



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN**

Institut für Bahnfahrzeuge und Bahntechnik, Professur für Technik spurgeführter Fahrzeuge

# **Bremsen der Fahrzeuge des SPNV**

Wintersemester 2020/21



**DRESDEN  
concept**  
Exzellenz aus  
Wissenschaft  
und Kultur

# Bremsen der Fahrzeuge des SPNV



Dr.-Ing. Martin Kache  
martin.kache@tu-dresden.de

**Januar 2021**

Inhalte dieser Lehrveranstaltung

# **GLIEDERUNG**

# Gliederung

1. Einführung
2. Anforderungen an Bremssysteme im SPNV
3. Bremskraftherzeugung
4. Bremssteuerung

# Einführende Fallbeispiele



# Betriebliche Rahmenbedingungen

## Vollbahn-Fahrzeuge



Fahren im **Raumabstand**

elaborierte Zugsicherungstechnik

mittlere  
Anfahr-/Bremsbeschleunigungen

höheres passives Sicherheitsniveau

mittlere/hohe Zugdichte

Neigungen i.d.R.  $< 40\text{‰}$

freizügige Einsetzbarkeit

freizügige bremstechnische Kuppelbarkeit  
nötig

## Straßenbahn-Fahrzeuge



Fahren auf **Sicht**

keine/vereinfachte Zugsicherungstechnik

hohe  
Anfahr-/Bremsbeschleunigungen

geringeres passives Sicherheitsniveau

hohe/sehr hohe Zugdichte

Neigungen  $> 40\text{‰}$  möglich

Einsatz auf lokalen Netzen

keine freizügige bremstechnische  
Kuppelbarkeit nötig

# Rechtliche Rahmenbedingungen

## Vollbahn-Fahrzeuge



## Straßenbahn-Fahrzeuge



### Grundlage:

Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG)

### Verordnungen:

Transeuropäische-Eisenbahn-Interoperabilitätsverordnung (**TEIV**)

**einschl.** der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (**TSI**)

Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (**EBO**)

EN-Normen, DIN-Normen, **UIC-Kodex**

**Bremstechnische Grund-Einheitlichkeit**

### Grundlage:

Personenbeförderungsgesetz (PBefG)

### Verordnungen:

Verordnung über den Bau und Betrieb von Straßenbahnen (BOStrab)

Technische Regeln Straßenbahn (TR Br)

EN-Normen

ergänzend: DIN-Normen, VDV-Schriften

**Netzspezifische Anforderungen**

# Gliederung

1. Einführung
- 2. Anforderungen an Bremssysteme im SPNV**
3. Bremskrafterzeugung
4. Bremssteuerung
5. Wiedergewinnung von Bremsarbeit
6. Bremsauslegung
7. Berechnungen
8. Prüfverfahren

# Vorschriftenwerk

## **BOStrab**

§ 17 (5)

**§ 36**

§ 38 (1),(2)

§ 56 (2)

**Anlage 2**

Technische Regeln  
für die Bemessung und Prüfung der Bremsen  
von Fahrzeugen  
nach der  
Verordnung über den Bau und Betrieb der  
Straßenbahnen (BOStrab)

- **Technische Regeln Bremsen** -  
(TR Br)

[Download](#)

## **DIN EN 13452-1: 2003**

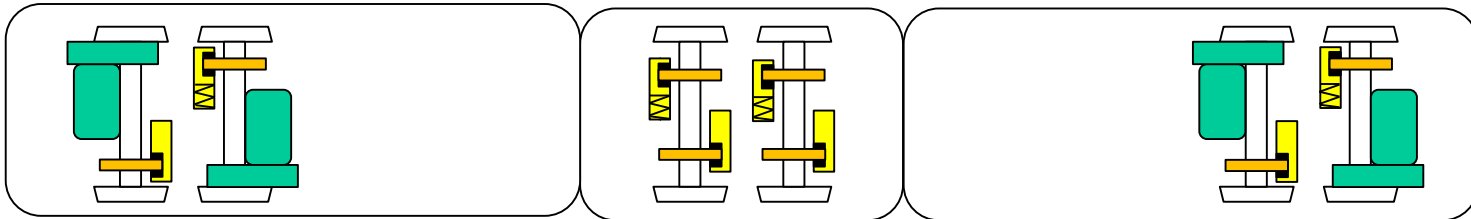
Bahnanwendungen –  
Bremsen –  
Bremssysteme des öffentlichen  
Nahverkehrs –  
Teil 1: Anforderungen an das  
Leistungsvermögen

