

# Technische Absicherung des Regelwerks

**Privatfinanzierter Straßenbau – Chancen und Risiken**

Karlsruher Kolloquium, Universität Karlsruhe (TH), 6.12.2005



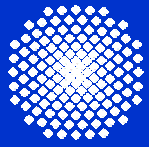
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfram Ressel

**Universität Stuttgart**

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

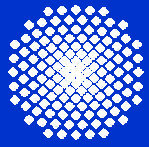
Lehrstuhl für Straßenplanung und Straßenbau

Pfaffenwaldring 7 ■ D-70569 Stuttgart ■ Tel. +49 (0)711 658-6447 ■ [www.uni-stuttgart.de/isv/](http://www.uni-stuttgart.de/isv/)



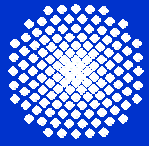
## Konzessionsvertrag: Idee · Prinzip · Definition

- Umstellung der Haushaltsfinanzierung auf **Nutzerfinanzierung** für Infrastrukturprojekte (Pällmann-Kommission)
- **A-Modell** (Autobahnmautgesetz 2002): **Ausbau** (z.B. Anbau des 5. und 6. Fahrstreifen), **Erhaltung und Betrieb** in einem definierten Zeitraum (z.B. 30 Jahre) und die Finanzierung dieser Aufgabe durch einen privaten Betreiber
- Refinanzierung des privaten Betreibers über das **Gebührenaufkommen der schweren Lkw** (Lkw-Maut) im auszubauenden Streckenabschnitt
- **Anschubfinanzierung** aus dem Straßenbauhaushalt (i.d.R. 50%)



## Funktionsbauvertrag: Idee · Prinzip · Definition

- ***Funktionsbauvertrag:***  
Zusammenfassung des **Neubaues oder der Erneuerung** einer Straße (Straßenkörpers) und der anschließenden **baulichen Erhaltung** des Straßenoberbaus sowie dessen **Funktionsfähigkeit** (Befahrbarkeit) über einen definierten Erhaltungszeitraum in einem **Vertragswerk**
- Vergabe an **einen** Auftragnehmer
- „Performance- / **nutzerorientierter**“ Vertrag
- Finanzierung durch den **Straßenbauhaushalt**
- Zukunft: Einbindung von Kunstbauwerken

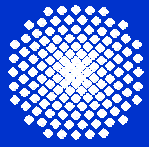


**Frage:**

**Wie erfolgt die die Kontrolle der zu erbringenden Leistung des privaten Betreibers bzw. des Auftragnehmers ?**

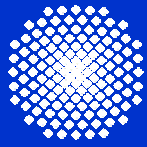
**Voraussetzung:**

**Ausschluss des Technischen Regelwerks !  
(ZTV Asphalt; ZTV Beton; ZTV E; RStO etc.)**



# Vertragsgegenstand

Neubau Erneuerung	Erhal- tung	Betriebliche Erhaltung	Kontrolle	Auftrag- geber	Verantwortung
			Wartung (Betriebl. Unterhaltung) z. B. Drainage		
		Bauliche Erhaltung	Instandhaltung (Bauliche <b>Unterhaltung</b> )	Auftrag- nehmer	
			Instandsetzung		
			Erneuerung		



# Funktionsbauvertrag · Bestandteile

## Ausschreibung Bewertung

- Nichtoffenes Verfahren
- Formalisiertes Bewertungsverfahren

## Besondere Vertrags- bedingungen

- Vergütung
- Vertragsfristen
- Vertragsstrafen
- Gewährleistung
- ZTV und ETV

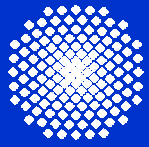
## Leistungs- beschreibung

- Baubeschreibung
- Leistungsverzeichnisse und -programme:  
Teil A: Erdbau, etc.  
Teil B: Neubau/Erneuerung  
Teil C: Erhaltung

## Funktionale Anforderungen

### Zahlungsplan

- **ZTV Funktion**
- **ZTV MtZEB**
- **Zustands- und Erhaltungsmodell**



- **ZTV Funktion - StB 04**

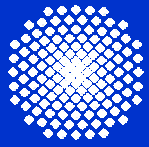
**für Funktionsbauverträge im Straßenbau  
(Entwurf für Pilotversuche; Einführung in 2005)**

