

## Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach BW 231 Talbrücke Wächtelesäcker (km 3+130 – km 3+230)

### Baugrunderkundung und Gründungsberatung Teil 1

Geotechnische Stellungnahme zur Ausführbarkeit  
als semi-Integrales bzw. integrales Brückenbauwerk

| <b>Inhaltsverzeichnis</b>  | <b>Seite</b> |
|--|--------------|
| 1 Veranlassung .....   | - 3 -        |
| 2 Unterlagen .....   | - 3 -        |
| 3 Beschreibung der Baumaßnahme .....   | - 3 -        |
| 4 Durchgeführte Untersuchungen.....  | - 4 -        |
| 5 Baugrund und Grundwasser.....  | - 5 -        |
| 5.1 Baugrundbeschreibung.....  | - 5 -        |
| 5.2 Vorläufige Klassifizierung und bodenmechanische Kenngrößen .....                                   | - 7 -        |
| 5.3 Grundwasser.....   | - 10 -       |
| 6 Geländesenkungen als Bergbaufolge.....   | - 11 -       |
| 7 Überschlägige Abschätzung der rechnerischen<br>Bauwerkssetzungen im Sinne einer Voruntersuchung..... | - 12 -       |

### **Anlagenverzeichnis**

|          |  |
|----------|--|
| Anlage 1 | Auszug aus der topographischen Karte   |
| Anlage 2 | Auszug aus der geologischen Karte  |
| Anlage 3 | Pläne mit Eintrag der Erkundungsergebnisse   |
| 3.1      | Lageplan mit Lage der Erkundungspunkte   |
| 3.2      | Längsschnitt mit Eintrag der Erkundungsprofile   |
| Anlage 4 | Zeichnerische Darstellung der Profile der Kernbohrungen  |
| 4.1      | Kernbohrung M1   |
| 4.2      | Kernbohrung M2   |
| 4.3      | Kernbohrung M3   |
| 4.4      | Kernbohrung M4   |
| 4.5      | Kernbohrung M5   |
| Anlage 5 | Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche   |
| 5.1      | Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1   |
| 5.2      | Wassergehalte nach DIN 18121   |
| Anlage 6 | Senkungsmessungen der Südwestdeutschen Salzwerke AG<br>mit Darstellung mittlerer Setzungsgeschwindigkeiten und<br>interpolierten Linien gleicher Setzungsgeschwindigkeiten (Isotachen) |
| Anlage 7 | Schreiben des KMBD, RP Stuttgart, zur Kampfmittelsituation   |

## **1 Veranlassung**

Die Stadt Heilbronn plant die Nordumfahrung der Ortschaften Frankenbach und Neckargartach als Verbindung von der B 39 über die Böllinger Höfe bis zur L 1100 (Neckartalstraße) sowie die Verbreiterung eines Teils der Neckartalstraße. Die gesamte Trassenlänge beträgt etwa 5,70 km.

Für die geplante Nordumfahrung werden insgesamt drei Ingenieurbauwerke erforderlich. Von der Stadt Heilbronn, vertreten durch Herrn Schwotzer, wurden wir mit Schreiben vom 15.11.2016 mit der Baugrunderkundung und Gründungsberatung für die Talbrücke Wächtelesäcker beauftragt.

Gegenstand der vorliegenden Geotechnischen Stellungnahme zur Ausführbarkeit als semi-integrales bzw. integrales Brückenbauwerk ist die Talbrücke Wächtelesäcker (BW 231) im Bereich von rund km 3+130 bis km 3+230.

## **2 Unterlagen**

Folgende Unterlagen standen uns zur Verfügung:

- [1] Entwurfsplan Vorentwurf – Variante 1 Vorzugsvariante, Ingenieurgruppe Bauen, 21.03.2017
- [2] Vorplanung – Bericht zur Vorzugsvariante, Ingenieurgruppe Bauen, 30.03.2017
- [3] Angaben zum Bodengutachten BW 231, Ingenieurgruppe Bauen, 15.08.2017
- [4] Angaben zu Bergbau und Versatz sowie zu Ergebnissen der im Jahre 2016 durchgeführten Senkungsmessungen, Südwestdeutsche Salzwerte AG, 17.11.2017
- [5] Entwurfsplan BW 231 – Brücke Wächtelesäcker – Draufsicht, Ansicht, Regelquerschnitt, Emch+Berger GmbH, 13.12.2017
- [6] Entwurfsplan BW 231 – Brücke Wächtelesäcker – Längsschnitt; Ansichten Widerlager und Stütze, Emch+Berger GmbH, 13.12.2017
- [7] Streckengutachten zur Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach 16S520be01-eg vom 16.03.2017, Roth & Partner, Karlsruhe
- [8] Inhalte einer Besprechung am 21.02.2018 mit dem Tragwerksplaner Herrn Dr. A. Krill, Ingenieurgruppe Bauen, Karlsruhe
- [9] Schreiben des RP Stuttgart zur Untersuchung der Kampfmittelsituation, Az. 16-1115.8/HN-7275, vom 09.11.2016 mit angehängten Karten

## **3 Beschreibung der Baumaßnahme**

Die geplante Baumaßnahme liegt nördlich von Heilbronn, ca. 1 km südlich der A6 und ca. 1,5 km nordwestlich des Ortszentrums von Neckargartach.

Vorgesehen ist die Ost-West-Überführung der in diesem Bereich dreispurig geplanten Nordumfahrung über den Wächtelesgraben. Hierzu soll eine im Grundriss mit einem Radius von 2.500 m gekrümmte Brückenkonstruktion errichtet werden, deren westliches Widerlager bei km 3+136,48 und deren östliches Widerlager bei km 3+226,48 liegt. Die Spannweite des Brückenbauwerks beträgt somit 90,00 m. Mit einer für diesen Bereich

planerisch vorgegebenen Gradienten von etwa 180,5 m+NN soll die Fahrbahn bis zu ca. 8 m über Gelände verlaufen.

Zum Zeitpunkt unserer Beauftragung war das Bauwerk als konventionelle Einfeldbrücke mit einer reduzierten Spannweite von 70 m geplant.

Zum gegenwärtigen Projektstand wird das Bauwerk als Stahlbeton-Mehrfeldbrücke mit zwei Widerlagern und vier Pfeilern beplant, wobei eine Ausführung bevorzugt in semi-integraler Bauweise bzw. alternativ in integraler Bauweise angestrebt werden soll [2, 3].

Zum höhengleichen Anschluss der Trassenführung an die Brückenwiderlager wird die Herstellung von Straßendämmen erforderlich. Hierzu ist im Westen ein Geländeauftrag auf einer Länge von rund 70 m mit einer Auftragshöhe von bis zu etwa 8 m und im Osten ein Geländeauftrag auf einer Länge von rund 60 m mit einer Auftragshöhe von bis zu etwa 6 m auszuführen.

Etwa in Bauwerksmitte überspannt die Brückenkonstruktion den von Südwest nach Nordost verlaufenden Wächtelesgraben, der insbesondere zu Regenzeiten Wasser führen kann. Der Bereich des Wächtelesgrabens ist als Wasserschutzgebiet ausgewiesen [2], was bei der weiteren Planung und Ausführung entsprechend zu berücksichtigen ist.

Darüber hinaus befindet sich das geplante Brückenbauwerk im Bereich eines Bergsenkungsgebiets als Folge des im Großraum Heilbronn intensiv betriebenen untertägigen Salzbergbaus. Demzufolge ist die Baumaßnahme nach DIN EN 1997-1:2009-09 und DIN 1054:2010-12 in die Geotechnische Kategorie 3 (GK 3) einzustufen.

Nach [3] liegen die vertikalen Bemessungslasten des westlichen und östlichen Widerlagers im Bereich von rund 1,4 MN bis 7,6 MN und die vertikalen Bemessungslasten der Brückenpfeiler im Bereich von rund 1,8 MN bis 12,0 MN [8].

Gemäß den Inhalten der Besprechung am 21.02.2018 mit dem Tragwerksplaner sind bei Ausführung in semi-integraler bzw. integraler Bauweise die zulässigen Differenzsetzungen zwischen Widerlager- und Stützenfundament bzw. einzelnen Stützenfundamenten auf jeweils 1 cm bis 2 cm zu begrenzen. Des Weiteren wird in der Tragwerksplanung die Ausführung einer Flachgründung angestrebt, um Steifigkeitssprünge und daraus resultierende Setzungsunterschiede im Übergangsbereich zwischen den Rampenbauwerken und dem Brückenbauwerk möglichst zu minimieren.

Derzeit wird das Gelände landwirtschaftlich genutzt. Im Baufeld und dessen Umgebung befinden sich Hinweisschilder auf Einrichtungen der Strom-, Wasser- und Gasversorgung.

#### **4 Durchgeführte Untersuchungen**

Auftragsgemäßes Ziel der Erkundung war, für die ursprünglich konzeptionierte konventionelle Einfeldbrücke den Baugrundaufbau und die Grundwasserverhältnisse im Bereich der beiden Brückenwiderlager zu erkunden. Zusätzlich sollten der Baugrundaufbau und die Grundwasserverhältnisse für die bauzeitliche Gründung eines Hilfsgerüsts in Brückenmitte erkundet werden.

Hierzu wurden im Zeitraum vom 13.12.2016 bis 03.04.2017 in unserem Auftrag durch die Handke Brunnenbau GmbH, Dirmstein, folgende Erkundungen durchgeführt:

- 5 Kernbohrungen (M1 bis M5) mit einem Durchmesser von 146 mm und einer Tiefe von 10,0 m bis 29,0 m u. GOK, sowie
- 16 Standard Penetration Tests (SPT) nach DIN EN ISO 22476-3.

Die Lage der Kernbohrungen ist in Anlage 3.1 dargestellt.

Die mit den Kernbohrungen aufgeschlossenen Bodenschichten wurden von uns bodenmechanisch nach DIN 4022 und DIN EN ISO 14688-1 angesprochen und sind in Anlehnung an DIN 4023 in Säulenprofilen in Anlage 4 dargestellt. Von der Bohrfirma erstellte Schichtenverzeichnisse sowie Fotos der Bohrkerns befinden sich in unseren Unterlagen.

Aus jeder Schicht wurden Bodenproben entnommen. Sämtliche Bodenproben wurden organoleptisch untersucht und in unser Labor gebracht. An ausgewählten Proben wurden die folgenden bodenmechanischen Versuche durchgeführt:

- 3 Bestimmungen der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122, T1 (siehe Anlage 5.2), und
- 25 Bestimmungen des Wassergehalts nach DIN 18121.

Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 5 dargestellt. Alle durchgeführten Untersuchungen werden in Abschnitt 5 erläutert und bewertet.

In [9] wurde eine Luftbildauswertung durch den Kampfmittelbeseitigungsdienst durchgeführt. Demnach liegt für den Baubereich eine Freigabe hinsichtlich Kampfmittel vor.

## **5 Baugrund und Grundwasser**

### **5.1 Baugrundbeschreibung**

Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse aus Feld und Labor wurde durch Interpolation zwischen den Aufschlusspunkten und unter Berücksichtigung der lokalen Geologie ein Baugrundmodell erarbeitet, nach welchem sich der Schichtenaufbau im Bereich der geplanten Baumaßnahme wie folgt darstellt:

- Die oberste Schicht ist ein Oberboden gemäß DIN 18320 (mit Ausnahme der im Baufeld verlaufenden Feldwege).

Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen besteht der Oberboden aus Ackerboden, einem tonigen Schluff mit organischen Beimengungen durch Wurzelreste und meistens geringen Sand- bzw. Kiesanteilen. Die Mächtigkeit des Ackerbodens beträgt etwa 30 cm bis 40 cm und entspricht damit etwa der Pflugtiefe.

Im Bereich von Wiesenflächen besteht der Oberboden im Wesentlichen aus der Grasnarbe, deren Mächtigkeit etwa 5 cm bis 15 cm beträgt.

Im Bereich der Feldwege besteht die oberste Schicht überwiegend aus Asphalt und einer Schottertragschicht.

- Darunter stehen im gesamten Baufeld zunächst die äolisch abgelagerten Schichten des Lösses an, die mit der Tiefe zum Verwitterungsprodukt des Lösses, dem Lösslehm, übergehen.

Der Löss ist ein toniger, teilweise stark toniger und sandiger, stark kalkhaltiger, hellbraun/ockerfarbener Schluff, wogegen der Lösslehm weniger kalkhaltig ist und oft eine rötlich/bräunliche Farbe aufweist.

Die Mächtigkeiten des Lösses/Lösslehms betragen etwa 5,0 m bis 6,5 m im Bereich des westlichen Widerlagers, etwa 6 m im Brückenmitte und nehmen auf etwa 2,0 m bis 3,5 m im Bereich des östlichen Widerlagers ab.

- Mit der Tiefe folgen wechselgelagerte Schichten aus eiszeitlichen Hochterrassenschottern des Neckars, welche durch von den Flanken der Böllinger Mulde umgelagerten Schwemmlahmschichten durchzogen sind. Die Schwemmlahmschichten sind wiederum mit unterschiedlichen (im Wesentlichen Feinkorn-) Anteilen der Hochterrassenschotter durchsetzt.

Die Hochterrassenschotter bestehen aus Kiesen oder Sanden mit kleinräumig stark schwankenden schluffigen, sandigen, kiesigen bzw. steinigen Anteilen. Einzelne Schichtmächtigkeiten der Hochterrassenschotter liegen in der Größenordnung von etwa 1,5 m bis 5,5 m.

Die Schwemmlahme bestehen überwiegend aus sandigen, kiesigen, steinigen Schluffen mit unterschiedlicher Ausprägung der Nebenanteile. Die Schichtmächtigkeiten der Schwemmlahme liegen in einem Bereich von etwa 1 m bis 5 m.

Die Mächtigkeiten des gesamten Schichtpakets aus Hochterrassenschotter/Schwemmlahm betragen etwa 12 m im Bereich des westlichen Widerlagers und etwa 19 m bis 22,5 m im Bereich des östlichen Widerlagers.

- Den tieferen Untergrund bilden mit dem Überhang zum Halbfest- bzw. Festgestein die Schichtenfolgen des Unterkeupers sowie des Muschelkalks.

Im Zuge der Erkundungsarbeiten wurde der untere Keuper in einer Tiefe von rund 18 m unter GOK beim westlichen Widerlager bzw. in einer Tiefe von rund 22,5 m bis 25 m unter GOK beim östlichen Widerlager angetroffen. Hierbei handelt es sich um relativ gleichmäßigen, homogenen Tonstein. Die Trennflächenabstände liegen in vertikaler Richtung im Zentimeter- bis Dezimeterbereich. Die Trennflächen selbst weisen keine Ablagerungen auf.

