

Das Bewertete Längsprofil – erweiterte Möglichkeiten zur Beurteilung der Ebenheit der Straße

Volker Jakobi / Schniering GmbH

Karlsruhe, 22. November 2023





- Firmengründung 1965 als Straßenbaulaboratorium Essen GmbH
- 2007 Übernahme durch die TÜV Rheinland Group als 100%-tige Tochtergesellschaft, seit Mai 2021 Teil der Groupe Ginger
- International tätig, mit Schwerpunkt in Deutschland
- Seit Anfang der 90er Jahre einer der führenden Anbieter im Bereich ZEB (Zustandserfassung und -bewertung) von Straßen und Radwegen
- Seitdem mehr als 1,5 Mio. Messkilometer erfasst



1992



1994



1998



seit 1999



2007



2018

Zustandserfassungen von Straßen und Radwegen mit schnellfahrenden Messsystemen

Dienstleistung: Erfassungen auf Autobahnen, Landesstraßen.... bis zu kommunalen Nebenstraßen und Radwegen + Datenauswertung

Ziel: Bereitstellung von Straßen- / Radwegedaten zur mittel- bis langfristigen Erhaltungsplanung

Kunden: Die verschiedenen Verwaltungen des Bundes, der Länder und der Kommunen national und international

SKM
Griffigkeit
(2 Fahrzeuge)



ARGUS®
Ebenheit / Oberflächenschäden /
Streckenbilder (Front, Seite, Rück)
auf Straßen
(3 Fahrzeuge)



ARGUS®-Agil
Ebenheit / Oberflächenschäden /
Streckenbilder(Front, Rück)
auf Radwegen
(2 Fahrzeuge)



Ergebnis: Datentabellen, Karten, Diagramme, Bilder etc. welche den Kunden beim Management der Infrastruktur unterstützen

- Ebenheiten werden berührend oder berührungslos erfasst

Visuell Sensitiv (VS)



- Begehung der zu erfassenden Bereiche
- Aufnahme von Zustandsmerkmalen mit Ausdehnung und Ausprägung

Visuell Bildbasiert (VB)



- Befahrung der zu erfassenden Bereiche
- Aufnahme von Bildmaterial (Front-/ Seiten-/ Rückkamera ggf. Stereokameras) mit anschließender Auswertung von Zustandsmerkmalen

Messtechnisch (MT)

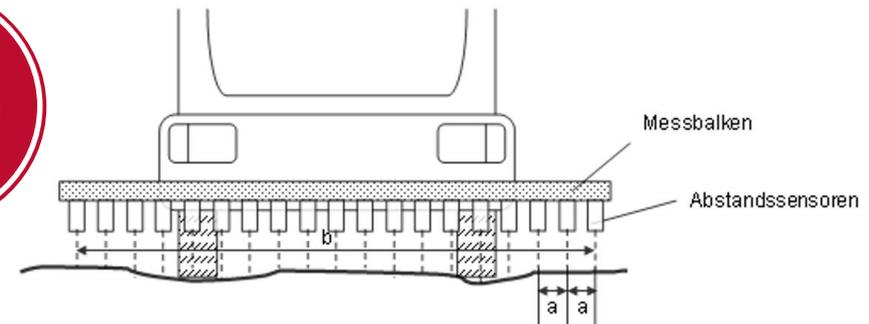


- Befahrung der zu erfassenden Bereiche
- Aufnahme von Bildmaterial (Front- / Seiten- /Rück- Oberflächenkamera und Messwerten mit anschließender Auswertung und Berechnung von Zustandsmerkmalen



	Gemäß TP Eben – Berührende Messungen	Gemäß TP Eben – Berührungslose Messungen
Messverfahren	Planograph / Richtlatte / Profilograf	Laser an Längsbalken (HRM) und Querbalken
Aussagekraft	Unebenheiten mit Längsausdehnungen $\leq 4\text{m}$ (bzw. 2m)	Auf 10, 20 oder 100m Abschnitte bezogene Zustandsgröße / -werte
Einsatzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrollprüfungen bei Bauabnahmen ▪ Überprüfungen der Bauausführung ▪ Prüfungen vor Ablauf der Verjährungsfrist ▪ Objektbezogene Nachprüfung in Einzelfällen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zustandserfassung und –bewertung (ZEB) ▪ Funktionsprüfungen
Messergebnis	Planographprofil / Stichmaß unter der Messlatte / Profilographprofil	Aus dem Höhenlängs- und Querprofil abgeleitete Zustandsgrößen wie (Spurrinntiefe (SPT), Allgemeine Unebenheit (AUN, Simulation der gleitenden 4m Latte (PGR), Längsebenheitswirkindex (LWI), Standardabweichungen zum gleitenden Mittelwert (S03), Bewertetes Längsprofil (BLP)