*Inhalt: Funktionale Anforderungen an den Straßenoberbau im Hinblick auf die einzuhaltenden Zustandswerte und Zustandsgrößen sowie Schadensmerkmale während der Vertragslaufzeit*

- **ZTV MtZEB - StB 04**

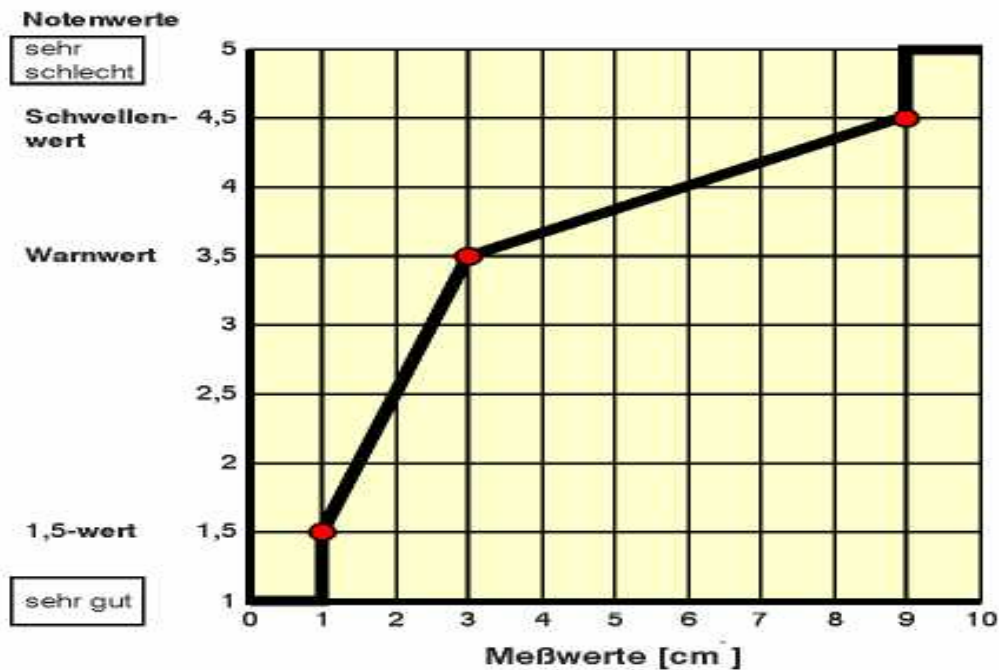
**zur messtechnischen Zustandserfassung und  
Zustandsbewertung mit schnellfahrenden Mess-  
systemen (für Funktionsbauverträge)  
(Entwurf für Pilotversuche; Einführung 2005)**

*Inhalt: Angaben zur Vorbereitung, Durchführung, Auswertung, Bewertung und Qualitätssicherung*



# Funktionsanforderungen · Bewertung

**Zustandsmerkmale = selbständige Bestandteile der Beschreibung eines Zustandes der Straßenbefestigung**



**Beurteilungmaßstab:**

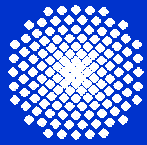
- Übergabewert
- Warnwert
- Schwellenwert
- Abnahmewert

Messtechnik



Beispiel





# Anforderungen für die Übergabe – Asphalt

Zustandsmerkmal 1	Übergabewerte	
	Zustands- größen 2	Zustands- werte 3
(1) <b>Ebenheit im Längsprofil</b> unter (rechnerischer) Richtlatte über 4 m <sup>1)</sup>	≤ 4,0 mm	1,5
(2) <b>Ebenheit im Querprofil</b> <sup>1)</sup>		
(2.1) <b>Spurrinnentiefe</b>	≤ 4,0 mm	1,5
(2.2) <b>Fiktive Wassertiefe</b>	≤ 0,1 mm	1,5
(3) <b>Griffigkeit: SCRIM</b> <sup>2)</sup> : $\mu_{\text{SCRIM}}$ (V = 80 km/h)	≥ 0,46	2,5
$\mu_{\text{SCRIM}}$ (V = 60 Km/h)	≥ 0,53	2,5
(4) <b>Substanzmerkmale (Oberfläche)</b>		
(4.1) <b>Netzrisse</b> <sup>3)</sup>	≤ 1 %	1,5
(4.2) <b>Flickstellen</b> <sup>3)</sup>	≤ 1 %	1,5