Nach Angaben der Südwestdeutschen Salzwerke AG [4] steht In einer Tiefe von rund 200 m unter GOK eine bis zu etwa 30 m mächtige Steinsalzbank an, welche in der Vergangenheit in der Grube Heilbronn bergbaulich ausgebeutet wurde. Im Bereich der Böllinger Höfe nimmt der bergbauliche Anteil etwa 90 % der Gesamtfläche ein. Der Bergbau wurde im Kammer-Pfeiler-System betrieben, wobei die Kammern durchschnittlich mit einer Höhe von 10 m, vereinzelt auch nur von 5 m, im Bereich der Nordumfahrung aber auch von 15 m bis 17 m aufgeföhren wurden. Typischerweise wurde Kammerbreiten von 15 m bei einer Breite des Festen von 15 m bis 17 m ausgeföhrt.

Ebenfalls nach Angaben der Südwestdeutschen Salzwerke AG [4] wurde der Bergbau im Bereich des geplanten Brückenbauwerks inzwischen eingestellt und bereits mit der Verdämmung der Hohlräume begonnen. Dabei wird in der unteren Hälfte der Kammerhöhe das Verdämmmaterial in der Regel von einer höheren Strecke aus hineingekippt, mit einem Lader verteilt und durch die Fahrbewegungen und das Eigengewicht des Laders verdichtet. In der oberen Hälfte der Kammerhöhe wird das Material firstbündig rückwärts eingebaut, wobei die Baggerschaufel wie ein Schiebeschild verwendet wird, um das Material bis an die Firste zu verfüllen. Darüber hinaus werden jedoch keine weiteren Verdichtungsmaßnahmen ausgeführt. Zum eingebauten Versatzmaterial liegen uns keine Informationen vor.

## **5.2 Vorläufige Klassifizierung und bodenmechanische Kenngrößen**

Die einzelnen Bodenschichten können anhand der manuellen Ansprache im Feld, der durchgeführten Feld- und Laborversuche und aufgrund von Erfahrungen mit gleichartigen Böden vorläufig wie folgt klassifiziert und durch bodenmechanische Kenngrößen beschrieben werden.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese vorläufige Klassifizierung bzw. Beschreibung durch bodenmechanische Kenngrößen lediglich für eine überschlägige Abschätzung der rechnerischen Setzungen im Sinne einer Vordimensionierung (Abschnitt 7) dient. Für die Erstellung des Geotechnischen Berichts werden weitere Untersuchungen erforderlich, die in Art und Umfang auf das letztendlich noch festzulegende statische Konzept der geplanten Brückenkonstruktion anzupassen sind. Hieraus können sich auch noch Änderungen gegenüber der hier vorgestellten vorläufigen Klassifizierung bzw. Festlegung der bodenmechanischen Parameter ergeben.

Der Löss/Lösslehm ist gemäß der manuellen Ansprache im Feld als leicht bis mittelplastischer Schluff bzw. Ton (UL, UM, TL, TM) zu bezeichnen und weist eine überwiegend steife, mitunter auch weich bis steife Konsistenz auf.

Im Labor wurde an einer Probe die Fließgrenze zu  $w_L = 35\%$  und die Ausrollgrenze zu  $w_P = 12\%$  bestimmt. Der natürliche Wassergehalt wurde an 9 Proben bestimmt und lag zwischen  $w_n = 13\%$  und  $22\%$ , im Mittel bei  $17\%$ . Im Vergleich mit den Konsistenzgrenzen hatten somit 5 Proben steife und 4 Proben weiche Konsistenz, womit auch die manuelle Konsistenzansprache im Feld bestätigt wird.

Die Hochterrassenschotter sind nach der manuellen Ansprache im Feld in ihrer gesamten Bandbreite als weit-, intermittierend-, ungleichförmig bzw. enggestufte Kiese und Sande (GW, GI, GU, GE, SW, SI, SU, SU\*) zu bezeichnen.

Der natürliche Wassergehalt wurde an 6 Proben bestimmt und lag zwischen  $w_n = 3\%$  und  $12\%$ , im Mittel bei  $8\%$ .

Die in den Tiefenlagen der Hochterrassenschotter ausgeführten Standard Penetration Tests (SPT) lieferten Schlagzahlen pro 30 cm Eindringung von  $N_{30} = 90$  bis 188, im Mittel von 154. Diese unverhältnismäßig hohen Werte liegen deutlich über eigenen Erfahrungswerten für vergleichbare Böden und übersteigen überwiegend die Gültigkeitsbereiche der DIN ISO 22476-3 bei Weitem, so dass von einer weiteren Interpretation dieser Versuchsdaten abgesehen wird.

Die Schwemmelhme sind nach der manuellen Ansprache im Feld als leichtplastischer Schluff bzw. leicht- und mittelpastischer Ton (UL, TL, TM) einzustufen und weisen eine überwiegend steife, mitunter auch weiche oder halbfeste Konsistenz auf.

Die im Labor bestimmte Fließgrenze lag bei  $w_L = 36 \%$ , die Ausrollgrenze bei  $w_P = 6 \%$ . Der natürliche Wassergehalt wurde an 10 Proben bestimmt und lag zwischen  $w_n = 12 \%$  und  $24 \%$ , im Mittel bei  $17 \%$ . Ein Vergleich mit den Konsistenzgrenzen ergab für 6 Proben weiche, für 2 Proben steife sowie für 2 Proben sehr weiche Konsistenz. Insgesamt wurden somit über die Laborbestimmung niedrigere Konsistenzen erhalten als nach der manuellen Konsistenzansprache im Feld, was erfahrungsgemäß auf Unschärfen in der Bestimmung der Ausrollgrenze der vergleichsweise kurzen und mit Grobanteilen vermengten Schluffe zurückgeführt werden kann.

Die Bohrlochrammsondierungen (BDP) lieferten auch in den Schwemmelhmen unverhältnismäßig hohe Schlagzahlen pro 30 cm Eindringung von  $N_{30} = 106$  bis  $211$ , im Mittel von  $148$ , und wurden daher nicht weiter berücksichtigt (s. o.).

Am unteren Keuper wurden keine Laborversuche durchgeführt, da bislang nicht davon auszugehen war, dass die Einflusstiefe der Gründung bis in diese Schichten reicht.

Für die nachfolgende, lediglich überschlägige-Abschätzung der rechnerischen Setzungen im Sinne einer Voruntersuchung (Abschnitt 7) empfehlen wir, vorläufig folgende Baugrundmodelle und bodenmechanische Parameter am westlichen Widerlager, in Brückenmitte und am östlichen Widerlager zugrunde zu legen:

**Tab. 1: Baugrundmodell und bodenmechanische Parameter am westl. Widerlager, steife Konsistenz der obersten bindigen Schicht**

| Schicht Nr. | Bezeichnung              | UK Schicht [m+NN] | Feuchtwichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Auftriebswichte $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Reibungswinkel $\varphi$ [°] | Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] |
|-------------|--------------------------|-------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------------|--|
|             | (GOK)                    | 171,10            |  |  |                              |                                   |  |
| 1           | Schluffe, sandig         | 163,90            | 19   | 9  | 27,5                         | 2,5                               | <b>5</b>                               |
| 2           | Kiessande, schluffig     | 158,10            | 20   | 10   | 35                           | 0                                 | 60                                     |
| 3           | Schluff, kiesig, steinig | 153,10            | 20   | 10   | 30                           | 0                                 | 60                                     |
| 4           | Kalkstein, Tonstein      | 151,10            | 22   | 12   | 30                           | 10                                | 100                                    |

**Tab. 2: Baugrundmodell und bodenmechanische Parameter am westl. Widerlager, halbfeste Konsistenz der obersten bindigen Schicht**

| Schicht Nr. | Bezeichnung              | UK Schicht [m+NN] | Feuchtwichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Auftriebswichte $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Reibungswinkel $\varphi$ [°] | Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] |
|-------------|--------------------------|-------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------------|--|
|             | (GOK)                    | 171,10            |  |  |                              |                                   |  |
| 1           | Schluffe, sandig         | 163,90            | 19   | 9  | 27,5                         | 2,5                               | <b>10</b>                              |
| 2           | Kiessande, schluffig     | 158,10            | 20   | 10   | 35                           | 0                                 | 60                                     |
| 3           | Schluff, kiesig, steinig | 153,10            | 20   | 10   | 30                           | 0                                 | 60                                     |
| 4           | Kalkstein, Tonstein      | 151,10            | 22   | 12   | 30                           | 10                                | 100                                    |



**Tab. 3: Baugrundmodell und bodenmechanische Parameter in Brückenmitte, steife Konsistenz der obersten bindigen Schicht**

| Schicht Nr. | Bezeichnung              | UK Schicht [m+NN] | Feuchtwichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Auftriebswichte $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Reibungswinkel $\varphi$ [°] | Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] |
|-------------|--------------------------|-------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------------|--|
|             | (GOK)                    | 171,85            |  |  |                              |                                   |  |
| 1           | Schluffe, tonig          | 165,85            | <b>19</b>                                  | <b>9</b>                                       | <b>25</b>                    | <b>10</b>                         | <b>5</b>                               |
| 2           | Kiessande                | 160,55            | 20   | 10   | 30                           | 0                                 | 60                                     |
| 3           | Schluff, kiesig          | 156,85            | 20   | 10   | 30                           | 5                                 | 60                                     |
| 4           | Kies                     | 153,85            | 20   | 10   | 35                           | 0                                 | 60                                     |
| 5           | Schluff, kiesig, steinig | 149,85            | 20   | 10   | 30                           | 0                                 | 60                                     |
| 6           | Kalkstein, Tonstein      | 147,35            | 22   | 12   | 30                           | 10                                | 100                                    |

**Tab. 4: Baugrundmodell und bodenmechanische Parameter in Brückenmitte, halbfeste Konsistenz der obersten bindigen Schicht**

| Schicht Nr. | Bezeichnung              | UK Schicht [m+NN] | Feuchtwichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Auftriebswichte $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Reibungswinkel $\varphi$ [°] | Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] |
|-------------|--------------------------|-------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------------|--|
|             | (GOK)                    | 171,85            |  |  |                              |                                   |  |
| 1           | Schluffe, tonig          | 165,85            | <b>20</b>                                  | <b>10</b>                                      | <b>27,5</b>                  | <b>15</b>                         | <b>10</b>                              |
| 2           | Kiessande                | 160,55            | 20   | 10   | 30                           | 0                                 | 60                                     |
| 3           | Schluff, kiesig          | 156,85            | 20   | 10   | 30                           | 5                                 | 60                                     |
| 4           | Kies                     | 153,85            | 20   | 10   | 35                           | 0                                 | 60                                     |
| 5           | Schluff, kiesig, steinig | 149,85            | 20   | 10   | 30                           | 0                                 | 60                                     |
| 6           | Kalkstein, Tonstein      | 147,35            | 22   | 12   | 30                           | 10                                | 100                                    |

**Tab. 5: Baugrundmodell und bodenmechanische Parameter am östl. Widerlager, steife Konsistenz der obersten bindigen Schicht**

| Schicht Nr. | Bezeichnung              | UK Schicht [m+NN] | Feuchtwichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Auftriebswichte $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Reibungswinkel $\varphi$ [°] | Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] |
|-------------|--------------------------|-------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------------|--|
|             | (GOK)                    | 172,50            |  |  |                              |                                   |  |
| 1           | Schluffe, tonig          | 169,00            | <b>19</b>                                  | <b>9</b>                                       | <b>25</b>                    | <b>10</b>                         | <b>5</b>                               |
| 2           | Kiessande                | 165,80            | 20   | 10   | 35                           | 0                                 | 60                                     |
| 3           | Schluff, kiesig          | 157,50            | 20   | 10   | 30                           | 5                                 | 60                                     |
| 4           | Kies                     | 154,50            | 20   | 10   | 35                           | 0                                 | 60                                     |
| 5           | Schluff, kiesig, steinig | 150,50            | 20   | 10   | 30                           | 0                                 | 60                                     |
| 6           | Kalkstein, Tonstein      | 148,00            | 22   | 12   | 30                           | 10                                | 100                                    |

**Tab. 6: Baugrundmodell und bodenmechanische Parameter am östl. Widerlager, halbfeste Konsistenz der obersten bindigen Schicht**

| Schicht Nr. | Bezeichnung              | UK Schicht [m+NN] | Feuchtwichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Auftriebswichte $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Reibungswinkel $\varphi$ [°] | Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] |
|-------------|--------------------------|-------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------------|--|
|             | (GOK)                    | 172,50            |  |  |                              |                                   |  |
| 1           | Schluffe, tonig          | 169,00            | 20   | 10   | 27,5                         | 15                                | 10                                     |
| 2           | Kiessande                | 165,80            | 20   | 10   | 35                           | 0                                 | 60                                     |
| 3           | Schluff, kiesig          | 157,50            | 20   | 10   | 30                           | 5                                 | 60                                     |
| 4           | Kies                     | 154,50            | 20   | 10   | 35                           | 0                                 | 60                                     |
| 5           | Schluff, kiesig, steinig | 150,50            | 20   | 10   | 30                           | 0                                 | 60                                     |
| 6           | Kalkstein, Tonstein      | 148,00            | 22   | 12   | 30                           | 10                                | 100                                    |

### 5.3 Grundwasser

Während der Erkundungsarbeiten wurde in den Bohrungen M1 bis M5 kein Grundwasser angetroffen.

Da somit keine neuen Erkenntnisse zur Grundwassersituation im Bereich des Baufeldes vorliegen, besitzen die im Streckengutachten [7] enthaltenen Angaben zum Grundwasser weiterhin Gültigkeit. Demnach sind nach Aussage der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) und auf Grundlage der Tiefpegel T12 gemessenen Pegelraten für das Baufeld von folgendem mittleren Grundwasserstand (MGW), niedrigsten Grundwasserstand (NGW) und höchsten Grundwasserstand (HGW) auszugehen (Tabelle 7):

**Tab. 7: Maßgebende Grundwasserstände in m+NN**

| Wasserstand        | GW im Baufeld [m+NN] |
|--------------------|----------------------|
| HGW                | 151,95               |
| HGW <sub>Bau</sub> | 151,50               |
| MGW                | 151,26               |
| NGW                | 150,48               |

Die Erkundungsergebnisse weisen jedoch durch stellenweise weichen Böden darauf hin, dass generell witterungs- und jahreszeitlich abhängig mit zeitweise aufstauendem Niederschlags- und Oberflächenwasser auf den bindigen Böden des Untergrunds zu rechnen ist. Lokal schwebende Schicht- oder Sickerwasserspiegel – insbesondere im Bereich sandiger bzw. kiesiger Schichten – können nicht ausgeschlossen werden.

Durch das Baufeld verläuft von Südwest nach Nordost der Wächtelesgraben, welcher zeitweise Oberflächenwasser führen kann.

Des Weiteren befinden im Südwesten des Baufeldes mehrere Regenrückhaltebecken, denen der Wächtelesgraben als Vorflut dient. Zu den während bzw. nach Niederschlagsereignissen aus den Regenrückhaltebecken anfallenden Wassermengen liegen

uns keine Angaben vor. Im Rahmen eines Ortstermins am 19.08.17 wurde der Grasbewuchs des Wächtelesgrabens im Bereich des Baufeldes in Augenschein genommen. Demnach scheint der Wächtelesgraben während bzw. nach Niederschlagsereignissen erhebliche Wassermengen zu führen, so dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass Wasser dann auch über die Grabenränder hinaus und über die nach Nordosten einfallende Geländeoberfläche zu Tal fließt.

## **6 Geländesenkungen als Bergbaufolge**

Als Folge der bergbaulichen Ausbeutung der in etwa 200 m unter GOK anstehenden Steinsalzbank treten im Bereich der Böllinger Höfe großräumige Geländesenkungen auf, welche von den Südwestdeutschen Salzwerken AG durch Einmessung von Höhenpunkten geodätisch beobachtet werden. Ergebnisse der geodätischen Vermessung der Geländesenkungen wurden uns von den Südwestdeutschen Salzwerken AG für den Bereich der geplanten Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach zur Verfügung gestellt.

Demzufolge werden die Geländesenkungen an einem Netz von Höhenmesspunkten durchgeführt, die einen Abstand von etwa 200 m bis etwa 600 m aufweisen. Die zur Verfügung gestellten Messdaten wurden in den Jahren 1994 bis 2016 in einem Turnus von 4 Jahren erhoben, wobei nicht alle Messpunkte turnusmäßig erfasst und darüber hinaus offenbar auch Messpunkte zwischenzeitlich aufgegeben und durch neue Messpunkte ersetzt wurden.

Für die Talbrücke Wächtelesäcker, die am Rand des Bergbaugesbiets liegt, haben wir für die in diesem Bereich zur Verfügung stehenden Messpunkte die gemessenen Geländesenkungen zeitabhängig dargestellt und aus dieser Darstellung für jeden Messpunkt die mittlere Setzungsgeschwindigkeit errechnet.

In einem weiteren Schritt haben wir durch Interpolation zwischen den Messpunkten ein Setzungsgeschwindigkeitsfeld errechnet und als Isotachen (Linien gleicher Setzungsgeschwindigkeit) im Geländegrundriss dargestellt (Anlage 6).

Hierbei muss u. a. berücksichtigt werden, dass

- die zur Auswertung herangezogenen Messpunkte vergleichsweise weit entfernt (etwa 150 m bis zu etwa 1.500 m) von der beplanten Talbrücke Wächtelesäcker liegen,
- einige Messpunkte nicht während jeder turnusmäßigen Messung erfasst wurden,
- mit Blick auf die geplante Nutzungsdauer des Brückenbauwerks die Messungen erst seit einer vergleichsweise kurzen Beobachtungsdauer von knapp 20 Jahren durchgeführt werden,
- insbesondere bei der Messung kleiner Differenzbeträge die Messungen systematisch entsprechend fehlerbehaftet sind,
- die Interpolation des Setzungsgeschwindigkeitsfelds stark von der verwendeten Interpolationsmethode und den gewählten Interpolationsparametern abhängt,

- lokal stärker ausgeprägte Geländesenkungen durch die rechnerische Interpolation selbstverständlich nicht abgebildet werden können, und
- aus den in den vergangenen knapp 20 Jahren gemessenen Daten eine Prognose des zukünftigen Setzungsverlaufs abgeleitet werden muss,

so dass eine Interpretation der Ergebnisse nur sehr eingeschränkt möglich und mit großen Unschärfen behaftet ist.

Unter Berücksichtigung der vorgenannten Einschränkungen kann festgehalten werden, dass über den bisherigen Messzeitraum

- die an den jeweiligen Messpunkten beobachteten zeitabhängigen Setzungen offenbar die Bestimmung einer näherungsweise konstanten mittleren Setzungsgeschwindigkeit zulassen,
- die mittlere Setzungsgeschwindigkeit zwischen 0 mm/a an den Punkten 618, 633 und 790 (Bereich außerhalb des Bergbaugebiets) und etwa 5 mm/a am Punkt 797 liegt, und
- mit der gewählten Interpolationsmethode und den gewählten Interpolationsparametern die Isotachen im Bereich der projektierten Talbrücke Wächtelesäcker vergleichsweise dicht verlaufen, d. h. die Unterschiede in der Setzungsgeschwindigkeit dort vergleichsweise groß sind, und am westlichen Widerlager etwa 2,5 mm/a, am Mittelpfeiler etwa 2 mm/a und am östlichen Widerlager etwa 1,5 mm/a betragen.

Die tatsächlich vorhandenen Verhältnisse in der unmittelbaren Umgebung der Talbrücke Wächtelesäcker können sich allerdings noch wesentlich ungünstiger darstellen.

## **7 Überschlägige Abschätzung der rechnerischen Bauwerkssetzungen im Sinne einer Voruntersuchung**

Zur überschlägigen Abschätzung der rechnerischen Bauwerkssetzungen am westlichen Widerlager, am Mittelpfeiler und am östlichen Widerlager wurden die vom Tragwerksplaner mitgeteilten Einwirkungen sowie die aus einer ersten Vorbemessung hervorgegangenen Fundamentabmessungen der Flachgründungen [1-3, 5-6], die in Abschnitt 5 beschriebenen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse (insbesondere die in den Tabellen 1 bis 6 enthaltene Spanne der Baugrundparameter) sowie die in Abschnitt 6 beschriebenen Bergbaufolgen zugrunde gelegt.

Die Setzungsbeträge setzen sich aus den folgenden Setzungsanteilen zusammen:

- Setzungen infolge Eigengewicht,
- Setzungen infolge benachbarter Dammschüttungen am westlichen und östlichen Widerlager, sowie
- Setzungen durch Geländesenkungen als Bergbaufolge

Die Setzungsanteile infolge Eigengewicht und Dammschüttungen wurden anhand von analytischen und mit dem Programmpaket GGU-FOOTING durchgeführten Setzungsrechnungen erhalten, wobei die zeitliche Entwicklung der Setzungen in erster Näherung außer Acht gelassen wurde (kein Konsolidationsverzögerung). Die Setzungen aus Bergbaufolge wurden aus den mittleren Setzungsgeschwindigkeiten gemäß Abschnitt 6 und einer Hochrechnung für eine 50- bzw. 100-jährige Nutzungsdauer des Bauwerks erhalten.

Die Ergebnisse der überschlägigen Abschätzung der rechnerischen Setzungen sind in Tabelle 8 aufgeführt:

**Tab. 8: Überschlägige Abschätzung der rechnerischen Setzungen unter Annahme einer Flachgründung**

| Setzungen             | westliches Widerlager | Mittelpfeiler   | östliches Widerlager |
|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|
| infolge Eigengewicht  | 8 cm bis 14 cm        | 22 cm bis 42 cm | 6 cm bis 10 cm       |
| infolge Dammschüttung | 11 cm bis 22 cm       | ./.             | 8 cm bis 13 cm       |
| als Bergbaufolge      | 2,5 mm/a              | 2 mm/a          | 1,5 mm/a             |
|                       |                       |                 |                      |
| Summe nach „0“ Jahren | 19 cm bis 36 cm       | 22 cm bis 42 cm | 14 cm bis 23 cm      |
| Summe nach 50 Jahren  | 32 cm bis 49 cm       | 32 cm bis 52 cm | 22 cm bis 31 cm      |
| Summe nach 100 Jahren | 44 cm bis 61 cm       | 42 cm bis 62 cm | 29 cm bis 38 cm      |

Hieraus wird ersichtlich, dass bereits durch das Aufbringen des Eigengewichts erhebliche Setzungsbeträge von grob 10 cm bis 40 cm erhalten werden, die weit über das im Ingenieurbau übliche Maß von 1 cm bis 2 cm hinausgehen. Die größten Differenzsetzungen, maßgeblich für die Integrität des Bauwerks, treten zwischen dem westlichen Widerlager und dem Mittelpfeiler auf und liegen dort in einem Bereich von grob 15 cm bis 30 cm.

Zusätzlich treten am westlichen bzw. östlichen Widerlager weitere Setzungen auf, die sich als Folge der erforderlichen Dammschüttungen für die Herstellung der Rampen ergeben und auf grob etwa 10 cm bis 20 cm prognostiziert werden.

Aus Eigengewicht und Dammschüttung sind somit Setzungen von grob 20 cm bis 35 cm am westlichen Widerlager, grob 20 cm bis 40 cm am Mittelpfeiler und grob 15 cm bis 25 cm am östlichen Widerlager zu erwarten.

Die Setzungsbeträge aus Eigengewicht könnten durch entsprechende Maßnahmen wie z. B. einen tiefreichenden Bodenaustausch, eine tiefreichende Bodenverbesserung oder eine Tiefgründung minimiert werden.

Die Setzungsbeträge aus den Dammschüttungen könnten ebenfalls durch entsprechende Maßnahmen wie z. B. einen tiefreichenden Bodenaustausch bzw. eine tiefreichende Bodenverbesserung minimiert oder durch eine frühzeitige Dammherstellung und entsprechende Wartezeit zur Konsolidierung des Untergrunds weitgehend vorweggenommen werden.

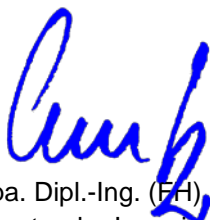
Inwieweit dadurch die vom Tragwerksplaner geforderten maximalen Differenzsetzungen zwischen einzelnen Fundamenten von 1 cm bis 2 cm – auch in deren zeitlicher Entwicklung – eingehalten werden können, müssten detailliertere Untersuchungen zeigen.

Ganz erheblich und aus bautechnischer Sicht kaum kontrollierbar wird der Anteil der Geländesetzungen aus Bergbaufolge eingestuft. Unter den in Abschnitt 6 dargelegten Einschränkungen der Prognostizierbarkeit liegen allein diese Differenzsetzungen zwischen Widerlager und Mittelpfeiler in einem Bereich von etwa 0,5 mm/a, wodurch die vom Tragwerksplaner geforderten maximalen Setzungsdifferenzen von 1 cm bis 2 cm bereits nach einer Nutzungsdauer des Bauwerks von 20 Jahren bis 40 Jahren erreicht wären. Mit Blick auf die geringe Prognoseschärfe können diese maximalen Setzungsdifferenzen auch bereits nach einer wesentlich kürzeren Nutzungsdauer erreicht werden. Des Weiteren würde diese Betrachtung voraussetzen, dass keine Setzungen infolge Eigengewicht und Dammschüttungen auftreten, was praktisch nicht realisierbar ist.

Aufgrund der Lage der Talbrücke Wächtelesäcker in einem Bergbaufolgegebiet, den prognostizierten Differenzsetzungen aus Bergbaufolge, deren geringer Prognosegenauigkeit und -verlässlichkeit sowie den sowieso schon schwierigen Baugrundverhältnissen und den daraus insbesondere bei Ausführung einer Flachgründung auftretenden zusätzlichen Differenzsetzungen bestehen von unserer Seite erhebliche Bedenken gegen die Ausführung der Talbrücke Wächtelesäcker als semi-integrales oder integrales Bauwerk.

Für weiterführende Beratungen, auch zur alternativen Ausführung eines konventionellen Brückenbauwerks, stehen wir Ihnen selbstverständlich gerne zur Verfügung.

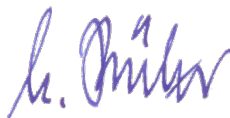
INGENIEURBÜRO ROTH  
& PARTNER GMBH



ppa. Dipl.-Ing. (FH) Peter Cuntz  
Beratender Ingenieur

Projektbearbeitung:

i. A. Dipl.-Ing. Elisabeth Grohme



i. A. Dr.-Ing. Michael Külzer

**Nordumfahrung Frankenbach/Neckargartach  
BW 231 Talbrücke Wächtelesäcker  
Baugrunderkundung und Gründungsberatung  
Teil 1  
Geotechnische Stellungnahme zur Ausführbarkeit als  
semi-integrales bzw. integrales Brückenbauwerk**

INGENIEURBÜRO  
ROTH & PARTNER





## **Anlage 1**

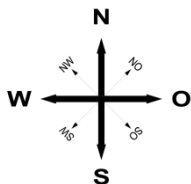
**Auszug aus der topographischen Karte**



Plangrundlage : Topografische Karte Blatt-Nr. 6820/6821

**Legende:**

-  Untersuchungsbereich Streckengutachten
-  BW 231 Brücke Wächtelesäcker



Projekt : **Nordumfahrung  
Frankenbach/Neckargartach  
BW 231 Talbrücke Wächtelesäcker  
(km 3+130 - km 3+230)**  
Baugrunderkundung und Gründungsberatung – Teil 1

|   |                              |                         |
|---|------------------------------|-------------------------|
| Planinhalt:<br><b>Auszug aus der<br/>Topografischen Karte</b> | Maßstab :<br><b>1:25.000</b> | Anlage-Nr.:<br><b>1</b> |
|---|------------------------------|-------------------------|

Auftraggeber:   
Stadt Heilbronn  
Amt für Straßenwesen

**INGENIEURBÜRO  
ROTH & PARTNER**   
Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH  
Hans-Sachs-Straße 9 · 76133 Karlsruhe  
Telefon 0721 98453-0 · Telefax -99  
info@ib-roth.com · www.ib-roth.com

Karlsruhe, Juni 2018






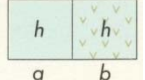

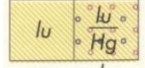



## **Anlage 2**

### **Auszug aus der geologischen Karte**



**Legende:**

-  **Untersuchungsbereich Streckengutachten**
-  **BW 231 Brücke Wächtelesäcker**
-  **Künstliche Auffüllung**
-  **Ablagerungen in den Talauen**
-  **LÖB, LÖblehm**
-  **Schwemmlöß**
-  **Gipskeuper**

Plangrundlage : Geologische Karte Blatt-Nr. 6820/6821

|  |                 |                      |
|--|-----------------|----------------------|
| Projekt : <b>Nordumfahrung<br/>Frankenbach/Neckargartach<br/>BW 231 Talbrücke Wächtelesäcker<br/>(km 3+130 - km 3+230)</b><br>Baugrunderkundung und Gründungsberatung – Teil 1 |                 |                      |
| Planinhalt:  | Maßstab :       | Anlage-Nr.:          |
| <b>Auszug aus der<br/>geologischen Karte</b>   | <b>1:25.000</b> | <b>2</b>             |
| Auftraggeber: <br>Stadt Heilbronn<br>Amt für Straßenwesen                                 |                 |                      |
| <b>INGENIEURBÜRO<br/>ROTH &amp; PARTNER</b>   |                 | Karlsruhe, Juni 2018 |
| Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH<br>Hans-Sachs-Straße 9 · 76133 Karlsruhe<br>Telefon 0721 98453-0 · Telefax -99<br>info@ib-roth.com · www.ib-roth.com                         |                 |                      |



### **Anlage 3**

#### **Pläne mit Eintrag der Erkundungsergebnisse**

- 3.1 Lageplan mit Eintrag der Erkundungspunkte**
- 3.2 Längsschnitt mit Eintrag der Erkundungsprofile**

km = 2+6914.7  
 hTS = 176.44 m  
 H = 10000 m  
 T = 9750 m  
 f = 0.48 m

-1.15 %  
 122.62 m

+0.80 %  
 861.95 m

km = 3+5534.2  
 hTS = 183.34 m  
 H = 5000 m  
 T = 169.992 m  
 f = -2.89 m

+6.80 %  
 861.95 m

-6.00 %  
 473.91 m

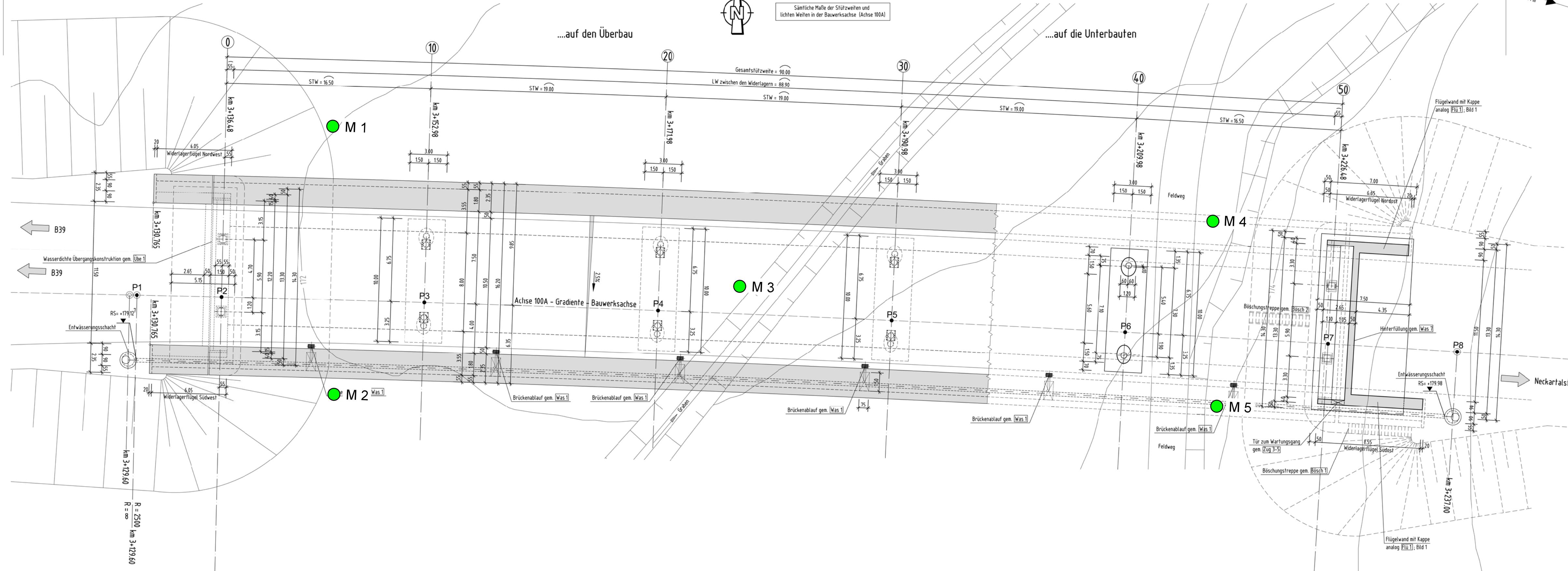
**Draufsicht M. 1:100**

Sämtliche Maße der Stützweiten und lichten Weiten in der Bauwerksachse (Achse 100A)



...auf den Überbau

...auf die Unterbauten



**LEGENDE**

● Kernbohrung

Plangrundlage: Draufsicht Bauwerksplan, 13.12.17, Emch+Berger GmbH

Projekt Nordumfahrung  
 Frankenbach/Neckgartach  
 BW 231 Talbrücke Wächtelesäcker  
 (km 3+130 - km 3+230)

Baugrunderkundung und Gründungsberatung - Teil 1

|   |         |            |
|---|---------|------------|
| Planinhalt                                | Maßstab | Anlage-Nr. |
| Lageplan mit Eintrag der Erkundungspunkte | 1:200   | 3.1        |

Auftraggeber

Stadt Heilbronn  
 Amt für Straßenwesen

INGENIEURBÜRO  
 ROTH & PARTNER

Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH  
 Hans-Sachs-Straße 9 · 76133 Karlsruhe  
 Telefon 0721 98453-0 · Telefax -99  
 info@ib-roth.com · www.ib-roth.com

Karlsruhe, Juni 2018
















## **Anlage 4**

### **Zeichnerische Darstellung der Profile der Kernbohrungen**

- 4.1 Kernbohrung M1**
- 4.2 Kernbohrung M2**
- 4.3 Kernbohrung M3**
- 4.4 Kernbohrung M4**
- 4.5 Kernbohrung M5**

### Legende und Zeichenerklärung

#### Boden- und Felsarten

|   |                              |   |                                  |
|---|------------------------------|---|----------------------------------|
|  | Kalkstein, Kst               |  | Steine, X, steinig, x            |
|  | Grobkies, gG, grobkiesig, gg |  | Mittelkies, mG, mittelkiesig, mg |
|  | Feinkies, fG, feinkiesig, fg |  | Kies, G, kiesig, g               |
|  | Feinsand, fS, feinsandig, fs |  | Sand, S, sandig, s               |
|  | Tonstein, Tst                |  | Schluff, U, schluffig, u         |
|  | Ton, T, tonig, t             |   |                                  |






Korngrößenbereich f - fein  
m - mittel  
g - grob

Nebenanteile ' - schwach (<15%)  
- - stark (30-40%)

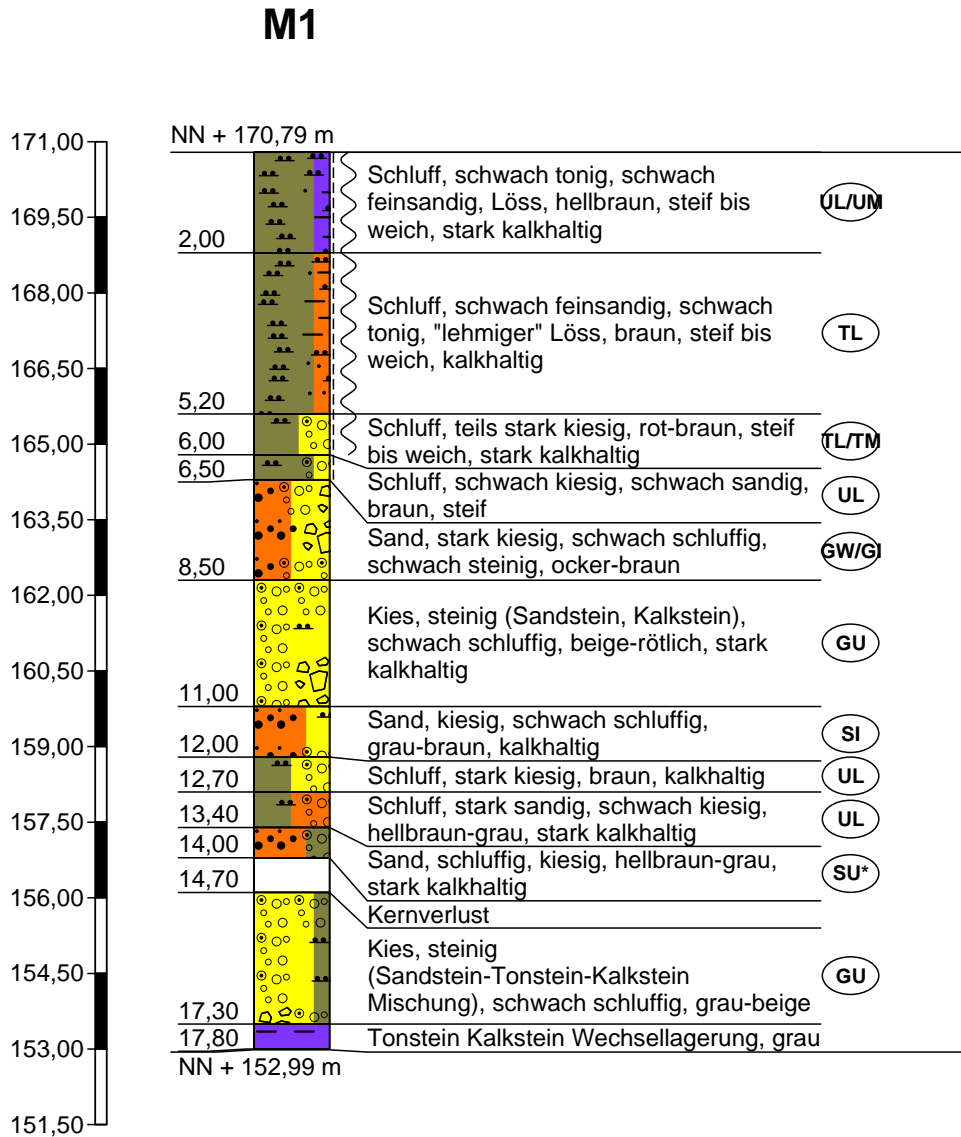
#### Bodengruppe nach DIN 18196

|  |  |
|--|--|
| <b>GE</b> enggestufte Kiese  | <b>GW</b> weitgestufte Kiese   |
| <b>GI</b> Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische                  | <b>SE</b> enggestufte Sande  |
| <b>SW</b> weitgestufte Sand-Kies-Gemische                              | <b>SI</b> Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische                        |
| <b>GU</b> Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm              | <b>GU*</b> Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm                  |
| <b>GT</b> Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm                  | <b>GT*</b> Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm                      |
| <b>SU</b> Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm              | <b>SU*</b> Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm                  |
| <b>ST</b> Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm                  | <b>ST*</b> Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm                      |
| <b>UL</b> leicht plastische Schluffe                                   | <b>UM</b> mittelplastische Schluffe  |
| <b>UA</b> ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff                        | <b>TL</b> leicht plastische Tone   |
| <b>TM</b> mittelplastische Tone  | <b>TA</b> ausgeprägt plastische Tone   |
| <b>OU</b> Schluffe mit organischen Beimengungen                        | <b>OT</b> Tone mit organischen Beimengungen                                  |
| <b>OH</b> grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art | <b>OK</b> grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen |
| <b>HN</b> nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)                      | <b>HZ</b> zersetzte Torfe  |
| <b>F</b> Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel)            | <b>[ ]</b> Auffüllung aus natürlichen Böden                                  |
| <b>A</b> Auffüllung aus Fremdstoffen                                   |  |

