollständige Erfassung der vorhandenen Hohlräume oder Linsen erfolgen. Nachbrüche können daher nicht ausgeschlossen werden können.

Da das Vorkommen von Anhydrit nachgewiesen ist muss bei der Herstellung von Pfählen eine Mantelverpressung vorgesehen werden, um Längsläufigkeit zu unterbinden.

Eine Verpressung der Hohlräume wäre theoretisch denkbar, ist aber aus praktischen Erwägungen mit großen Unsicherheiten behaftet und unserer Einschätzung nach mengenmäßig und hinsichtlich der Wege, die sich das Verfüllgut im Untergrund sucht, nicht abschätzbar. Auch wenn weitere Erkundungsbohrungen durchaus sinnvoll sein können, wird das wahrscheinlichste Ergebnis eines engmaschigen Netzes ebenfalls die Tiefergründung sein. Auch wenn es Bereiche ohne Hohlräume, Dolinen und Anhydrit gibt, sind Mischgründungen nicht zu empfehlen.

Vorstellbar wäre eine Gründungsvariante, bei der zunächst von einem tragfähigen Untergrund ausgegangen wird. Über einen Balkenrost bzw. Vouten erfolgt eine nach Möglichkeit ausgesteifte Flachgründung. Bei der Dimensionierung der Flachgründung ist ein Bettungsausfall durch Erdfälle mit einem Radius von ca. 5,0 m zu berücksichtigen, der ggf. durch Lastumlagerung von nicht voll ausgenutzten Pfählen in einem größeren Raster aufgefangen werden müsste. Schäden an den Gebäuden können, sofern Erdfälle auftreten, durch die dann erfolgenden Lastumlagerungen jedoch nicht ausgeschlossen werden.

## 6 AUSHUB

### 6.1 Anfallendes Bodenmaterial

Beim Aushub werden voraussichtlich überwiegend die diversen Auffüllungen, Gipskeuper-versturzmaterial und Gipsstein anfallen.

### 6.2 Chemische Analysen

Weitere chemische Analysen wurden bisher nicht veranlasst. Von hohen Sulfatwerten im Boden und Fels im Bereich der Deponieklasse I ist naturgemäß auszugehen. Sollte sich herausstellen, dass keine Schadstoffe und nur Sulfat bei der abfalltechnischen Zuordnung eine Rolle spielt wird empfohlen, eine Verwertungsmaßnahme in einer ehemaligen Gipsgrube unter Anwendung der Öffnungsklausel der „VwV Boden“ zu suchen.

## 7 ABDICHTUNG

Ein freier Grundwasserspiegel konnte am Untersuchungstag nicht gemessen werden. Ein **Bemessungsgrundwasserstand** kann daher nicht angegeben werden. Dieser liegt nach der ausgeführten KB-S (Wasserzutritt bei ca. 370,5 m NN) aber mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb von 372,0 m NN. Damit liegt dieser zwar nicht in für die geplanten Gebäuden relevanten Tiefen aber in für die Gründung der Gebäude relevanten Tiefen.

Aufgrund der geringen Durchlässigkeit der anstehenden Schichten ( $\ll 10^{-4}$  m/s) ist ein möglicher Aufstau zu berücksichtigen und der **Bemessungswasserstand** muss nach DIN 18533-1 ohne weitere Maßnahmen zunächst auf Höhe der GOK (Bauzustand/Endzustand) angesetzt werden. Ist in den Arbeitsräumen durch entsprechende Verfüllung mit durchlässigem Schotter eine hinreichende Umläufigkeit gegeben, so gilt hier die niedrigste GOK als Bemessungswasserstand, da spätestens dort Wasser gefasst und abgeleitet werden muss.

Gemäß DIN 18533-1 wird für erdberührte Bauwerketeile unterhalb des Bemessungswasserstandes prinzipiell eine Abdichtung gegen drückendes Wasser erforderlich (Wassereinwirkungsklasse W2-E). Die Auftriebssicherheit ist nachzuweisen bzw. durch geeignete Maßnahmen sicher zu stellen.

Kommt hingegen, wie aus unserer Sicht aufgrund der Hangsituation geboten, eine Sicherheitsdränage zur Ausführung, so stellt das Dränniveau den Bemessungswasserstand dar. Nach DIN 18533 handelt es sich dann über dem Dränniveau um die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E, sofern eine auf Dauer funktionsfähige Dränung nach DIN 4095 mit Anschluss an eine Vorflut die Bildung von Stauwasser zuverlässig verhindert. Erdberührte Gebäudeteile, die unter dem Dränageniveau zu liegen kommen, sind gegen drückendes Wasser abzudichten.

Die Dränung dient der Entwässerung des Bodens durch Dränschichten und Dränleitungen, um das Auftreten von drückendem Wasser auf erdberührte Bauteile zu unterbinden. Hierbei ist die DIN 4095 anzuwenden. Eine Dränung ersetzt keine Abdichtung, sondern ist vielmehr in Verbindung mit der DIN 18533 planerisch umzusetzen. Die Dränage muss an eine Vorflut angeschlossen sein. Eine Versickerung von Dränagewasser ist aufgrund der Verkarstung zu unterlassen.

Darf jedoch keine Sicherheitsdränage ausgeführt werden, so sind, wie weiter oben bereits ausgeführt, erdberührte Gebäudeteile gegen drückendes Wasser abzudichten und die Auftriebssicherheit ist nachzuweisen bzw. sicher zu stellen. Die Arbeitsräume sind gegen die GOK sorgfältig (z.B. durch einen Lehmschlag) abzudichten und Wasser ist vom Gebäude wegzuleiten, um keine Subrosion zu befördern.

## 8 BAUGRUBENGESTALTUNG

Freie Böschungen könnten nach aktuellem Kenntnisstand mit folgenden Winkeln ausgeführt werden, solange die Gesamtböschungshöhe 5 m nicht überschreitet die Böschungen nicht durchweicht werden.

- |                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| - Auffüllungen, verstärkte Dolinen  | 45°       |
| - Lehmige Deckschichten, min. steif | 60°       |
| - Tonsteine der Grabfeld-Formation  | 60°       |
| - Gipsstein, fest                   | 70° - 80° |

Aufgrund der Platzverhältnisse und der notwendigen Böschungsneigungen werden aus unserer Sicht zumindest im nördlichen Bereich Hangsicherungsmaßnahmen erforderlich. Hierauf kann erst nach dem Vorliegen konkreter Pläne näher eingegangen werden. Für Böschungen über 5 m Höhe werden rechnerische Standsicherheitsnachweise erforderlich.