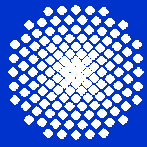
<sup>1)</sup> Unebenheitshöhe innerhalb einer 4 -m-Messstrecke gemäß ZTV MtZEB

<sup>2)</sup> SCRIM = Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine

Erfassung des Seitenreibungsbeiwertes  $\mu_{\text{SCRIM}}$  bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit

Die in Zeile (3), Spalte 2 angegebenen Zustandsgrößen dürfen um nicht mehr als 0,03 unterschritten werden.

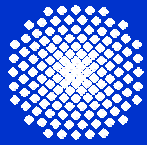
<sup>3)</sup> Videotechnische Erfassung der Fahrbahnoberfläche



# Anforderungen für die Übergabe – Beton

Zustandsmerkmal 1	Übergabewerte	
	Zustands- größen 2	Zustands- werte 3
<b>(4) Substanzmerkmale (Oberfläche)</b>		
<b>(4.1) Längsrisse / Querrisse <sup>3)</sup></b>		
(4.1.1) Mittlere Risslänge der betroffenen Platten	≤ 0,1 m	1,5
(4.1.2) Anteil der betroffenen Platten	≤ 1 %	1,5
<b>(4.2) Eckabbrüche <sup>3)</sup></b>		
(4.2.1) Mittlere Anzahl pro betroffener Platten	≤ 0,01 St	1,5
(4.2.1) Anteil der betroffenen Platten	≤ 1 %	1,5
<b>(4.3) Kantenschäden <sup>3)</sup></b>		
(4.3.1) Mittlere Länge der betroffenen Platten	≤ 0,1 m	1,5
(4.3.2) Anteil der betroffenen Platten	≤ 1 %	1,5

<sup>3)</sup> Videotechnische Erfassung der Fahrbahnoberfläche



## Anforderungen im Erhaltungszeitraum – Asphalt

Zustandsmerkmal	Warnwerte		Schwellenwerte	
	Zustands größen	Zustands werte	Zustands größen	Zustands werte
1	2	3	4	5
(1) Ebenheit im Längsprofil unter (rechnerischer) Richtlatte über 4 m <sup>1)</sup>	7,0 mm	3,5	10,0 mm	4,5
(2) Ebenheit im Querprofil <sup>1)</sup>				
(2.1) Spurrinntiefe	10,0 mm	3,5	20,0 mm	4,5
(2.2) Fiktive Wassertiefe	4,0 mm	3,5	6,0 mm	4,5
(3) Griffigkeit: SCRIM <sup>2)</sup> : $\mu_{SCRIM}$ (V = 80 km/h)	0,39	3,5	0,32	4,5
$\mu_{SCRIM}$ (V = 60 km/h)	0,46	3,5	0,39	4,5
(4) Substanzmerkmale (Oberfläche)				
(4.1) Netzrisse <sup>3)</sup>	5 %	3,5	10 %	4,5
(4.2) Flickstellen <sup>3)</sup>	10 %	3,5	15 %	4,5

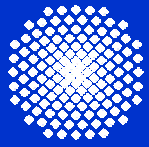
<sup>1)</sup> Unebenheitshöhe innerhalb einer 4-m-Messstrecke gemäß ZTV MtZEB

<sup>2)</sup> SCRIM = Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine

Erfassung des Seitenreibungsbeiwertes  $\mu_{SCRIM}$  bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit

Die in Zeile (3), Spalten 2 und 3 angegebenen Zustandsgrößen dürfen um nicht mehr als 0,03 unterschritten werden.

