

Zustandserfassung Strassenoberbau

Schwäbisstrasse Steffisburg

Schichtenaufbau

Tragfähigkeit (Deflektionsmessungen, ME-Messungen)

Untersuchung Asphaltbelag (Schichtdicken, PAK)

Untersuchung Fundationsschicht

Dimensionierung

Auftragsnummer	17.00671
Berichtsdatum	25.08.2017
Sachbearbeiter	bk
Auftraggeber	Gemeinde Steffisburg Abteilung Tiefbau / Umwelt Höchhusweg 5 3612 Steffisburg

INHALTSVERZEICHNIS

1. Allgemeines	3
2. Ausgangslage und visuelle Beschreibung des Strassenzustands	5
3. Messstellen, Probenahme und Prüfprogramm	6
4. Deflektionsmessungen	7
5. Bohrkernuntersuchungen (bitumenhaltiger Oberbau)	8
5.1 Schichtenaufbau	8
5.2 PAK-Gehalte	8
5.2.1 Qualitativer Schnelltest	8
6. Sondagen (Belagsfenster und Baggerschlitz)	9
6.1 Tragfähigkeit Foundationsschicht (Plattendruckversuche)	9
6.2 Sondagenprofile und visuelle Beschreibung Oberbau und Untergrund	9
7. Materialuntersuchungen Foundationsschicht	10
7.1 Korngrößenverteilung und Wassergehalt	10
7.2 Konsistenzgrenzen / Plastizität	11
7.3 USCS-Klassifizierung	11
7.4 Frostbeständigkeit	12
7.4.1 Proctorversuch: Optimaler Wassergehalt w_{opt} und Trockendichte ρ_d	12
7.4.2 CBR-Versuche	13
8. Zusammenfassung und Beurteilung	14
8.1 Visuelle Beurteilung des Strassenzustands	14
8.2 Deflektionsmessungen	14
8.3 Bitumenhaltige Schichten	14
8.4 Gesamtschichtenaufbau Oberbau	15
8.5 Tragfähigkeit Foundationsschicht (M_E -Werte)	15
8.6 Korngrößenverteilung Foundationsschicht	16
8.7 Frostbeständigkeit Foundationsschicht	16
9. Dimensionierung	17
9.1 Annahmen / Randbedingungen	17
9.2 Erforderliche Schichtdicke Asphaltbeton	17
9.3 Tragfähigkeit	17
9.4 Frost	19
10. Fazit	20
11. Anhang	22

1. Allgemeines

Auftragseingang	02.06.2017	
Auftraggeber (Bauherr)	Gemeinde Steffisburg, Herr Mark van Egmond (Abteilung Tiefbau / Umwelt)	
Auftrag	Deflektionsmessungen	
	Benkelman	SN 670 362a
	Untersuchungen bitumenhaltiger Oberbau (Beläge)	
	Bohrkernentnahme Beläge	BSL-Methode
	Bestimmung der Schichtdicke und Schichtenaufbau	BSL-Methode SN 670 436
	PAK-Test qualitativ	PAK-Marker ¹⁾
	Sondagen (Belagsfenster / Baggerschlitz)	
	Plattendruckversuche M_E/E_V	SN 670 317b
	Aufnahme Bodenprofil und Klassifizierung nach Feldmethode	BSL-Methode ¹⁾ SN 670 004-1 ¹⁾
	Probenahme Mineralstoffe	SN 670 901-1
	Laboruntersuchungen Foundationsschicht	
	Anlieferungswassergehalt	SN 670 903-5
	Korngrössenverteilung	SN 670 902-1
	Konsistenzgrenzen Atterberg	SN 670 345
	Klassifizierung nach USCS	SN 670 004-2b-NA
	Proctorversuch	SN 670 330-2
	CBR _{1/2} -Versuche	SN 670 330-47
	CBR _F -Versuch	SN 670 321a
	Beurteilung	
	Deflektionsmessungen	SN 670 733b
	Tragfähigkeit Foundationsschicht	SN 640 585b
	Dimensionierung	SN 640 324:2011
	Walzasphalt	SN 640 430:2013
	Ungebundene Gemische	SN 670 119-NA:2011
	Frost (orientierend)	SN 670 140b
	Abfallverordnung	VVEA, Stand 01.01.2016
	Verwertung mineralische Baubabfälle	BAFU-Richtlinie 31/06
	Erfahrungen aus der Praxis	

¹⁾ nicht akkreditiertes Prüfverfahren (für den aktuellen Geltungsbereich der Akkreditierung siehe STS-Liste auf www.seco.ad-min.ch/sas).

<i>Objekt</i>	Schwäbisstrasse (ausgangs Kreisel Bernstrasse bis Kreisel Mittelstrasse)	
<i>Lage Mess- und Sondagestellen</i>	<p>Siehe Planskizze im Anhang.</p> <p>Die Lage der Messstellen für die Deflektionsmessungen und die Bohrkernentnahmestellen wurden am 02.06.2017 durch das Baustofflabor festgelegt.</p> <p>Die Sondagestellen für die Belagsfenster / Baggerschlitzte wurden erst nachträglich und basierend auf den Ergebnissen der Deflektionsmessungen definiert.</p>	
<i>Deflektionsmessungen</i>	20.06.2017 durch BSL Baustofflabor AG / NH	
<i>Bohrkernentnahme</i>	21.06.2017 durch BSL Baustofflabor AG / mzi	
<i>Sondagen</i>	<p>06.07.2017 durch BSL Baustofflabor AG / ef (Aufnahme Bodenprofile und Probenahme)</p> <p>Die Erstellung und Wiederinstandsetzung der Belagsfenster wurde durch die Frutiger AG Thun (Strassenbau) ausgeführt.</p>	
<i>Probeeingang</i>	21.06.2017 (Bohrkerne) und 06.07.2017 (Kiesgemische)	
<i>Probenbezeichnung</i>	<u>Bezeichnung:</u> Bohrkerne BK1 bis BK8 Kiesgemisch aus Sondage S1 Kiesgemisch aus Sondage S2	<u>Labor-ID:</u> A.17.0557 M.17.0552 M.17.0553
	Details zur Probenzuordnung und zum Untersuchungsprogramm, siehe Kapitel. 3	
<i>Bemerkung</i>	Die Untersuchungsergebnisse wurden vorgängig am 21.08.2017 gemeinsam mit dem Auftraggeber bzw. Bauherrn (HH. M. Deiss und M. van Egmond) besprochen. Anlässlich dieser Sitzung wurde auch die Verkehrslastklasse für die Dimensionierung (T4) vom Bauherr festgelegt.	

2. Ausgangslage und visuelle Beschreibung des Strassenzustands

Die Schwäbisstrasse wird zurzeit stark als Durchgangsstrasse genutzt (inkl. Schwer- und Busverkehr). Gem. Angaben des Auftraggebers und basierend auf aktuellen Verkehrszählungen (Frühling 2017) ist sie zurzeit in die Verkehrslastklasse T4 einzustufen.

Die Fahrbahnoberfläche weist teilweise erhebliche Belagsschäden auf (siehe Fotodokumentation im Anhang). Auffällig sind v.a. häufige, vorwiegend wild, teilweise jedoch auch längs gerichtete Risse. Hinzu kommen deutlich sichtbare Spurrinnen (insbesondere im Bereich der Bushaltestellen) sowie zahlreiche Belagsflicke.

Schäden in Form von wilden Rissen konzentrieren sich insbesondere auf den Abschnitt ab der Kreuzung Kirchfeldstrasse / Schlossstrasse bis zum Kreisel Mittelstrasse. Ab der Einmündung Schlehdornweg bis hin zum Kreisel Bernstrasse sind deutlich weniger Risse erkennbar. Die Deckschicht in diesem Abschnitt weist auch eine leicht andere Textur und Farbe auf, was darauf hindeutet, dass es sich bei diesem Teilstück zu einem anderen Zeitpunkt gebaut wurde als der Rest des untersuchten Objekts (wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Bau des Kreisels auf der Bernstrasse).

In den kommenden Jahren soll die Schwäbisstrasse saniert und in eine Tempo-30-Zone umgestaltet werden. Damit verbunden ist eine Umlagerung der Verkehrsflüsse (Verringerung Durchgangsverkehr) zu erwarten. Beim Busverkehr ist jedoch mit gleichbleibender bzw. mittel- bis langfristig sogar stärkerer Belastung zu rechnen (Takterhöhung, ggf. vermehrt Einsatz von Gelenkbussen).

Anhand der vorliegenden Untersuchung soll der Zustand des bestehenden Strassenoberbaus dokumentiert werden. Die Ergebnisse dienen dann mit als Dimensionierungsgrundlage für die vorgesehene Sanierung bzw. Umgestaltung.

3. Messstellen, Probenahme und Prüfprogramm

Die Lage der Mess-, Bohrkernentnahme- und Sondagestellen sind in der Planskizze im Anhang eingezeichnet.

Die Festlegung des Untersuchungsprogramms erfolgte gemeinsam mit dem Auftraggeber, unter Berücksichtigung der Situation vor Ort (Länge und visueller Zustand des Strassenabschnitts) und des vorgegebenen Budgetrahmens. Der Untersuchungsablauf kann im Wesentlichen in folgende 3 Teilbereiche gegliedert werden:

- I) Bestimmung der Gesamttragfähigkeit der Fahrbahnen mittels Deflektionsmessungen mit dem Benkelman-Balken:
 - **13 Messpunkte** Fahrbahn Mittelstrasse → Bernstrasse
 - **13 Messpunkte** Fahrbahn Bernstrasse → Mittelstrasse
- II) Bestimmung des Schichtenaufbaus und der Zusammensetzung des bitumenhaltigen Oberbaus (Asphaltbeläge) anhand von Bohrkernen:
 - 4 Bohrkern (BK1 bis BK4) Fahrbahn Mittelstrasse → Bernstrasse
 - 4 Bohrkern (BK5 bis BK8) Fahrbahn Bernstrasse → Mittelstrasse

Die Beläge wurden im Labor lediglich auf allfällige teerhaltige Bindemittel (PAK-Gehalte) untersucht. Weiterführende Analyse zur Materialqualität wurden auftragsgemäss keine durchgeführt.

- III) Erstellung von 2 Sondagen (Belagsfenster mit Baggerschlitz) zwecks Aufnahme des Schichtenaufbaus (Oberbau und Untergrund) und Probenahme Foundationsschicht. Die Sondagestellen wurden basierend auf den Ergebnissen der Deflektionsmessungen festgelegt. Die schlussendliche Standortauswahl war jedoch aufgrund vom Verlauf zahlreicher Werksleitungen stark eingeschränkt:
 - **S1** – Fahrbahn Bernstrasse → Mittelstrasse, vor Haus-Nr. 18 (Pizzakurier "Pronto Prima")
 - **S2** – Fahrbahn Mittelstrasse → Bernstrasse, vor Haus-Nr. 1 (Centralgarage)

Vor der Erstellung des Baggerschlitzes wurde im Belagsfenster auf der OK Planie mittels Plattendruckversuch M_E die Tragfähigkeit bestimmt.

Die Kiesproben aus der Foundationsschicht wurden anschliessend im Labor untersucht (Korngrössenverteilung, USCS-Klassifizierung, Frostsicherheit).

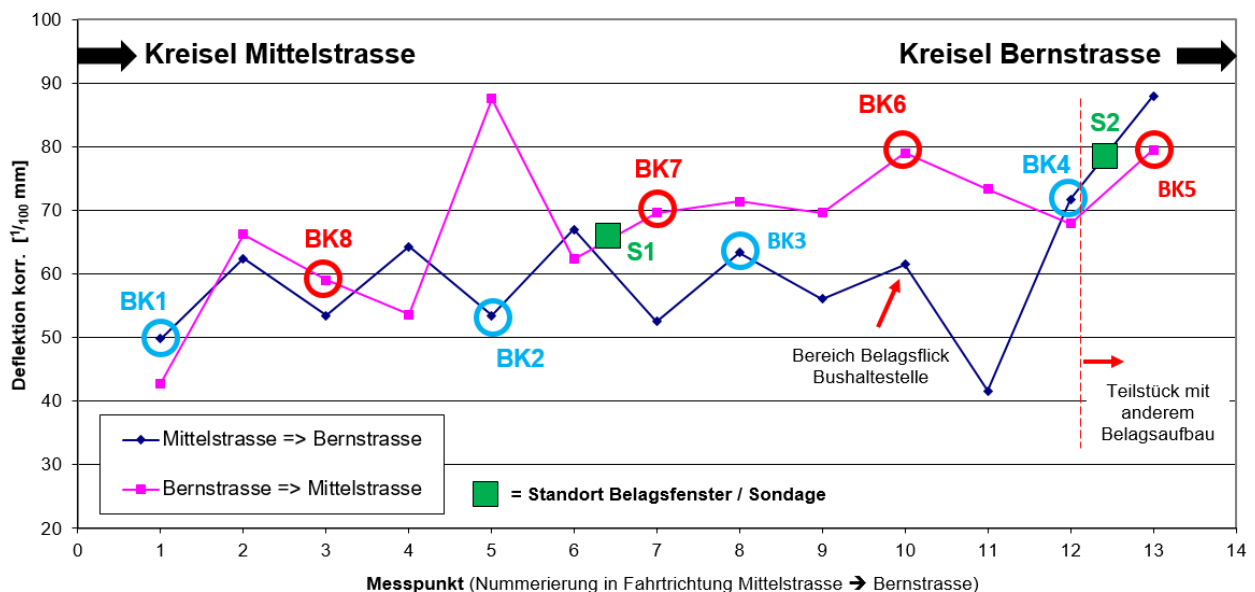
Der Unterbau (sofern angetroffen) wurde lediglich visuell beurteilt (keine Laboruntersuchungen).

4. Deflektionsmessungen

Auftragsgemäss waren auf dem ganzen Strassenabschnitt insgesamt 26 Deflektionsmessungen mit dem Benkelmanverfahren durchzuführen (je 13 Messpunkte pro Fahrspur; Punktabstände ca. 24 m¹). Die Messungen erfolgten immer in der rechten Reifenspur.

