

Prof. Dr.-Ing. Martin Köhler
Dr.-Ing. Marc-Oliver Förster

ConVia
Ingenieurgemeinschaft
Sachverständige für Verkehrswegebau

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Hothan, Hannover
Prof. Dr.-Ing. Martin Köhler, Herford
Prof. Dr.-Ing. Norbert Rogosch, Holzminden
Dr.-Ing. Marc-Oliver Förster, Hannover

Hellerweg 52
32052 Herford
Tel. : +49 (0)5221 / 76 39 530
Fax : +49 (0)5221 / 76 39 531
E-Mail: koehler@convia-ing.de

Stöckener Straße 21
30419 Hannover
Tel. : +49 (0)511 / 279 43 907
Fax : +49 (0)511 / 279 43 908
E-Mail: foerster@convia-ing.de

Gutachterliche Stellungnahme zum Zustand der Verkehrsflächenbefestigungen in der Straße "Winkelweg" in Detmold - Pivitsheide VL

im Auftrag der

Stadt Detmold

FB 5 Tiefbau und Immobilienmanagement

5.21 Erhaltungs- und Infrastrukturmanagement

Prof. Dr.-Ing. Martin Köhler
Dr.-Ing. Marc-Oliver Förster

ConVia
Ingenieurgemeinschaft
Sachverständige für Verkehrswegebau

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Hothan, Hannover
Prof. Dr.-Ing. Martin Köhler, Herford
Prof. Dr.-Ing. Norbert Rogosch, Holzminden
Dr.-Ing. Marc-Oliver Förster, Hannover

Hellerweg 52
32052 Herford
Tel. : +49 (0)5221 / 76 39 530
Fax : +49 (0)5221 / 76 39 531
E-Mail: koehler@convia-ing.de

Stöckener Straße 21
30419 Hannover
Tel. : +49 (0)511 / 279 43 907
Fax : +49 (0)511 / 279 43 908
E-Mail: foerster@convia-ing.de

01.06.2015

Gutachterliche Stellungnahme zum Zustand der Verkehrsflächenbefestigungen in der Straße "Winkelweg" in Detmold - Pivitsheide VL

im Auftrag der

Stadt Detmold

FB 5 Tiefbau und Immobilienmanagement

5.21 Erhaltungs- und Infrastrukturmanagement

Inhalt

1	Veranlassung.....	3
2	Zustandserfassung und -bewertung.....	7
2.1	Vorgehen.....	7
2.2	Visuelle Zustandserfassung und Zustandsbewertung	7
2.3	Bohrkernentnahme und Ermittlung des Substanzwertes(Bestand).....	15
2.4	Beurteilung des Zustandes der Fahrbahnsubstanz anhand des Substanzwertes(Gesamt).....	19
3	Erkundung des Schichtenaufbaus der Fahrbahnbefestigung durch das Anlegen von Schürfen.....	20
3.1	Schurf 1 im Abschnitt Bielefelder Straße bis Hirtenweg	20
3.2	Schurf 2 im Abschnitt Hirtenweg bis Weberstraße	23
4	Stellungnahme.....	26
	Literatur / verwendete Quellen:.....	27
	Anlagen	

1 Veranlassung

Die Stadt Detmold plant eine Erneuerung der Verkehrsflächenbefestigungen in der Straße "Winkelweg" im Ortsteil Pivitsheide VL. Der Winkelweg stellt als Wohn- bzw. Sammelstraße eine Verbindung her zwischen der Bielefelder Straße im Süden und der Weberstraße im Nordwesten. Dazwischen mündet an der Kindertagesstätte der Hirtenweg in den Winkelweg ein.

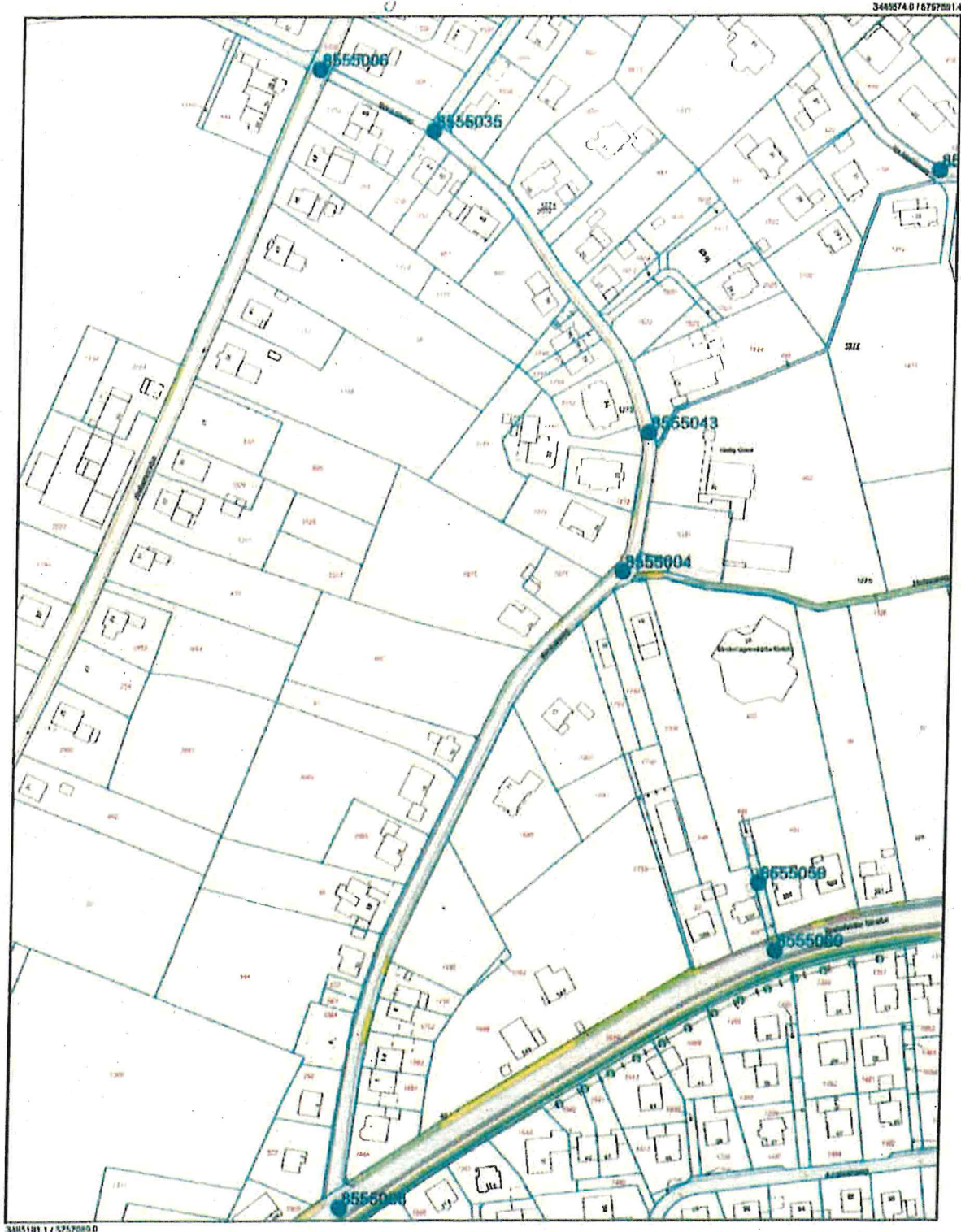


Abb. 1: Auszug aus dem Geodatenportal der Stadt Detmold mit Angabe der Netzknotennummern

Der Querschnitt des Winkelwegs weist im Verlauf eine etwas unterschiedliche Charakteristik auf, so dass er für die nachfolgende Betrachtung in zwei Abschnitte unterteilt wird:

1. Abschnitt:

Einmündung Bielefelder Straße bis Hirtenweg (Netzknotenabschnitt 8555 008 nach 8555 004) mit einer Länge von ca. 302 m

2. Abschnitt:

Einmündung Hirtenweg bis Kreuzung Winkelweg/Weberstraße/Auf dem Heidekamp (Netzknotenabschnitte 8555 004 nach 8555 043, 8555 043 nach 8555 035 und 8555 035 nach 8555 006) mit einer Gesamtlänge von ca. 278 m.