<sup>3)</sup> Videotechnische Erfassung der Fahrbahnoberfläche



# Funktionsanforderungen · Bewertung

## ▪ Zustandsmerkmale

Zustandsgröße  $\Rightarrow$  Normierung  $\Rightarrow$  Zustandswerte

fünfteilige Bewertungsskale  $\Rightarrow$  Noten 1,0 ... 5,0

*Beurteilungsmaßstab:*

- Übergabewert
- Warnwert
- Schwellenwert
- Abnahmewert



Messtechnik

## ▪ Schadenmerkmale

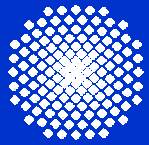
**Schadensschwere**

- **ohne Schäden (0)**
- **leichte Schäden (1)**
- **mittlere Schäden (2)**
- **schwere Schäden (3)**



Visuelle Erhebung

**Beispiel**



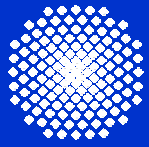
<b>Betondecken</b>		
<b>III</b>	<b>Örtliche Verformungen</b>	<b>(IIIa) Setzungen / Einsenkungen</b>

### **Schadensbeschreibung:**

Vertikale Abweichungen der Betonoberfläche vom ursprünglichen Profil durch Setzungen im Untergrund bzw. Unterbau. Beim Befahren gerät das Fahrzeug in Schwingungen.

### **Schadensfeststellung und -schwere**

- Augenscheinliches Erkennen des Merkmals
- Die Beurteilung des Merkmals erfolgt qualitativ:
  - (0) ohne Schäden
  - (1) leichte Schäden: sichtbar, erzeugen sanfte Schwingungen im Fahrzeug, keine Beeinträchtigung der Oberflächenentwässerung
  - (2) mittlere Schäden: deutlich sichtbar, Fahrzeug bei Schwingungen noch gut kontrollierbar, geringe Beeinträchtigung der Oberflächenentwässerung
  - (3) schwere Schäden: sehr deutlich sichtbar, Fahrzeugführung erfordert erhöhte Aufmerksamkeit, deutliche Beeinträchtigung der Oberflächenentwässerung



## Betondecken

III Örtliche Verformungen

(IIIa) Setzungen / Einsenkungen

### Orientierungshilfe zur Schadensschwere

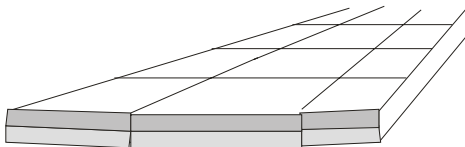
Leicht



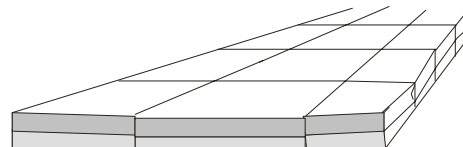
Mittel



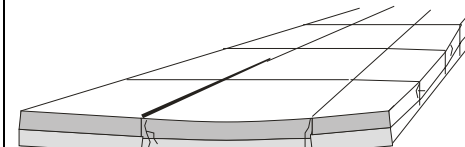
Leicht

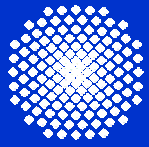


Mittel



Schwer

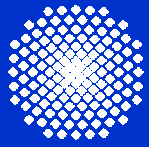




## Dimensionierung des Oberbaus (1)

### **Bisher**

- Neue Bauweisen müssen in bemessungstechnischer Hinsicht einer **Referenzbauweise** entsprechen.
- Es sind der bemessungstechnische **Nachweis der Gleichwertigkeit** mit Hilfe eines Berechnungsverfahrens unter Angabe der **Bemessungsansätze** (E-Modul,  $E_{v2}$  etc.) und der Nachweis der bautechnischen Machbarkeit zu führen. Dies gilt auch für die im Ausland bewährten Bauweisen.
- Der **stufenweise Aufbau** ist zugelassen. Es müssen jedoch die Folgekosten sowie der zeitlich vorgesehene Ablauf für die Anpassung der übrigen Anlagen-teile ausgewiesen werden.

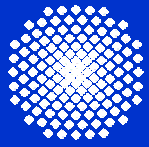


## Dimensionierung des Oberbaus (2)

### **NEU ab 2006**

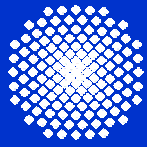
- **Freie Bemessung** mittels deterministischer Berechnungsverfahren:
  - AWDSTAKO (Zementbetonbauweisen)
  - PADESTO (Asphaltbauweisen)
- Quantitative Vorgabe: **Bauklasse** (nach RStO)
- Qualitativer Vorgabe: Dicke des **frostsicheren Oberbaus**