- Die Querebenheit wird berührungslos gemessen mittels Laser Distanzsensoren welche in einem definierten Abstand an einem Querbalken montiert sind (standardisiert u.a. über die „TP Eben – Berührungslose Messungen“)



Prinzipdarstellung einer berührungslosen Messung der Querebenheit

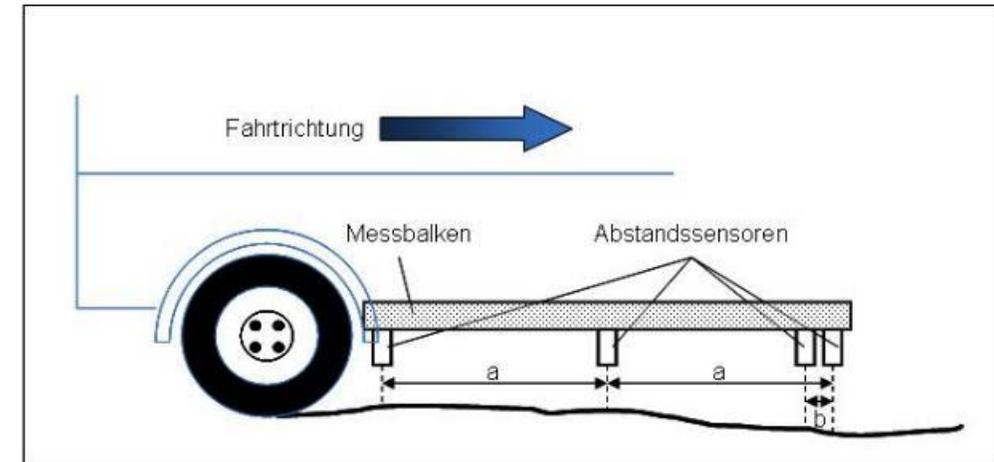


Quelle: Lehmann + Partner GmbH



- Alternativ kommt ein linienbasierter Scanner oder ein Lichtschnittverfahren zum Einsatz
- Mobile Mapping Systeme werden im Rahmen der messtechnischen Zustandserfassung (ZEB) zur Ebenheitserfassung nicht eingesetzt, da deren Genauigkeit nicht ausreichend ist

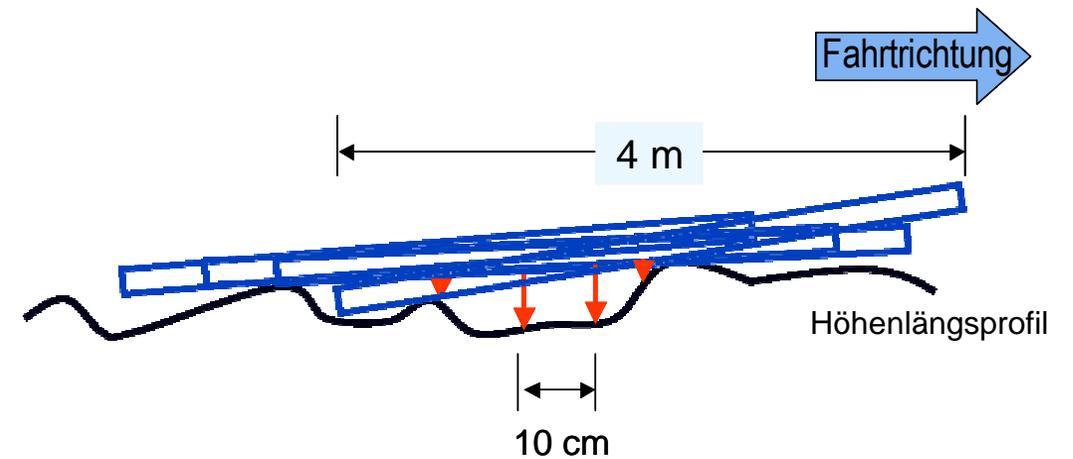
- Die Längsebenheit wird berührungslos und geschwindigkeitsunabhängig in der rechten Rollspur mittels Laser Distanzsensoren gemessen (HRM-Verfahren)
- Das Verfahren ist standardisiert u.a. über die „TP Eben – Berührungslose Messungen“
- Die Zertifizierung von Messsystemen erfolgt über die Bundesanstalt für Straßenwesen
- Das Ergebnis der Messungen sind zunächst hochgenaue Distanzwerte aller 4 Laser im 10 cm Abstand