Im ersten Abschnitt weist die Fahrbahn (bis auf den aufgeweitet markierten Einmündungsbereich in die Bielefelder Straße) eine Breite von ca. 3,05 m auf. Überwiegend sind die ehemals beidseitig vorhandenen, unmittelbar angrenzenden Entwässerungsgräben verrohrt und zugeschüttet sowie teilweise mit einem Asphalt-Überzug als provisorische Versiegelung versehen worden. Auf diese Verbreiterungsbereiche wird im Begegnungsfall von den Fahrzeugen ausgewichen. Daneben werden die Verbreiterungsbereiche zum Abstellen von Kraftfahrzeugen genutzt. Geh- oder Radwege sind nicht vorhanden.



Abb. 2: Aufgeweiteter Einmündungsbereich des Winkelwegs (links) in die Bielefelder Straße



Abb. 3: Ca. 3 m breite Fahrbahn mit beidseitig vorhandenen, teilweise provisorisch asphaltierten Verbreiterungsbereichen (NKA 8555 008 nach 8555 004, ca. Station 90 m)



Abb. 4: Ca. 3 m breite Fahrbahn mit beidseitig vorhandenen, teilweise provisorisch asphaltierten Verbreiterungsbereichen und Entwässerungsgräben (NKA 8555 008 nach 8555 004, ca. Station 280 m)

Im zweiten Abschnitt ist die ursprüngliche Fahrbahn offenbar im Zuge einer Rohrleitungsverlegung am nordöstlichen Fahrbahnrand verbreitert worden. Die Nebenfläche am gegenüberliegenden Fahrbahnrand weist hingegen die Charakteristik eines ebenfalls provisorisch versiegelten Verbreiterungsbereiches auf. Auch hierauf werden Kraftfahrzeuge abgestellt.



Abb. 5 Ca. 3,70 m breite Fahrbahn mit südwestlich (links) vorhandenem, provisorisch asphaltiertem Verbreiterungsbereich (NKA 8555 043 nach 8555 035, ca. Station 50 m)



Abb. 6: Ca. 3,70 m breite Fahrbahn mit südwestlich (links) vorhandenem, provisorisch asphaltiertem Verbreiterungsbereich (NKA 8555 043 nach 8555 035, ca. Station 120 m)

In Vorbereitung möglicher Baumaßnahmen an den Verkehrsflächenbefestigungen der Straße "Winkelweg" wurden wir seitens der Stadt Detmold beauftragt, den Zustand der Fahrbahnbefestigung zu erfassen und zu bewerten.

2 Zustandserfassung und -bewertung

2.1 Vorgehen

Zur Ermittlung des Zustandes der Fahrbahnbefestigung wurde eine visuelle Zustandserfassung nach dem Konzept der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) durchgeführt. Das Oberflächenbild wurde jeweils durch Fotos dokumentiert. Daran anschließend erfolgte eine formalisierte Zustandsbewertung zur Ermittlung des Gebrauchswertes, der die Befahrbarkeit der Fahrbahn anhand von Ebenheitsmerkmalen beschreibt und die Ermittlung des Substanzwertes(Oberfläche), mit dem der Zustand der Fahrbahnsubstanz anhand der oberflächlich erkennbaren Substanzschäden beurteilt wird (vgl. [1]). Anschließend erfolgte die Entnahme von Bohrkernen zur Ermittlung des Schichtenaufbaus der Asphaltbefestigung und zur Feststellung von Gefügeschäden. Daraus wurde anhand eines formalisierten Verfahrens der Substanzwert(Bestand) abgeleitet, aus dem die Eignung des vorhandenen Schichtenaufbaus für die Verkehrsbelastung beurteilt wird. Abschließend wurde aus dem Substanzwert(Oberfläche) und dem Substanzwert(Bestand) der Substanzwert(gesamt) errechnet, der den Zustand der Fahrbahnsubstanz kennzeichnet.

2.2 Visuelle Zustandserfassung und Zustandsbewertung

Die visuelle Zustandserfassung wurde gemäß den Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen (E EMI 2012) [2] und dem Arbeitspapier AP 9, K 2.2 [3], am 10.04.2015 durchgeführt. Erfasst wurde nur der Zustand der Fahrbahn, nicht der Verbreiterungsbereiche. Dazu wurde, beginnend am Netzknoten 8555 008 in der Fahrbahnmitte der Bielefelder Straße und nachfolgend jeweils beginnend am Start-Netzknoten jedes Abschnittes, die Fahrbahn "Winkelweg" in Längsrichtung in 10 m lange Erfassungsabschnitte eingeteilt. Je Erfassungsabschnitt wurde registriert:

- Grunddaten:

- Minimale und maximale Breite der Fahrbahn [m]

- Ebenheit:

- SPT -Querebenheit (Tiefe von Spurrinnen/Mulden) [mm] unter der 2 m-Latte gemäß TP Eben [4],
- AUN - Allgemeine Unebenheiten anhand einer fünfstufigen verbalen Skala von "sehr schwach ausgeprägt" bis "sehr stark ausgeprägt"

- Substanzmerkmale Oberflächenbild:

- RISS - Einzelrisse / Netzrisse (betroffene Fläche) [Prozent der Fläche]
- OAN - Offene Arbeitsnähte (betroffene Länge) [Prozent der Länge]
- OBS - Sonstige Oberflächenschäden (Ausmagerungen, Bindemittelanreicherungen) (betroffene Fläche) [Prozent der Fläche]
- AFLI - Aufgesetzte Flickstellen als Ergebnis von Unterhaltungsarbeiten (betroffene Fläche) [Prozent der Fläche]
- EFLI - Eingelegte Flickstellen als wiederhergestellte Aufgrabungsstellen (betroffene Fläche) [Prozent der Fläche]

Daneben wurde das Oberflächenbild je Erfassungsabschnitt eingehend fotografisch dokumentiert. Die aufgenommenen Fotos liegen in digitaler Form auf einem Datenträger dieser Stellungnahme bei.



Abb. 7: Visuelle Beurteilung und Dokumentation der Zustandsmerkmale der Oberfläche (NKA 8555 043 nach 8555 035, ca. Station 0 m)

Im Rahmen der Zustandserfassung wurde die folgende Ausprägung der Zustandsmerkmale festgestellt.

Tab. 1: Ergebnisse der visuellen Zustandserfassung (Zustandsgrößen): 1. Abschnitt (Netzknotenabschnitt 8555 008 nach 8555 004)

Abschnitt		Breite		SPT	AUN	RISS	OAN	OBS	AFLI	EFLI	
Nr.	von [m]	bis [m]	min. [m]	max. [m]	[mm]	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	
1	4	10	5,40	5,65	13,5	3,0	50	80	20	30	0
2	10	20	5,55	5,65	30	3,0	30	100	20	30	0
3	20	30	3,09	5,55	3	1,0	0	0	20	10	0
4	30	40	3,05	3,09	3	1,0	0	0	0	0	0
5	40	50	3,09	3,12	5	1,0	0	0	0	0	0
6	50	60	3,10	3,12	0	1,0	10	0	0	0	0
7	60	70	3,10	3,10	4	1,0	10	0	0	0	0
8	70	80	3,10	3,10	3	1,0	0	0	0	0	0
9	80	90	3,10	3,10	1	1,0	10	0	0	0	0
10	90	100	3,05	3,05	2	1,0	0	0	0	0	0
11	100	110	3,05	3,05	1	1,0	0	0	0	5	0
12	110	120	3,05	3,05	4	1,0	0	0	0	0	0
13	120	130	3,05	3,05	4	1,0	0	0	0	0	0
14	130	140	3,05	3,05	5	1,0	0	0	10	0	0
15	140	150	3,05	3,05	4	1,0	0	0	0	0	0
16	150	160	3,05	3,05	3	1,0	0	0	0	5	0
17	160	170	3,05	3,05	4	2,5	15	0	0	0	0
18	170	180	3,05	3,05	4	1,0	0	0	5	0	10
19	180	190	3,05	3,05	2	1,0	0	0	0	0	0
20	190	200	3,05	3,05	1	1,0	10	0	10	0	0
21	200	210	3,05	3,05	1	1,0	10	0	0	0	0
22	210	220	3,05	3,05	4	1,0	0	0	10	0	0
23	220	230	3,05	3,05	5	1,0	0	0	0	5	10
24	230	240	3,05	3,05	2	1,0	0	0	5	5	0
25	240	250	3,05	3,05	0	1,0	0	0	5	0	0
26	250	260	3,05	3,05	0	1,0	0	0	0	0	0
27	260	270	3,05	3,05	2	1,0	0	0	0	0	0
28	270	280	3,05	3,05	3	1,0	20	0	0	0	0
29	280	290	3,05	3,05	1	1,0	10	0	0	0	0
30	290	300	3,05	3,05	2	1,0	10	0	0	0	0
31	300	302	3,05	3,05	3	1,0	0	0	0	0	0

Tab. 2: Ergebnisse der visuellen Zustandserfassung (Zustandsgrößen): 2. Abschnitt (Netzknotenabschnitte 8555 004 nach 8555 043, 8555 043 nach 8555 035 und 8555 035 nach 8555 006)

Abschnitt			Breite		SPT	AUN	RISS	OAN	OBS	AFLI	EFLI
Nr.	von [m]	bis [m]	min. [m]	max. [m]	[mm]	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
1	0	10	5,15	6,00	12	3,0	0	100	20	20	30
2	10	20	4,50	5,15	30	3,0	5	30	10	20	50
3	20	30	4,20	4,50	30	3,0	15	30	10	10	70
4	30	40	4,20	4,40	30	3,0	5	100	20	10	40
5	40	50	4,40	4,40	12	3,0	5	30	10	10	30
6	50	58	4,40	4,40	50	3,0	5	50	10	20	30
1	58	68	4,10	4,10	19	2,0	5	60	20	30	20
2	68	78	4,00	4,00	17	2,0	0	100	40	40	20
3	78	88	4,40	4,40	8	2,0	5	100	40	40	30
4	88	98	3,80	3,80	13	2,0	0	40	60	40	60
5	98	108	3,70	3,70	20	3,0	5	40	40	40	30
6	108	118	3,80	3,80	13	2,0	0	10	20	40	20
7	118	128	4,10	4,10	22	2,0	0	80	20	40	20
8	128	138	4,40	4,40	45	2,0	10	80	40	40	20
9	138	148	4,20	4,20	50	2,0	0	10	40	40	10
10	148	158	4,10	4,10	29	2,0	5	40	30	30	40
11	158	168	4,00	4,00	7	2,0	5	100	0	20	0
12	168	178	3,90	3,90	38	2,0	5	100	0	30	30
13	178	188	3,70	3,70	22	2,5	10	20	10	20	10
14	188	198	4,60	4,60	15	3,0	0	30	10	50	15
15	198	208	4,80	4,80	25	2,5	0	60	25	60	10
16	208	218	4,40	4,40	9	3,0	20	40	30	70	10
1	218	228	3,70	3,70	27	2,0	15	100	20	60	0
2	228	238	4,10	4,10	21	2,0	20	50	30	80	0
3	238	248	3,90	3,90	15	2,0	30	50	40	60	15
4	248	258	4,00	4,00	27	2,0	50	50	30	60	15
5	258	268	4,30	4,30	31	2,0	50	40	20	70	15
6	268	270,2	4,30	5,60	15	2,0	20	100	20	10	20

Die Zustandsbewertung erfolgte anhand der nachfolgend aufgeführten Normierungsfunktionen, mit denen zunächst die erfassten dimensionsbehafteten Zustandsgrößen in dimensionsfreie Zustandswerte (Zustandsnoten) überführt wurden. Jede der Normierungsfunktionen ist durch die Stützstellen "1,5-Wert" (Zustandswert 1,5), "Warnwert" (Zustandswert 3,5) und "Schwellenwert" (Zustandswert 4,5) definiert (vgl. [1]).

Tab. 3: Stützstellen der Normierungsfunktionen

Zustandsmerkmal	Kürzel	Stützstellen		
		1,5-Wert ZW 1,5	Warnwert ZW 3,5	Schwellenwert ZW 4,5
<u>Längsebenheit:</u> Allgemeine Unebenheit[-]	AUN	1,5	3,5	4,59
<u>Querebenheit:</u> Spurrinntiefe [mm]	SPT	4	15	25
<u>Substanz:</u> Risse [%]	RISS	1	15	25
Aufgesetzte Flickstellen [%]	AFLI	1	15	25
Sonst. Oberflächenschäden [%]	OBS	1	25	40

Die sich daraus ergebenden Zustandswerte je Erfassungsabschnitt sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Zur Ermittlung eines zusammengefassten Ergebnisses über den gesamten Netzknotenabschnitt wurde das Maximum des Zustandswertes der Spurrinntiefe verwendet. Die übrigen Zustandswerte wurden flächenanteilig gemittelt.

Tabelle 4 lässt den guten Oberflächenzustand der ca. 3 m breiten Fahrbahn im ersten Abschnitt erkennen. Lediglich für die 10 m-Erfassungsabschnitte 1 und 2, in denen die Breite im Knotenpunktsbereich zur Bielefelder Straße durch eine Randmarkierung auf den Verbreiterungsbereich ausgedehnt wurde, ist ein schlechter Oberflächenzustand vorhanden. Betrachtet man lediglich die Verbreiterungsbereiche, so ist deren Zustand durch Ausbrüche, Ausmagerungen und erhebliche Unebenheiten gekennzeichnet. Bis auf die Erfassungsabschnitte 1 und 2 ist der Zustand der Verbreiterungsbereiche in der Tabelle 4 nicht erhalten, da in den Abschnitten 3 bis 31 nur der Zustand der Fahrbahn erfasst wurde.

Tabelle 5 hingegen zeigt auf, dass im 2. Abschnitt ein erheblich schlechterer Oberflächenzustand vorhanden ist. Das Zustandsbild ist geprägt durch starke Querunebenheiten. Auch die Substanzmerkmale Rissbildung (speziell im letzten der drei Netzknotenabschnitte), sonstige Oberflächenschäden (Ausmagerungen/Splittverluste) sowie aufgebrauchte Flickstellen sind stark ausgeprägt und lassen somit einen schlechten Oberflächenzustand erkennen.

Tab. 4: Zustandswerte: 1. Abschnitt (Netzknotenabschnitt 8555 008 nach 8555 004)

Abschnitt			ZWSPT	ZWAUN	ZWRISS	ZWOBS	ZWAFLI
Nr.	von [m]	bis [m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	4	10	3,23	3,00	5,00	3,08	5,00
2	10	20	5,00	3,00	5,00	3,08	5,00
3	20	30	1,00	1,00	1,00	3,08	2,79
4	30	40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	40	50	1,68	1,00	1,00	1,00	1,00
6	50	60	1,00	1,00	2,79	1,00	1,00
7	60	70	1,00	1,00	2,79	1,00	1,00
8	70	80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	80	90	1,00	1,00	2,79	1,00	1,00
10	90	100	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
11	100	110	1,00	1,00	1,00	1,00	2,07
12	110	120	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
13	120	130	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
14	130	140	1,68	1,00	1,00	2,25	1,00
15	140	150	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
16	150	160	1,00	1,00	1,00	1,00	2,07
17	160	170	1,00	2,50	3,50	1,00	1,00
18	170	180	1,00	1,00	1,00	1,83	1,00
19	180	190	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	190	200	1,00	1,00	2,79	2,25	1,00
21	200	210	1,00	1,00	2,79	1,00	1,00
22	210	220	1,00	1,00	1,00	2,25	1,00
23	220	230	1,68	1,00	1,00	1,00	2,07
24	230	240	1,00	1,00	1,00	1,83	2,07
25	240	250	1,00	1,00	1,00	1,83	1,00
26	250	260	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
27	260	270	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
28	270	280	1,00	1,00	4,00	1,00	1,00
29	280	290	1,00	1,00	2,79	1,00	1,00
30	290	300	1,00	1,00	2,79	1,00	1,00
31	300	302	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Gesamt			5,00	1,29	2,05	1,53	1,69

Tab. 5: Zustandswerte: 2. Abschnitt (Netzknotenabschnitte 8555 004 nach 8555 043, 8555 043 nach 8555 035 und 8555 035 nach 8555 006)

Abschnitt			ZWSPT	ZWAUN	ZWRISS	ZWOBS	ZWAFLI
Nr.	von [m]	bis [m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	0	10	2,95	3,00	1,00	3,08	4,00
2	10	20	5,00	3,00	2,07	2,25	4,00
3	20	30	5,00	3,00	3,50	2,25	2,79
4	30	40	5,00	3,00	2,07	3,08	2,79
5	40	50	2,95	3,00	2,07	2,25	2,79
6	50	58	5,00	3,00	2,07	2,25	4,00
1	58	68	3,90	2,00	2,07	3,08	5,00
2	68	78	3,70	2,00	1,00	4,50	5,00
3	78	88	2,23	2,00	2,07	4,50	5,00
4	88	98	3,14	2,00	1,00	5,00	5,00
5	98	108	4,00	3,00	2,07	4,50	5,00
6	108	118	3,14	2,00	1,00	3,08	5,00
7	118	128	4,20	2,00	1,00	3,08	5,00
8	128	138	5,00	2,00	2,79	4,50	5,00
9	138	148	5,00	2,00	1,00	4,50	5,00
10	148	158	5,00	2,00	2,07	3,83	5,00
11	158	168	2,05	2,00	2,07	1,00	4,00
12	168	178	5,00	2,00	2,07	1,00	5,00
13	178	188	4,20	2,50	2,79	2,25	4,00
14	188	198	3,50	3,00	1,00	2,25	5,00
15	198	208	4,50	2,50	1,00	3,50	5,00
16	208	218	2,41	3,00	4,00	3,83	5,00
1	218	228	5,00	2,00	3,50	3,08	5,00
2	228	238	4,10	2,00	4,00	3,83	5,00
3	238	248	3,50	2,00	5,00	4,50	5,00
4	248	258	5,00	2,00	5,00	3,83	5,00
5	258	268	5,00	2,00	5,00	3,08	5,00
6	268	270,2	3,50	2,00	4,00	3,08	2,79
Gesamt			5,00	2,39	2,37	3,25	5,00

Die Ergebnisse der Zustandserfassung sind in Anlage 1 beigefügt.

Als Gebrauchswert TWGEB wird das Maximum aus den Zustandswerten der Oberflächenebenheit (ZWSPT und ZWAUN) ermittelt.

Der Schadenswert TWRIO ergibt sich gemäß FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/A1.2 [6] durch die folgende Berechnung aus den substanzrelevanten Zustandsmerkmalen ZWRISS, ZWOBS und ZWAFLI:

$$TWRIO = 1 + 1,25 \cdot \ln(0,5 \cdot ZWRISS^2 + 0,25 \cdot ZWAFLI^2 + 0,25 \cdot ZWOBS^2)$$

Der Substanzwert(Oberfläche) TWSUB ermittelt sich daraus zu:

$$TWSUB = 0,75 \cdot TWRIO + 0,25 \cdot \text{Max}(ZWAUN; ZWSPT)$$

Somit ergeben sich die folgenden Ergebnisse für die beiden Abschnitte:

1. Abschnitt von der Bielefelder Straße bis zum Hirtenweg Netzknotenabschnitt 8555 008 nach 8555 004:

Der Gebrauchswert TWGEB für die ersten beiden Erfassungsabschnitte wurde ermittelt zu TWGEB = 5,0. Dies ergibt sich durch die infolge der markierten Aufweitung des Querschnitts an der Einmündung in die Bielefelder Straße aufgrund des schlechten Zustands in den Randbereichen. Bei einer Mittelung über die übrigen Erfassungsabschnitte bis zum Hirtenweg ergibt sich ein TWGEB < 3,5. Hier wäre der Warnwert (3,5) noch nicht erreicht; der schlechte Gebrauchszustand beschränkt sich allein auf die Verbreiterungsbereiche.

Da in der formalisierten Bewertung das Maximum der Spurrinnentiefe für den gesamten Netzknotenabschnitt angesetzt wird, ergibt sich hiernach ein Gebrauchswert TWGEB von 5,0 für den Netzknotenabschnitt.

Der Schadenswert TWRIO für den Netzknotenabschnitt ergibt sich zu

$$TWRIO = 2,53$$

Durch die Einbeziehung der Querunebenheiten ist der Substanzwert(Oberfläche) mit

$$TWSUB = 3,15$$

ein wenig höher. Dennoch wird der Warnwert (3,5) noch unterschritten.

Der Gebrauchszustand des ersten Abschnittes kann somit auf der Fahrbahn als "gut", der Zustand der Substanz als "befriedigend" bezeichnet werden. Der (nicht explizit dokumentierte) Zustand der Verbreiterungsbereiche hingegen ist sehr schlecht.

2. Abschnitt vom Hirtenweg bis zur Weberstraße (Netzknotenabschnitte 8555 004 nach 8555 043, 8555 043 nach 8555 035 und 8555 035 nach 8555 006)

Der zweite Abschnitt weist einen schlechteren Oberflächenzustand auf. Der Gebrauchswert TWGEB als Mittel über diesen, aus drei Netzknotenabschnitten bestehenden Abschnitt, ergibt sich zu

$$\text{TWGEB} = 5,0.$$

Der Schwellenwert von 4,5 ist somit bereits überschritten.

Der Schadenswert TWRIO wurde ermittelt zu

$$\text{TWRIO} = 4,1.$$

Damit ist der Warnwert von 3,5 bereits überschritten; der Schwellenwert von 4,5 ist noch nicht erreicht.

Der Substanzwert(Oberfläche) wurde berechnet zu

$$\text{TWSUB} = 4,3.$$

Auch dieser Teilwert überschreitet bereits den Warnwert und bleibt nur knapp unter dem Schwellenwert von 4,5.

Der an die Fahrbahn am südwestlichen Fahrbahnrand angrenzende Verbreiterungsbereich weist überwiegend erhebliche Unebenheiten, Rissbildung und Ausbrüche auf. Sowohl der Gebrauchszustand als auch der Zustand der Substanz sind hier mangelhaft.

2.3 Bohrkernentnahme und Ermittlung des Substanzwertes(Bestand)

Nachfolgend nach der visuellen Zustandserfassung wurden in der 16. Kw. 2015 durch den Bauhof der Stadt Detmold fünf Bohrkern aus dem Asphaltaufbau der Fahrbahnbefestigung entnommen:

1. Abschnitt:

Netzknotenabschnitt 8555 008 nach 8555 004:

Bohrkern 1: Station 69,5 m, Abstand zum rechten Fahrbahnrand: ca. 2,20 m

Bohrkern 2: Station 142,5 m, Abstand zum rechten Fahrbahnrand: ca. 2,00 m

Bohrkern 3: Station 254,5 m, Abstand zum rechten Fahrbahnrand: ca. 0,60 m

2. Abschnitt:

Netzknotenabschnitt 8555 004 nach 8555 043:

Bohrkern 4: Station 41,5 m

Netzknotenabschnitt 8555 043 nach 8555 035:

Bohrkern 5: Station 128,0 m, Abstand zum rechten Fahrbahnrand: ca. 0,80 m

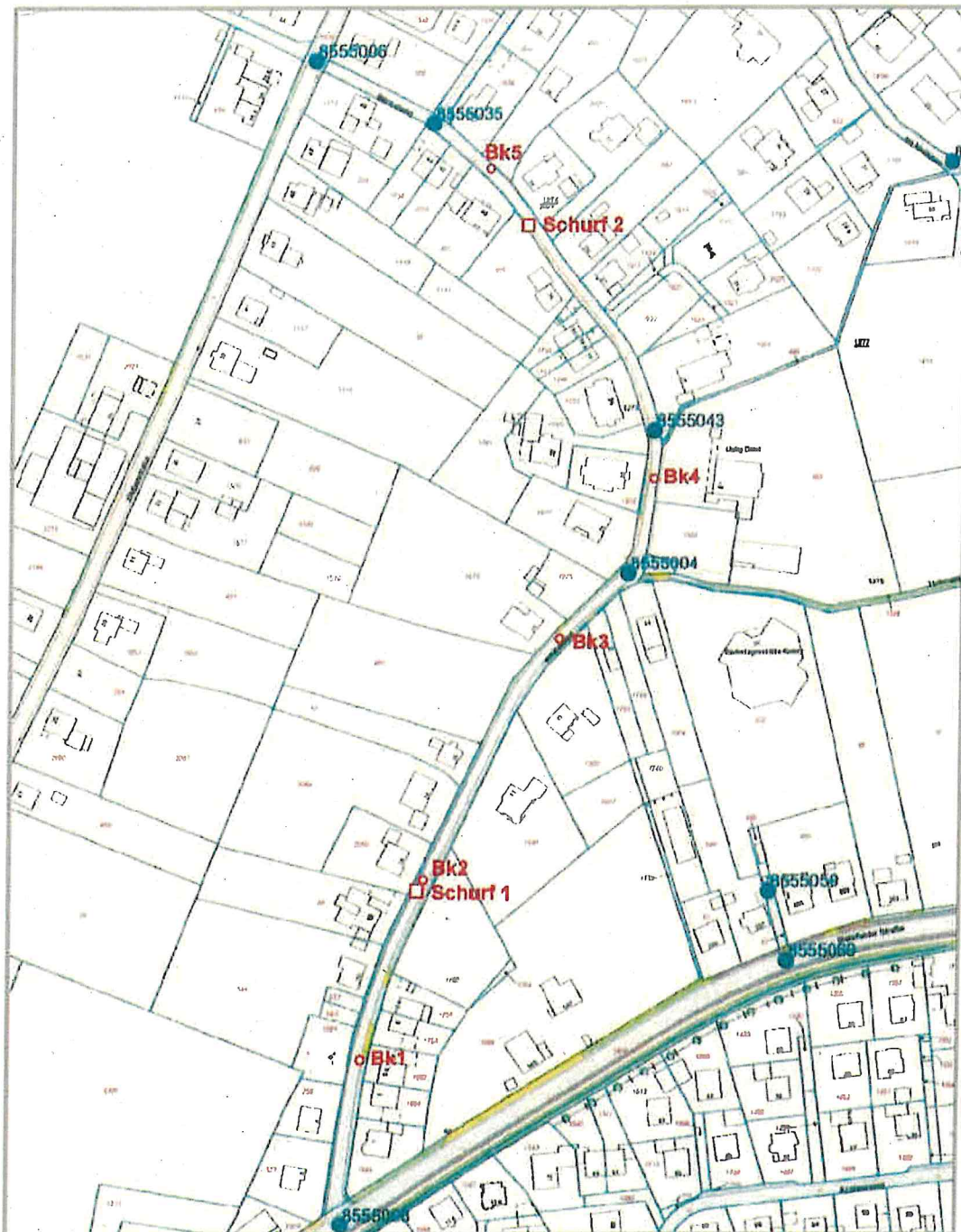


Abb. 8: Lage der Bohrkernentnahmestellen (Bk1 bis Bk5) sowie der später angelegten Schürfe

Anhand der Bohrkern wurden die folgenden bituminös gebundenen Asphalttschichten festgestellt:

Bohrkern 1:

- ca. 2,4 cm Asphaltdeckschicht 0/8
- ca. 6,0 cm Asphalttragschicht 0/22, kein Verbund zur Unterlage
Teer-Tränkmakadam (im Bohrkern fehlend)

Bohrkern 2:

- ca. 2,5 cm Asphaltdeckschicht 0/8
- ca. 7,5 cm Asphalttragschicht 0/22, kein Verbund zur Unterlage
(ca. 7,6 cm) Teer-Tränkmakadam mit Oberflächenbehandlung (im benachbarten Schurf vor-
gefunden)

Bohrkern 3:

- ca. 1,9 cm Asphaltdeckschicht 0/8
- ca. 8,1 cm Asphalttragschicht 0/32, kein Verbund zur Unterlage
Teer-Tränkmakadam (im Bohrkern fehlend)

Bohrkern 4:

- ca. 1,7 cm Asphaltdeckschicht 0/5
- ca. 6,3 cm Asphalttragschicht 0/32
- (?) Teer-Tränkmakadam

Bohrkern 5:

- ca. 2,3 cm Asphaltdeckschicht 0/5
- ca. 9,1 cm Asphalttragschicht 0/22
- (?) Teer-Tränkmakadam

Eine umfassende Dokumentation der Bohrkern ist in Anlage 2 enthalten.

Unter Berücksichtigung der anhand der Bohrkern bestimmten Dicken der bituminös gebundenen Schichten wurde, unter Einbeziehung der Schichtdickenmessungen in den Schürfen, eine Ermittlung des Substanzwertes(Bestand) gemäß FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/S [5] durchgeführt. Dazu wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Die Fahrbahn der Straße "Winkelweg" wird in die Belastungsklasse Bk1,8 gemäß RStO 12 eingeordnet.

- Verformungsmodul auf der Oberfläche der Tragschicht ohne Bindemittel:
 $E_{v2} = 120 \text{ MPa}$
- Die beiden obersten Asphalttschichten weisen ein Alter von 40 Jahren, die darunter befindliche Tränkmakadamschicht ein Alter von 80 Jahren auf. Die Makadamschicht wird, entsprechend der Messung im Schurf 1, mit einer Dicke von 7,6 cm angesetzt.

Damit ergibt sich bei der Berechnung für

Bohrkern 2 / Schurf 1:

Erforderlicher Dickenindex $DI_{\text{erf}} = 20 \text{ cm}$
Dicke der äquivalenten Asphalttschicht: $DI_{\text{vorh}} = 7,0 \text{ cm}$
Bemessungsindex $BI = DI_{\text{vorh}} / DI_{\text{erf}} = 0,352$
Substanzwert(Bestand) $SW_B = 5,0$

Bohrkern 4:

Erforderlicher Dickenindex $DI_{\text{erf}} = 20 \text{ cm}$
Dicke der äquivalenten Asphalttschicht: $DI_{\text{vorh}} = 7,7 \text{ cm}$
Bemessungsindex $BI = DI_{\text{vorh}} / DI_{\text{erf}} = 0,387$
Substanzwert(Bestand) $SW_B = 5,0$

Bohrkern 5:

Erforderlicher Dickenindex $DI_{\text{erf}} = 20 \text{ cm}$
Dicke der äquivalenten Asphalttschicht: $DI_{\text{vorh}} = 9,6 \text{ cm}$
Bemessungsindex $BI = DI_{\text{vorh}} / DI_{\text{erf}} = 0,479$
Substanzwert(Bestand) $SW_B = 4,67$ (aufgerundet: 5,0)

Für den Schurf 2, der im Bereich einer wiederhergestellten Aufgrabung anlässlich der Verlegung des Abwasserkanals eine sehr dicke bituminöse Befestigung erhielt, wurde zusätzlich ein Substanzwert(Bestand) von 2,2 ermittelt. Dies gilt jedoch nur für den Verlauf der Rohrleitung und kann somit nicht als flächenhaft repräsentativ angesetzt werden (s. Bohrkern 5).

Anhand des ermittelten Substanzwertes(Bestand) ist erkennbar, dass der aufbau-, alters- und schadensbedingte Zustandswert den Schwellenwert von 4,5 überschreitet. Der Zustand der Substanz ist anhand dieses Kriteriums für beide Abschnitte als mangelhaft einzustufen.

2.4 Beurteilung des Zustandes der Fahrbahnsubstanz anhand des Substanzwertes(Gesamt)

Für eine umfassende Beurteilung des Zustandes der Fahrbahnsubstanz anhand der Zustandsmerkmale des Oberflächenbildes und anhand des Alters und des Zustandes der bituminösen Schichten wurde die Ermittlung des Substanzwertes(Gesamt) anhand des FGSV-Arbeitspapiers Nr. 9/A1.2 [6] durchgeführt. Da die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche hier nicht relevant ist, ergibt sich in Anlehnung an das FGSV-Arbeitspapier der folgende Berechnungsablauf.

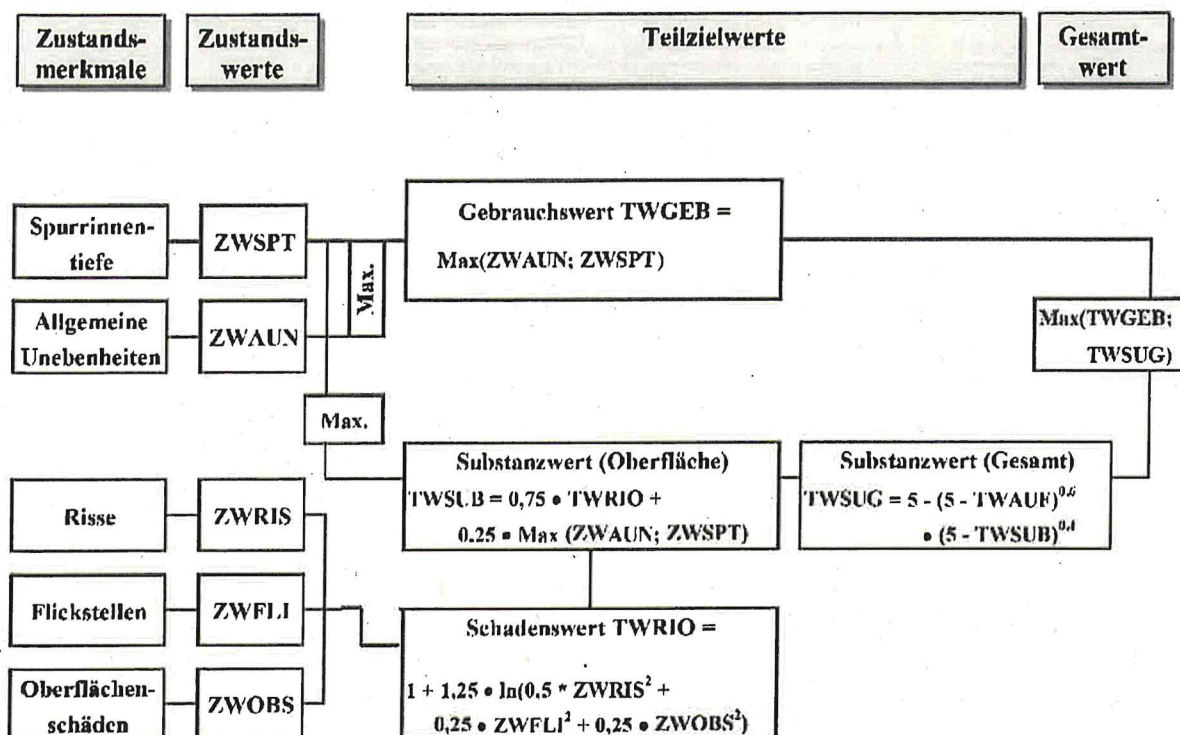


Abb. 9: Ermittlung der Teilzielwerte und des Gesamtwertes in Anlehnung an das FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/A1.2 [6]

Die Berechnung des Substanzwertes(Gesamt) TWSUG erfolgt aus dem Substanzwert(Bestand) SW_B , hier als TWAUF bezeichnet, und dem Substanzwert(Oberfläche) TWSUB:

$$TWSUG = 5 - (5 - TWAUF)^{0,6} \cdot (5 - TWSUB)^{0,6}$$

Für beide Abschnitte des Winkelwegs ergibt sich der Substanzwert(Gesamt) TWSUG zu

$$TWSUG = 5,0.$$

Dies bestimmt auch den Gesamtwert, der damit ebenfalls diesen Wert annimmt:

$$GW = 5,0.$$

Der Schwellenwert von 4,5 ist damit überschritten. Eine Erhaltungsmaßnahme ist somit unbedingt notwendig.

3 Erkundung des Schichtenaufbaus der Fahrbahnbefestigung durch das Anlegen von Schürfen

Zur Erkundung des Schichtenaufbaus der Fahrbahnbefestigung wurden am 06.05.2015 durch den Bauhof der Stadt Detmold zwei Schürfe angelegt. Dabei wurde die bituminöse Befestigung auf einer Fläche von ca. 2 m² entfernt. Auf der freigelegten, darunter befindlichen Unterlage wurde je ein dynamischer Plattendruckversuch gemäß TP BF-StB, Teil B 8.3, zur Ermittlung der Tragfähigkeit ausgeführt. Nur im ersten Schurf wurden anschließend von der Ingenieurgesellschaft Müller-Kirchenbauer und Partner je eine Bohrsondierung und eine leichte Rammsondierung durchgeführt. Aus den bituminösen Schichten wurden Mischproben zur Bestimmung teer-/pechtypischer Bestandteile entnommen (siehe [8]). Danach erfolgte der Ausbau des Materials der Tragschichten ohne Bindemittel mit Probenahme zur Sieblinienbestimmung bis zur Planumsebene. Am vertikalen Anschnitt der Schichten wurden die Schichtdicken gemessen und dokumentiert.

3.1 Schurf 1 im Abschnitt Bielefelder Straße bis Hirtenweg

Da in diesem Abschnitt die Abwasserleitung am östlichen Fahrbahnrand verläuft, wurde der Schurf 1 an der Station 140 m (zwischen Hausnr. 12/14) angelegt. Die Lage des Schurfes wurde am westlichen Fahrbahnrand so gewählt, dass sowohl der provisorisch asphaltierte Verbreiterungsbereich, als auch die Fahrbahn im Bereich eines Querrisses aufgeschnitten wurde.



Abb. 10: Schurf 1: Auftrennen und Aufstemmen der Asphaltbefestigung

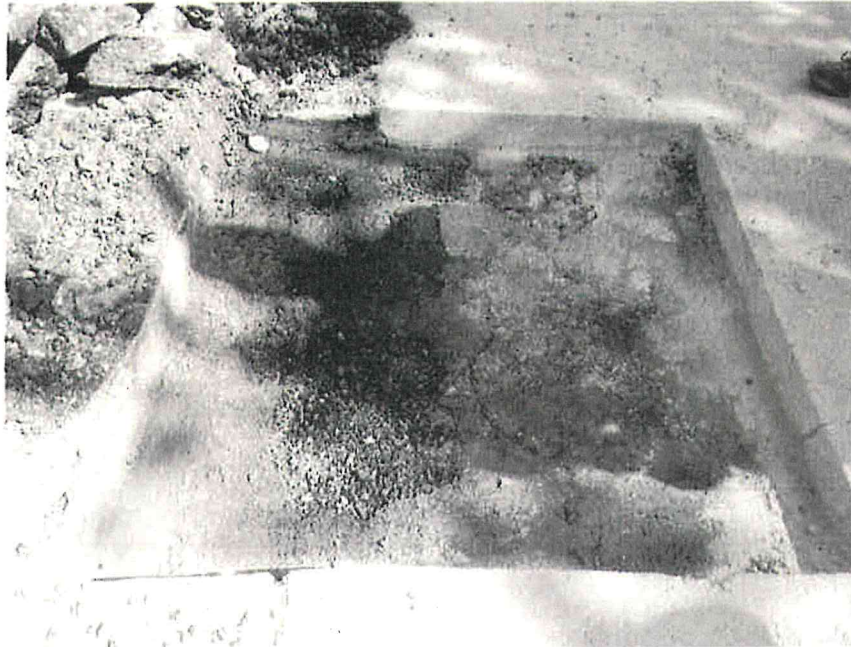


Abb. 11: Schurf 1: Oberfläche der alten bituminösen Schichten nach Entfernen der Asphaltbefestigung

Beim Entfernen der Asphaltsschichten zeigte sich, wie bereits an den Bohrkernen, dass die Asphaltbefestigung keinen Verbund zur Unterlage (ursprüngliche Fahrbahn), bestehend u. a. aus einer Tränkmakadamschicht, aufweist. Diese ursprüngliche Fahrbahn geht in ihrer Breite um ca. 9 cm über die Breite der heutigen Asphaltfahrbahn hinaus und ist von Rissen durchzogen. Der Verbreiterungsbereich besteht aus einem gebrochenen Gesteinskörnungsgemisch und einer oberflächlichen, z. T. mehrlagigen Oberflächenbehandlung.

Auf der obersten Tragschicht (Rüttelschotterschicht) wurde ein dynamischer Verformungsmodul von $E_{vd} = 53,6$ MPa gemessen, woraus sich auf einen Verformungsmodul E_v von etwa 120 MPa schließen lässt. Nach dem Entfernen des Materials der Tragschichten ohne Bindemittel wurden folgende Schichtdicken gemessen:

- ca. 2,5 cm Asphaltdeckschicht
- ca. 7,5 cm Asphalttragdeckschicht
- ca. 0,5 cm Oberflächenbehandlung
- ca. 7 cm Teer-Tränkmakadam
- ca. 13 cm Rüttelschotterschicht (ca. 0/120)
- ca. 10 cm Kiessandauffüllung mit Bruchsteinen (u. a. Ziegelsplitt)
- Planum: schwach schluffiger Sand
-
- ca. 40 cm Oberbaudicke

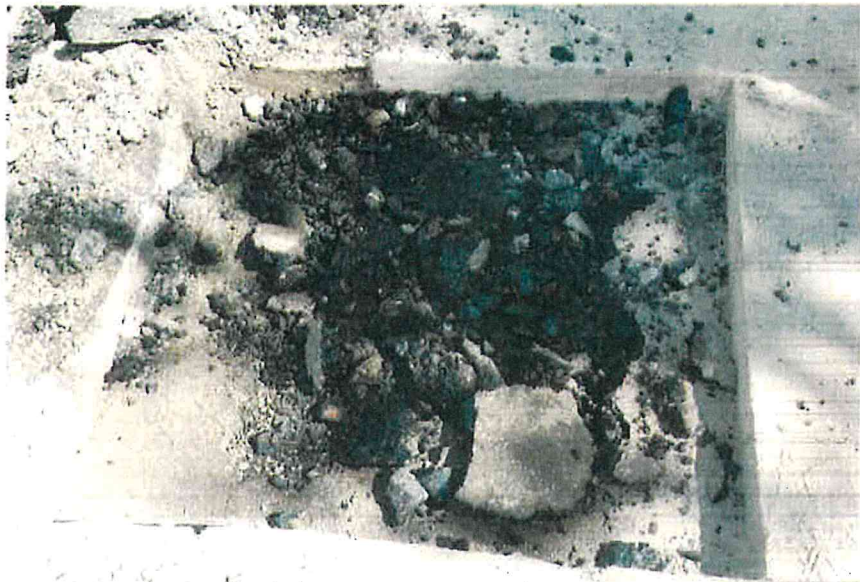


Abb. 12: Schurf 1: Aufgebrochene Teer-Tränkmakadamschicht



Abb. 13: Schurf 1: Schichtenaufbau des Oberbaus

Bis in eine Tiefe von ca. 1,60 m unter Planum wurde kein Grundwasser festgestellt. Die entnommene Asphaltprobe aus Asphaltdeckschicht und -tragdeckschicht weist keine teer-/pechtypischen Bestandteile auf. Hingegen wurden im Teer-Tränkmakadam mit darüber angeordneter Oberflächenbehandlung erhebliche teer-/pechtypische Bestandteile nachgewiesen (PAK-Gehalt 2037 mg/kg; siehe [8]).

3.2 Schurf 2 im Abschnitt Hirtenweg bis Weberstraße

Schurf 2 wurde im Abschnitt 8555 043 -> 8555 035 an der Station 100,0 m (neben Hausnr. 38, nahe der Grenze zu Hausnr. 40) angelegt. Um den Randbereich der Fahrbahn zu erkunden und während der Grabung die Fahrbahn befahrbar zu halten, wurde entschieden, den Schurf am westlichen Fahrbahnrand anzulegen, da am östlichen Fahrbahnrand die Gasleitung unter der Fahrbahn verläuft. Am westlichen Fahrbahnrand befindet sich allerdings die Trasse der Abwasserleitung, sodass hier auf eine Rammsondierung und eine Kleinrammbohrung verzichtet werden musste. Diese wurden nachlaufend in Fahrbahnmitte durchgeführt [8].



Abb. 14: Schurf 2: Auftrennen der Asphaltbefestigung

Beim Entfernen der oberen, ca. 10 cm dicken Asphalt-schichten zeigte sich, dass kein Verbund zur Unterlage besteht; die Asphalt-schichten ließen sich leicht aus der aufgeschnittenen Aufgrabungsfläche herausheben. Auch im Verbreiterungsbereich ließ sich die Asphaltbefestigung leicht schollenartig herausheben.



Abb. 15: Schurf 2: Schollenartig aus der Fahrbahn entfernte Asphaltbefestigung (oben rechts) und ebenfalls schollenartig entfernte Asphaltbefestigung aus dem Verbreiterungsbereich (rechts); als Unterlage ist die leicht feuchte Bitukies-Schicht sichtbar

Im Fahrbahnbereich wurde als Unterlage eine zweilagige, ca. 18 cm dicke bituminöse Tragschicht mit teilweise rundkörniger Gesteinskörnung (Bitukies) vorgefunden, die seitlich ca. 12 cm breiter ist als die darüber angeordnete Asphaltbefestigung. Der Verbreiterungsbereich besteht aus einem gebrochenen Gesteinskörnungsgemisch und einer oberflächlichen, z. T. mehrlagigen Oberflächenbehandlung (ca. 3 cm dick).

Auf der obersten Tragschicht ohne Bindemittel wurde ein dynamischer Verformungsmodul von $E_{vd} = 38,0$ MPa gemessen, woraus sich auf einen Verformungsmodul E_v von etwa 80 MPa schließen lässt. Nach dem Entfernen des Materials der Tragschichten ohne Bindemittel wurden folgende Schichtdicken gemessen:

ca. 10 cm	Asphaltdecke (keine unterschiedlichen Schichten erkennbar)
ca. 18 cm	Bituminöse Tragschicht, zweilagig
ca. 18 cm	Frostschutzschicht aus rundkörnigen und gebrochenen Gesteinskörnungen mit Bruchsteinen (u. a. Ziegelsplitt)
	Planum: Schluffiger Sand

ca. 46 cm	Oberbaudicke

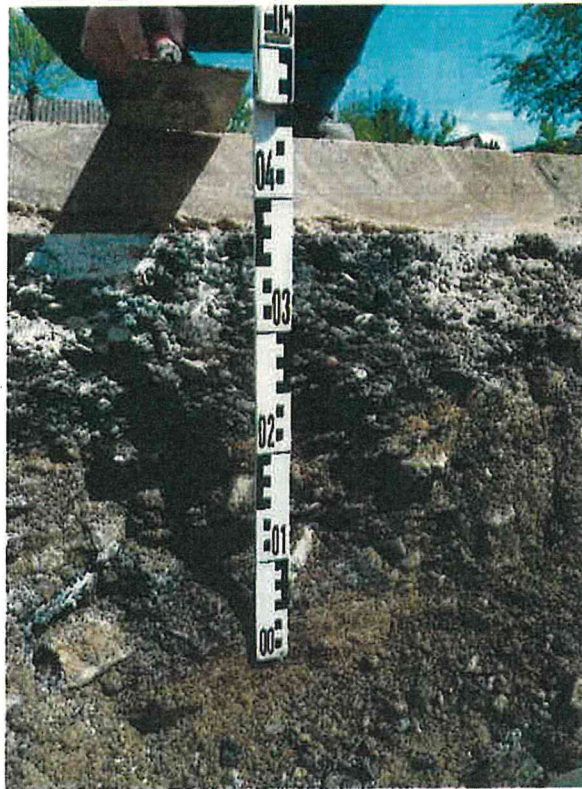


Abb. 16: Schurf 2: Schichtenaufbau des Oberbaus

Bis in eine Tiefe von ca. 1,50 m unter Planum wurde kein Grundwasser festgestellt. Die Mischproben aus der Asphaltdecke einerseits als auch die Probe aus der bituminösen Tragschicht andererseits weisen kaum nachweisbare teer-/pechtypische Bestandteile auf (PAK-Gehalt 0,26 mg/kg und 7,3 mg/kg) [8]) und werden daher als RCL I-Material eingestuft [8]. Dies kann jedoch nur für den Verlauf der Trasse des Abwasserkanals gelten, in dem der Schurf 2 angelegt wurde. Die aus der Fahrbahnmitte entnommenen Bohrkern 4 und 5 lassen erkennen, dass im mittleren Bereich der Fahrbahn ebenfalls eine Schicht aus Teer-Tränkmakadam vorhanden ist. Insofern ist auch hier mit dem Anfall von teerhaltigem Material zu rechnen.

4 Stellungnahme

Der Oberflächenzustand des Winkelwegs im ersten Abschnitt zwischen Winkelweg und Hirtenweg ist im Querschnitt sehr unterschiedlich. Während die ca. 3,05 m breite Fahrbahn einen guten Gebrauchszustand besitzt, ist der Gebrauchszustand der seitlichen Verbreiterungsbereiche, bedingt durch erhebliche Unebenheiten, sehr schlecht. Somit kann zwar die Fahrbahn durch ein Kraftfahrzeug sicher und komfortabel befahren werden. Im Begegnungsfall zwischen Kraftfahrzeugen oder auch mit Radfahrern und Fußgängern müssen einzelne Verkehrsteilnehmer auf den Verbreiterungsbereich ausweichen. Dieser Zustand ist insbesondere für Mobilitätseingeschränkte (Gehbehinderte, Fußgänger mit Kinderwagen, ...) äußerst unbefriedigend.



Abb. 17: Im Begegnungsfall mit einem Lkw ist aufgrund der geringen Breite der Fahrbahn von ca. 3,05 m ein Ausweichen auf den unebenen Verbreiterungsbereich notwendig

Der Substanzwert(Oberfläche) erreicht auf der Fahrbahn im ersten Abschnitt zwar noch nicht ganz den Warnwert, dennoch ist bereits ein erheblicher Substanzverzehr feststellbar. Betrachtet man den Aufbau der Fahrbahnbefestigung, so fällt der fehlende Schichtenverbund zwischen dem ca. 10 cm dicken Asphaltaufbau und der darunter befindlichen teerhaltigen Befestigung auf. Darunter schließt sich eine Rüttelschotterschicht und eine Kiessandauffüllung an, die aufgrund ihres Feinanteils von ca. 18 M.-% als "nicht frostsicher" einzustufen ist. Der unter Verwendung der Schichtdicken und -arten sowie auch einer Reihe von Annahmen zur Nutzungsdauer ermittelte Substanzwert(Bestand) lässt, aufgrund des Überschreitens des Schwellenwertes von 4,5, erkennen, dass alters- und ggf. frostbedingt mit dem Entstehen von Substanzschäden zu rechnen ist. So wurden u. a. Querrisse festgestellt, die auf eine alterungsbedingte Entstehung dieser Risse bei Abkühlung (Kälterisse) schließen lassen. Daher ist damit zu rechnen, dass in den nächsten Jahren die Entstehung weiterer Substanzschäden

(Risse, Ausbrüche, Flickstellen) zunehmen wird. Durch einen Erhalt der vorhandenen Fahrbahnbefestigung ergäbe sich ein Ausfallrisiko und damit verbunden ein Wertverlustrisiko im Anlagenbestand. Eine Erhaltungsmaßnahme sollte somit als grundhafte Erneuerung durchgeführt werden, um allen Verkehrsteilnehmern eine sichere und komfortable Nutzung der Verkehrsflächen zu ermöglichen und die bereits erheblich gealterten Asphalttschichten, die teerhaltigen Schichten und die nicht frostsichere Kiessandauffüllung aus dem Oberbau zu entfernen.

Im zweiten Abschnitt des Winkelwegs zwischen Hirtenweg und Weberstraße ist aufgrund der größeren Fahrbahnbreite im Begegnungsfall teilweise kein Ausweichen auf den Verbreiterungsbereich notwendig. Dafür ist aber der Gebrauchszustand mit einem Gebrauchswert von 5,0 bereits mangelhaft. Er ergibt sich maßgeblich aufgrund der vorhandenen Querunebenheiten. Der Substanzwert(Oberfläche) überschreitet mit TWSUB = 4,3 bereits den Warnwert und bleibt nur geringfügig unter dem Schwellenwert von 4,5. Der aus dem Schichtenaufbau in der Mitte der Fahrbahn ermittelte Substanzwert(Bestand) beträgt bereits 5,0. Daraus ist abzuleiten, dass die Substanz der Fahrbahnbefestigung das Ende der Nutzungsdauer erreicht hat. Eine Erhaltungsmaßnahme sollte auch in diesem Abschnitt als grundhafte Erneuerung durchgeführt werden. Bei dieser Maßnahme werden u. a. die teerhaltige Tränkmakadamschicht als auch die mit einem Feinanteil von 12 M.-% nicht ausreichend frostsichere Frostschutzschicht aus dem Oberbau entfernt.

Für beide Abschnitte ist ein neuer Aufbau der Verkehrsflächenbefestigungen nach den RStO 12 [6] zu konzipieren, um nach Durchführung der Erneuerungsmaßnahme die planmäßige Nutzungsdauer und Abschreibungszeit in der Anlagenbuchhaltung ansetzen zu können.

Literatur / verwendete Quellen:

- [1] Köhler, M.:
Straßenerhaltungsmanagement; in: Bracher, M.; Holzapfel, H.; Kiepe, F.; Lehmbrock, M.; Reutter, U. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Kapitel 4: Rechtliche und ökonomische Rahmenbedingungen der Verkehrsgestaltung, Beitrag 4.4.1.2. VDE Verlag, Berlin Offenbach, 57. Ergänzungslieferung 07/2010
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.):
Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen, Ausgabe 2012 (E EMI 2012); Köln, 2012
- [3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.):
Arbeitspapier Nr. 9 zur Systematik der Straßenerhaltung (AP 9), Reihe K: Kommunale Belange, Abschnitt K 2: Zustandserfassung, Unterabschnitt K 2.2: Vorbereitung und Durchführung der visuellen Zustandserfassung für innerörtliche Verkehrsflächen; Köln, 2005

- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.):
Technische Prüfvorschriften für Ebenheitsmessungen auf Fahrbahnoberflächen in Längs- und Querrichtung, Teil Berührende Messungen (TP Eben), Ausgabe 2007; Köln, 2005
- [5] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.):
Arbeitspapier Nr. 9/S zur Erhaltungsplanung: Reihe S - Substanzwert (Bestand), Ausgabe 2003; Köln, 2003
- [6] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (RStO 12); Köln, 2012
- [7] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.):
Arbeitspapier Nr. 9/A1.2 zur ZEB, Reihe A: Auswertung, Abschnitt A 1, Unterabschnitt A 1.2: Zustandsbewertung bei visueller Erfassung; Köln, September 2001
- [8] Ingenieurgesellschaft Müller-Kirchenbauer und Partner:
BV Winkelweg und Am Hasselbach in 32758 Detmold; Projektnummer 05 15 101; Baugrunduntersuchungen und Geotechnischer Ergebnisbericht; Lemgo, 01.06.2015

Herford, 01.06.2015



(Prof. Dr.-Ing. Martin Köhler)

Anlagen