Die massgebenden Messresultate (korrigiert und statistisch ausgewertet) sind im Anhang aufgeführt (Attest). In untenstehender Abbildung 1 sind die Ganglinien der rückfedernden Deflektion (unkorrigiert) der beiden Fahrbahnen eingezeichnet. Zur Orientierung sind ebenfalls die Bohrkernentnahmestellen sowie die Lage der beiden Belagsfenster eingezeichnet.

Abb. 1: Ganglinie der rückfedernden Deflektion



Die massgebenden Deflektionswerte sind in nachstehender Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Massgebende Deflektion

Auswertung Messpunkte [--]	Abschnitts- länge ¹⁾ [m ¹]	Messungen total [--]	Mittelwert [1/100 mm]	Standard- abweichung [1/100 mm]	Massgebende Deflektion d _v [1/100 mm]
Nr. 1 – 13 (Mittelstrasse → Bernstrasse)	ca. 314	13	60	11.5	109
Nr. 14 – 26 (Bernstrasse → Mittelstrasse)	ca. 314	13	68	11.7	119
Gesamter Messabschnitt	--	26	64	12.0	115

¹⁾ Messpunkte alle ca. 24 m¹

Obwohl bei einzelnen Messpunkten die rückfedernde Deflektion rund doppelt so hoch ausfiel wie gegenüber den "steifsten" Stellen (siehe Abb. 1), sind anhand der statistischen Bewertung gemäss SN 640 733b übers gesamte Objekt gesehen keine unterschiedlichen Tragfähigkeitsbereiche auszumachen. Entsprechend konnten die Messpunkte der beiden Fahrspuren zusammengefasst und die Schwäbisstrasse in sich als "homogen" beurteilt werden.

5. Bohrkernuntersuchungen (bitumenhaltiger Oberbau)

5.1 Schichtenaufbau

Der Schichtenaufbau des bestehenden bitumenhaltigen Oberbaus wurde an Belagsbohrkernen bestimmt und ist in untenstehender Abbildung 2 grafisch dargestellt.

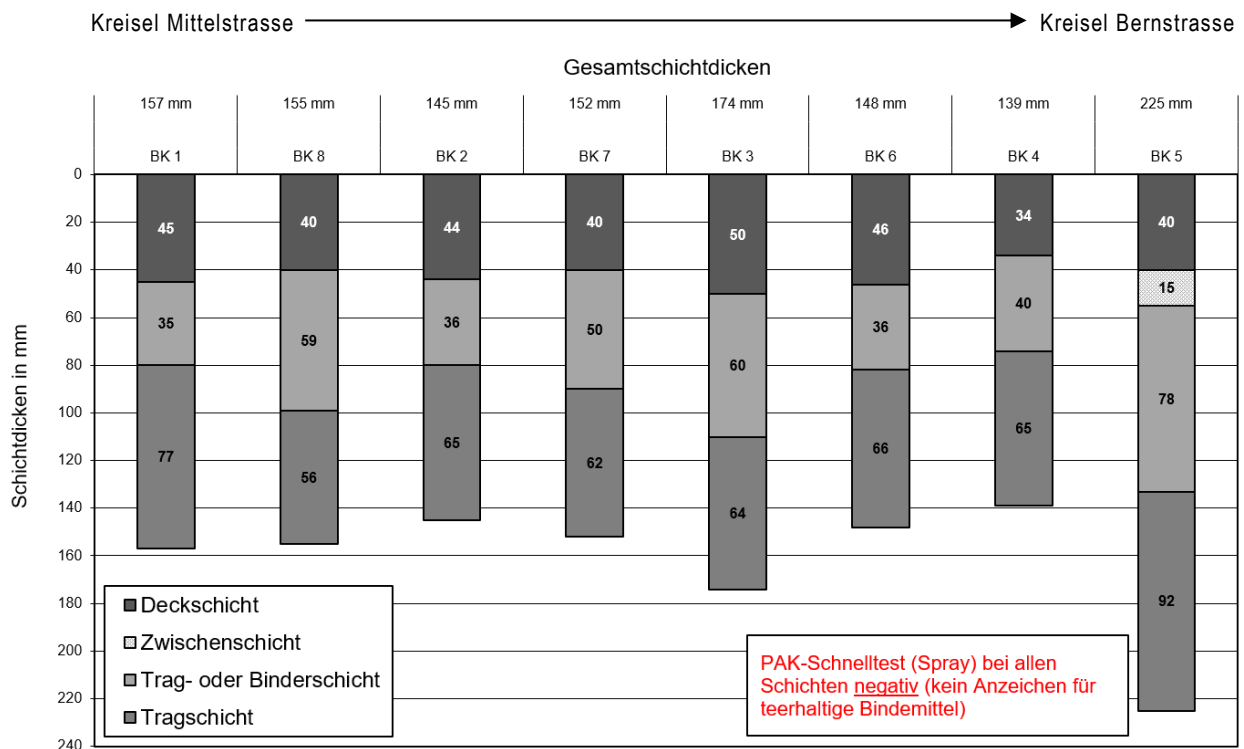


Abb. 2: Schichtenaufbau bitumenhaltiger Oberbau inkl. Ergebnisse der PAK-Analyse
 BK1 bis BK4 = Fahrbahn Mittelstrasse → Bernstrasse
 BK5 bis BK8 = Fahrbahn Bernstrasse → Mittelstrasse.

5.2 PAK-Gehalte

5.2.1 Qualitativer Schnelltest

Die qualitative Beurteilung wurde mittels PAK-Marker (Spray) durchgeführt. Die Aussagekraft dieses Tests beschränkt sich im Wesentlichen darauf, ob die betreffende Schicht teer- resp. PAK-haltig ist oder nicht. In Bezug auf einen absoluten Wert sind keine Aussagen möglich.

Der PAK-Test verlief bei allen untersuchten Ausbaustücken **negativ** (kein Anzeichen für "erhöhte" PAK-Gehalte). Auf eine quantitative Analyse des effektiven PAK-Gehalts wurde demzufolge verzichtet.

6. Sondagen (Belagsfenster und Baggerschlitz)

6.1 Tragfähigkeit Foundationsschicht (Plattendruckversuche)

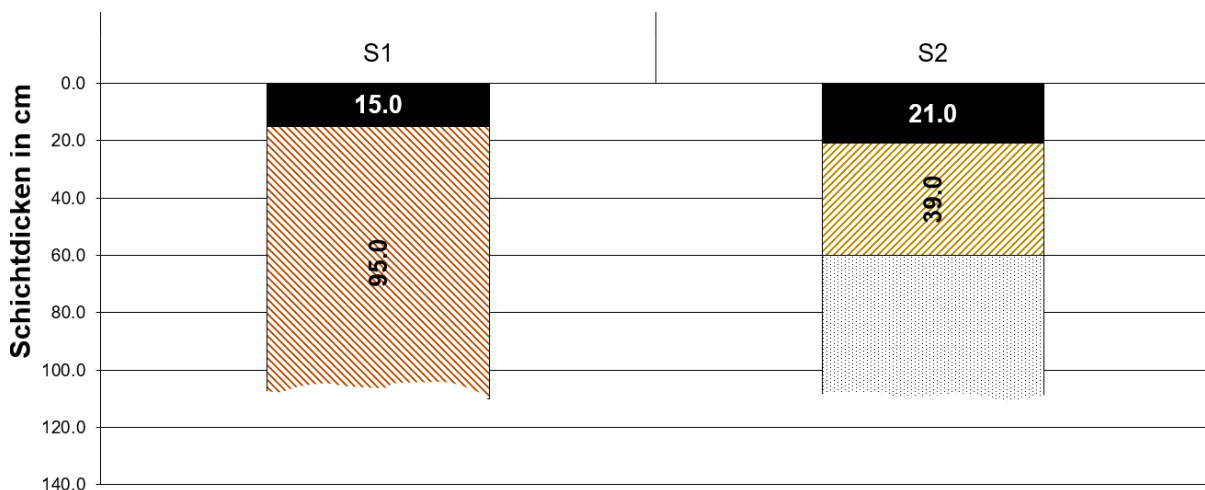
Die Tragfähigkeit der Foundationsschicht wurde mittels Plattendruckversuchen M_E gem. SN 670 317b bestimmt. Die Messungen wurden in den Sondagen (Belagsfenstern) direkt auf der Planie ausgeführt. Die Ergebnisse sind untenstehend zusammengefasst. Die vollständigen Prüfprotokolle sind im Anhang aufgeführt.

Tabelle 2: Resultate Plattendruckversuch M_E

Sondage	M_{E1} [MN/m ²]	M_{E2} [MN/m ²]	M_{E2} / M_{E1} [-]
S1 (bei Haus Nr. 18) Bernstrasse → Mittelstrasse	31	206	6.7
S2 (bei Haus Nr. 1) Mittelstrasse → Bernstrasse	50	141	2.8

6.2 Sondagenprofile und visuelle Beschreibung Oberbau und Untergrund

Die im ungebundenen Oberbau und im Untergrund vorhandenen Materialarten sind in untenstehender Abbildung 3 zusammengefasst (siehe auch Fotodokumentation im Anhang).



Legende:

	Bitumenhaltiger Oberbau		Fundamentsschicht (Rundkies, stark siltig)
	Untergrund (Rundkies, siltig-tonig)		Fundamentsschicht (Rundkies, sandig, schwach siltig)

Abbildung 3: Gesamtaufbau Strassenoberbau und Untergrund

7. Materialuntersuchungen Foundationsschicht

7.1 Korngrössenverteilung und Wassergehalt

Pro Sondagestelle wurde eine Probe aus der Foundationsschicht entnommen und im Labor untersucht. Die Wassergehalte und die Korngrössenverteilung sind in den Prüfattesten im Anhang (Proben M.17.0552 und M.17.0553) aufgeführt. Die Ergebnisse mit der Einteilung in die entsprechenden Bodenbestandteile sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Die Beurteilung erfolgte gem. Anforderungen an ungebundene Gemische im Ingenieur- und Strassenbau nach SN 670 119-NA:2011.

Proben aus dem Untergrund wurden auftragsgemäss nicht untersucht.

Tabelle 3: Korngrössenverteilung der Proben aus der Foundationsschicht (inkl. Einteilung Bodenbestandteile und Beurteilung gemäss geltender Norm)

Foundations- schicht		Korngrösse [mm]												D _{max} [mm]
		0.002	0.02	0.063	0.5	1.0	2.0	5.6	11.2	22.4	45	63	90	
		Kumulierter Massenanteil (Siebdurchgang) [Masse-%]												
Labor-Nr.	Sondage	n.b.	n.b.	7.0	21.2	26.5	31.9	43.4	55.8	71.1	86.7	91.8	95.7	111
M.17.0552	(S1)	n.b.	n.b.	13.9	26.9	30.2	33.7	40.4	49.1	63.2	85.1	96.5	100	80
M.17.0553	(S2)													
Bodenbestandteile:														
M.17.0552	(S1)													
Ton + Silt		7.0												
Sand					24.9									
Kies								59.9						
Steine													8.2	
M.17.0553	(S2)													
Ton + Silt		13.9												
Sand					19.8									
Kies								62.8						
Steine													3.5	
Zulässiger Bereich für Fundamentalschichten im Ingenieur- und Strassenbau (gem. SN 670 119-NA)														
Kategorie 0/45	Max.			12	25	35	45	60	75	90	99 (100)	--	--	90
	Min.			0	5	8	13	20	30	50	75	--	100	--

n.b. = nicht bestimmt

XX Wert ausserhalb Grenzbereich für ein ungebundenes Gemisch 0/45 gem. SN 670 119-NA:2011, Tab. 4

Die Feinanteile (Siebdurchgang bei 0.063 mm) der beiden untersuchten Proben betragen 7.0 bzw. 13.9 Masse-%. Der zulässige Maximalwert beträgt für ungebundene Gemische 12 Masse-%. Bei der Probe aus Sondage S1 wird diese Anforderung erfüllt. Das Material aus Sondage S2 weist jedoch für ein ungebundenes Gemisch einen zu hohen Feinanteil auf.

Das Grösstkorn der untersuchten Proben beträgt 111 und 80 mm.
 Der nominelle Korndurchmesser D eines ungebundenen Gemischs nach SN 670 119-NA ist definitionsgemäss derjenige, wo der Siebdurchgang 75 – 99 Masse-% (resp. 100 Masse-%) beträgt und das Überkorn nicht grösser als $2 D$ ist. Dabei ist zu beachten, dass das Gemisch $0/D$ den Kategorien $0/16$ mm, $0/22$ mm oder $0/45$ mm zu entsprechen hat.

Die Siebkurve verläuft bei Probe M.17.0552 (Sondage S1) im Wesentlichen innerhalb des Grenzbereichs für ein ungebundenes Gemisch der Kategorie $0/45$ (SN 670 119-NA, Tabelle 3 resp. 4). Einzig der Siebdurchgang bei 90 mm ($2 D$) liegt mit 95.7 Masse-% unter dem Anforderungswert von 100 Masse-%. Der Überkornanteil (4.3 Masse-%) kann jedoch als gering eingestuft werden.

Die Siebkurve der Probe M.17.0553 (Sondage S2) verläuft bis zum Siebdurchgang von 0.5 mm ausserhalb des Grenzbereichs für ein ungebundenes Gemisch $0/45$. Im Mittelsand- bis Kiesbereich (> 0.5 mm) werden die Grenzwerte eingehalten.

7.2 Konsistenzgrenzen / Plastizität

Für die USCS-Klassifizierung und die orientierende Beurteilung der Frostempfindlichkeit wurde bei der Probe aus Sondage S2 (feinkörniges Kiesgemisch) die Konsistenzgrenzen bzw. die Plastizität des Feinanteils ermittelt (Fliessgrenze w_L und Ausrollgrenze w_P nach Atterberg gem. SN 670 345b).

Die Probe aus Sondage S1 wurde nicht geprüft, da hier die Frostbeständigkeit mittels anderer Versuche verifiziert wurde (siehe Details in Kap. 7.4).

