

# Georadar in Regelwerken und Anwendung im Straßenwesen

Claudia PODOLSKI<sup>1</sup>, Dirk JANSEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach

Kontakt E-Mail: podolski@bast.de

## Kurzfassung

Die Beurteilung des Straßenzustands wird regelmäßig durch die ZEB (Zustandserfassung und -bewertung) geleistet. Diese untersucht schnellfahrend mittels verschiedener zerstörungsfreier Methoden die Straßenoberfläche und zieht daraus Rückschlüsse auf den aktuellen Zustand einer Straße. Durch Materialermüdung entstehen Schäden und Risse jedoch nicht nur an der Oberfläche, sondern breiten sich i. d. R. auch von unten nach oben aus. Mit Methoden wie Georadar und durch Tragfähigkeitsmessungen können Rückschlüsse auch auf den Zustand der unter der Straßenoberfläche liegenden Schichten gezogen werden. Diese sind allerdings nicht Bestandteil der etablierten Zustandserfassung und -bewertung von Straßen.

Die Bewertung der strukturellen Substanz des Oberbaus hingegen greift auf diese Methoden zurück, Richtlinien dazu liegen derzeit im Entwurf vor (RSO Asphalt). Das Ziel ist hierbei, die strukturelle Restsubstanz einer Straße zu bestimmen. Georadarmessungen liefern kontinuierlich und über längere Strecken die Schichtdicke des Asphaltpakets sowie Änderungen im Schichtenaufbau, welche zusammen mit anderen Informationen in die Festlegung von homogenen Abschnitten einfließen.

Weiterhin wird das Georadarverfahren häufig z. B. im Rahmen von Erneuerungsmaßnahmen zur Schichtdickenbestimmung des Asphaltoberbaus genutzt. In dem straßenbautechnischen Regelwerk der FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) finden sich Beschreibungen und Möglichkeiten für den Einsatz von Georadarmessungen, jedoch gibt es für die Anwendung keine bindenden Vorschriften und keine Vorgaben zur Qualitätskontrolle. Somit müssen sich der Anwender und auch der Auftraggeber aus dem Straßenbaubereich der Möglichkeiten und vor allem der Grenzen des Verfahrens bewusst sein, um belastbare und verwertbare Ergebnisse zu erhalten. Die Herausforderungen liegen darin, dieses Georadar-Expertenwissen auf den Straßenbaubereich auszudehnen und somit dort die Akzeptanz der Methode zu erweitern.

Es wird angestrebt, mit Hilfe von Georadarmessungen Aussagen über den Zustand des Schichtaufbaus zu treffen, wie beispielsweise mangelnden Schichtenverbund, Hohlräume oder auch durch die Nutzung zerstörte Schichten zu erkennen. Insbesondere in Kombination mit Tragfähigkeitsmessungen und durch die gemeinsame Auswertung der Daten zeigt sich das Potential dieser zerstörungsfreien, kontinuierlichen Datenerhebungen. Dies ist allein durch herkömmliche Methoden wie punktuelle Beprobungen mittels Bohrkernentnahmen nicht zu erreichen.



## **Georadar in Regelwerken und Anwendung im Straßenwesen**

Dr. Claudia Podolski  
Dr.-Ing. Dirk Jansen

Bundesanstalt für Straßenwesen

### **Gliederung**

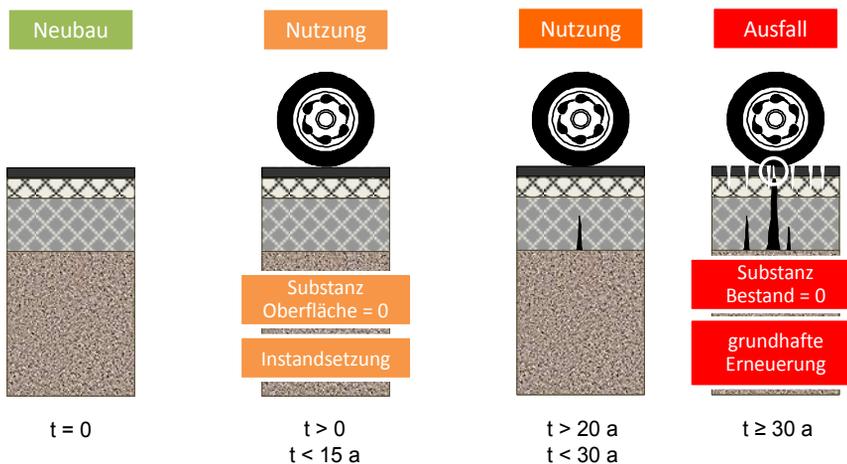
- 1. Fragestellungen im Straßenbau**
- 2. Georadar in der Substanzbewertung**
- 3. Georadar in Regelwerken**
- 4. Herausforderungen**
- 5. Ausblick**