## 9 SCHLUSSBEMERKUNG

Die Beschreibung, Klassifizierung und Beurteilung der Untergrundverhältnisse erfolgte auf Grundlage der in den Kernbohrungen, Kleinrammbohrungen, Rammsondierungen sowie den Drucksondierungen angetroffenen Verhältnisse. Abweichungen vom beschriebenen Schichtenverlauf können nicht ausgeschlossen werden.

Durch die ergänzenden Untersuchungen und aufgrund von Hinweisen aus Untersuchungen in der näheren Umgebung sowie der voraussichtlich sehr hohen abzutragenden Lasten ergibt sich eine Neubewertung der Gründungsmaßnahmen in Bezug auf die fortgeschrittene Verkarstung der Grundgipsschichten einerseits. Zudem wurde in der abgeteufelten Bohrung quellfähiger Anhydrit vorgefunden. Damit ersetzt dieses Gutachten größtenteils die in unserem Bericht vom 03.03.2016 getroffenen Aussagen.

Eingriffe in den Untergrund, die das Grundwasser beeinträchtigen können (z.B. Verbau-träger, Bohrpfähle, etc.), sind anzeige- und genehmigungspflichtig.

Änderungen der Planung, die sich auf die geotechnischen Belange auswirken können, sind dem Baugrundgutachter mitzuteilen. Für Fragen, die zu unseren Ausführungen bzw. bei der weiteren Planung und Bauausführung auftreten, stehen wir gerne zur Verfügung.

Das Gutachten ist ausschließlich für den Auftraggeber bestimmt. Eine Haftung gegenüber Dritten wird damit ausgeschlossen.

Leonberg, den 07.09.2020

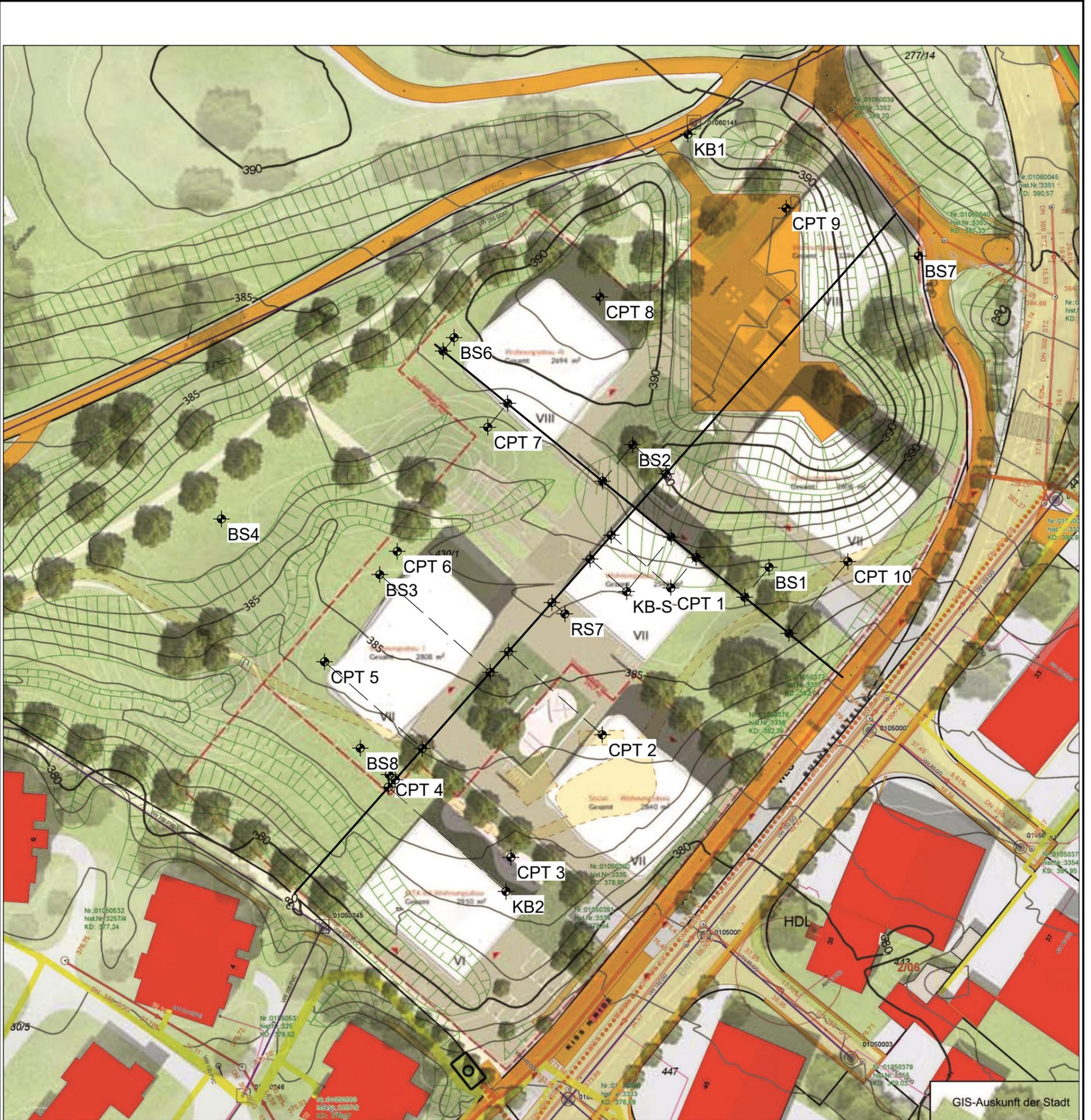


Andreas Förstner  
Dipl.-Geologe



Christian Heimgärtner  
M.Sc. Geowissenschaften

**Anlagen**



Maßstab 1:750



Ingenieurbüro für  
Geotechnik Pfeiffer GmbH  
Heimerdinger Straße 24  
71229 Leonberg