## **DIN EN 13452-2: 2003**

Bahnanwendungen –  
Bremsen –  
Bremssysteme des öffentlichen  
Nahverkehrs –  
Teil 2: Prüfverfahren

# BOStrab § 36 - Bremsen

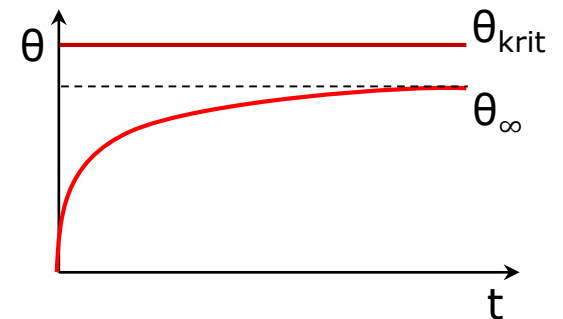
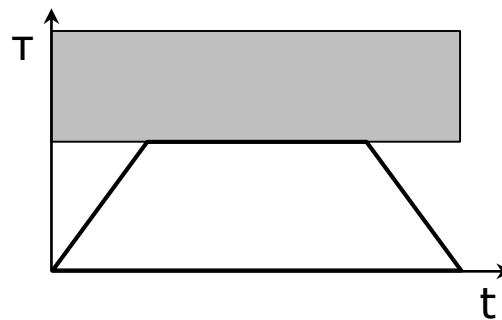
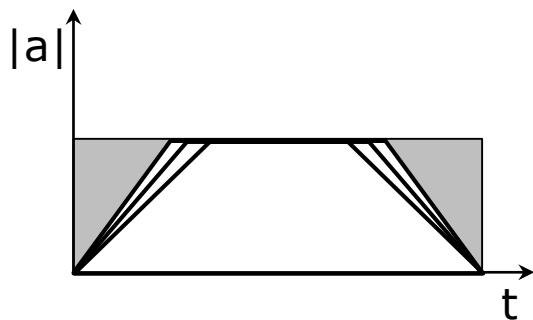
„(1) Fahrzeuge müssen **mindestens zwei** Bremsen haben. Diese müssen so **voneinander unabhängig** sein, dass bei Störungen innerhalb der einen Bremse die Wirksamkeit der anderen Bremse erhalten bleibt; ihre **Wirksamkeit** muss **auch bei Ausfall der Fahrleitungsspannung** gesichert sein.“



# BOStrab § 36 - Bremsen

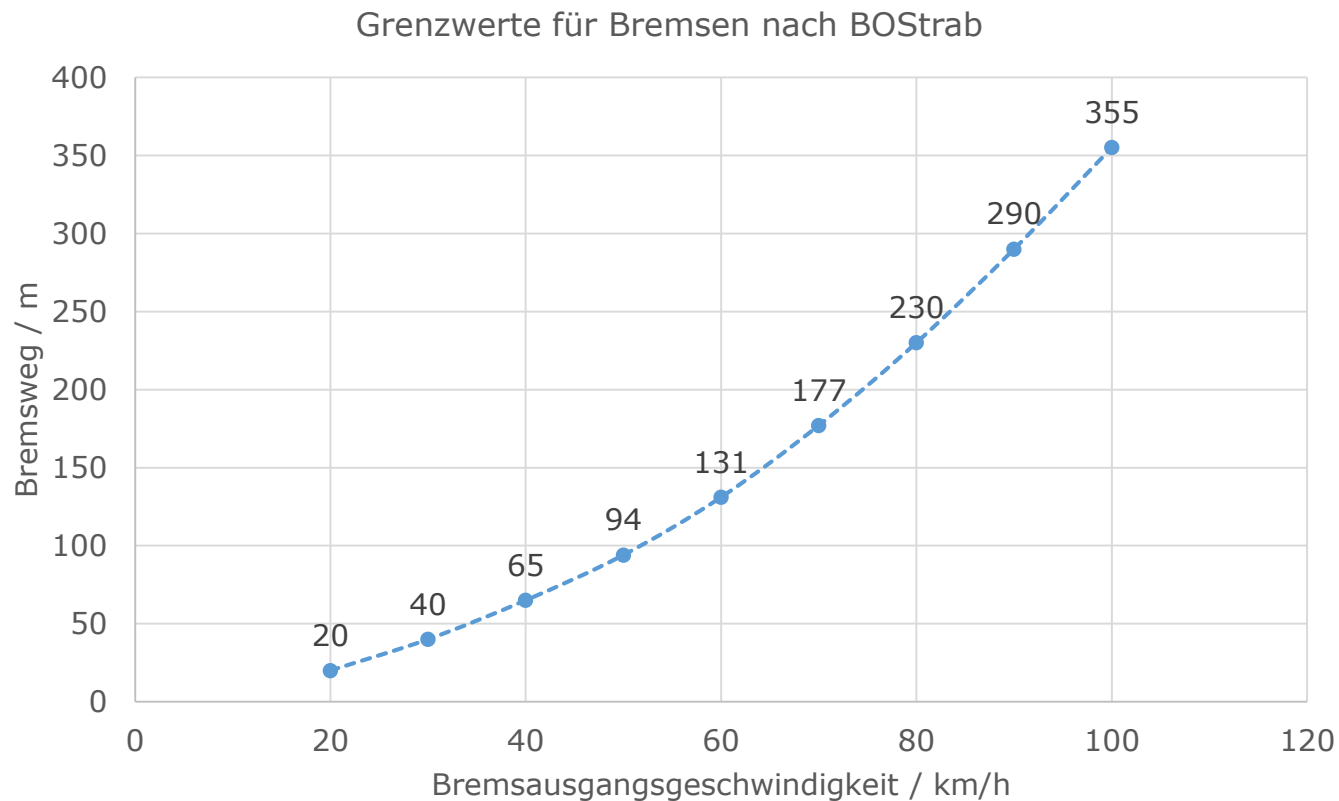
„(2) Die Bremsen müssen so gebaut und einschließlich ihrer Steuereinrichtungen so aufeinander abgestimmt sein, dass

1. Fahrzeuge und Züge ohne Gefährdung der Fahrgäste **mit möglichst geringem Ruck** bis zum Stillstand verzögert werden können (Betriebsbremsung),
2. der **Kraftschluss** zwischen Rad und Schiene **im betriebsnotwendigen Umfang ausgenutzt** werden kann,
3. sie im Zusammenwirken **Dauerleistungen** aufweisen, die den Neigungsverhältnissen im Streckennetz und den **betrieblichen Verhältnissen angepasst** sind.“



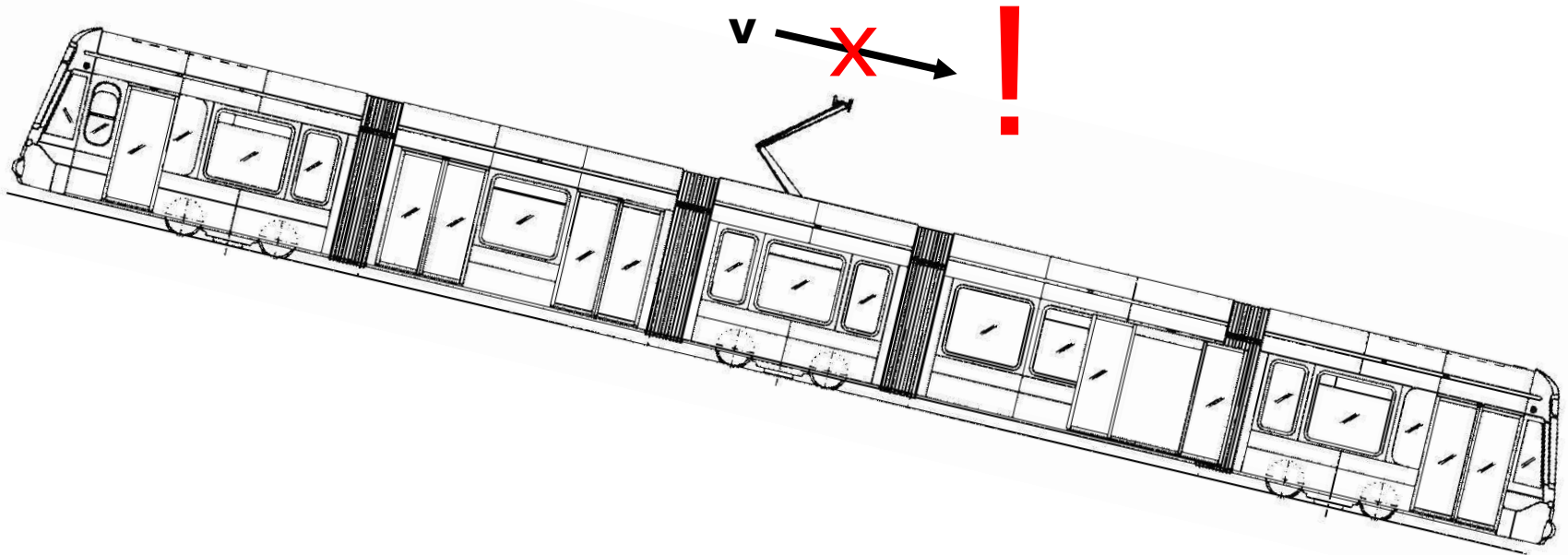
# BOStrab § 36 - Bremsen

„(3) Bei **Ausfall einer Bremse** müssen mit den übrigen Bremsen **mindestens die mittleren Bremsverzögerungen** nach Anlage 2 Tabelle 1 erreicht werden.“



# BOStrab § 36 - Bremsen

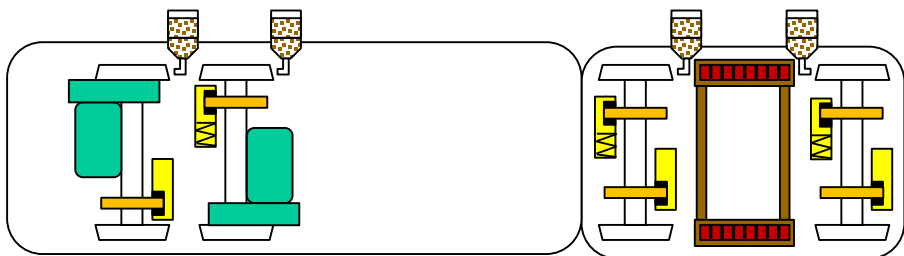
„(4) Eine der Bremsen muss ein **Abrollen des mit größter Nutzlast stillstehenden Fahrzeugs auf der größten im Streckennetz vorhandenen Neigung verhindern** können. Diese Bremse muss nach dem Federspeicherprinzip wirken; ihre Bremskraft muss **ausschließlich durch mechanische Mittel** erzeugt und übertragen werden.“



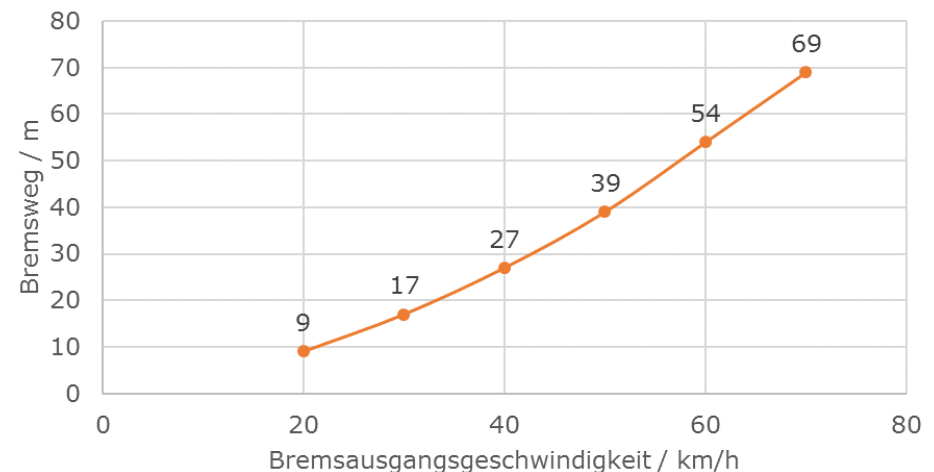
# BOStrab § 36 - Bremsen

„(5) Bei Fahrzeugen straßenabhängiger Bahnen, ausgenommen bei Betriebsfahrzeugen nach Absatz 6, müssen

1. eine Bremse **vom Kraftschluss** zwischen Rad und Schiene **unabhängig** sein,
2. die anderen Bremsen durch **Sandstreuereinrichtungen** ergänzt sein,
3. mit den Bremsen **mindestens die mittleren Bremsverzögerungen nach Anlage 2 Tabelle 2** erreicht werden (Gefahrbremsung).“



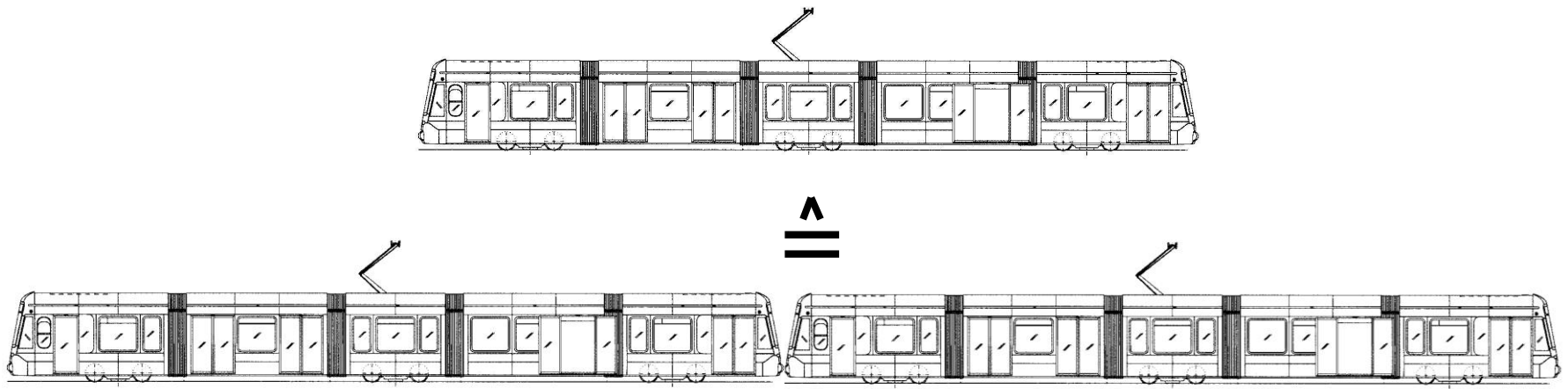
Grenzwerte nach BOStrab für Gefahrbremsungen



# BOStrab § 36 - Bremsen

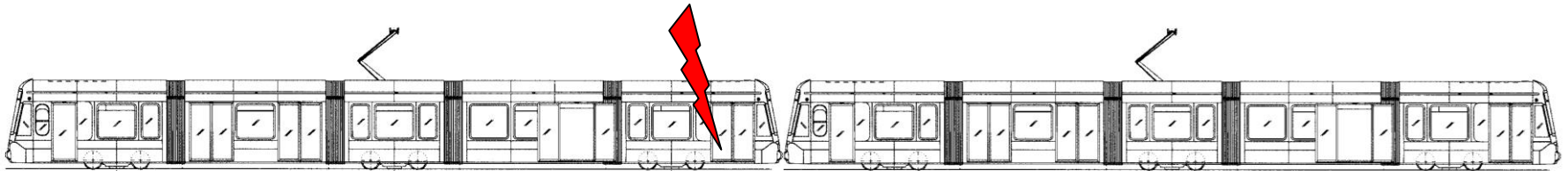
„(6) Abweichend von Absatz 1 brauchen **Betriebsfahrzeuge**, deren Geschwindigkeit auf unabhängigen Bahnkörpern **40 km/h**, auf sonstigen Bahnkörpern **30 km/h** nicht übersteigt, nur **eine** Bremse zu haben. Mit ihr müssen mindestens die mittleren Bremsverzögerungen nach Anlage 2 Tabelle 1 erreicht werden.

(7) Die Bremsen der Fahrzeuge, die im **Zugverband** betrieben werden, müssen so gesteuert sein, dass **der Zug das für Fahrzeuge vorgeschriebene Bremsvermögen** nach den Absätzen 2 bis 6 **erreicht.**“



## BOStrab § 36 - Bremsen

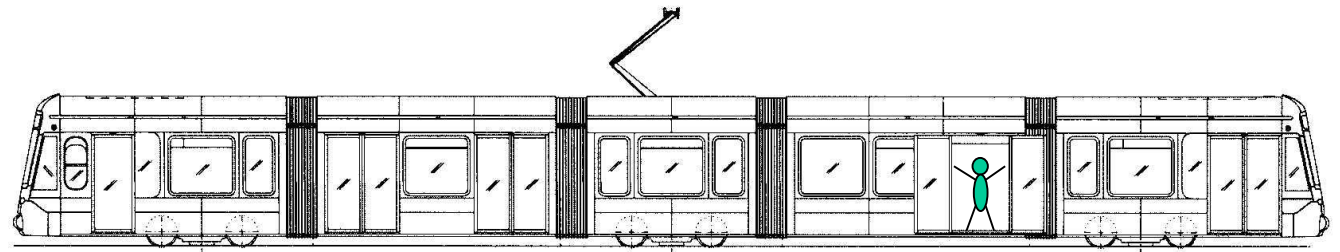
„(8) Bei unbeabsichtigter **Zugtrennung** müssen sich mindestens die nicht mit Fahrbediensteten besetzten Zugteile **selbsttätig abbremsen**; die Zugtrennung muss dem Fahrzeugführer oder einer besetzten Betriebsstelle **erkennbar** sein.“



## BOStrab § 36 - Bremsen

„(9) In Personenfahrzeugen müssen **Einrichtungen** vorhanden sein, mit denen **Fahrgäste im Notfall eine Bremsung einleiten** können (Notbremsung).

Auf **Strecken ohne Sicherheitsraum und in Tunneln** darf die Betätigung dieser Einrichtungen außerhalb von Haltestellen **erst am nächsten Bahnsteig zum Halt führen.**“



# Vorschriftenwerk

## **BOStrab**

§ 17 (5)

**§ 36**

§ 38 (1),(2)

§ 56 (2)

**Anlage 2**

Technische Regeln  
für die Bemessung und Prüfung der Bremsen  
von Fahrzeugen  
nach der  
Verordnung über den Bau und Betrieb der  
Straßenbahnen (BOStrab)

- **Technische Regeln Bremsen** -  
(TR Br)

[Download](#)

## **DIN EN 13452-1: 2003**

Bahnanwendungen –  
Bremsen –  
Bremssysteme des öffentlichen  
Nahverkehrs –  
Teil 1: Anforderungen an das  
Leistungsvermögen

## **DIN EN 13452-2: 2003**

Bahnanwendungen –  
Bremsen –  
Bremssysteme des öffentlichen  
Nahverkehrs –  
Teil 2: Prüfverfahren

Technische Regeln  
für die Bemessung und Prüfung der Bremsen  
von Fahrzeugen  
nach der  
Verordnung über den Bau und Betrieb der  
Straßenbahnen (BOStrab)

- **Technische Regeln Bremsen** -  
(TR Br)

## Was sind die „Technischen Regeln Bremsen“?

**Ausführungsbestimmungen** zur BOStrab,  
insbesondere bezüglich des §36 (Bremsen)

„allgemein anerkannte Regeln der Technik“

Zweck:

- Konkretisierung von Vorschriften
- Vermittlung zwischen BOStrab und DIN EN 13452

Was enthalten die „Technischen Regeln Bremsen“?

### 1. Definitionen von:

**a) Begriffen:** Bremse, Bremssystem, Bremsausrüstung, Bremsung

**b) Bremsungsarten:** funktionale Beschreibung

**c) Lasten:** Eigenlast, Nutzlast, Betriebslast, Zweidrittellast, Höchstlast

**d) Verzögerungen:** Dauerbremsverzögerung, mittlere Bremsverzögerung

**e) Zeiten:** Verzugszeit, Aufbauzeit, Ansprechzeit

### 2. Anforderungen (Konkretisierung der Bestimmungen der BOStrab)

### 3. Bestimmungen zu Messungen und Funktionsprüfungen im Rahmen der Fahrzeugzulassung und -inbetriebnahme

Technische Regeln  
für die Bemessung und Prüfung der Bremsen  
von Fahrzeugen  
nach der  
Verordnung über den Bau und Betrieb der  
Straßenbahnen (BOStrab)

**- Technische Regeln Bremsen -**  
(TR Br)

## Was sind die „Technischen Regeln Bremsen“?

**Ausführungsbestimmungen** zur BOStrab,  
insbesondere bezüglich des §36 (Bremsen)

„allgemein anerkannte Regeln der Technik“

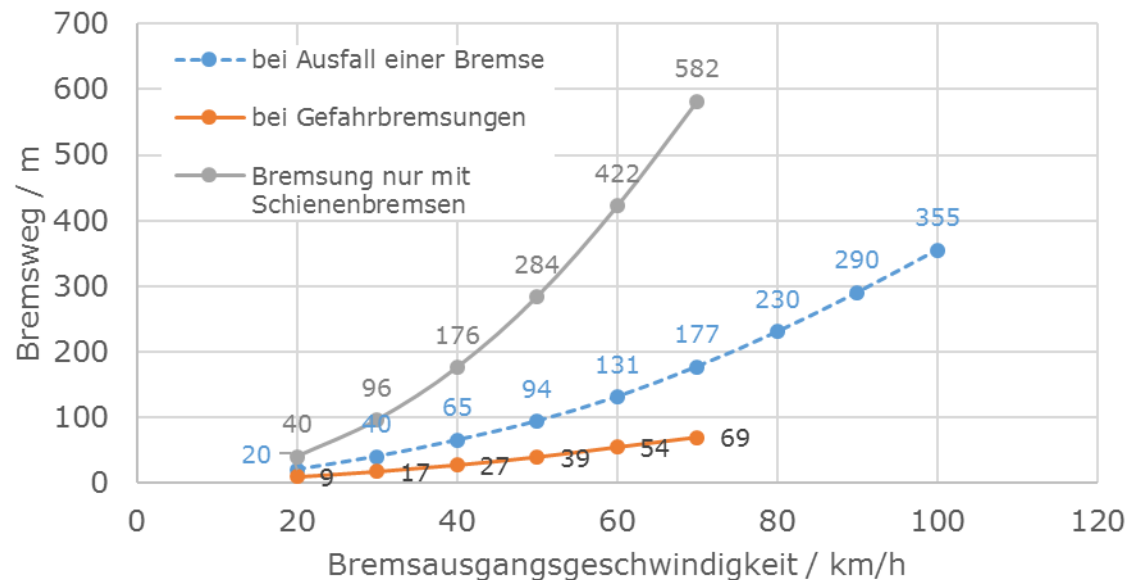
Zweck:

- Konkretisierung von Vorschriften
- Vermittlung zwischen BOStrab und DIN EN 13452

## Was enthalten die „Technischen Regeln Bremsen“?

zusätzliche Grenzwerte für Bremsungen, bei denen nur die Schienenbremsen wirken:

Grenzwerte für Bremsen nach BOStrab und TR Br



# Vorschriftenwerk

## **DIN EN 13452-1: 2003**

Bahnanwendungen –  
Bremsen –  
Bremsysteme des öffentlichen  
Nahverkehrs –  
Teil 1: Anforderungen an das  
Leistungsvermögen

gilt für:

- Straßen- und Stadtbahnen
- U-Bahnen (auch mit gummibereiften Rädern)
- S-Bahnen/regionalbahnen
  
- Neufahrzeuge
- rekonstruierte Fahrzeuge mit veränderten Bremsanlagen oder Lasten
- Neubauten bestehender Baureihen

## **Inhalte:**

- 1. Begriffsdefinitionen:** Grundbegriffe, Bremsungsarten, Bremsbauarten, Bremsmechanik, Bremsdynamik, Verzögerungen
- 2. Definition von Symbolen, Einheiten und Abkürzungen**
- 3. Anforderungen:**
  - a) funktionale Anforderungen
  - b) Lastannahmen
  - c) betriebliche Anforderungen
  - d) an den Aufbau, die Steuerung, Überwachung und Prüfung von Bremsanlagen
- 4. Ausfallszenarien**

# Vorschriftenwerk

## **DIN EN 13452-1: 2003**

Bahnanwendungen –  
Bremsen –  
Bremsysteme des öffentlichen  
Nahverkehrs –  
Teil 1: Anforderungen an das  
Leistungsvermögen

gilt für:

- Straßen- und Stadtbahnen
- U-Bahnen (auch mit gummibereiften Rädern)
- S-Bahnen/Regionalbahnen
  
- Neufahrzeuge
- rekonstruierte Fahrzeuge mit veränderten Bremsanlagen oder Lasten
- Neubauten bestehender Baureihen

## **Inhalte (Fortsetzung):**

### **5. Fahrzeugspezifische Anforderungen an:**

- a) Straßen und Stadtbahnfahrzeuge
- b) U-Bahn-Fahrzeuge mit Stahlrädern
- c) U-Bahn-Fahrzeuge mit Luftreifen
- d) S-Bahn-/Regional-Bahn-Fahrzeuge

jeweils Festlegung von:

- typischen fahrdynamischen Randbedingungen
- funktionalen Anforderungen
- dynamischen Grenzwerten in Abhängigkeit der Bremsart
- Komfortgrenzwerten in Abhängigkeit der Bremsart

# Vorschriftenwerk

## **DIN EN 13452-2: 2003**

Bahnanwendungen –  
Bremsen –  
Bremsysteme des öffentlichen  
Nahverkehrs –  
Teil 2: Prüfverfahren

gilt für:

- Straßen- und Stadtbahnen
- U-Bahnen (auch mit gummibereiften Rädern)
- S-Bahnen/Regionalbahnen
  
- Neufahrzeuge
- rekonstruierte Fahrzeuge mit veränderten Bremsanlagen oder Lasten
- Neubauten bestehender Baureihen

## **Inhalte:**

- 1. Begriffsdefinitionen:** Typprüfung, Stückprüfung, grundlegende Prüfung, Ergänzungsprüfung
- 2. Prüfanforderungen (Prüfprogramme) für:**
  - a) Typprüfung am stehenden Zug
  - b) Typprüfung am fahrenden Zug
  - c) Stückprüfung am stehenden Zug
  - d) Stückprüfung am fahrenden Zug
- 3. Vorschriften zur ordnungsgemäßen Dokumentation durchgeführter Prüfungen**
- 4. Prüfanleitungen (Anhang)**