• **Wie lange hält die Straße noch?**

- Welche Maßnahmen müssen zum Erhalt der Straße durchgeführt werden?
- Wie werden Maßnahmen im Netz priorisiert?

→ Was zerstört eine Straße?

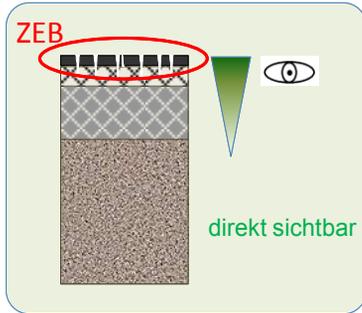
**Was zerstört die Substanz einer Befestigung?**



Abbildungen: Bundesanstalt für Straßenwesen

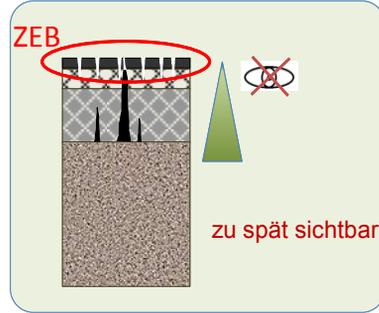
### Was zerstört die Substanz einer Befestigung?

- von oben: Verschleiß



➤ Instandsetzung

- von unten: Materialermüdung



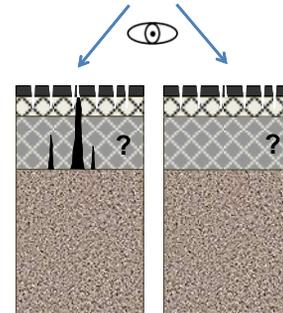
➤ grundlegende Erneuerung

Abbildungen: Bundesanstalt für Straßenwesen

### Zustandserfassung und -bewertung (ZEB)

- Untersuchung der Oberfläche
  - Schäden / Oberflächenmerkmale*
  - Ebenheit*
  - Griffigkeit*
- etabliertes Verfahren
- u. a. Versuch, von oben auf unten zu schließen

➔ reaktives Erhaltungsmanagement



Abbildungen: Bundesanstalt für Straßenwesen

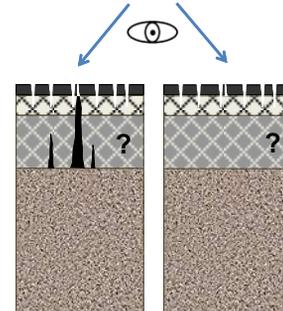
### Substanzerfassung

- Messtechnik (u.a. GPR) macht beginnende Schäden von unten sichtbar

*größere Hohlräume und Risse  
veränderte Schichtstrukturen*

- ist (noch) kein etabliertes Verfahren im Straßenwesen

→ proaktives Erhaltungsmanagement



GPR – Ground Penetrating Radar

Abbildungen: Bundesanstalt für Straßenwesen

### Nutzung von GPR im Straßenbau

#### Asphaltstraßen

- Schichtdicken
- Einbauqualität
- Anomalien/  
Inhomogenitäten

#### Betonstraßen

- Schichtdicken
- Lagebestimmung  
von Dübeln und  
Ankern
- Hohllagerungen
- Anomalien/  
Inhomogenitäten

## Gliederung

1. Fragestellungen im Straßenbau
2. Georadar in der Substanzbewertung
3. Georadar in Regelwerken
4. Herausforderungen
5. Ausblick