## Dimensionierung des Oberbaus (3)

- **Sicherstellung und Gewährleistung der wesentlichen **Gebrauchseigenschaften** bei der eigenverantwortlichen und fachgerechten Wahl der Baustoffe und der Baustoffgemische:**
  - **Festigkeit**
  - **Verformungsbeständigkeit**
  - **Frost-Tausalz-Beständigkeit**
  - **Schichtenverbund**
  - **gleichmäßige Beschaffenheit der Oberfläche**
  - **Vermeidung entwässerungsschwacher Bereiche**
  - **profilgerechte Lage und geometrische Abmessungen der Decke**



# Nachweis der Funktionseigenschaften

- **Zustandsmerkmale**

- **Übergabeinspektion**

- Durchführung: Auftraggeber* (Wiederholungsmessung: AN)

- **Funktionsinspektion**

- Regelturnus: 3 Jahre**

- Erreichen des Warnwertes: 2 Jahre (Ebenheit quer u. längs;  
Substanzmerkmale)

- 1 Jahr (Griffigkeit)

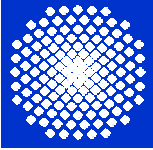
- Durchführung: Auftragnehmer*

- **Abnahmeinspektion**

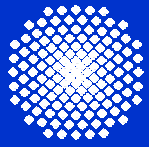
- Durchführung: Auftraggeber*

- **Schadensmerkmale**

- **Visuelle Schadenserfassung**



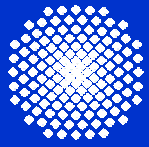
**Wie geht es weiter ?**



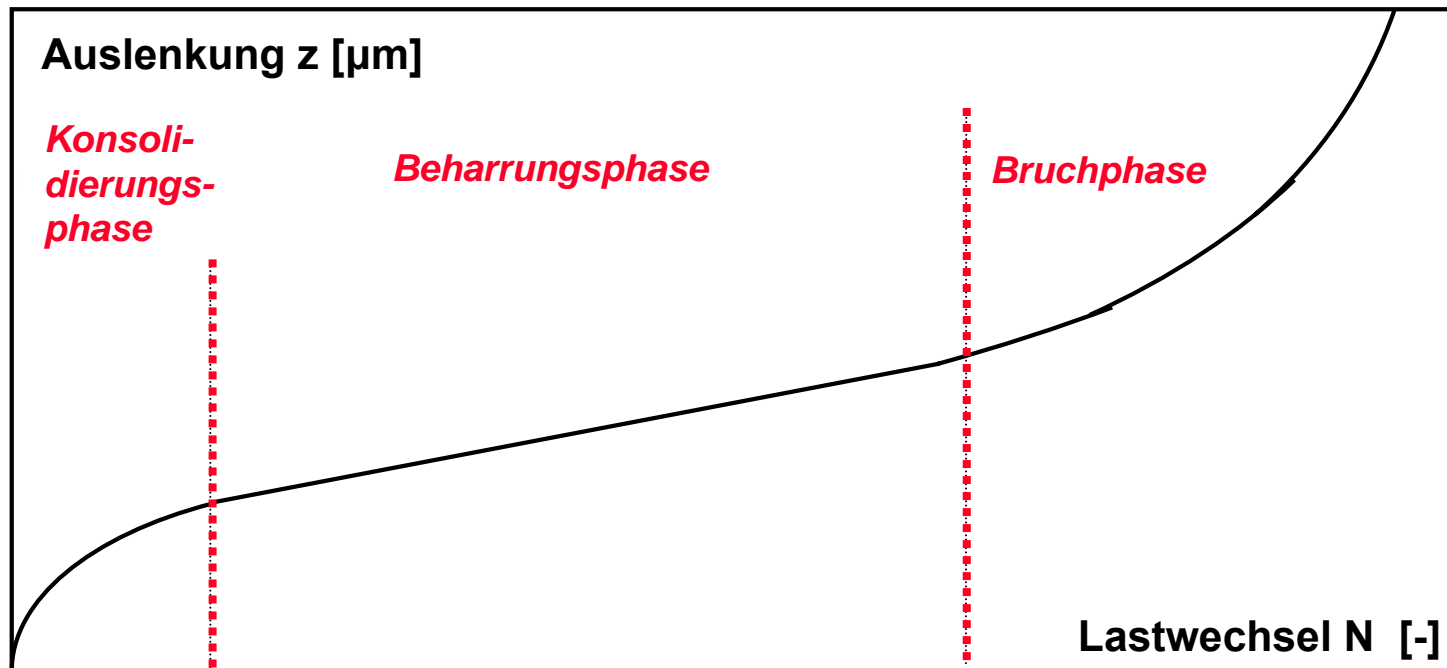
# Strukturelle Bewertung von Asphaltbefestigungen

## Methodik der vergleichenden Ermüdungskurven (nach Dr. Zander)

- Durchführung von Ermüdungsversuchen an prismatischen Probekörpern mit Zweipunkt-Biegegerät
- Probekörperentnahme: jeweils 2 Bohrkerne  $D \geq 220$  mm aus der rechten Rollspur und zwischen den Rollspuren auf einer Fläche von  $6000 \text{ m}^2$
- Zeitpunkte:
  - Bei Bauübergabe
  - Nach 10 Jahren und darauf folgend alle 5 Jahre
  - Bei Bauabnahme (Vertragsende)
- Ermittlung der mechanogenen (Verkehrslast) und nicht mechanogenen (Klima und Alterung) Schädigungen und Rückschluss auf die verbleibende Restnutzungsdauer durch Vergleich der Ermüdungskurven



# Ermüdungskurve

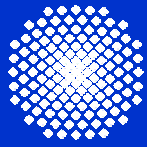


## Definitionen

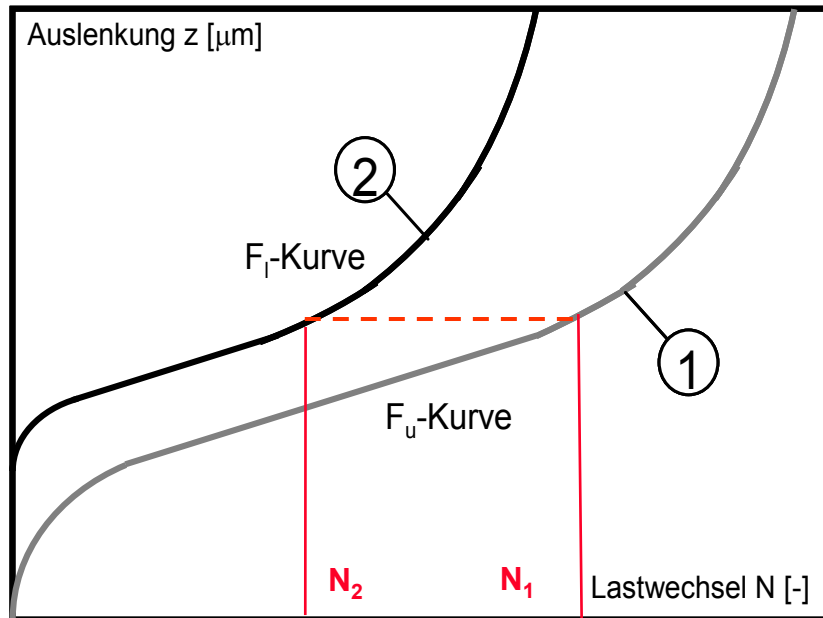
- Basiskurve: Ermüdungskurve vor Verkehrsfreigabe
- Folgekurve: Ermüdungskurve während der Nutzungsdauer

Index u: Probekörper aus dem unbelasteten Bereich (zwischen Rollspuren)

Index l: Probekörper aus dem belasteten Bereich (in der rechten Rollspur)