Die Ergebnisse sind untenstehend tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 4: Konsistenzgrenzen Feinanteil nach Atterberg

Sondage	S2
Probe	M.17.0553
Fliessgrenze w_L [M.-%]	23.5
Ausrollgrenze w_P [M.-%]	18.6
Plastizitätsindex I_P	4.9

Der Feinanteil ist somit als "wenig plastisch" einzustufen (SN 670 004-2b-NA, Tabelle 5).

7.3 USCS-Klassifizierung

Die Klassifizierung nach USCS erfolgte gem. SN 670 004-2b-NA "Geotechnische Erkundung und Untersuchung; Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen von Bodenklassifizierung" basierend auf der Korngrössenverteilung, dem Verlauf der Körnungslinie (Siebkurve) und der Plastizität des Feinanteils (nur Probe aus S2).

Fundationsschicht:

- **S1:** Gut abgestufter Kies mit Ton oder Silt und Sand (**GW-GM oder GC-GM**)
- **S2:** Siltiger bis toniger Kies mit Sand (**GC-GM**)

7.4 Frostbeständigkeit

Die Probe aus Sondage S1 erfüllt zwar die wesentlichen Anforderungen an die Korngrößenverteilung an ein ungebundenes Gemisch gem. geltender SN 670 119-NA (siehe Tabelle 3). Der Feinanteil (≤ 0.063 mm) liegt mit 7 Masse-% jedoch deutlich über dem Grenzwert von 3 Masse-%, bis zu welchem ungebundene Gemische *a priori* als "frostsicher" gelten. Deshalb wurde an dieser Probe die Frostbeständigkeit gem. den Vorgaben nach SN 670 119-NA mittels CBR-Versuchen verifiziert (Tragfähigkeitsversuche an im Labor hergestellten Prüfkörpern):

- CBR_1 = Tragfähigkeit unmittelbar nach Verdichtung
- CBR_2 = Tragfähigkeit nach 4 Tagen (92 h) Wasserlagerung
- CBR_F = Tragfähigkeit nach Frosthebungsversuch gem. SN 670 321a

Für die Bestimmung des optimalen Wassergehalts zur Herstellung der Prüfkörper wurde vorgängig ein Verdichtungsversuch Proctor durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den Kapiteln 7.4.1 und 7.4.2 aufgeführt.

Die Probe aus Sondage S2 ist zu feinkörnig und erfüllt die grundlegenden Anforderungen an ein ungebundenes Gemisch für Foundationsschichten im Strassenbau nicht (siehe Tabelle 3). Auf eine Frostprüfung mittels CBR-Versuchen wurde demzufolge verzichtet. Die Beurteilung der Frostempfindlichkeit erfolgte lediglich orientierend anhand der Bodenklassifizierung (siehe Kap. 8.7).

7.4.1 Proctorversuch: Optimaler Wassergehalt w_{opt} und Trockendichte ρ_d

Das Attest zum Proctorversuch ist im Anhang aufgeführt.

Die Bestimmung des optimalen Wassergehalts und die Trockendichte erfolgte nach SN 670 330-2 "Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Trockendichte und des Wassergehalts – Proctorversuch" im Topf B ($\varnothing = 152$ mm), Verdichtungsenergie 1.2 MJ/m^3 .

Anhand dieser Versuchsergebnisse und der Kornverteilung können die Werte auf die Gesamtprobe 0/D extrapoliert werden (orientierende Vergleichswerte). Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Proctorversuch

Probe Nr.	Kornklasse 0/16 mm		Gesamtprobe 0/D, berechnet ¹⁾	
	Wassergehalt w_{opt} [Masse-%]	Trockendichte ρ_d [Mg/m ³]	Wassergehalt w'_{opt} [Masse-%]	Trockendichte ρ'_d [Mg/m ³]
M.17.0552	6.1	2.21	≈ 4.3	≈ 2.28

¹⁾ Für die Berechnung des Wassergehalts w'_{opt} und der Trockendichte ρ'_d des Gesamtgemischs wurde für die Rohdichte der Festsubstanz der Wert 2.68 Mg/m^3 angenommen.

7.4.2 CBR-Versuche

Atteste zu CBR-Versuchen im Anhang

Die Prüfkörper zur Bestimmung der CBR-Werte wurden bei optimalem Wassergehalt gem. Ergebnis des Proctorversuchs (siehe Tabelle 5) hergestellt. Die CBR-Werte und die entsprechenden Normanforderungen für ungebundene Gemische sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 6: CBR-Versuche

CBR-Wert	Anforderung	Massgebend für
CBR ₁ = 100 %	<u>SN 670 119-NA</u> Resultate deklarieren ¹⁾ <u>SN 670 120d (ungültige Norm)</u> ≥ 40% bei nicht gebrochenem Material ²⁾ ≥ 80% bei gebrochenem Material ²⁾	Tragfähigkeit, Dimensionierung
CBR ₂ = 115 %		
CBR _F = 105 %		
$\frac{CBR_2}{CBR_1} = 1.15$ $\frac{CBR_F}{CBR_1} = 1.05$	<u>SN 670 119-NA</u> Verhältniszahlen ≥ 0.5	Wasserempfindlichkeit, Frostbeständigkeit

¹⁾ Als massgebender Wert für Dimensionierungen gilt der CBR₂ (siehe SN 670 330-47:2012, Ziffer 6)

²⁾ Anforderungen an CBR₂ und CBR_F (siehe ungültige SN 670 120d, Tabelle 1)

8. Zusammenfassung und Beurteilung

8.1 Visuelle Beurteilung des Strassenzustands

Die Fahrbahnoberfläche weist teilweise erhebliche Belagsschäden auf, wobei insbesondere im Teil ab der Kreuzung Kirchfeldstrasse / Schlossstrasse bis zum Kreisel Mittelstrasse häufige, vorwiegend wild verlaufende, teils jedoch auch längsgerichtete Risse erkennbar sind. Zudem sind überall leichte Spurrinnen (im Bereich der Bushaltestellen stärker ausgeprägt) sowie zahlreiche Flicke erkennbar.

Die Spurrinnen und insbesondere die wild verlaufenden Risse deuten darauf hin, dass die Tragfähigkeit der Strasse – unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrsbelastung – unzureichend ist.

Im Bereich von der Einmündung Schlehdornweg bis zum Kreisel Bernstrasse (rund 45 m) ist der Strassenbelag anders zusammengesetzt (Farbe und Textur der Oberfläche) und weist auch deutlich weniger Risse auf. Dieses Teilstück dürfte somit aus einer anderen Baumassnahme entstanden sein (wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Bau des Kreisels auf der Bernstrasse).

8.2 Deflektionsmessungen

Zur Beurteilung der Gesamttragfähigkeit des untersuchten Strassenabschnitts (Kreisels Bernstrasse bis Kreisel Mittelstrasse; Gesamtlänge = 314 m) wurden in beiden Fahrtrichtungen je 13 Deflektionsmessungen ausgeführt. Die statistische Auswertung der Messungen zeigte, dass der untersuchte Abschnitt punkto Gesamttragfähigkeit in sich als "homogen" eingestuft werden kann.

Für die Interpretation der massgebenden Deflektion siehe Kapitel 9 ("Dimensionierung").

8.3 Bitumenhaltige Schichten

Der bitumenhaltige Oberbau weist gesamthaft einen relativ einheitlichen Aufbau auf. Alle Bohrkerns weisen eine Deckschicht (34-50 mm), eine Binderschicht (35-78 mm) und eine Tragschicht (62-92 mm) auf. Die Gesamtschichtdicke (inkl. Aufnahme bei Sondage S1) liegt – mit Ausnahme von Bohrkern BK5 – zwischen 139 und 174 mm (Mittelwert: 152 mm).

Beim Bohrkern BK5 (Bereich Schlehdornweg bis Kreisel Bernstrasse) ist ein deutlich dickerer Belagsaufbau vorhanden: 225 mm gemessen am Bohrkern; in der Sondage S2 wurden 210 mm festgestellt (Mittelwert: 218 mm).

Die bitumenhaltigen Schichten wurden im Labor lediglich auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) untersucht. Die durchgeführten qualitativen Tests (PAK-Spray) lieferten allesamt negativ aus, d.h. es bestehen keine Anzeichen auf erhöhte PAK- bzw. Teer-Gehalte. Das Material kann somit im Rahmen der anstehenden Sanierung im Einklang mit der BAFU-Richtlinie 31/06 "Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle" uneingeschränkt wiederverwendet werden (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Anforderungen an teerhaltige Ausbauasphalte

PAK-Gehalt [mg PAK/kg Bindemittel]	Verwendung	Bemerkung
< 5'000	uneingeschränkt	---
5'000 – 20'000	geeignete Belagsaufbereitungsanlage oder Kaltrecycling	resultierendes Mischgut (Recyclingmischgut) mit < 5000 mg/kg PAK im Bindemittel
> 20'000	keine	Entsorgung in Deponie Typ E gem. VVEA (ehem. "Reaktordeponie" gem. TVA)

Die obige Beurteilung entspricht sinngemäss auch den Anforderungen der Übergangsbestimmung gemäss der seit dem 01.01.2016 gültigen *Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA)*.

8.4 Gesamtschichtenaufbau Oberbau

Der Gesamtaufbau des Strassenoberbaus wurde anhand von 2 exemplarischen Sondagen (je eine pro Fahrspur) untersucht. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

Sondage S1 – Fahrspur Bernstrasse → Mittelstrasse, bei Hausnummer 18 (Pizza-Kurier):

- 15 cm Asphaltbelag
- Foundationsschicht bestehend aus einem sandigen, schwach siltigen Rundkiesgemisch
- Ein Übergang zu einem eigentlichen "Untergrund" (andere Materialart) ist bis zur Endtiefe der Sondage (-110 cm) nicht erkennbar

Sondage S2 – Fahrspur Mittelstrasse → Bernstrasse, bei Hausnummer 1 (Central-Garage):

- 21 cm Asphaltbelag
- Foundationsschicht bestehend aus einem stark siltigen Rundkiesgemisch
- Gesamtschichtdicke des Strassenoberbaus = 60 cm
- Darunter folgt der Untergrund, bestehend aus einem siltig-tonigen Kies

Die Auswahl der beiden Sondagestandorte erfolgte anhand der Resultate der Deflektionsmessungen, war allerdings durch den Verlauf von sehr vielen Werkleitungen ziemlich eingeschränkt. Die beiden Sondagen sind als Stichproben zu interpretieren und sind nicht zwingend repräsentativ für den gesamten untersuchten Strassenabschnitt.

8.5 Tragfähigkeit Foundationsschicht (M_E -Werte)

Nach dem Entfernen des Belags wurde auf der Planie bei beiden Sondagen jeweils ein Plattendruckversuch M_E durchgeführt und so die Tragfähigkeit der Foundationsschicht überprüft.

Die M_{E1} -Werte sind mit 31 MN/m² (Sondage S1) und 50 MN/m² (Sondage S2) sehr tief. Die Verhältniszahlen M_{E2}/M_{E1} betragen 6.7 (Sondage S1) und 2.8 (Sondage S2). Für Verkehrslastklassen $\geq T2$ ist eine minimale Tragfähigkeit M_{E1} von 100 MN/m², bei einem Verhältnis M_{E2}/M_{E1} von ≤ 2.5 gefordert (SN 640 785b, "Verdichtung und Tragfähigkeit").

Die Messresultate zeigen zum einen, dass die Tragfähigkeit auf Kote Planie deutlich zu gering ist. Die Verhältniszahlen M_{E2}/M_{E1} von > 2.5 weisen zudem darauf hin, dass das kiesige Material in der Foundationsschicht bei beiden Sondagen nicht ausreichend verdichtet ist. Insbesondere bei Sondage S1 ($M_{E2}/M_{E1} = 6.7$) könnte die Tragfähigkeit mittels Nachverdichtung noch deutlich erhöht werden.

Eine Überslagsberechnung der theoretisch maximal erzielbaren Tragfähigkeit¹ ergibt allerdings lediglich Werte von bestenfalls rund 82 MN/m^2 (Sondage S1) und 56 MN/m^2 (Sondage S2). Dies zeigt, dass eine Nachverdichtung alleine wohl nicht ausreichen würde, um auf der Planie eine normkonforme Tragfähigkeit zu erzielen.

8.6 Korngrößenverteilung Foundationsschicht

Die Zusammensetzung der Foundationsschicht wurde an jeweils einer Probe aus den beiden Sondagen ermittelt.

Das Kiesgemisch aus **Sondage S1** erfüllt die wesentlichen Anforderungen an ein ungebundenes Gemisch der Kategorie 0/45 für Foundationsschichten im Strassenbau gem. SN 670 119-NA). Einzig beim Grösstkorn (111 mm) wird der max. zulässige Grenzwert von 90 mm knapp überschritten.

Bei **Sondage S2** besteht die Foundationsschicht aus einem zu feinkörnigen Kiesgemisch. Der Grenzwert gem. SN 670 119-NA für den maximal zulässigen Feinanteil ($\leq 0.063 \text{ mm}$) wird mit 13.9 M.-% überschritten. Die Siebkurve läuft zudem auch im Feinsandbereich (bis 0.5 mm) ausserhalb des Grenzwertbereichs für ungebundene Gemische. Dieses Material ist für Foundationsschichten im Strassenbau gem. geltender Norm SN 670 119-NA somit grundsätzlich ungeeignet.

8.7 Frostbeständigkeit Foundationsschicht

An der Probe aus der Foundationsschicht aus **Sondage S1** wurde die Frostbeständigkeit gem. Anforderungen der SN 670 119-NA mittels CBR-Versuchen verifiziert. Die Verhältnisse der CBR-Werte (siehe Tabelle 6) betragen 1.15 ($\text{CBR}_2/\text{CBR}_1$) und 1.05 ($\text{CBR}_F/\text{CBR}_1$). Da beide Verhältniszahlen über 0.5 liegen, kann das geprüfte Material gem. SN 670 119-NA als wasserunempfindlich und **frostsi-cher** klassifiziert werden.