Projekt: Berliner Straße, Leonberg

Auftraggeber: Stadt Leonberg

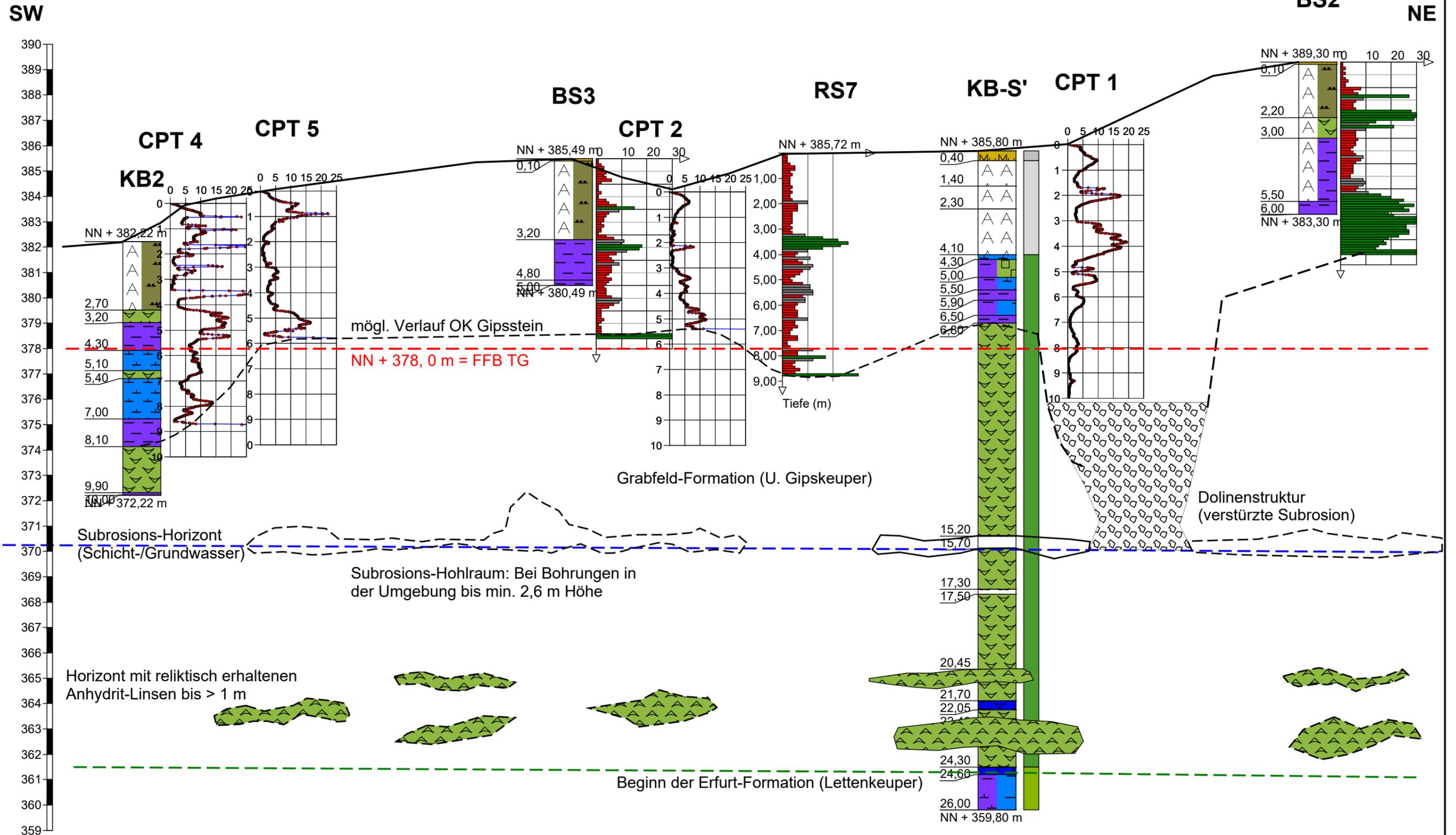
Anlage 1.1 (A3)

Datum: 21.08.2020

Bearb.: C. Heimgärtner

**Bohrpunktkarte**

Anlage 1.2: Auf Linie projizierter Schnitt (SW-NE)



Höhenmaßstab 1: 150 Horizontalmaßstab 1: 250



Ingenieurbüro für  
Geotechnik Pfeiffer GmbH  
Heimerdinger Straße 24  
71229 Leonberg

