

# ***Was treibt den ICE 3 und den TRANSRAPID ?***



**Prof. Dr.-Ing. habil. A. Binder, Dipl.-Ing. O. Körner**

**Institut für Elektrische Energiewandlung**

**TU Darmstadt, Landgraf-Georg-Str. 4, 64283 Darmstadt**

**Telefon 06151/162167, Fax 06151/166033, email [abinder@ew.tu-darmstadt.de](mailto:abinder@ew.tu-darmstadt.de)**



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

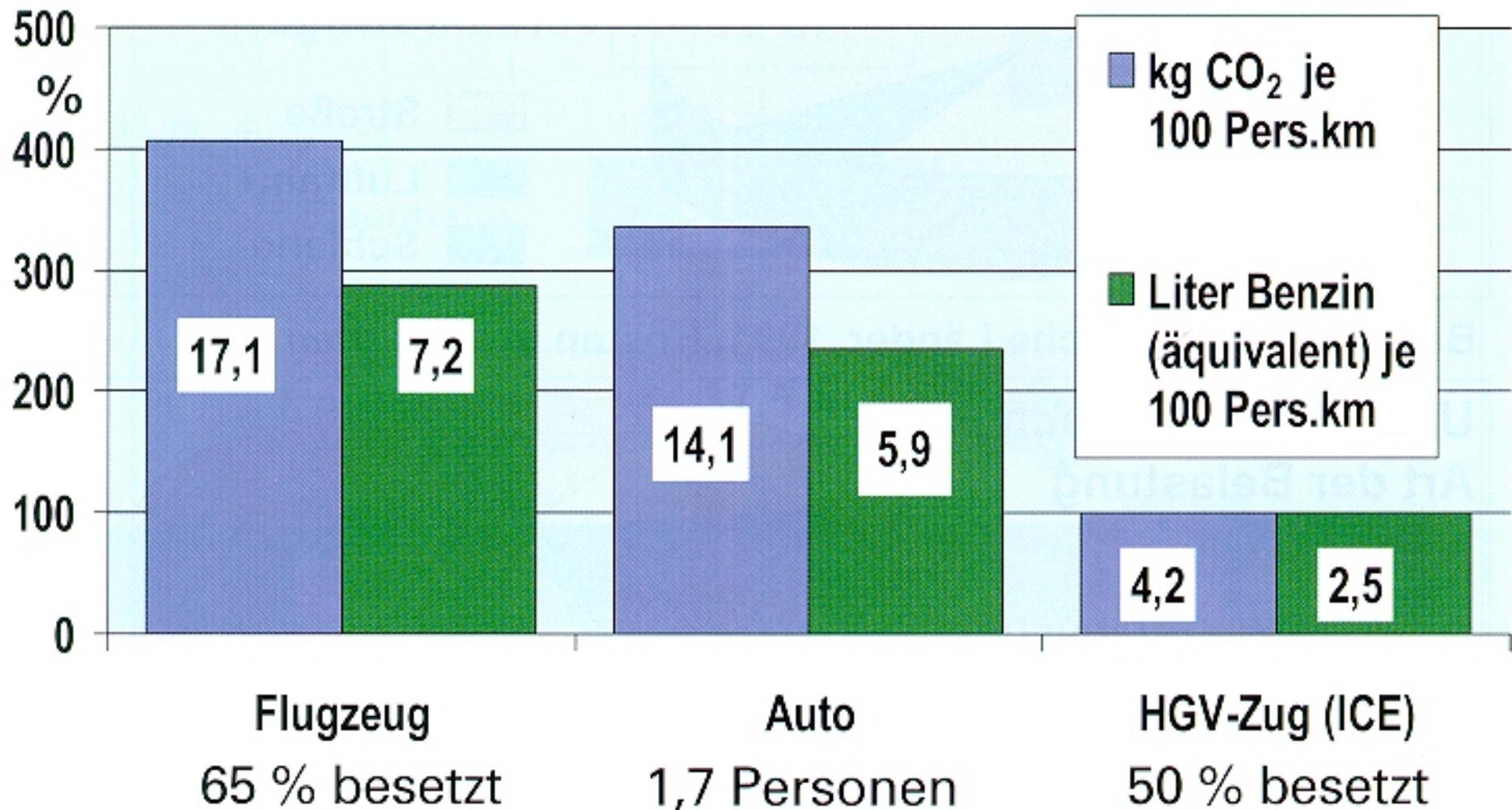
**Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik**



# Inhaltsübersicht

- Bedeutung des öffentlichen Fernverkehrs
- Grundlagen - Schienengebundene Traktion
- ICE 3 - Hochgeschwindigkeitsstrecke *Frankfurt - Köln* 300 km/h
- ICE 3 - Antriebstechnik
- Performancevergleich ICE 3 - **TRANSRAPID**
- **TRANSRAPID** - Antriebstechnik
- **TRANSRAPID** - Schwebetechnik
- **TRANSRAPID** in *Shanghai / China*
- **Ausblick**

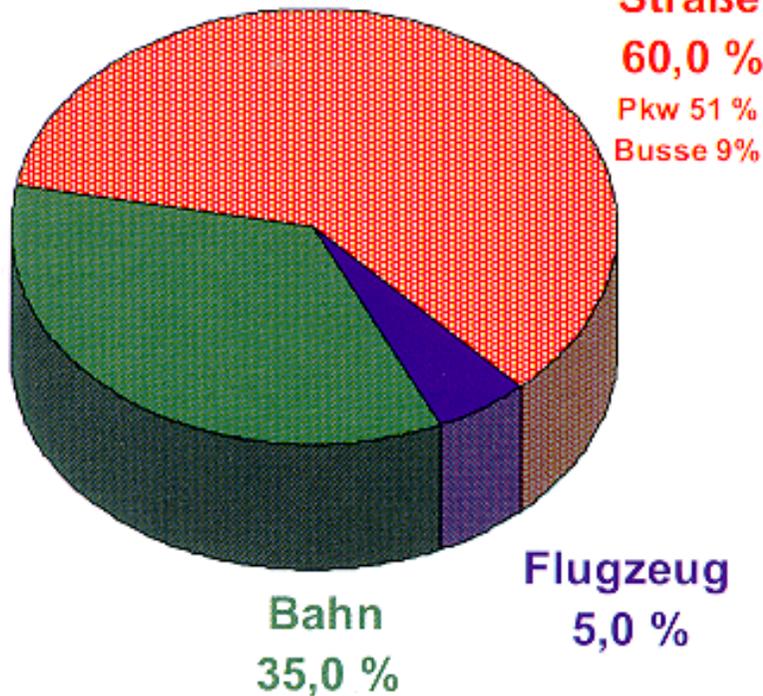




## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoss je 100 Personen-km

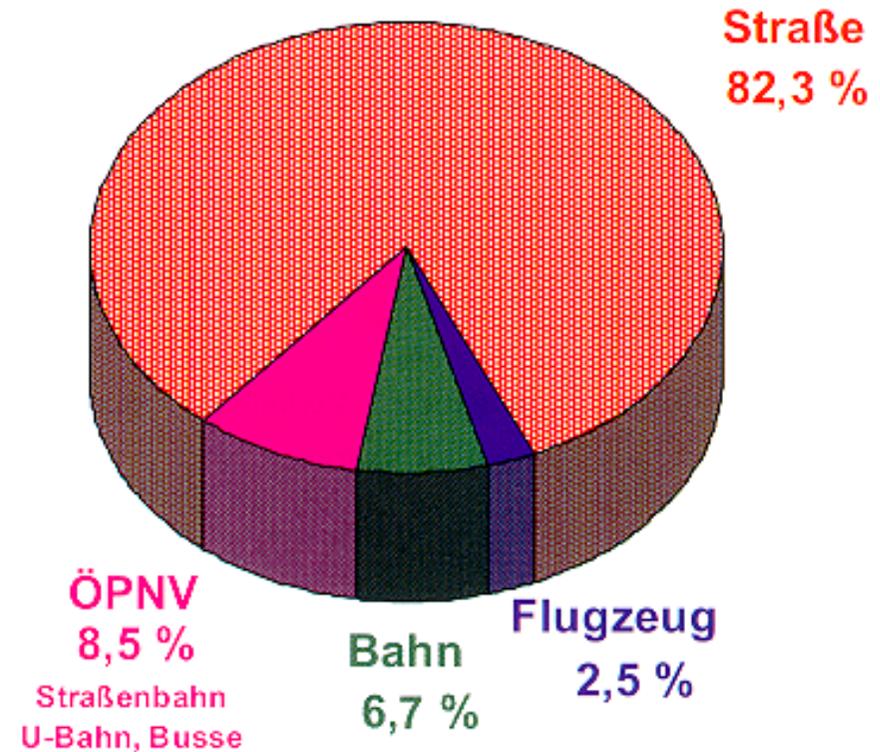


## Japan



Quelle: Japan 6/97, Politik und Wirtschaft  
Institut für Asienkunde, Hamburg 1996  
Verkehr in Zahlen 1996, BMV

## Deutschland



Japan: 300 PKW/1000 Einw. (ca. 37 Mio.)  
Deutschland: 500 PKW/1000 Einw. (ca. 41 Mio.)

## Aufteilung der Verkehrsträger im Personenverkehr: Vergleich Deutschland - Japan

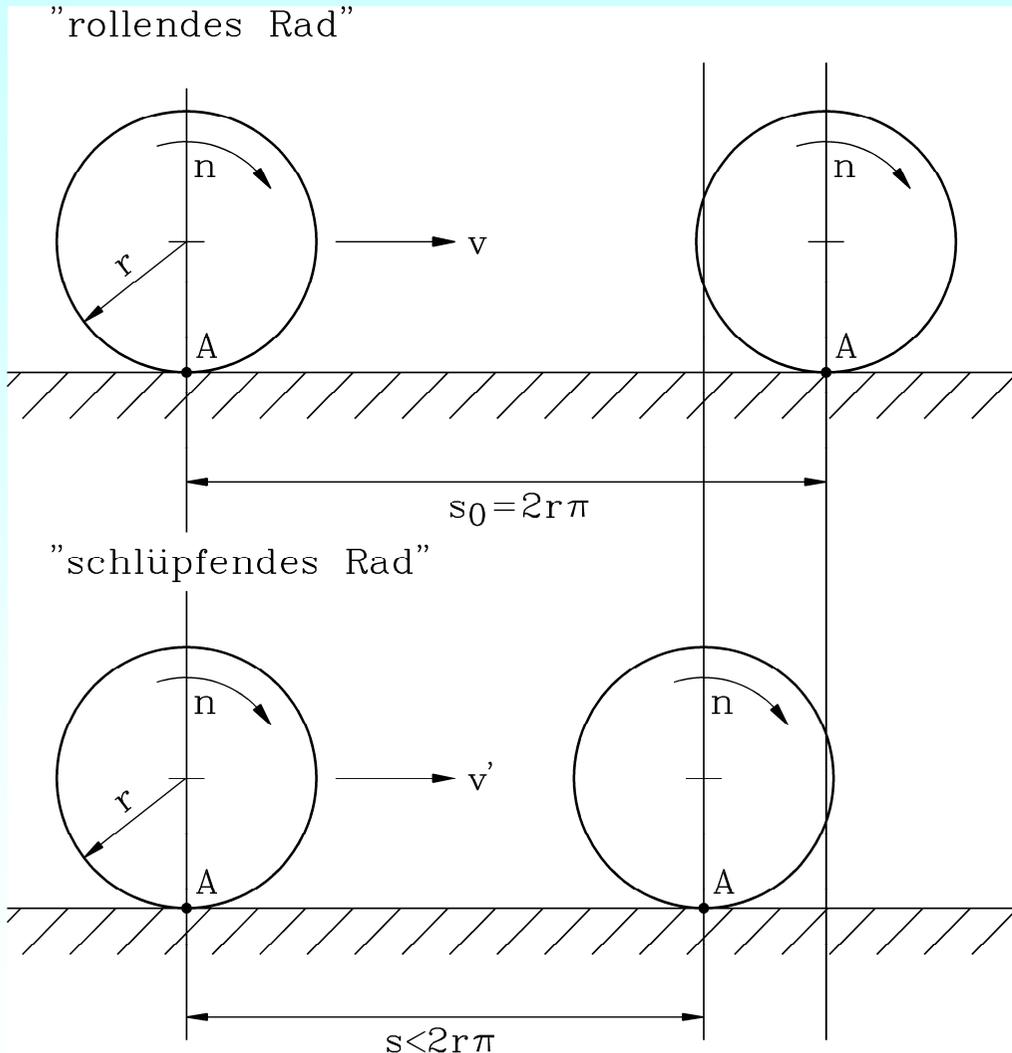


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Kraftübertragung vom Rad auf die Schiene



**Rollendes Rad: KEINE Kraftübertragung**

$$\left. \begin{array}{l} v = s_0 / T \\ T = 1/n \end{array} \right\} v = 2r\pi n$$

**Schlüpfendes Rad: KRAFTÜBERTRAGUNG**

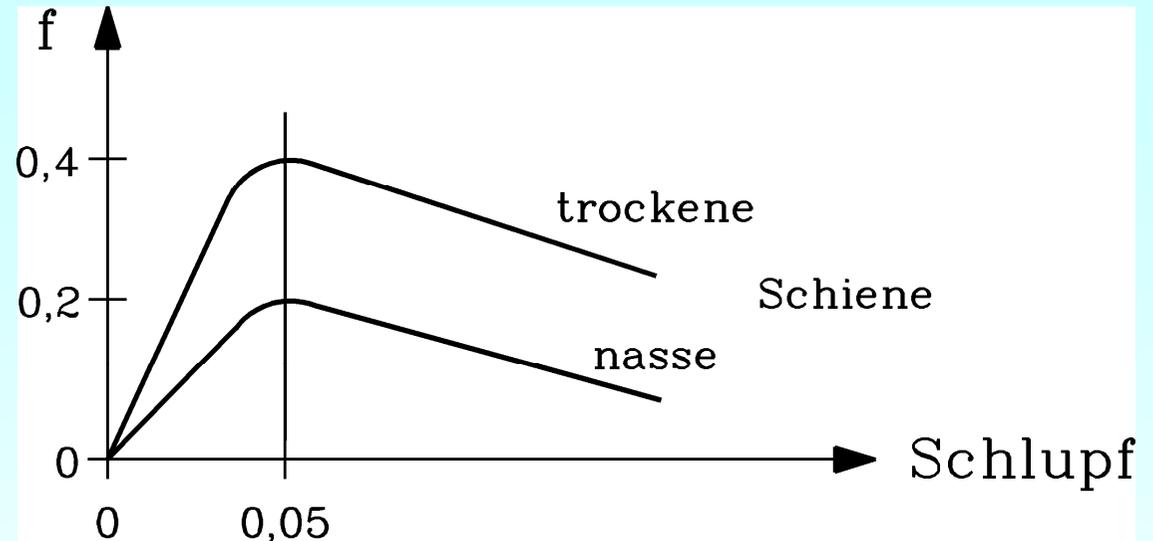
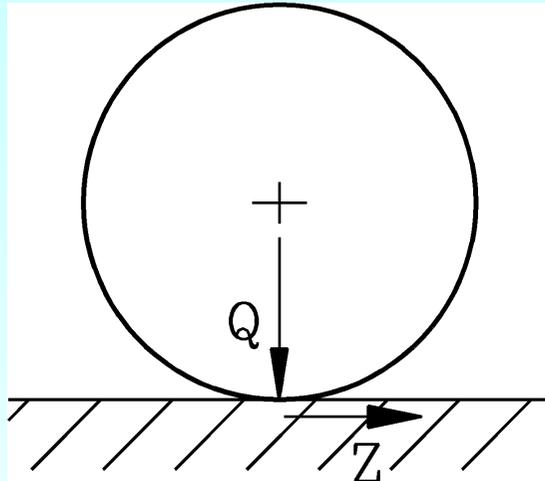
$$\left. \begin{array}{l} v' = s / T \\ T = 1/n \end{array} \right\} \text{SCHLUPF} = 1 - \frac{v'}{2r\pi n}$$

**Kraftübertragung: Schlupf > 0**

**Beispiel:** Schlupf = 0,04 = 4%



# Welche **Antriebskraft** kann auf die **Schiene** übertragen werden ?



Die **maximal mögliche Zugkraft**  $Z$  ist durch die Radaufstandskraft  $Q$  und den maximalen **Kraftschlußbeiwert**  $f_{max}$  zwischen Rad und Schiene bestimmt !

$$Z_{max} = f_{max} \cdot Q \quad \text{pro Rad}$$

Beispiel:

**Lok:** Masse  $m = 80$  t, 4 Achsen,  $z = 8$  Räder:  $Q = m \cdot g / z = 80000 \cdot 9,81 / 8 = 100$  kN

trockene Schiene:  $f_{max} = \text{ca. } 0,4$ : pro Rad  $Z_{max} = f_{max} \cdot Q = 0,4 \cdot 100 = 40$  kN

Maximale Zugkraft der Lok:  $F_{Lok,max} = 8 \cdot 40 = 320$  kN

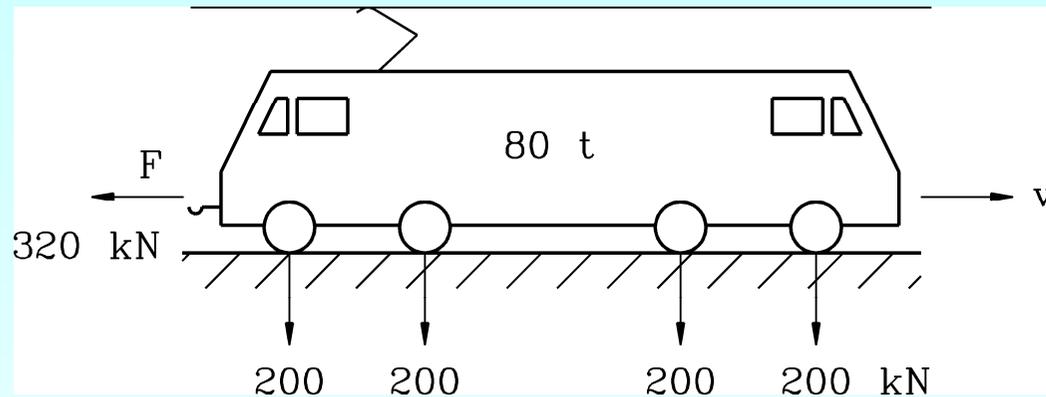


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



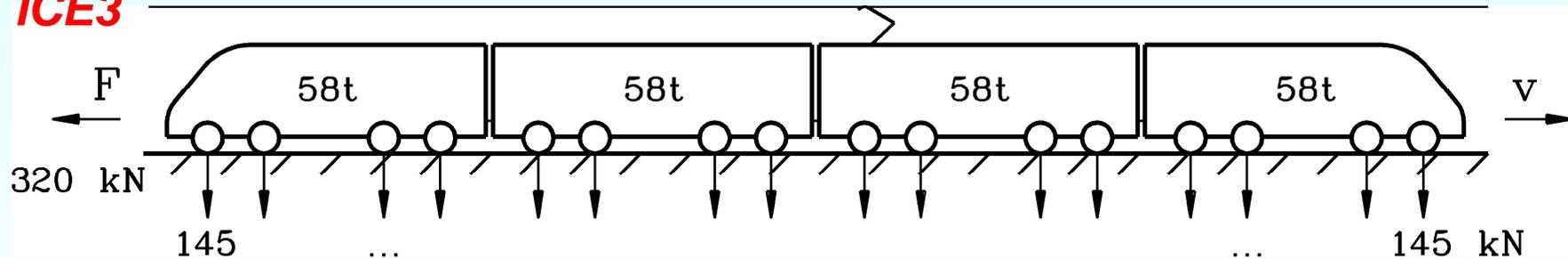
# Kraftschlußausnutzung: Vergleich Lokomotive - Triebzug