## 2. Georadar in der Substanzbewertung

### Ziel: Strukturelle Restsubstanz ermitteln

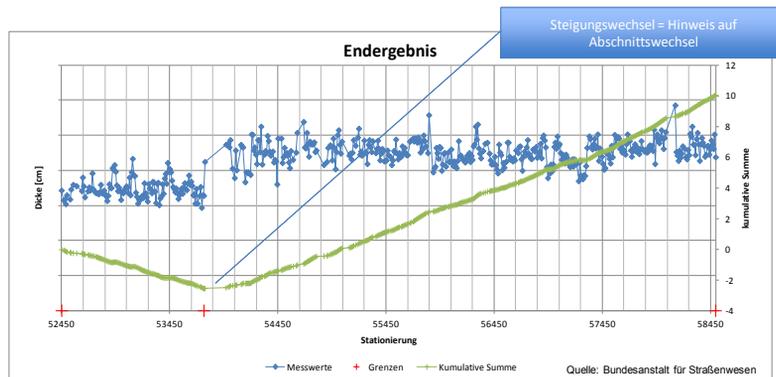
(Wie lange hält die Straße noch?)

Informationen sammeln:

- Aufbaudaten
- Alter
- Bauweise
- Materialwechsel
- **Schichtdicken (GPR)**
- Tragfähigkeiten
- ...

- Zusammenfassung zu „strukturell homogenen Abschnitten“

→ strukturelle Restsubstanz



**Ziel: Strukturelle Restsubstanz ermitteln**

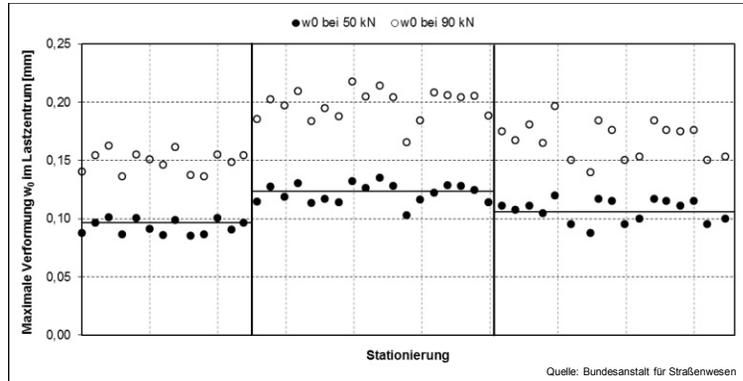
(Wie lange hält die Straße noch?)

Informationen sammeln:

- Aufbaudaten
- Alter
- Bauweise
- Materialwechsel
- **Schichtdicken (GPR)**
- Tragfähigkeiten
- ...

- Zusammenfassung zu „strukturell homogenen Abschnitten“

→ strukturelle Restsubstanz



**Ziel: Strukturelle Restsubstanz ermitteln**

**RSO Asphalt (Entwurf):**

Festlegung von homogenen Abschnitten

Entnahme von Bohrkernen

Ermittlung der Steifigkeiten und Ermüdungsfunktionen im Labor



**Bestimmung der strukturellen Restsubstanz**  
Nachweisführung entsprechend RDO Asphalt

→ „Wie lange hält die Straße noch?“

**Beitrag GPR**

← Schichtdicken (unkalibriert)

← ggf. Potential: Festlegung von Entnahmestellen aufgrund GPR-Messung?  
in Verbindung z.B. mit Tragfähigkeitsmessungen

← ggf. Potential: Beitrag zur Materialansprache/ Materialcharakterisierung aus GPR?  
in Verbindung z.B. mit Tragfähigkeitsmessungen

← Schichtdicken (kalibriert)

RSO Asphalt – Richtlinien zur Bewertung der strukturellen Substanz des Oberbaus  
RDO Asphalt – Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung von Verkehrsfächen mit Asphaltdeckschicht

## Gliederung

1. Fragestellungen im Straßenbau
2. Georadar in der Substanzbewertung
3. Georadar in Regelwerken
4. Herausforderungen
5. Ausblick

## 3. Georadar in Regelwerken

### Überblick

„Die Technischen Regelwerke zum Straßen- und Verkehrswesen werden von der FGSV herausgebracht.“  
([www.fgsv.de](http://www.fgsv.de))