Projekt: Berliner Straße, Leonberg

Auftraggeber: Stadtverwaltung Leonberg

Anlage 1.2

Datum: 21.08.2020

Bearb.: C. Heimgärtner

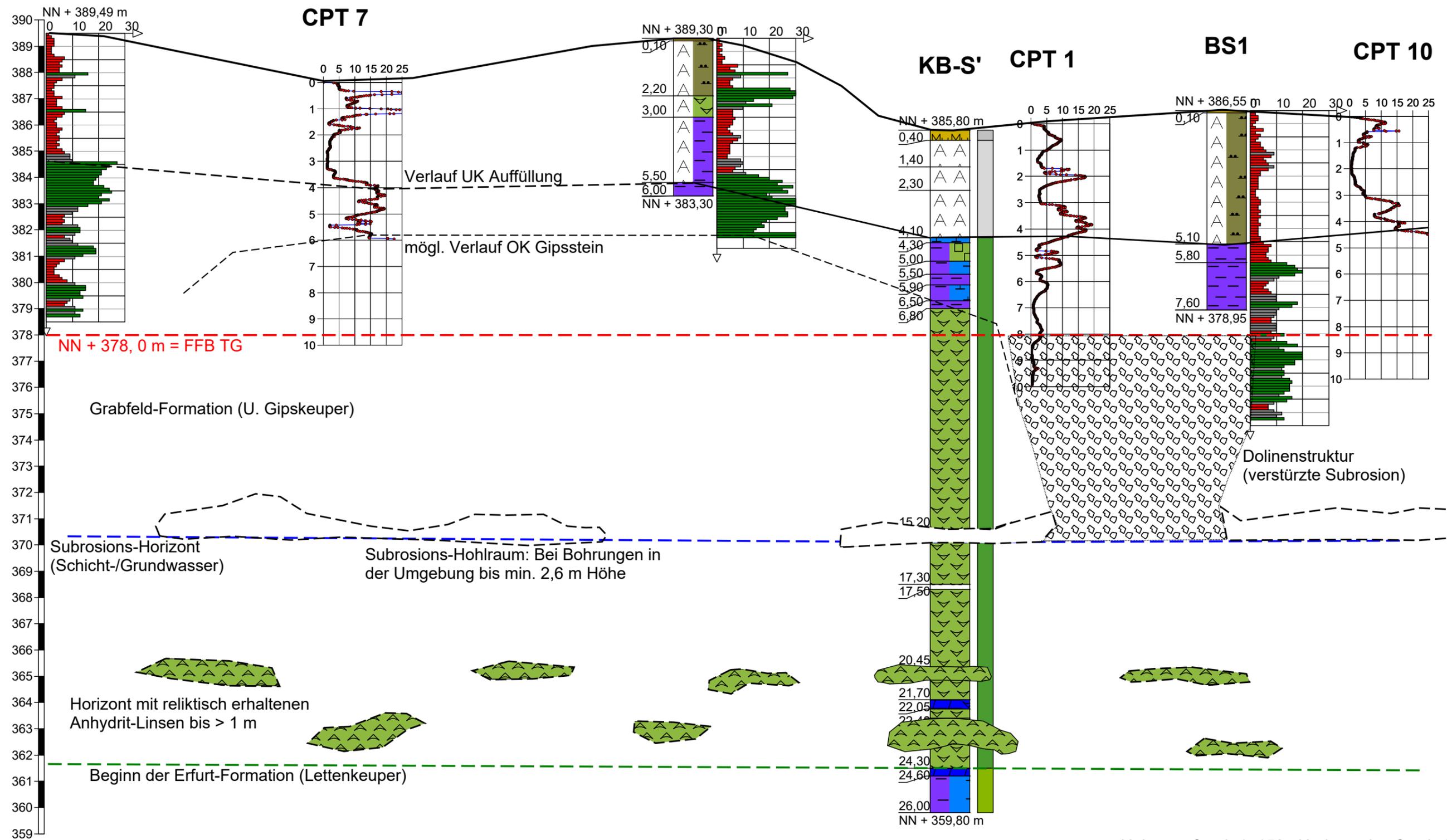
Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023

Anlage 1.3: Auf Linie projizierter Schnitt (NW-SO)

NW BS6

BS2

SO



Höhenmaßstab 1: 150 Horizontalmaßstab 1: 250



Ingenieurbüro für  
 Geotechnik Pfeiffer GmbH  
 Heimerdinger Straße 24  
 71229 Leonberg

Projekt: Berliner Straße, Leonberg

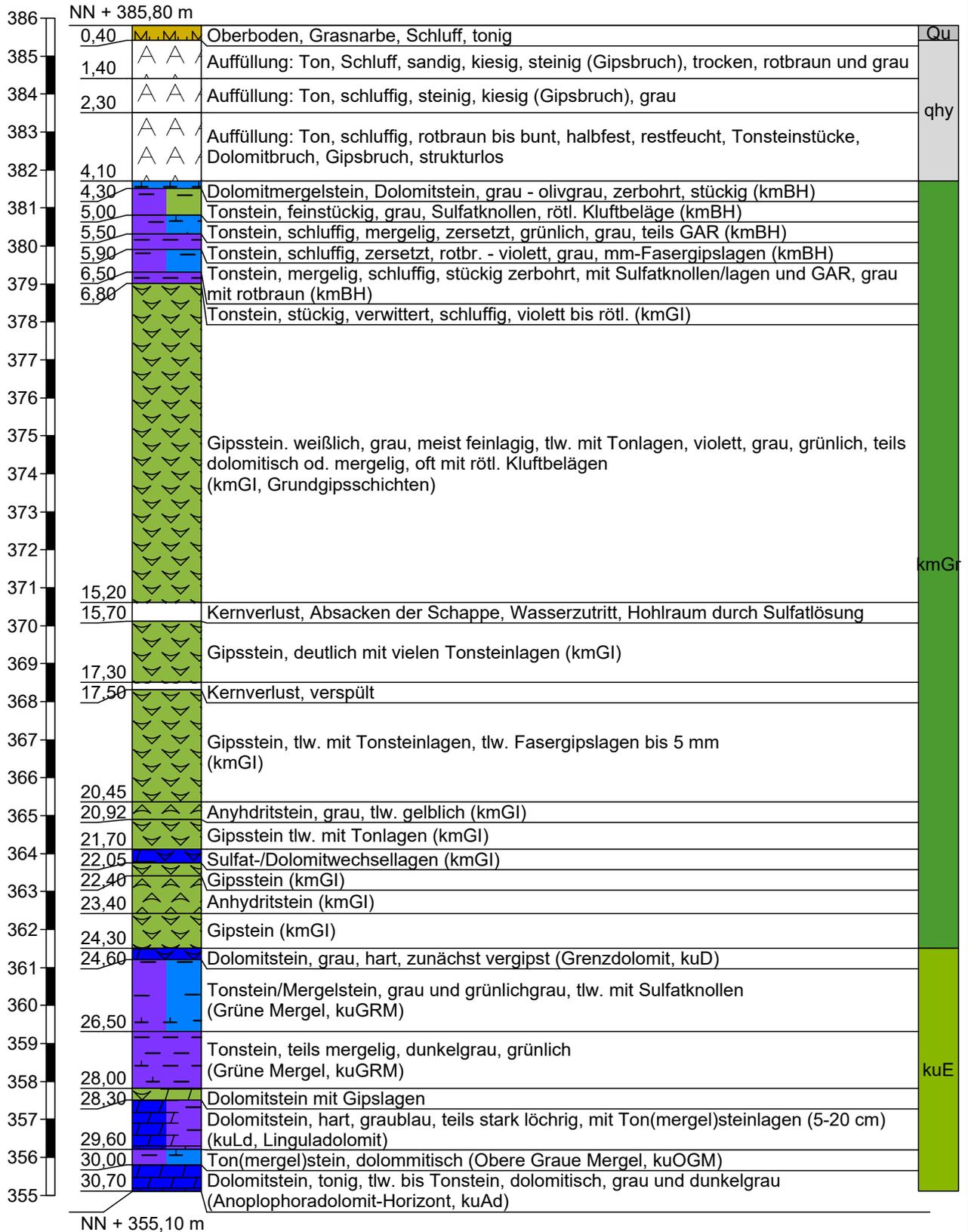
Auftraggeber: Stadtverwaltung Leonberg

Anlage 1.3

Datum: 21.08.2020

Bearb.: C. Heimgärtner

# KB-S



Höhenmaßstab 1: 150



Ingenieurbüro für  
Geotechnik Pfeiffer GmbH  
Heimerdinger Straße 24  
71229 Leonberg