#### Konsistenz

 breiig       weich       steif       halbfest       fest

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen**

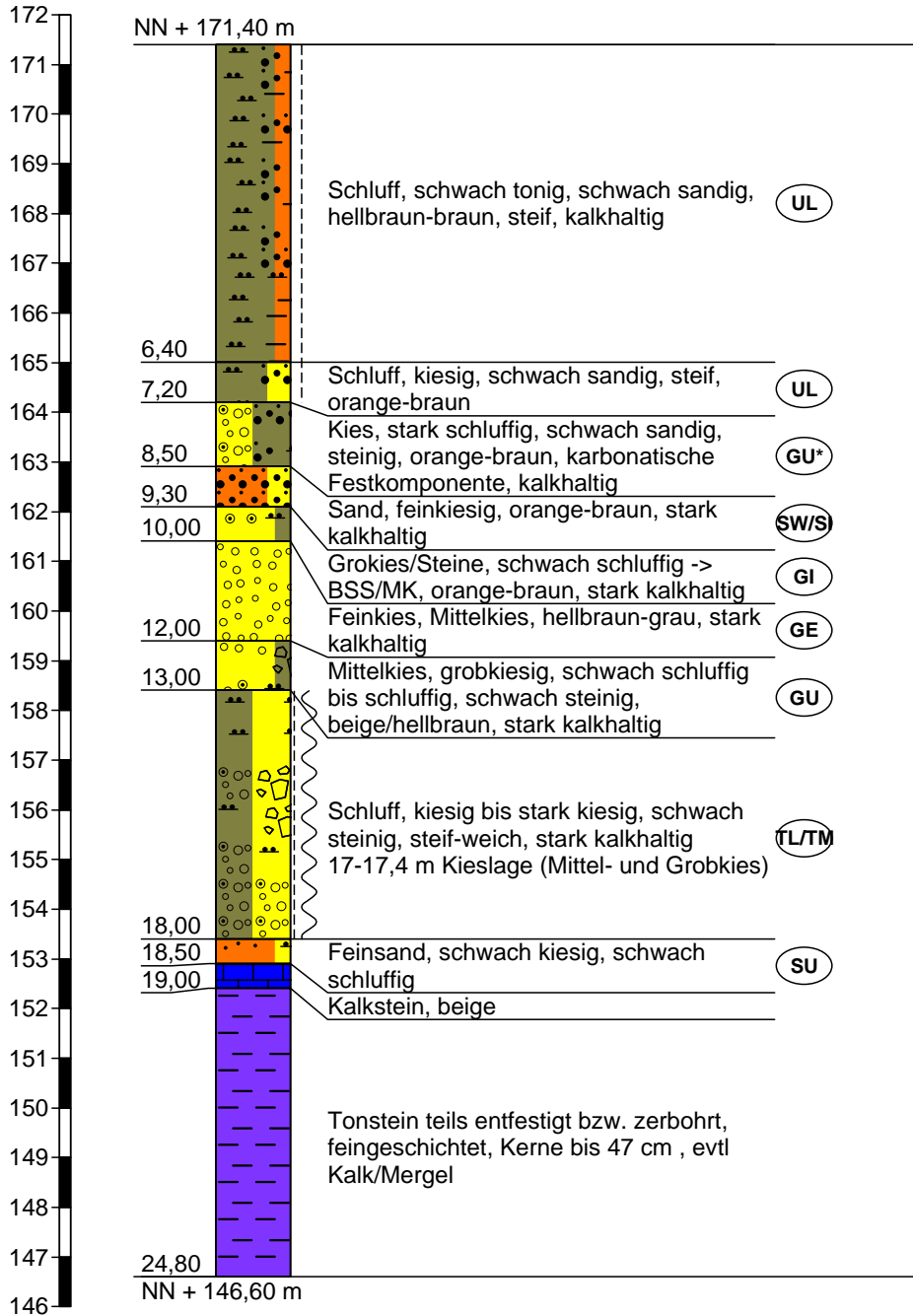


**Höhenmaßstab 1:150**



**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen**

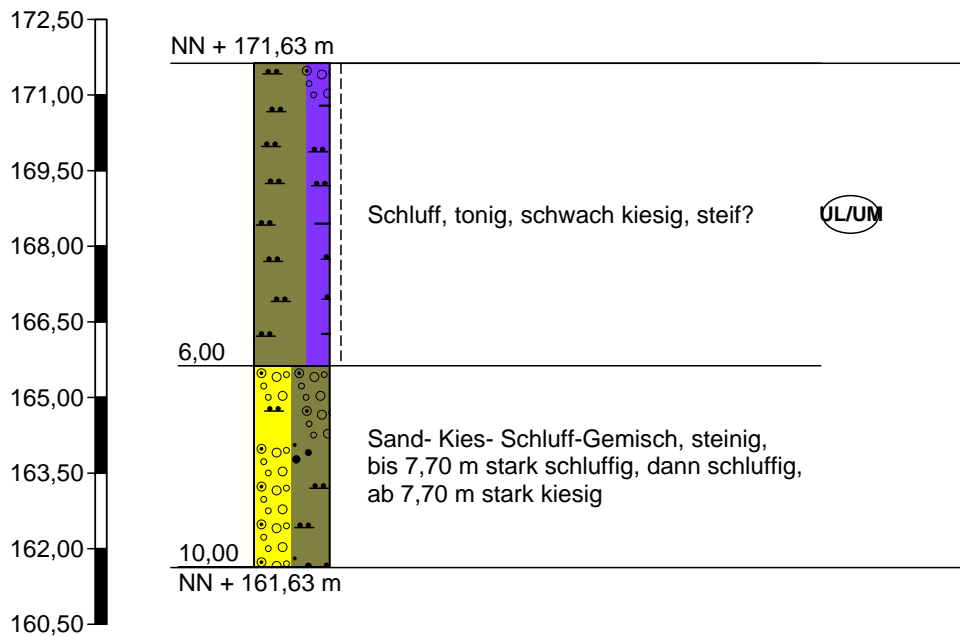
**M2**



**Höhenmaßstab 1:150**

### Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen

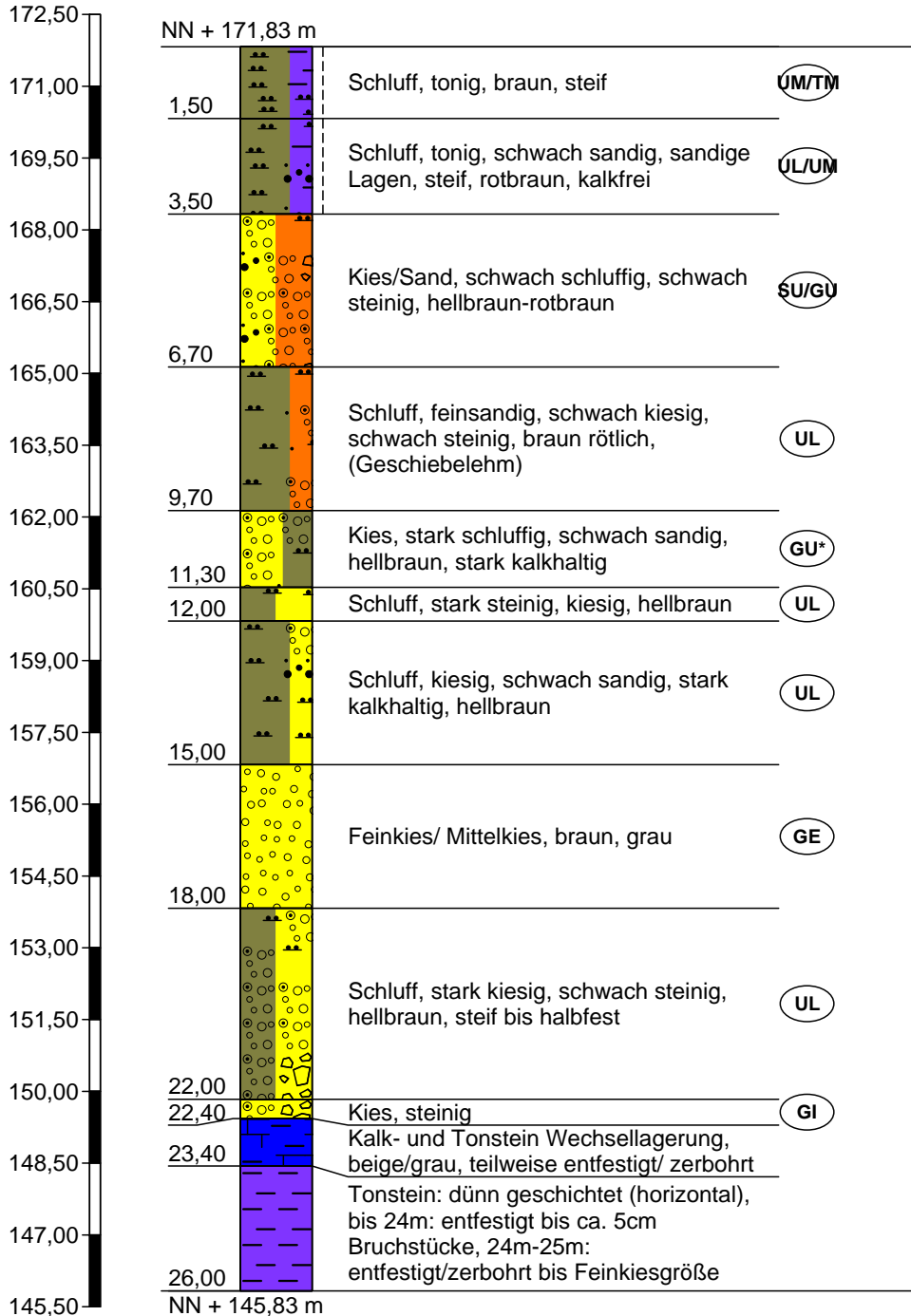
## M3



**Höhenmaßstab 1:150**

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen**

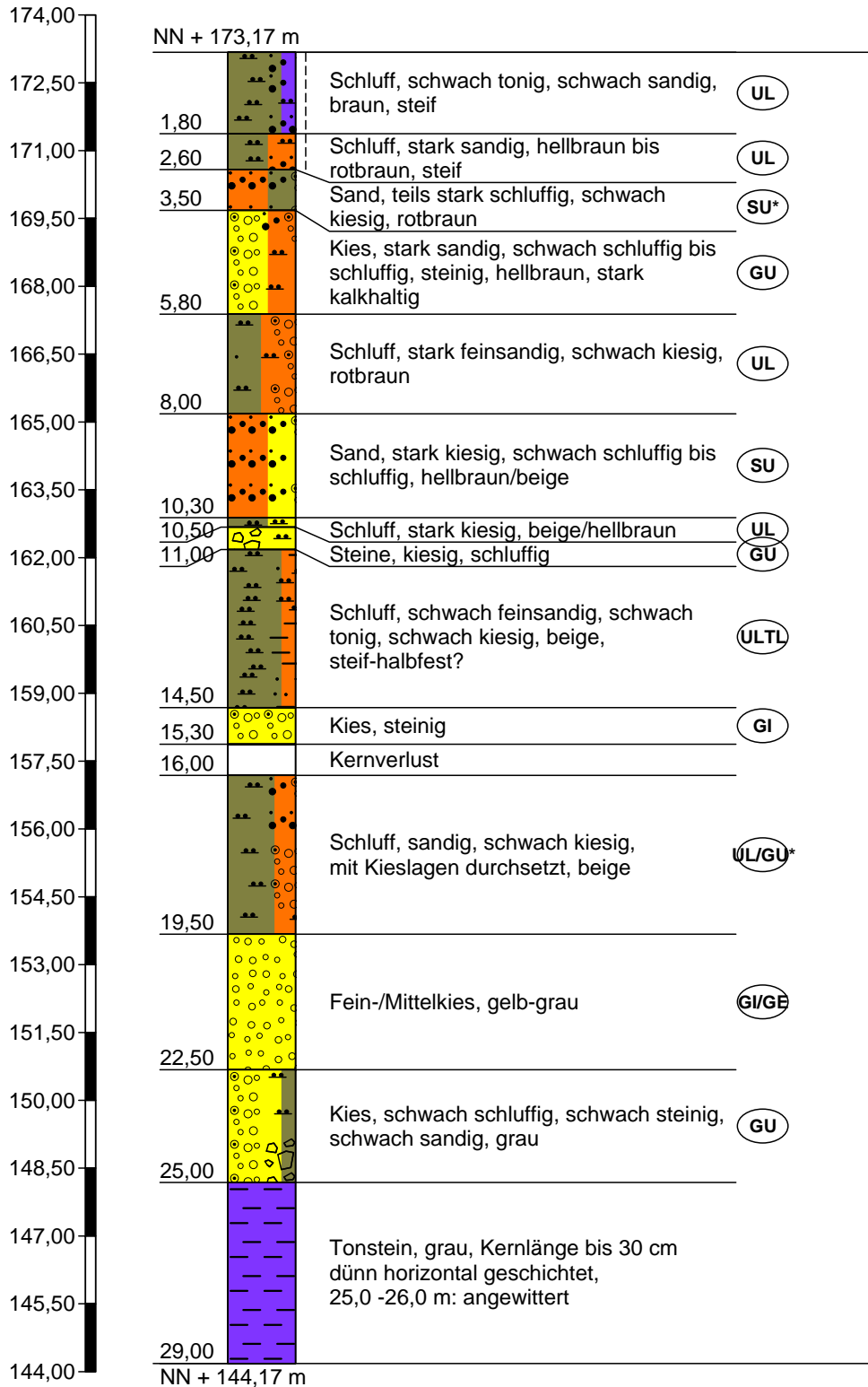
**M4**



**Höhenmaßstab 1:150**

**Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen**

**M5**



**Höhenmaßstab 1:150**



## **Anlage 5**

### **Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche**

- 5.1 Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1**
- 5.2 Wassergehalte nach DIN 18121**

# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

## Nordumfahrung Frankenbach-Neckargartach

Bearbeiter: Frau Merz

Datum: 20.04.2017

Projektnummer: 16S520

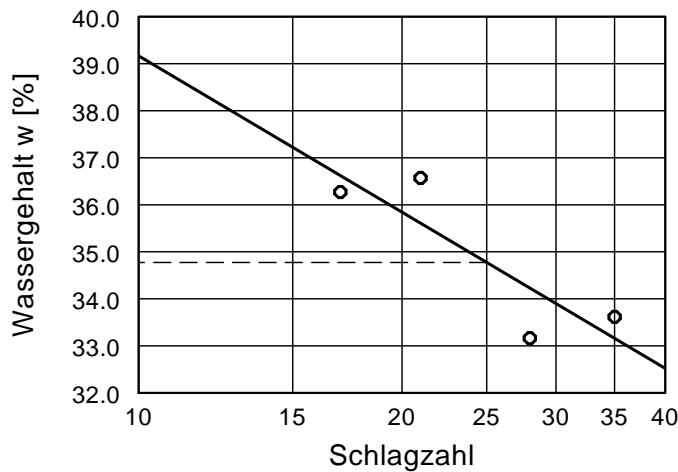
Entnahmestelle: M 1

Tiefe: 2,0 - 3,0 m

Art der Entnahme:

Arbeitsweise: gestört

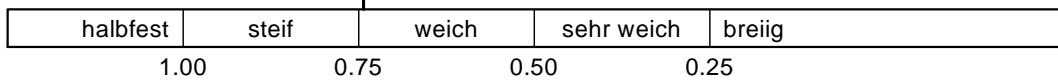
Probe entnommen am:



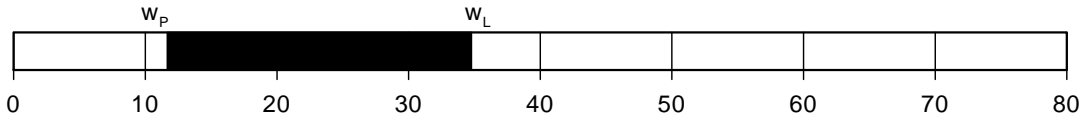
|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Wassergehalt w =         | 17.6 % |
| Fließgrenze $w_L$ =      | 34.8 % |
| Ausrollgrenze $w_p$ =    | 11.7 % |
| Plastizitätszahl $I_p$ = | 23.1 % |
| Konsistenzzahl $I_C$ =   | 0.74   |