An der Probe aus **Sondage S2** wurden keine CBR-Versuche durchgeführt, da die Korngrößenverteilung des Materials die Anforderungen an ein ungebundenes Gemisch ohnehin nicht erfüllen. Das Material wurde lediglich orientierend über die USCS-Klassifizierung (GC-GM, "siltiger bis toniger Kies mit Sand"; siehe Kap. 7.3) beurteilt und kann gem. SN 670 140b "Frost" in die Frostempfindlichkeitsklasse **G3-G4 (mittel bis stark)** eingeteilt werden.

¹ Berechnung von M_{E1} über den Messwert von M_{E2} und einem angenommenen Verhältnis M_{E2}/M_{E1} von 2.5

9. Dimensionierung

9.1 Annahmen / Randbedingungen

Gem. Angaben des Auftraggebers ist die Schwäbisstrasse zurzeit in die Verkehrslastklasse T4 einzuteilen. Nach der geplanten Umgestaltung (Tempo-30-Zone, Änderung Verkehrskonzept) ist ebenfalls von einer Verkehrslastklasse T4 auszugehen. Zwar wird sich das allgemeine Verkehrsaufkommen – insbesondere was Personenwagen und Lastwagen anbelangt – reduzieren. Allerdings ist gem. Angaben des Auftraggebers beim Linienbusverkehr mittel- bis langfristig mit einer Belastungszunahme zu rechnen (Takterhöhung und ggf. grössere Fahrzeuge mit höheren Achslasten). Die Belastung durch den Schwerverkehr ist bei der Definition der Verkehrslastklasse um ein Vielfaches höher zu gewichten als der PW-Verkehr. Dies gilt ebenfalls für Linienbusse, insbesondere bei stark genutzten Linien (mittlere Äquivalenzfaktoren für Busse betragen etwa 2.5, bei Gelenkbussen etwa 3.9, bei vollbeladenen Gelenkbussen bis zu 9; siehe Ziffer 20 der SN 640 320:2011 "Dimensionierung des Strassenaufbaus – Äquivalente Verkehrslast"). Demzufolge bleibt trotz Umgestaltung zu einer Tempo-30-Zone für die Dimensionierung die Verkehrslastbelastung quasi unverändert. Die weitere Beurteilung der Untersuchungsergebnisse erfolgt somit auf Basis einer "mittleren" **Verkehrslastklasse T4** (gesamte äquivalente Verkehrslast W_{2037} rund 3.0 Mio).

9.2 Erforderliche Schichtdicke Asphaltbeton

Die vorhandene Schichtdicke der Asphaltbeläge (siehe Abb. 2) beträgt im Abschnitt Kreisel Mittelstrasse bis zur Einmündung Schlehdornweg 139 - 174 mm (Mittelwert = 152 mm). Ab Schlehdornweg bis zum Kreisel Bernstrasse ist die Gesamtschichtdicke mit 210 – 225 mm grösser (Mittelwert = 218 mm).

Gem. SN 640 324 resp. SN 640 430 muss beim Oberbautyp 1 (Asphaltschichten auf ungebundenem Gemisch) die bituminöse Gesamtschichtdicke bei der Verkehrslastklasse T4 ≥ 170 mm betragen. Die vorhandenen Schichtdicken sind im Abschnitt Kreisel Mittelstrasse bis zur Einmündung Schlehdornweg somit zu gering. Im Teilstück Schlehdornweg bis Kreisel Mittelstrasse wird die Mindestanforderung hingegen erfüllt.

9.3 Tragfähigkeit

Mittels Messungen mit dem Benkelman-Balken wurde für das gesamte untersuchte Objekt eine massgebende Deflektion von $115 \frac{1}{100}$ mm bestimmt (siehe Tabelle 1). Dieser Wert liegt, basierend auf den Dimensionierungsgrundlagen gem. Kap. 9.1 (T4 / W_{2037} ca. 3.0 Mio), knapp über der zulässigen Deflektion (siehe grafische Interpretation der Deflektionsmessungen gem. SN 640 733b im Anhang). Die erforderliche Verstärkungsdicke beträgt knapp 5 cm.

Die Ergebnisse der Deflektionsmessungen sind in einem gewissen Widerspruch zu den Resultaten der Plattendruckversuche in den beiden Belagsfenstern. Während die Deflektionsmessungen nur auf eine leicht unzureichende Gesamttragfähigkeit des untersuchten Objekts hinweisen, liegen die auf der Planie bestimmten M_E -Werte mit 31 und 50 MN/m² (S1 resp. S2) sehr deutlich unter den Mindestanforderungen von 100 MN/m² für die Verkehrslastklasse T4.

Um die Plausibilität der verschiedenen Dimensionierungsmethoden zu überprüfen wurde pro Son-
dage eine einfache Modellberechnung² anhand der Strukturwerte gemäss SN 640 324 durchgeführt:

Sondage S1 (bei Haus Nr. 18)

Ausgangslage: - M_{E1} "Untergrund" = 31 MN/m² → Tragfähigkeitsklasse **S3 (knapp)**
- Oberbau Typ I gem. SN 640 324: **T4 auf S3 → 17 cm** Walzasphalt auf
20 cm ungebundenem Gemisch (Total = 37 cm)

Tabelle 8: Modellrechnung Strukturwerte Sondage S1

Schicht	IST + Verstärkung (+5 cm bei T4)			Erforderlich (T4 auf S3)		
	a [--]	SD [cm]	SN [--]	a [--]	SD [cm]	SN _{erf} [--]
Asphaltbelag <i>Verstärkung</i>	4.0	5.0	20	--	--	--
Asphaltbelag <i>IST*</i>	3.0	15.2	46	4.0	17	68
Ungebundenes Gemisch	--	--	0	1.0	20	20
Total SN			66			88

Sondage S2 (bei Haus Nr. 1)

Ausgangslage: - M_{E1} "Untergrund" = 50 MN/m² → Tragfähigkeitsklasse **S3**
- Oberbau Typ I gem. SN 640 324: **T4 auf S3 → 17 cm** Walzasphalt auf
20 cm ungebundenem Gemisch (Total = 37 cm)

Tabelle 9: Modellrechnung Strukturwerte

Schicht	IST + Verstärkung (+5 cm bei T4)			Erforderlich (T4 auf S3)		
	a [--]	SD [cm]	SN [--]	a [--]	SD [cm]	SN _{erf} [--]
Asphaltbelag <i>Verstärkung</i>	4.0	5.0	20	--	--	--
Asphaltbelag <i>IST*</i>	3.5	21.8	76	4.0	17.0	68
Ungebundenes Gemisch	--	--	0	1.0	20.0	20
Total SN			96			88

Legende:

a Tragfähigkeitswerte pro Schicht gem. SN 640 324:2011, Tabelle 7

SD Schichtdicke in [cm]

SN Strukturwert gem. SN 640 324:2011 (Schichtdicke multipliziert mit dem entsprechenden Tragfähigkeitswert a)

* Tragfähigkeitswert a geschätzt basierend auf Schadensbild (siehe SN 640 324:2011, Tab. 7)

² Die Modellrechnung basiert auf einem Vergleich zwischen dem bestehenden Strukturwert SN_{IST} des vorliegenden Oberbaus mit dem erforderlichen Strukturwert SN_{erf} (abhängig von Verkehrslastklasse T und Tragfähigkeitsklasse S des Untergrunds gem. SN 640 324). Da auf der bestehenden Planie M_E -Werte weit unterhalb der Mindestanforderungen für Fundamentalschichten gemessen wurden, wird im Modell die Unterkante Asphaltbelag mit dem Übergang zum Untergrund (Planum) gleichgesetzt. Somit dient der Messwert M_{E1} (Planie; siehe Tabelle 2) im Modell zur Abschätzung der Tragfähigkeitsklasse S des Untergrunds.

Die Modellrechnungen zeigen, dass bei Sondage S2 die Ergebnisse der Deflektionsmessungen relativ gut mit dem tatsächlichen Schichtenaufbau in Einklang gebracht werden können (der bestehende Strukturwert inkl. Verstärkung gem. Deflektionsmessungen liegt mit 96 im Bereich des erforderlichen Strukturwerts von 88; siehe Tabelle 9). Aufgrund des sehr dicken Belagsaufbaus wäre die Tragfähigkeit in diesem Bereich somit trotz "unzureichender" Foundationsschicht für die Verkehrslastklasse T4 ausreichend. Dies erklärt womöglich auch das geringere Ausmass an Belagsschäden (Risse) auf diesem Teilstück. Die vorhandenen Risse können auch aufgrund ungünstiger Materialeigenschaften im Belag entstanden sein.

Demgegenüber besteht bei der Sondage S1 eine deutliche Diskrepanz zwischen der Gesamtbeurteilung basierend auf den Deflektionsmessungen und der vorgefundenen Situation im Baggerschlitz. Aufgrund des Strukturwerts des vorhandenen Belags ($\rightarrow 46$; siehe Tabelle 8) wäre eine Verstärkung von rund 11 cm Asphaltbelag notwendig $[(SN_{\text{erf}} - SN_{\text{IST}}) \div a = (88 - 46) \div 4 = 10.5 \text{ cm}]$. Die Interpretation der Deflektionsmessungen ergeben jedoch lediglich eine notwendige Verstärkung von rund 5 cm.

Der Grund für diese Diskrepanz kann aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht abschliessend beurteilt werden.

9.4 Frost

Bei Sondage S1 liegt bis -110 cm ab OK Fahrbahn ein frostsicheres Kiesgemisch vor (siehe Kap. 8.7). Eine Dimensionierung auf Frost gem. SN 640 324 ist somit nicht notwendig.

Bei Sondage S2 liegt bereits unter dem Asphaltbelag (-21 cm ab OK Fahrbahn) ein Kiesgemisch mit hohem Feinanteil vor. Gemäss USCS-Klassifizierung ist dieses Material in die Frostepfindlichkeitsklasse G3-G4 einzustufen (siehe Kap. 7.4). Ab -60 cm folgt ein tonig-siltiger Kies, welcher visuell beurteilt ebenfalls in eine Frostepfindlichkeitsklasse $\geq G3$ eingestuft werden dürfte.

Da also ein Unterbau mit einer Frostepfindlichkeit G3 oder G4 vorliegt, ist eine Frostdimensionierung nach SN 640 324 notwendig. Als Erfahrungswert für die Frosttiefe im Schweizer Mittelland kann i.d.R. ein Wert von rund -70 cm ab OK Fahrbahn angenommen werden.

10. Fazit

Teilweise ausgeprägte Schäden in Form von wild verlaufenden Rissen deuten darauf hin, dass der untersuchte Abschnitt der Schwäbistrasse punkto Tragfähigkeit den Belastungen der aktuellen Verkehrsbelastungen nicht (mehr) genügt. Basierend auf Zahlen von aktuellen Verkehrszählungen ist die Strasse zurzeit in die Verkehrslastklasse T4 einzustufen. Diese Einstufung bleibt auch für die Dimensionierung für den Zeitraum nach der Sanierung und Umgestaltung massgebend. Dies in erster Linie deshalb, weil trotz allgemeiner Verkehrsreduktion (v.a. Personenwagen und Lastwagen) die Belastungen des Strassenkörpers aufgrund des Busverkehrs (Tendenz zunehmend) quasi unverändert bleibt.

Die Deflektionsmessungen, welche zur Beurteilung der Gesamttragfähigkeit durchgeführt wurden, weisen darauf hin, dass die Schwäbistrasse in sich als homogen eingestuft werden kann. Für die zukünftige Nutzung (mittlere Verkehrslastklasse T4) ergibt sich daraus lediglich eine geringfügige Verstärkung (theoretische rund 5 cm Asphaltbelag).

Vergleicht man die Ergebnisse der Deflektionsmessungen allerdings mit der tatsächlich angetroffenen Situation bei den beiden Sondagen (Belagsfenster) so ergeben sich einige Widersprüche. So können die Resultate zwar recht gut mit der Situation bei Sondage S2 in Einklang gebracht werden. Bei Sondage S1 wäre hingegen aufgrund der geringeren Belagsstärke und der unzureichenden Tragfähigkeit M_E auf der Planie von einer wesentlich grösseren Verstärkung auszugehen. Anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse (lediglich 1 Sonda) kann dieser scheinbare Widerspruch allerdings nicht restlos geklärt werden.

Beide Sondagen sind im Umfang der vorliegenden Zustandserfassung klar als "Stichproben" zu interpretieren. Zumal aufgrund der zahlreichen Werkleitungen und der langen Entstehungsgeschichte der Strasse (zahlreiche Um- und Ausbauten, Werkleitungen etc.) zumindest im Kieskoffer und Untergrund grössere Schwankungen bei der Materialzusammensetzung und den Schichtstärken zu erwarten sind.

Basierend auf den vorliegenden Untersuchungsergebnissen können folgende Schlussfolgerungen für die Oberbausanierung abgeleitet werden:

- Aufgrund erheblicher Belagsschäden muss der bitumenhaltige Oberbau saniert werden. Aufgrund der zu geringen Tragfähigkeit auf Niveau Fundamentalschicht (Planie) und zumindest stellenweise unzureichender Materialqualität (siehe Sonda S2), ist es angezeigt, den Asphaltbelag auf dem ganzen Strassenabschnitt komplett zu ersetzen.
- Für den Gesamtaufbau sind gem. Tragfähigkeitsdimensionierung mind. 17 cm Asphaltbelag und mind. 20 cm Fundamentalschicht erforderlich (Oberbautyp I "Asphaltschichten auf ungebundenem Gemisch" für Verkehrslastklasse T4 auf einem Untergrund der Tragfähigkeitsklasse S3).
- Bei Verhältnissen analog wie bei Sonda S1 ist vor dem Einbau des neuen Asphaltbelags die Fundamentalschicht vollflächig nachzuverdichten und z.B. mittels Materialersatz ggf. zu verbessern (Anforderungen an die Tragfähigkeit auf der Planie für die Verkehrslastklasse T4: $M_{E1} \geq 100 \text{ MN/m}^2$; $M_{E2}/M_{E1} \leq 2.5$).
- In Situationen wie bei Sonda S2 hat bis zur Frosttiefe (ca. 70 cm ab Kote Fahrbahn) ein Materialersatz mit einem geeigneten ungebundenen Gemisch zu erfolgen. Die Alternative in Form einer Stabilisierung mit hydraulischem Bindemittel ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (insbesondere Werkleitungen) kaum zweckmässig bzw. praxisgerecht.
- Um allfällige heterogenen Verhältnisse längs der Strasse besser abschätzen zu können, empfehlen wir im Vorfeld der Ausschreibung der Sanierungs- und Umbauarbeiten zusätzliche Sondagen zu untersuchen.