Projekt: Berliner Straße, Leonberg

Anlage 2.1

Datum: 21.08.2020

Auftraggeber: Stadtverwaltung Leonberg

Bearb.: C. Heimgärtner

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023



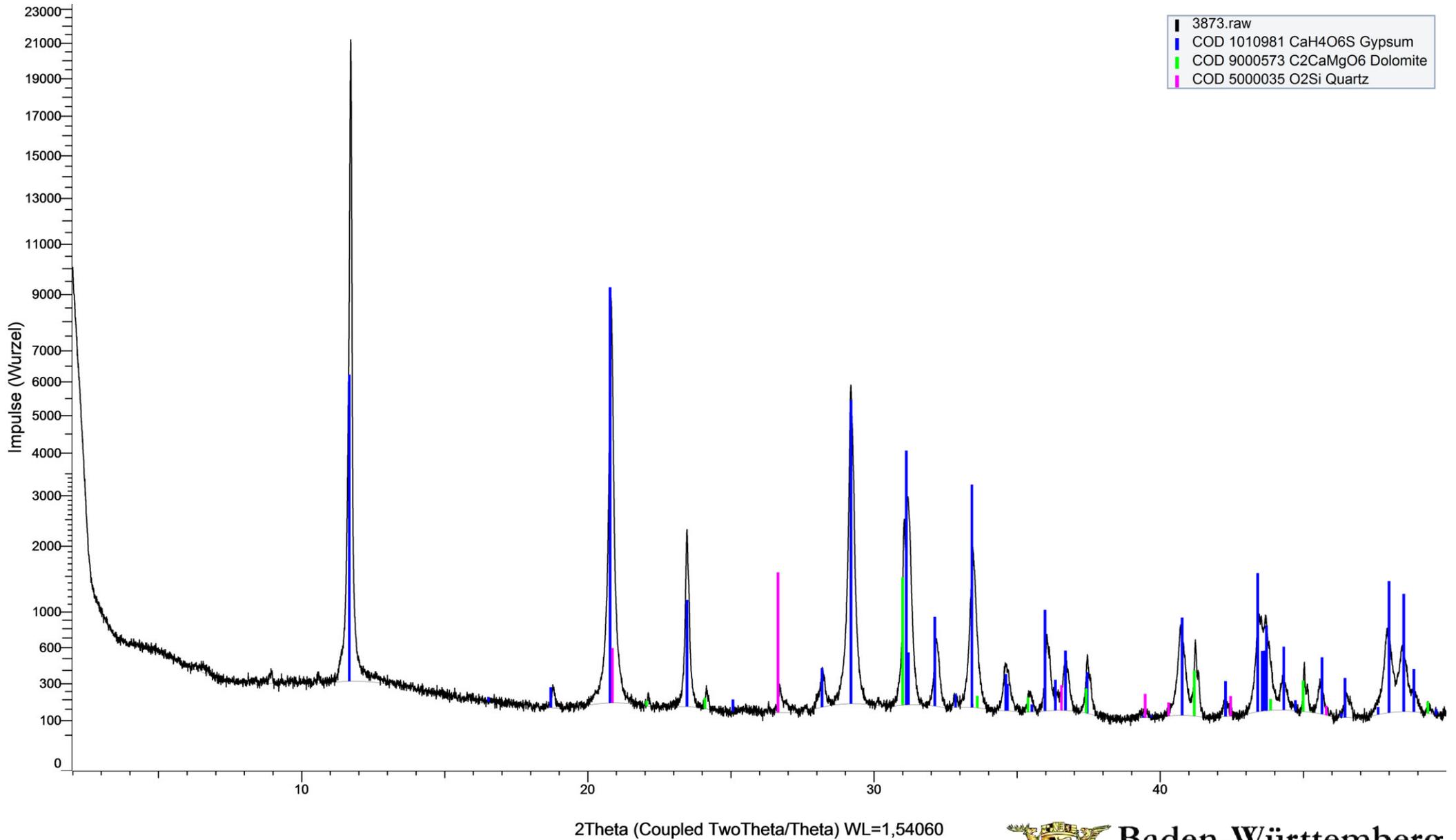
Anlage 2.2: Bohrkernbilder KB-S 0,0 - 16,0 m