Treffer für die Suche „Georadar“: 15 Dokumente

Abkürzung	Titel
Inhaltsübersicht	Inhaltsübersicht der im Premium-Ausstattungspaket enthaltenen Dokumente sowie Gesetze und Verordnungen
M EFB	Merkblatt zur Erhaltung von Flugbetriebsflächen
	Arbeitspapier - Grundlagen zur Ermittlung homogener Abschnitte zur Bewertung der strukturellen Substanz von Straßenbefestigungen
	Arbeitspapier Tragfähigkeit - Teil B 2.1: Falling Weight Deflectometer (FWD): Gerätebeschreibung, Messdurchführung - Asphaltbauweisen
	Arbeitspapier Tragfähigkeit - Teil B 2.2: Falling Weight Deflectometer (FWD): Gerätebeschreibung, Messdurchführung - Betonbauweisen
	Arbeitspapier Tragfähigkeit - Teil B 4: Curviometro: Gerätebeschreibung, Messdurchführung
AP Trag Teil C	Arbeitspapier Tragfähigkeit von Verkehrsflächenbefestigungen - Teil C 1: Benkelman-Balken: Auswertung und Bewertung von Einsenkungsmessungen
	Arbeitspapier Anwendung des Georadars zur Substanzbewertung von Straßen. Teil A: Bestimmung von Schichtdicken des Oberbaus von Verkehrsflächenbefestigungen mit dem Georadar-Impulssystem
AP 9 K 4.1	Arbeitspapiere zur Systematik der Straßenerhaltung, Reihe K: Kommunale Belange - Abschnitt K 4: Rechnergestützte Erhaltungsplanung - K 4.1: Grundlagen eines Erhaltungsmanagements
RDO Asphalt	Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht
RSIO	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen
	Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund
H GeoMess	Hinweise zur Anwendung geotechnischer und geophysikalischer Messverfahren im Straßenbau
	Hinweise zum Straßenbau in Erdfallgebieten
	Prüfung der Lagebestimmung von Dübeln und Ankern in Fahrbahndecken aus Beton

### Erwähnung von GPR in Regelwerken

**Beispiele aus Dokumenten**

- Lagebestimmung von Dübeln und Ankern (Arbeitspapier)
- Baugrunderkundung → Erdbau (R2)
- Schichtdicken in Kombination:
  - GPR+Tragfähigkeitsmessungen (R2)
- Schichtdickenbestimmung (RDO Asphalt, R1)
- Flugbetriebsflächen: Detektion von Leitungen, Störstellen, repräsentative Festlegung von Bohrpunkten (Merkblatt, R2)
- **„Bestimmung von Schichtdicken des Oberbaus von Verkehrsflächenbefestigungen mit dem Georadar-Impuls-System“ (Arbeitspapier, W2)**

– in Kombination mit Georadarmessungen zur Ermittlung homogener Abschnitte für die Festlegung von Bohrkernentnahmestellen.

ten. Wegen der Mehrdeutigkeit bei der Auswertung und Interpretation geophysikalischer Messergebnisse ist eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Sachverständigen für Geotechnik und einem erfahrenen Geophysiker unerlässlich.

→ allgemeine Aussage:

„Für Schichtdicken, Aufbaudaten kann z.B. Georadar angewendet werden.“

Quelle: FGSV

### Erwähnung von GPR in Regelwerken

Art	Typ	Titel/Bezeichnung	Formulierungen (Beispiele)	Charakter der Regelungen	Abstimmung intern (FGSV)	Abstimmung extern	Verfasser	Art der Bekanntgabe
Regelwerk	R1	Technische Vertragsbedingungen (ZTV, TL, TP)	muss / darf nicht	Anforderungen	mit den betroffenen Ausschüssen aller Arbeitsgruppen	mit den Straßenbauverwaltungen und Industrieverbänden, ggf. mit den Straßenbehörden	FGSV	regelmäßig Bekanntgabe zur Einführung durch BMVI
		Richtlinien	soll / soll nicht solte / solte nicht	Regelfälle, Empfehlungen				
	R2	Merkblatt / Empfehlungen	solte / solte nicht	Empfehlungen	mit den betroffenen Ausschüssen aller Arbeitsgruppen	mit den Straßenbauverwaltungen, falls Bekanntgabe durch BMVI	FGSV	Veröffentlichung, fallweise Bekanntgabe durch BMVI
Wissensdokument	W1	Hinweise	kann / kann nicht ist zweckmäßig / nicht zweckmäßig	Möglichkeiten	mit den betroffenen Ausschüssen aller Arbeitsgruppen	-	FGSV	Veröffentlichung
	W2	Arbeitspapier	ist zweckmäßig / nicht zweckmäßig	Möglichkeiten	im zuständigen AA plus Freigabe durch AG-Leitung	-	zuständiger AA in der FGSV	Veröffentlichung