Vor der definitiven Ausführung muss die Dimensionierung des Strassenoberbaus aufgrund der tatsächlich zu erwartenden Belastungen durch Verkehr und Klima sowie unter Berücksichtigung allfälliger variierender Materialeigenschaften (Oberbau und Untergrund) zwingend durch den zuständigen Projektingenieur verifiziert und ggf. an örtliche Gegebenheiten angepasst werden.

BSL Baustofflabor AG

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'B. Kaeser', with a stylized flourish at the end.

Dr. B. Kaeser
Geologe CHGEOL / Projektleiter

Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Untersuchungsergebnisse. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers. Die Prüfergebnisse beziehen sich auf die oben erwähnten Proben. Ohne schriftliche Genehmigung der BSL Baustofflabor AG darf dieser Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen (www.baustofflabor.ch). Der Geltungsbereich der Akkreditierung ist in der aktuellen STS-Liste ersichtlich (www.sas.admin.ch).

11. Anhang

Fotodokumentation
(2 Seiten)

Planskizze mit Mess-, Bohrkernentnahme- und Sondagestellen
(1 Seite)

Attest *Deflektionsmessungen*
17.00671
(1 Seite)

Interpretation *Deflektionsmessungen*
(Benkelman-Diagramm)
(1 Seite)

Attest M_E -Messungen
17.00671_1
17.00671_2
(3 Seiten)

Atteste *Korngrößenverteilung*
M.17.0552
M.17.0553
(2 Seiten)

Atteste *Proctorversuch*
M.17.0552
(1 Seiten)

Atteste $CBR_{1/2/F}$ -Versuche
M.17.0552
(3 Seiten)

Allgemeine Geschäftsbedingungen
(1 Seiten)

Fotodokumentation



Abb. 1 – Exemplarische Aufnahmen von ausgeprägten Belagsschäden in Form von vorwiegend wild verlaufenden Rissen (Links: Höhe Haus-Nr. 19; Rechts: Bei Abzweigung Merkurstrasse)



Abb. 2 – Links: Teils wilde und teils längs gerichtete Risse sowie schwach erkennbare Verformungen (Spurrinnen); Bereich vor der Kreuzung mit Bushaltestelle "Sonnenfeld"; Rechts: Deutliche Spurrinnen im Bereich der Bushaltestelle "Sonnenfeld"

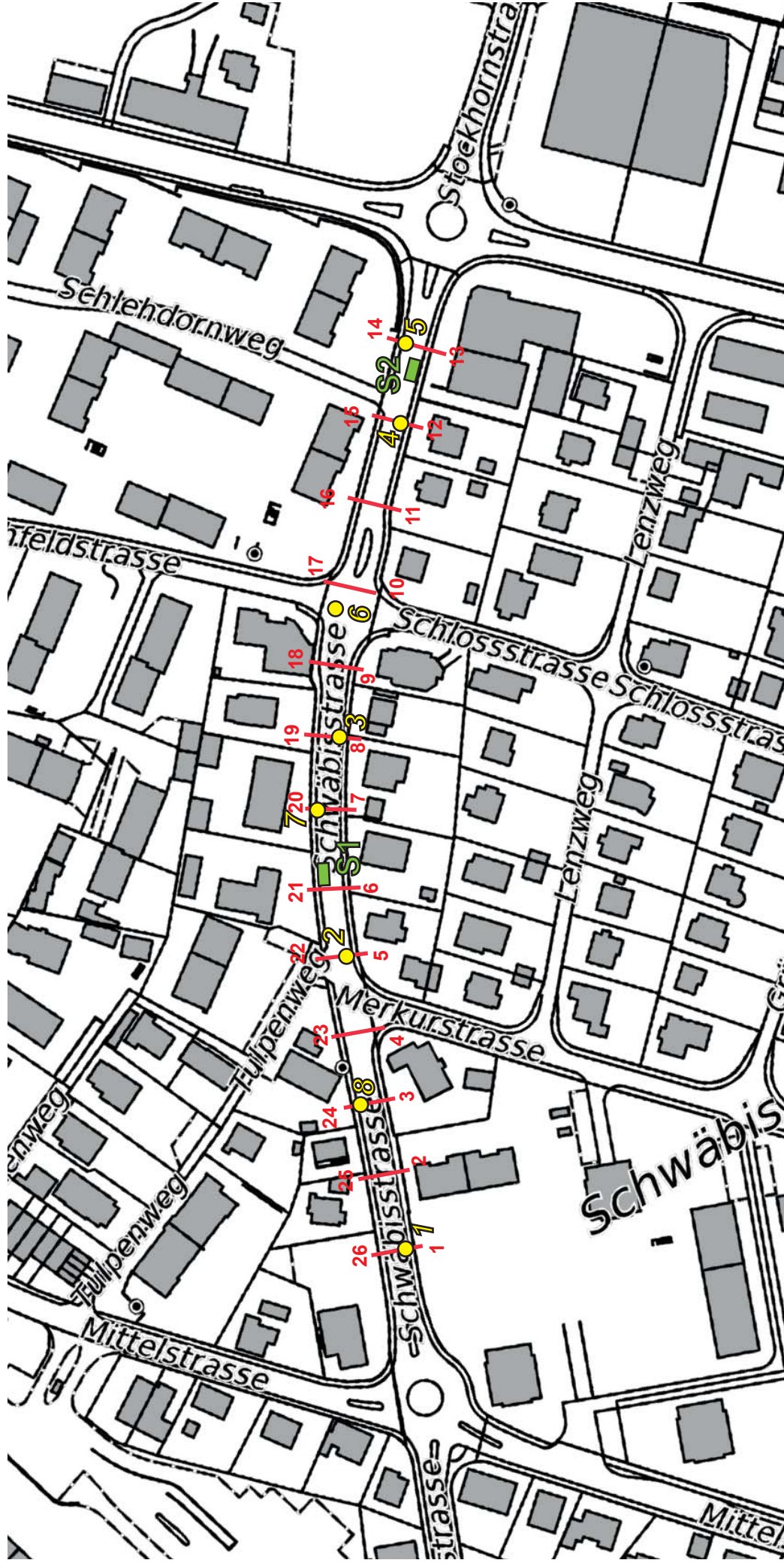


Abb. 3 – Bereich Einmündung Schlehdornweg (rechts oben im Bild); 45 m-Strassenabschnitt bis Kreisler Bernstrasse mit anderem Belagsaufbau als auf der übrigen Schwäbisstrasse und deutlich geringeren Belagsschäden (S2 = Standort Sondage S2)



Abb. 4 – Sondagenprofile; Links: Sondage **S1** mit rund 15 cm Asphaltbelag und anschliessend sandigem, schwach siltigem Rundkies bis zur max. Sondiertiefe (-110 cm); Rechts: Sondage **S2** mit rund 21 cm Asphaltbelag, rund 39 cm siltigem Kies (Fundationsschicht) und anschliessend einem siltig-tonig-kiesigen Untergrund

Planskizze Schwäbissstrasse mit Lage der Mess- und Sondagestellen



100 m

26

Lage Querprofil mit Messpunkten Deflektionsmessung

Punkt 1-13 = äussere Radspur Fahrbahn Mittelstrasse → Bernstrasse

Punkt 14-26 = äussere Radspur Bernstrasse → Mittelstrasse

● 1 Kernbohrung Asphaltbelag

■ S1 Belagsfenster / Sondage



Auftragsnummer 17.00671
Messung Nr. 1 und 2
Messdatum 20.06.2017

Gemeinde Steffisburg
Höchhusweg 5
3612 Steffisburg

Deflektionsmessungen mit Benkelmanbalken

SN 670 362a

Objekt Schwäbisstrasse
Messabschnitt 1 und 2
Witterung schön
Bemerkungen Messpunkt 1 bei Sägestrasse

Achslast 111 kN
Pneudruck 7.0 bar
Korr. Einsenkmulde 33.9 $\frac{1}{100}$ mm

Mittelstrasse => Bernstrasse		Bernstrasse => Mittelstrasse	
Temp. Oberfläche	korrigiert	Temp. Oberfläche	korrigiert
Messpunkte	Deflektionswert korr. [1/100 mm]	Messpunkte	Deflektionswert korr. [1/100 mm]
1	50	14	43
2	62	15	66
3	53	16	59
4	64	17	54
5	53	18	88
6	67	19	62
7	53	20	70
8	63	21	71
9	56	22	70
10	61	23	79
11	42	24	73
12	72	25	68
13	88	26	79

	Mittelstrasse => Bernstrasse
Anzahl Messungen	13
MW rückf. Deflektion	60.4
Standardabweichung	11.5
Variationskoeffizient	0.19
Korrekturfaktor c	1.30
Messabschnitt ist	homogen
Massg. Deflektion	109

	Bernstrasse => Mittelstrasse
Anzahl Messungen	13
MW rückf. Deflektion	67.8
Standardabweichung	11.7
Variationskoeffizient	0.17
Korrekturfaktor c	1.30
Messabschnitt ist	homogen
Massg. Deflektion	119

gesamter Messabschnitt
26
64.1
12.0
0.19
1.30
homogen
115

Berichtsdatum
Sachbearbeiter

28.06.2017
bk

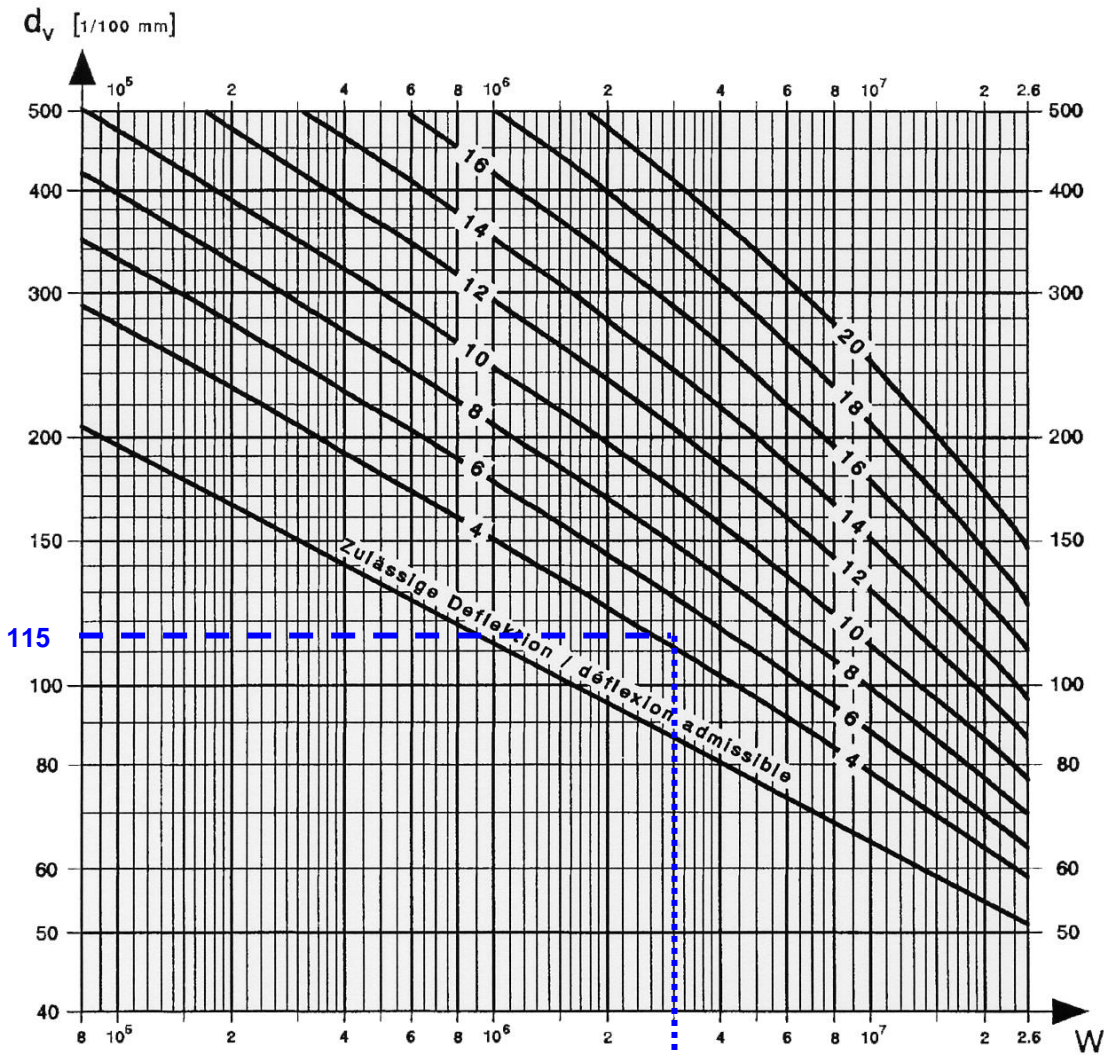
Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Prüfergebnisse. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers. Die Prüfergebnisse beziehen sich auf den erwähnten Messabschnitt. Ohne schriftliche Genehmigung der BSL Baustofflabor AG darf dieser Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen (www.baustofflabor.ch). Der Geltungsbereich der Akkreditierung ist in der aktuellen STS-Liste ersichtlich (www.seco.admin.ch/sas).