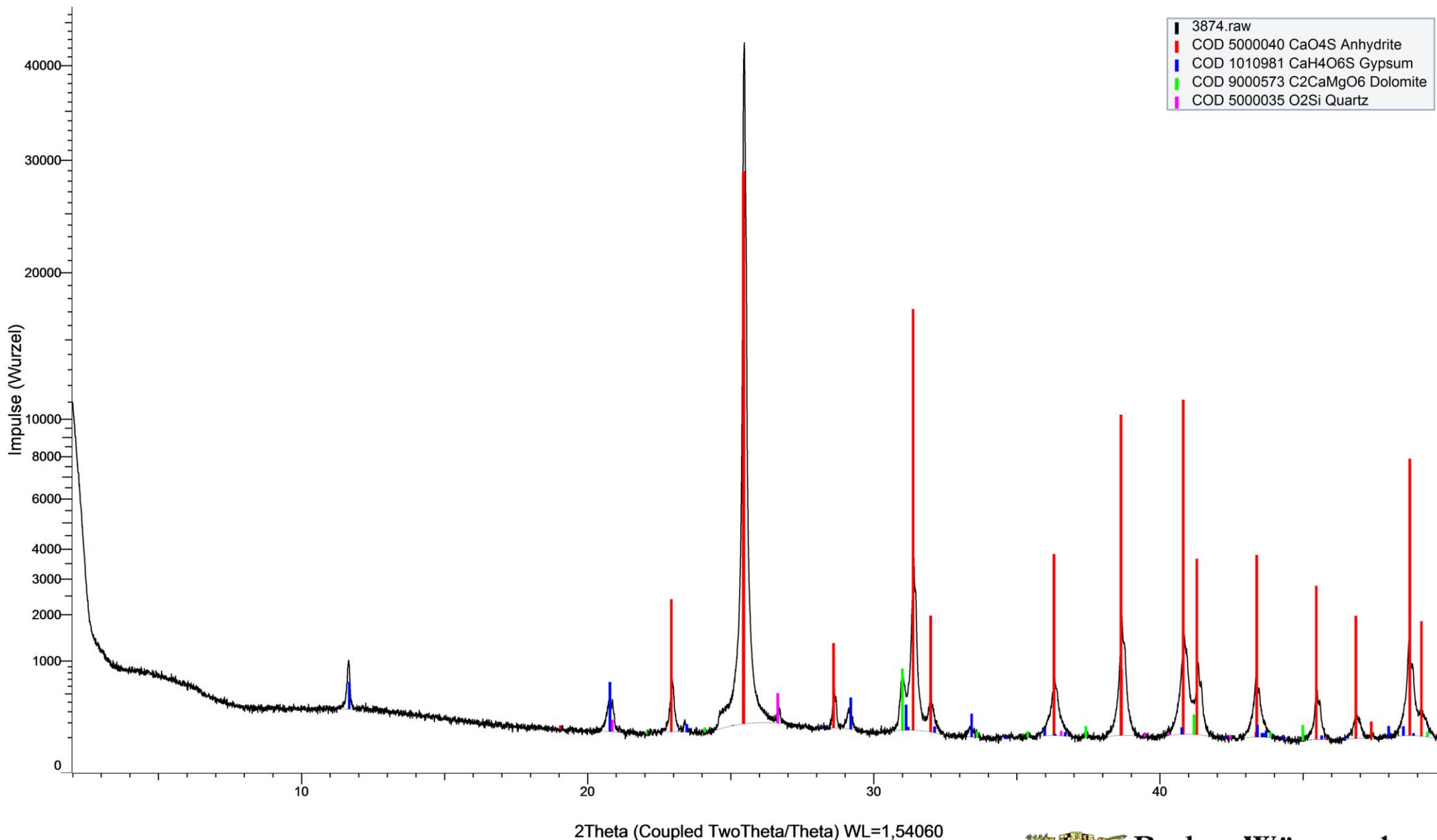
Anlage 2.3: Bohrkernbilder KB-S 16,0 - 30,6 m

**Anlage 3**  
**Analysen auf Anhydrit**

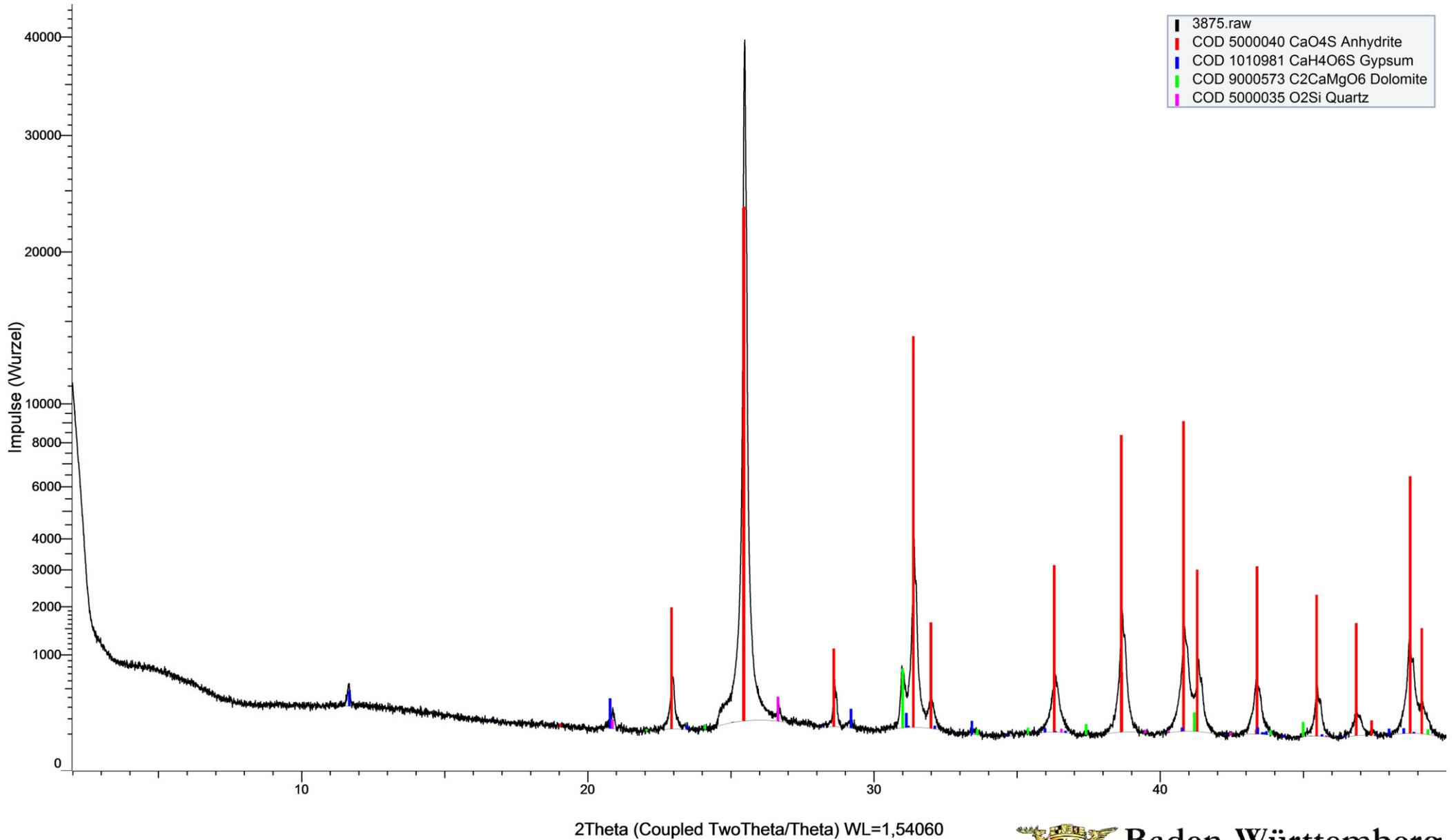
# TK 7220 Bohrung Stadtpark Leonberg - Probe 1 - 18,98-19,00m