Lokomotive: z.B. **BR 101**,  
Masse ca. 80 t,  
4 Achsen,  $Q = 200 \text{ kN/Achse}$ ,  
 $Q_{\text{ges}} = 4 \cdot 200 = 800 \text{ kN}$

**320 kN Zugkraft** nur möglich bei einem Kraftschlußbeiwert  $f = 0,4$   
 $F = f \cdot Q_{\text{ges}} = 0,4 \cdot 800 = 320 \text{ kN}$

z.B. **ICE3**



Triebzug: Masse 58 t je Wagen, 4 Achsen/Wagen,  $Q = 145 \text{ kN/Achse}$ , 16 Achsen

**320 kN Zugkraft** bereits bei  $f = 0,14$  möglich:  $F = f \cdot Q_{\text{ges}} = 0,14 \cdot 16 \cdot 145 = 320 \text{ kN}$





**ICE 1** auf einer Brücke der Neubaustrecke *Hannover - Würzburg*

*Maximalgeschwindigkeit 260 km/h, max. Steigung 1.25 %*

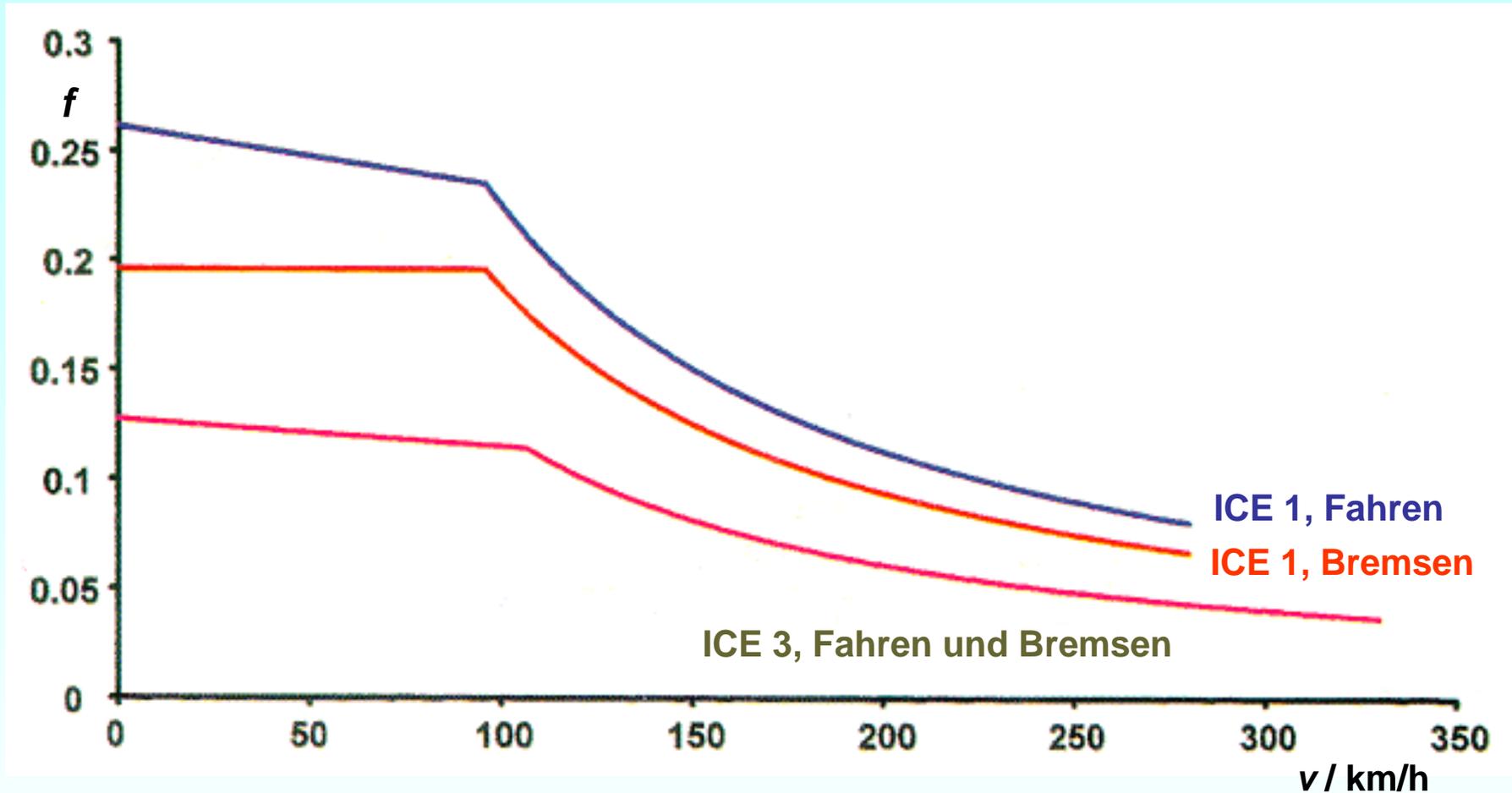
⇒ **DER ICE 1 ist ein Triebkopf-Konzept, ähnlich einem Lokomotiv-Konzept**



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik





**Ausnutzung des Kraftschlusses  $f$  zur maximalen Zugkraftübertragung:  
 Triebkopfkonzept ICE 1 im Vergleich zum Triebwagenkonzept ICE 3**



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik

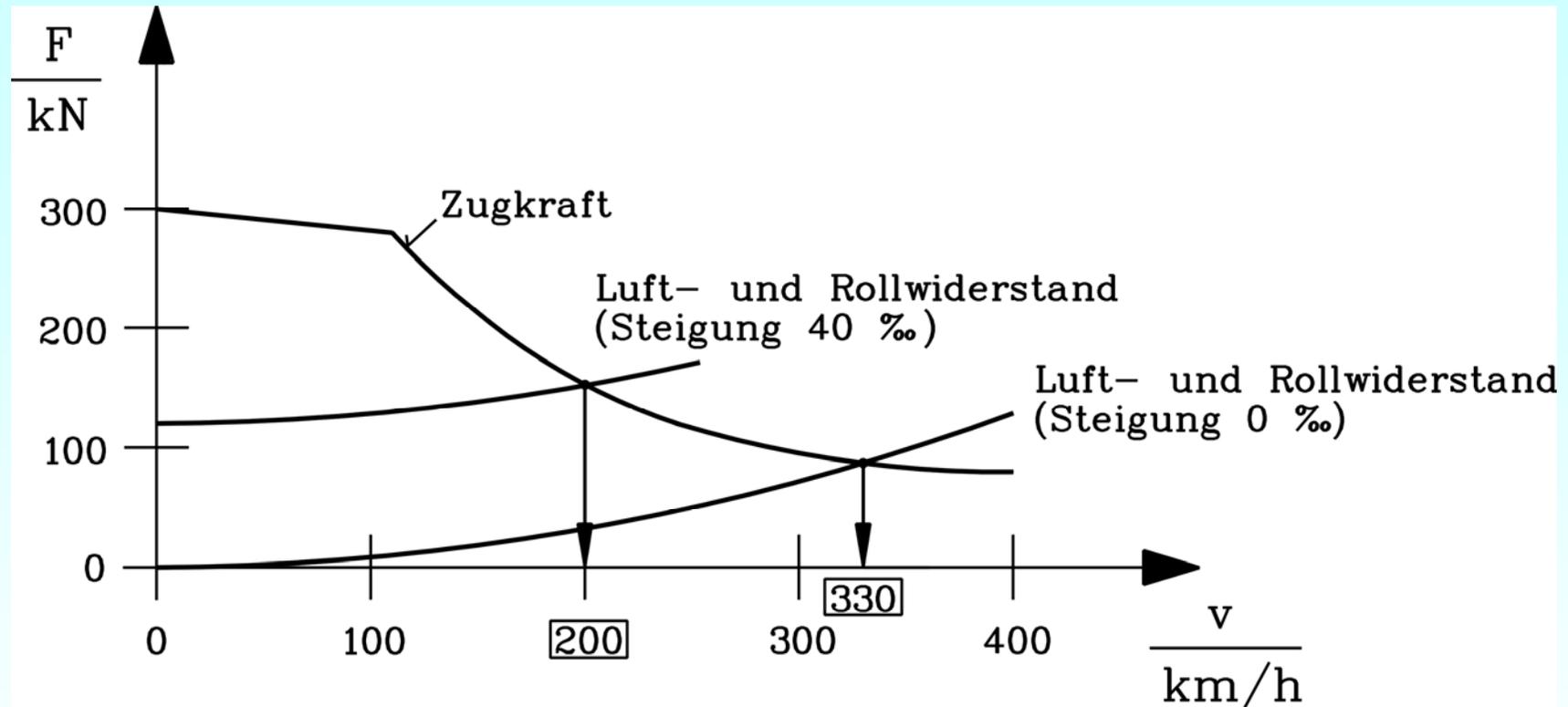


# Welche **Antriebskraft** benötigt der **ICE** ?

- Antreibende Kraft durch den Elektromotor:
  - **Maximale Kraft** im **unteren Geschwindigkeitsbereich**, um den Zug optimal beschleunigen zu können
  - **Verringerte Kraft** im **oberen Geschwindigkeitsbereich**, um die Leistung (Baugröße) der Stromrichter und Transformatoren zu begrenzen !
- Bremsende Kraft:
  - **Steigungswiderstand** und **Rollwiderstand** (**unabhängig von  $v$** )
  - **Luftwiderstand** steigt mit  **$v^2$**daher: bei hohen Geschwindigkeiten **DOMINIERT** Luftwiderstand
- **Leistung = Kraft x Geschwindigkeit =  $F \cdot v$**   
 $v_{max} = 330$  km/h, keine Steigung, Luft- (und Roll-)widerstand: 87 kN
  - **Erforderliche Antriebsleistung:  $P = 87 \cdot (330/3,6) = 8000$  kW**  
8000 Kilo-Watt: das sind 16 Motoren mit je 500 kW Leistung

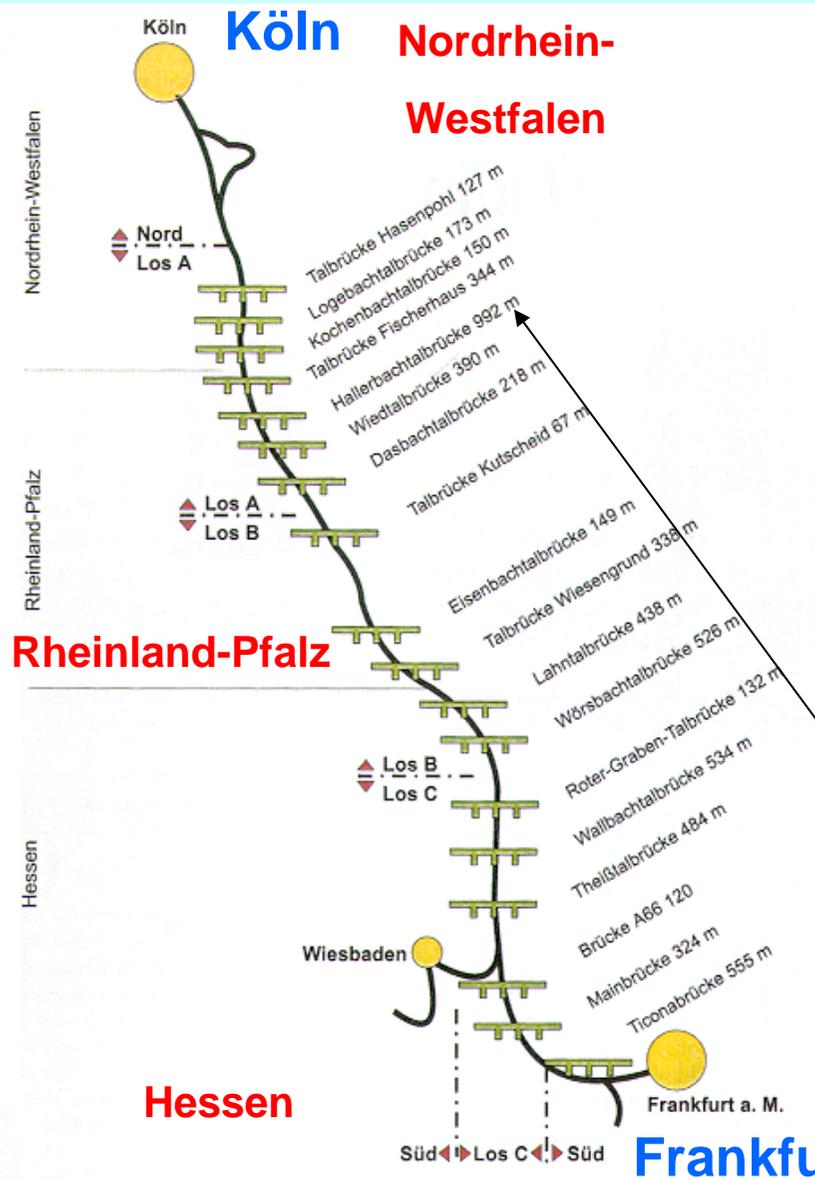


## Welche maximale Geschwindigkeit ist möglich ?



- ebene Gleisstrecke: max. Geschwindigkeit ist 330 km/h
- Steigung mit 4%: max. Geschwindigkeit ist nur noch 200 km/h





## ICE 3: Hochgeschwindigkeitsstrecke Frankfurt - Köln

*maximale Geschwindigkeit 300 km/h,  
max. Steigung 4.0 %*

### Brückenbauwerke der Neubaustrecke Frankfurt - Köln

**Insgesamt 18 Brücken  
Gesamtlänge 6 km**

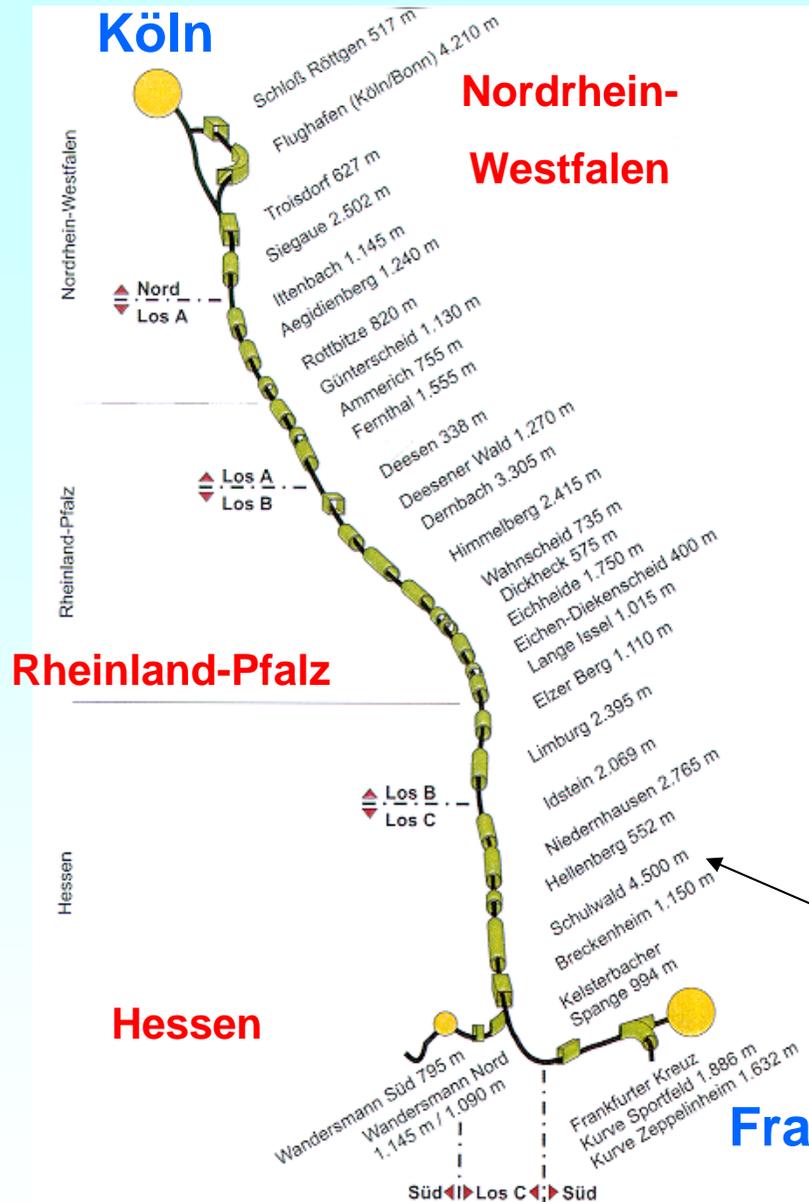
**Längste Brücke:  
Hallerbachtal-Brücke 992 m**