Prinzipdarstellung einer berührungslosen Messung der Längsebenheit



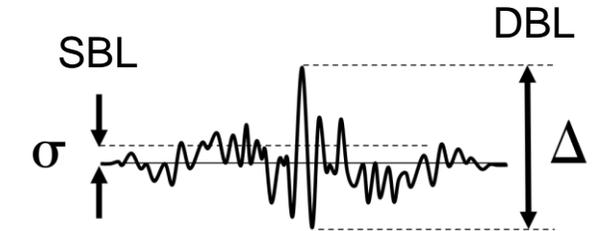
- Die Berechnung des Höhenlängsprofils erfolgt mit einem standardisierten Algorithmus gemäß EN 13065-5, welcher auch durch die Bundesanstalt für Straßen zur Verfügung gestellt wird
- Auf Basis des Höhenlängsprofils werden die Zustandsindikatoren wie die Werte der Simulation der gleitenden 4m Latte oder das WLP berechnet
- Das Höhenlängsprofil gibt gemäß „TP Eben – Berührungslose Messungen“ Wellenlängen im Bereich von 0,2 bis 50 m wieder



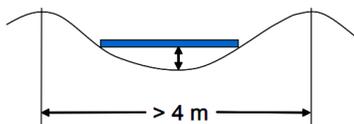
Stichmaß unter der gleitenden 4m Latte (beispielhafte Darstellung)

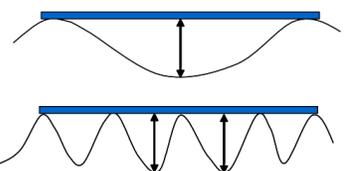
Das Bewertete Längsprofil ...

- wird auf Grundlage des Höhenlängsprofils berechnet und durch die Zustandswerte SBL (Standardabweichung) und DBL (Spannweite) abgebildet
- Kompensiert Nachteile welche beispielsweise bei Einsatz einer 4m Richtlatte oder bei der Simulation der gleitenden 4m Latte entstehen
- Bildet im Gegensatz zu anderen Indikatoren Einzelunebenheiten und Periodizitäten in der Längsebene besser ab



Nachteile der 4m-Latte

- 1) 

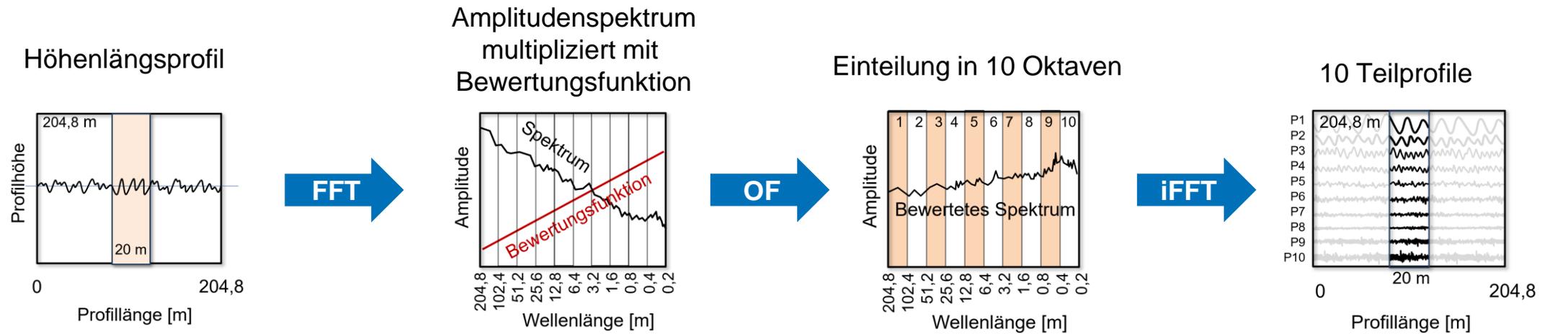
Wellenlängen > 4 m
• nicht erfassbar
• sind jedoch relevant für die Ebenheit
- 2) 