Schwäbisstrasse, Steffisburg

Verstärkungsdicke [cm] in
Funktion der massgebenden
Deflektion d_v und des
massgebenden Verkehrs W

Epaisseur de renforcement
[cm] en fonction de la
déflexion déterminante d_v
et du trafic déterminant W

BENKELMAN



10	T1	T2	T3	T4	T5	T1
Jahre	30	100	300	1000	3000	TF
20	T1	T2	T3	T4	T5	T1
Jahre	30	100	300	1000	3000	TF

Plattendruckversuche M_E / E_V

SN 670 317b

Auftraggeber	Gemeinde Steffisburg Abteilung Tiefbau / Umwelt Höchhusweg 5 3612 Steffisburg	Auftragsnummer	17.00671
		Messdatum	06.07.2017
		Berichtsausgabe	1

Objekt	Strassenkörper Schwäbisstrasse Steffisburg	Unternehmung	
Bauteil	Fundationsschicht	Witterung	25°C / schön
Messstellen	OK Planie (Belagsfenster) Sondagestellen S1 und S2 (siehe Planskizze im Bericht)	Witterung (Vortag)	30°C / schön
Bemerkung			

Resultatezusammenfassung (Details siehe Messprotokolle im Anhang)

Messstelle	Bezeichnung	M_{E1} [MN/m ²]	M_{E2} [MN/m ²]	M_{E2}/M_{E1} [-]	E_{V1} [MN/m ²]	E_{V2} [MN/m ²]	E_{V2}/E_{V1} [-]
1	Sondage S1	31	206	6.7	27	168	6.2
2	Sondage S2	50	141	2.8	44	109	2.5

Anmerkungen: Keine

Berichtsdatum: 06.07.2017
Sachbearbeiter: bk

Total Anzahl Seiten: 3 (Deckblatt 1; Anhänge 2)

Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Prüfergebnisse. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers.
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die oben erwähnte Probe.
Elektronische versendete Prüfberichte sind auch ohne Unterschrift gültig. Im Streitfall gilt das unterzeichnete Laborexemplar.

V:26.01.2017

Anhang 1 zum Untersuchungsbericht

Messprotokoll zu Plattendruckversuch M_E / E_V (SN 670 317b)

Auftrag-Nr. 17.00671

Messtelle

1

Objekt Strassenkörper Schwäbisstrasse Steffisburg

Messort Planie

Bauteil Foundationsschicht

Unterlage: Sand

Gerät: GA1390

Bezeich. Sondage S1

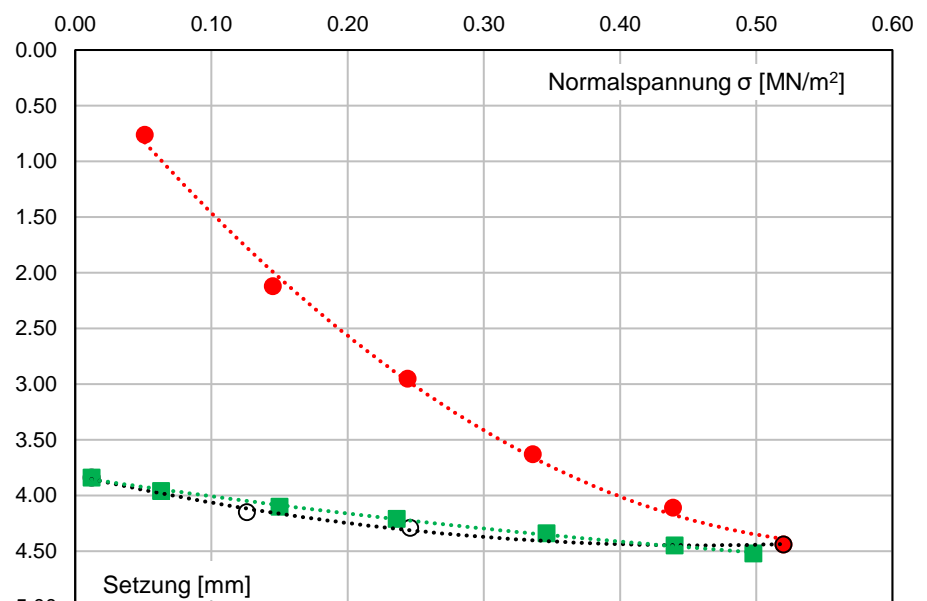
Prüfer: ef

Datum / Zeit: 06.07.17 / 10:42

Messwerte:

Laststufe	σ [MN/m ²]	s [mm]
Erstbelastung		
1	0.051	0.76
2	0.145	2.12
3	0.244	2.95
4	0.336	3.63
5	0.439	4.11
6	0.520	4.44
7	--	--
8	--	--
9	--	--
10	--	--
Entlastung		
1	0.520	4.44
2	0.246	4.29
3	0.126	4.15
4	0.012	3.84
Zweitbelastung		
1	0.012	3.84
2	0.063	3.96
3	0.150	4.10
4	0.236	4.21
5	0.346	4.34
6	0.440	4.45
7	0.498	4.52
8	--	--
9	--	--
10	--	--

Druck-Setzungslinien:



Auswertung «Foundationsschicht» (SN 670 317b, Tab. 1)

M_{E1} [MN/m²]

31

E_{V1} [MN/m²]

27

M_{E2} [MN/m²]

206

E_{V2} [MN/m²]

168

M_{E2}/M_{E1} [-]

6.7

E_{V2}/E_{V1} [-]

6.2

Bemerkung:

Keine

Berechnungsgrundlage (Polynom 2. Grad)

Belastung	1.	2.	
σ_{max}	0.520	0.498	[MN/m ²]
a_0	0.105	3.834	[mm]
a_1	14.843	1.823	[mm/(MN/m ²) ²]
a_2	-12.706	-0.935	[mm/(MN/m ²) ²]

Anhang 2 zum Untersuchungsbericht

Messprotokoll zu Plattendruckversuch M_E / E_V (SN 670 317b)

Auftrag-Nr. 17.00671

Messtelle

2

Objekt Strassenkörper Schwäbisstrasse Steffisburg

Messort Planie

Bauteil Foundationsschicht

Unterlage: Sand

Gerät: GA1390

Bezeich. Sondage S2

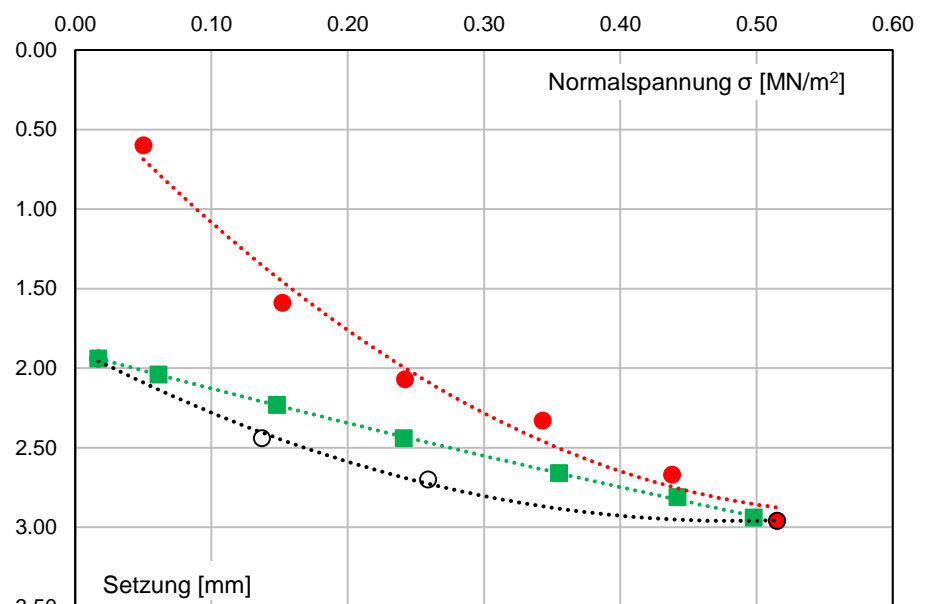
Prüfer: ef

Datum / Zeit: 06.07.17 / 09:28

Messwerte:

Laststufe	σ [MN/m ²]	s [mm]
Erstbelastung		
1	0.050	0.60
2	0.152	1.59
3	0.242	2.07
4	0.343	2.33
5	0.438	2.67
6	0.515	2.96
7	--	--
8	--	--
9	--	--
10	--	--
Entlastung		
1	0.515	2.96
2	0.259	2.70
3	0.137	2.44
4	0.017	1.94
Zweitbelastung		
1	0.017	1.94
2	0.061	2.04
3	0.148	2.23
4	0.241	2.44
5	0.355	2.66
6	0.442	2.81
7	0.498	2.94
8	--	--
9	--	--
10	--	--

Druck-Setzungslinien:



Auswertung «Foundationsschicht» (SN 670 317b, Tab. 1)

M_{E1} [MN/m ²]	50
M_{E2} [MN/m ²]	141
M_{E2}/M_{E1} [-]	2.8

E_{V1} [MN/m ²]	44
E_{V2} [MN/m ²]	109
E_{V2}/E_{V1} [-]	2.5

Bemerkung:

Keine

Berechnungsgrundlage (Polynom 2. Grad)

Belastung	1.	2.	
σ_{max}	0.515	0.498	[MN/m ²]
a_0	0.251	1.901	[mm]
a_1	9.106	2.321	[mm/(MN/m ²) ²]
a_2	-7.789	-0.516	[mm/(MN/m ²) ²]

Untersuchung von Ungebundenen Gemischen und Böden

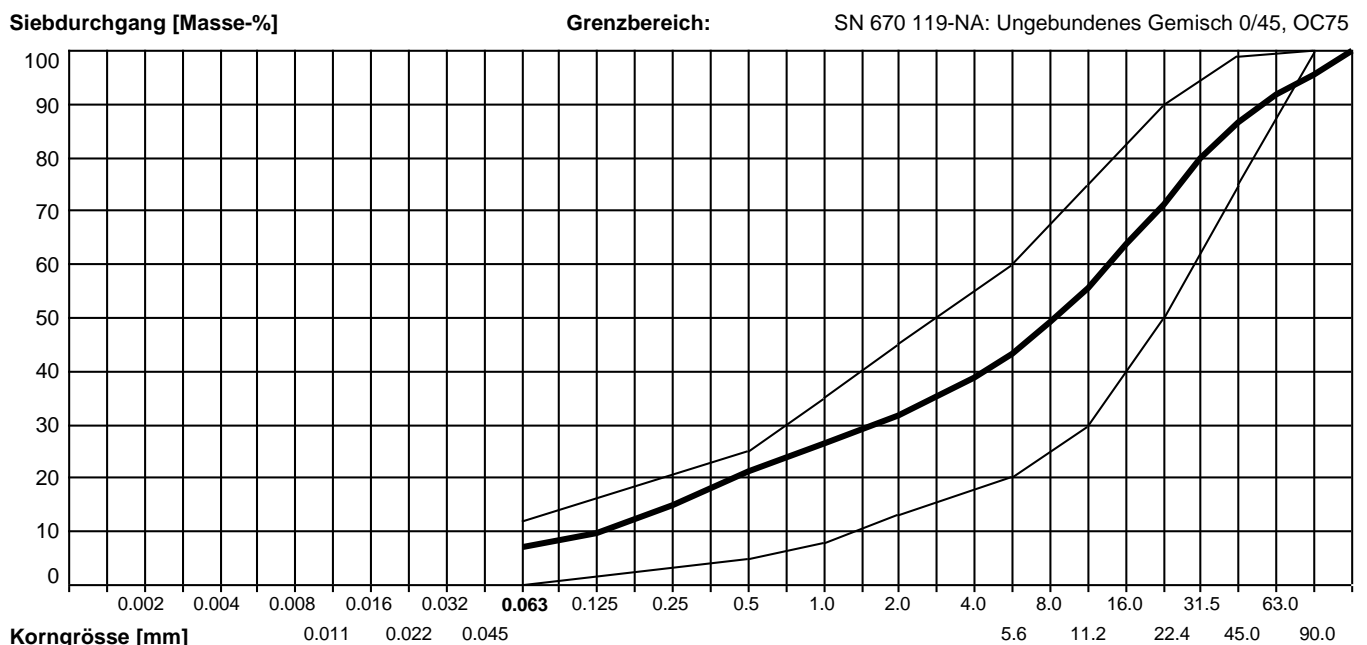
Auftraggeber	Gemeinde Steffisburg Abteilung Tiefbau / Umwelt Höchhusweg 5 3612 Steffisburg	Probennummer	M.17.0552
		Auftragsnummer	17.00671
		Berichtausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Kiesgemisch	Probeneingang	06.07.2017
Probenherkunft		Entnahmedatum	06.07.2017
Entnahmeort	aus Fundationsschicht	Entnahme durch	BSL/ef
Objekt	Schwäbisstrasse Steffisburg	Unternehmung	
Bemerkungen	Sondage S1		

Schlammanalyse	SN 670 816 (Durchgänge bezogen auf Gesamtmasse der Probe)									
Korngrösse [mm]	0.002	0.004	0.008	0.011	0.016	0.022	0.032	0.045	0.060	
Durchgang [M.-%]										

Ton (≤ 0.002 mm) Ton + Silt (≤ 0.02 mm)

Siebanalyse	SN EN 933-1															
	Grösstkorn [mm] 111 mm															
Siebgrösse [mm]	.063	.125	.25	.5	1	2	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	63	90
Durchgang [M.-%]	7.0	9.8	14.8	21.2	26.5	31.9	38.6	43.4	49.3	55.8	64.0	71.1	80.0	86.7	91.8	95.7
Grenzbereich	(SN 670 119-NA: Ungebundenes Gemisch 0/45, OC75)															
Oben [M.-%]	12			25	35	45		60		75		90		99		100
Unten [M.-%]	0			5	8	13		20		30		50		75		100

Wassergehalt	3.2 M.-% auf Trockenmasse	Konsistenzgrenzen	Flie遝grenze
SN EN 1097-5		SN 670 345	Ausrollgrenze
			Plastizitätsindex



