

	DIN EN 13036-8	
ICS 93.080.10; 93.120	Entwurf	Einsprüche bis 2024-07-10 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 13036-8:2008-06
Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 8: Bestimmung von Querunebenheit und Querneigung; Deutsche und Englische Fassung prEN 13036-8:2024 Road and airfield surface characteristics – Test methods – Part 8: Determination of transverse unevenness and crossfall indices; German and English version prEN 13036-8:2024 Caractéristiques de surface des routes et aérodromes – Méthodes d’essai – Partie 8: Détermination des inégalités transversales et des chutes transversales; Version allemande et anglaise prEN 13036-8:2024 Anwendungswarnvermerk Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-05-10 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben; – oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden; – oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin. Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 84 Seiten DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)		

Nationales Vorwort

Das Dokument prEN 13036-8:2024 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-10-08 AA „Oberflächeneigenschaften (SpA zu CEN/TC 227/WG 5)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3534-1 siehe DIN ISO 3534-1

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13036-8:2008-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Routinen für die Vorverarbeitung des Querprofils vor der Berechnung der Indizes hinzugefügt;
- b) Verfahren zur Berechnung von Querunebenheiten für Profilometer mit einem dicht erfassten Querprofil hinzugefügt;
- c) mehr Möglichkeiten zur Charakterisierung der Querunebenheit und des Querfalls hinzugefügt; Berechnungsroutinen für alle Variablen wurden aktualisiert und besser beschrieben:
 - zwei zusätzliche Prinzipien zur Beschreibung der Spurrinnentiefe hinzugefügt (Gleitdraht-Spurrinnentiefe und Gesamt-Querunebenheit);
 - zusätzliches Prinzip zur Beschreibung der Querneigung hinzugefügt (Querneigungslinie);
 - Definition der Randabsenkung aktualisiert;
 - Abstand zwischen Spurrinnenknöpfen hinzugefügt;
 - Spurrinnenbreite hinzugefügt;
 - Spurrinnenfläche hinzugefügt;
 - Wasserfläche hinzugefügt;
- d) Stufenhöhe entfernt;
- e) Link zu Implementierungsleitfaden zur Berechnung der Variablen hinzugefügt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 3534-1, *Statistik — Begriffe und Formelzeichen — Teil 1: Wahrscheinlichkeit und allgemeine statistische Begriffe*

– Leerseite –

Juni 2024

prEN 13036-8

**Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen – Prüfverfahren – Teil 8:
Bestimmung von Querunebenheit und Querneigung**

Road and airfield surface characteristics – Test methods – Part 8: Determination of transverse unevenness and crossfall indices

Caractéristiques de surface des routes et aérodromes – Méthodes d’essai – Partie 8: Détermination des inégalités transversales et des chutes transversales

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	10
5 Vorbereitung des Querprofils	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Querprofil gemessen mit einem Profilometer bei Verkehrsgeschwindigkeit	12
6 Berechnung der Indizes	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Indizes für die Spurrinnentiefe	15
6.2.1 Allgemeines	15
6.2.2 Verfahren zu Spurrinnentiefenmessung mittels Gleitdraht (R_{SW})	15
6.2.3 Gesamtquerunebenheitsverfahren (R_{TTU})	16
6.2.4 Das Verfahren der Spurrinnentiefe links und rechts (R_L und R_R)	17
6.3 Sonstige Querindizes	18
6.3.1 Allgemeines	18
6.3.2 Grathöhe (R_H)	18
6.3.3 Wasser in Spurrinnen	19
6.3.4 Verschiedene Querindizes	21
6.4 Querneigung (CF_R)	21
7 Messgeräte und ihre Verwendung	23
7.1 Messgeräte	23
7.2 Position in Querrichtung	24
8 Genauigkeit	24
8.1 Allgemeines	24
8.2 Auflösung der dargestellten Indizes	24
8.3 Präzision	24
8.4 Verzerrung	24
9 Sicherheit	25
10 Bericht für Messungen auf Projektebene	25
Anhang A (normativ) Messung der Parameter für die Breitenunebenheit und der Unregelmäßigkeiten mittels Richtlatte	27
A.1 Messung mittels Richtlatte	27
A.1.1 Allgemeines	27
A.1.2 Abtastfrequenz, abgedeckte Mess-/Analysenbreite	27
A.1.3 Messverfahren	27
A.2 Angabe der Ergebnisse	29
A.2.1 Prüfbericht	29
Anhang B (informativ) Verwendung von Querindizes	30
Anhang C (informativ) Leitfaden für die Umsetzung	32
Anhang D (informativ) Auswertung und Verwendung von Querindizes	33
Anhang E (informativ) Sonstige Querindizes	34
E.1 Allgemeines	34
E.2 Querneigungsverlauf (CF_L)	34
E.3 Kantenabsenkung (ES)	34
E.4 Abstand zwischen den Spurrinnensohlen (DRB)	36
E.5 Spurrinnenbreite links und rechts (RW_L , RW_R)	37
E.6 Spurrinnenfläche links und rechts (RA_L , RA_R)	38
Literaturhinweise	40

Bilder

Bild 1 — Beschreibung der Begriffe „Abtastintervall“, „Erfassungswiederholintervall“ und „Auswertungswiederholintervall“	12
Bild 2 — Das erweiterte und gespiegelte für das Filtern vorbereitete Querprofil Das orange dargestellte Profil ist das ursprüngliche Profil. Die blaue Erweiterung ist die Spiegelung.	14
Bild 3 — Überblick über verschiedene Spurrinnentiefenindizes	15
Bild 4 — Gleitdrahtspurrinnentiefe berechnet für ein 3,2 m breites Querprofil, $R_{SW2.0} = s5$. . .	16
Bild 5 — Gesamtunebenheit berechnet für ein 3,2 m breites Querprofil, $R_{TTU3.2} = s13$	17
Bild 6 — Die linke und rechte Spurrinnentiefe berechnet für ein 3,2 m breites Querprofil, $R_{L1.9} = s3$ (im oberen Bild), $R_{R1.9} = s5$ (im unteren Bild)	18
Bild 7 — Grathöhe berechnet für ein 3,2 m breites Querprofil, $RH = s6$	19
Bild 8 — Beispiel für die theoretische Wassertiefe auf der linken und der rechten Seite des Querprofils	20
Bild 9 — Beispiel für die theoretische Summe der Wasserfläche auf der linken und der rechten Seite des Querprofils	21
Bild 10 — Verwendeter Teil des Querprofils, der aufgrund der automatisch detektierten Fahrstreifenbreite bestimmt wurde	22
Bild 11 — Querneigung von schmalen Straßen, wenn das Querprofil Teile der Fahrbahn der Gegenrichtung abdeckt, oder von Straßen ohne Markierung der Mittellinie Der schwarze Teil der Querprofile in den Bildern wird zur Berechnung der Querneigung verwendet. Die Querneigung wird als die Neigung der geraden Linie berechnet. Die Bilder erläutern die Situation für Rechtsverkehr.	22
Bild A.1 — Spurrinnentiefe gemessen mit einer Richtlatte in der linken und in der rechten Radspur (maximale Spurrinnentiefe bei R_L und R_R)	28
Bild A.2 — Spurrinnentiefe gemessen mit einer Richtlatte in der linken und in der rechten Radspur (maximale Spurrinnentiefe bei R_L und R_R)	28
Bild E.1 — Querneignungsverlauf; die Querneigung ist definiert als die Neigung der Linie durch die äußeren Punkte des Querprofils. Das Bild erläutert die Situation für Rechtsverkehr. .	34
Bild E.2 — Prinzip der Berechnung der Kantenabsenkung. Das Bild erläutert die Situation für Rechtsverkehr.	36
Bild E.3 — Prinzip der Berechnung des Abstands zwischen den Spurrinnensohlen	37
Bild E.4 — Prinzipien zur Berechnung der Spurrinnenbreite links und rechts	38
Bild E.5 — Prinzipien zur Berechnung der Spurrinnenfläche links und rechts	39

Tabellen

Tabelle B.1 — Verschiedene Querindizes und ihre Verwendung	30
--	----

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13036-8:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13036-8:2008 ersetzen.

prEN 13036-8:2024 enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen gegenüber EN 13036-8:2008:

- Routinen für die Vorbereitung des Querprofils vor der Berechnung der Indizes;
- die Norm enthält Verfahren zur Berechnung der Querunebenheit anhand eines mittels Profilometer dicht erfassten Querprofils;
- die Norm enthält weitere Möglichkeiten zur Charakterisierung der Querunebenheit und der Querneigung. Die Routinen zur Berechnung aller Indizes wurden aktualisiert und besser beschrieben:
 - zwei zusätzliche Prinzipien zur Beschreibung der Spurrinnentiefe wurden hinzugefügt: die Gleitdrahtspurrinnentiefe und die Gesamtquerunebenheit;
 - ein zusätzliches Prinzip zur Beschreibung der Querneigung wurde hinzugefügt: der Querneigungsverlauf;
 - die Definition der Kantenabsenkung wurde aktualisiert;
 - der Abstand zwischen den Spurrinnensohlen wurde hinzugefügt;
 - die Spurrinnenbreite wurde hinzugefügt;
 - die Spurrinnenfläche wurde hinzugefügt;
 - die Wasserfläche wurde hinzugefügt;
- die Stufenhöhe wurde entfernt;
- ein Link zu einem Leitfaden für die Implementierung der Berechnung der Indizes wurde hinzugefügt.

EN 13036 besteht unter dem allgemeinen Titel *Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren* aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren — Teil 1: Messung der Makrotexturtiefe der Fahrbahnoberfläche mit Hilfe eines volumetrischen Verfahrens*
- *Teil 2: Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren — Teil 2: Verfahren zur Bestimmung der Griffigkeit von Verkehrsflächen*
- *Teil 3: Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren — Teil 3: Messung der horizontalen Entwässerung von Deckschichten*

- Teil 4: Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren — Teil 4: Verfahren zur Messung der Griffigkeit von Oberflächen: Der Pendeltest
- Teil 5: Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren — Teil 5: Bestimmung der Längsunebenheitsindizes
- Teil 6: Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren — Teil 6: Bestimmung der Quer- und Längsprofile in den Wellenlängen der Ebenheit und der Megatextur
- Teil 7: Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren — Teil 7: Messung von Einzelunebenheiten von Verkehrsflächen: Messung mit der Richtlatte
- Teil 8: Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren — Teil 8: Bestimmung der Parameter zur Ermittlung der Breitenunebenheit

Einleitung

Unebenheiten und Querneigung von Straßenoberflächen beeinflussen Verkehrssicherheit, Fahrkomfort, Umweltauswirkungen und die technische Qualität von Straßen. Wenn eine Straße befahren wird, wird die Oberfläche aufgrund der Verkehrslast verformt und abgenutzt. Faktoren, die zur Verschlechterung des Zustandes der Oberfläche beitragen, sind die Nutzungsdauer, die Verkehrslast, Witterungs-/klimatische Bedingungen, geologische Bedingungen, verwendete Materialien und die Festigkeit der Straßenkonstruktion. Zur Vereinfachung der Quantifizierung der Verformung und Abnutzung wurden Indikatoren entwickelt, die auf Querprofilen (orthogonal zur Richtung des Verkehrsflusses) und Längsprofilen (parallel zur Richtung des Verkehrsflusses) beruhen. Die Spurrinnentiefe ist einer dieser Indikatoren für die technische Qualität der Oberfläche, die sich aus der bleibenden Verformung durch die Verkehrslasten und die Abnutzung durch den Kontakt zwischen Reifen und Fahrbahnbelag ergibt. Eine Straße mit einer mäßigen Spurrinnentiefe in Kombination mit einer ausreichenden Querneigung senkt oder beseitigt das Risiko von Aquaplaning bei Nässe, und eine niedrige oder mäßige Spurrinnentiefe gewährleistet eine ausreichende Seitenstabilität von Fahrzeugen mit Anhängern (insbesondere während eines Spurwechsels). Durch Lastenverkehr und Personenkraftwagen können mehr als zwei Radspuren entstehen, da sich die Spurweite unterscheidet. Dies ist besonders ausgeprägt in Ländern, in denen Spikereifen verwendet werden. Die Breitenunebenheit von Straßenprofilen ist daher eine wichtige Information für die Abnahme von neu verlegten Fahrbahnen und für Management- und Planungssysteme für die Instandsetzung von Straßen. Die Breitenunebenheit von Straßenprofilen umfasst mehrere Eigenschaften, z. B. Unregelmäßigkeiten im Querprofil einschließlich der verkehrsbedingten Spurrinnen und Verformungen in den Radspuren. Messvorrichtungen zur Messung der Querprofile können in zwei Gruppen eingeteilt werden:

- langsam bewegte oder stationäre Geräte, wie z. B. die Richtlatte zur Messung von Unregelmäßigkeiten und Spurrinnen;
- Geräte, die bei Verkehrsgeschwindigkeit verwendet werden wie z. B. Profilometer, die je nach Eigenschaften des Gerätes für die Messung von einzelnen Abschnitten und längeren Straßenabschnitten und Straßennetzen geeignet sind.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die mathematische Verarbeitung digitalisierter Querprofilmessungen zur Berechnung von Indizes für Querunebenheit, sonstige Mängel in Querrichtung und Querneigung fest. Dieses Dokument beschreibt die Berechnungsverfahren für die Indizes wie z. B. die Unregelmäßigkeiten (1) Spurrinnentiefe, (2) Grathöhe, (3) Wassertiefe und -fläche, Querneigung, und wie die Indizes auszuwerten und aufzuzeichnen sind. Es beschreibt auch die Möglichkeiten zur Durchführung weiterer Analysen zur Untersuchung von Mängeln und Problemen der Straßenoberfläche, die im Querprofil zu erkennen sind. Letztere werden in Anhang E „Sonstige Querindizes“ (Kantenverformung/Kantenabsenkung, Querneigungsverlauf, Spurrinnenfläche und -breite und Abstand zwischen Spurrinnensohlen) beschrieben.

Die aus diesem Dokument abgeleiteten quantifizierten Ebenheitsindizes sind eine nützliche Unterstützung bei der Qualitätskontrolle der Oberflächen von neu verlegten Fahrbahnbelägen, insbesondere hinsichtlich des Nachweises von Unregelmäßigkeiten infolge unsachgemäßer Verlege- und/oder Verdichtungsarbeiten; Sie sind auch nützlich für die Bewertung des Zustands von befahrenen Fahrbahnbelägen als Teil von regelmäßig durchgeführten Programmen zur Zustandsüberwachung und schließlich als Indizes zur Verwendung bei der Instandhaltungsplanung für Oberflächenenerneuerungsarbeiten von befahrenen Fahrbahnbelägen. Die abgeleiteten Indizes sind übertragbar in dem Sinne, dass sie aus Querprofilen erhalten werden können, die mit einem beliebigen geeigneten Gerät gemessen wurden.

Alle in diesem Dokument beschriebenen Indizes beziehen sich auf den konkreten Fahrstreifen und die Fahrtrichtung, für die die Messung tatsächlich durchgeführt wurde.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 13036-6, *Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren — Teil 6: Bestimmung der Quer- und Längsprofile in den Wellenlängen der Ebenheit und der Megatextur*

EN 13036-7, *Oberflächeneigenschaften von Straßen und Flugplätzen — Prüfverfahren — Teil 7: Messung von Einzelunebenheiten von Verkehrsflächen: Messung mit der Richtlatte*

ISO 3534-1, *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability*

3 Begriffe

Die in diesem Dokument beschriebenen Indizes werden in manchen Fällen für die linke und die rechte Seite des gemessenen Fahrstreifens berechnet. Dies bedeutet für Linksverkehr, dass die linke Seite des Profils dem Bankett am nächsten liegt und die rechte Seite nahe der Mittellinie der Straße liegt. Bei Rechtsverkehr ist es umgekehrt. Das Querprofil beschreibt die Form des gemessenen Fahrstreifens von links nach rechts quer zur Fahrtrichtung.

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

E DIN EN 13036-8:2024-06
prEN 13036-8:2024 (D)

3.1

Erfassungswiederholintervall

Abstand, der dem Längsintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden aufgezeichneten Messergebnissen entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Niedrige Ebene, typischerweise 0,1 m bis 1 m, für weitere Informationen siehe Bild 1.

3.2

Verzerrung

Differenzen zwischen den erwarteten Prüfergebnissen und einem zugelassenen Bezugswert zugelassener Begriff

Anmerkung 1 zum Begriff: Verzerrung ist der systematische Gesamtfehler im Gegensatz zum Zufallsfehler. Der Verzerrung können ein oder mehrere systematische(r) Fehleranteil(e) zugrunde liegen. Eine große systematische Differenz vom zugelassenen Bezugswert wird von einem hohen Verzerrungswert angezeigt (ISO 3534-1).

3.3

Querneigung

Quergefälle eines Fahrstreifens, gemessen senkrecht zur Mittellinie und angegeben in Prozent (als Verhältnis des Höhenunterschieds des Querprofils zur Profillänge) mit einem positiven Wert, wenn die rechte Seite des Querprofils niedriger als die linke Seite ist (für Rechtsverkehr und umgekehrt für Linksverkehr)

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein alternatives Verfahren zur Berechnung der Querneigung ist im informativen Anhang E beschrieben.

3.4

Abstand zwischen den Spurrinnensohlen

Abstand zwischen der Spurrinnensohle auf der rechten Seite des Fahrstreifens und der Spurrinnensohle auf der linken Seite des Fahrstreifens, angegeben in mm

3.5

Kantenabsenkung

Grad der Verformung des Teils des gemessenen Fahrstreifens, der dem Bankett am nächsten liegt, angegeben in mm

3.6

Innenteil des Querprofils

innerer Teil des Querprofils, der der Mittellinie der Straße am nächsten liegt (rechte Seite des Querprofils bei Linksverkehr und umgekehrt bei Rechtsverkehr)

3.7

Außenteil des Querprofils

äußerer Teil des Querprofils, der dem Bankett am nächsten liegt (linke Seite des Querprofils bei Linksverkehr und umgekehrt bei Rechtsverkehr)

3.8

Fahrbahnbelag

Struktur zur Erleichterung des Fahrens über das Gelände, bestehend aus einer oder mehreren Schicht(en)

3.9

Oberflächenschicht oder Nuttschicht

oberste Schicht des Fahrbahnbelags, die vom Verkehr befahren wird

3.10

Präzision

Grad der Übereinstimmung zwischen unabhängigen Prüfergebnissen, erzielt unter festgelegten Bedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Präzision ist allein von der Verteilung der Zufallsfehler abhängig. Das Maß der Präzision wird gewöhnlich als Standardabweichung der Prüfergebnisse berechnet. Geringere Präzision wird durch eine größere Standardabweichung angezeigt (siehe ISO 3534-1).

3.11

Profilometer

Messgerät, das bei üblicher Verkehrsgeschwindigkeit betrieben wird und zur Messung verschiedener Eigenschaften der Straßenoberfläche, z. B. des Längs- und des Querprofils, der Textur und der Straßengeometrie verwendet wird

3.12

Wiederholpräzision

Abweichung der Ergebnisse von Messungen, die mit demselben Gerät unter denselben Bedingungen durch dasselbe Personal am selben Straßenabschnitt innerhalb eines kurzen Zeitraums vorgenommen werden

3.13

Auswertungswiederholintervall

Abstand zwischen zwei nacheinander aufgezeichneten Messergebnissen von Querprofilen (höhere Ebene, typischerweise 10 bis 100 Meter, weitere Informationen siehe Bild 1)

3.14

Grathöhe

Querebenheitsindex, insbesondere für Nebenstraßen, bei denen Spurrinnen seltener auftreten, angegeben in mm

3.15

Spurrinnenfläche

Spurrinnenfläche für den linken und den rechten Teil des Querprofils, berechnet als Summe der Flächen für die linke und die rechte Seite des Profils, angegeben in mm²

3.16

Spurrinnentiefe

Querebenheit berechnet als maximale Abweichung zwischen dem Querprofil einer Fahrbahnoberfläche und einer gedachten geraden Bezugslinie, angegeben in mm

3.17

Spurrinnenbreite

Breite der linken und der rechten Spurrinne, berechnet auf der linken und der rechten Seite des Querprofils, angegeben in mm

3.18

Abtastintervall

zurückgelegter Weg zwischen zwei nacheinander gemessenen Querprofilen (Rohdaten zur Berechnung des Erfassungswiederholintervalls, weitere Informationen siehe Bild 1)

3.19

Abschnitt

Abschnitt einer Straße zwischen zwei Punkten (z. B. Ortsangaben, besondere Eigenschaften oder gemessene Entfernungen), der aus mehreren Unterabschnitten besteht, über die eine kontinuierliche Messfolge durchgeführt wird

3.20

Richtlatte

mechanisches Gerät zur statischen Messung einzelner Unregelmäßigkeiten der Straßenoberfläche

3.21

Oberflächendrahtverfahren

Verfahren zur Berechnung der Spurrinnentiefe, bei dem ein Draht zwischen zwei Endpunkten gespannt wird und auf zwischen ihnen befindlichen Hochpunkten aufliegt, um die Spurrinnentiefe als maximaler senkrechter Abstand zwischen dem Draht und dem Querprofil zu bestimmen

3.22

theoretische Summe der Wasserfläche

Indikator für die Summe der Fläche(n), die zwischen einer horizontalen Bezugslinie und dem gemessenen Profil entstehen, separat berechnet für die linke und die rechte Seite des Querprofils, angegeben in mm²

Anmerkung 1 zum Begriff: Die typische Größe der Wasserfläche beträgt zwischen 0 und 10 000 mm², das entspricht 0 bis 1 dm².

3.23

theoretische Wassertiefe

Indikator für den maximalen Abstand zwischen einer horizontalen Bezugslinie und dem gemessenen Profil, separat berechnet für die linke und die rechte Seite des Querprofils, angegeben in mm

Anmerkung 1 zum Begriff: Die theoretische Wassertiefe und -fläche zeigen das Risiko von Aquaplaning an. Die theoretische Wassertiefe in einer Einsenkung oder Vertiefung wird auch als „Stauwassertiefe“ bezeichnet.

3.24

Erfassungsabtastintervall in Querrichtung

bei einem einzelnen Querprofil in Querrichtung gemessener Abstand zwischen zwei nacheinander gemessenen Datenpunkten an der Oberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Falls das Erfassungsabtastintervall in Querrichtung nicht über das gesamte Profil gleich ist, wird der Mittelwert berechnet.

3.25

Querprofil

geometrische Form der Straßenoberfläche in Querrichtung, beschrieben durch die Höhe der Messpunkte, angegeben in mm

3.26

Richtigkeit

Grad der Übereinstimmung zwischen dem Mittelwert aus einer großen Reihe von Prüfergebnissen und einem Bezugswert

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Grad der Richtigkeit wird im Allgemeinen als Verzerrung angegeben. Er spiegelt die gesamte systematische Abweichung im Vergleich zur zufälligen Abweichung wider. Die Richtigkeit kann eine oder mehrere systematische Abweichungskomponenten beinhalten. Eine große systematische Abweichung vom anerkannten Bezugswert wird durch einen hohen Wert dargestellt (siehe ISO 3534-1).

3.27

Radspuren

Kontaktbereich zwischen der Oberfläche eines Fahrbahnbelags und den Rädern, der von der überwiegenden Mehrheit der Fahrzeugräder befahren wird

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen.

CF_L ist der Querneigungsverlauf;

CF_R ist die Querneigungsregression;

DRB ist der Abstand zwischen den Spurrinnensohlen;

ES ist die Kantenabsenkung;

R ist die größte Spurrinnentiefe aus R_L und R_R ;

RA_L ist die Spurrinnenfläche der linken Radspur;

RA_R ist die Spurrinnenfläche der rechten Radspur;

R_H ist die Grathöhe;

R_L ist die Spurrinnentiefe der linken Radspur;

R_R ist die Spurrinnentiefe der rechten Radspur;

R_{SW} ist die mit einem Gleitdraht gemessene Spurrinnentiefe an einer beliebigen Position in Querrichtung des Profils;

R_{TTU} ist die Gesamtquerunebenheit für das gesamte Querprofil;

RW_L Spurrinnenbreite der linken Radspur;

RW_R Spurrinnenbreite der rechten Radspur;

WA_L ist die Wasserfläche auf der linken Seite des Fahrstreifens;

WA_R ist die Wasserfläche auf der rechten Seite des Fahrstreifens;

WD_L ist die Wassertiefe in der linken Radspur;

WD_R ist die Wassertiefe in der rechten Radspur.

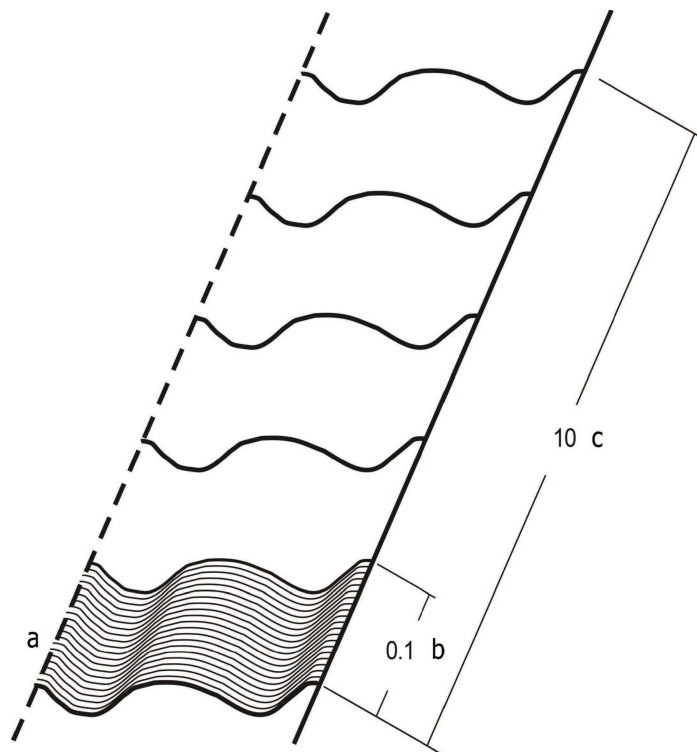
5 Vorbereitung des Querprofils

5.1 Allgemeines

Die Anforderungen an erforderliche Genauigkeit, Auflösung, physische Breite und Abstand der Messpunkte, die das Querprofil beschreiben, werden nach EN 13036-6 ausgewählt. Eine Beschreibung der verschiedenen Definitionen ist in Bild 1 dargestellt. Folgende Klassen werden im Dokument behandelt:

- vertikale Auflösung bei der Messung von Querprofilen (Auflösung des Sensors);
- Erfassungsabtastintervalle in Querrichtung bei der Messung von Querprofilen (Anzahl der Messpunkte);
- Abtastintervalle bei der Messung von Querprofilen (in Längsrichtung) (Rohdaten zur Berechnung des Erfassungswiederholintervalls);
- Erfassungswiederholintervalle bei der Messung von Querprofilen (in Längsrichtung) (niedrigste Ebene des Querprofils zur Berechnung von Indizes, typischerweise 0,1 m bis 1 m);
- Auswertungswiederholintervallen bei der Messung von Querprofilen (in Längsrichtung) (das Auswertungsintervall von Indizes, Abschnittsmittelwerte, typischerweise 10 m bis 100 m).

Maße in Meter



Legende

- a Abtastintervall
- b Erfassungswiederholintervall. Die Indizes werden berechnet.
- c Auswertungswiederholintervall. Die Indizes werden gemittelt und dargestellt.

Bild 1 — Beschreibung der Begriffe „Abtastintervall“, „Erfassungswiederholintervall“ und „Auswertungswiederholintervall“

5.2 Querprofil gemessen mit einem Profilometer bei Verkehrsgeschwindigkeit

Die gebräuchlichste Methode zur Messung und Charakterisierung des Querprofils ist die mit einem Profilometer bei Verkehrsgeschwindigkeit. Bei der Charakterisierung des Querprofils zum Zweck der Berechnung der Querunebenheit sollte der Einfluss der Textur möglichst gering gehalten werden. Heutzutage werden zwei mögliche Verfahren bei Profilometern, die bei Verkehrsgeschwindigkeit messen, verwendet: (1) mittels Punktlasersensoren und (2) mittels Laserscanningsensoren.

Ein typischer Punktlasersensor arbeitet mit einer hohen Frequenz (üblicherweise 16 – 64 kHz) und die vom Laser gelieferten „Rohdaten“ müssen im Erfassungswiederholintervall gemittelt werden, um den Einfluss des Rauschens im Sensor und der Textur der Deckschicht herauszufiltern. Dafür müssen mindestens 50 Messungen je 0,1 m in Längsrichtung erfolgen. Von jedem Sensor wird ein Mittelwert der Messergebnisse zur Charakterisierung des Querprofils im Erfassungswiederholintervall verwendet.

Im Gegensatz zum Punktlaser hat das Laserscanningverfahren eine hohe Auflösung von Messpunkten in Querrichtung.

ANMERKUNG 1 Viele moderne Sensoren für das Scanningverfahren haben auch eine hohe Auflösung in Längsrichtung.

Das rohe Querprofil hat manchmal ein Abtastintervall in Querrichtung kleiner als 1 mm, das von der Textur der Deckschicht und dem Rauschen im Sensor beeinflusst ist. Das Querprofil im Erfassungswiederholintervall wird aus einem oder mehreren Querprofil(en) im Abtastintervall in Längsrichtung für die entsprechende Position in Querrichtung berechnet. Wenn die Querindizes zur Beschreibung des Querprofils berechnet werden sollen,

müssen die Daten zuerst gefiltert werden. Das Querprofil (im Erfassungswiederholintervall) wird aus zwei Gründen gefiltert: um das Rauschen im Sensor zu beseitigen und um den Einfluss der Textur der Deckschicht zu beseitigen. Das rohe Querprofil sollte mit einem Butterworth-Tiefpassfilter dritter Ordnung (100 mm) (vorwärts/rückwärts) gefiltert werden. Zur Beseitigung des durch den Filter erzeugten Randeffekts sollte das Rohprofil vor dem Filtern gespiegelt werden (siehe Bild 2). Die Spiegelung erfolgt an der horizontalen und an der Seitenachse. Die Mindestlänge des gespiegelten Teils des Profils muss 300 mm betragen, damit genug Zeit zum Einschwingen und Ausschwingen des Butterworth-Filters zur Verfügung steht. Das Spiegelungsverfahren wird unten beschrieben.

Das Querprofil wird mit n Datenpunkten beschrieben.

Das Spiegeln an der linken und der rechten Seite des Profils erfolgt unter Verwendung der linken und der rechten Hälfte des Profils mit folgender Gleichung (1) und Gleichung (2).

ANMERKUNG 2 Wenn ein Querprofil 4 m breit ist und 4 001 Datenpunkte hat, 1 Messung je 1 mm, werden für die Spiegelung die Punkte 0 bis 2 000 für die linke Seite und die Punkte 2 000 bis 4 000 für die rechte Seite verwendet.

$$\begin{aligned} n \text{ reicht von } 1 \text{ bis } \frac{n_{last} - n_0}{2} \\ h_{(-1 \times n)} &= h_0 - h_n \\ lp_{(-1 \times n)} &= lp_0 - lp_n \end{aligned} \quad (1)$$

Dabei ist

n der Index für den n -ten Datenpunkt im Querprofil von der linken Seite aus (in Fahrtrichtung);

n_0 der Index für den ersten Datenpunkt (am weitesten links) im Querprofil;

n_{last} der Index für den letzten Datenpunkt (am weitesten rechts) im Querprofil;

lp_n die Position in Querrichtung für den n -ten Datenpunkt;

h_n die Profilhöhe für den n -ten Datenpunkt.

Gespiegelte Punkte an der linken Seite $n = -1 \times \frac{n_{last} - n_0}{2} \text{ to } -1$

$$\begin{aligned} n \text{ reicht von } 1 \text{ bis } \frac{n_{last}}{2} \\ h_{(n_{last}+n)} &= h_{n_{last}} - h_{(n_{last}-n)} \\ lp_{(n_{last}+n)} &= lp_{n_{last}} + (lp_{n_{last}} - lp_{(n_{last}-n)}) \end{aligned} \quad (2)$$

Dabei ist

n der Index für den n -ten Datenpunkt im Querprofil von der linken Seite aus (in Fahrtrichtung);

n_0 der Index für den ersten Datenpunkt (am weitesten links) im Querprofil;

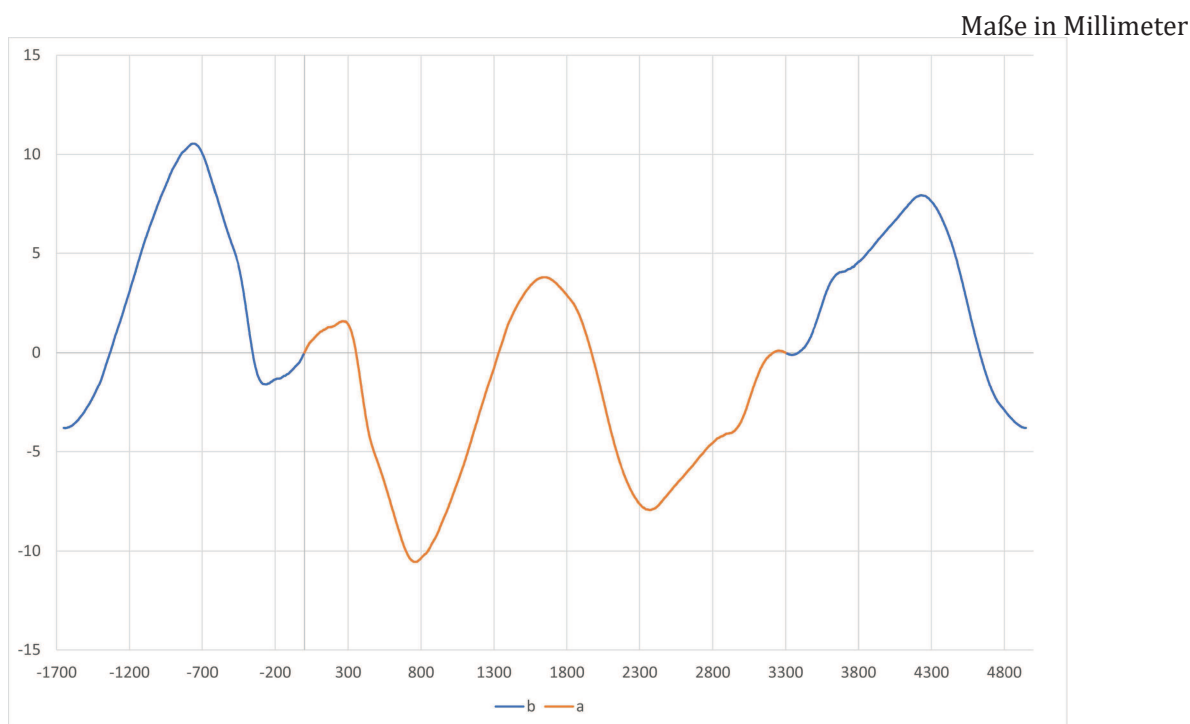
n_{last} der Index für den letzten Datenpunkt (am weitesten rechts) im Querprofil;

lp_n die Position in Querrichtung für den n -ten Datenpunkt;

h_n die Profilhöhe für den n -ten Datenpunkt.

Gespiegelte Punkte an der rechten Seite $n = n_{last} + 1 \text{ to } n_{last} + \frac{n_{last}}{2}$

Das gesamte Querprofil (oder ein Teil davon) im Erfassungswiederholintervall kann zur Charakterisierung der Querindizes verwendet werden, sofern die Spiegelung ausgeführt wurde.



Legende

- a ursprüngliches Profil
- b gespiegelte Erweiterung

Bild 2 — Das erweiterte und gespiegelte für das Filtern vorbereitete Querprofil Das orange dargestellte Profil ist das ursprüngliche Profil. Die blaue Erweiterung ist die Spiegelung.

Das Querprofil muss einschließlich der Querneigung dargestellt werden. Dies gilt auch für die in Abschnitt 6 und Anhang E beschriebenen Berechnungen.

6 Berechnung der Indizes

6.1 Allgemeines

Ein Leitfaden für die Implementierung der in dieser Norm beschriebenen Indizes steht im informativen Anhang C zur Verfügung.

Beispiele für die Auswertung und Verwendung der Querindizes finden sich im informativen Anhang D. Des Weiteren finden sich Angaben zur möglichen Verwendung, zum Auswertungswiederholintervall und Messmethoden für die verschiedenen Indizes der Querunebenheit in verschiedenen Situationen im informativen Anhang B.

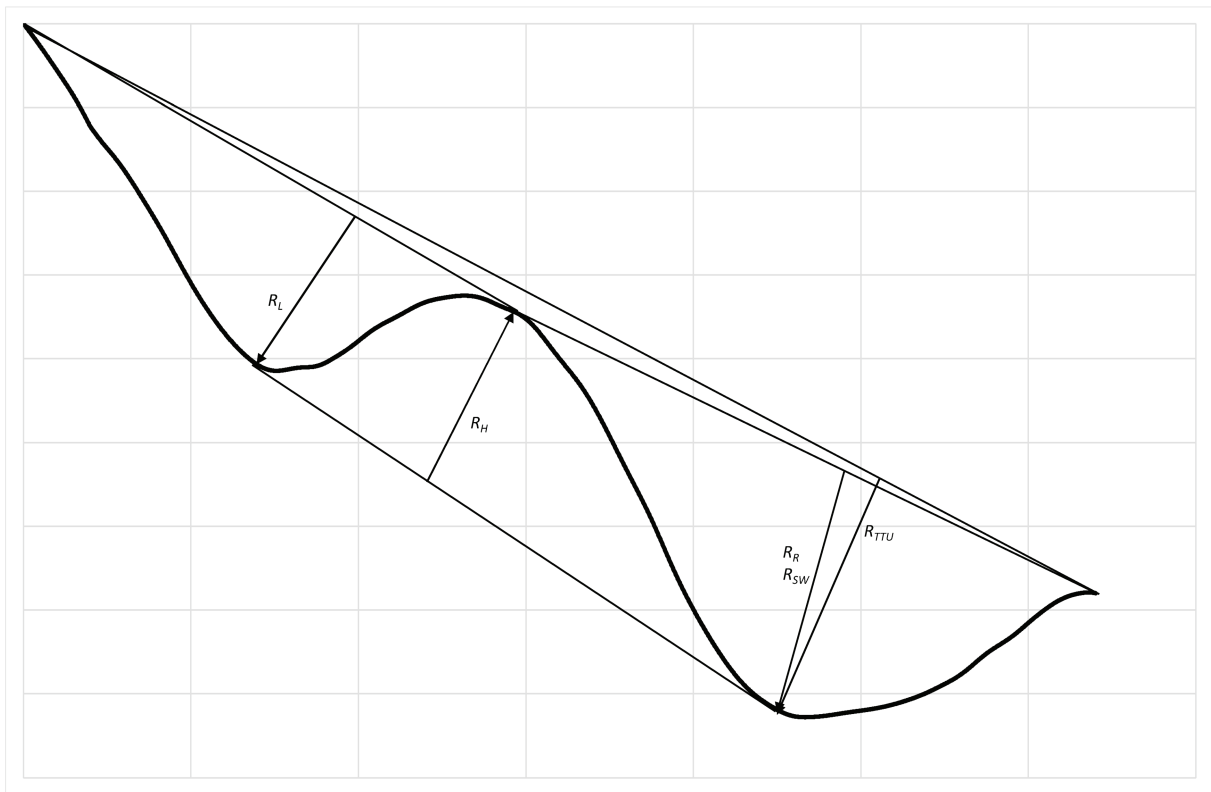
6.2 Indizes für die Spurrinnentiefe

6.2.1 Allgemeines

Die Unebenheit des Querprofils kann mit den folgenden Indizes charakterisiert werden:

R_H , R_L , R_R , R_{TTU} und R_{SW} .

In Bild 3 sind die Indizes mit ihren Positionen in einem Querprofil dargestellt.



Legende

R_H Grathöhe

R_L Spurrinnentiefe links

R_R Spurrinnentiefe rechts

R_{TTU} Gesamtquerunebenheit

R_{SW} Gleitdrahtspurrinnentiefe

ANMERKUNG 1 In diesem Beispiel befinden sich R_{SW} und R_R in derselben Position.

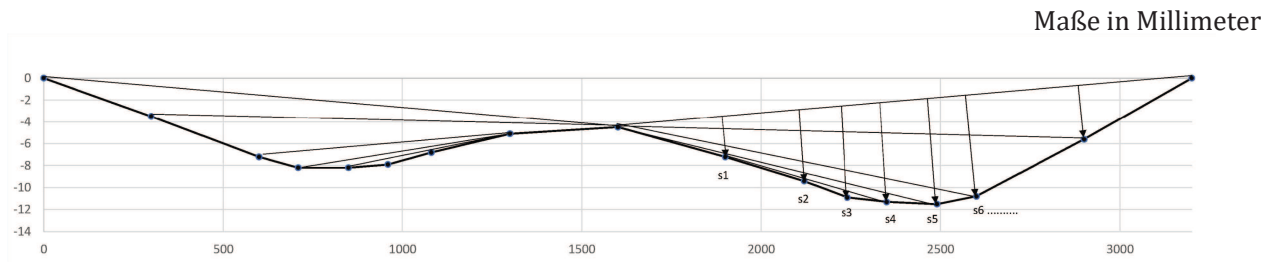
Bild 3 — Überblick über verschiedene Spurrinnentiefenindizes

Spurrinnen in einer Fahrbahnoberfläche treten als dauerhafte Vertiefung in Längsrichtung in den Radspuren auf. Die Oberflächentextur ist nicht Teil der Spurrinnentiefe und sollte durch Filtern auf geeignete Weise beseitigt werden (wie in 5.2 beschrieben).

6.2.2 Verfahren zu Spurrinnentiefenmessung mittels Gleitdraht (R_{SW})

Die Berechnung der größten Spurrinnentiefe wird am Querprofil im Erfassungswiederholintervall mit dem Oberflächendrahtverfahren durchgeführt. Die Spurrinnentiefe wird bestimmt als maximale Abweichung zwischen einem 2 m langen gedachten Bezugsdraht, von dem beide Enden am Profil befestigt sind und der auf eventuellen Hochpunkten dazwischen aufliegt. Falls die Messpunkte im Querprofil die Verwendung eines Draht-

tes mit einer Länge von genau 2 m nicht zulassen, sollte das Profil zuerst linear auf eine Distanz interpoliert werden, die es zulässt. Das interpolierte Profil sollte für die vorstehend beschriebene Berechnung verwendet werden. Die Abweichung ist senkrecht vom Draht zum Querprofil zu messen. Der Draht gleitet oder bewegt sich in einzelnen Schritten (es werden alle Messpunkte oder interpolierten Messpunkte verwendet) von einer Seite auf die andere über die gesamte Breite des Querprofils und für jede Position wird die Spurrinnentiefe berechnet. Die maximale Spurrinnentiefe aller in Frage kommenden Positionen in Querrichtung stellt das Ergebnis (die Spurrinnentiefe) im Erfassungswiederholintervall dar (siehe Bild 4). Das Ergebnis im Auswertungswiederholintervall ist ein arithmetisches Mittel der Spurrinnentiefen aus den Erfassungswiederholintervallen. Ein Index wird verwendet, um die Länge des Drahtes anzugeben (ein Beispiel ist in Bild 4 dargestellt).