Gleiche Bewertung für unterschiedliche Unebenheitsausprägung

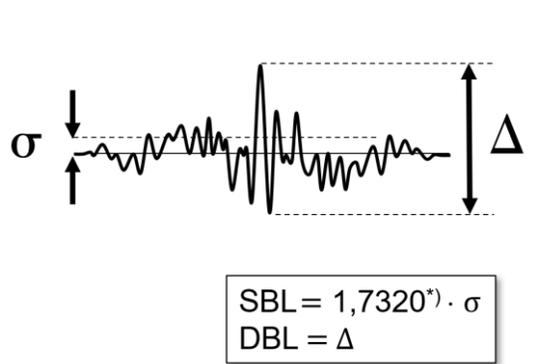
Bild 1: Nachteile der 4-m-Latte, schematisch

Quelle: RWTH Aachen / Dr.-Ing. A.Ueckermann

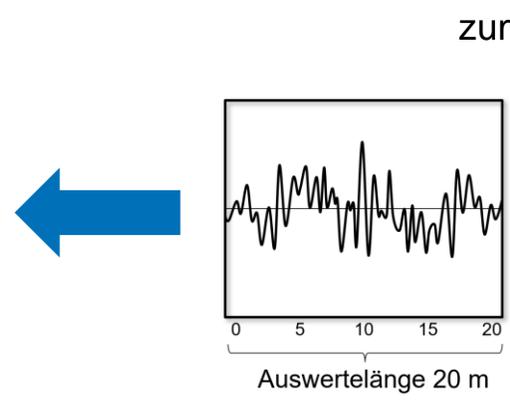
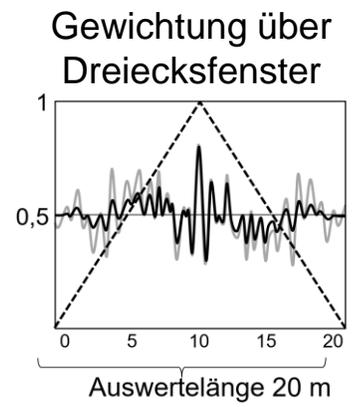
Die Berechnung des BLP



OF = Oktavbandfilterung
 FFT = Fast-Fourier Transformation
 iFFT = inverse Fast-Fourier Transformation