Berichtsdatum 10.07.2017
Laborant PL

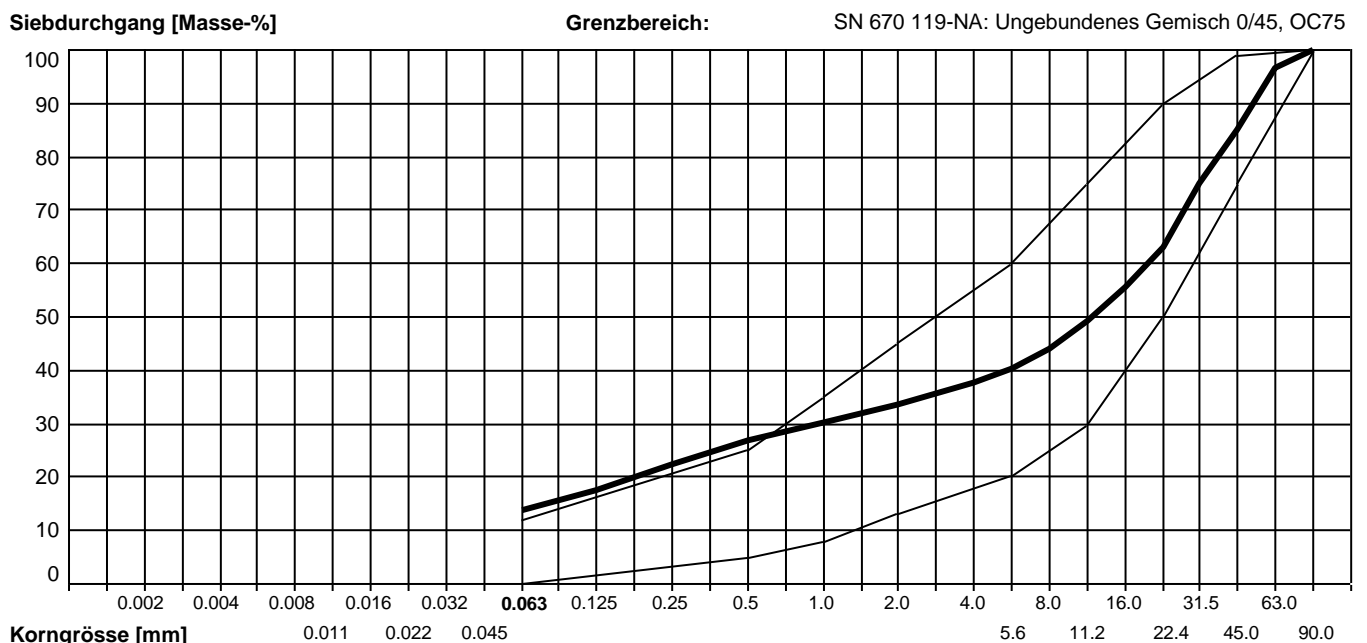
Untersuchung von Ungebundenen Gemischen und Böden

Auftraggeber	Gemeinde Steffisburg Abteilung Tiefbau / Umwelt Höchhusweg 5 3612 Steffisburg	Probennummer	M.17.0553
		Auftragsnummer	17.00671
		Berichtsausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Kiesgemisch	Probeneingang	06.07.2017
Probenherkunft		Entnahmedatum	06.07.2017
Entnahmeort	aus Fundationsschicht	Entnahme durch	BSL/ef
Objekt	Schwäbisstrasse Steffisburg	Unternehmung	
Bemerkungen	Sondage S2		

Schlammanalyse	SN 670 816 (Durchgänge bezogen auf Gesamtmasse der Probe)												
Korngrösse [mm]	0.002	0.004	0.008	0.011	0.016	0.022	0.032	0.045	0.060	Ton (≤ 0.002 mm)	Ton + Silt (≤ 0.02 mm)		
Durchgang [M.-%]													

Siebanalyse	SN EN 933-1										Grösstkorn [mm]		80 mm					
Siebgrösse [mm]	.063	.125	.25	.5	1	2	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	63	90	200	
Durchgang [M.-%]	13.9	17.7	22.5	26.9	30.2	33.7	37.7	40.4	43.9	49.1	55.6	63.2	74.9	85.1	96.5	100.0		
Grenzbereich	(SN 670 119-NA: Ungebundenes Gemisch 0/45, OC75)																	
Oben [M.-%]	12			25	35	45		60		75		90		99		100		
Unten [M.-%]	0			5	8	13		20		30		50		75		100		

Wassergehalt	4.9 M.-% auf Trockenmasse	Konsistenzgrenzen	SN 670 345	Flie遝grenze	23.5 Masse-%
SN EN 1097-5				Ausrollgrenze	18.6 Masse-%
				Plastizitätsindex	4.9



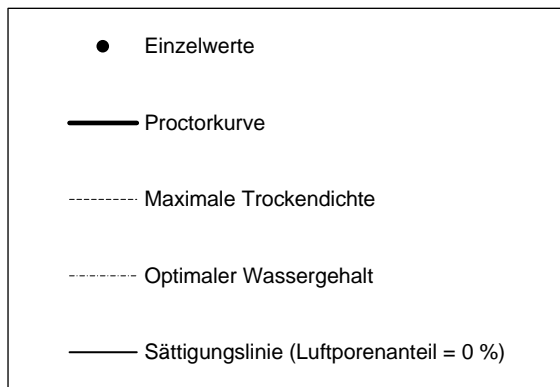
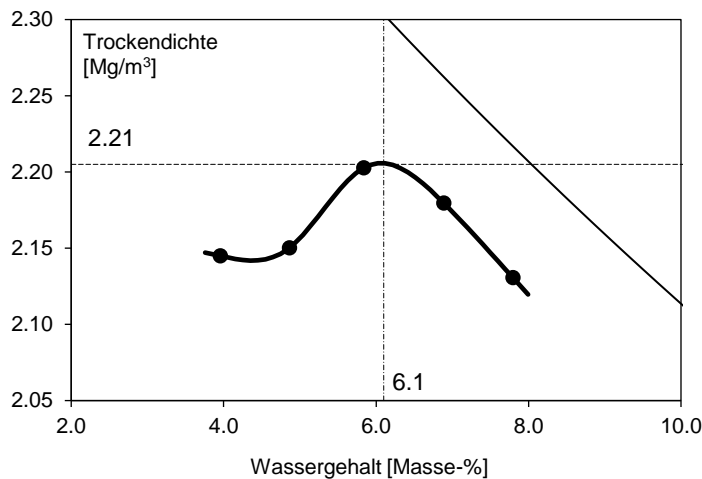
Berichtsdatum 10.07.2017
Laborant PL

Proctorversuch

SN 670 330-2:2012 / SN EN 13286-2:2010

Auftraggeber	Gemeinde Steffisburg Abteilung Tiefbau / Umwelt Höchhusweg 5 3612 Steffisburg	Probennummer	M.17.0552
		Auftragsnummer	17.00671
		Berichtsausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Kiesgemisch	Probeneingang	06.07.2017
Probenherkunft		Entnahmedatum	06.07.2017
Entnahmeort	aus Fundationsschicht	Entnahme durch	BSL/ef
Baustelle	Schwäbisstrasse Steffisburg	Unternehmung	
Bemerkungen	Sondage S1		
Wassergehalt	3.2 M.-% bei Anlieferung (Gesamtprobe; Ofentrocknung gem. SN EN 1097-5)		
Geprüfte Kornklasse	0/16 mm	Verdichtungsenergie:	1.2 MJ/m ³
Proctortopf	B (Ø = 152 mm)		

Proctorkurve



Einzelwerte

Prüfkörper [-]	Wassergehalt [Masse-%]	Trockendichte [Mg/m ³]
1	4.0	2.145
2	4.9	2.150
3	5.8	2.203
4	6.9	2.180
5	7.8	2.131
6	--	--

Prüfresultat gem. Proctorkurve

Opt. Wassergehalt w	6.1	Masse-%
Max. Trockendichte ρ_d	2.21	Mg/m³

Berechnung Gesamtprobe 0/D_{max}

Überkornanteil*	36.0	Masse-%
Wassergehalt Überkorn	1.0	Masse-%
Kornrohdichte**	2.68	Mg/m ³
Opt. Wassergehalt w'	≈ 4.3	Masse-%
Max. Trockendichte ρ_d'	≈ 2.28	Mg/m³

* Kornanteil grösser als die geprüfte Kornklasse

** Annahme Rohdichte Festsubstanz

Berichtsdatum: 18.07.2017
Laborant ef

CBR-Versuch

SN 670 330-47:2012 / SN EN 13286-47:2004

Auftraggeber	Gemeinde Steffisburg	Probennummer	M.17.0552
Adresse	Abteilung Tiefbau / Umwelt Höchhusweg 5 3612 Steffisburg	Auftragsnummer	17.00671
		Berichtausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Kiesgemisch	Probeneingang	06.07.2017
Probenherkunft		Entnahmedatum	06.07.2017
Entnahmeort	aus Foundationsschicht	Entnahme durch	BSL/ef
Baustelle	Schwäbisstrasse Steffisburg	Unternehmung	
Bemerkungen	Sondage S1		

Geprüfte Kornklasse	0/16	mm	Einbauwassergehalt	6.1	Masse-%
Prüfkörpervolumen	2302	cm ³ (Proctortopf B; Ø = 152 mm)	Feuchtraumdichte	2.341	Mg/m ³
Prüfkörperherstellung	Verdichtung mit Proctorhammer ²⁾		Trockenraumdichte	2.206	Mg/m ³

²⁾ Abgeändertes Verfahren: Einwaage Probenmasse bezogen auf max. Trockendichte aus Proctorversuch (EN 13286-2; Topf B; Verdichtungsenergie 1.2 MJ/m³)

Versuchsart*	CBR ₁	Masse Auflast	7.5	kg **
Nachbehandlung	keine (Prüfung sofort nach Verdichtung)	Endwassergehalt	5.9	Masse-%

* gem. SN 670 330-47:2012, Ziff. 5

** in Anlehnung an SN 670 321a

Prüfresultate:

Stempeleindringtiefe / Last

2.5 mm	10.1	kN
5.0 mm	20.1	kN

Referenzlast (EN 13286-47:2004)

2.5 mm	13.2	kN
5.0 mm	20.0	kN

CBR-Werte

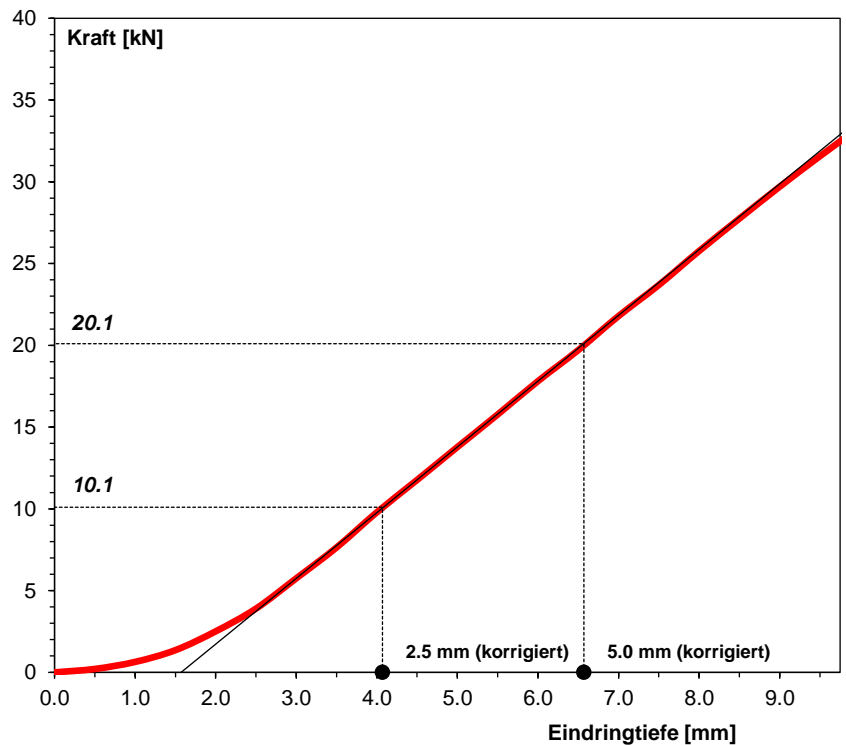
2.5 mm	75	%
5.0 mm	100	%

Gerundet gem. SN EN 13286-47:2004, Tabelle 1.
Als massgebendes Resultat gilt jene Eindringtiefe bzw. Last, die den höheren Prozentwert ergibt (SN EN 13286-47:2004, Ziff. 10.2).

Schwellmass Δh

Δh	--	%
t	--	h

Δh = prozentuale Höhenänderung des Prüfkörpers bei Wasserlagerung; t = Dauer Wasserlagerung bis Δh
(Das Schwellmass wird nur beim CBR₂-Versuch bestimmt).



Berichtsdatum 24.07.2017
Laborant ef

Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Prüfresultate. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers.
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die oben erwähnte Probe.
Elektronische versendete Prüfberichte sind auch ohne Unterschrift gültig. Im Streitfall gilt das unterzeichnete Laborexemplar.