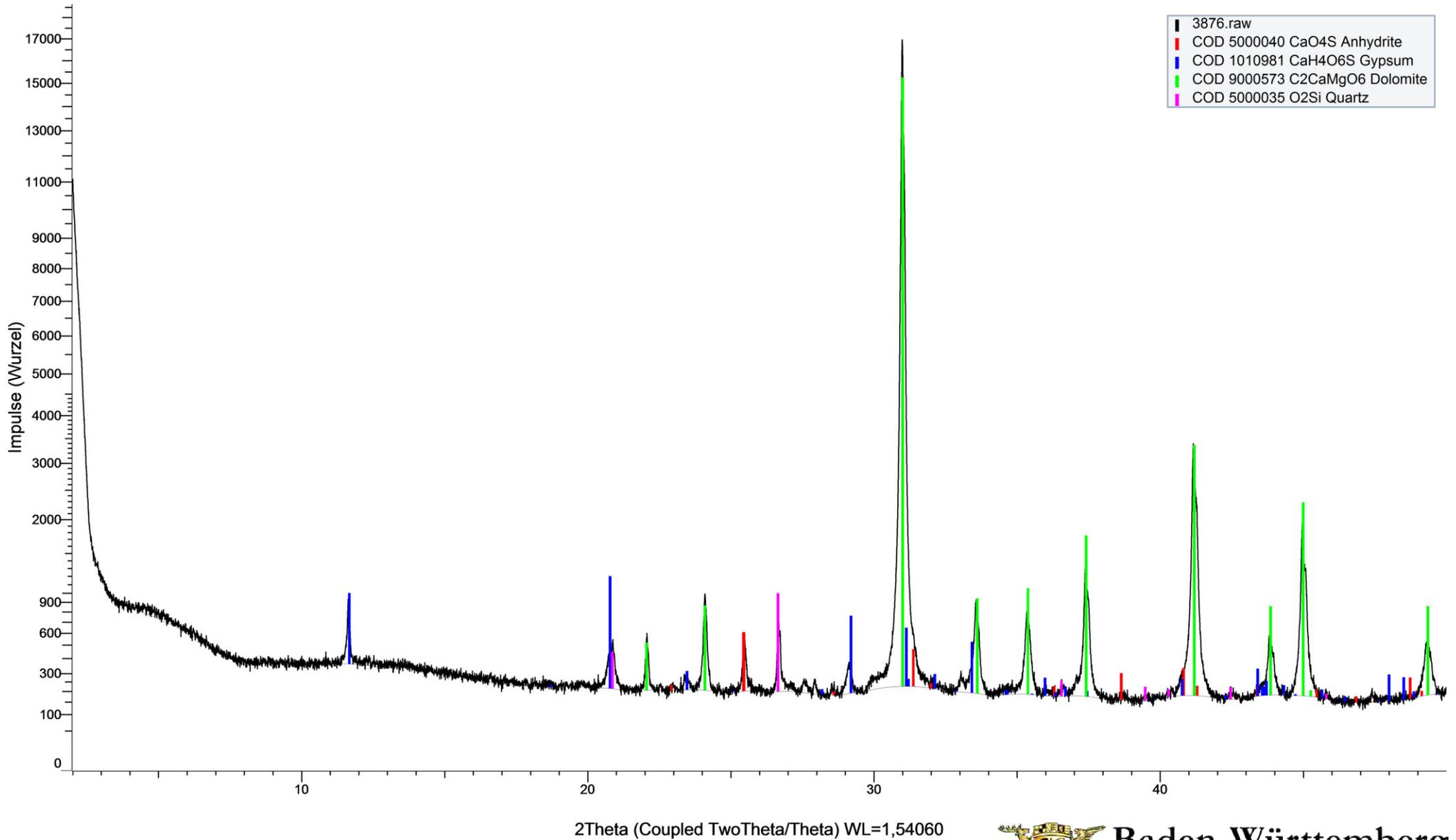
# TK 7220 Bohrung Stadtpark Leonberg - Probe 2 - 20,50-20,55m