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik





# ICE 3: Hochgeschwindigkeitsstrecke Frankfurt - Köln

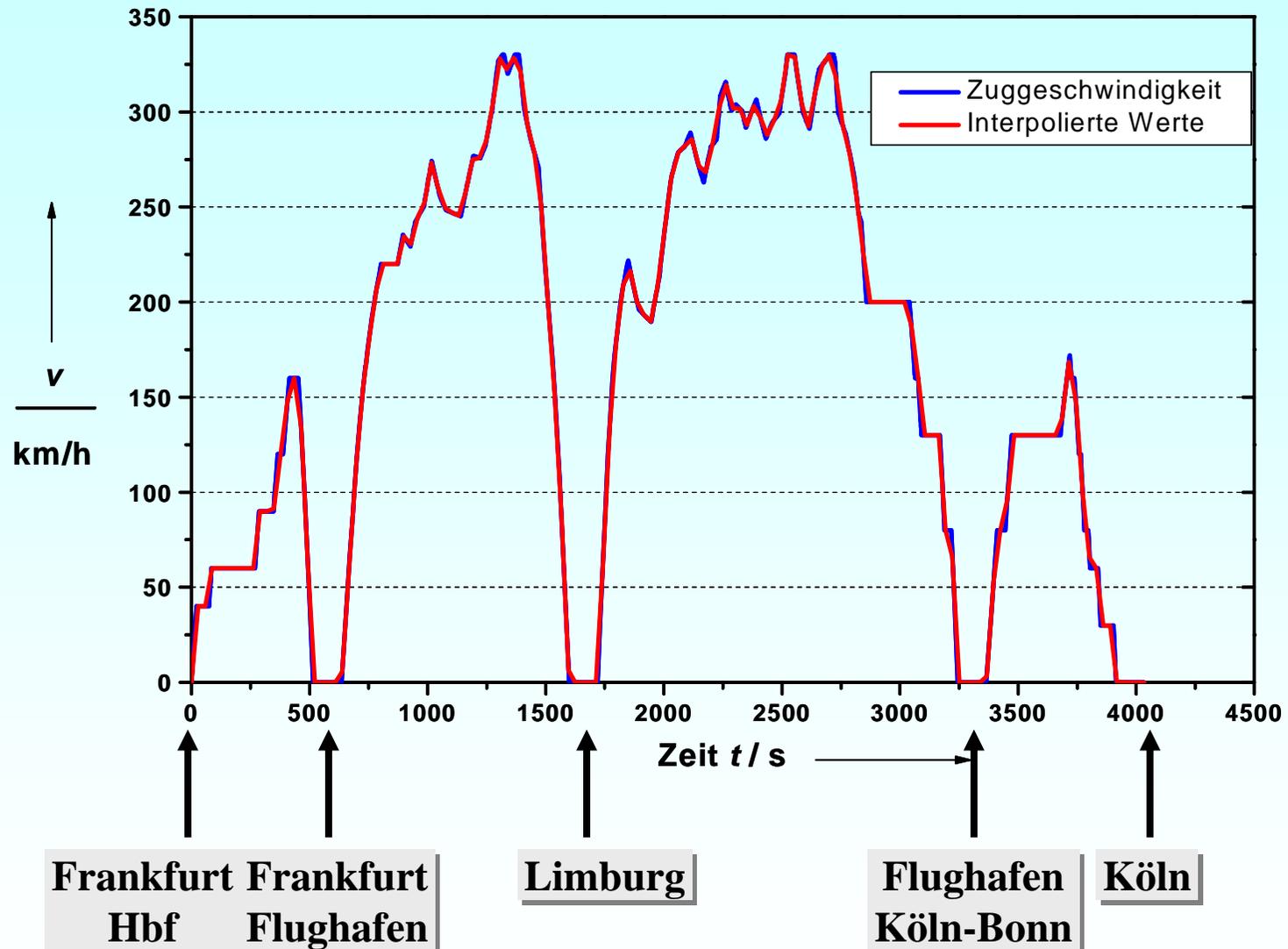
## Tunnelbauwerke der Neubaustrecke Frankfurt - Köln

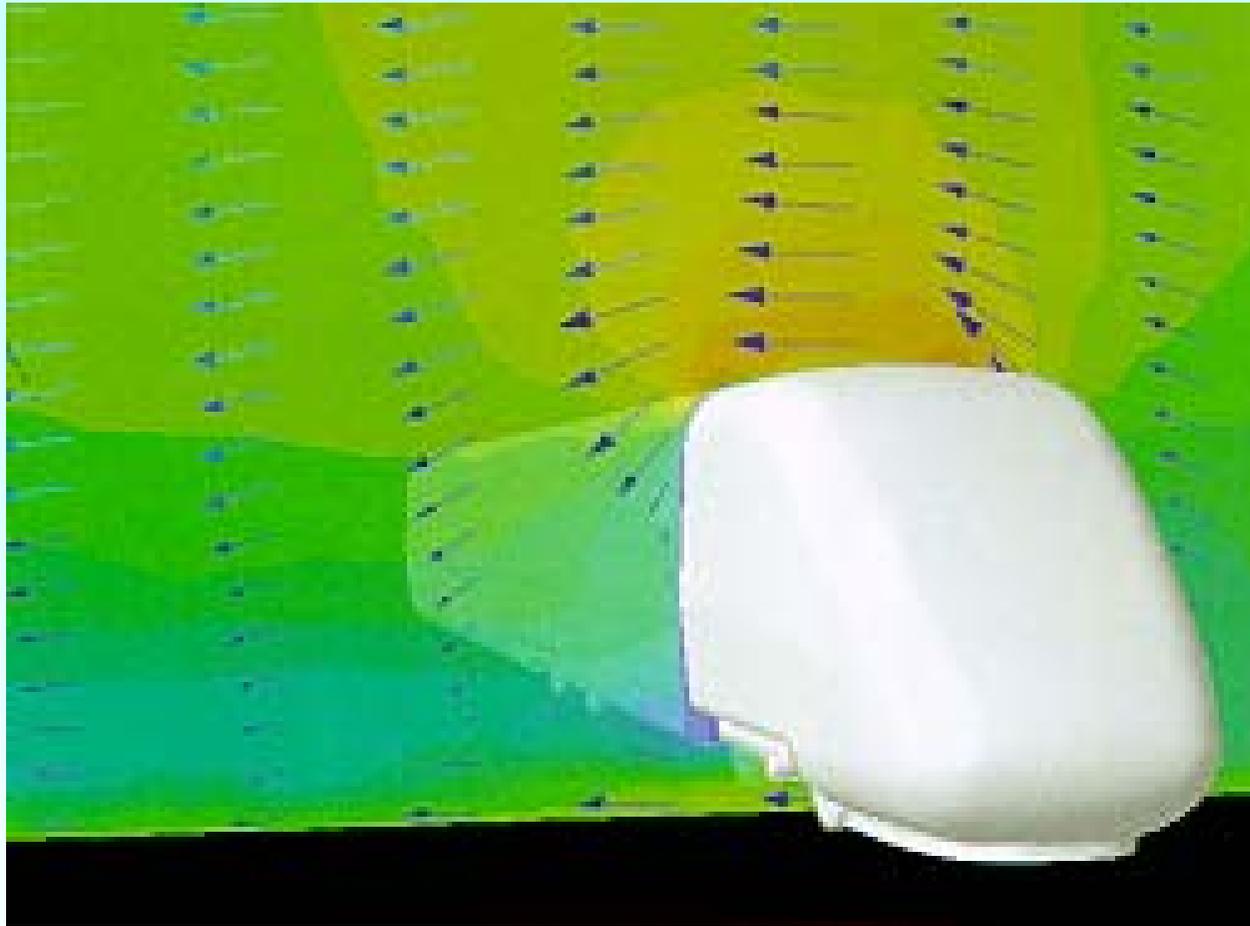
Insgesamt 30 Tunnel  
Gesamtlänge 47 km

Längster Tunnel:  
**Schulwald-Tunnel 4500 m**



# Geschwindigkeitsprofil Frankfurt - Köln, real auf 300 km/h begrenzt





Aerodynamik-  
Berechnung:

ICE 1-Triebkopf  
bei starkem  
Seitenwind

- **Luftströmungswiderstand** bremst bei **hohen** Geschwindigkeiten !
- **Zusätzliche Problematik:** (Plötzlicher) **Seitenwind** besonders auf **Brücken bei Talübergängen destabilisiert !**



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik





Einfahrt des italienischen Hochgeschwindigkeitszuges ETR 500 der FS (Ferrovie de lo Stato) in einen Tunnel

## Erhöhter Luftwiderstand bei Hochgeschwindigkeits-Tunnelfahrten



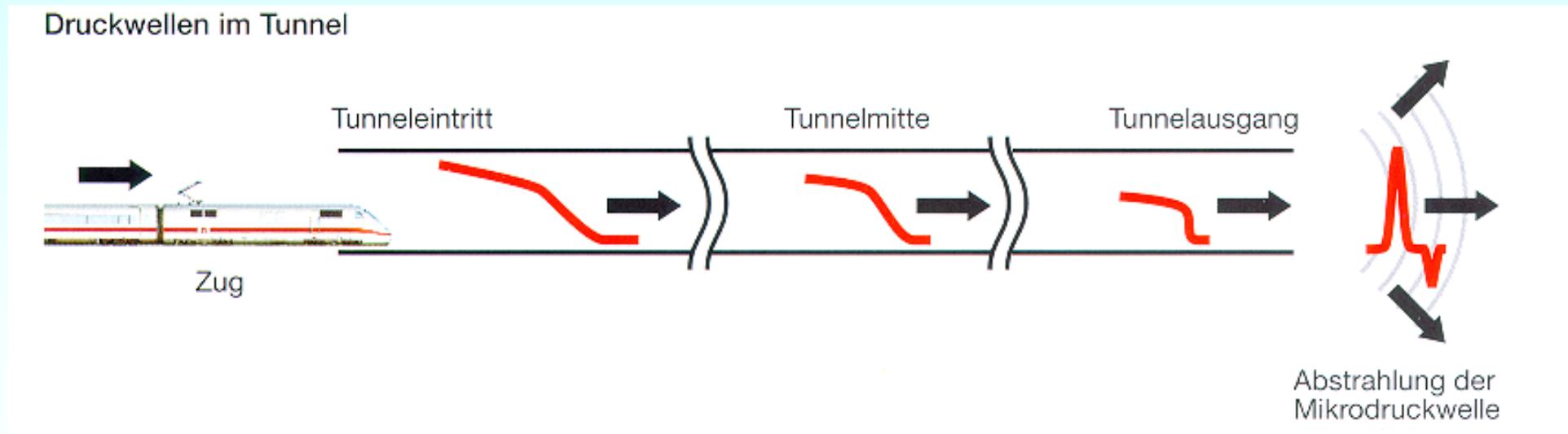
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Luft-Druckwelle bei Verlassen des Tunnels

- „Luftpumpeneffekt“: Durch hohe Zug-Geschwindigkeit im Tunnel wird Luft VOR dem Zug verdichtet, erhöht damit den Luftwiderstand und erzeugt eine Druckwelle am Tunnelausgang



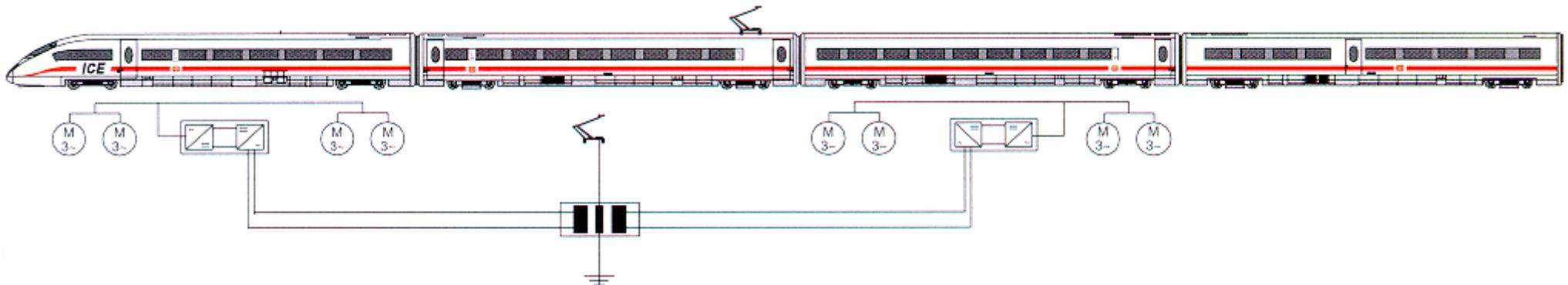
Druckverlauf bei der Fahrt eines ICE-Zuges durch einen längeren Tunnel



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik





## Triebwagenkonzept - ICE 3 mit verteilter Antriebsausrüstung

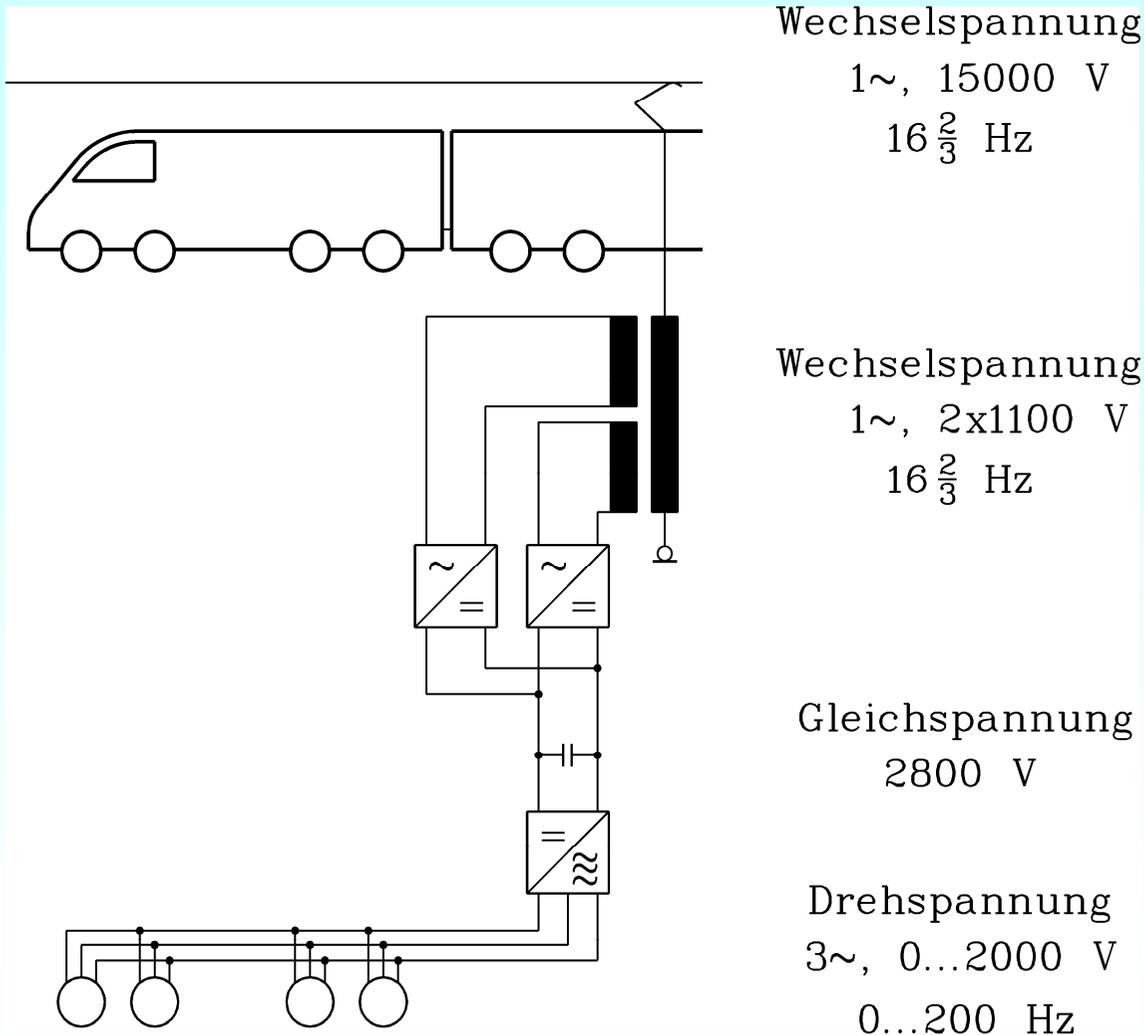


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Elektrisches Antriebskonzept für den ICE3



Fahrdraht: Hochspannung  
über Stromabnehmer !

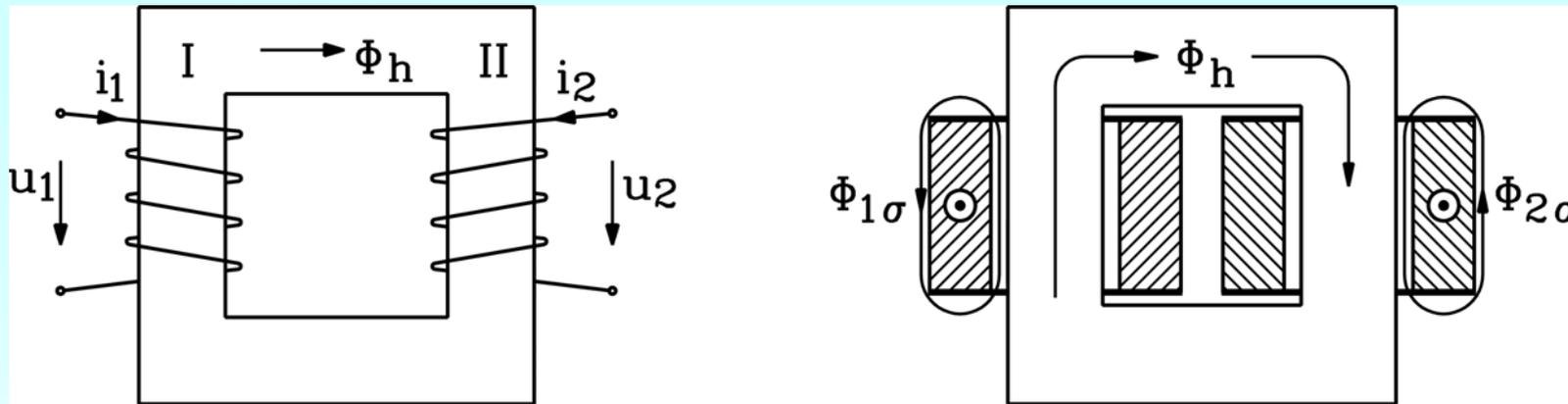
Einphasentransformator:  
Verringerung der Spannung  
auf 2 x 1100 Volt !