Zustandsform

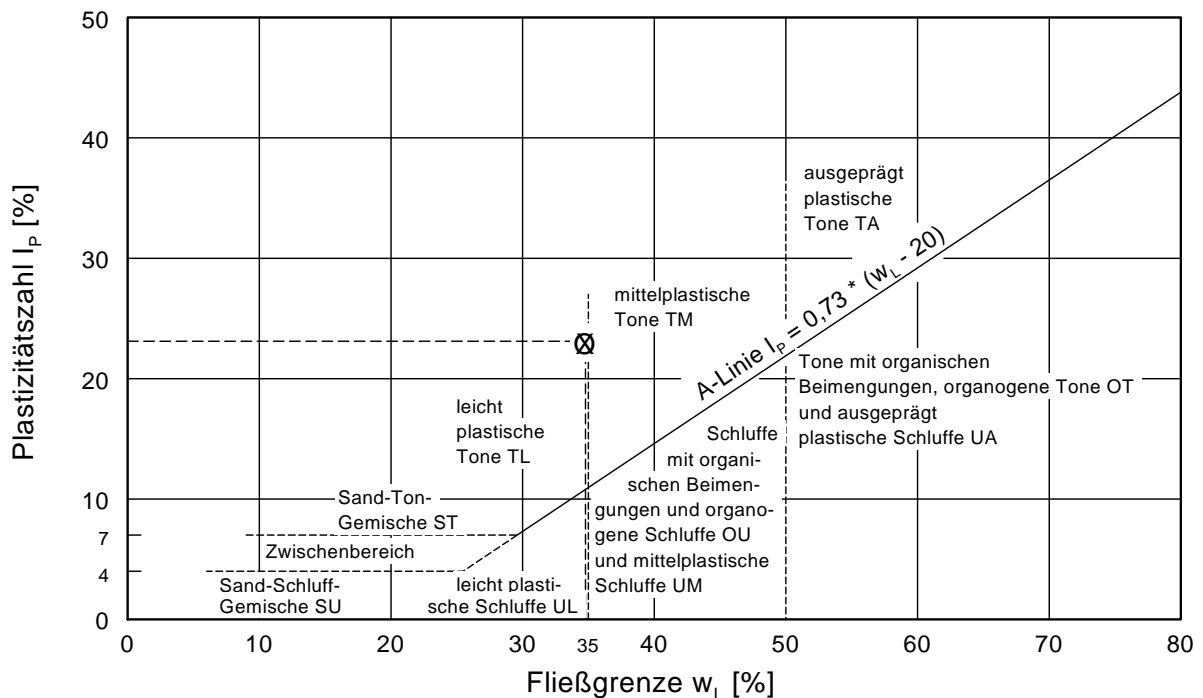
$I_C = 0.74$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_p$ ) [%]



### Plastizitätsdiagramm



# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

## Nordumfahrung Frankenbach-Neckargartach

Bearbeiter: Frau Merz

Datum: 20.04.2017

Projektnummer: 16S520

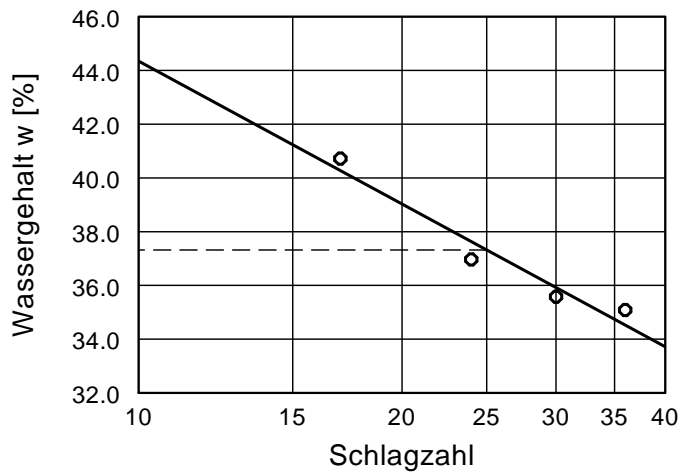
Entnahmestelle: M 1

Tiefe: 5,8 - 6,0 m

Art der Entnahme:

Arbeitsweise: gestört

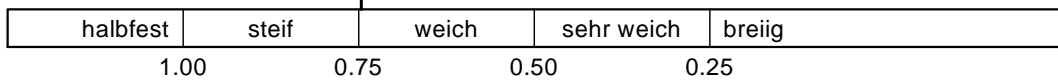
Probe entnommen am:



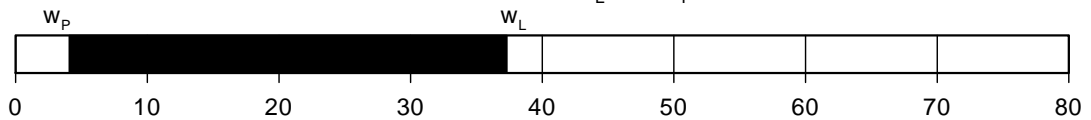
Wassergehalt  $w = 12.5 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 37.3 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_P = 4.1 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_P = 33.2$   
 Konsistenzzahl  $I_C = 0.75$

Zustandsform

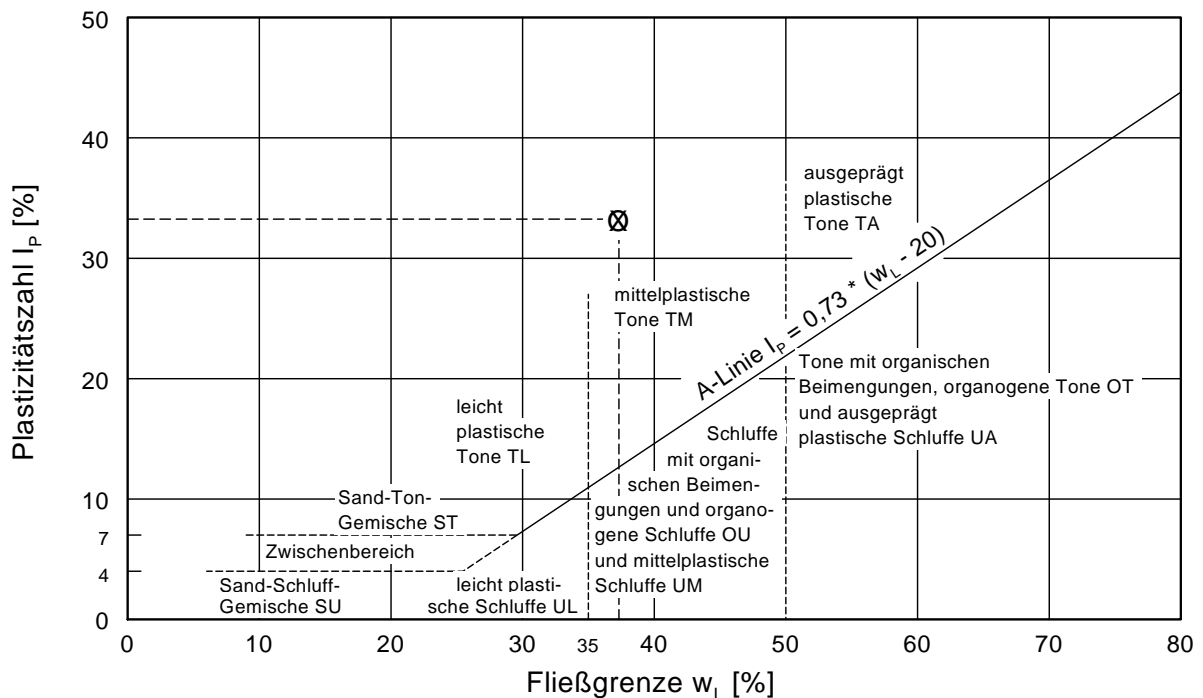
$I_C = 0.75$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_P$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm



# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

## Nordumfahrung Frankenbach-Neckargartach

Bearbeiter: Frau Merz

Datum: 20.04.2017

Projektnummer: 16S520

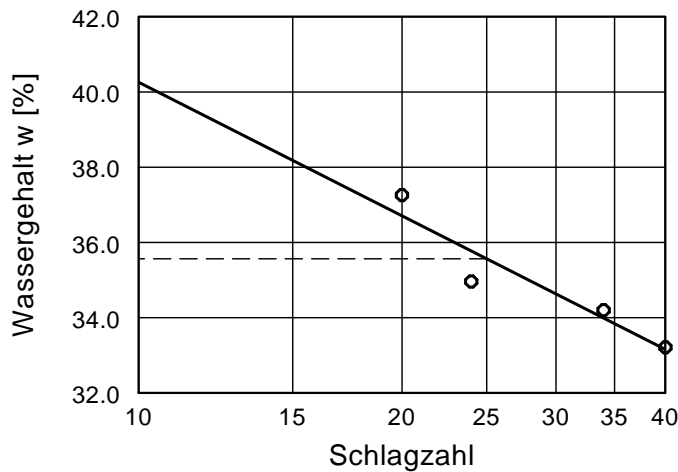
Entnahmestelle: M 2

Tiefe: 13,0 - 15,0 m

Art der Entnahme:

Arbeitsweise: gestört

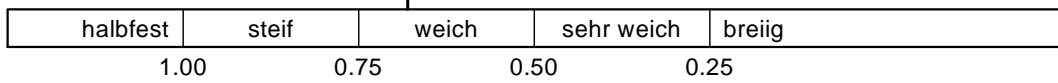
Probe entnommen am:



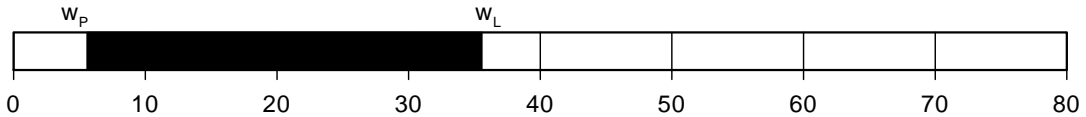
Wassergehalt  $w = 15.2 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 35.6 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_P = 5.6 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_P = 30.0$   
 Konsistenzzahl  $I_C = 0.68$

Zustandsform

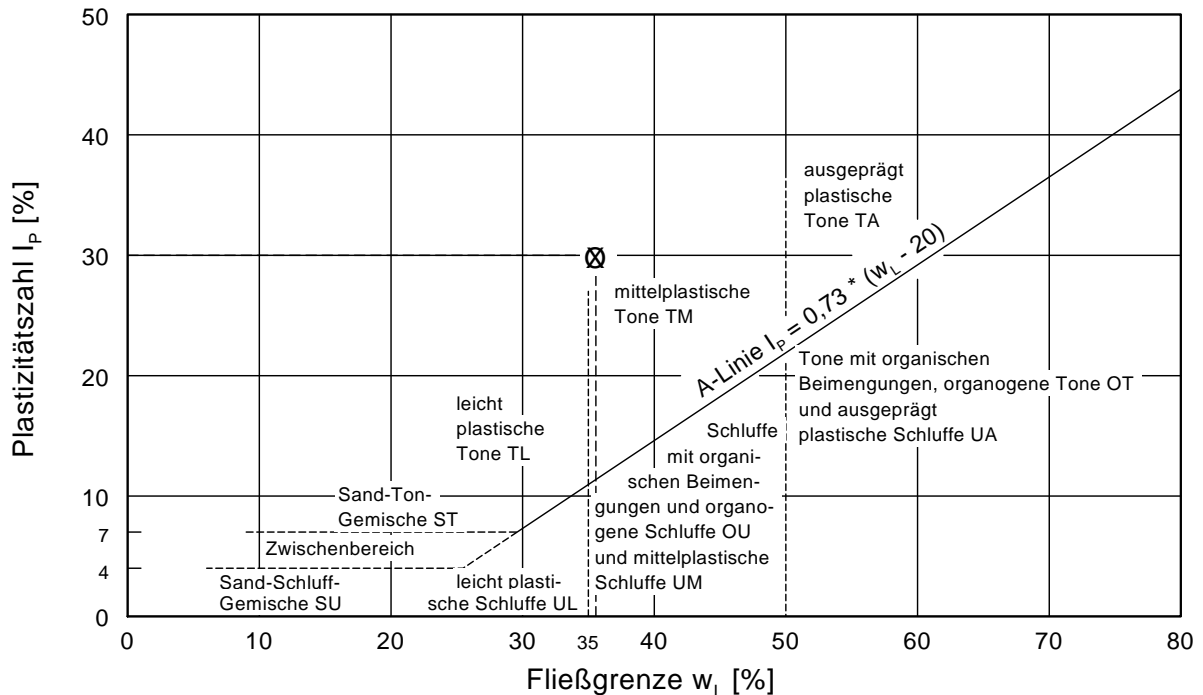
$I_C = 0.68$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_P$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm





WASSERGEHALT nach DIN 18121  
mittels Ofentrocknung

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Projekt:</b>      | Nordumfahrung Frankenbach-Neckargartach<br>M1 - M4 |
| <b>Auftraggeber:</b> | Stadt Heilbronn-Amt für Straßenwesen               |

| Probe-Nr.         | Bodengruppe<br>DIN 18196 | Wasser<br>m [g] | Trockengewicht<br>m <sub>d</sub> [g] | Wassergehalt<br>w [%] |
|-------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------------|
| M 1 0,00 - 2,00   |                          | 78,6            | 498,0                                | <b>15,8</b>           |
| M 1 2,00 - 4,00   |                          | 53,6            | 304,8                                | <b>17,6</b>           |
| M 1 4,00 - 6,00   |                          | 52,4            | 417,6                                | <b>12,5</b>           |
| M 1 6,00 - 7,50   |                          | 23,4            | 358,8                                | <b>6,5</b>            |
| M 2 0,00 - 2,00   |                          | 38,6            | 287,0                                | <b>13,4</b>           |
| M 2 2,00 - 4,00   |                          | 54,6            | 332,0                                | <b>16,4</b>           |
| M 2 4,00 - 6,00   |                          | 61,2            | 319,8                                | <b>19,1</b>           |
| M 2 6,00 - 8,00   |                          | 35,6            | 300,4                                | <b>11,9</b>           |
| M 2 13,00 - 15,00 |                          | 33,6            | 221,6                                | <b>15,2</b>           |
| M 3 5,70 - 5,80   |                          | 48,8            | 296,0                                | <b>16,5</b>           |
| M 3 5,80 - 6,70   |                          | 16,8            | 258,2                                | <b>6,5</b>            |
| M 4 0,00 - 1,50   |                          | 49,6            | 229,6                                | <b>21,6</b>           |
| M 4 1,50 - 3,50   |                          | 39,2            | 248,6                                | <b>15,8</b>           |
| M 4 3,50 - 3,90   |                          | 7,2             | 242,6                                | <b>3,0</b>            |
| M 4 11,00 - 12,20 |                          | 36,0            | 203,2                                | <b>17,7</b>           |
|                   |                          |                 |                                      |                       |
|                   |                          |                 |                                      |                       |

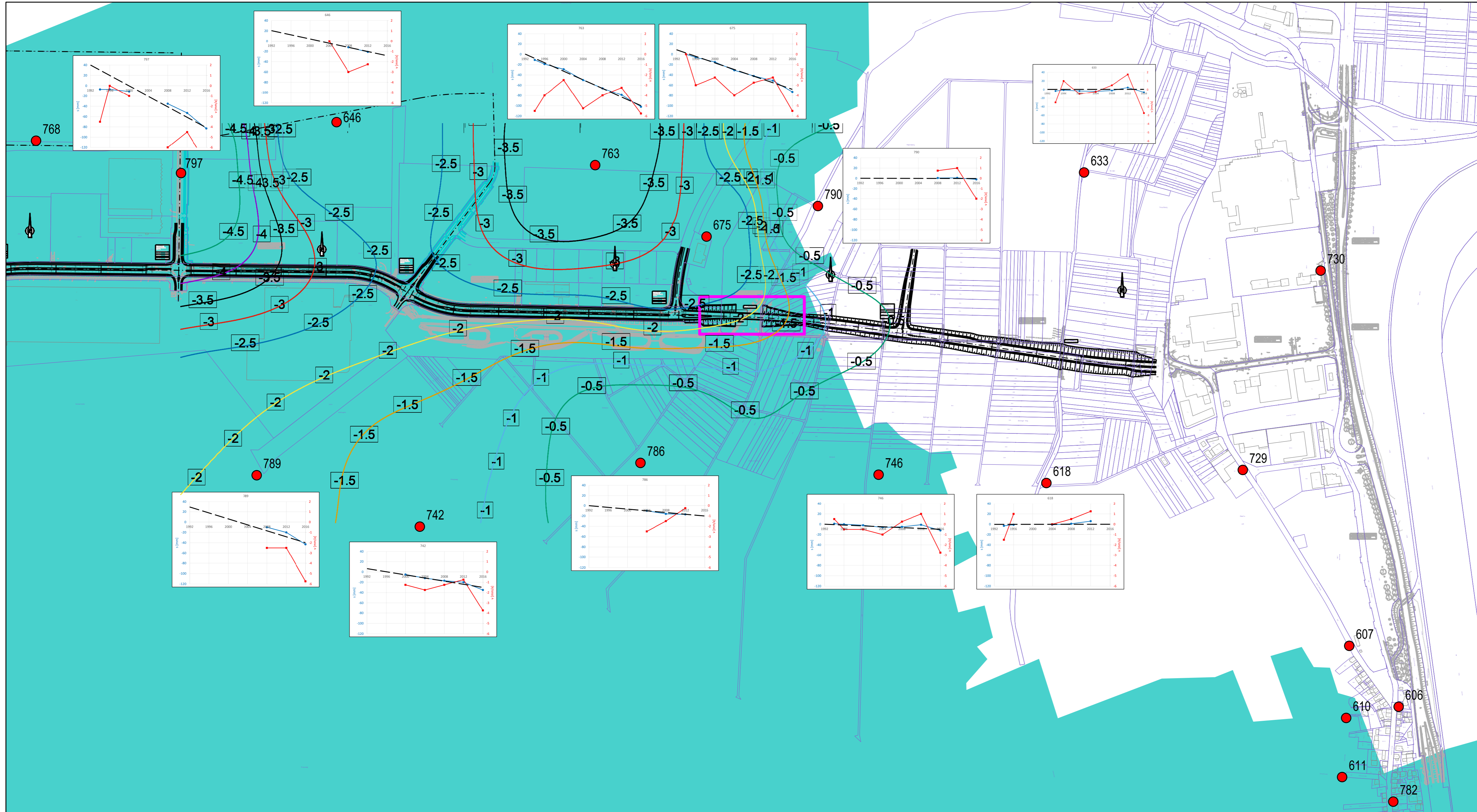
|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Projekt:</b>      | Nordumfahrung Frankenbach-Neckargartach<br>M5 |
| <b>Auftraggeber:</b> | Stadt Heilbronn-Amt für Straßenwesen          |

| Probe-Nr. |                                    | Bodengruppe<br>DIN 18196 | Wasser<br>m [g] | Trockengewicht<br>m <sub>d</sub> [g] | Wassergehalt<br>w [%] |
|-----------|------------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------------|
| M5        | 0,0 - 2,7 m u.<br>derzeitige GOK   |                          | 24,7            | 118,7                                | <b>20,8</b>           |
| M5        | 2,7 - 3,5 m u.<br>derzeitige GOK   |                          | 13,0            | 136,4                                | <b>9,5</b>            |
| M5        | 3,5 - 5,9 m u.<br>derzeitige GOK   |                          | 14,6            | 497,6                                | <b>2,9</b>            |
| M5        | 5,9 - 7,0 m u.<br>derzeitige GOK   |                          | 24,8            | 169,0                                | <b>14,6</b>           |
| M5        | 7,0 - 8,2 m u.<br>derzeitige GOK   |                          | 23,1            | 153,7                                | <b>15,0</b>           |
| M5        | 8,2 - 10,0 m u.<br>derzeitige GOK  |                          | 39,4            | 331,7                                | <b>11,9</b>           |
| M5        | 10,0 - 10,5 m u.<br>derzeitige GOK |                          | 38,2            | 160,1                                | <b>23,8</b>           |
| M5        | 10,5 - 16,8 m u.<br>derzeitige GOK |                          | 81,0            | 345,5                                | <b>23,4</b>           |
| M5        | 16,8 - 18 m u.<br>derzeitige GOK   |                          | 65,6            | 327,1                                | <b>20,1</b>           |
| M5        | 18 - 22,5 m u.<br>derzeitige GOK   |                          | 22,3            | 133,6                                | <b>16,7</b>           |



## **Anlage 6**

**Senkungsmessungen der Südwestdeutschen Salzwerte AG  
mit Darstellung mittlerer Setzungsgeschwindigkeiten und  
interpolierten Linien gleicher Setzungsgeschwindigkeiten (Isotachen)**



**LEGENDE**

- Lage BW 231 Talbrücke Wächtelesäcker
  - Messpunkt der Senkungsmessungen
  - Grubengebäude
- Setzungsgeschwindigkeit**
- 0.5 0,5 mm Setzungen pro Jahr
  - 1.0 1,0 mm Setzungen pro Jahr
  - 1.5 1,5 mm Setzungen pro Jahr
  - 2.0 2,0 mm Setzungen pro Jahr
  - 2.5 2,5 mm Setzungen pro Jahr
  - 3.0 3,0 mm Setzungen pro Jahr
  - 3.5 3,5 mm Setzungen pro Jahr
  - 4.0 4,0 mm Setzungen pro Jahr
  - 4.5 4,5 mm Setzungen pro Jahr

|  |                |                      |
|--|----------------|----------------------|
| <b>Projekt</b>   |                |                      |
| Nordumfahrung<br>Frankenbach/Neckgartach<br>BW 231 Talbrücke Wächtelesäcker<br>(km 3+130 - km 3+230)   |                |                      |
| Baugrunderkundung und Gründungsberatung - Teil 1   |                |                      |
| <b>Planinhalt</b>  | <b>Maßstab</b> | <b>Anlage-Nr.</b>    |
| Lageplan mit<br>Setzungsgeschwindigkeit  | 1:5.000        | 6                    |
| <b>Auftraggeber</b>  |                |                      |
| <br><b>Stadt Heilbronn</b><br>Amt für Straßenwesen   |                |                      |
| <b>INGENIEURBÜRO<br/>ROTH &amp; PARTNER</b>  |                | Karlsruhe, Juni 2018 |
| Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH<br>Hans-Sachs-Straße 9 · 76133 Karlsruhe<br>Telefon 0721 99453-0 · Telefax -99<br>info@ib-roth.com · www.ib-roth.com |                |                      |



## **Anlage 7**

**Schreiben des KMBD, RP Stuttgart, zur Kampfmittelsituation [9]**



# Baden-Württemberg

REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTT GART  
KAMPFMITTELBESEITIGUNGSDIENST

Kampfmittelbeseitigungsdienst · Pfaffenwaldring 1 · 70569 Stuttgart

Stadt Heilbronn  
Amt für Straßenwesen  
Cacilienstraße 49  
74072 Heilbronn

Datum 09.11.2016  
Name Bertram Götzelmann  
Durchwahl 0711 904-40016  
Aktenzeichen 16-1115.8/ HN-7275  
(Bitte bei Antwort angeben)  
Karte NO 6406 - 6410

z. Hd. Herrn Carten Schwotzer

## Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen / Luftbildauswertung Heilbronn - Neckgartach, geplante Verbindungsstraße zwischen L1100 - B39

**Ihr Schreiben vom**  
(Eingangsdatum:25.05.2016)

**Ihr Zeichen**

Sehr geehrte Damen und Herren,

für das o.g. Objekt wurde eine multitemporale Luftbildauswertung mit den umseitig aufgeführten Luftbildern durchgeführt.

Die Luftbildauswertung bzw. andere Unterlagen ergaben Anhaltspunkte, die es erforderlich machen, dass **weitere Maßnahmen** durchgeführt werden (s. Anlage).

Über eventuell festgestellte Blindgängerverdachtspunkte hinaus kann zumindest in den bombardierten Bereichen das Vorhandensein weiterer Bombenblindgänger nicht ausgeschlossen werden. In bombardierten Bereichen und Kampfmittelverdachtsflächen sind i.d.R. flächenhafte Vorortüberprüfungen zu empfehlen.

Untersucht wurde das in der Anlage umrandete Gebiet! Die Aussagen beziehen sich nur auf die Befliegungsdaten der verwendeten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen!

— **Eine absolute Kampfmittelfreiheit kann auch für eventuell freigegebene Bereiche nicht bescheinigt werden!**

Die Luftbildauswertung darf nur vom Auftraggeber genutzt werden. Sie kann gegebenenfalls an am Bauvorhaben beteiligte Unternehmen ausgehändigt, aber darüber hinaus nicht an Dritte weitergegeben werden. Jegliche Veröffentlichung der Luftbildauswertung ist untersagt.

Mit freundlichen Grüßen

  
Bertram Götzelmann

Anlagen: Liste der verwendeten Luftbilder, Kostensätze, Karte



**Anlage zu Az.: 16-1115.8/HN-7275**

**Ergebnis der Auswertung der vorliegenden Luftbilder:**

| <b>Auswertung</b>                            | <b>ja</b> | <b>nein</b> |
|--|-----------|-------------|
| Bombardierung mit Sprengbomben, Brandbomben  | X         |             |
| Artilleriebeschuss (luftsichtig)             | X         |             |
| Bebauung zerstört (luftsichtig)              | X         |             |
| Flakstellung, Grabensysteme, Stellungslöcher |           | X           |

**Weitere Maßnahmen sind erforderlich.**

**Bemerkungen:**

**Das Untersuchungsgebiet liegt teilweise in bombardierten Bereichen von Heilbronn. Auch konnten wir auf den vorliegenden Kriegsluftbildern Granateinschläge im Bereich des Neckars erkennen. Bombenblindgänger und Granatblindgänger können daher in den bombardierten Bereichen und den Kampfmittelverdachtsflächen nicht ausgeschlossen werden.**

Wir weisen darauf hin, dass sich aufgrund der VwV-Kampfmittelbeseitigungsdienst des Innenministeriums Baden-Württemberg vom 31.08.2013 (GABl. S. 342) die Aufgaben des Kampfmittelbeseitigungsdienstes Baden-Württemberg auf die Entschärfung, den Transport und die Vernichtung von Kampfmitteln sowie die Auswertung von Luftbildmaterial beschränken.

Die Beratung von Grundstückseigentümern sowie die Suche nach und die Bergung von Kampfmitteln kann vom Kampfmittelbeseitigungsdienst nur **gegen vollständige Kostenerstattung** (z. Zt. geltende Kostensätze s. Anlage) übernommen werden. Für diese Aufgaben können jedoch auch private Kampfmittelräumfirmen beauftragt werden.

Sollten Sie eine kostenpflichtige Betreuung durch den KMBD wünschen, bitten wir Sie, **unter Hinweis auf o.g. Aktenzeichen** einen Termin für eine Ortsbesichtigung mit uns (Tel.: 0711 904-40013, Herr Peterle) abzusprechen.

**Liste der verwendeten Luftbilder**

| Archiv-Nr. | Datum      | Bild-Nr.  |
|------------|------------|---|
| 15         | 28.09.1941 | 0700 - 0706, 0994 - 1001  |
| 72         | 24.02.1944 | 3003 - 3016, 3048, 3049, 4011 - 4018, 4043 - 4050, 8001 - 8003, 8005 - 8007 |
| 1020       | 24.04.1944 | 7058  |
| 97         | 27.04.1944 | 2098 - 2102, 2118, 2135, 2136, 3115 - 3119                                  |
| 100        | 09.05.1944 | 3351 - 3354, 4348 - 4352, 7056 - 7059                                       |
| 541        | 13.05.1944 | 4086 - 4092   |
| 111        | 27.05.1944 | 7018, 7036  |
| 122        | 31.05.1944 | 8076, 8077  |
| 123        | 31.05.1944 | 7060  |
| 124        | 31.05.1944 | 7067 - 7069   |
| 147        | 04.08.1944 | 3015 - 3018, 4015, 4016, 4024, 4025, 7008 - 7014, 8005 - 8007               |
| 172        | 03.09.1944 | 2063 - 2065, 4067 - 4070  |
| 563        | 05.09.1944 | 3213 - 3216, 4051 - 4055, 4210, 4211, 7018 - 7021, 7068 - 7071              |
| 194        | 10.09.1944 | 3035, 3036  |
| 1140       | 12.09.1944 | 1061, 1062, 1064 - 1066   |
| 583        | 29.09.1944 | 4092  |
| 595        | 08.10.1944 | 1043 - 1048   |
| 259        | 17.12.1944 | 3173 - 3175, 4173, 4174   |
| 1268       | 14.02.1945 | 8111  |
| 339        | 02.03.1945 | 3034, 3035, 4016 - 4018, 4041 - 4044, 8004 - 8009                           |
| 715        | 13.03.1945 | 4171 - 4175   |
| 1289       | 14.03.1945 | 4057  |
| 383        | 19.03.1945 | 3003, 3004, 8001, 8076  |
| 752        | 19.03.1945 | 3056 - 3058, 4056, 4057   |
| 754        | 19.03.1945 | 5001, 5002  |
| 411        | 24.03.1945 | 7007, 7008, 7027 - 7030, 8006 - 8008, 8020 - 8023                           |
| 841        | 09.04.1945 | 3170, 4171, 4172  |
| 467        | 21.04.1945 | 7009  |



## **Kostensätze KMBD**

### **1. Personalkosten:**

- Kampfmittelbeseitiger € 47,00 / Std.

### **2. Kfz-Kosten:**

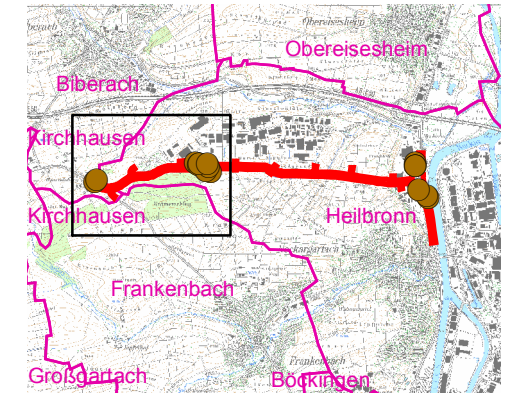
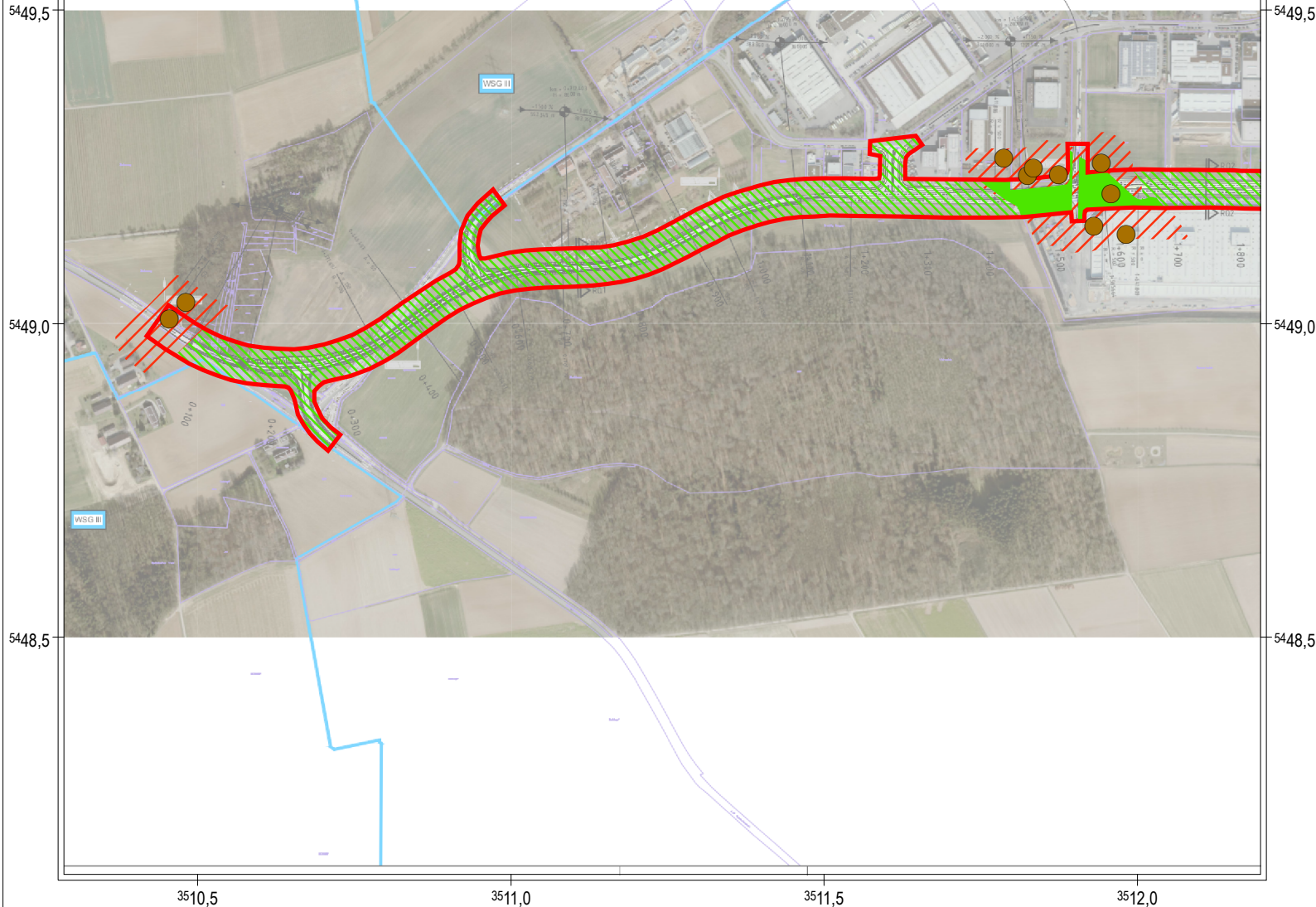
- Kfz bis 2.500 cm<sup>3</sup> € 0,45 / km
- Kfz ab 2.500 cm<sup>3</sup> € 0,60 / km
- Kfz mit mehr als 2,8 t zul. Gesamtgewicht € 0,90 / km
- Bagger € 25,60 / Std.
- Bauwagen € 5,00 / Tag
- Anhänger € 0,05 / km

### **3. Gerätekosten:**

- Werkzeug / Suchtrupp € 0,50 / Std.
- Sonden € 1,20 / Std.
- Minensuchgeräte € 0,30 / Std.
- EDV-gestütztes Suchsystem € 5,00 / Std.
- GPS € 3,00 / Std.
- Vermessungsgerät € 1,80 / Std.



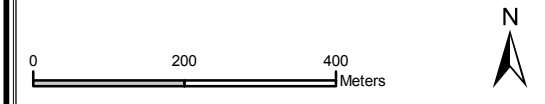
3510,5 3511,0 3511,5 3512,0



TK 1:100.000

### Legende

- Beantragt (ausgewerte Fläche)
- Abgesucht/ Geräumt
- Freigabe Luftbild
- bombardierter\_Bereich
- Bombentrichter
- Zerstörte Gebäude



### Anlage 1 zu HN-7275

Heilbronn - Neckargartach  
geplante Verbindungsstraße  
zwischen L1100 - B39

|                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| Maßstab 1:10.000  | Karte: NO 6406 - 6410    |
| Stand: 09.11.2016 | Bearbeiter: B.Götzelmann |

Die Aussagen beziehen sich nur auf das Untersuchungsgebiet (Beantragt) sowie die verwendeten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen!  
Diese Mitteilung kann nicht als Garantie der Kampfmittelfreiheit gewertet werden.



3512,5

3513,0

3513,5

5449,5

5449,5

5449,0

5449,0

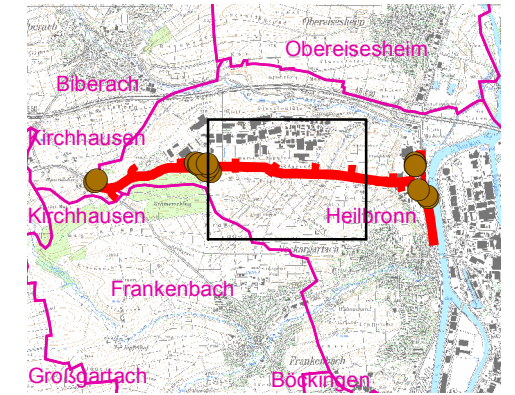
5448,5

5448,5

3512,5

3513,0

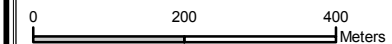
3513,5



TK 1:100.000

### Legende

-  Beantragt (ausgewerte Fläche)
-  Abgesucht/ Geräumt
-  Freigabe Luftbild
-  bombardierter\_Bereich
-  Bombentrichter
-  Zerstörte Gebäude



### Anlage 2 zu HN-7275

Heilbronn - Neckargartach  
geplante Verbindungsstraße  
zwischen L1100 - B39

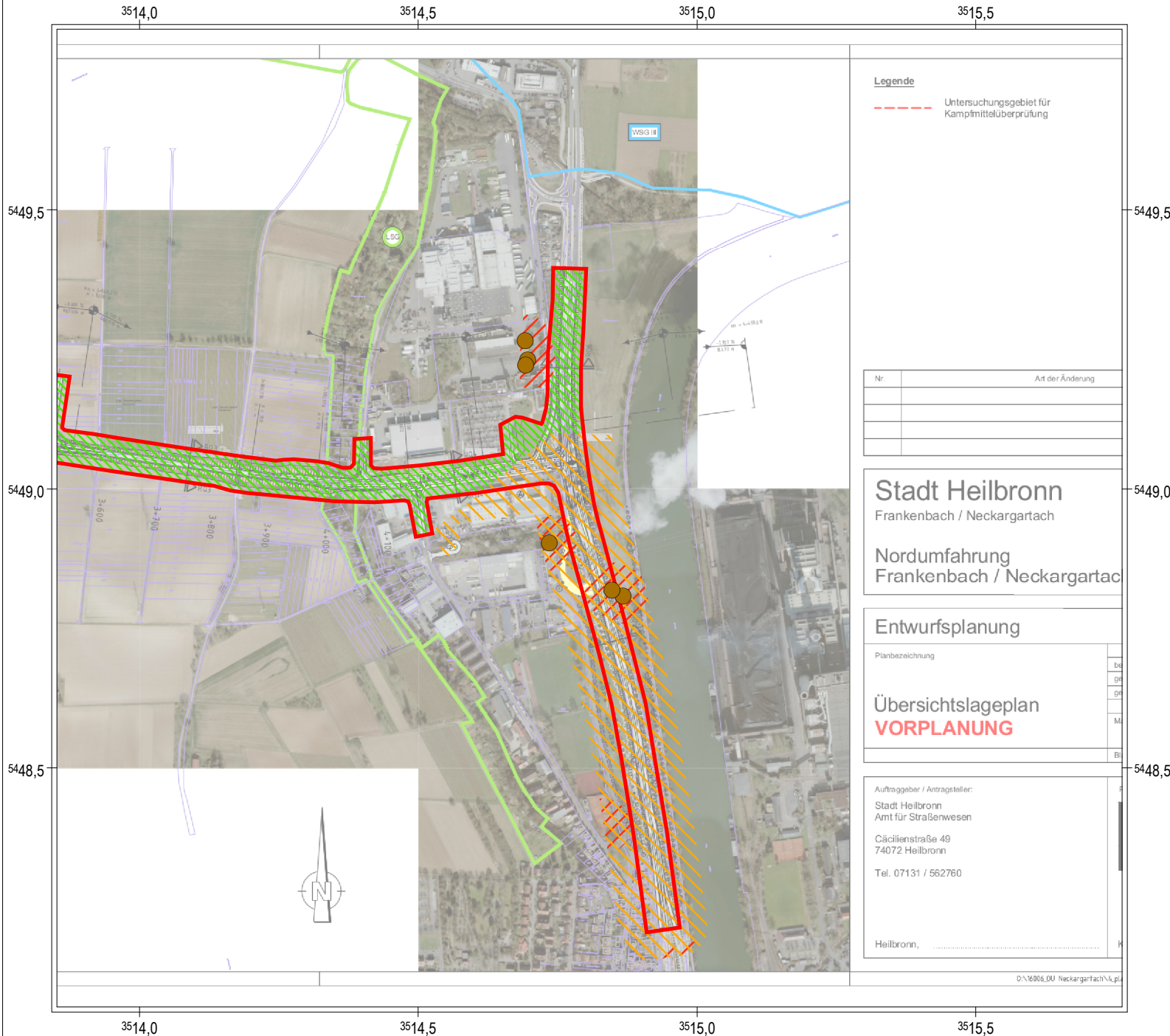
Maßstab 1:10.000

Karte: NO 6406 - 6410

Stand: 09.11.2016

Bearbeiter: B.Götzelmann

Die Aussagen beziehen sich nur auf das Untersuchungsgebiet (Beantragt) sowie die verwendeten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen!  
Diese Mitteilung kann nicht als Garantie der Kampfmittelfreiheit gewertet werden.



**Legende**  
 - - - - - Untersuchungsgebiet für Kampfmittelüberprüfung

| Nr. | Art der Änderung |
|-----|------------------|
|     |                  |
|     |                  |
|     |                  |
|     |                  |

**Stadt Heilbronn**  
 Frankenbach / Neckgartach  
 Nordumfahrung  
 Frankenbach / Neckgartach

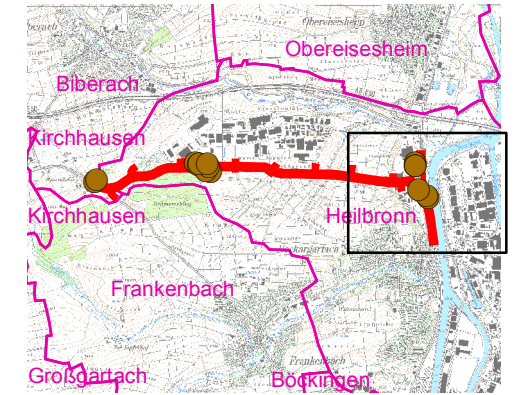
**Entwurfsplanung**

Planbezeichnung  
**Übersichtslageplan**  
**VORPLANUNG**

Auftraggeber / Antragsteller:  
 Stadt Heilbronn  
 Amt für Straßenwesen  
 Cäcilienstraße 49  
 74072 Heilbronn  
 Tel. 07131 / 562760

Heilbronn, .....

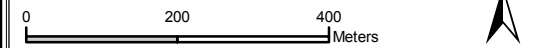
D:\16066\_00 Neckgartach\A\_4...



TK 1:100.000

**Legende**

- Beantragt (ausgewerte Fläche)
- Abgesucht/ Geräumt
- Freigabe Luftbild
- bombardierter\_Bereich
- Bombentrichter
- Zerstörte Gebäude
- Kampfmittelverdachtsflaechen (Bodenkämpfe)



**Anlage 3 zu HN-7275**

Heilbronn - Neckgartach  
 geplante Verbindungsstraße  
 zwischen L1100 - B39

|                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| Maßstab 1:10.000  | Karte: NO 6406 - 6410    |
| Stand: 09.11.2016 | Bearbeiter: B.Götzelmann |

Die Aussagen beziehen sich nur auf das Untersuchungsgebiet (Beantragt) sowie die verwendeten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen!  
 Diese Mitteilung kann nicht als Garantie der Kampfmittelfreiheit gewertet werden.