# TK 7220 Bohrung Stadtpark Leonberg - Probe 3 - 20,87-20,90m



# TK 7220 Bohrung Stadtpark Leonberg - Probe 4 - 21,80-21,89m

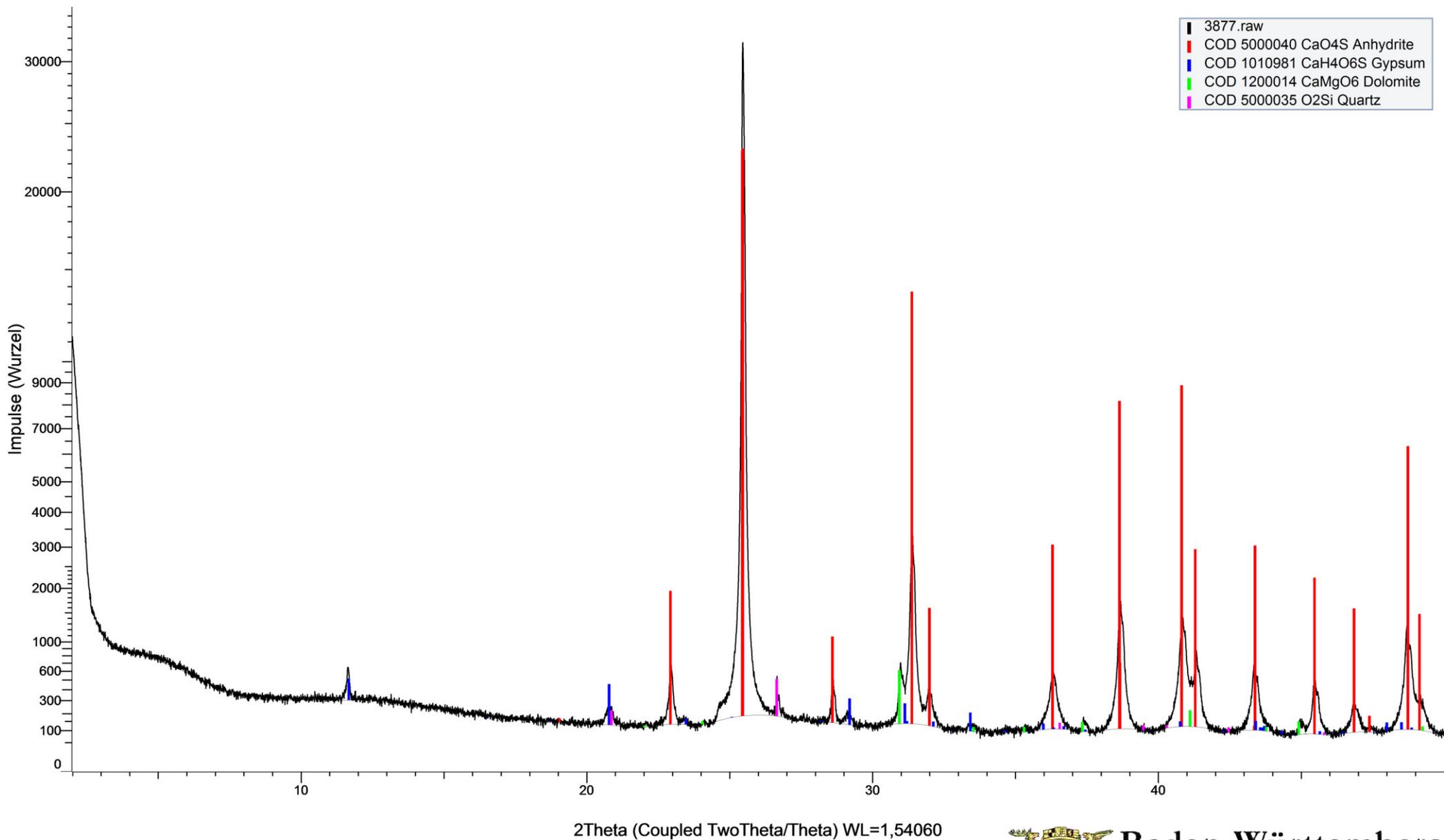


**Baden-Württemberg**

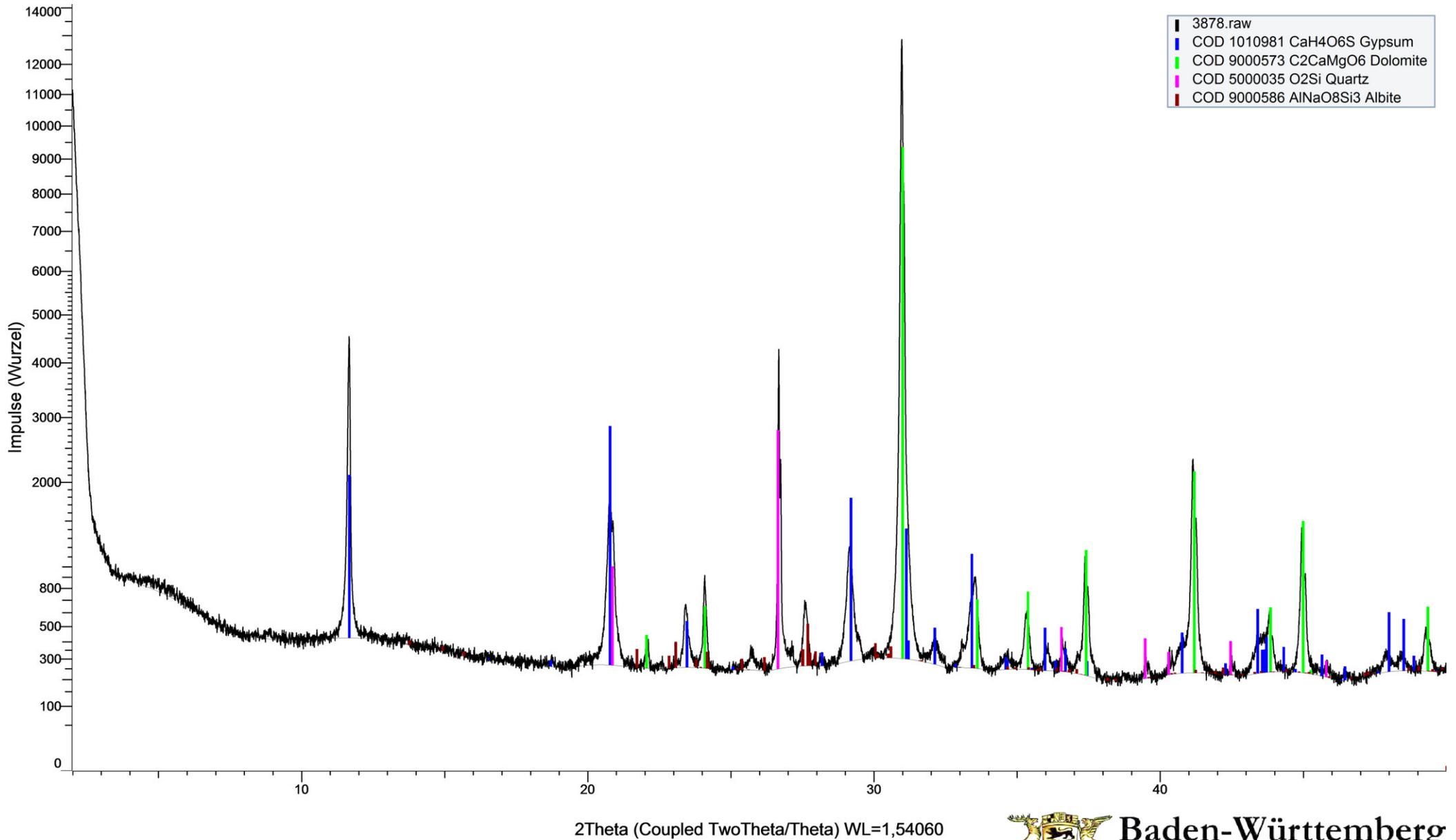
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau 

# TK 7220 Bohrung Stadtpark Leonberg - Probe 5 - 22,72-22,78m



# TK 7220 Bohrung Stadtpark Leonberg - Probe 6 - 28,12-28,14m



**Baden-Württemberg**

REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau 

Anlage 4  
zum Bericht: Ergänzende Erkundungen zum BV „Berliner Straße“, Leonberg



Luftbild von 1971 mit rot markiertem Planungsgebiet.  
Markiert sind 4 kreisrunde Strukturen, bei denen es sich um Dolinen handeln könnte.