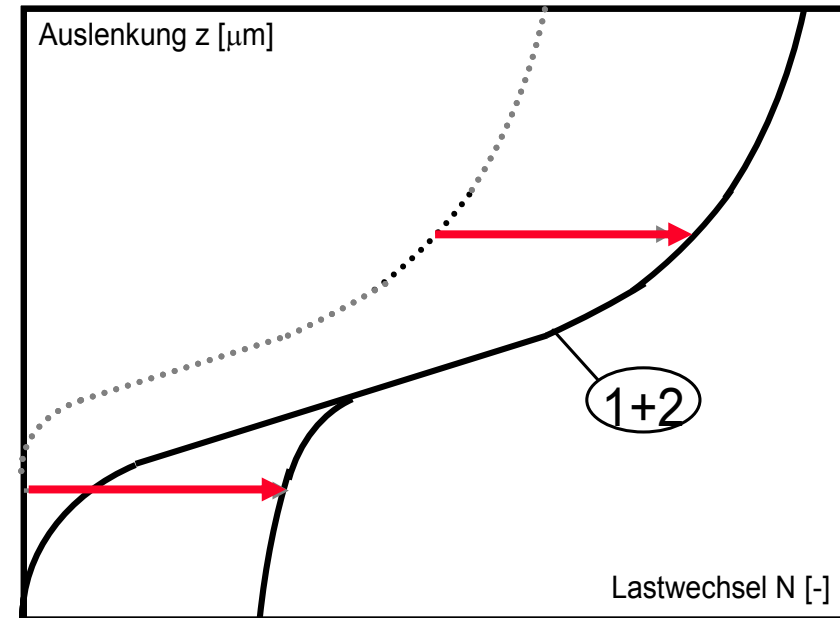


# Auswertung – Mechanogene Schädigung

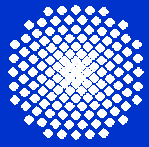


## $F_1$ -Kurve

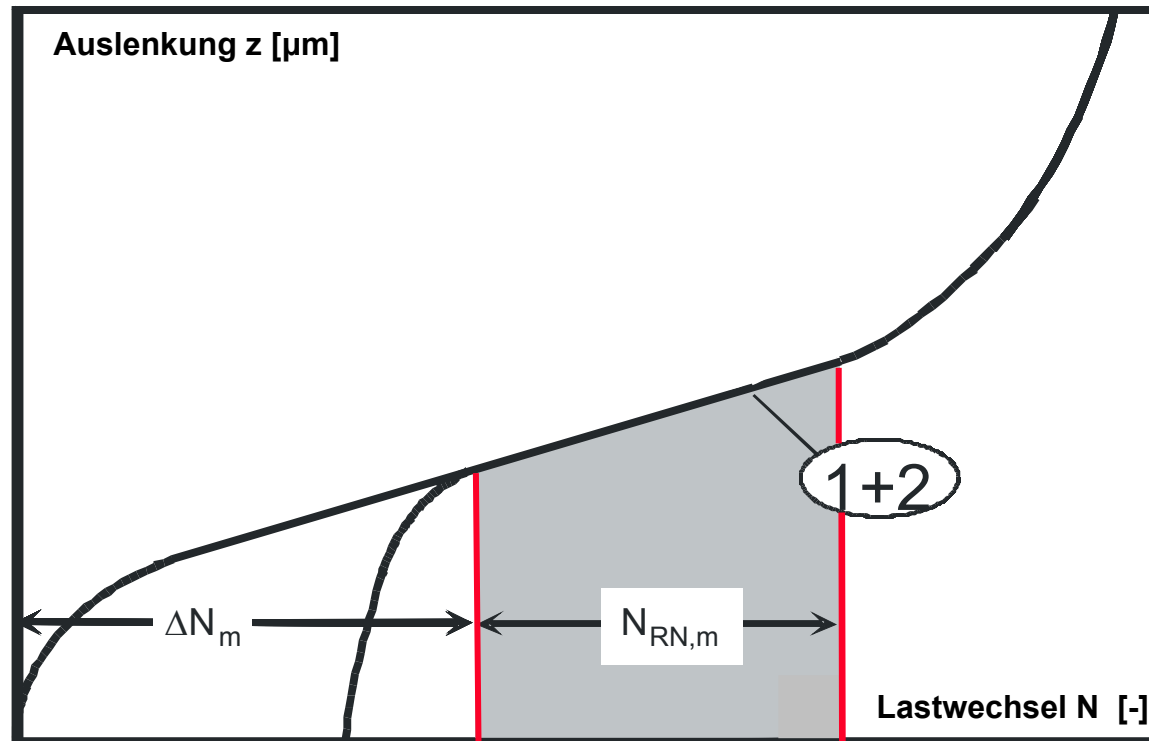
weist größere Anfangsdeformation und eine kleinere Bruchlastwechselzahl auf, verursacht durch die mechanogenen Schädigungen.