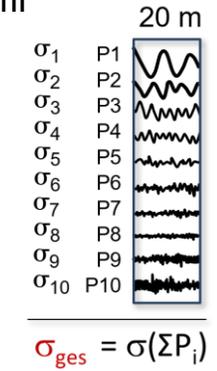


*) zur Kompensation des Dreieckfensters



Zusammensetzen der Teilprofile zum Bewerteten Längsprofil

$$WLP = \frac{\sum \sigma_i P_i}{\sigma_{ges}}$$



$$\sigma_{ges} = \sigma(\sum P_i)$$

Quelle: RWTH Aachen / N. Braun

Bewertung einer Periodizität

WLP

Reiner Sinus



Periodizität
in Straße

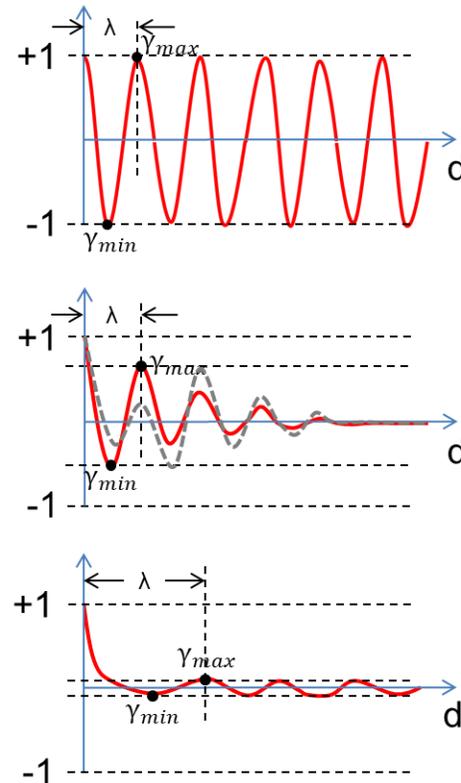


„Regellose“
Unebenheit



$$\gamma^* = \frac{(\gamma_{max} - \gamma_{min})}{2}$$

Autokorrelationsfunktion

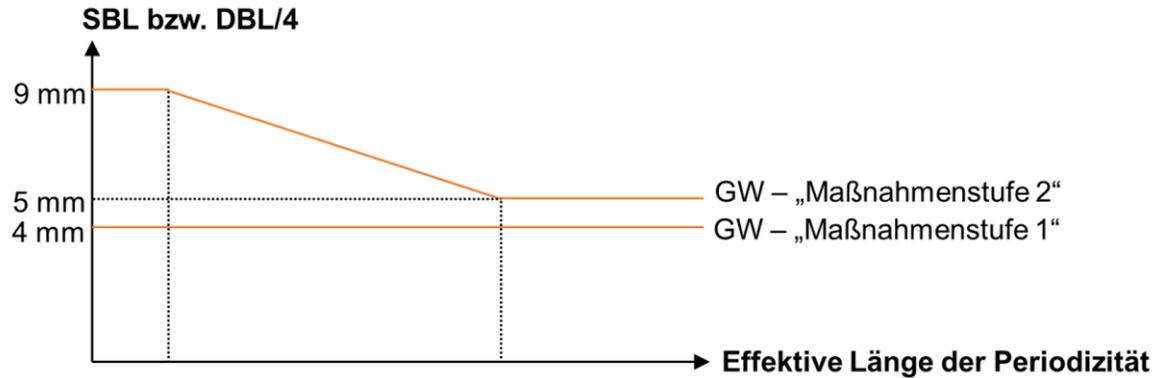


- Periodizitäten beeinflussen die Grenzwerte des BLP

Quelle:

Entwurf der TP Eben - Berührungslose Messungen für den Bauvertrag

Pegel und Länge der Periodizität beeinflussen die Grenzwerte



Grenzwerte sind gerundet auf
1mm anzugeben



Abbildung 14: Verlauf der Grenzwertfunktion in Abhängigkeit von Länge und Pegel der Periodizität

Länge der Überschreitung des Pegels >0.5 [m]	Pegel [-]				
	≤ 0.5	> 0.5 ≤ 0.55	> 0.55 ≤ 0.6	> 0.6 ≤ 0.65	> 0.65
≤ 30	9				
> 30 ≤ 60	8				
> 60 ≤ 90	8			7	6
> 90 ≤ 120	8			7	6
> 120	8			6	5

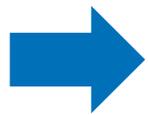
Tabelle 4: Maßnahmenstufe 2 in Abhängigkeit der Länge und Ausprägung einer Periodizität

Quelle:

Entwurf der TP Eben - Berührungslose Messungen für den Bauvertrag

- Das Bewertete Längsprofil ist bereits in der „TP Eben Berührungslose Messungen“ Ausgabe 2009 berücksichtigt

=> was ist neu?



Das Bewertete Längsprofil ist bisher in bauvertraglichen Regelwerken nicht berücksichtigt!

Dies wird sich voraussichtlich in naher Zukunft ändern:

- Die „TP Eben Berührungslose Messungen für den Bauvertrag“ als Regelwerk ist im Entwurf erstellt und befindet sich in der Abstimmung mit angestrebter Freigabe
- Erste Ausschreibungen von Straßenbauprojekten mit Abnahme der Ebenheit über das BLP, in Ergänzung zum Planographprofil, sind platziert (Aufbau Erfahrungshintergrund)

Regelwerksentwurf erarbeitet über den Arbeitskreis 4.3.2 Ebenheit der FGSV

- WLP hält voraussichtlich Einzug in die Bauabnahme alternativ zum Planographen
- Standardisierte Berechnungsverfahren für das Höhenlängsprofil und das BLP (europäische Norm und ein daraus abgeleiteter Algorithmus der BASt)
- Das neue Regelwerk sieht u.a. vor:
 - Eine detailliertere Abgabe von Messwerten
 - Doppelmessungen mit Angabe von einzuhaltenden Toleranzen
 - Abgabe von Rohdaten
 - Vorschriften zum Umgang zum „Ausreißern“ auf Rohdatenbasis
 - Vorgaben zur Darstellung der Ergebnisse
 - Vorgaben zur Qualitätssicherung

Danke für Ihr Interesse!
Fragen?