Zwei Stromrichter formen die  
Wechsel- in Gleichspannung  
2800 V um !

Wechselrichter erzeugt aus  
Gleichspannung ein Dreh-  
spannungssystem, das 4  
Elektromotoren versorgt !



## Der Lokomotivtransformator

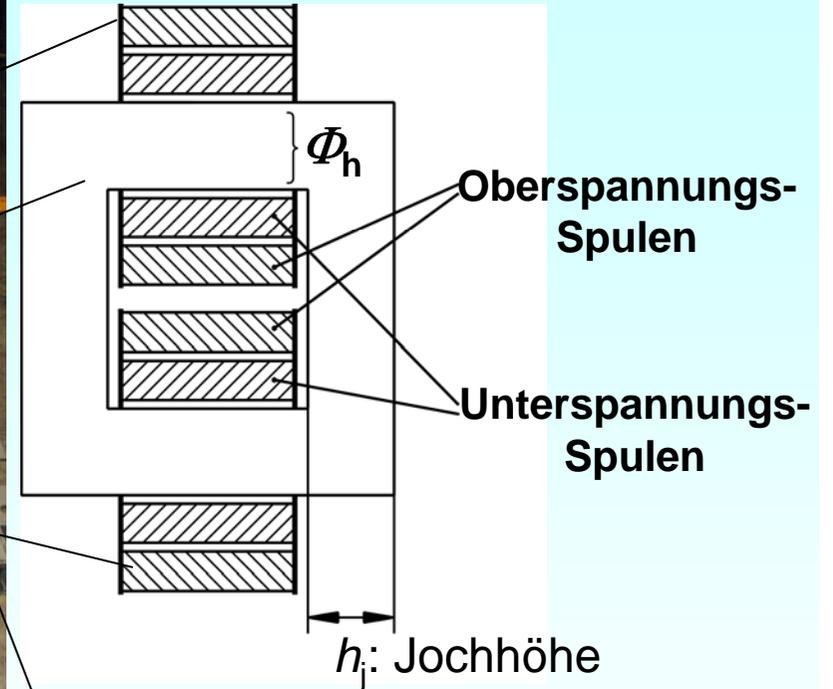
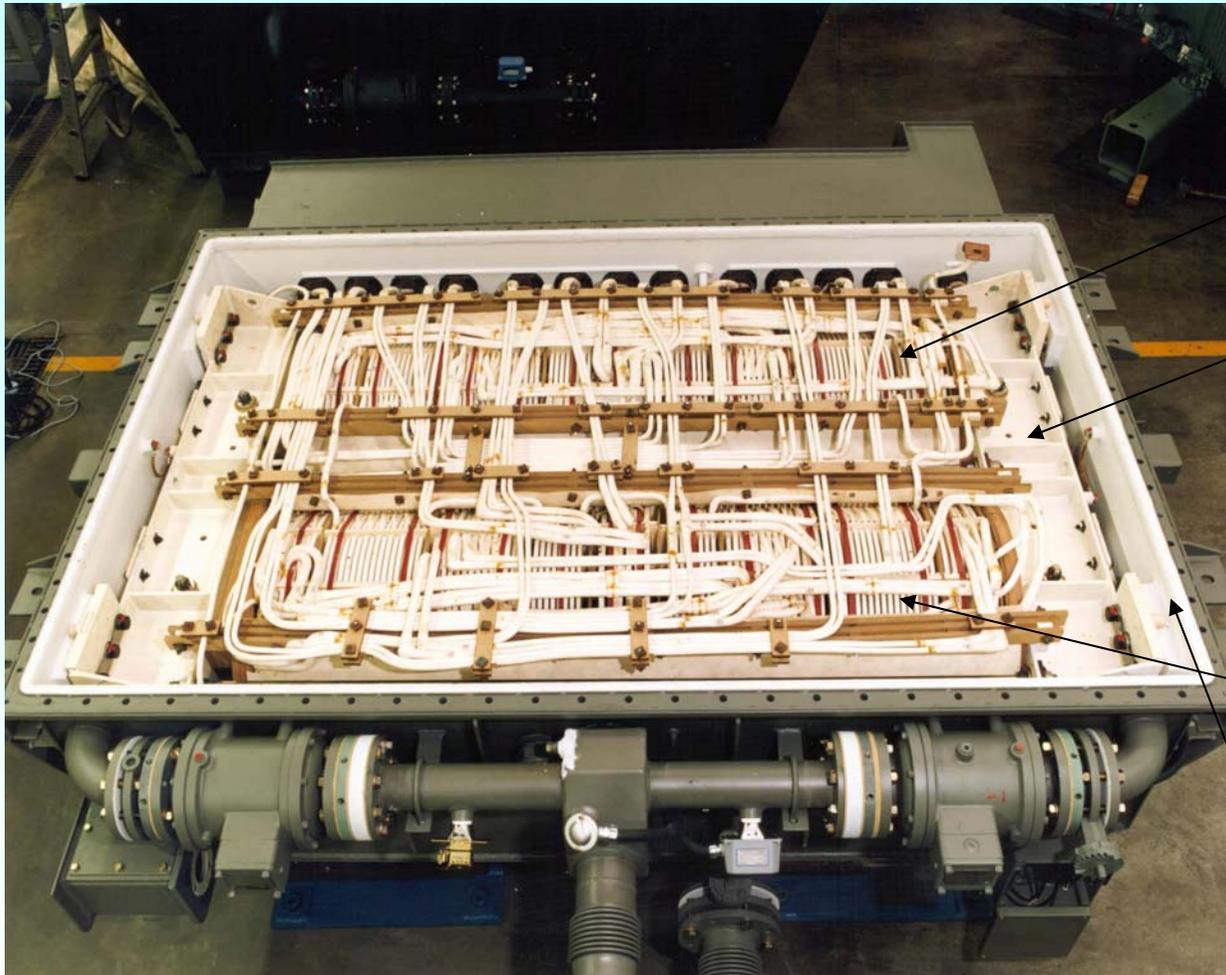


Die **HOHE** Fahrdrabtspannung  $u_1 = 15000 \text{ V}$  wird - bei **GLEICHER FREQUENZ**  $16.7 \text{ Hz}$  - auf die **niedrige Umrichterspannung**  $u_2 = 1100 \text{ V}$  transformiert.

Die **Primärwicklung I** (Hochspannung) erzeugt einen magnetischen, zeitlich pulsierenden **Hauptfluß  $\Phi_h$** , der auch die **Sekundärwicklung II** durchsetzt und dort in jeder Windung eine Spannung induziert (**FARADAY'sches Induktionsgesetz**).

Da die Windungszahl der Wicklung sekundär kleiner ist als jene der Primärwicklung, ist die **Spannung sekundär kleiner als primär**.





**Ölkessel:** Öl isoliert und führt die Verlustwärme ab

## Traktions-Transformator (einphasig)

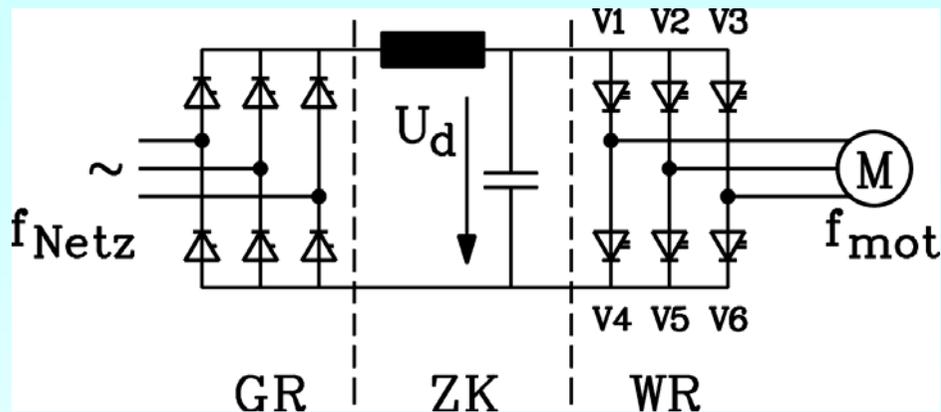


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

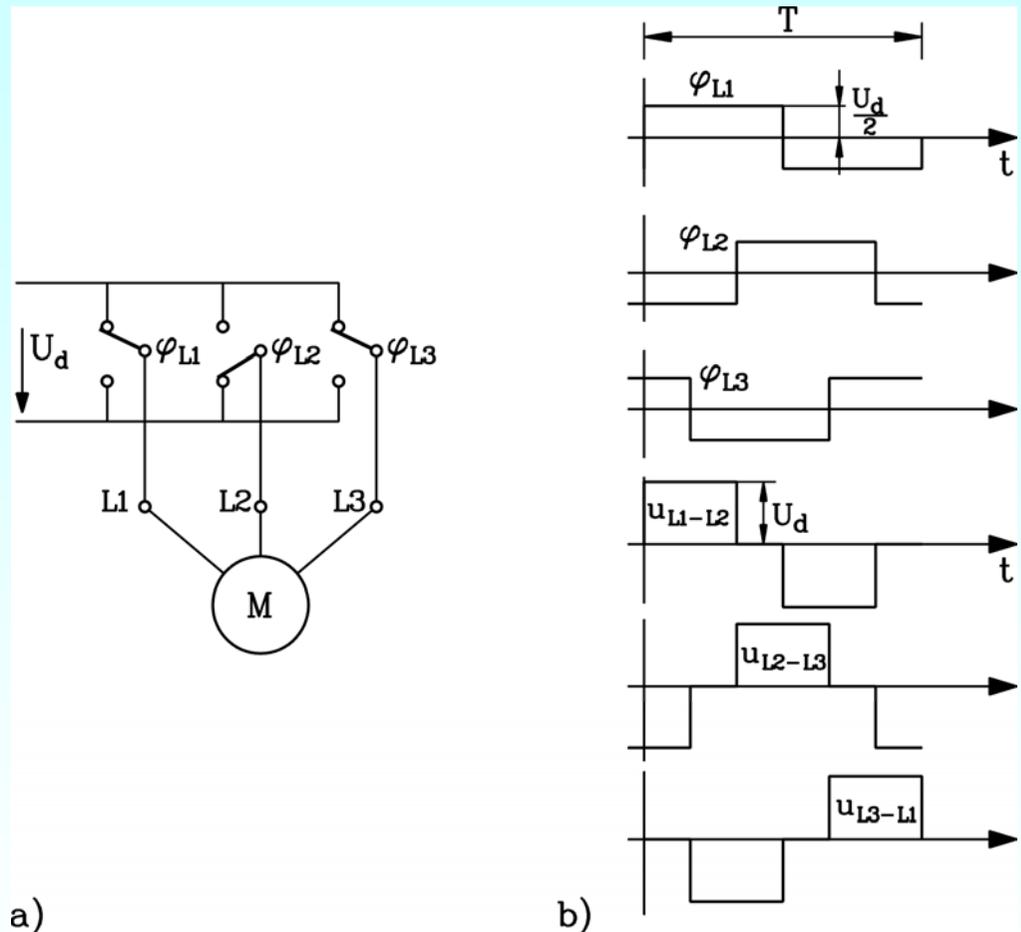
Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



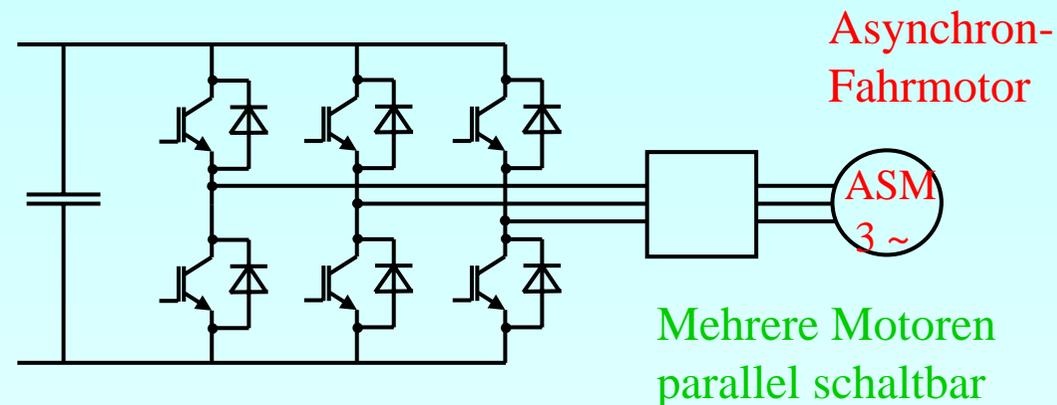
# Der Umrichter erzeugt eine neue Spannung und Frequenz



- **Netzgleichrichter GR** (Vier-Quadrantensteller) erzeugt **Gleichspannung  $U_d$**
- Im **Zwischenkreis ZK** erfolgt Glättung mit Kondensator
- **Wechselrichter WR** erzeugt daraus (im einfachsten Fall **blockförmige**) Ausgangsspannung zwischen den Klemmen L1, L2, L3.



# Ausgangsspannung wird gepulst auf die Motorklemmen geschaltet

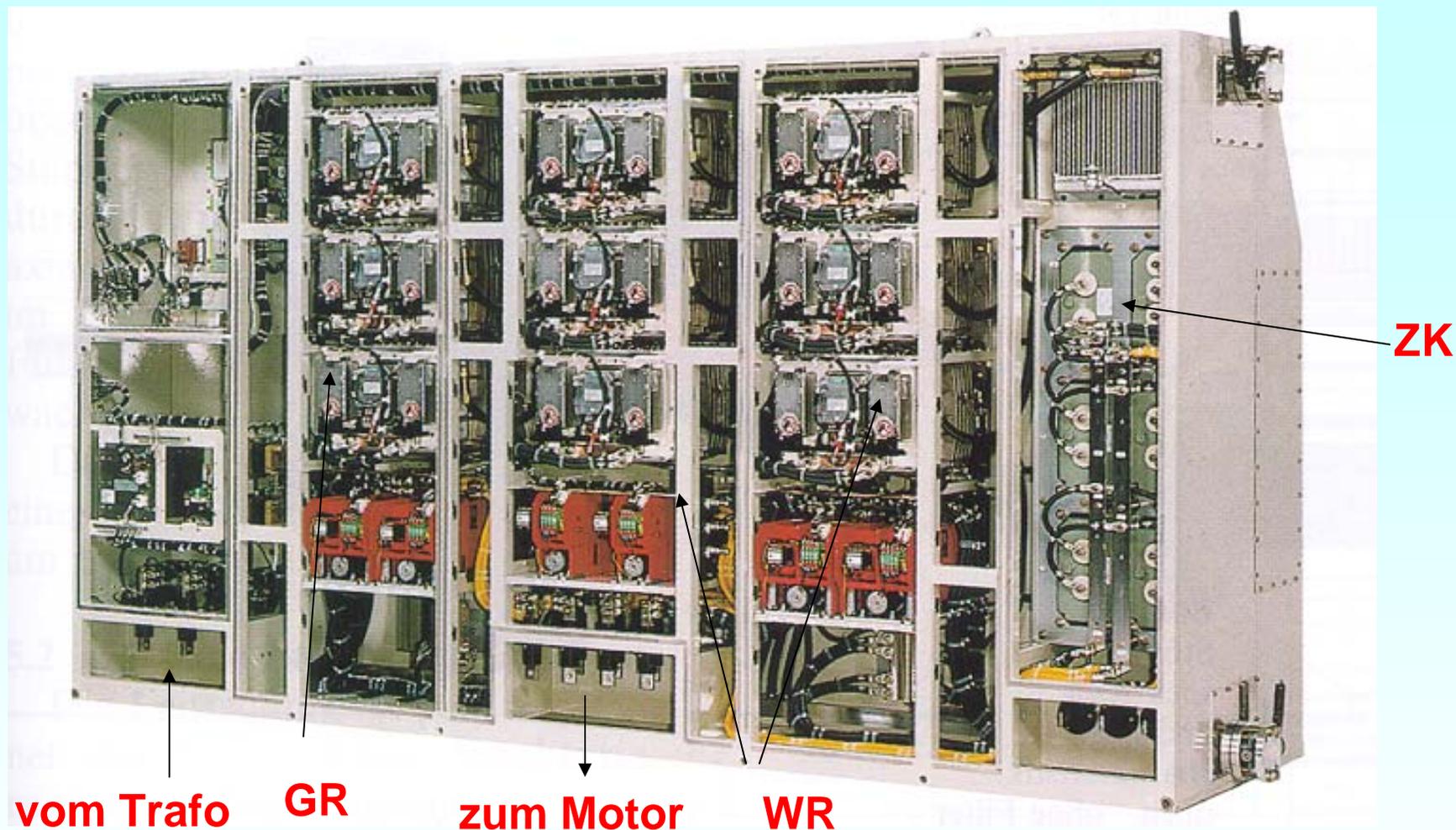


ZK: Zwischenkreis mit Glättungskondensator

WR: Pulswechselrichter mit Halbleiterschaltern  
- Thyristoren (GTO) oder künftig  
- Schalttransistoren (IGBT)

*Die in **Frequenz und Amplitude** variable Umrichter-Ausgangsspannung erzeugt im Fahrmotor Ströme gleicher Frequenz, die einen drehzahlvariablen Betrieb des Motors und damit einen **geschwindigkeitsvariablen Betrieb des Zugs** ermöglichen.*





**Typischer Traktionsumrichter mit Vierquadrantensteller (GR), Gleichspannungszwischenkreis (ZK) und Pulswechselrichter (WR)**

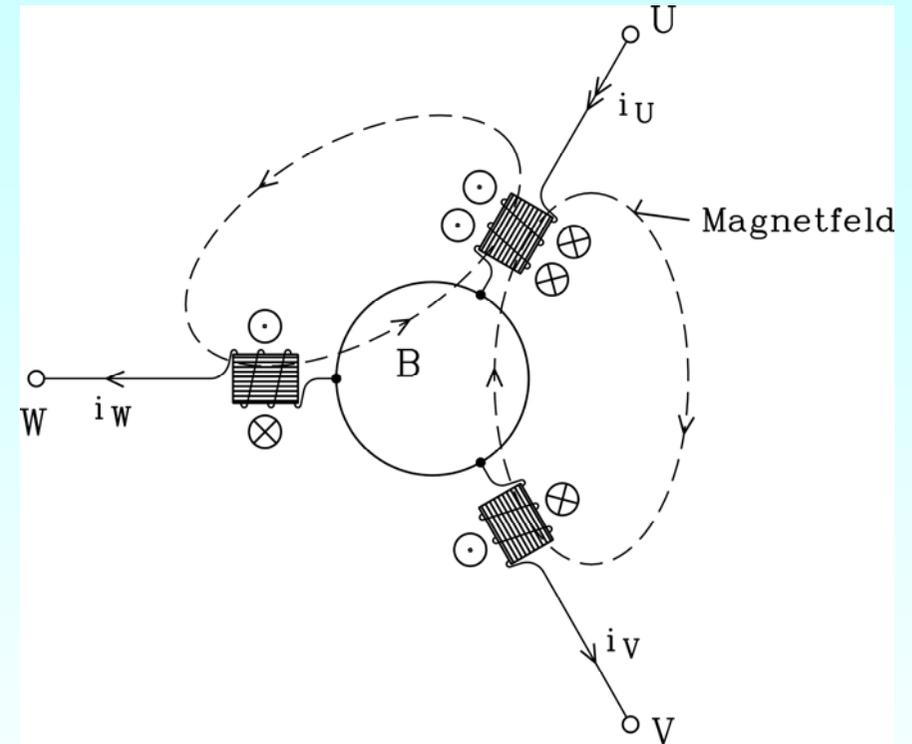
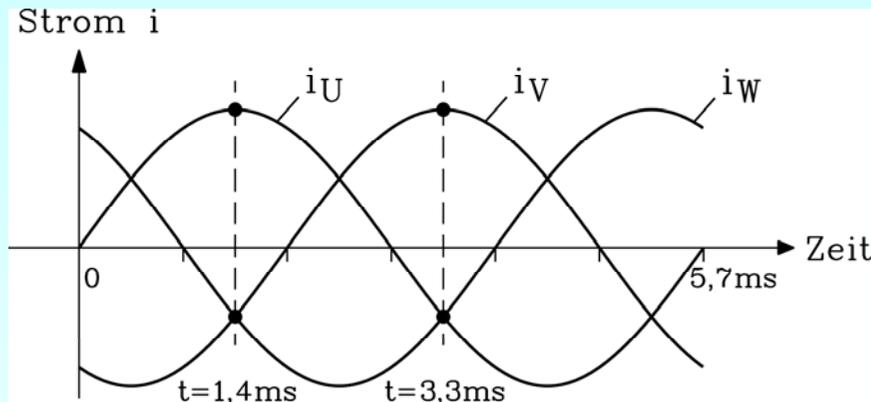


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



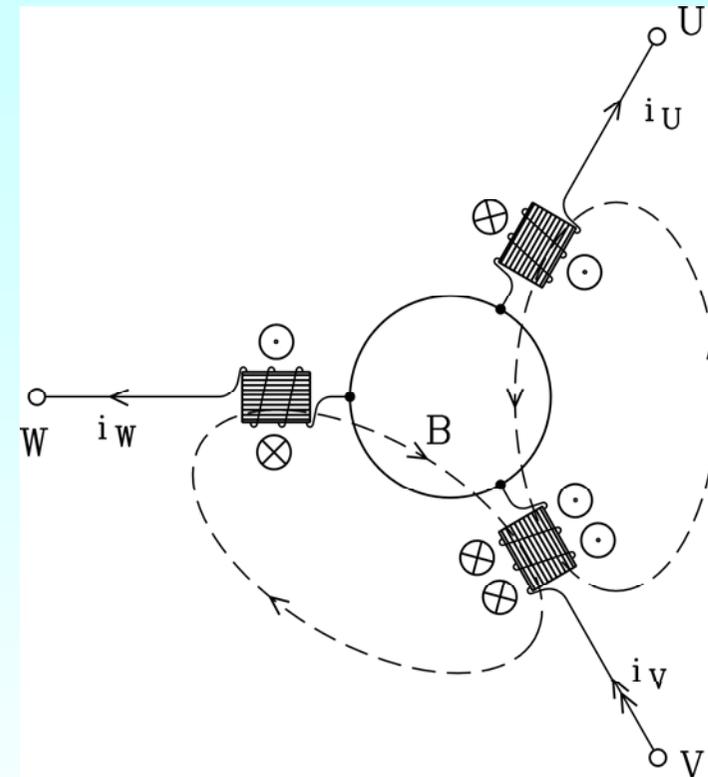
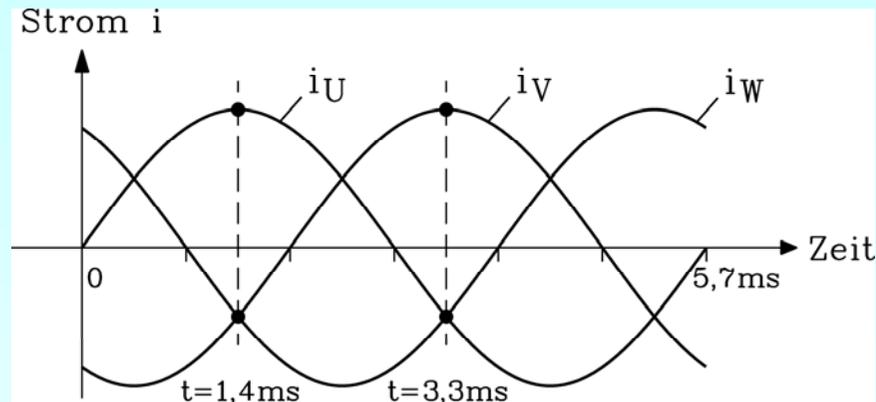
# Drehendes Magnetfeld im Asynchron-Fahrmotor (1)



- Drei räumliche versetzte Spulen werden von drei zeitlich versetzten Wechselströmen gespeist. (Spulen U, V, W)
- Beispiel: **Zeitpunkt  $t = 1,4 \text{ ms}$ :** Stromwerte:  $i_U = 230 \text{ A}$ ,  $i_V = i_W = -115 \text{ A} = i_U / 2$ . Ströme erzeugen in dem (vereinfachten) Motor ein **Magnetfeld B**, das mit der **Frequenz  $1/5,7 \text{ ms} = 1/0,0057 = 175 \text{ Hz}$  rotiert.**



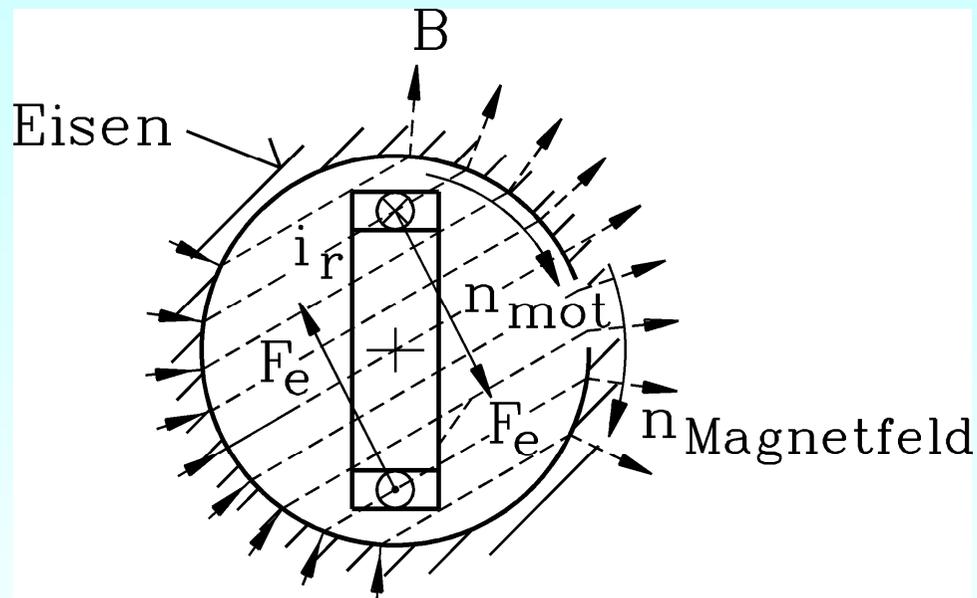
## Drehendes Magnetfeld im Asynchron-Fahrmotor (2)



- Das Magnetfeld dreht weiter, weil die Ströme in den Spulen U, V, W ihre Größe und Richtung ändern.
- **Zeitpunkt  $t = 3,3 \text{ ms}$ :** Stromwerte:  $i_U = -115 \text{ A}$ ,  $i_V = 230 \text{ A}$ ,  $i_W = -115 \text{ A}$   
Magnetfeld  $B$  hat in der Zeit  $3,3 - 1,4 = 1,9 \text{ ms}$  um  $120^\circ$  gedreht.  
Nach der Zeit  $3 \times 1,9 = 5,7 \text{ ms}$  hat das Feld um  $360^\circ$  gedreht:  
**Rotationsfrequenz  $1/5,7 \text{ ms} = 1/0,0057 = 175 \text{ Hz}$**



# Kraftübertragung vom **Magnetfeld** auf den **Motorläufer**



- Läufer trägt **Kurzschlußwindung**
- Läufer dreht **langsamer** (=asynchron) als Magnetfeld, „sieht“ daher **Feldänderung  $dB/dt$**
- **FARADAY**´sches Induktionsgesetz: **Spannung  $u$**  in Kurzschlußwindung erzeugt ( $u \sim - dB/dt$ )

- Spannung  $u$  treibt **Kurzschlußstrom  $i_r$** . Strom  $i_r$  bildet mit  $B$  eine **elektromagnetische Kraft  $F_e$** , die den Läufer antreibt.

- **Solange Läufer langsamer dreht als das Magnetfeld, wird eine antreibende Kraft erzeugt:  $n_{mot} < n_{Feld}$  !**





**ICE 3-Fahrmotor**, Asynchronmotor mit Kupfer-Kurzschlußkäfig-Läufer,  
Nennleistung 500 kW, Drehzahl: 0 ... 5300 Umdrehungen/Minute, Luftkühlung

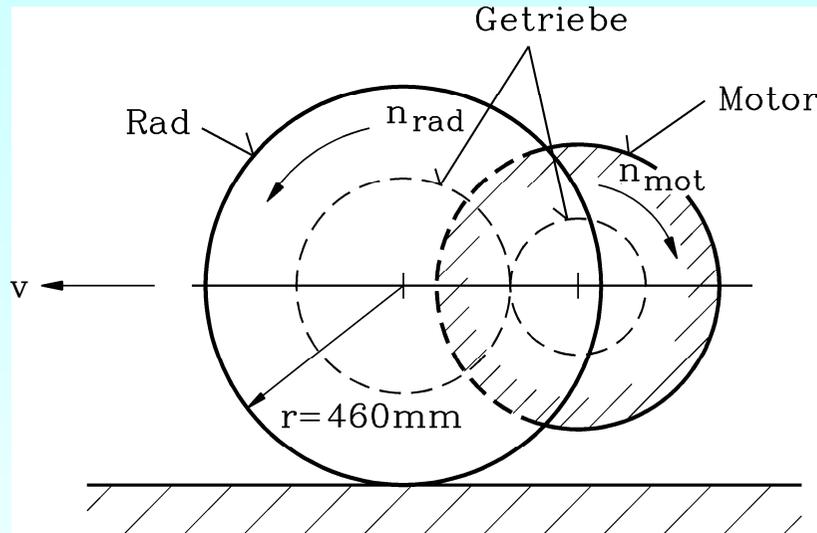


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Getriebe: Kraftübertragung vom Motor auf die Räder



Motorläufer dreht sich auf Grund variabler Frequenz der Motorspannung. Er **dreht schnell**:  $n_{mot} = 0 \dots 5300 \text{ /min}$  und ist daher relativ klein.

Ein einstufiges **Getriebe** verringert die Drehzahl auf die **langsamere Raddrehzahl**  $n_{Rad}$ .

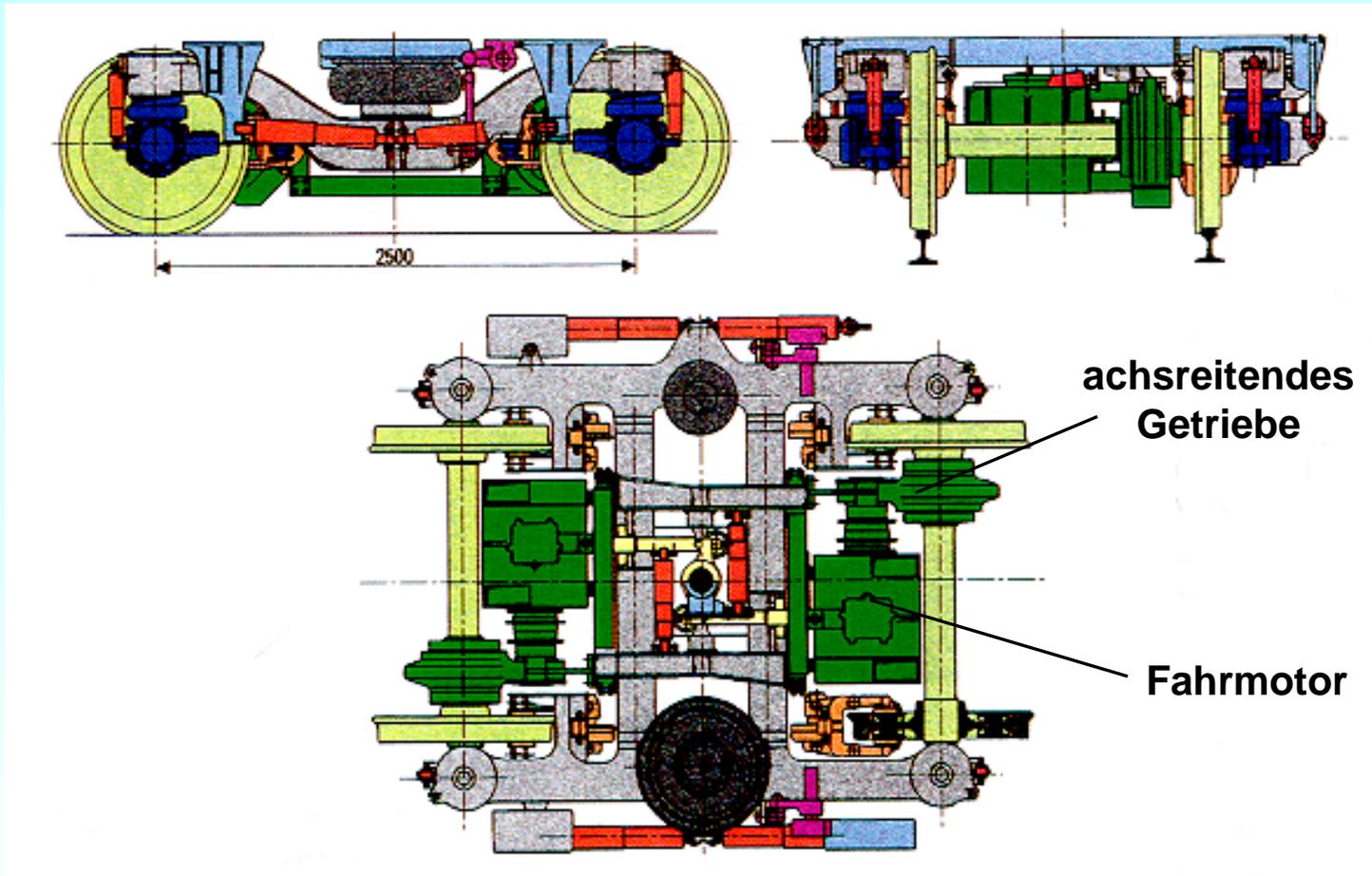
**Triebzug:**  $v_{max} = 330 \text{ km/h} = 91,7 \text{ m/s}$ :  $n_{Rad,max} = v_{max} / (2\pi r)$

$n_{Rad,max} = 91,7 / (2\pi \cdot 0,46) = 31,7 \text{ Umdrehungen je s} = 1900/\text{min}$

**Getriebeübersetzung:**  $i = 2,78$ :

$n_{mot,max} = i \cdot n_{Rad,max} = 2,78 \cdot 1900 = 5300/\text{min}$





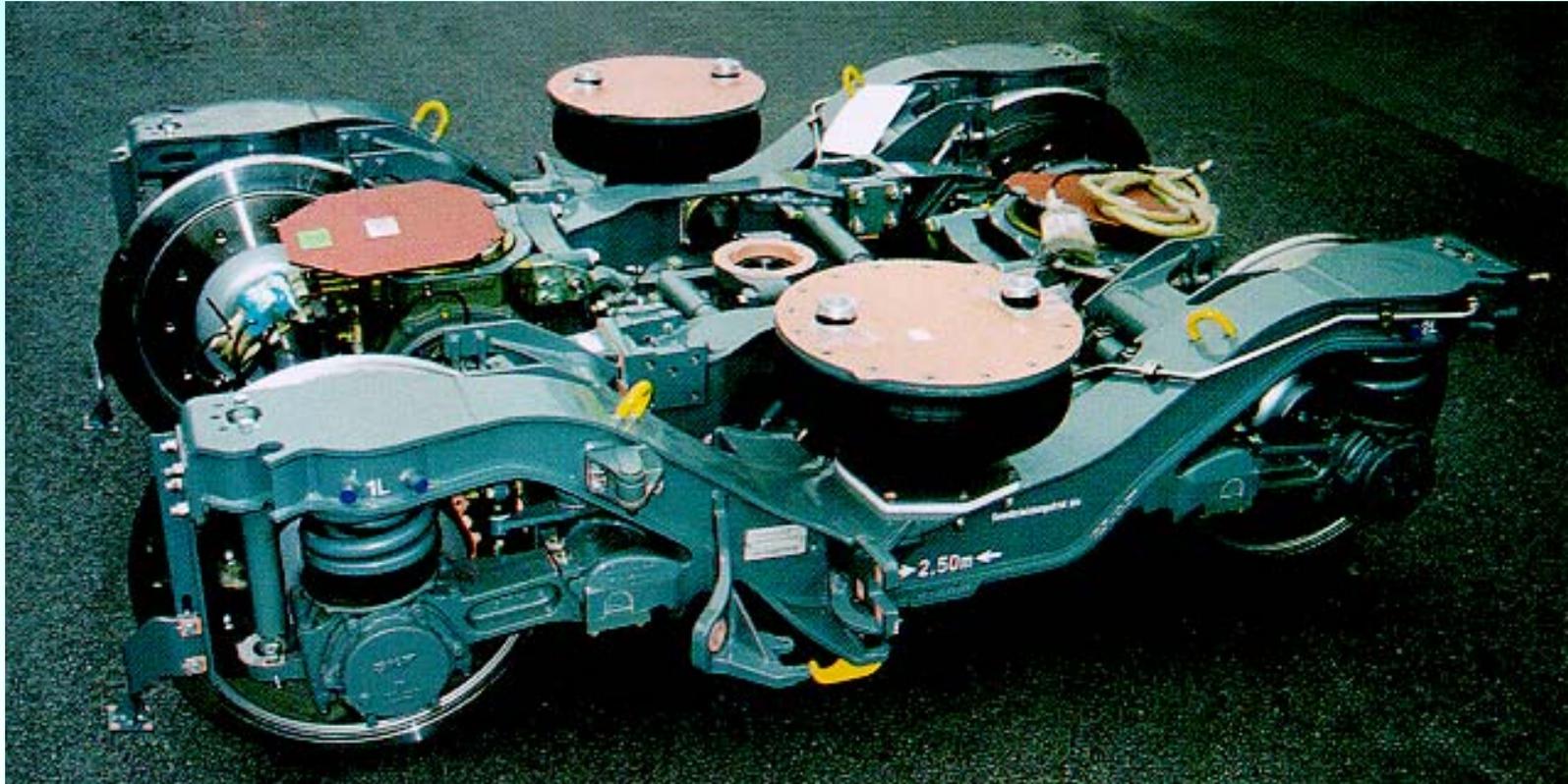
**Triebdrehgestell** des ICE 3 mit drehgestellfesten  
**Fahrmotoren** und achsreitenden **Getrieben**



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik





## Triebdrehgestell ICE 3



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



## Maximale Beschleunigung für ICE 3 und Transrapid

	ICE 3	Transrapid
0 ... 250 km/h	0.59 ... 0.18 m/s <sup>2</sup>	0.74 m/s <sup>2</sup>
300 ... 350 km/h	0.03 m/s <sup>2</sup>	0.57 m/s <sup>2</sup>
350 ... 400 km/h	$V_{max}$ überschritten	0.44 m/s <sup>2</sup>

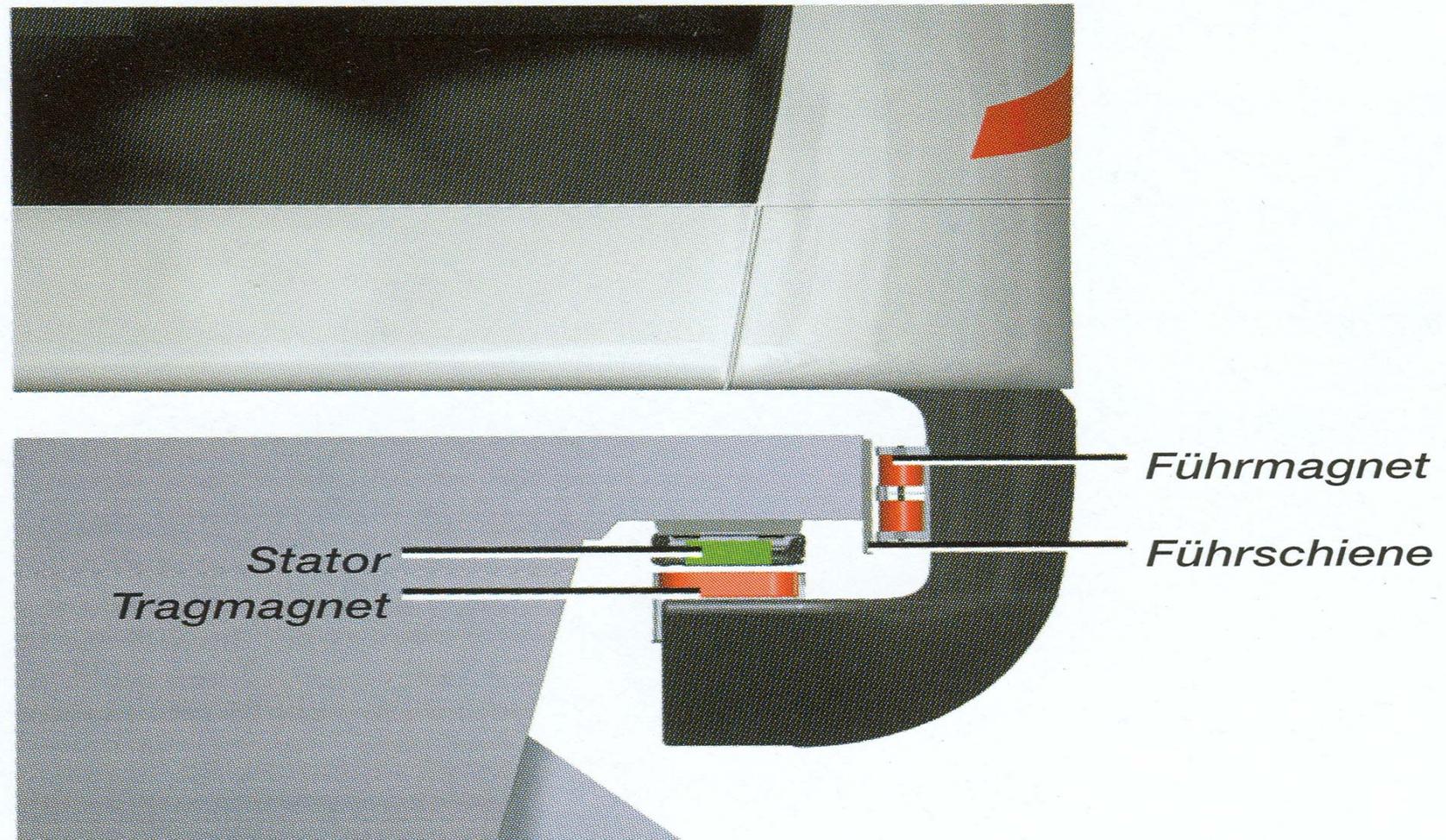


## Fahrtzeiten - Vergleich ICE 3 und Transrapid

	ICE 3	Transrapid
$V_{\max}$	300 km/h	400 km/h
Distanz 20 km	7 min	6 min
$V_{\max}$	330 km/h	400 km/h (möglich: 450 ... 500 km/h)
Distanz 200 km	44 min	35 min (ca. 29 min)



# Transrapid - Trag-, Führ- und Antriebssystem

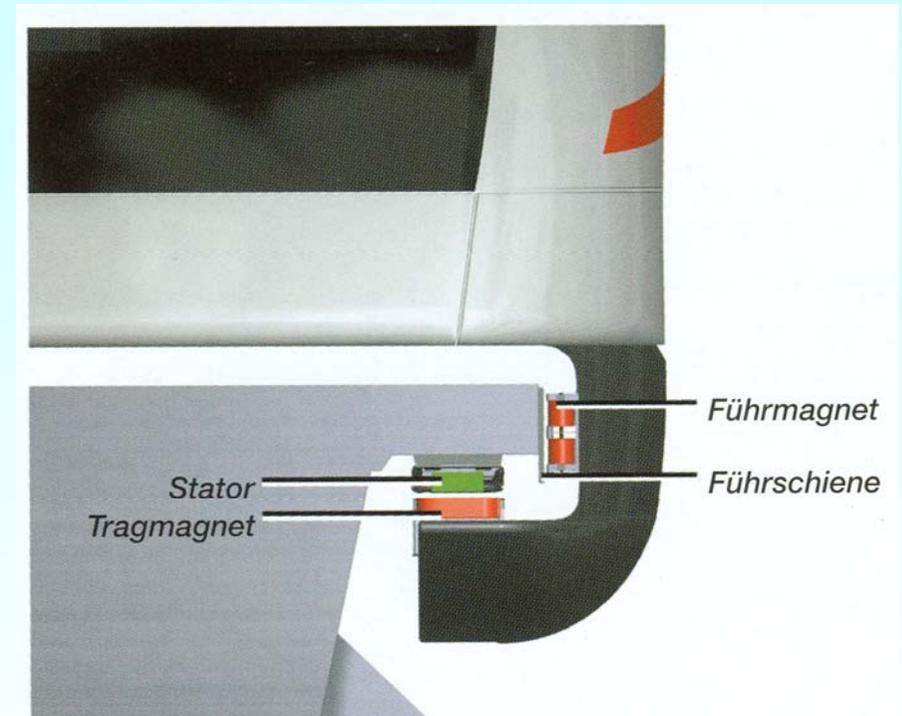


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Magnetisch schwebender Hochgeschwindigkeitszug TRANSRAPID



- **Aktiv geregeltes magnetisches Trag- und Führungssystem**
- **Elektrischer linearer Synchronmotor für den Vortrieb**

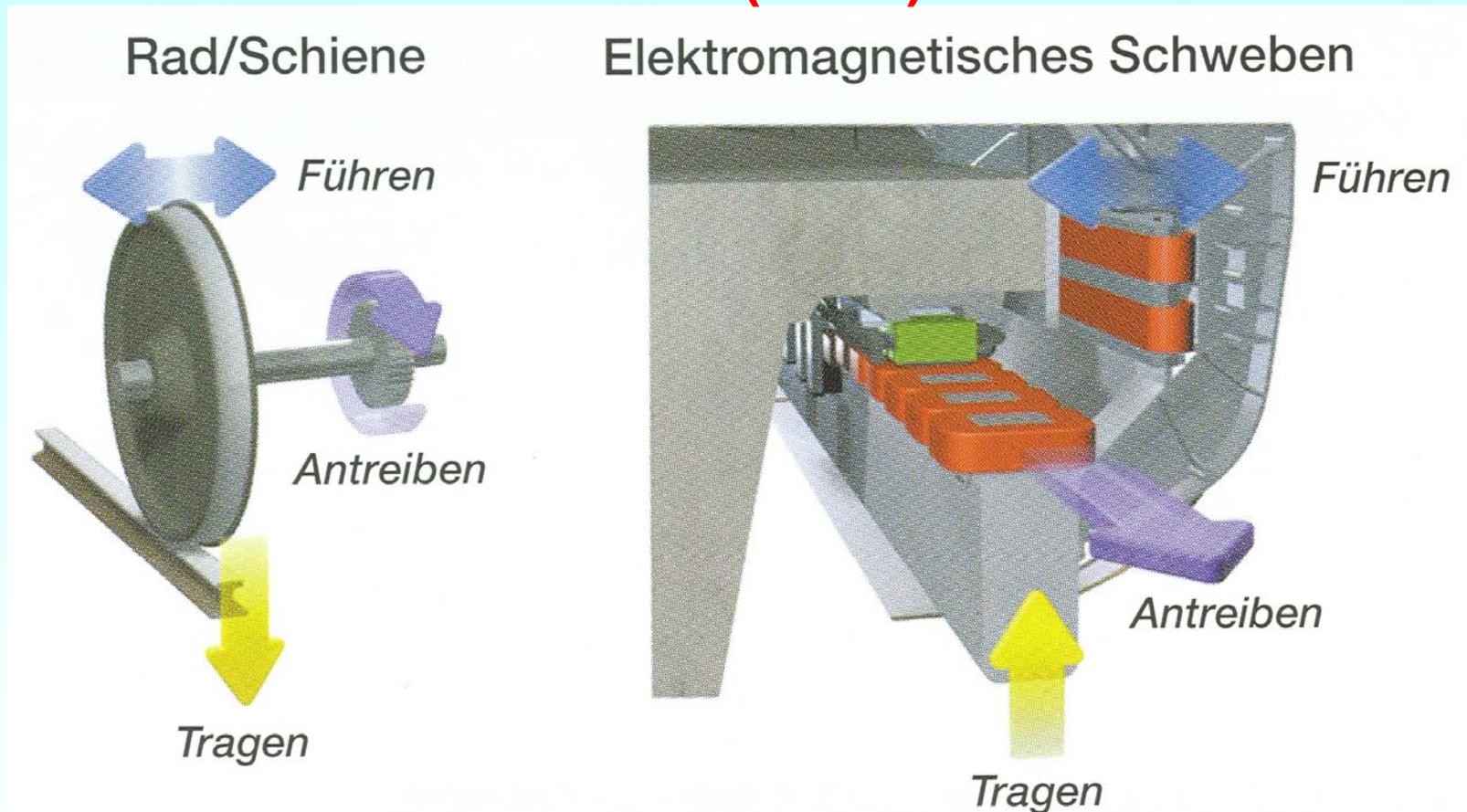


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Lineare Antriebstechnik (TRANSRAPID) versus Rad-Schiene-Technik (ICE 3)



**ICE 3** - Rad-Schiene-Antrieb

**TRANSRAPID** - Kombiniertes magnetisches Tragen, Führen, Antreiben

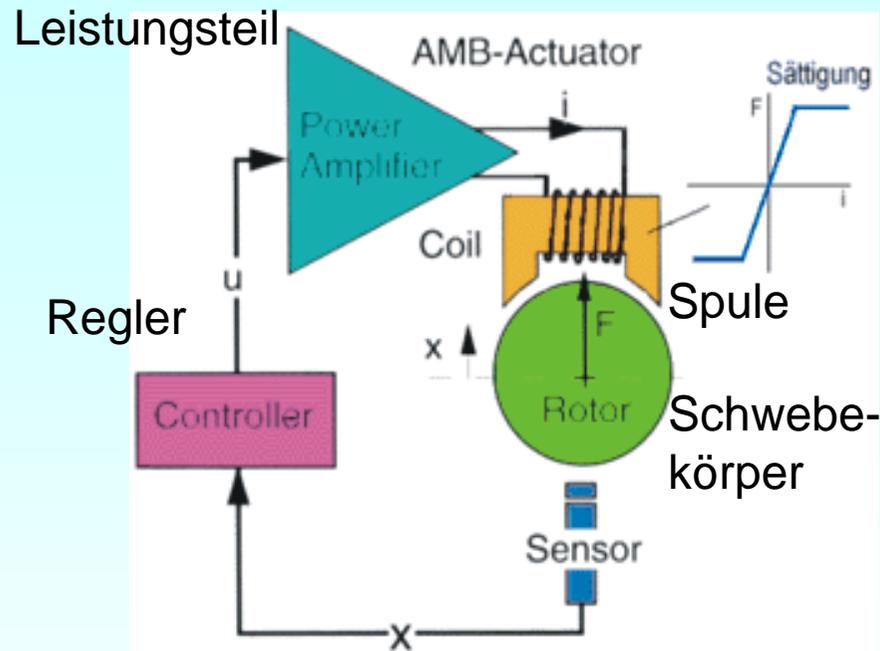


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



## Aktiv geregeltes magnetisches Schweben



Ein magnetisierbarer Schwebekörper wird durch das Magnetfeld einer Spule (**Magnetkraft**) nach **OBEN** gezogen.

Die **Schwerkraft** zieht den Schwebekörper nach **UNTEN**.

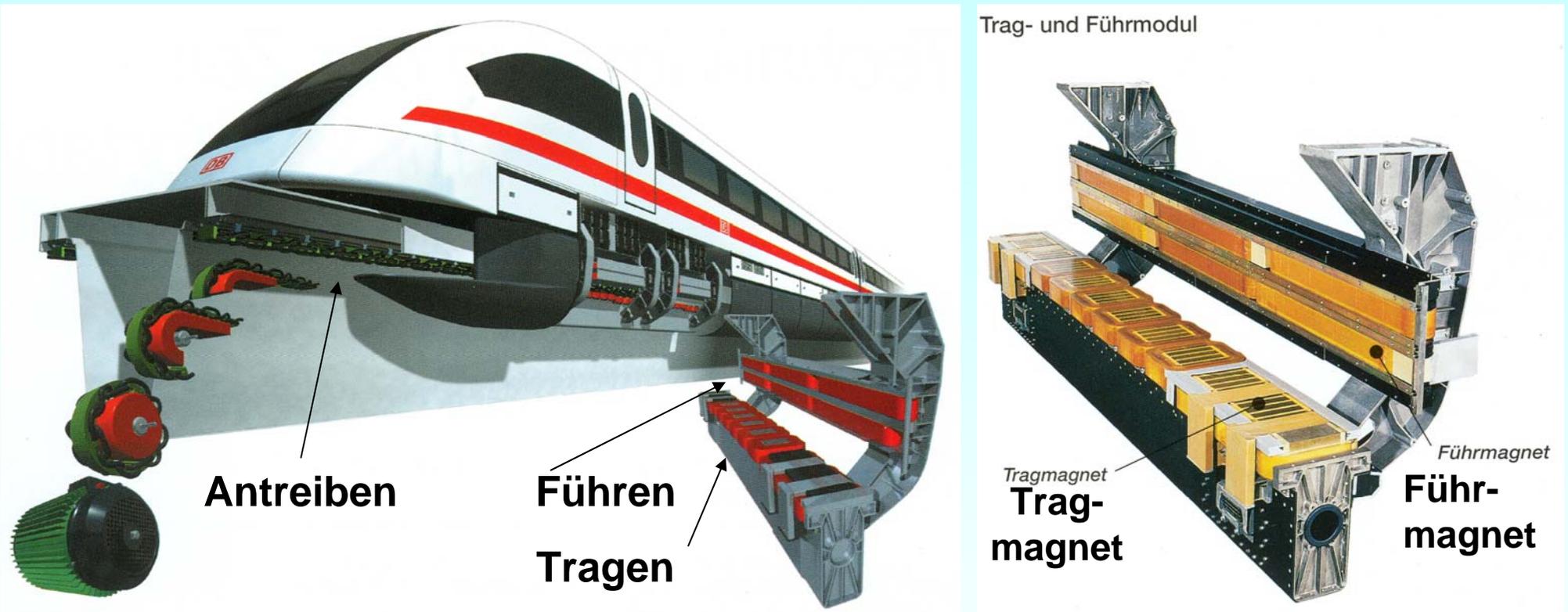
Das **Gleichgewicht ist LABIL**, es muß daher die Magnetkraft der Spule durch einen veränderlichen Spulenstrom **geregelt** werden.

### Regelprinzip:

Ein **Sensor** mißt die Position des magnetisierbaren Körpers. Entsprechend der Differenz „**Sollposition - Istposition**“ erhöht / verringert der **Regler** einen über das **Leistungsteil** verstärkten Spulenstrom und stellt so die erforderliche Magnetkraft ein.



# Tragen und Führen beim TRANSRAPID



Die Tragmagnete ziehen **von unten** bei einem **Luftspalt von ca. 10 ...13 mm** das Fahrzeug an den Stator des Linearmotors, der in der Trasse liegt. Dadurch erhält das Fahrzeug **OBERHALB** der Trasse eine **Bodenfreiheit von 150 mm**.

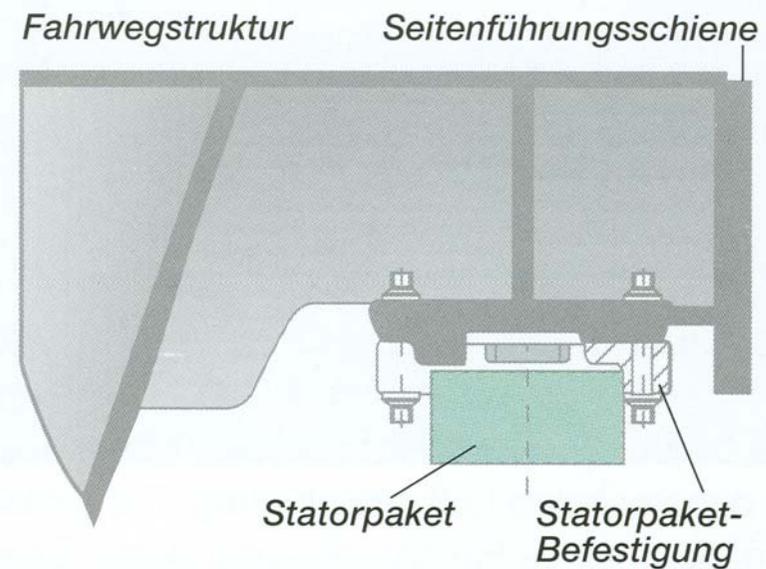
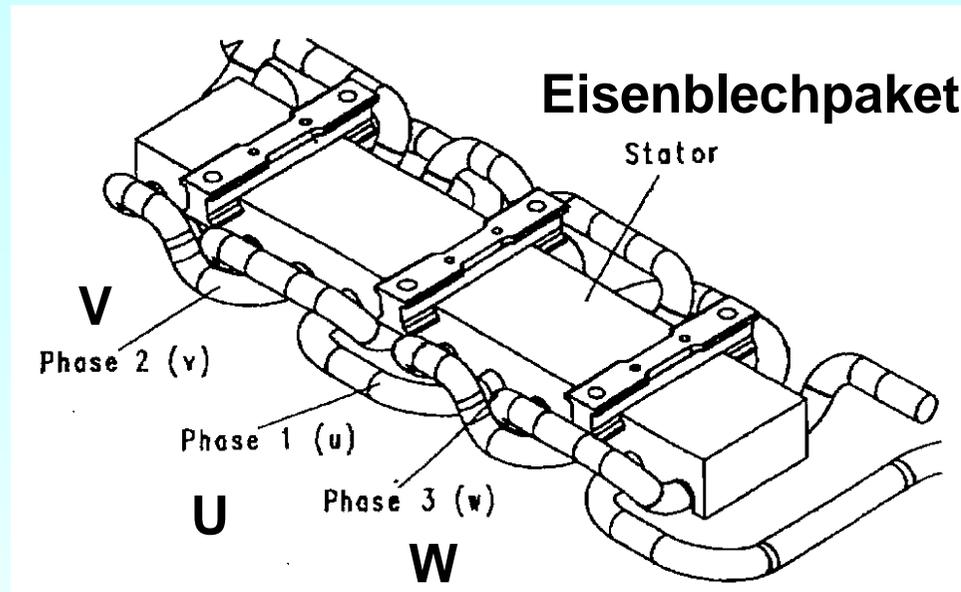


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Dreiphasige Langstatorwicklung im Ständerblechpaket



Drei „Phasen“ (Wicklungsstränge) U, V, W: wellenartig verlegte Aluminium-Kabel ergeben Spulen mit einer Windung pro Polpaar und Strang.

**Polbreite: 258 mm**, Einheiten zu je 4 Polen = 1032 mm, 24 Einheiten = 1 Sektion = 24.768 m, Eisenbreite 185 mm, zwei Spuren je Fahrweg

Mehrere Sektionen ergeben einen **Speiseabschnitt: Shanghai: 0.9 ... 5.0 km**

**Ca. 180 Pole** passen unter ein Fahrzeug (= 46 m Länge)

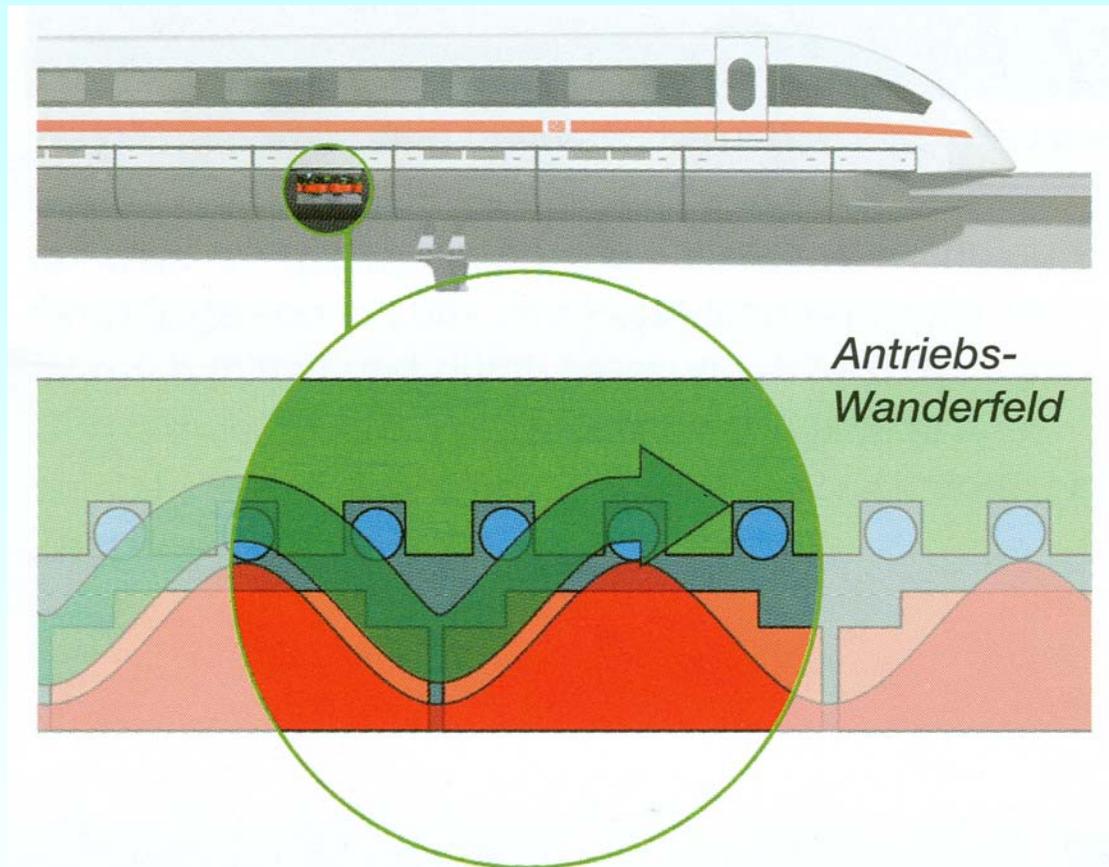


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Magnetisches Wanderfeld „schleppt“ Fahrzeug „synchron“ mit



Statt eines Drehfelds im rotierenden Motor ergibt sich in der „eben“ ausgestreckten Wicklung eine wanderndes Feld („Wanderfeld“)

Auf dem Fahrzeug sind die Gleichstrommagnete der Magnetlagerung gleichzeitig jene Pole, die vom Wanderfeld „synchron“ mitgezogen werden = **SYNCHRON-LINEARMOTOR**.

**Geschwindigkeit des Wanderfelds = Geschwindigkeit des Fahrzeugs**

$$v = 2 f \tau_p = 2 \cdot 215 \cdot 0.258 = 111 \text{ m/s} = 400 \text{ km/h (Shanghai / Pudong)}$$

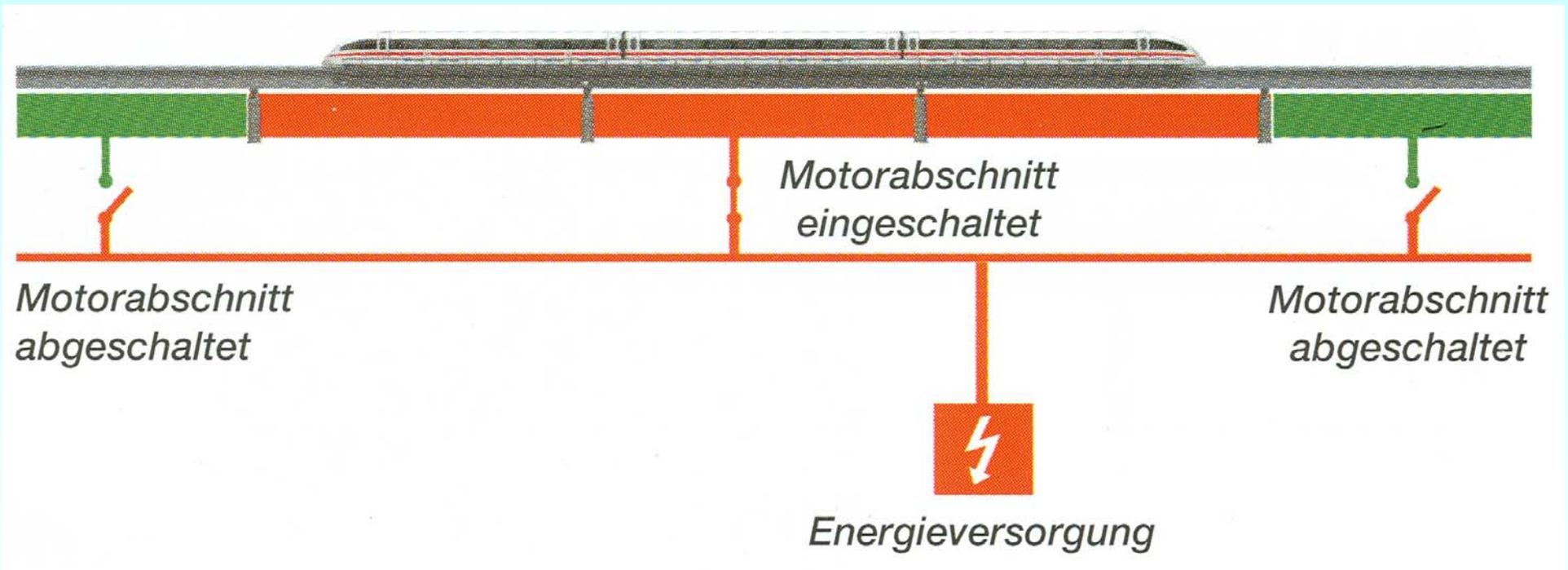


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



## Weiterschalten der Wicklungsabschnitte



Fest installierte **GTO-Frequenz-Umrichter** versorgen über Zuleitungen die einzelnen Motorwicklungsabschnitte.

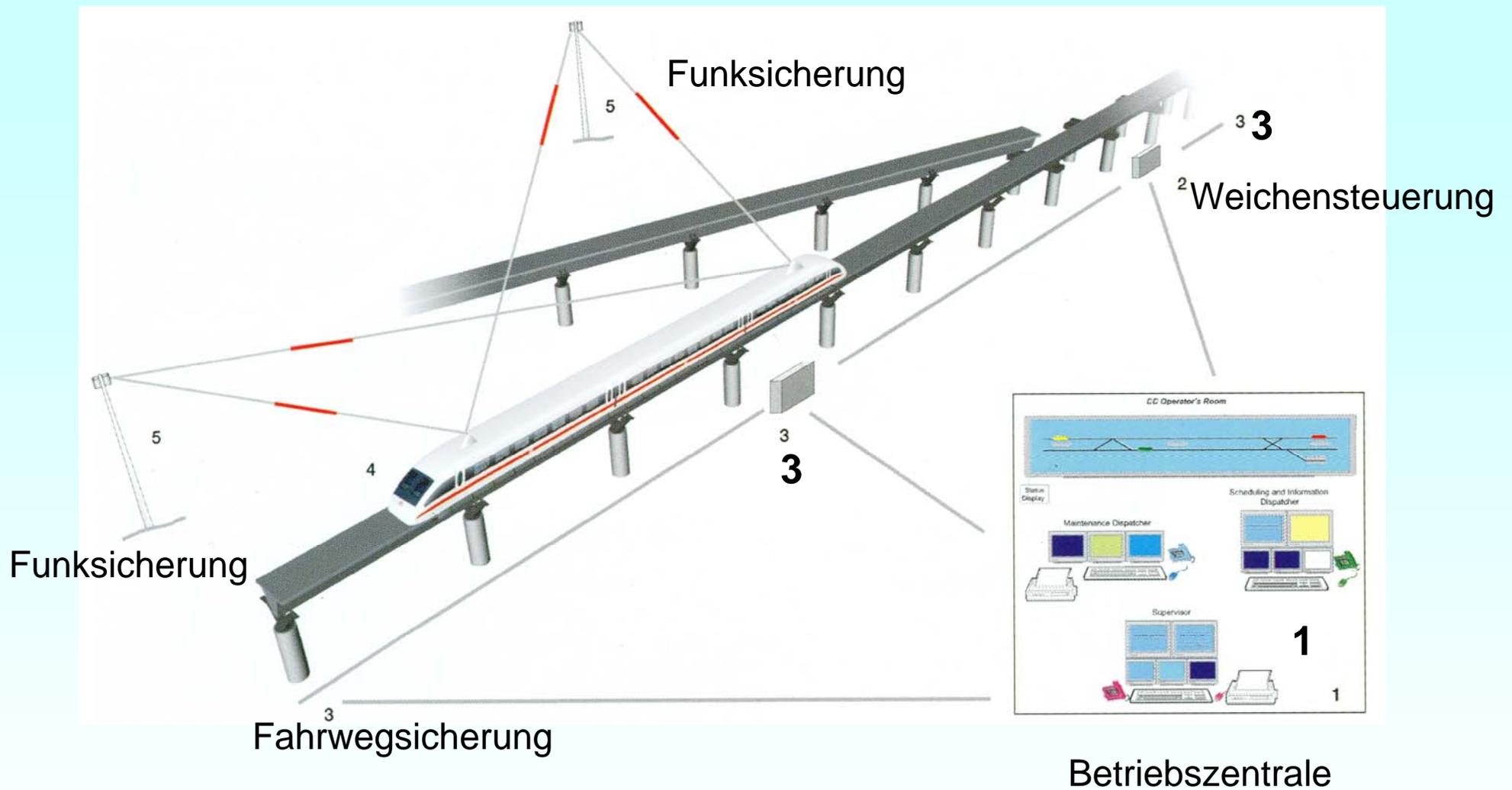
Die Position des Fahrzeugs wird funkgesteuert erfaßt.



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik





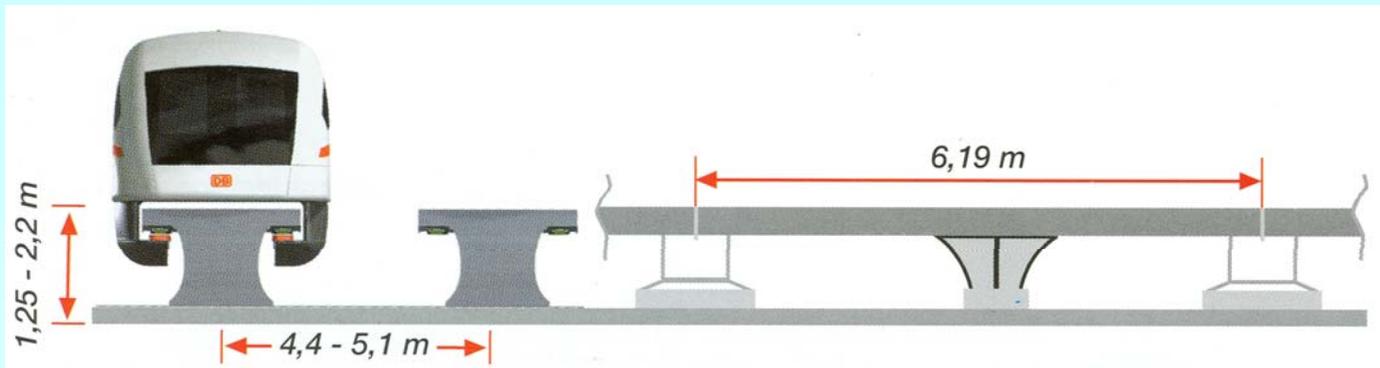
## Fernwirksystem für Zugsteuerung und Fahrweg-Sicherung



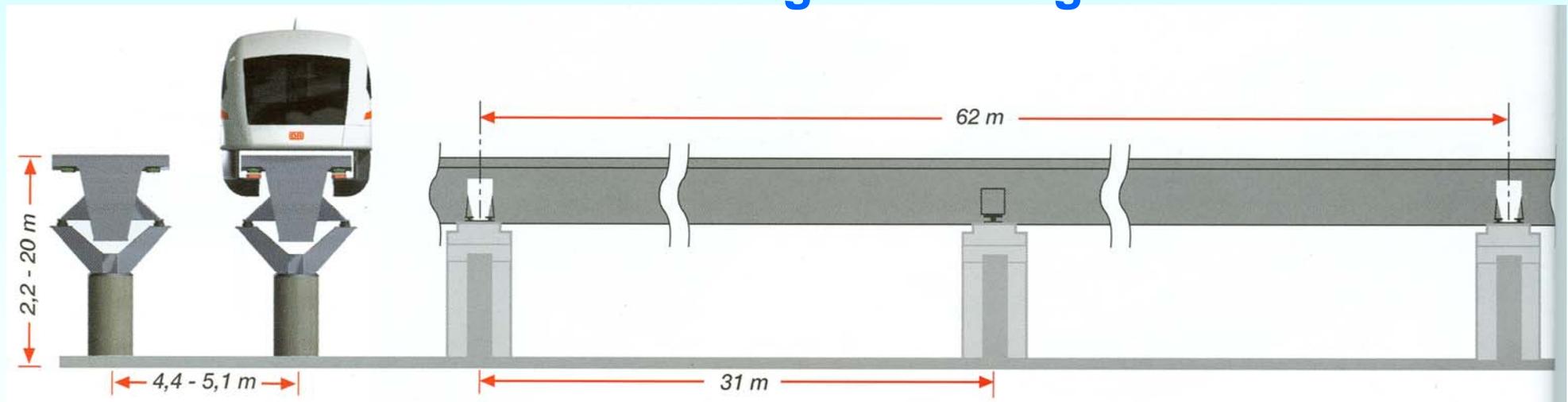
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik





**Ebenerdiger Fahrweg**



**Aufgeständerter Fahrweg**

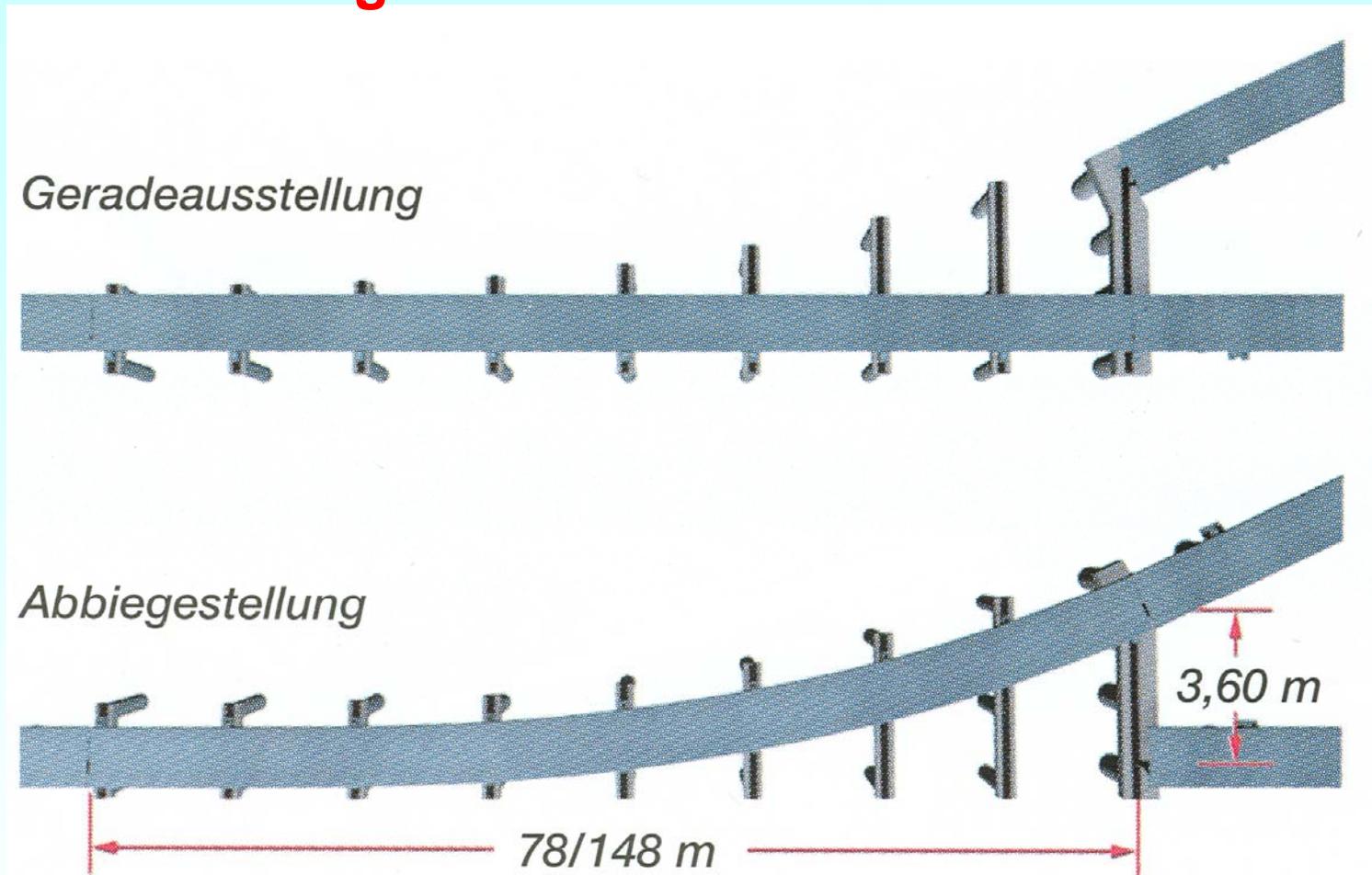


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Stahlbiegeweichen für den TRANSRAPID



**Elektromechanischer Stellantrieb verbiegt elastisch den 78 ... 148 m langen Stahlträger**

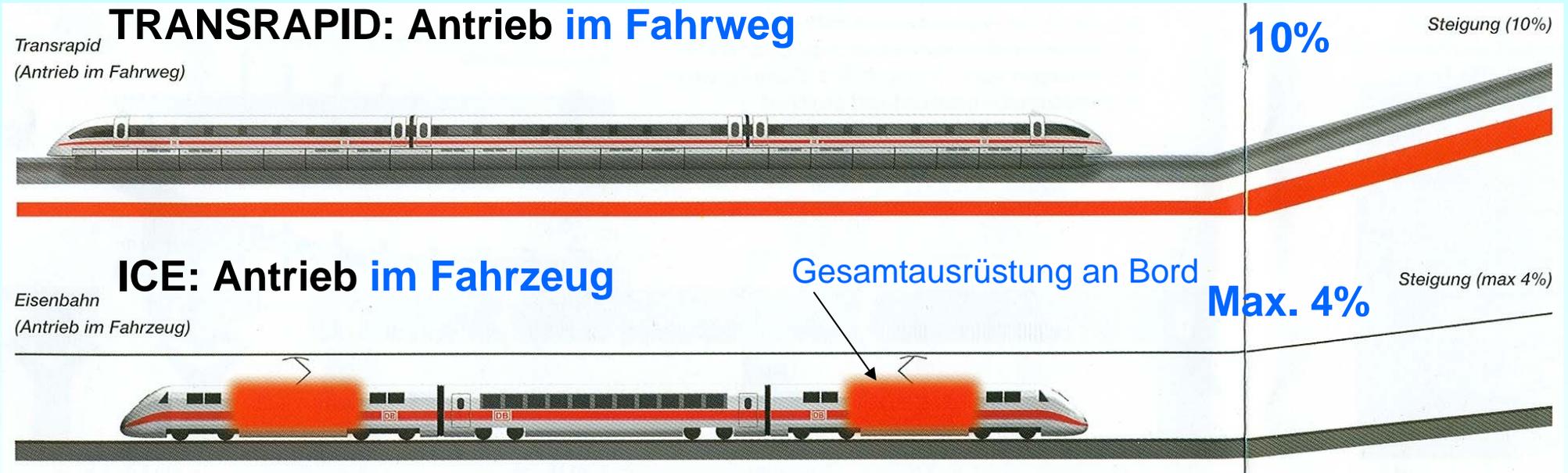


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Hohe Steigfähigkeit des TRANSRAPID bis z.Zt. 10%



**TRANSRAPID hat höhere Steigfähigkeit als ICE3, denn:**

- Kein Rad-Schiene-System, daher entfällt Haftreibungsgrenze
- Antriebsleistung des Stromrichters im Fahrweg, daher lokal stärkere Leistung möglich



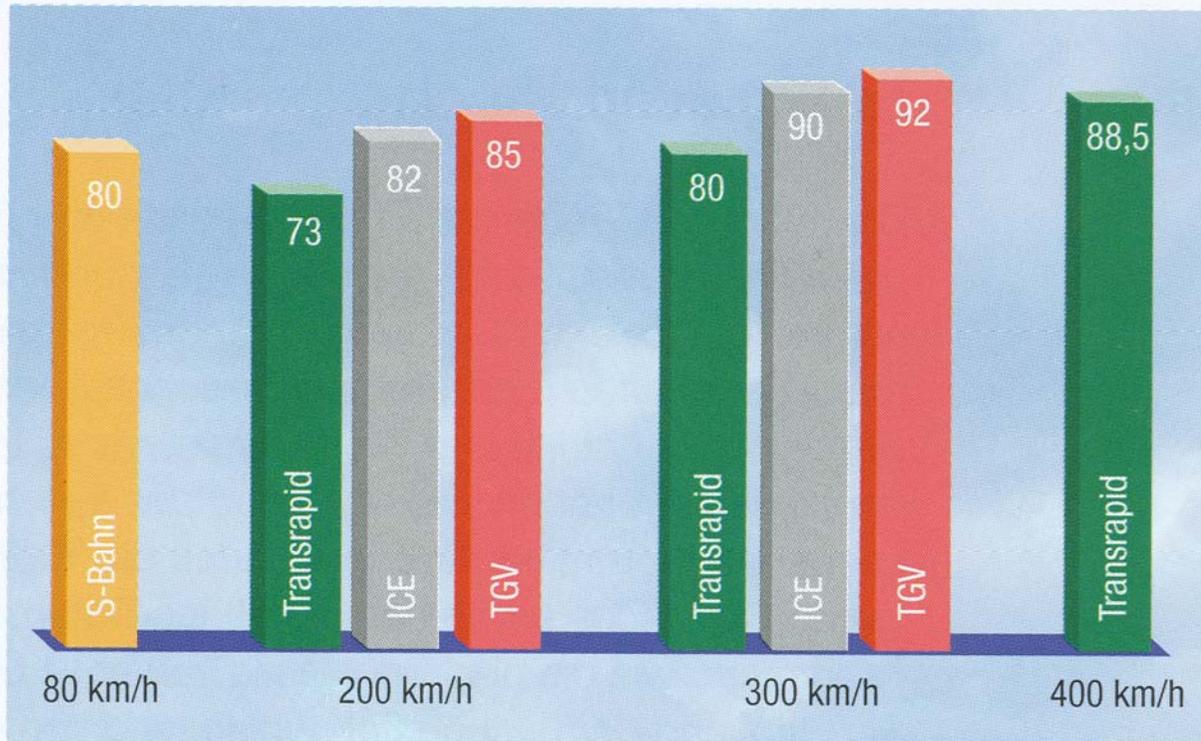
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# Schallentwicklung von ICE3 und TRANSRAPID

Vorbeifahrpegel in 25 m Abstand dB(A)



TGV: Französischer Hochgeschwindigkeitszug

ICE: Deutscher Hochgeschwindigkeitszug

**TRANSRAPID hat keine Rollgeräusche und ist daher deutlich leiser als ICE und TGV**

**Ab 250 km/h dominiert bei TRANSRAPID das aerodynamische Geräusch**

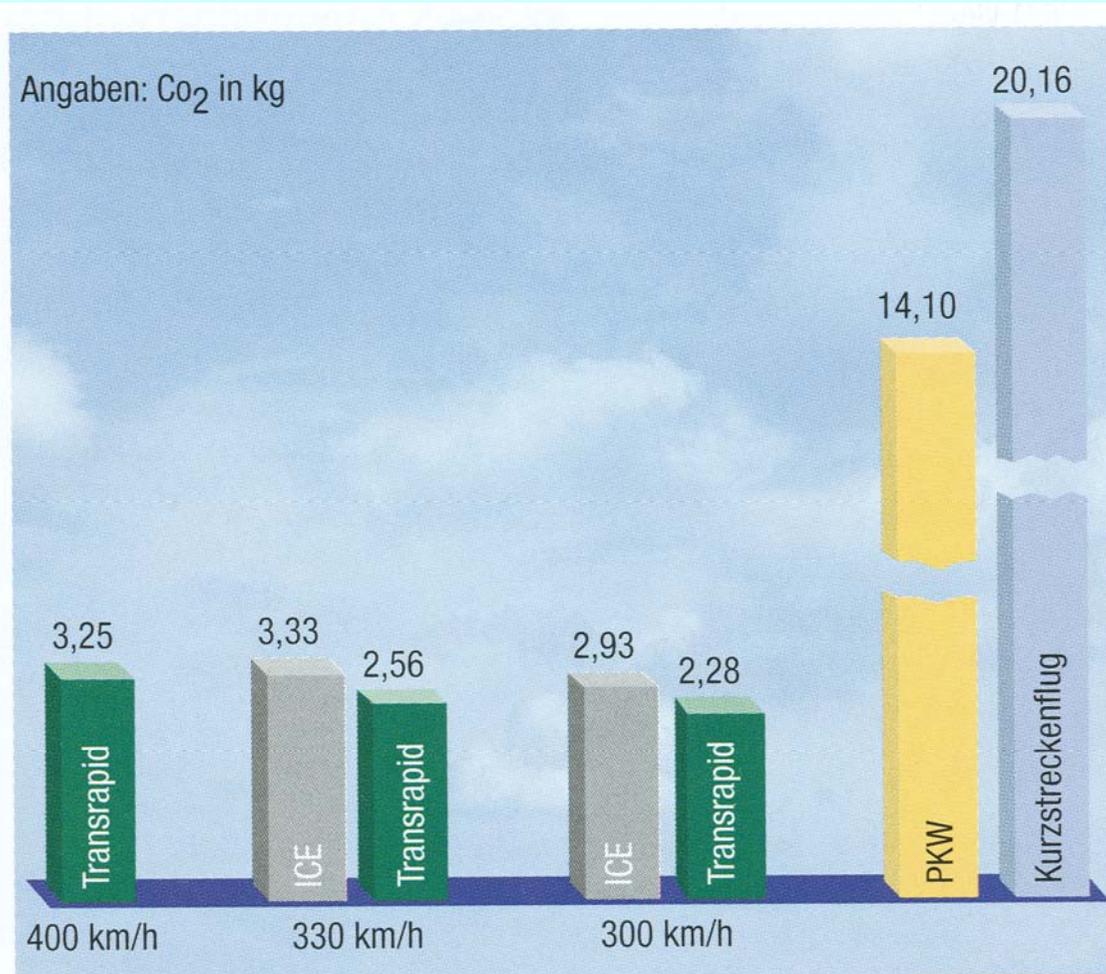


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Institut für Elektrische  
Energiewandlung, Prof. A. Binder  
FB 18 • Elektrotechnik und  
Informationstechnik



# CO<sub>2</sub>-Emission in kg je 100 Sitzplätze und je 1 Kilometer Fahrstrecke



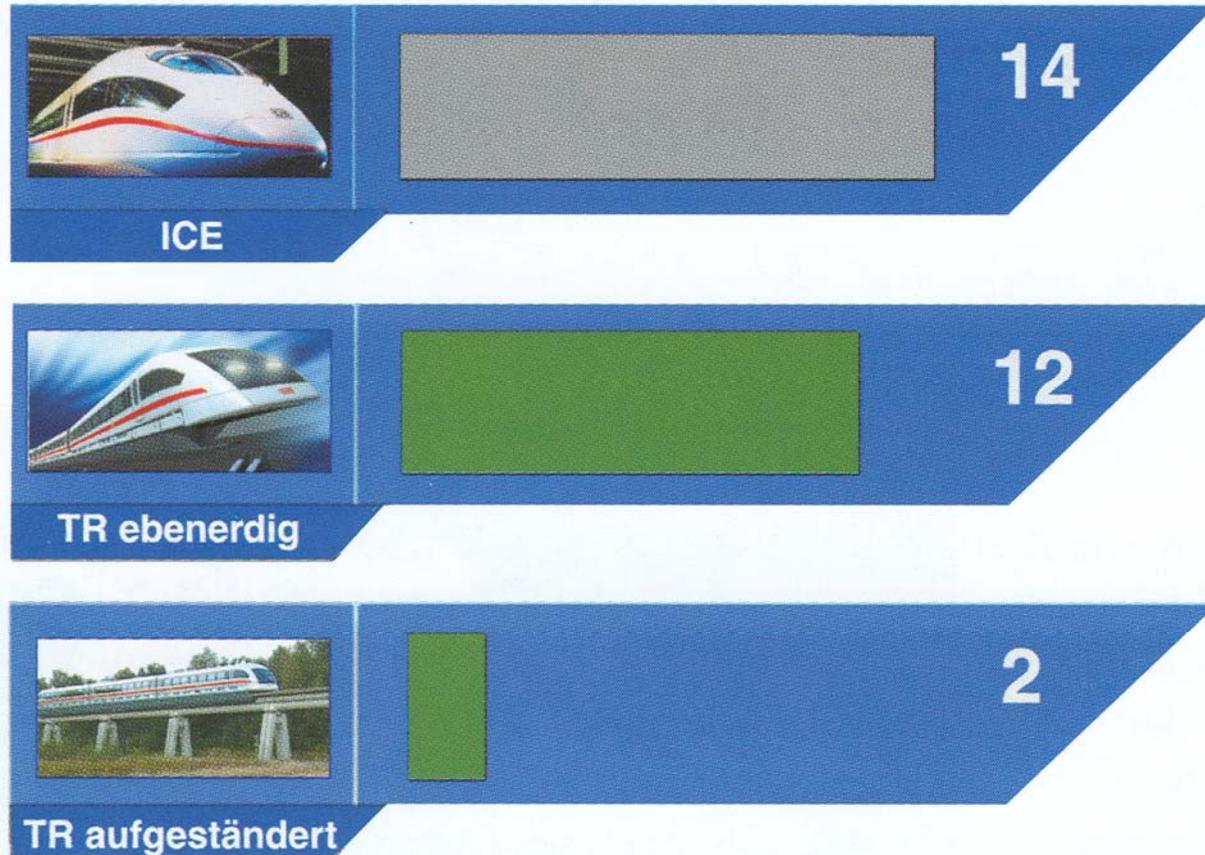
## Spezifischer Energiebedarf pro Sitzplatz und Kilometer:

	ICE 3	TRANSRAPID
200 km/h	29 Wh	22 Wh
300 km/h	51 Wh	34 Wh
400 km/h	-	52 Wh



## Flächenbedarf des Fahrwegs in $\text{m}^2$ je m Fahrweglänge (inklusive des Flächenbedarfs der Unterwerke)

Flächenbedarf im Vergleich ( $\text{m}^2/\text{m}$ )



# Zusammenfassung

Antriebstechnik für ICE3 und TRANSRAPID ist **Drehstrom-Motortechnik mit Umrichterspeisung mit variabler Frequenz**

## ICE 3

**Rad-Schiene-System**

**Asynchronmotoren**

**max. 330 km/h**

**Schienenetz vorhanden**

**Sonderstrecken**

## TRANSRAPID

**Magnetisches Schweben**

**Synchron-Linearmotor**

**max. 450 ... 500 km/h**

**Sonderfahrbahn**

**geräuschärmer**

**effizienter**

**teurer**