Parallelverschiebung der  $F_1$ -Kurve (partiell paralleler Verlauf nur gegeben, da Materialeigenschaften gleich)

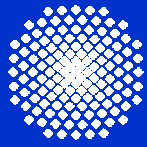


# Auswertung – Mechanogene Schädigungen $\Delta N_m$

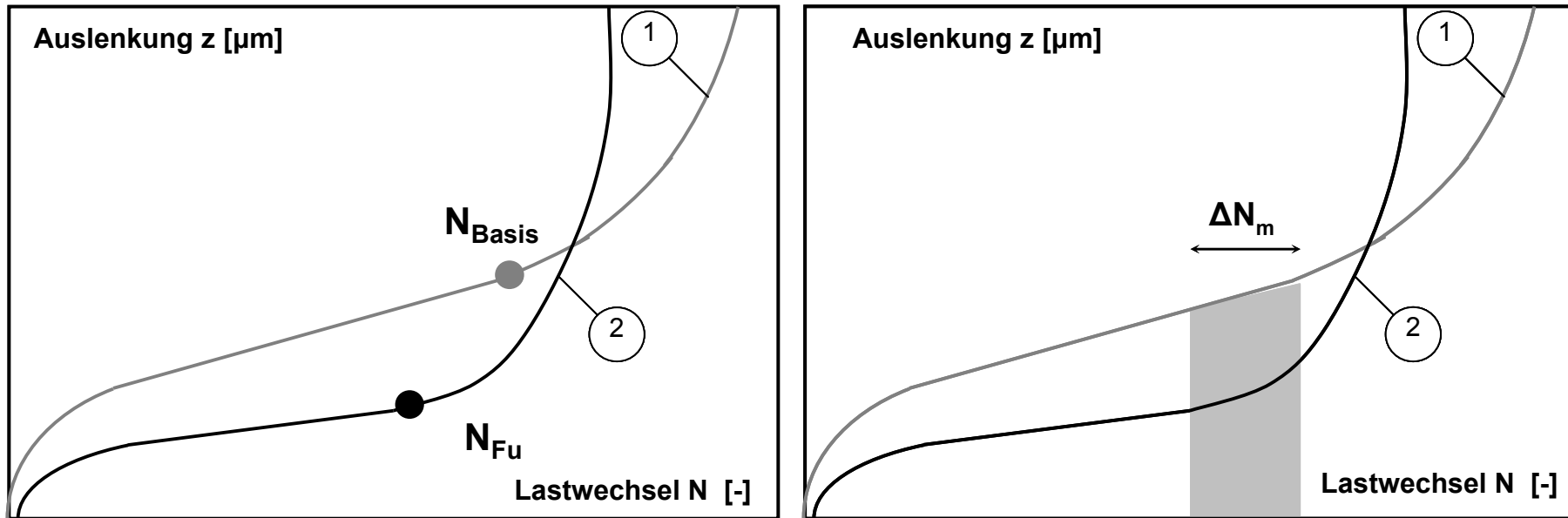


Bisher ertragene  
Lastwechselzahl  
(mechanogene  
Schädigung  $\Delta N_m$ )

**Verbleibende  
Anzahl von  
Lastwechseln  
bis zum Bruch**



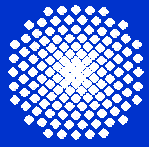
# Auswertung – nicht-mechanogene Schädigung $\Delta N_n$



## Vergleich von Basis-Kurve und $F_u$ -Kurve

- Kurven besitzen keinen parallel verlaufenden Anteil, da Probekörper nicht zum selben Zeitpunkt entnommen wurden und Materialeigenschaften durch Klima und Alterung verändert sind.
- Nicht mechanogene Schädigung aus Klima und Alterung ergibt sich als Differenz der Bruchlastwechselzahlen.





## Bewertung

- Die **Restnutzungsdauer** einer Asphaltbefestigung wird durch Schädigungen aufgezehrt. Für die verbleibende Restnutzungsdauer gilt:

$$N_{RN} = N_B - \Delta N_m - \Delta N_n \quad [LW]$$

- Zur Bestimmung der **Restnutzungsdauer in Jahren** ist eine Übertragungsfunktion erforderlich, die den Zusammenhang zwischen den im Labor ermittelten Lastwechseln und den realen Verhältnissen beschreibt.

$$N_{RN,real} = N_{RN,Labor} \times f \quad [LW]$$

$$N_{RN,real} = \sum_{i=1}^{t_{RN}} N_i$$

mit  $N_i$  = jährliche 10 t – Achsübergänge aus Verkehrsprognose