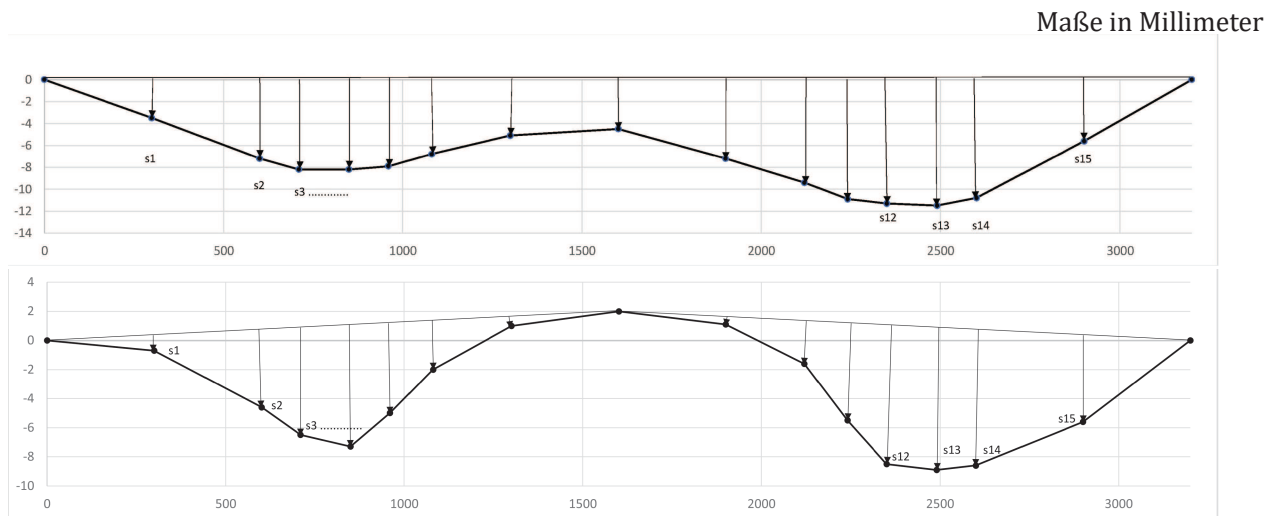
Legende

- s1 Gleitdrahtspurrinnentiefe für Position s1
- s2 Gleitdrahtspurrinnentiefe für Position s2
- usw.

Bild 4 — Gleitdrahtspurrinnentiefe berechnet für ein 3,2 m breites Querprofil, $R_{SW2,0} = s5$

6.2.3 Gesamtquerunebenheitsverfahren (R_{TTU})

Die Berechnung der Gesamtquerunebenheit wird am Querprofil im Erfassungswiederholintervall mit dem Oberflächendrahtverfahren durchgeführt. Die Unebenheit wird als maximaler senkrechter Abstand zwischen dem Querprofil und einem gedachten Bezugsdraht berechnet, bei dem beide Enden am Anfang und am Ende des Profils befestigt sind und der auf eventuellen Hochpunkten dazwischen aufliegt (Bild 5). Der maximale senkrechte Abstand zwischen dem Draht und dem Profil stellt das Ergebnis (die Spurrinnentiefe) im Erfassungswiederholintervall dar. Das Ergebnis für das Auswertungswiederholintervall ist ein arithmetisches Mittel der Spurrinnentiefen im Erfassungswiederholintervall. Ein Index wird verwendet, um die Länge des für die Berechnung verwendeten Drahtes anzugeben, z. B. $R_{TTU3,2} = 11,3$ mm für ein 3,2 m breites Querprofil.



Legende

- s1 Spurrinnentiefe für Position s1
- s2 Spurrinnentiefe für Position s2
- usw.

Bild 5 — Gesamtunebenheit berechnet für ein 3,2 m breites Querprofil, $R_{TTU3.2} = s_{13}$

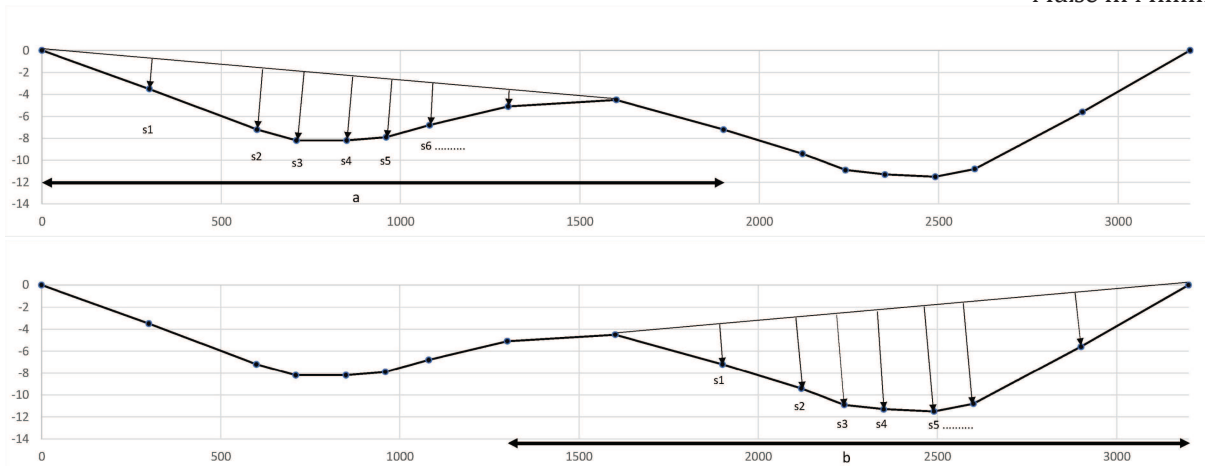
Falls das Messsystem die Breite des Querprofils aufgrund der Fahrbahnmarkierungen automatisch feststellt, sollte statt der tatsächlichen Drahtlänge ein Index a (Autodetect, R_{TTUa}) verwendet werden.

ANMERKUNG Die Höhe der Fahrbahnmarkierungen könnte die Ergebnisse der Spurrinnentiefenmessung erheblich beeinflussen.

6.2.4 Das Verfahren der Spurrinnentiefe links und rechts (R_L und R_R)

Die Berechnung der Spurrinnentiefe wird am Querprofil im Erfassungswiederholintervall mit dem Oberflächendrahtverfahren durchgeführt. Die Länge des Drahtes muss als 60 % der Gesamtbreite des Querprofils definiert werden. Daher ergibt sich in der Mitte eine Überlappung von 20 % der Gesamtbreite. Z. B. ergibt sich für ein 3,2 m breites Querprofil eine Drahtlänge von 1,92 m für die linke und für die rechte Seite. Falls die Messpunkte im Querprofil die Verwendung eines Drahtes mit einer Länge von genau 60 % der zu messenden Breite nicht zulassen, sollte das Profil zuerst linear auf eine Distanz interpoliert werden, die es zulässt. Das interpolierte Profil sollte für die Berechnung verwendet werden. Die Spurrinnentiefe wird bestimmt als maximaler Abstand zwischen einem gedachten Bezugsdraht, bei dem beide Enden am Profil befestigt sind und der auf eventuellen Hochpunkten dazwischen aufliegt (Bild 6). Die Abweichung ist am maximalen senkrechten Abstand zwischen dem Draht und dem Querprofil zu messen. Der maximale senkrechte Abstand zwischen dem Draht und dem Profil stellt das Ergebnis (die Spurrinnentiefe) im Erfassungswiederholintervall dar. Das Ergebnis für das Auswertungswiederholintervall ist ein arithmetisches Mittel der Spurrinnentiefen im Erfassungswiederholintervall. Ein Index wird verwendet, um die Länge des für die Berechnung verwendeten Drahtes anzugeben, z. B. $R_{L1.9} = 10,2$ mm für ein 3,2 m breites Querprofil, bei dem eine Drahtlänge von 1,92 m für die Berechnung verwendet wird.

Maße in Millimeter



Legende

- a 60 % der gemessenen Breite (linke Seite)
- b 60 % der gemessenen Breite (rechte Seite)
- s1 Spurrinntiefe für Position s1
- s2 Spurrinntiefe für Position s2
- usw.

Bild 6 — Die linke und rechte Spurrinntiefe berechnet für ein 3,2 m breites Querprofil, $R_{L1.9} = s3$ (im oberen Bild), $R_{R1.9} = s5$ (im unteren Bild)

6.3 Sonstige Querindizes

6.3.1 Allgemeines

Das Querprofil kann zur Beschreibung weiterer wichtiger Eigenschaften verwendet werden, um Instandhaltungsobjekte auszuwählen und den Zustand der Straße zu beschreiben. Einige Eigenschaften können auch verwendet werden, um neugebaute Straßen zu kontrollieren. In den folgenden Unterabschnitten werden die Definitionen für die Berechnung der Grathöhe, der Querneigung, der Wassertiefe und der Wasserfläche beschrieben.

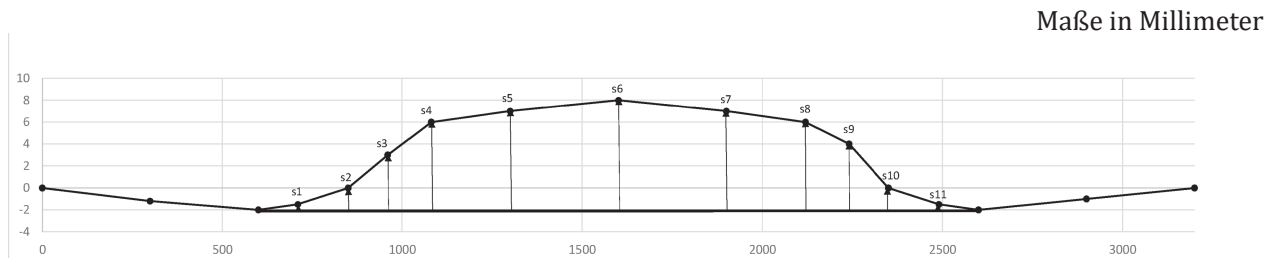
ANMERKUNG 1 Die Grathöhe ist ein alternativer Indikator für die Ebenheit des Querprofils. An Nebenstraßen entstehen andere Mängel wie z. B. die Kantenverformung durch Lastenverkehr, die nicht notwendigerweise durch die Spurrinnentiefenindizes erkannt werden können. Die Grathöhe kann in Kombination mit der Spurrinntiefe verwendet werden, um die Querunebenheit für diese Straßen besser zu beschreiben.

ANMERKUNG 2 Andere Indizes für die Beschreibung der Eigenschaften des Querprofils finden sich im informativen Anhang E.

6.3.2 Grathöhe (R_H)

Die Berechnung der Grathöhe wird durch Anbringen eines Drahtes zwischen den zwei Punkten, an deren Position die Spurrinntiefe für die linke und die rechte Seite nach 6.2.4 gemessen wurde, durchgeführt. Falls die Spurrinntiefe links oder rechts null beträgt, wird der Draht 0,75 m vom Mittelpunkt des Profils in die Richtung(en), wo die Spurrinntiefe gleich null ist, angebracht. R_H wird bestimmt als der maximale senkrechte Abstand zwischen dem Draht und einem Messpunkt am Querprofil. Der ausgewählte Punkt am Querprofil kann über oder unter dem Draht liegen. Falls sich der maximale Abstand an einem Messpunkt über dem Draht ergibt, wird R_H als positiver Wert bestimmt und im umgekehrten Fall als negativer Wert. Falls der maximale senkrechte Abstand für die linke oder die rechte Spurrinntiefe oder beide außerhalb des Intervalls 0,25 m und 1,20 m vom Mittelpunkt des Profils liegt, wird ein Punkt mit einem Abstand von 1,20 m von der Mittellinie des Querprofils zur Anbringung des Drahtes verwendet. Falls die Messpunkte im gemessenen Querprofil die Ver-

wendung eines Anbringungspunktes in einer Entfernung von exakt 0,75 m oder 1,20 m vom Mittelpunkt des Querprofils nicht zulassen, sollte das Profil zuerst linear auf eine Distanz interpoliert werden, die es zulässt. Das interpolierte Profil sollte für die vorstehend beschriebene Berechnung verwendet werden. Die Berechnung wird mit dem Querprofil im Erfassungswiederholintervall durchgeführt. Das Ergebnis für das Auswertungswiederholintervall ist ein arithmetisches Mittel der Grathöhe im Erfassungswiederholintervall. Ein Beispiel ist im nachfolgenden Bild dargestellt.



Legende

- s1 Grathöhe für Position s1
- s2 Grathöhe für Position s2
- usw.

Bild 7 — Grathöhe berechnet für ein 3,2 m breites Querprofil, RH = s6

ANMERKUNG 1 In dem spezifischen Fall, dass die linke oder die rechte Spurrinnentiefe außerhalb des gültigen Bereichs zwischen 0,25 m und 1,20 m liegt, wird der Wert 1,20 m ausgewählt, denn die wahrscheinlichste Form des Profils ist ein stark verformtes Profil mit sehr breiten Verformungsbereichen statt schmaler Spurrinnen/Verformungen.

ANMERKUNG 2 Falls die Spurrinnentiefe links oder rechts gleich null ist (weniger als 0,05 mm), wird der Draht 0,75 m vom Mittelpunkt des Profils angebracht. Dieser Abstand wird ausgewählt, um der Hälfte der üblichen Breite zwischen den Rädern eines Personenkraftwagens zu entsprechen.

6.3.3 Wasser in Spurrinnen

6.3.3.1 Allgemeines

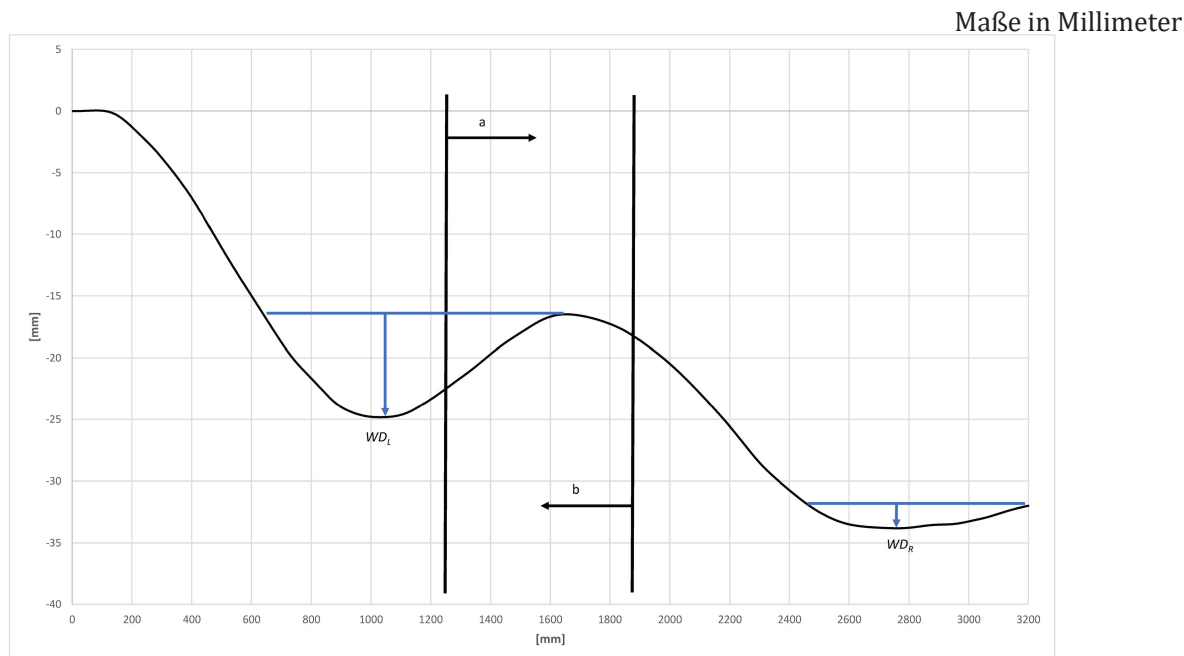
Die theoretische Wassermenge, die die Spurrinnen der Straße füllen kann, kann mit zwei alternativen Methoden beschrieben werden: als theoretische Wassertiefe und als theoretische Summe der Wasserfläche. Die Messungen werden separat für die linke und die rechte Seite des Querprofils dargestellt. Die linke Seite wird als 60 % der Gesamtbreite des Querprofils definiert. Die rechte Seite wird gleichermaßen definiert. Daher ergibt sich in der Mitte des Profils eine Überlappung von 20 %.

6.3.3.2 Theoretische Wassertiefe links und rechts (WD_L und WD_R)

Ein Draht wird parallel zum Horizont abgesenkt, bis zwei Kontaktpunkte zwischen dem Draht und dem Querprofil gefunden werden, an denen alle Messpunkte zwischen den Kontaktpunkten unter der Linie liegen¹. Falls nur ein Kontaktpunkt gefunden wird, der die oben beschriebenen Kriterien erfüllt, kann sich kein Wasser auf der Fahrbahnoberfläche ansammeln und die Wassertiefe ist gleich null, $WD = 0$. Wenn zwei Kontaktpunkte vorhanden sind, wird die Wassertiefe als der senkrechte Abstand zwischen den Kontaktpunkten des Drahtes und dem tiefsten Punkt im Querprofil (zwischen den Kontaktpunkten) definiert. Die Suche nach Kontaktpunkten wird fortgesetzt, bis der tiefste Punkt des Querprofils erreicht ist. Auf der linken oder der rechten Seite können mehrere Wassertiefen gefunden werden. Die maximale Wassertiefe aller gefundenen Wassertiefen auf

¹ Ein Kontaktpunkt kann sich zwischen zwei Messpunkten befinden. In diesem Fall wird der Kontaktpunkt durch Überschneiden einer linear interpolierten Linie zwischen den beiden am nächsten gelegenen Messpunkten auf jeder Seite der Überschneidung und dem Draht, der die Wasserfläche definiert, festgelegt.

einer Seite des Querprofils stellt die theoretische Wassertiefe dar. Die Berechnung wird mit dem Querprofil im Erfassungswiederholintervall durchgeführt. Das Ergebnis für das Auswertungswiederholintervall ist ein arithmetisches Mittel der Wassertiefe im Erfassungswiederholintervall. Ein Beispiel ist im nachfolgenden Bild 8 dargestellt.



Legende

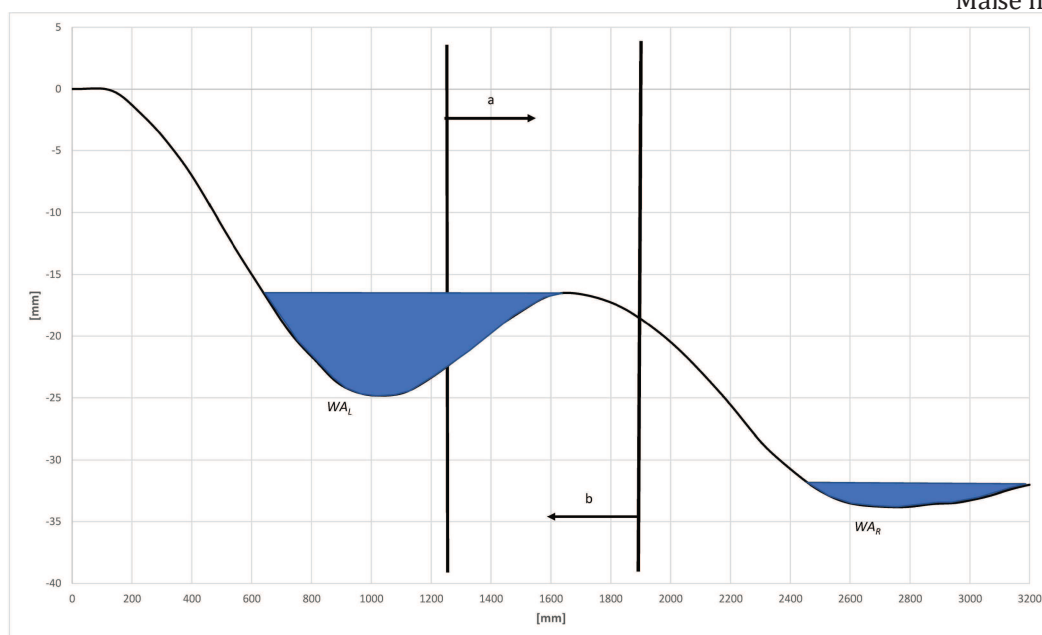
- a rechte Seite
- b linke Seite
- WD_L Wassertiefe links
- WD_R Wassertiefe rechts

Bild 8 — Beispiel für die theoretische Wassertiefe auf der linken und der rechten Seite des Querprofils

6.3.3.3 Theoretische Summe der Wasserfläche links und rechts (WA_L und WA_R)

Dieselben Verfahren wie in 6.3.3.2 werden verwendet, um die Lage der theoretischen Wasseransammlungen im Querprofil festzustellen, wenn die Wasserfläche berechnet wird. Statt die Tiefe zu bestimmen, wird die Summe der Fläche(n) zwischen dem Draht und dem Querprofil berechnet. Falls mehrere Ansammlungen gefunden werden, stellt die Summe der Flächen innerhalb der linken und der rechten Seite die theoretische Wasserfläche dar. Die Berechnung wird mit dem Querprofil im Erfassungswiederholintervall durchgeführt. Das Ergebnis für das Auswertungswiederholintervall ist ein arithmetisches Mittel der Wasserfläche(n) im Erfassungswiederholintervall. Ein Beispiel ist im nachfolgenden Bild 9 dargestellt.

Maße in Millimeter



Legende

- a rechte Seite
- b linke Seite
- WA_L Wasserfläche links
- WA_R Wasserfläche rechts

Bild 9 — Beispiel für die theoretische Summe der Wasserfläche auf der linken und der rechten Seite des Querprofils

6.3.4 Verschiedene Querindizes

Es gibt Möglichkeiten, dem Querprofil weitere Informationen zu entnehmen. Der informative Anhang E zeigt Beispiele für Verfahren zur Analyse und Feststellung weiterer Mängel, die in verschiedenen Teilen Europas verwendet werden.

6.4 Querneigung (CF_R)

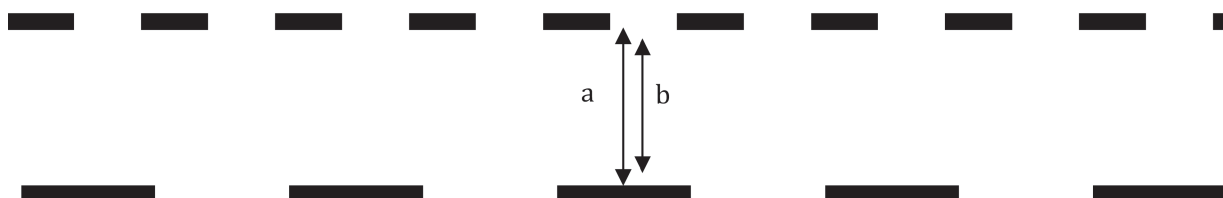
Die Querneigung der Straße wird auf der Grundlage des Querprofils des gemessenen Fahrstreifens berechnet. Bei schmalen Straßen kann das Querprofil die Fahrbahn der Gegenrichtung abdecken. Dieser Teil sollte ausgeschlossen werden und das Ergebnis nicht beeinflussen oder nur geringe Auswirkungen auf das Ergebnis haben. Es gibt zwei mögliche Verfahren, um zu vermeiden, dass Daten von der entgegengesetzten Fahrtrichtung verwendet werden:

- die Fahrbahnmarkierungen können mit einem automatisierten System im Messfahrzeug detektiert und zur Beschränkung des Querprofils auf den gemessenen Fahrstreifen verwendet werden;
- die Form des Querprofils kann verwendet werden, um zu entscheiden, welcher Teil des Querprofils in die Berechnungen einbezogen werden soll.

ANMERKUNG 1 Auf breiteren Straßen hat die fehlende Beschränkung der Berechnungen auf die Fahrstreifenbreite nur geringen Einfluss auf die Querneigung.

ANMERKUNG 2 Nebenstraßen haben nicht immer Markierungen der Mittellinie, die für die automatische Feststellung der Fahrstreifenbreite verwendet werden können.

Bei der ersten der oben genannten Möglichkeiten darf eine Kamera oder ein Linienlaser verwendet werden, um die Position der Fahrbahnmarkierungen festzustellen und die Breite des gemessenen Querprofils innerhalb des Fahrstreifens zu positionieren. Für die Berechnung der Querneigungsregression sollte an beiden Seiten ein 50 mm breiter Streifen neben den Fahrbahnmarkierungen vom Querprofil ausgeschlossen werden (siehe Bild 10).



Legende

- a detektierter Teil
- b verwendeter Teil

Bild 10 — Verwendeter Teil des Querprofils, der aufgrund der automatisch detektierten Fahrstreifenbreite bestimmt wurde

Bei der zweiten Möglichkeit wird die Form des Profils verwendet, um zu entscheiden, wo der Fahrstreifen beginnt und wo er endet (siehe unten).

Die Bestimmung des Teils des Querprofils, der zur Berechnung der Querneigung verwendet wird, ist in den folgenden Schritten beschrieben:

- Der höchste Punkt des Querprofils wird ermittelt. Falls mehrere Messpunkte mit derselben Höhe gefunden werden, ist der der äußeren Seite des Querprofils am nächsten gelegene Punkt zu verwenden;
- falls der höchste Punkt innerhalb eines Abstands von 1,0 m vom Außenteil des Querprofils gefunden wird, müssen alle Messpunkte für die Berechnung verwendet werden (z. B. Linkskurven bei Rechtsverkehr) (siehe den rechten Teil von Bild 11);
- in allen anderen Fällen werden alle Messpunkte vom höchsten gefundenen Punkt bis zum Außenteil des Querprofils für die Berechnung verwendet (siehe den linken Teil von Bild 11).

Maße in Millimeter

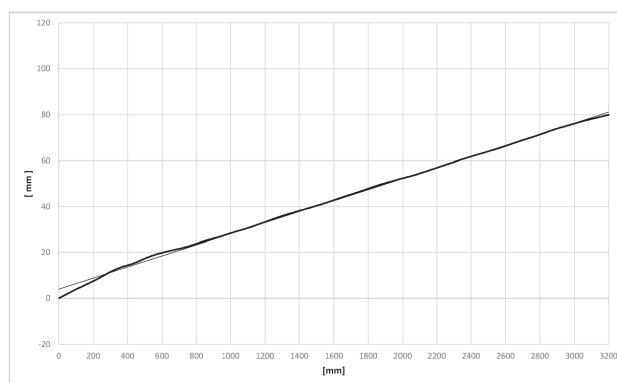
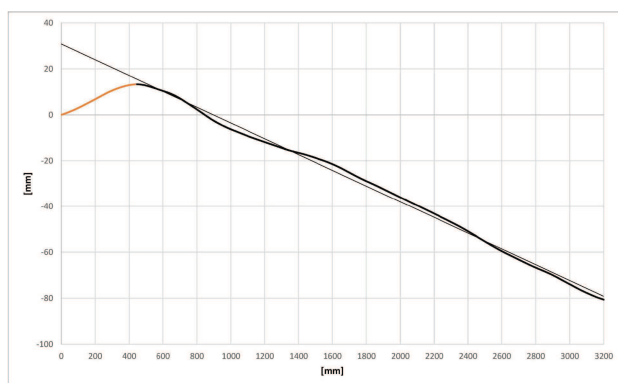


Bild 11 — Querneigung von schmalen Straßen, wenn das Querprofil Teile der Fahrbahn der Gegenrichtung abdeckt, oder von Straßen ohne Markierung der Mittellinie Der schwarze Teil der Querprofile in den Bildern wird zur Berechnung der Querneigung verwendet. Die Querneigung wird als die Neigung der geraden Linie berechnet. Die Bilder erläutern die Situation für Rechtsverkehr.