CBR-Versuch

SN 670 330-47:2012 / SN EN 13286-47:2004

Auftraggeber	Gemeinde Steffisburg	Probennummer	M.17.0552
Adresse	Abteilung Tiefbau / Umwelt Höchhusweg 5 3612 Steffisburg	Auftragsnummer	17.00671
		Berichtsausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Kiesgemisch	Probeneingang	06.07.2017
Probenherkunft		Entnahmedatum	06.07.2017
Entnahmeort	aus Fundationsschicht	Entnahme durch	BSL/ef
Baustelle	Schwäbisstrasse Steffisburg	Unternehmung	
Bemerkungen	Sondage S1		

Geprüfte Kornklasse	0/16	mm	Einbauwassergehalt	6.1	Masse-%
Prüfkörpervolumen	2300	cm ³ (Proctortopf B; Ø = 152 mm)	Feuchtraumdichte	2.344	Mg/m ³
Prüfkörperherstellung	Verdichtung mit Proctorhammer ²⁾		Trockenraumdichte	2.209	Mg/m ³

²⁾ Abgeändertes Verfahren: Einwaage Probenmasse bezogen auf max. Trockendichte aus Proctorversuch (EN 13286-2; Topf B; Verdichtungsenergie 1.2 MJ/m³)

Versuchsart*	CBR ₂	Masse Auflast	7.5	kg **
Nachbehandlung	4 Tage (96 h) Wasserlagerung	Endwassergehalt	6.7	Masse-%

* gem. SN 670 330-47:2012, Ziff. 5

** in Anlehnung an SN 670 321a

Prüfresultate:

Stempeleindringtiefe / Last

2.5 mm	13.2	kN
5.0 mm	23.4	kN

Referenzlast (EN 13286-47:2004)

2.5 mm	13.2	kN
5.0 mm	20.0	kN

CBR-Werte

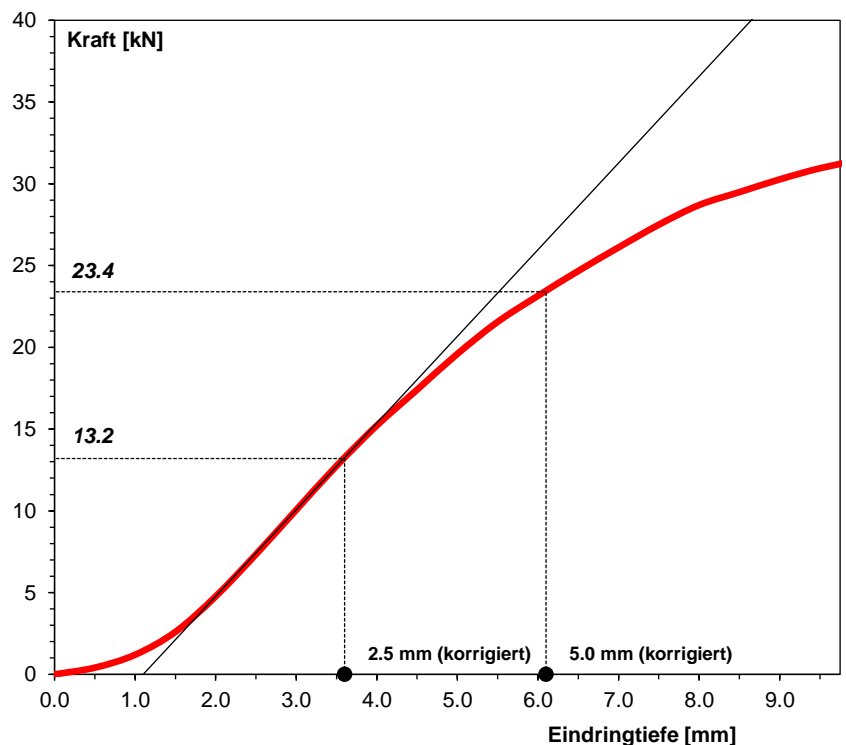
2.5 mm	100	%
5.0 mm	115	%

Gerundet gem. SN EN 13286-47:2004, Tabelle 1.
Als massgebendes Resultat gilt jene Eindringtiefe bzw. Last, die den höheren Prozentwert ergibt (SN EN 13286-47:2004, Ziff. 10.2).

Schwellmass Δh

Δh	-0.02	%
t	72	h

Δh = prozentuale Höhenänderung des Prüfkörpers bei Wasserlagerung; t = Dauer Wasserlagerung bis Δh
(Das Schwellmass wird nur beim CBR₂-Versuch bestimmt).



Berichtsdatum 26.07.2017
Laborant ef

Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Prüfresultate. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers.
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die oben erwähnte Probe.
Elektronische versendete Prüfberichte sind auch ohne Unterschrift gültig. Im Streitfall gilt das unterzeichnete Laborexemplar.

CBR_F-WERT NACH FROSTHEBUNGSVERSUCH

SN 670 321a

Auftraggeber	Gemeinde Steffisburg	Probennummer	M.17.0552
Adresse	Abteilung Tiefbau / Umwelt Höchhusweg 5 3612 Steffisburg	Auftragsnummer	17.00671
		Berichtsausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Kiesgemisch	Probeneingang	06.07.2017
Probenherkunft		Entnahmedatum	06.07.2017
Entnahmeort	aus Fundationsschicht	Entnahme durch	BSL/ef
Baustelle	Schwäbisstrasse Steffisburg	Unternehmung	
Bemerkungen	Sondage S1		

Geprüfte Kornklasse	0/16 mm	Einbauwassergehalt	6.1	Masse-%
Prüfkörpervolumen	2360 cm ³ (Zylinder gem. SN 670 321a)	Feuchtraumdichte	2.344	Mg/m ³
Prüfkörperherstellung	Verdichtung mit Proctorhammer ²⁾	Trockenraumdichte	2.209	Mg/m ³

²⁾ Abgeändertes Verfahren: Einwaage Probenmasse bezogen auf max. Trockendichte aus Proctorversuch (EN 13286-2; Topf B; Verdichtungsenergie 1.2 MJ/m³)

Versuchsart	CBR _F	Masse Auflast	7.5	kg
Nachbehandlung	Frosthebungsversuch gem. SN 670 321a	Endwassergehalt²⁾	6.9	Masse-%
Versuchsstart	21.07.2017			

²⁾ vor dem Stempeleindringversuch

Prüfresultate:

Stempeleindringtiefe / Last

2.5 mm	12.1	kN
5.0 mm	21.2	kN

Referenzlast (EN 13286-47:2004)

2.5 mm	13.2	kN
5.0 mm	20.0	kN

CBR-Werte

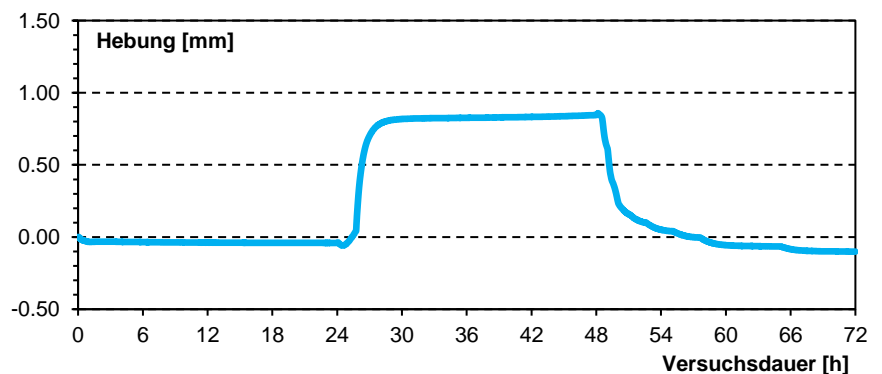
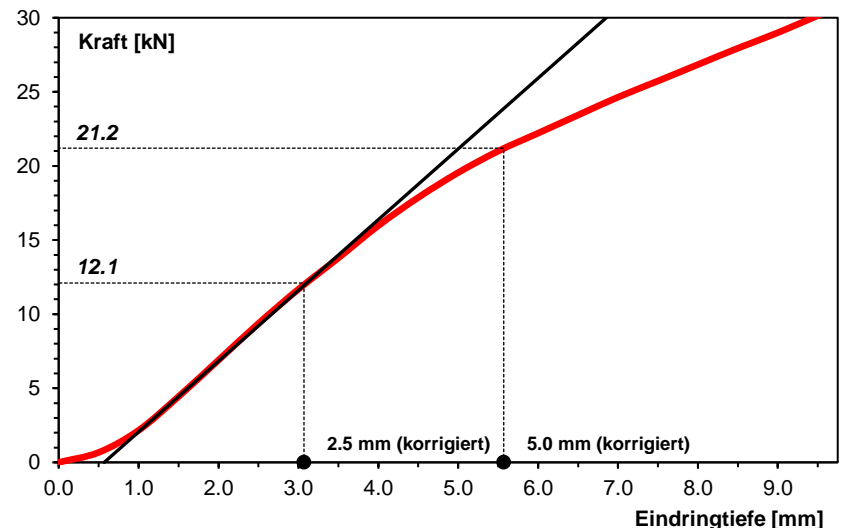
2.5 mm	90	%
5.0 mm	105	%

Gerundet gem. SN EN 13286-47:2004, Tabelle 1.
Als massgebendes Resultat gilt jene Eindringtiefe bzw. Last, die den höheren Prozentwert ergibt (SN EN 13286-47:2004, Ziff. 10.2).

Frosthebung:

f	0.86	mm
r	-0.05	mm
r/f	-0.06	

f = maximale Frosthebung in [mm]; r = Resthebung in [mm] (Differenz unmittelbar vor Frostversuch und nach dem Auftauen)



Berichtsdatum 25.07.2017
Laborant ef

Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Prüfresultate. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers.
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die oben erwähnte Probe.
Elektronisch versendete Prüfberichte sind auch ohne Unterschrift gültig. Im Streitfall gilt das unterzeichnete Laborexemplar.



Allgemeine Geschäftsbedingungen

1. Qualitätssicherung

BSL Baustofflabor AG (kurz *Baustofflabor*) ist nach ISO/IEC 17025 unter der Nummer STS 0030 als unabhängige, neutrale Prüfstelle akkreditiert. Die Erstakkreditierung fand am 8. September 1993 statt (ehemals *Frutiger AG Labor*). Die letzte Reakkreditierung erfolgte am 8. September 2013 durch die Schweizerische Akkreditierungsstelle SAS.

Nach der Erstzertifizierung vom 30. März 1995 erfolgte die letzte Neuzertifizierung nach prozessorientiertem Qualitätsmanagement gemäss SN EN ISO 9001:2008 am 28. April 2013. Am 28. Juni 2005 erlangte *Baustofflabor* die Umweltzertifizierung gemäss SN EN ISO 14001:2004, welche am 28. April 2013 erneuert wurde.

2. Dienstleistung für den Kunden

Als Überblick über die Leistungen steht dem Kunden die aktuelle Preisliste (www.baustofflabor.ch) zur Verfügung. Der Geltungsbereich der Akkreditierung ist in der aktuellen STS-Liste ersichtlich (www.sas.ch).

Auf Verlangen kann der Kunde während der Prüfung seiner Probe(n) anwesend sein, um sich ein Bild von der Qualität und Kompetenz von *Baustofflabor* zu machen (unter Wahrung der Vertraulichkeit gegenüber anderen Kunden). Dem Kunden werden seine Probe(n), oder Teile / Reste davon, auf Wunsch zur Verfügung gestellt.

Der Kunde wird von *Baustofflabor* bei Auftreten von Verzögerungen oder grösseren Abweichungen informiert.

Baustofflabor nimmt zwecks Verbesserung jegliche Rückmeldung der Kunden zur Kenntnis.

3. Probenahme / Probeannahme

Die Verantwortung von *Baustofflabor* beginnt bereits mit der Probenahme, sofern diese durch eigenes Personal durchgeführt wird. Werden Proben durch den Kunden oder durch Dritte entnommen, so beginnt die Verantwortung erst mit der persönlichen Annahme der Proben durch das Personal von *Baustofflabor*.

4. Prüfungen / Arbeitsanleitungen / Unteraufträge

Die Durchführung der einzelnen Prüfungen erfolgt aufgrund detaillierter Arbeitsanleitungen. Diese beinhalten auch die Vorbereitung und Lagerung von Prüfgegenständen. Für jedes Prüfgerät ist eine Geräteanleitung vorhanden, in der die Handhabung, Wartung und Kalibrierung geregelt ist.

Auf Wunsch kann der Kunde die für seinen Auftrag relevanten Arbeits- und Geräteanleitungen im *Baustofflabor* einsehen. Auf Anfrage werden dem Kunden Angaben zur Messunsicherheit der entsprechenden Prüfverfahren gemacht.

Die Vergabe von Prüfungen an Unterauftragnehmer von *Baustofflabor* erfolgt mit Zustimmung des Kunden. *Baustofflabor* übernimmt die Verantwortung für die Tätigkeiten des Unterauftragnehmers, ausser wenn der Kunde selber den Unterauftragnehmer bestimmt hat.

5. Untersuchungsberichte und Prüfatteste

Die Untersuchungsberichte und Prüfatteste werden entsprechend der ISO/IEC 17025:2005 verfasst. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchten Proben. Die gültige Version eines Prüfattests ist immer die visitierte Papierversion. Elektronisch versendete Prüfatteste (E-Mail und Fax) sind auch ohne Unterschrift gültig. Im Streitfall gilt das unterzeichnete Laborexemplar in Papierform.

6. Beurteilung / Beratung

Beurteilungen oder Beratungen sind in der Regel nicht Bestandteil des Untersuchungsberichtes. Auf ausdrücklichen Wunsch des Auftraggebers wird eine Beurteilung oder Beratung anhand der Untersuchungsergebnisse erstellt.

Beurteilungen sind Interpretationen von Prüfergebnissen oder Folgerungen aus Prüferesultaten. Unter Beratungen verstehen wir Empfehlungen oder Sanierungsvorschläge.

Beurteilungen oder Beratungen liegen ausserhalb des akkreditierten Bereichs vom *Baustofflabor*.

7. Vertraulichkeit

Baustofflabor behandelt alle erarbeiteten Resultate als vertraulich. Ohne ausdrücklichen Wunsch des Auftraggebers werden keine Resultate, Berichte oder Auskünfte über Prüfergebnisse an Dritte abgegeben.

8. Archivierung

Arbeitsprotokolle, Untersuchungsberichte und Prüfatteste (auch elektronische Versionen) werden 10 Jahre aufbewahrt.

9. Urheberrecht

Ohne schriftliche Genehmigung von *Baustofflabor* dürfen Untersuchungsberichte und Prüfatteste nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

10. Beanstandungen

Beanstandungen zu Prüfberichten oder Rechnungen sind innert 4 Wochen nach Ausgabedatum anzubringen. Sie werden durch *Baustofflabor* nach den Richtlinien des Qualitätshandbuchs behandelt.

11. Entsorgung/Rückstellung von Proben

Ohne anderweitige Regelung mit dem Auftraggeber werden die Proben nach Abschluss der Prüfungen entsorgt.