→ Fazit für GPR: kann man anwenden, Beschreibungen, Möglichkeiten, Hinweise

Quelle: FGSV

## Gliederung

1. Fragestellungen im Straßenbau
2. Georadar in der Substanzbewertung
3. Georadar in Regelwerken
4. Herausforderungen
5. Ausblick

## 4. Herausforderungen

### Allgemein

- Anwenderwissen (im Straßenbau) ist zum Teil un spezifiziert
  - Einflüsse auf Messungen
  - Genauigkeiten
  - Möglichkeiten und Grenzen von GPR
  - Kalibrierung am Bohrkern



„Abhilfe“

Richtlinien, Merkblätter

- Akzeptanz des Verfahrens
  - Schlechte Erfahrungen? (Anfragen zu zertifizierten GPR-Anbietern)
  - Qualitätssicherung nicht gewährleistet („das Blaue vom Himmel versprechen“)



Anerkennungsverfahren?

- GPR-Expertenwissen existiert, ist im Straßenbau aber nicht so präsent, gebündelt verfügbar



u.a. FE-Projekt „Möglichkeiten und Grenzen des Georadarverfahrens“

→ begrenzte Schnittmenge zwischen Auftraggeber und GPR-Anbieter



Schulungen, Workshops

### Datenbearbeitung / Verfahrensoptimierung

- Geschwindigkeitsbestimmung und Zeit-Tiefen-Konversion
  - Standard: Bohrkerne
    - ohne Bohrkerne möglich? (wenige? gezielte?)
    - CMP-Messungen?
    - ... ?
  - Einflüsse
    - Schwankungen im Hohlraumgehalt, Verdichtung
    - Feuchte
    - ...



Quelle: BMVI

Objektebene: Nicht-Standard-Auswertemethoden eher möglich  
Netz Betrachtung: 50+ km/h, Tausende km, etablierte Auswertemethoden

→ **Wirtschaftlichkeit, Anwendbarkeit !**

## Gliederung

1. Fragestellungen im Straßenbau
2. Georadar in der Substanzbewertung
3. Georadar in Regelwerken
4. Herausforderungen
5. Ausblick

### Potenzial von GPR im Straßenbau

- Bildung von homogenen Abschnitten → Regelwerk
  - gezielte Bohrkernentnahmen → Entnahmestellen verringern, bessere Auswertung
  - Einbauqualität von Straßen
  - Materialansprache?
  
  - Aussagen über Zustand des Schichtaufbaus wünschenswert:
    - mangelnder Schichtenverbund
    - aufgelöste/zerstörte Schichten
    - Hohlräume, Verdrückungen, Absackungen, Ausspülungen, hoher Wasserstand, etc.
- als belastbares Verfahren etablieren

#### Ausblick

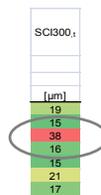
- Vorteile von Mehrkanal-Messungen im Straßenwesen
  - Betonstraßen: Quer- und Längsfugen, Hohlräume! (Arbeitspapier)
  - inhomogene Aufbauten, Leitungen detektierbar
  
- Kombination mit anderen Messverfahren
  - Validierung der Ergebnisse + GPR-Akzeptanz erhöhen

### Kombination von GPR mit Tragfähigkeitsmessungen

Beispiel



Tragfähigkeitsmessungen



Georadarmessungen



Kombination von GPR mit Tragfähigkeitsmessungen  
→ Aussagen über Anomalien

Betonstraße mit Asphaltstück!

Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen

## MESAS

Multifunktionales Erfassungssystem zur Substanzbewertung und zum Aufbau von Straßen

→ Gleichzeitige Erfassung: Oberflächenmerkmale und strukturelle Substanz



- Tragfähigkeit  
*Dopplerlaser*
- Schichtdicken / Inhomogenitäten  
*Georadar*
- Oberflächenbild  
*Kamera/Laser*
- Ebenheit  
*Laser*
- Frontbild/Straßenraum  
*Kamera*

Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen