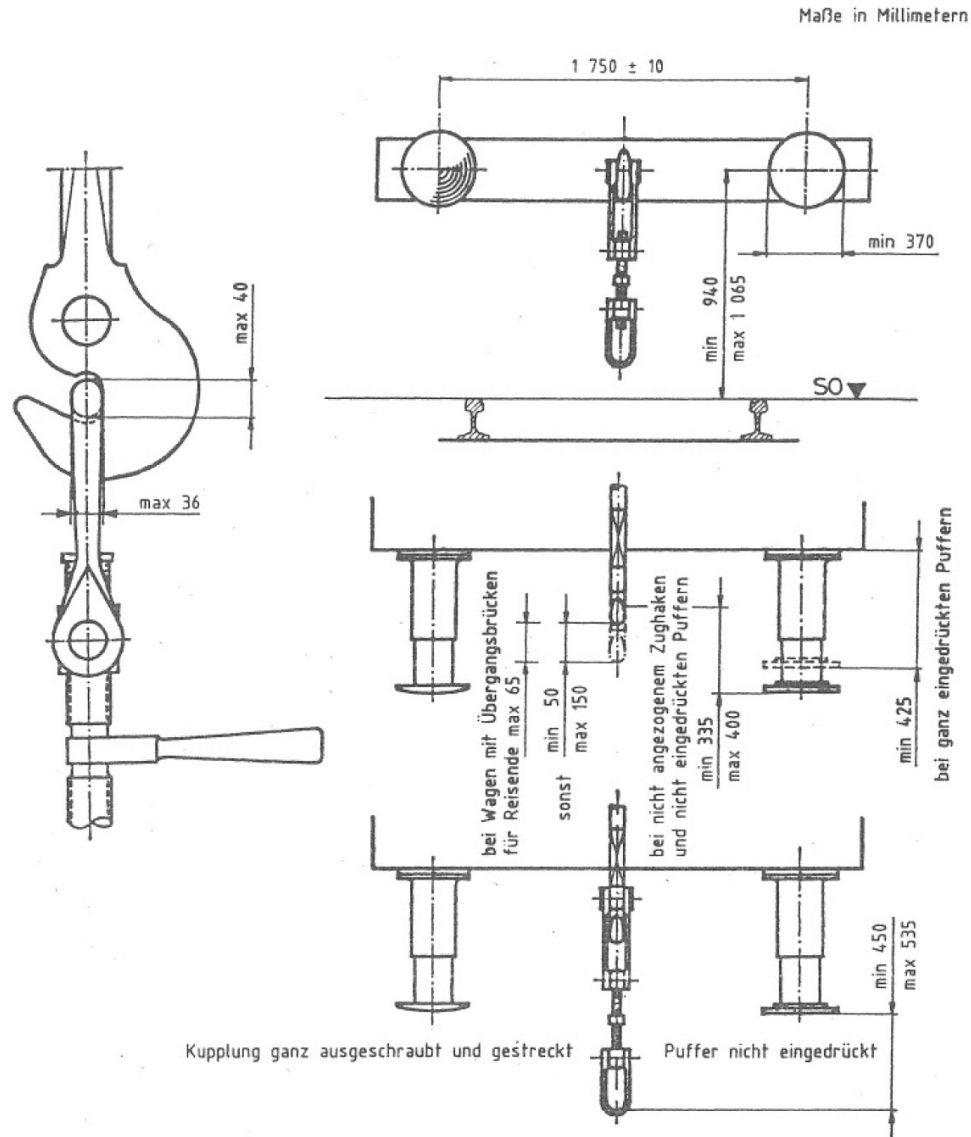


- 6.0. Einleitung
- 6.1. Zugeinrichtung
- 6.2. Stoßeinrichtung
- 6.3. Vorstellung von Pufferlösungen
- 6.4. Selbsttätige Mittelpufferkupplungen

Folie EBO, Anlage 10 (zu § 24): Zug- und Stoßeinrichtungen



4.2.2.2. Mechanische Schnittstellen

4.2.2.2.1. Allgemein und Begriffsbestimmungen

Zur Bildung eines Zuges (gemäß Definition in Abschnitt 2.2) werden Einzelfahrzeuge so aneinander gekuppelt, dass sie gemeinsam betrieben werden können. Die Kupplung ist die mechanische Schnittstelle, die dies ermöglicht. Es gibt mehrere Arten von Kupplungen:

- (1) Die „innere“ Kupplung (auch „Zwischenkupplung“ genannt) ist die Kupplungsvorrichtung zwischen Einzelfahrzeugen, mit der eine Einheit aus mehreren Einzelfahrzeugen (z. B. ein Wagenzug oder ein Triebzug) gebildet wird.
- (2) Die „Endkupplung“ („äußere“ Kupplung) von Einheiten ist die Kupplungsvorrichtung, mit der durch Aneinanderkuppeln von zwei (oder mehr) Einheiten ein Zug gebildet wird. Eine Endkupplung kann „automatisch“, „halbautomatisch“ oder „manuell“ sein. Endkupplungen können auch für Bergungszwecke verwendet werden (siehe Abschnitt 4.2.2.2.4). Im Rahmen dieser TSI ist eine „manuelle“ Kupplung ein Endkupplungssystem, bei dem zur mechanischen Kupplung der Einheiten eine oder mehrere Personen zwischen diesen aneinander zu kuppelnden bzw. zu entkuppelnden Einheiten benötigt werden.
- (3) Die „Abschleppkupplung“ ist eine Kupplungsvorrichtung für Bergungszwecke, mit der ein Bergungsfahrzeug mit einer manuellen „Standard“-Kupplung gemäß Abschnitt 4.2.2.2.3 an eine zu bergende Einheit angekuppelt wird, die über eine abweichende Endkupplung oder kein Kupplungssystem verfügt.

a) Allgemeine Anforderungen

...

a-2) Anforderungen an Arten von Endkupplungen

- (1) Einheiten, die in einem nicht trennbaren oder vordefinierten Zugverband mit einer vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h oder darüber bewertet werden, sind auf beiden Seiten des Zugverbands mit einer automatischen Mittelpufferkupplung auszurüsten, die geometrisch und funktionell mit einer „automatischen Mittelpufferkupplung Typ 10“ („Scharfenberg-Kupplung“) kompatibel ist (gemäß der Definition in Abschnitt 5.3.1). Die Höhe der Mittellinie dieser Kupplung muss $1\ 025\ \text{mm} + 15\ \text{mm}/- 5\ \text{mm}$ betragen (gemessen mit neuen Rädern für den Lastzustand „Auslegungsmasse, betriebsbereites Fahrzeug“).
- (2) Einheiten, die für den freizügigen Fahrbetrieb ausgelegt sind und bewertet wurden und die ausschließlich zum Einsatz auf einer Spurweite von 1 520 mm vorgesehen sind, werden mit einer Mittelpufferkupplung ausgerüstet, die geometrisch und funktionell mit der „Kupplung SA3“ kompatibel ist. Die Höhe der Mittellinie dieser Kupplung über den Schienen beträgt 980-1 080 mm (bei allen Rädern und Lastzuständen).

b) Anforderungen an „Manuelle“ Kupplungssysteme

...

B-2) Kompatibilität der Einheiten

Bei Einheiten mit einem manuellen UIC-Kupplungssystem (gemäß Abschnitt 5.3.2) und mit einem mit dem UIC-System kompatiblen pneumatischen Bremssystem (gemäß Abschnitt 4.2.4.3) müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- (1) Puffer und Schraubenkupplung sind gemäß den Abschnitten A.1 bis A.3 von Anlage A zu installieren.

...

a) All

12.12.2014

DE

Amtsblatt der Europäischen Union

L 356/365

a-2

Anlage A —

Puffer und Zugeinrichtung

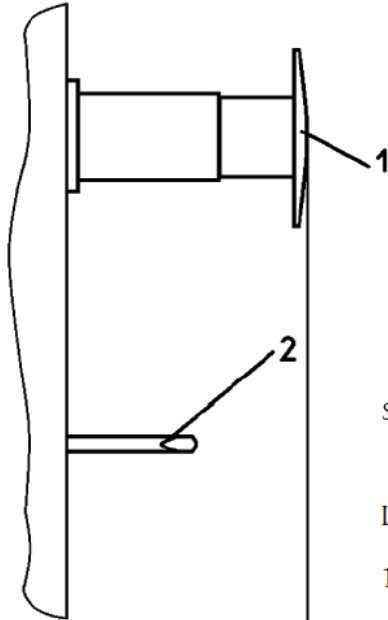


Abbildung A1

Zugeinrichtung und Puffer

Strukturen und mechanische Teile

Legende:

1 = Nicht eingedrückter Puffer.

2 = Zughakenöffnung.

Abschnitt A.1. Puffer

z.B.:

Standard-Nennabstand zwischen
Puffermittellinien für Spurweiten:

1435 mm: 1750 mm ± 10 mm

1524 mm: 1830 mm ± 10 mm

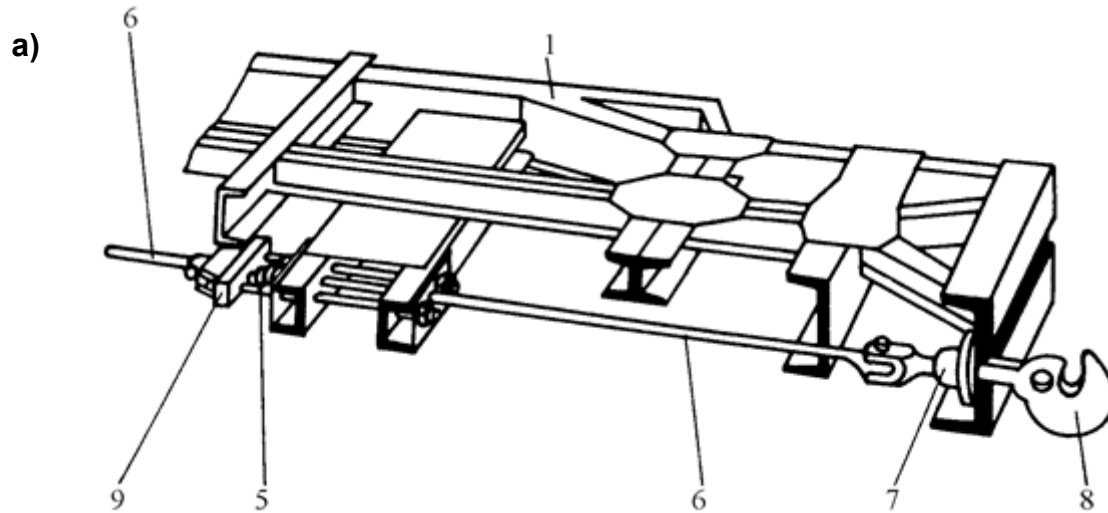
1600 mm: 1905 mm ± 3 mm

1668 mm: 1850 mm ± 10 mm

b) An

- Merkblätter / Normen:
 - DIN 27202-2
 - EN 15566, EN 16839
 - Puffer:
 - UIC 526, 527-1, 528, 827, 828
 - EN 15551
 - Zugeinrichtungen:
 - UIC 520, 530-1, 530-4, 561, 627-4, 825, 826, 827
 - EN 15020
- Literatur:
 - Schindler: Handbuch Schienenfahrzeuge: Entwicklung, Produktion, Instandhaltung, 1. Auflage 2014, Eurailpress in DVV Media Group, Hamburg
 - Töpfer, Klaus; Dudda, Peter u.a.: Grundausrüstungen (Reihe Schienenfahrzeugtechnik), 1. Auflage 1983., transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin

Folie Vergleich Durchgehende ↔ geteilte Zugeinrichtung



Zugeinrichtung

a) durchgehend

b) geteilt

Legende:

1 Wagenkasten-Untergestell

2 Drehpfanne

3 Führungsbolzen

4 Zugkasten

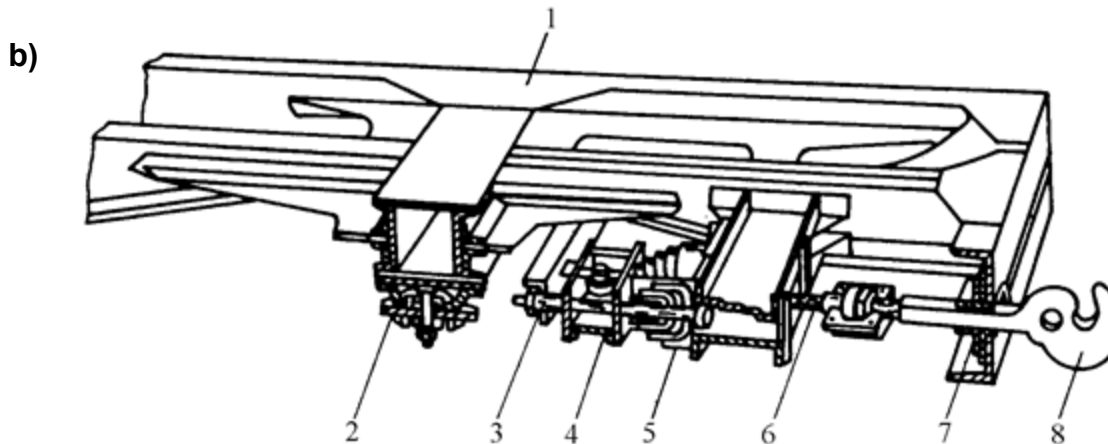
5 Kegelfeder

6 Zugstange

7 Zughakenführung

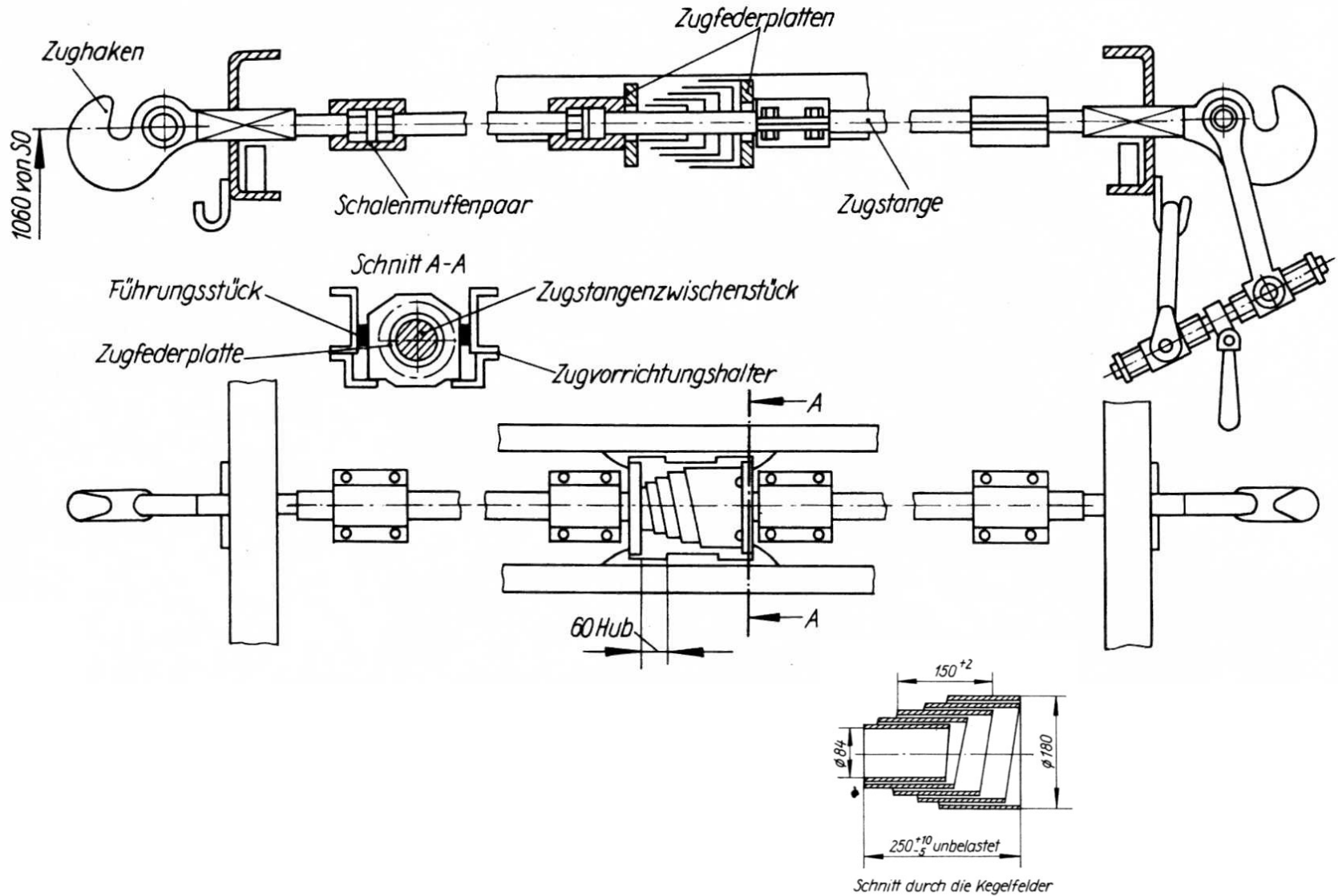
8 Zughaken

9 Zugfederplatte



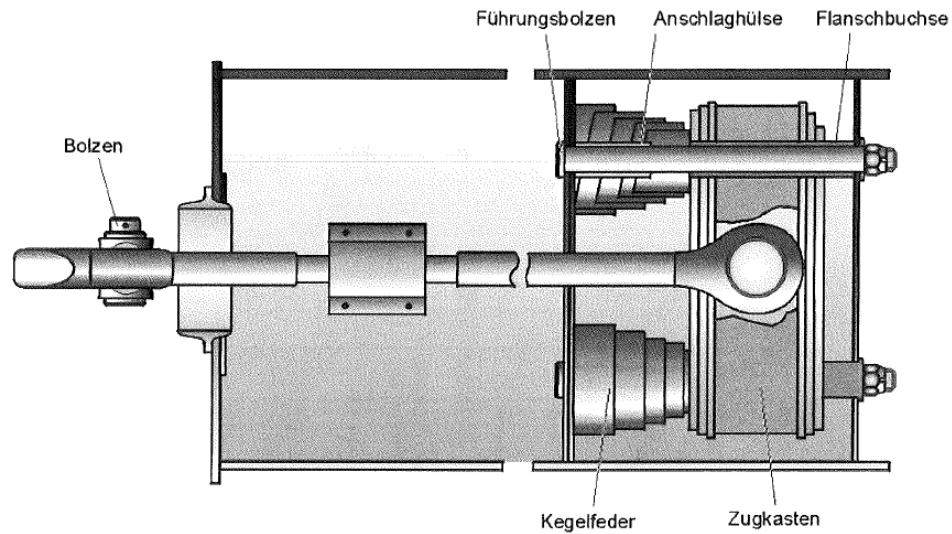
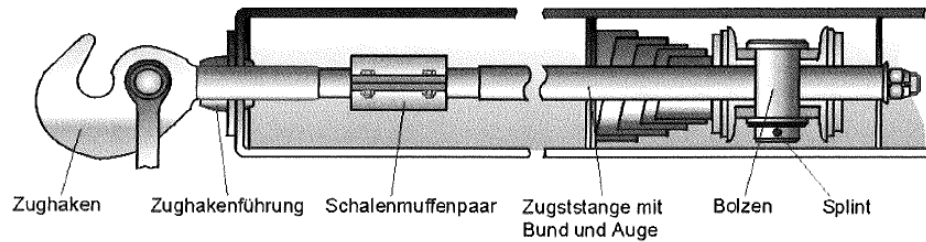
(Quelle: nach Töpfer, u.a.: Grundausrüstungen, transpress, 1983)

Folie Durchgehende Zugeinrichtung



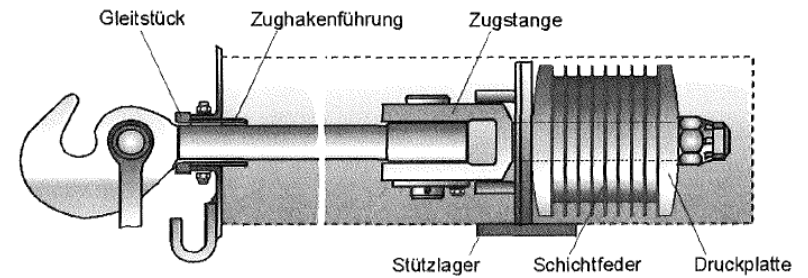
(Quelle: Töpfer, u.a.: Grundausrüstungen, transpress, 1983)

Folie Zugeinrichtungen (I)

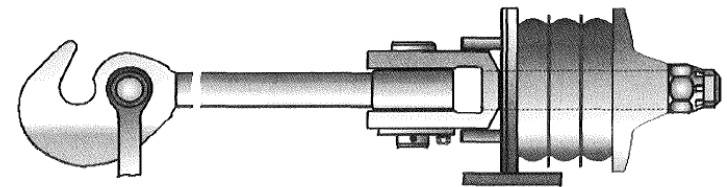


Geteilte Zugeinrichtung mit nebeneinanderliegenden Kegelfedern (Evolutfedern, z.B. ältere Reisezugwagen)

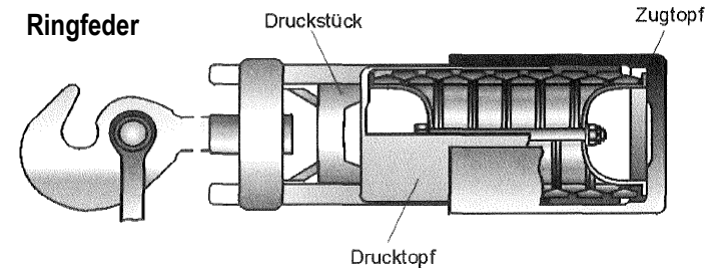
Gummischichtfeder



Elastomer-Feder



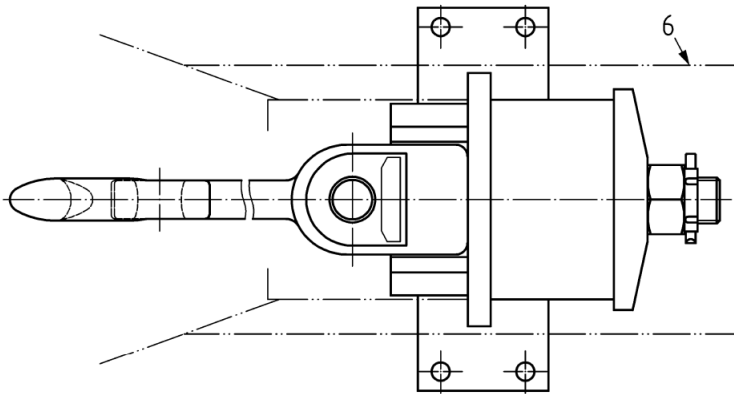
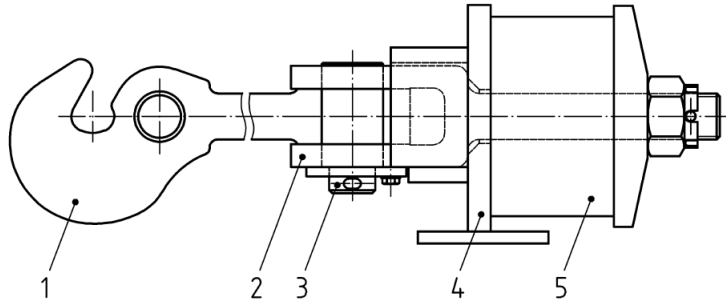
Ringfeder



Geteilte Zugeinrichtung mit kompakter Anlenkung (alle modernen Wagen)

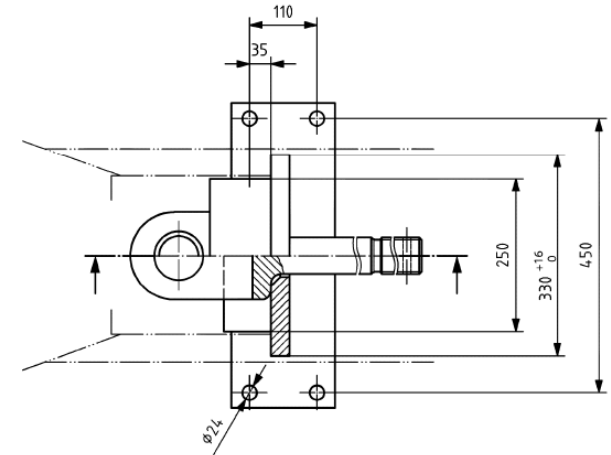
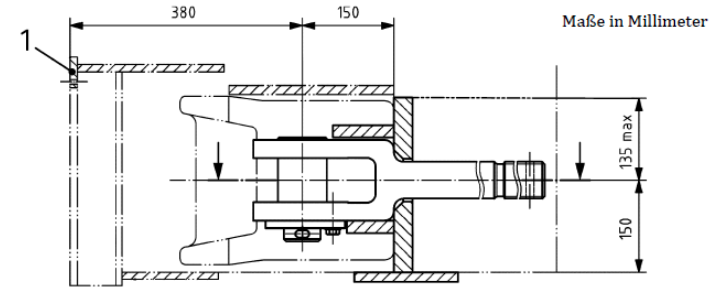
(Quelle: Janicki, u.a.: DB-Fachbuch Schienenfahrzeugtechnik)

Folie Zugeinrichtungen (II)



- Legende**
- 1 Zughaken (nicht Bestandteil der Zugeinrichtung)
 - 2 Zugstange
 - 3 Gelenkbolzen
 - 4 Aufnahmeplatte/Stützlager
 - 5 Federeinrichtung
 - 6 Untergestell

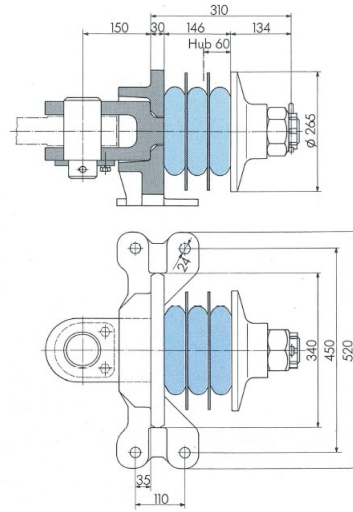
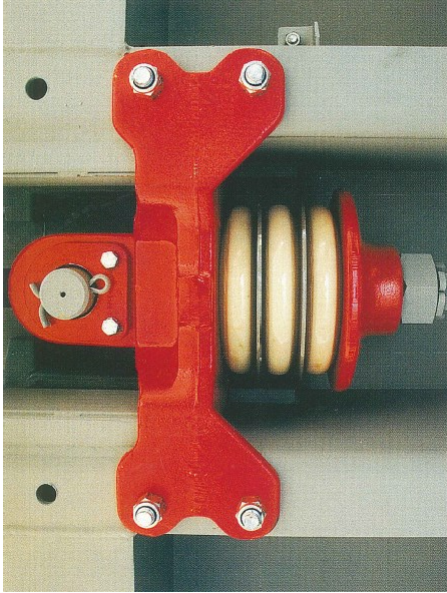
Anschlussmaße für Güterwagen



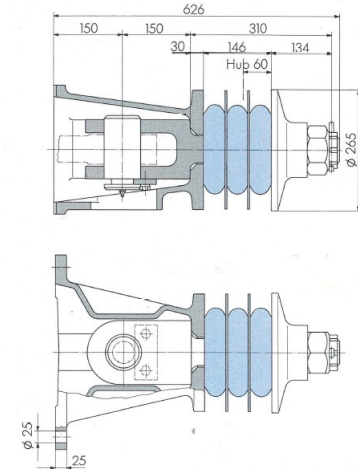
- Legende**
- 1 Anbauplatte für Puffer

(Quelle: DIN EN 15566:2016-12)

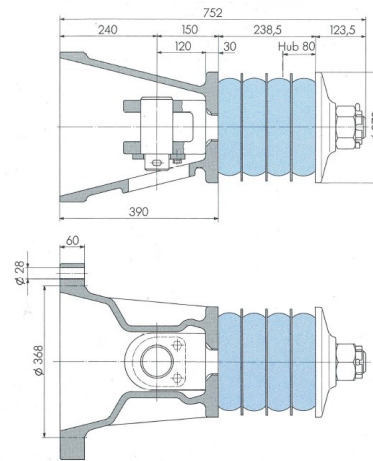
Folie Zugeinrichtungen mit TecSPak-Federn



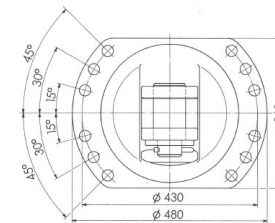
Zugleinrichtung für Güterwagen



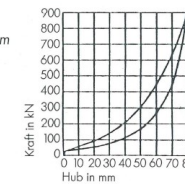
Zugleinrichtung für Reisezugwagen



Zugleinrichtung für Lokomotiven



Statisches Federdiagramm



(Quelle: Broschüre Georg Fischer AG, 1990)

Folie Federn für Zugeinrichtungen – Polymerfedern

DUREL ZUG EINRICHTUNGS FEDERN

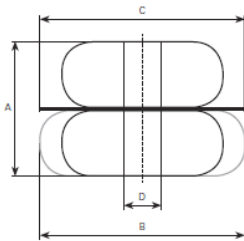
SPZIFIKATIONEN

- Verwendbar in allen Zugeinrichtungen
- Sicherer Energieaufnahme, Vibrations- und Geräuschdämpfung, erhöhter Fahrkomfort
- Erfüllung der einschlägigen EN-Normen und der UIC-Merkblätter
- Einsetzbar bei Umgebungstemperaturen von -60 bis +50 °C

AUFBAU EINER FEDER

Die Federpakete bestehen aus der jeweils abgebildeten Anzahl an Polymerpads und Zwischenscheiben.

- A** Einbaulänge
- B** Paddurchmesser bei Vollhub
- C** Durchmesser der Zwischenscheibe
- D** Durchmesser der Führungstange



- Federn vor dauernder Sonneneinstrahlung schützen (auf Anfrage mit UV-Schutz).
- Vorstehende Informationen unterliegen nicht dem Änderungsdienst.
- Technische Änderungen vorbehalten.
- Es gelten die jeweiligen Angaben auf den Produktzeichnungen.

DUREL YOUR POLYMER SPRING EXPERTS



DUREL DZ15

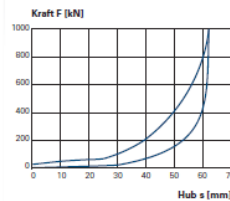
Zugrichtungsfeder

- Einsatz an Güterwagen, Reisezugwagen und Sonderfahrzeugen
- EBA-Zulassungs-Nr. 05D16A; entspricht UIC 520 und EN 15566

- Arbeitsaufnahme: ≥ 15 kJ
- Dämpfung: > 35 %
- Vorspannkraft: ≥ 20 kN
- Max. Endkraft: ≤ 1.000 kN
- Hub: > 55 mm
- Gewicht: 5,5 kg

- A** 150 +2/-5 mm
- B** 240 ± 2 mm
- C** 240 mm
- D** 60 -1 mm

Statisches Diagramm



DUREL DZ20

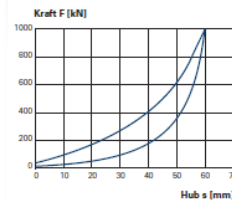
Zugrichtungsfeder

- Einsatz an Güterwagen, Reisezugwagen, Lokomotiven und Sonderfahrzeugen
- EBA-Zulassungs-Nr. 01J08A; entspricht UIC 520 und EN 15566

- Arbeitsaufnahme: ≥ 20 kJ
- Dämpfung: > 32 %
- Vorspannkraft: ≥ 20 kN
- Max. Endkraft: ≤ 1.000 kN
- Hub: > 55 mm
- Gewicht: 5,6 kg

- A** 150 +2/-3 mm
- B** 240 ± 2 mm
- C** 240 mm
- D** 60 -1 mm

Statisches Diagramm



DUREL DZ15DF

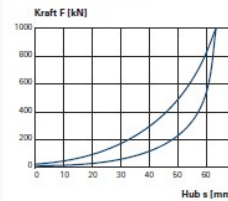
Zugrichtungsfeder Doppelfeder für LFTS

- Einsatz an Güterwagen und Sonderfahrzeugen
- UIC 520 und EN 15566

- Arbeitsaufnahme: ≥ 15 kJ
- Dämpfung: > 40 %
- Vorspannkraft: ≥ 15 kN
- Max. Endkraft: ≤ 1.000 kN
- Hub: > 55 mm
- Gewicht: 5,8 kg

- A** 177,5 ± 2 mm
- B** 127 ± 2 mm
- C** 127 mm
- D** 25 -1 mm

Statisches Diagramm



DUREL DZ15NF

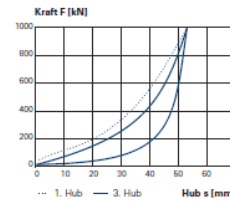
Zugrichtungsfeder Einzelfeder für LFTS

- Einsatz an Güterwagen und Sonderfahrzeugen
- UIC 520 und EN 15566

- Arbeitsaufnahme: ≥ 15 kJ
- Dämpfung: > 40 %
- Vorspannkraft: ≥ 15 kN
- Max. Endkraft: ≤ 1.000 kN
- Hub: > 50 mm
- Gewicht: 5,0 kg

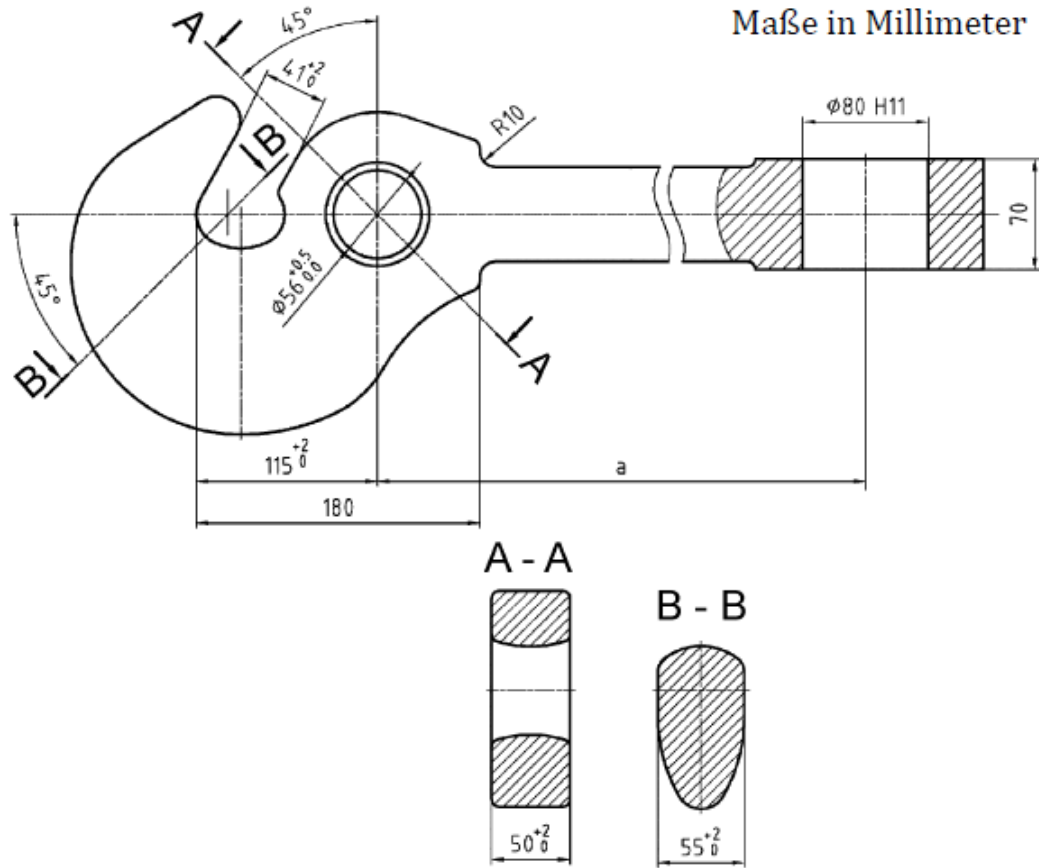
- A** 176 +2 mm
- B** 160 ± 2 mm
- C** 160 mm
- D** 60 -1 mm

Statisches Diagramm



(Quelle: DUREL GmbH, www.durel.de)

Folie Zughaken

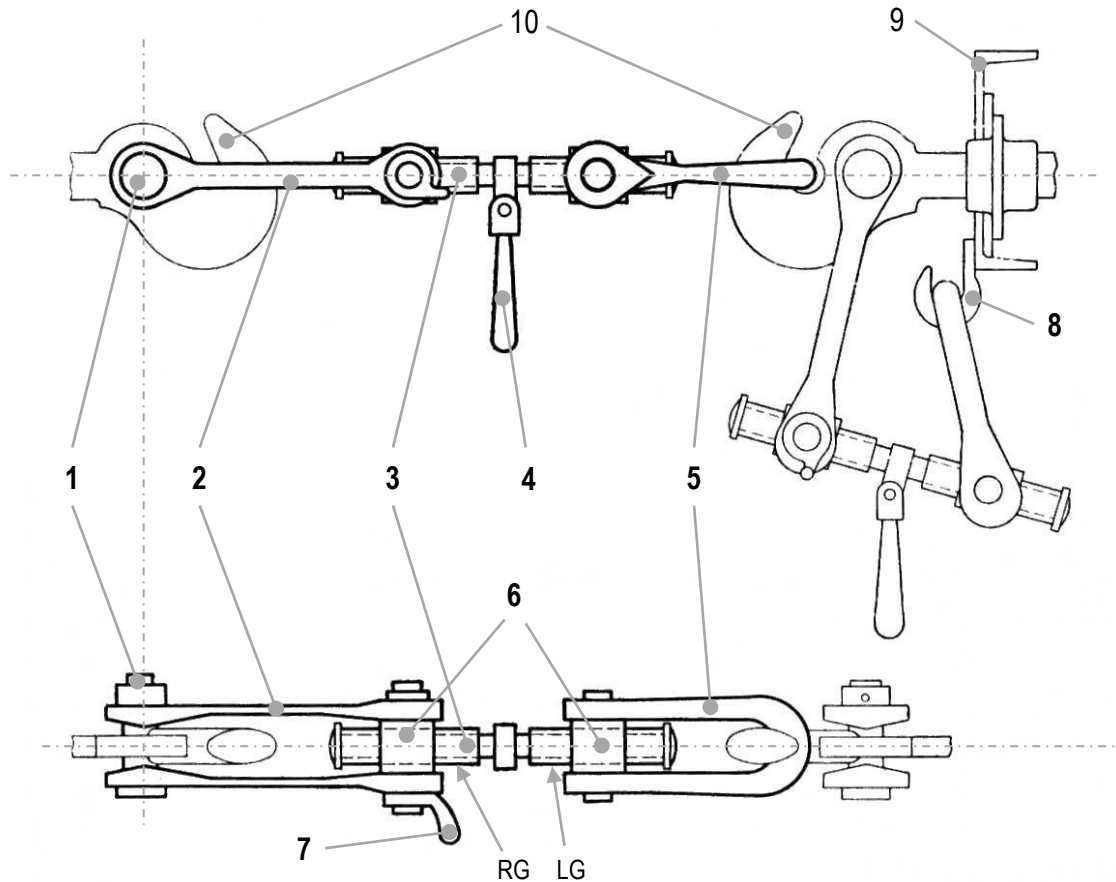


Legende

Pufferhub	a
105	530
150	575

(Quelle: DIN EN 15566:2016-12)

Folie Schraubenkupplung

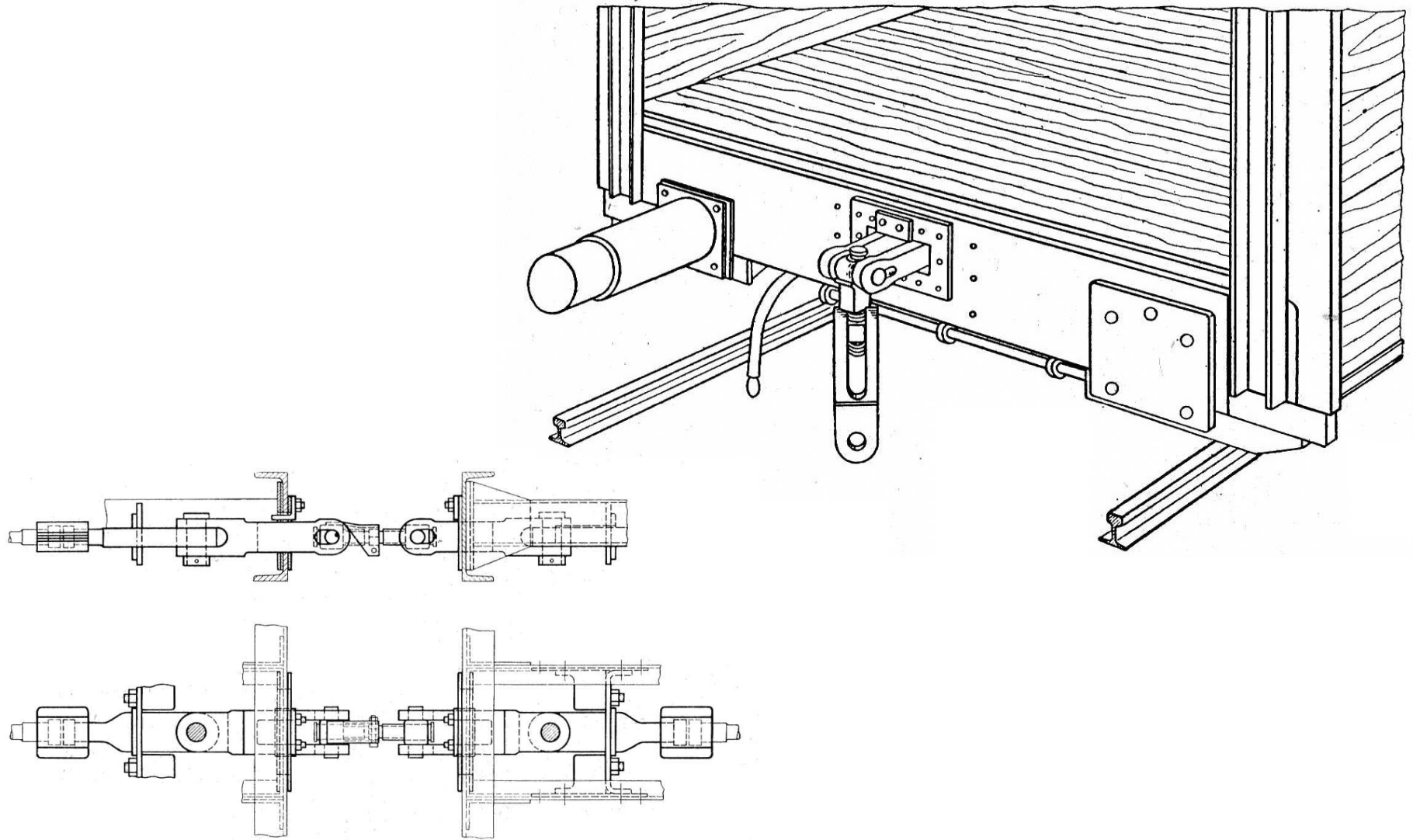


Legende:

- 1 Bolzen
- 2 Lasche
- 3 Spindel
- 4 Schwengel
- 5 Bügel
- 6 Mutter
- 7 Sicherung
- 8 Haken
- LG Linksgewinde
- RG Rechtsgewinde
- 9 Kopfstück des Untergestells
- 10 Zughaken

(Quelle: nach Deinert: Eisenbahnwagen)

Folie Kurzkupplung



(Quelle: Deinert: Eisenbahnwagen; Eisenbahn-Lehrbücherei: Heft 170, Wagenkunde)

Tabelle 1 — Einteilung der Kupplungen durch Angabe der Mindestbruchlast

Bezeichnung des Kupplungssystems	Mindestbruchlast der Schraubekupplung MN	Maximale Bruchlast der Schraubekupplung MN	Mindestbruchlast im Zugverband von Zugeinrichtung und Zughaken MN
1 MN	0,85	0,98	1,0
1,2 MN	1,02	1,18	1,2
1,5 MN	1,35	1,48	1,5

Bei Überbelastung in Längsrichtung muss die Sollbruchstelle des Schraubekupplungssystems entweder die Kupplungsspindel oder die Kupplungslasche der Schraubekupplung sein.

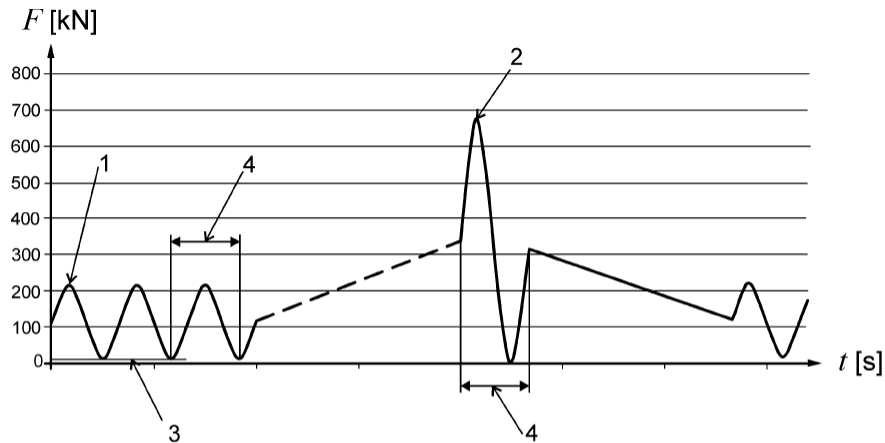
ANMERKUNG 1 Die Kombination von einer Schraubekupplung mit Zughaken und/oder Zugeinrichtung mit höheren Bruchlasten ist möglich. Die Bezeichnung des Schraubekupplungssystems ist durch die Schraubekupplung festgelegt.

Jede Zugeinrichtung und jeder Zughaken muss einer Drucklast von 0,05 MN standhalten. Zugeinrichtungen und Zughaken für Lokomotiven müssen einer Drucklast von 0,3 MN standhalten.

ANMERKUNG 2 Diese Drucklasten werden zum Rangieren und Abschleppen benötigt.

(Quelle: DIN EN 15566:2016-12)

Folie Dauerfestigkeitsprüfung von Kupplungssystemen nach EN 15566



Legende

- 1 obere Belastungsgrenze = untere Belastungsgrenze + $\Delta F1$
- 2 maximale Belastung $\Delta F2$
- 3 untere Belastungsgrenze für Stufe 1
- 4 Frequenz

Bild A.1 — Beispiel der Lastwechsel „Stufe 1“ und „Stufe 2“

Tabelle A.2 — Bedingungen für dynamische Prüfungen aller Teile, ausgenommen der Schraubenkupplung

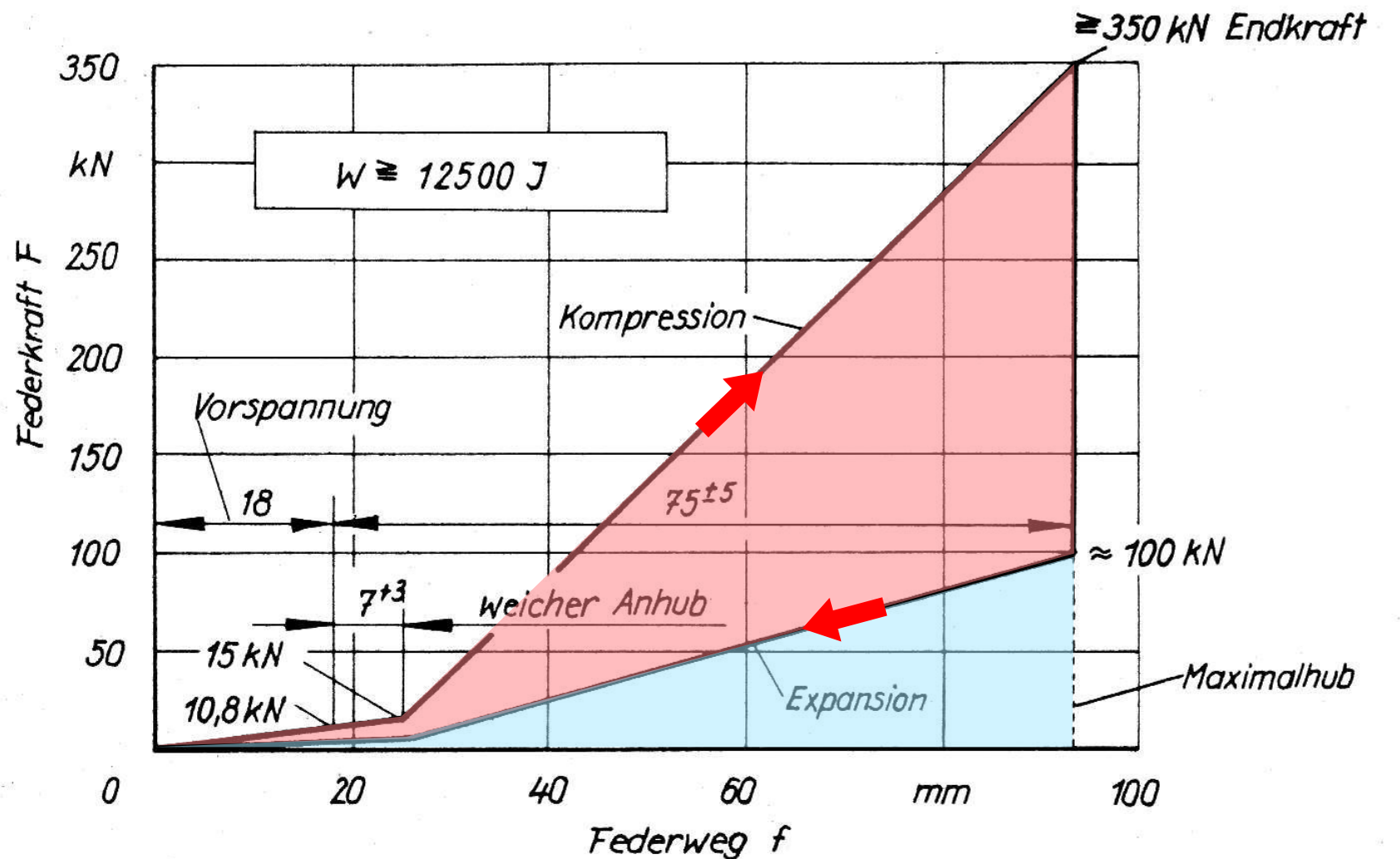
Betriebsanforderungen Lebensdauer in Jahren	Bereich der aufzubringenden Kräfte		
	Bezeichnung	Stufe 1	Stufe 2
	1 MN	$\Delta F1 = 200 \text{ kN}$	$\Delta F2 = 675 \text{ kN}$
	1,2 MN	$\Delta F1 = 240 \text{ kN}$	$\Delta F2 = 810 \text{ kN}$
	1,5 MN	$\Delta F1 = 300 \text{ kN}$	$\Delta F2 = 1\ 015 \text{ kN}$
		N_1 in Zyklen	N_2 in Zyklen
20	alle	10^6	$1,45 \times 10^3$
30	alle	$1,5 \times 10^6$	$2,15 \times 10^3$

Tabelle A.3 — Bedingungen für dynamische Prüfungen der Schraubenkupplung

Betriebsanforderungen Lebensdauer in Jahren	Bereich der aufzubringenden Kräfte		
	Bezeichnung	Stufe 1	Stufe 2
	1 MN	$\Delta F1 = 170 \text{ kN}$	$\Delta F2 = 575 \text{ kN}$
	1,2 MN	$\Delta F1 = 205 \text{ kN}$	$\Delta F2 = 690 \text{ kN}$
	1,5 MN	$\Delta F1 = 270 \text{ kN}$	$\Delta F2 = 910 \text{ kN}$
		N_1 in Zyklen	N_2 in Zyklen
20	alle	10^6	$1,45 \times 10^3$
30	alle	$1,5 \times 10^6$	$2,15 \times 10^3$

(Quelle: DIN EN 15566:2016-12)

Folie Kennlinie Puffer mit Reibkonusfeder



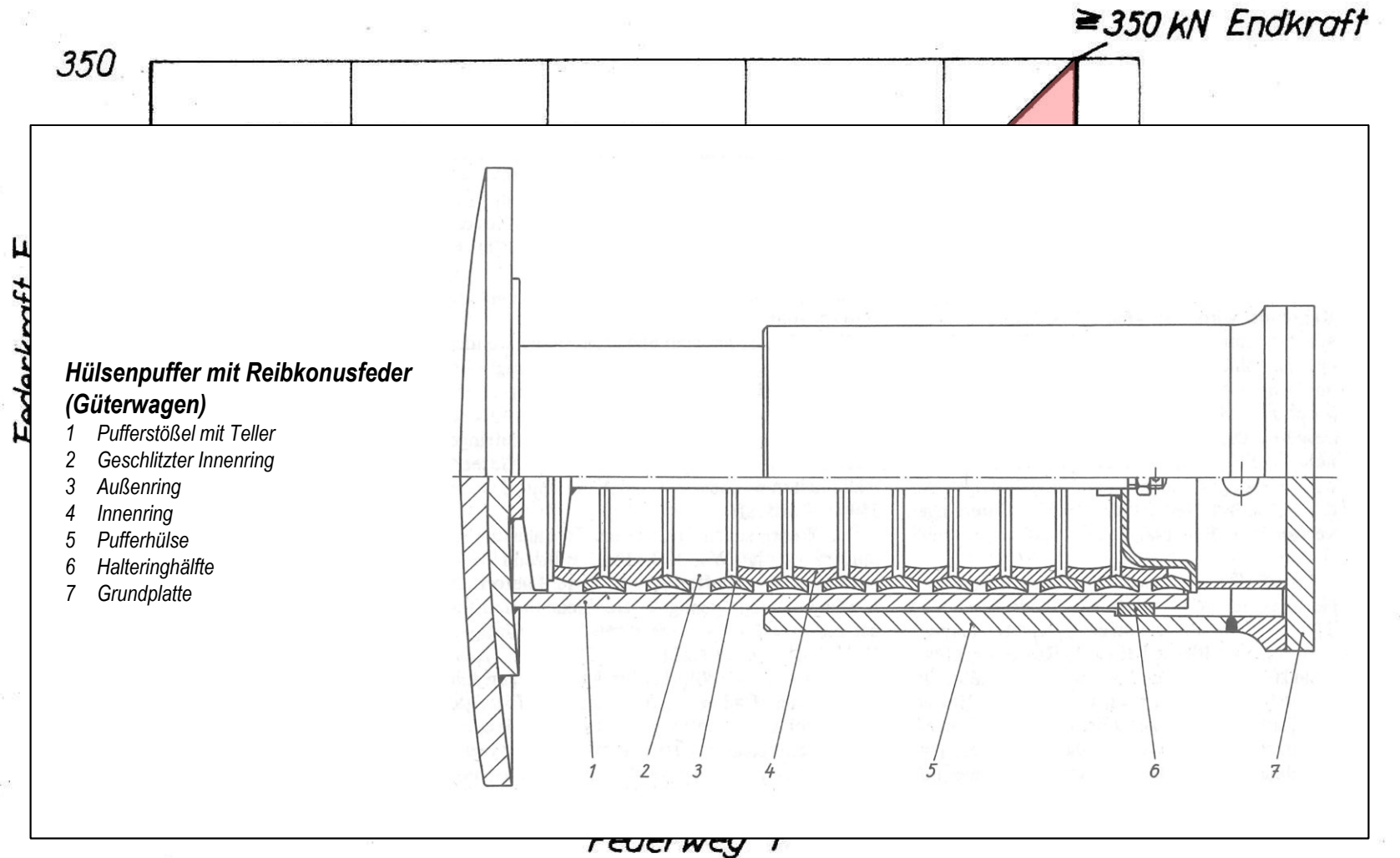
■ Dämpfungsenergie

■ Energierückgabe

■ + ■ Energieaufnahme $W = \int_{\text{Kompressions-Phase}} F \cdot df$

(Quelle: nach Töpfer, u.a.: Grundausrüstungen, transpress, 1983)

Folie Kennlinie Puffer mit Reibkonusfeder



■ Dämpfungsenergie

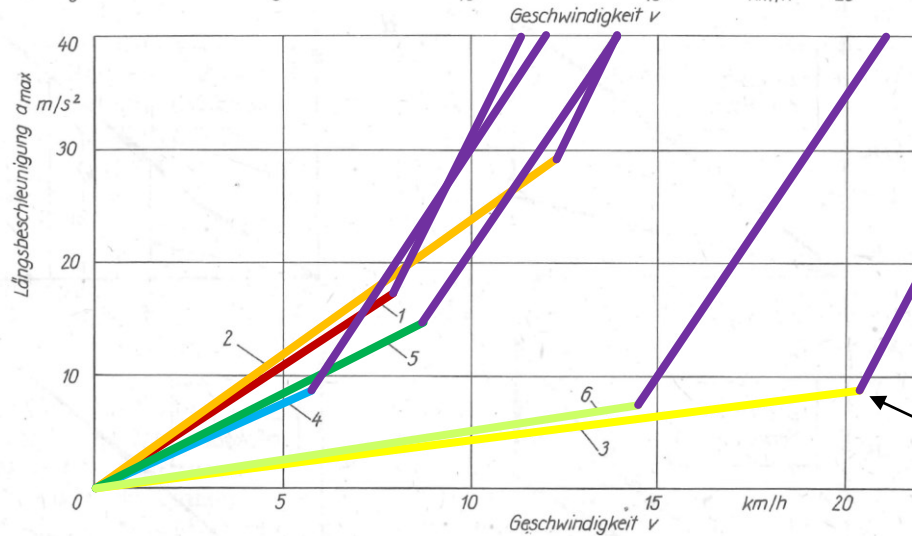
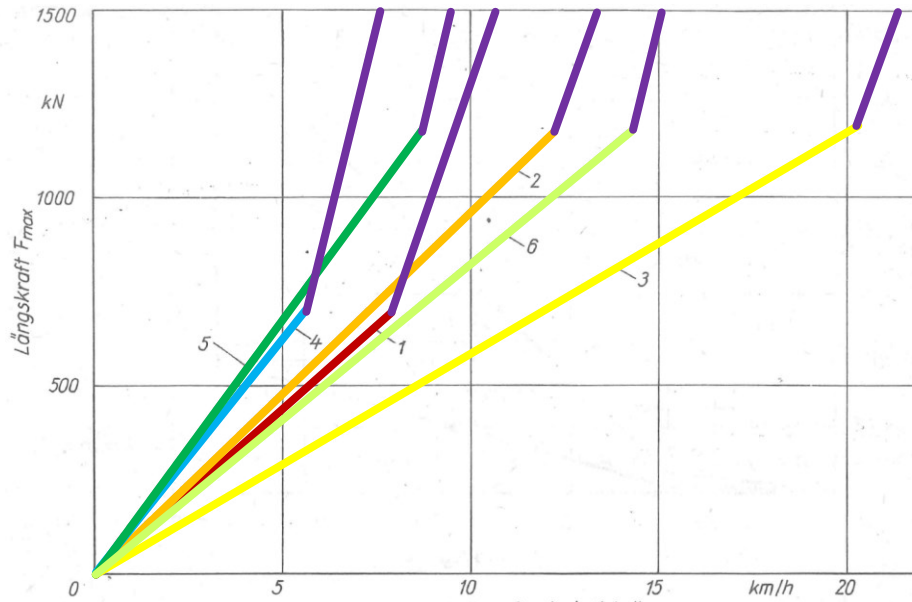
■ Energierückgabe

■ + ■ Energieaufnahme $W =$

$$\int_{\text{Kompressions-Phase}} F \cdot df$$

(Quelle: nach Töpfer, u.a.: Grundausrüstungen, transpress, 1983)

Folie Einfluss Charakteristik Federapparat Stoßeinrichtung beim Auflaufstoß



Seitenpuffer mit Reibkonusfeder („Ringfeder“)

Hochleistungsseitenpuffer (Federweg ↑, Endkraft ↑)

Gefederte Pufferbohle mit Hochleistungsseitenpuffern und mittigem Langhubdämpfer

Einfluß der Federkonstante des Fahrzeuges mit $c_W = 10^8 \text{ N/m}$ Kurve	A	B	C
	Kurve 1	Kurve 2	Kurve 3
	Kurve 4	Kurve 5	Kurve 6

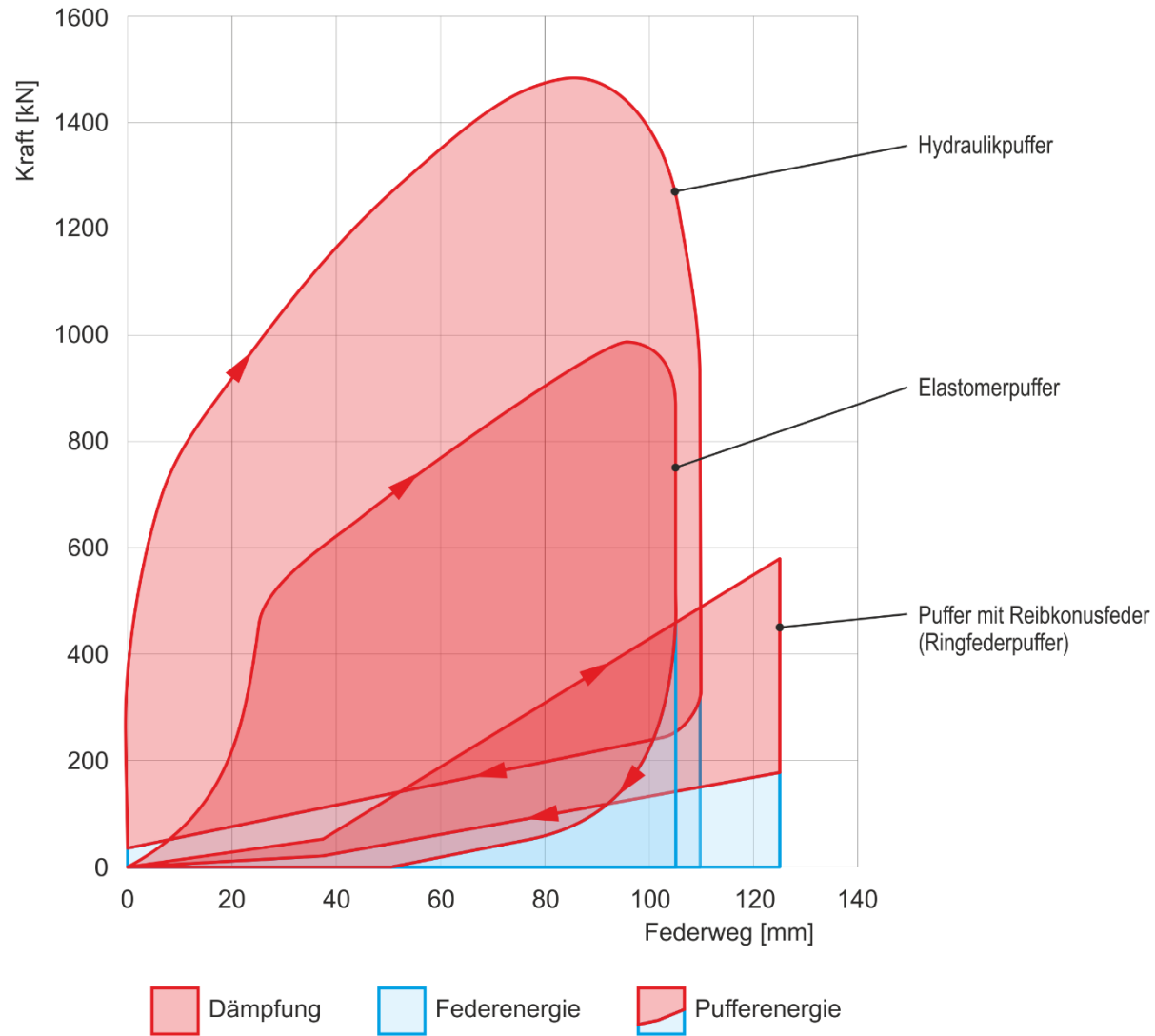
Voraussetzungen:

- Lineare Feder-Charakteristik, weicher Anhub
- Vernachlässigung Elastizität Ladegut
- Vernachlässigung Fahrzeug-Nicken

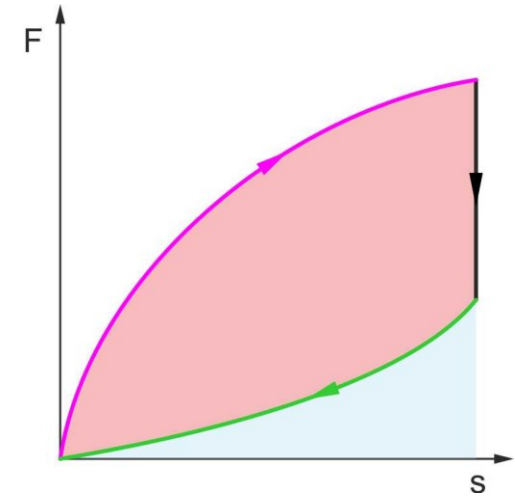
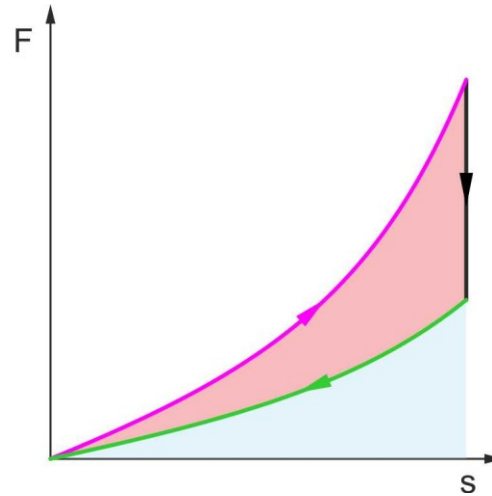
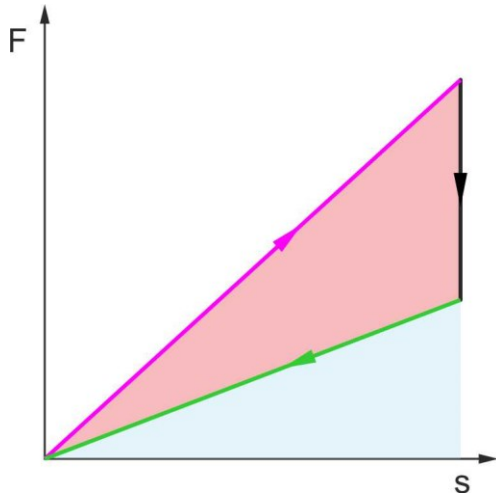
Knickpunkt: Hub der Federapparate jeweils erschöpft, danach nur noch Elastizität Wagenkasten (als Feder, $c_W = 10^8 \text{ N/m} \approx \text{Fzg mit 2 Radsätzen}$)

(Quelle: Töpfer, u.a.: Grundausrüstungen, transpress, 1983)

Folie Vergleich von Puffern



Folie Vergleich von Federkennlinien



→ Kompression

← Expansion

■ Dämpfungsenergie

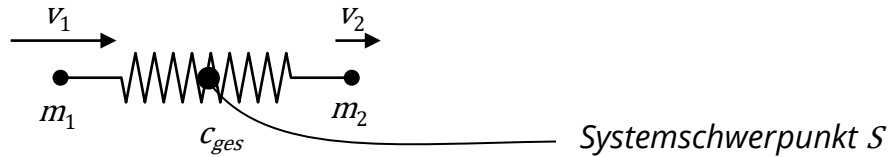
■ Energierückgabe

■ + ■ Energieaufnahme (Pufferenergie)

Lineare Kennlinie	Progressive Kennlinie	Degressive Kennlinie
Puffergüte $\varphi = 1$	Puffergüte $\varphi \approx 0,3$	Puffergüte $\varphi > 1$
Vorteil: – über Zuglänge am günstigsten	Vorteil: – weicher Anhub Nachteile: – hohe Endkraft – schlechte Dämpfung – Puffergüte schlecht	Vorteile: – hohe Pufferenergien und Dämpfung – hohe Puffergüte Nachteil: – steiler Anstieg
Reibkonusfeder (Ringfeder)	Gummifeder, Kegel- bzw. Evolutfeder (Dämpfung $\approx 35\%$)	mechanisch-hydraulische Feder

$$\text{Puffergüte: } \varphi = \frac{2 \cdot W}{F \cdot s}$$

Vereinfachtes Ersatzsystem



- keine Berücksichtigung von
 - Fahrwiderstand
 - Nick- / Wankbewegungen
 - Veränderung der Schwerpunktlagen
- Stoß sehr kurzzeitig → Bewegungswiderstände können vernachlässigt werden
- Differenz der Auflaufgeschwindigkeiten ist maßgebend

Herleitung mit Energieerhaltungs- und Impulserhaltungssatz

- Energieerhaltungssatz:

$$W_1 + W_2 = W_1' + W_2' + W + W_{RL} \quad (A1)$$

W_1, W_2 - Energie der beiden Fzg. vor Auflaufstoß

W_1', W_2' - Energie der beiden Fzg. nach Auflaufstoß

W - Energieaufnahme durch Federapparate

W_{RL} - von Fahrzeugrahmen und Ladung aufgenommene Energie

- Impulserhaltungssatz:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_S \quad (A2)$$

v_S - gemeinsame Geschwindigkeit des Systemschwerpunktes

Folie Herleitung Kräfte / Beschleunigungen Auflaufstoß (II)

- Energieerhaltungssatz:

$$W_1 + W_2 = W_1' + W_2' + W + W_{RL} \quad (A1)$$

- Impulserhaltungssatz:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_S \quad (A2)$$

- Masseverhältnis:

$$M = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \quad (A3)$$

- Impulserhaltung: (A2) & (A3)

$$v_S = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{(m_1 + m_2)} = (1 - M) \cdot v_1 + M \cdot v_2 = \textit{konst.} \quad (A4)$$

- Anfangsgeschwindigkeiten der Fahrzeuge relativ zum Systemschwerpunkt S:

$$v_1 - v_S = M \cdot (v_1 - v_2) \quad (A5)$$

$$v_2 - v_S = (M - 1) \cdot (v_1 - v_2) \quad (A6)$$

(nur Relativgeschwindigkeiten interessant: $v_S = 0$)

- Gesamtfederhärte:

$$c_{ges} = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2} \quad (A7)$$

- Annäherung der Fahrzeuge während Auflaufstoß:

$$f = f_1 + f_2 \quad (A8)$$

- Erhaltung des Gesamtschwerpunktes:

$$m_1 \cdot f_1 = m_2 \cdot f_2 \quad (A9)$$

Folie Herleitung Kräfte / Beschleunigungen Auflaufstoß (III)

- Federwege: (A3) & (A8) & (A9)

$$f_1 = M \cdot f \quad (\text{A10})$$

$$f_2 = (1 - M) \cdot f \quad (\text{A11})$$

- Kraft beim Auflaufstoß (in beiden Federapparaten gleich groß):

$$F = c_{ges} \cdot f = \frac{c_{ges}}{M} \cdot f_1 = \frac{c_{ges}}{1-M} \cdot f_2 = konst. \quad (\text{A12})$$

- kinetische Energie auflaufendes Fzg.:

$$W_1 = \frac{m_1 \cdot M^2}{2} \cdot (v_1 - v_2)^2 \quad (\text{A13})$$

- von Fahrzeugrahmen und Ladung aufgenommene Energie als Anteil der kin. Energie:

$$W_{RL} = r \cdot W_1 \quad (\text{A14})$$

– mit $r = 0 \dots \approx 0,22$ (0 - unendlich steifes Fahrzeug, 0,22 - elastisches Fahrzeug mit Schüttgut)

- vom Federapparat aufgenommene Energie:

$$W = W_1 - W_{RL} = (1 - r) \cdot W_1 \quad (\text{A15})$$

- Energie eines Federapparates mit linearer Kennlinie:

$$W = \frac{F^2}{2 \cdot c_i} = \frac{F^2 \cdot M}{2 \cdot c_{ges}} \quad (\text{A16})$$

- Maximalkraft beim Auflaufstoß: (A13) & (A14) & (A16)

$$F_{max} = (v_1 - v_2) \cdot \sqrt{m_1 \cdot M \cdot c_{ges} \cdot (1 - r)} \quad (\text{A17})$$

Folie Herleitung Kräfte / Beschleunigungen Auflaufstoß (IV)

- Maximalbeschleunigungen über 2. Newtonsches Axiom:

$$a_{1max} = -\frac{F_{max}}{m_1} = -\frac{(v_1 - v_2) \cdot \sqrt{m_1 \cdot M \cdot c_{ges} \cdot (1-r)}}{m_1} \quad (A18)$$

$$a_{2max} = \frac{F_{max}}{m_2} = |a_{1max}| \cdot \frac{m_1}{m_2} \quad (A19)$$

Verzögerung!

- Aufstoßgeschwindigkeit bei Maximalhub ($v = v_1, v_2 = 0$)

$$v = \frac{F_{max}}{\sqrt{m_1 \cdot M \cdot c_{ges} \cdot (1-r)}} \quad (A20)$$

Gleichungen zur überschläglichen Berechnung des Pufferstoßes

$$K = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

Berücksichtigung von Fahrzeugverbänden (nach Voß und Füsser):

$$m_{\text{ers}} = m_1 + \xi_2 \cdot m_2 + \xi_3 \cdot m_3 + \dots + \xi_n \cdot m_n$$

Fahrzeug i	1	2	3	4 ... n
ξ	1	0,1 ... 0,3	0,01 ... 0,1	~ 0

$$F = (v_1 - v_2) \cdot \sqrt{m_1 \cdot K \cdot c_p \cdot (1-r)}$$

$$v_1 - v_2 = F \cdot \sqrt{\frac{1}{m_1 \cdot K \cdot c_p \cdot (1-r)}}$$

$$a_{iv} = \frac{1}{m_1} \cdot (v_1 - v_2) \cdot \sqrt{m_1 \cdot K \cdot c_p \cdot (1-r)}$$

$$W_1 = \frac{m_1}{2} \cdot [K \cdot (v_1 - v_2)]^2$$

$$W_2 = \frac{m_2}{2} \cdot [(1-K) \cdot (v_1 - v_2)]^2$$

$$W_1 + W_2 = W_{\text{ges}} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2} \cdot [m_1 \cdot K^2 + m_2 \cdot (1-K)^2]$$

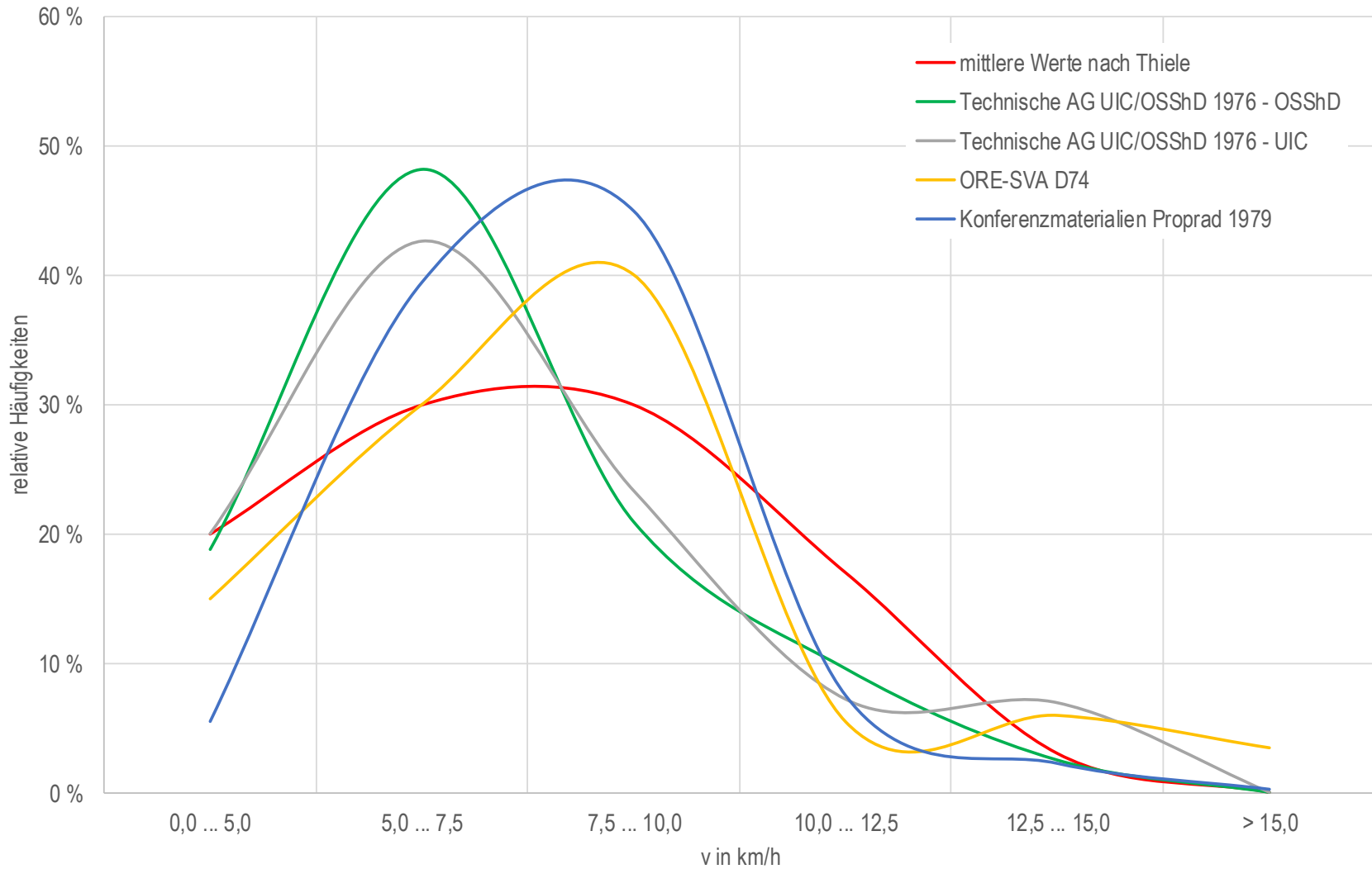
$$W_{\text{ges}} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2} \cdot m_1 \cdot K$$

Nach Buschmann

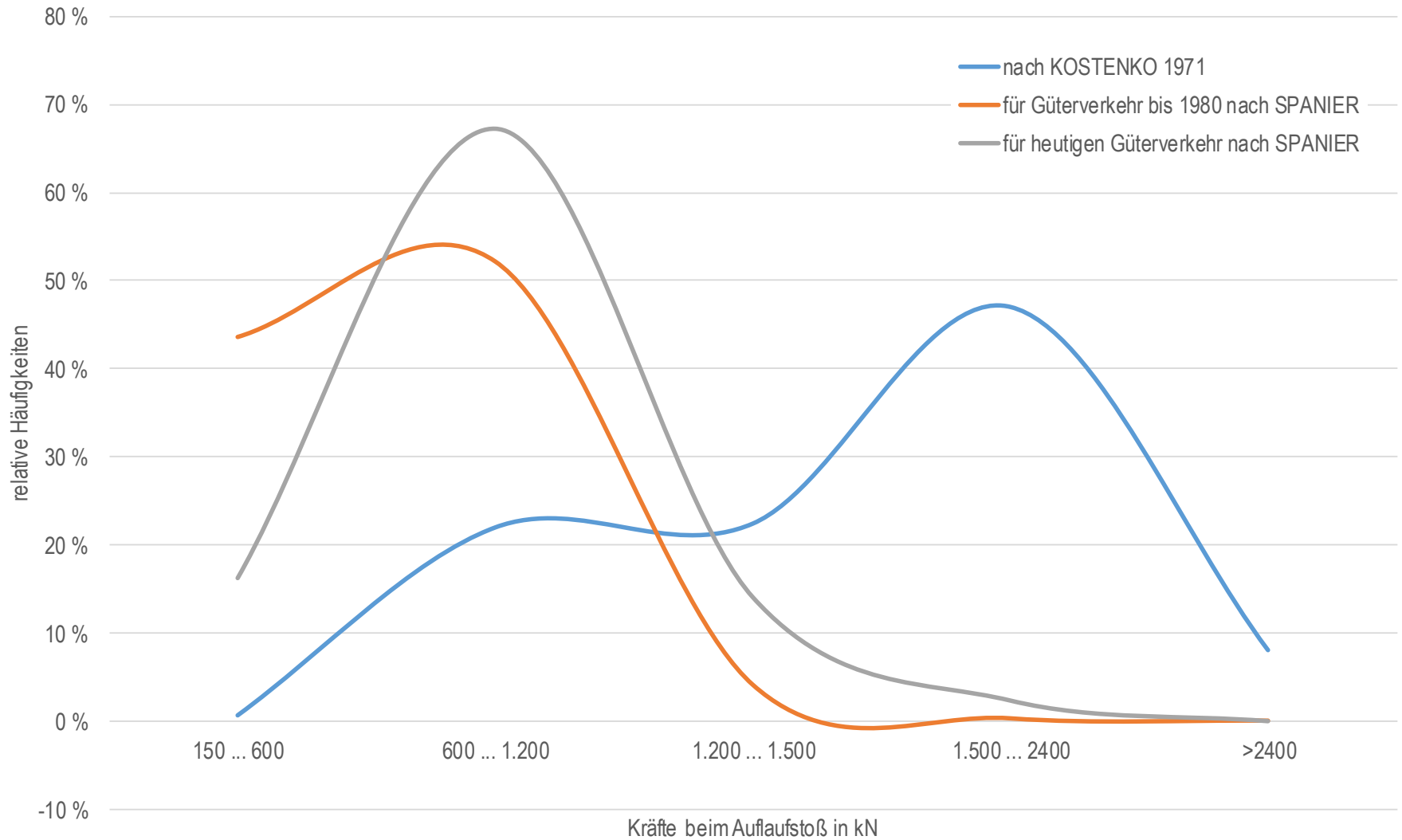
$$F_{\text{max ges}} = \sqrt{c_w \cdot \left(\frac{v^2}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} - \frac{2 \cdot F_{p \text{ max}}^2}{c} \right)}$$

$$v = \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} \cdot \left(\frac{2 \cdot F_{\text{max ges}}^2}{c_w} + \frac{4 \cdot F_{p \text{ max}}^2}{c} \right)}$$

Relative Häufigkeiten der Auflaufgeschwindigkeiten



Relative Häufigkeiten der Stoßkräfte beim Rangiervorgang



Folie „Verschleißpufferbohle“



Folie Pufferkategorien

Kategorie	Pufferhub	Weitere Merkmale	Anmerkung
A	105 mm	$W_{ed} \geq 30 \text{ kJ}$	Puffer für Triebfahrzeuge und Güterwagen
B		$W_{ed} \geq 50 \text{ kJ}$	
C		$W_{ed} \geq 70 \text{ kJ}$	
P	110 mm		Reisezugwagenpuffer für Auflaufstöße bis 10 km/h
L	L ₀	Massenbereich 12 – 90 t	Langhubpuffer für Transport stoßempfindlicher Güter
	L ₂	130 mm Massenbereich 12 – 45 t	
	L ₄	Massenbereich 20 – 90 t	
	L ₀	150 mm Massenbereich 12 – 90 t	
	L ₂	Massenbereich 12 – 45 t	
	L ₄	Massenbereich 20 – 90 t	
X			Kollisionssichere Puffer

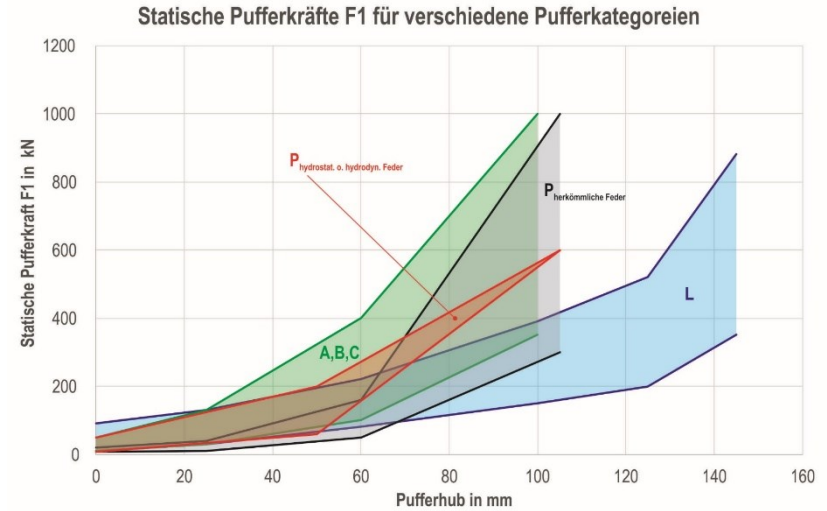
W_{ed} - dynamische Energieaufnahme in kJ

(Quelle: DIN EN 15551:2017-05, UIC 526-1 (2008-07), UIC 526-3 (2008-10), UIC 528 (2007-10))

Folie Statische Merkmale von Puffern nach EN 15551:2017

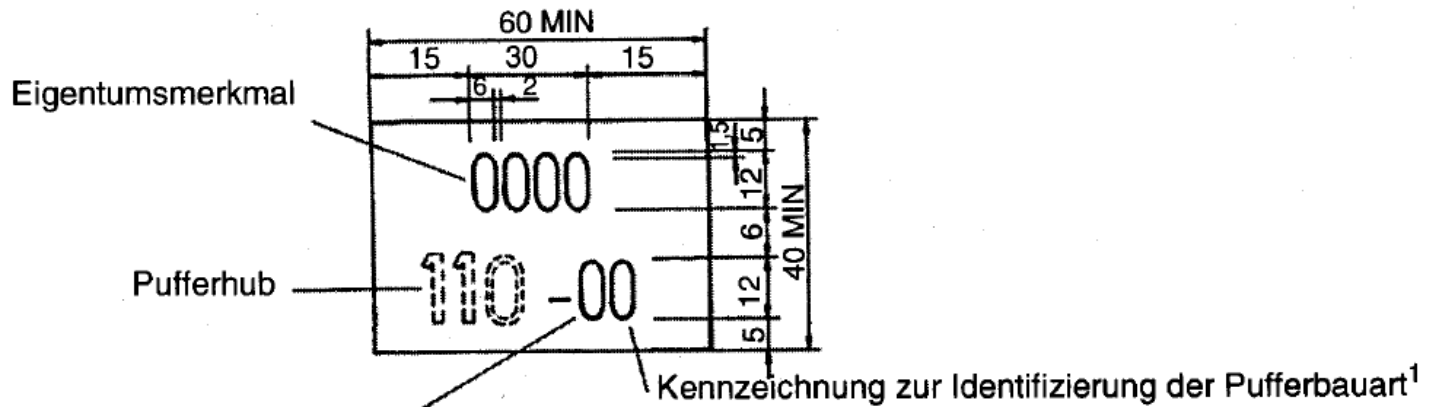
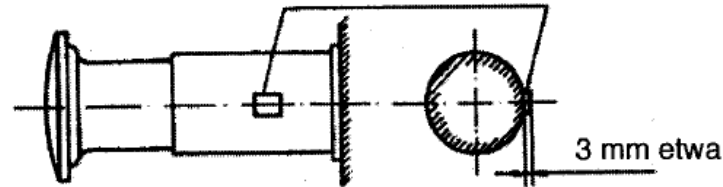
Tabelle 5 — Statische Merkmale

	Puffer mit 105 mm Hub	Puffer mit 110 mm Hub und herkömmlichen Federn	Puffer mit 110 mm Hub und hydrodynamischen und hydrostatischen Federn	Puffer mit 150 mm Hub
Hub				
Beginn des Hubs	10 kN bis 50 kN	7,5 kN bis 20 kN	7,5 kN bis 50 kN	10 kN bis 90 kN
nach 25 mm	30 kN bis 130 kN	10 kN bis 40 kN	—	30 kN bis 130 kN
nach 50 mm	—	—	60 kN bis 200 kN	—
nach 60 mm	100 kN bis 400 kN	50 kN bis 160 kN	—	80 kN bis 220 kN
nach 100 mm	350 kN bis 1 000 kN	—	—	150 kN bis 390 kN
nach 105 mm	—	300 kN bis 1 000 kN	≤ 600 kN	—
nach 125 mm	—	—	—	200 kN bis 520 kN
nach 145 mm	—	—	—	350 kN bis 880 kN
Energieaufnahme (W_e) für eine Kraft von bis zu 1 000 kN	≥ 12,5 kJ	≥ 10 kJ	—	—
Energieaufnahme (W_e) für eine Kraft ≤ 880 kN	—	—	—	≥ 18 kJ
Energieaufnahme (W_e) für eine Kraft ≤ 600 kN	—	—	≥ 12 kJ	—
Energieverzehr (W_a) entsprechend der vorangegangenen Energieaufnahme für den ersten Zyklus	≥ 0,5 W_e	≥ 0,5 W_e	≥ 0,5 W_e	≥ 0,5 W_e
Energieverzehr (W_a) entsprechend der vorangegangenen Energieaufnahme für den zweiten und dritten Zyklus	≥ 0,42 W_e	≥ 0,42 W_e	≥ 0,42 W_e	≥ 0,42 W_e



(Quelle: DIN EN 15551:2017-05)

Kennzeichnung



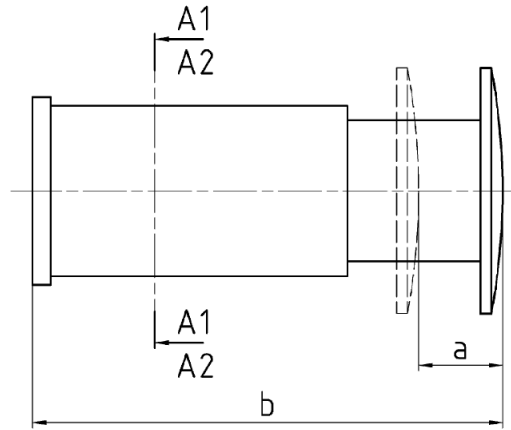
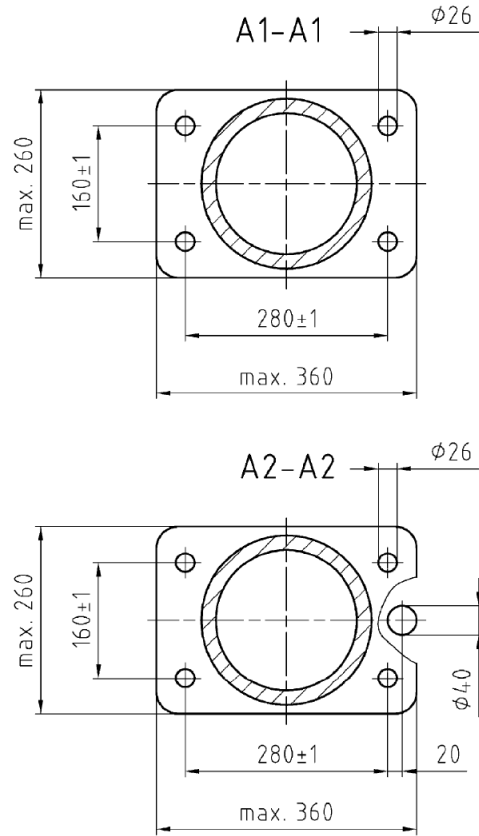
Merkmale des Federsystems gemäß Punkt 4

1: herkömmliche bestehende Federsysteme

2: hydrodynamische und hydrastatische Federsysteme

1. Diese Kennzeichnung ist von jeder Bahn frei wählbar.

Folie Pufferabmessungen nach EN 15551:2017



Legende

Schnitt A1 – A1 bei Puffern mit 105 mm Hub

Schnitt A2 – A2 bei Langhubpuffern

a Hub von 105 mm oder 150 mm

b Pufferlänge (siehe Tabelle 3)

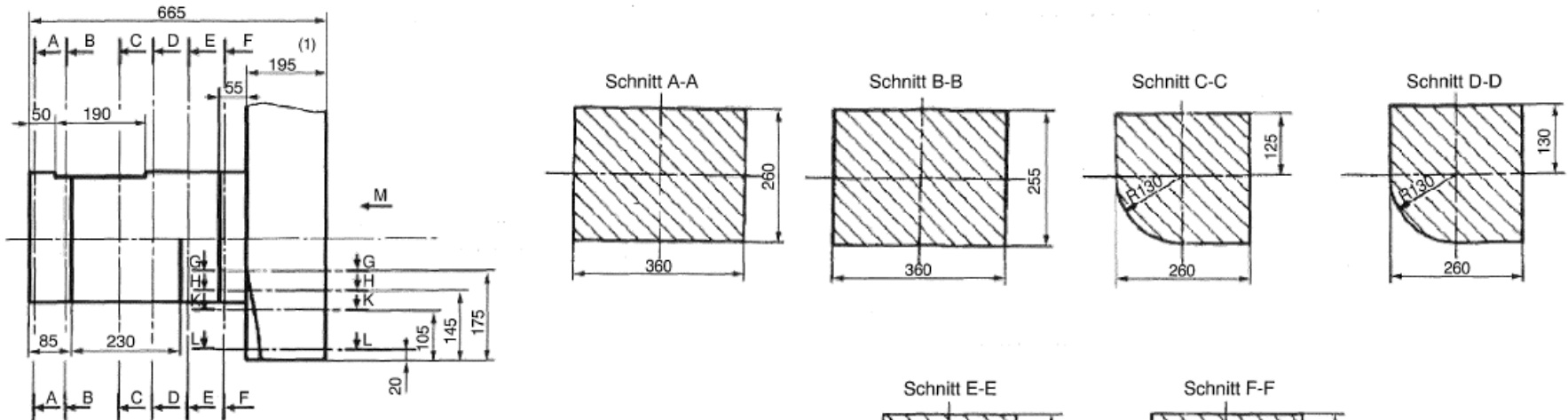
Maße in Millimeter

	Puffer mit 105 mm Hub mm	Puffer mit 110 mm Hub mm	Puffer mit 150 mm Hub mm
Hub <i>a</i>	(105 ⁰ ₋₅)	(110 ⁰ ₋₅)	(150 ⁰ ₋₅)
Pufferlänge <i>b</i>	620	650	665

(Quelle: DIN EN 15551:2017-05)

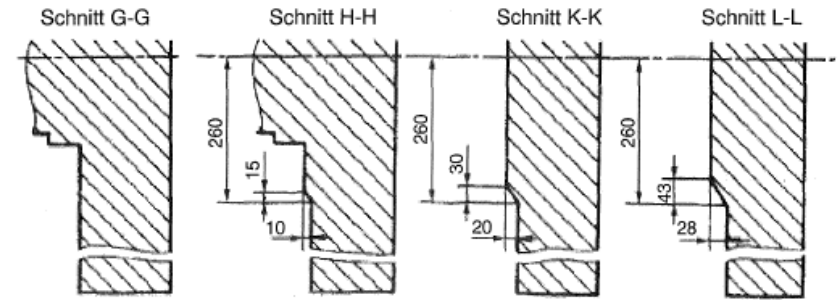
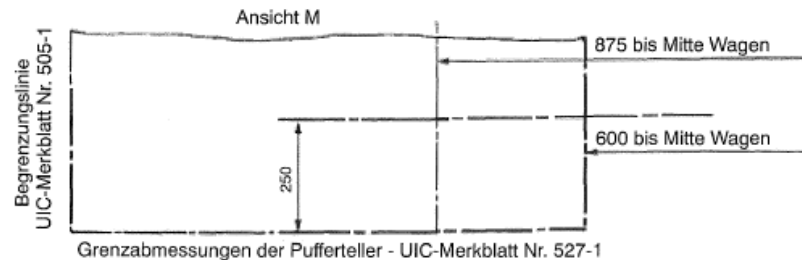
Folie Hüllraum für Puffer der Kategorie P (130 mm) nach UIC 526-3 (10-2008)

B.1 - Hüllraum Beanspruchung des Puffers mit 130 mm Hub



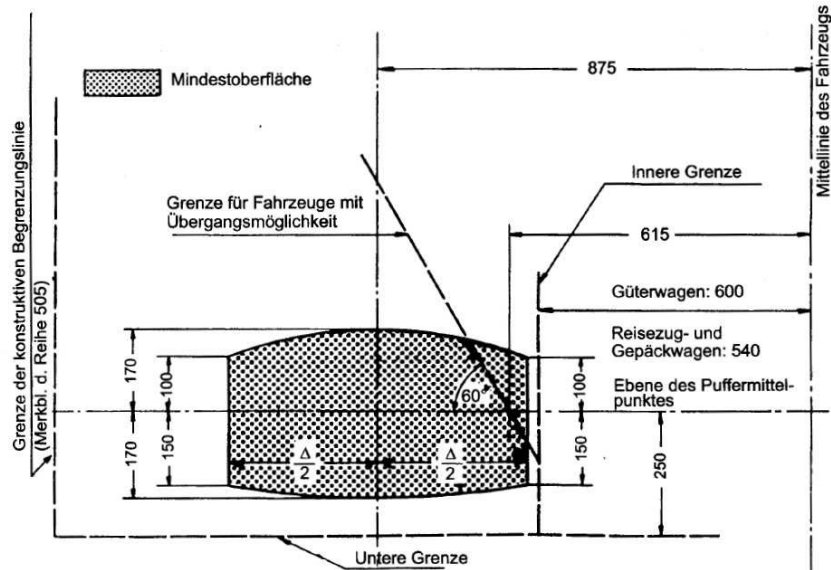
(1) Unter Berücksichtigung der zulässigen Toleranzen entsprechend Punkt 2.

Das durch das Mass 85 festgelegte Volumen (Volumen mit Querschnitt A-A und B-B) enthält den notwendigen Raum zur Befestigung und Ausbau eines Puffers dessen Grundplatte eine Dicke bis 30 mm erreichen kann. Der Hüllraum muss bei allen Eindrückungswerten des Puffertellers von 0 bis 135 mm eingehalten werden.



Folie Puffertellerabmessungen

Anlage A - Grenzabmessungen und Mindestoberfläche der Pufferteller



(Quelle: UIC 527-1, 3. Ausgabe, April 2005)

Anlage B - Berechnung der Puffertellerbreite

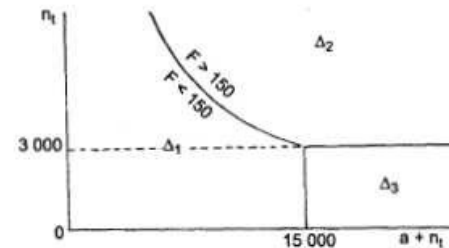
B.1 - In die Berechnung eingehende Bestimmungsgrößen

a	= Abstand der Endachsen oder Drehzapfen des betreffenden Fahrzeugs, in mm
n_t	= Überhang, gemessen von der vorderen Fläche der Pufferteller bis zur Endachse oder zum Drehzapfen, in mm
F	= Verhältnis $\frac{an_t + n_t^2}{300\,000}$
k	= $\begin{cases} \text{Verhältnis } \frac{n_t + a}{a} \text{ bei Drehgestellwagen} \\ \text{Verhältnis } \frac{2n_t + a}{a} \text{ bei allen übrigen Fahrzeugen} \end{cases}$

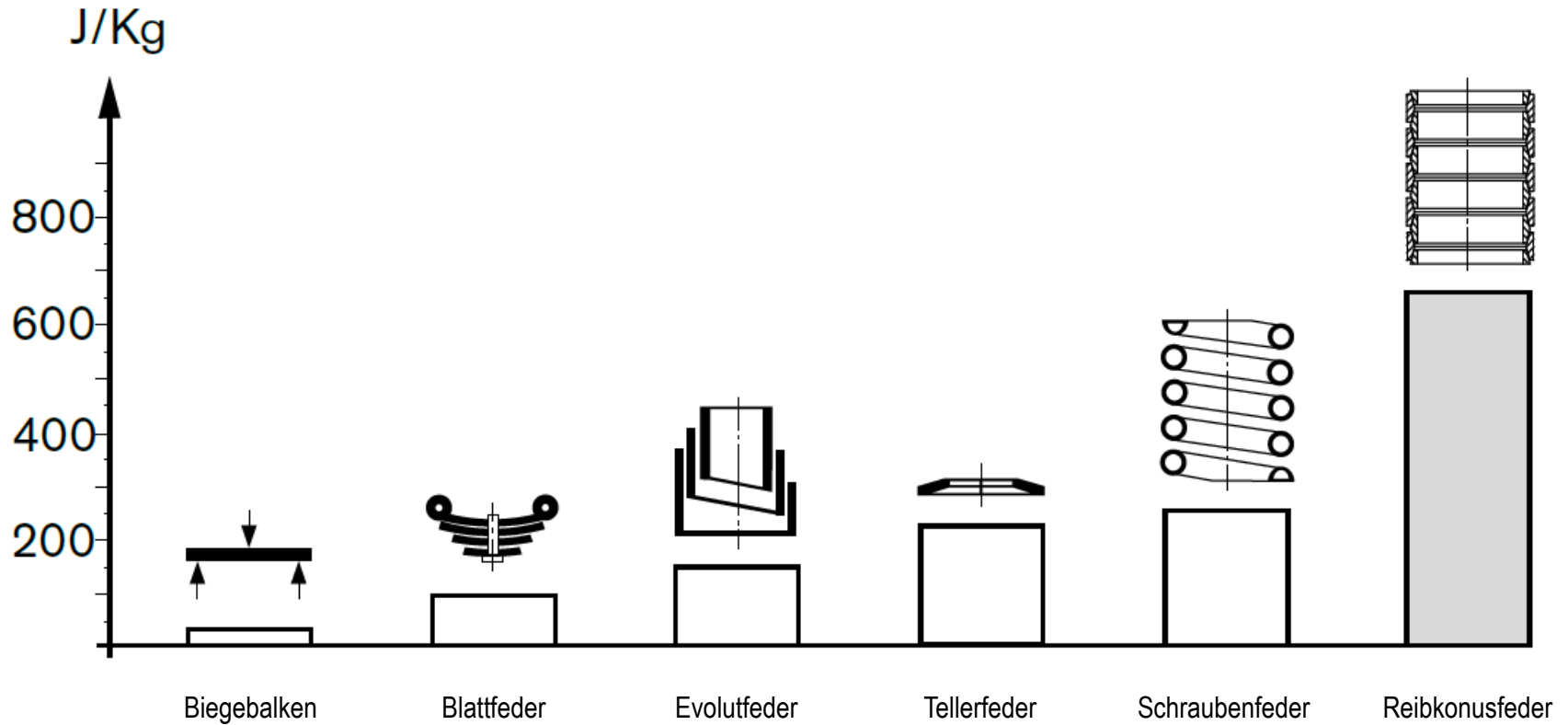
B.2 - Anzuwendende Formeln

Die halbe Puffertellerbreite $\frac{\Delta}{2}$ muss mindestens gleich sein:

$\frac{\Delta_1}{2} = 30k + 130$	wenn $F \leq 150$ und $a + n_t \leq 15\,000$
$\frac{\Delta_2}{2} = F + 30k - 20$	wenn $F \geq 150$ und $n_t \geq 3\,000$
$\frac{\Delta_3}{2} = \frac{\Delta_1}{2} + \frac{(a + n_t - 15\,000)^2}{300\,000 \left(\frac{a}{n_t} - 4\right)} = \frac{\Delta_2}{2} + \frac{(3\,000 - n_t)^2 \left(\frac{a}{n_t} + 1\right)}{60\,000 \left(\frac{a}{n_t} - 4\right)}$	wenn $a + n_t > 15\,000$ und $n_t < 3\,000$

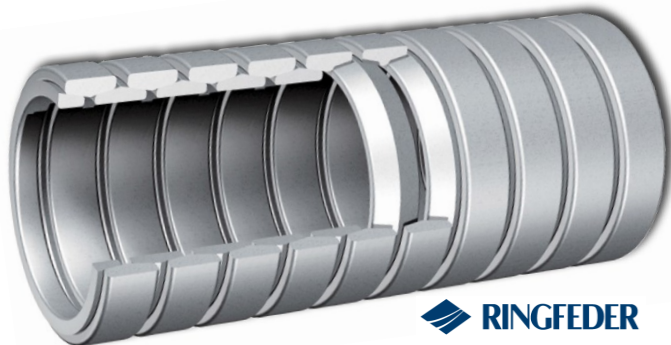
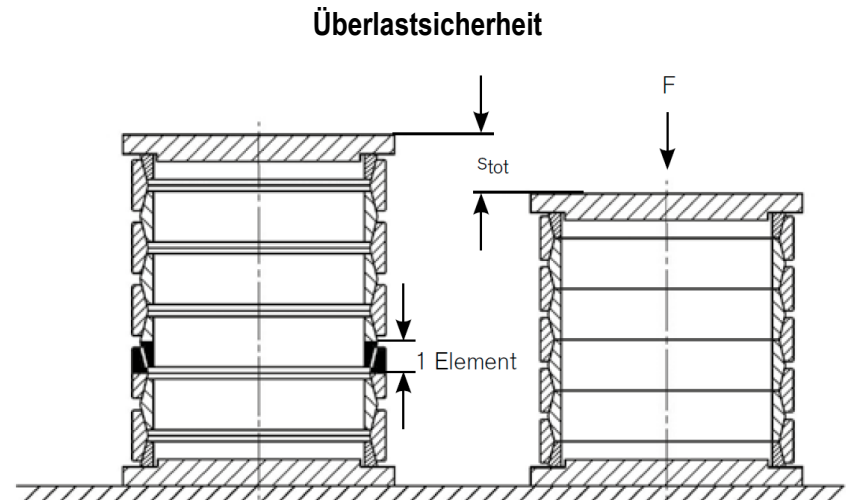
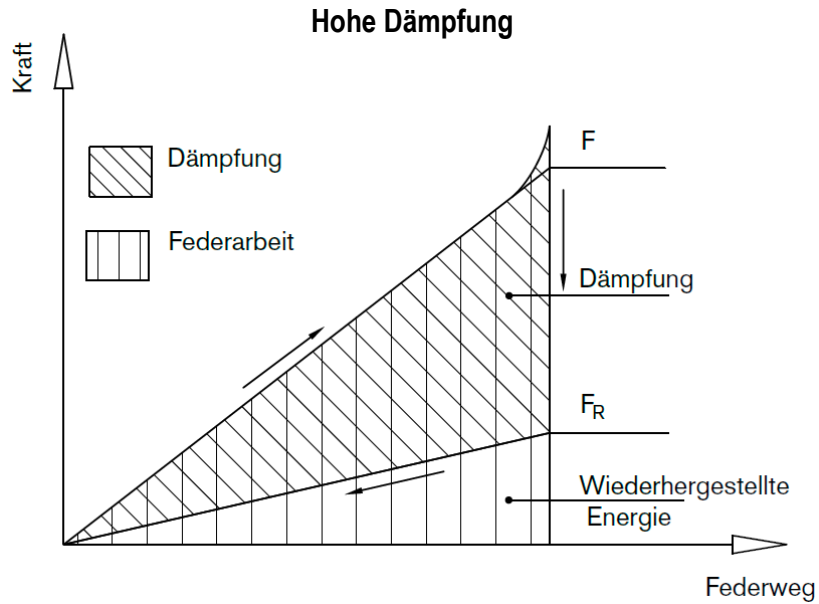


Folie Federarbeit bei verschiedenen Federarten

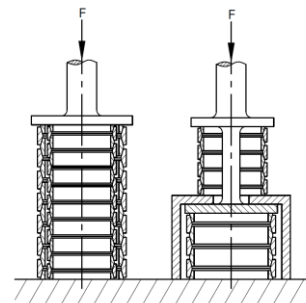


(Quelle: RINGFEDER Power Transmissions: Broschüre Dämpfungstechnik, 2019-08)

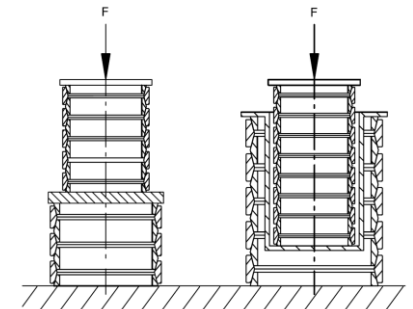
Folie Eigenschaften von Reibkonusfedern



**Parallelanordnung
(höhere Kräfte)**

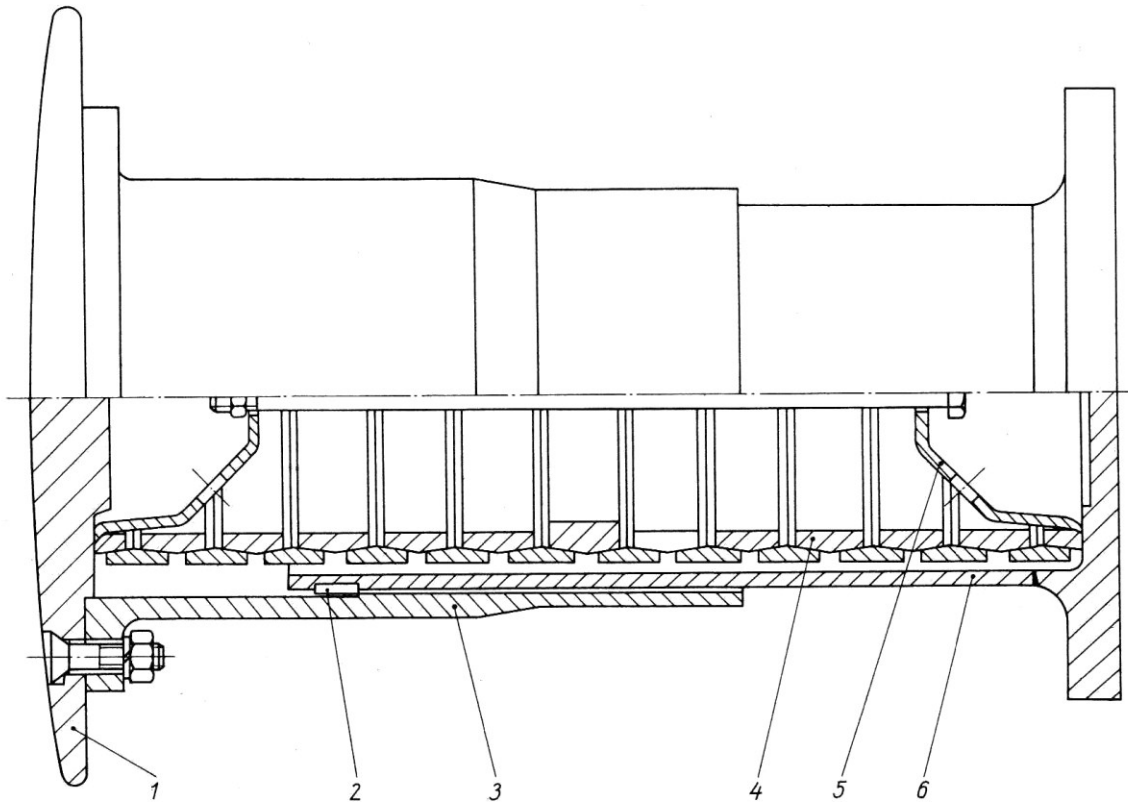


**Reihenanzordnung
(mehr Federweg)**

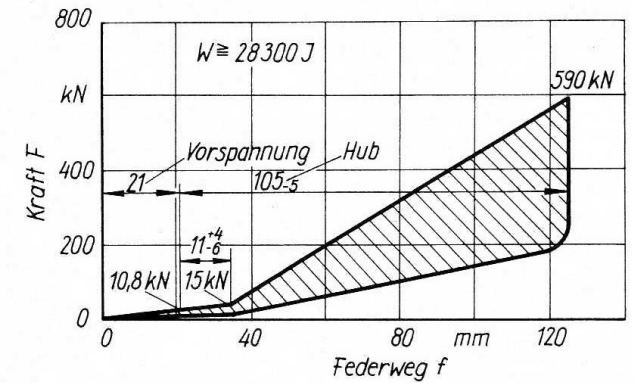


(Quelle: RINGFEDER Power Transmissions: Broschüre Dämpfungstechnik, 2019-08)

Folie Hochleistungspuffer für Güterwagen

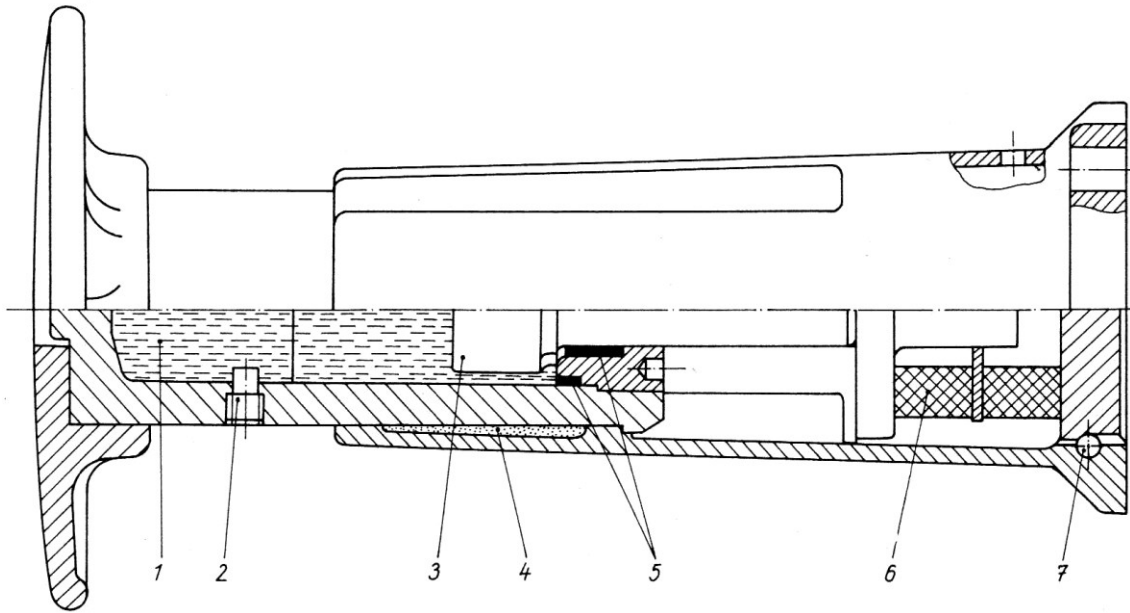


1 Pufferteller, 2 Halteringhälfte, 3 Pufferstößel, 4 Federsäule,
5 Vorspanntopf, 6 Pufferhülse mit Flansch



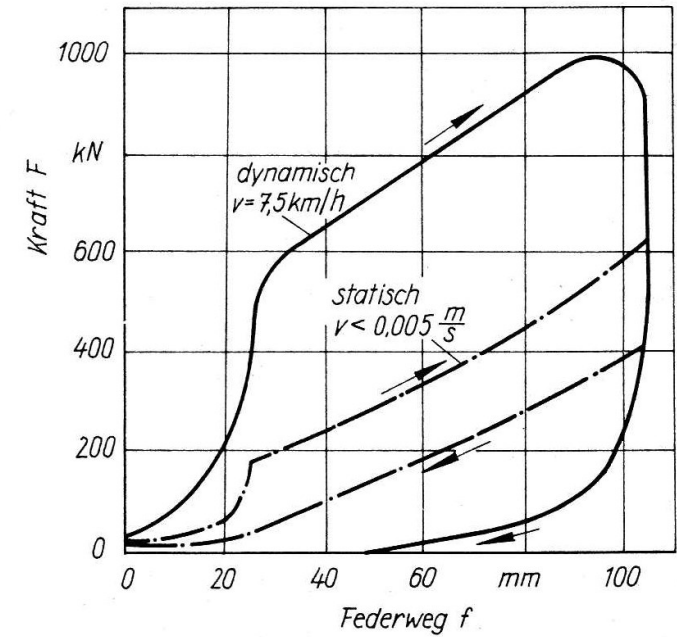
(Quelle: Töpfer, u.a.: Grundausrüstungen, transpress, 1983)

Folie Jarrett-Puffer



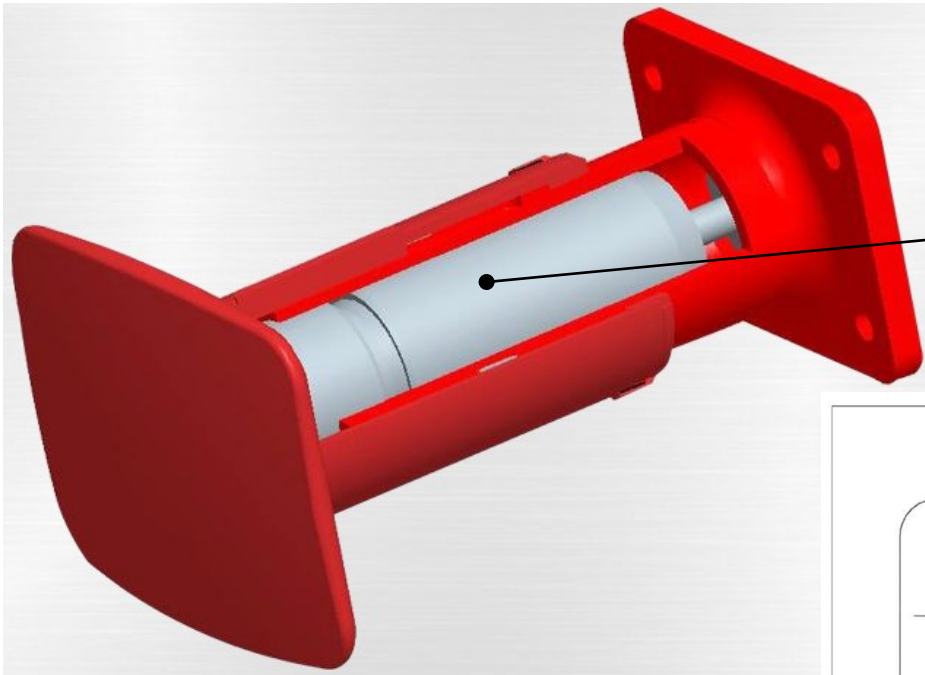
1 Elastomer, 2 Einfüllstutzen für Elastomer, 3 Kolben, 4 Schmierstoff, 5 Dichtung, 6 Gummi-Vorhubfeder, 7 Sicherungsring

$m=105 \text{ kg}$	$W \text{ in J}$	$W_a \text{ in J}$	$d \text{ in } \%$
statisch	$31,8 \cdot 10^3$	$14 \cdot 10^3$	44
dynamisch	$68,9 \cdot 10^3$	$63,3 \cdot 10^3$	92

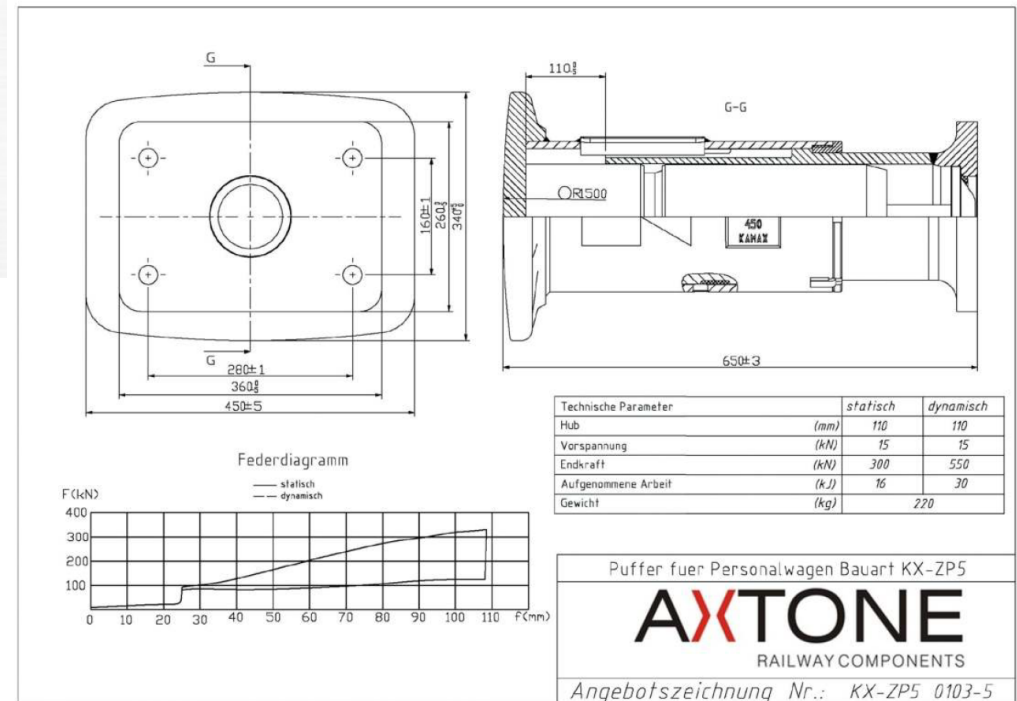


(Quelle: Töpfer, u.a.: Grundausrüstungen, transpress, 1983)

Folie Elastomerpuffer Axtone KX-ZP5



Haupt-Elastomerstoßdämpfer → flüssiges Elastomer



(Quelle: AXTONE Railway Components 2007)

Folie DUREL®-Polymerfedern

DUREL PUFFERFEDERN

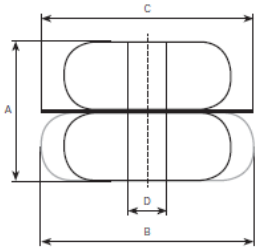
SPEZIFIKATIONEN

- Verwendbar in allen Puffergehäusen
- Sicherer Energieverzehr, Vibrations- und Geräuschdämpfung, erhöhte Fahrkomfort
- Erfüllung der einschlägigen EN-Normen und der UIC-Merkblätter
- In entsprechender Materialauswahl einsetzbar bei Umgebungstemperaturen von -60 °C bis $+50\text{ °C}$

AUFBAU EINER FEDER

Die Federpakete bestehen aus der jeweils abgebildeten Anzahl an Polymerpads und Zwischenscheiben.

- A Einbaulänge
- B Paddurchmesser bei Vollhub
- C Durchmesser der Zwischenscheibe
- D Durchmesser der Führungsstange



- Federn vor dauernder Sonneneinstrahlung schützen (auf Anfrage mit UV-Schutz).
- Vorstehende Informationen unterliegen nicht dem Änderungsdienst.
- Technische Änderungen vorbehalten.
- Es gelten die jeweiligen Angaben auf den Produktzeichnungen.



DUREL YOUR POLYMER SPRING EXPERTS

(Quelle: DUREL GmbH, www.durel.de)



DUREL DP30K

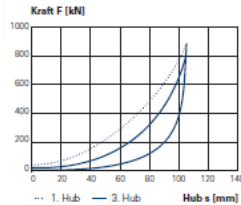
**Pufferfeder (Kompaktfeder)
Kategorie A**

- Einsatz an Güterwagen, Lokomotiven und Sonderfahrzeugen
- EBA-Zulassungs-Nr. 05B09A; entspricht UIC 526-1 und EN 15551

- Arbeitsaufnahme: > 22 kJ
- Dämpfung: > 53 %
- Vorspannkraft: > 20 kN
- Max. Endkraft: < 890 kN
- Hub: > 105-5 mm
- Gewicht: 6,5 kg

A 272 ±2 mm C 165 mm
B 165 ±2 mm D 25-1 mm

Statisches Diagramm



DUREL DP30

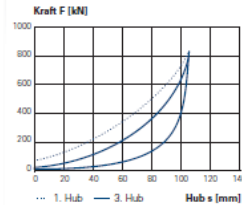
**Pufferfeder
Kategorie A+/40 kJ (dynamisch)**

- Einsatz an Güterwagen, Lokomotiven und Sonderfahrzeugen
- EBA-Zulassungs-Nr. 01J07A; entspricht UIC 526-1 und EN 15551

- Arbeitsaufnahme: > 24 kJ
- Dämpfung: > 55 %
- Vorspannkraft: > 10 kN
- Max. Endkraft: < 840 kN
- Hub: > 105-5 mm
- Gewicht: 7,7 kg

A 301 ±2 mm C 165 mm
B 165 ±2 mm D 25-1 mm

Statisches Diagramm



DUREL DP50K

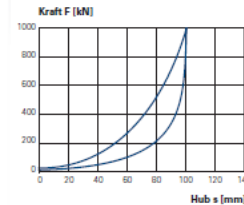
**Pufferfeder (Kompaktfeder)
Kategorie B**

- Einsatz an Güterwagen, Lokomotiven und Sonderfahrzeugen
- UIC 526-1 und EN 15551

- Arbeitsaufnahme: > 34 kJ
- Dämpfung: > 53 %
- Vorspannkraft: > 20 kN
- Max. Endkraft: < 1.200 kN
- Hub: > 105-5 mm
- Gewicht: 9,4 kg

A 277 ±2 mm C 185 mm
B 185 ±2 mm D 25-1 mm

Statisches Diagramm



DUREL DR20

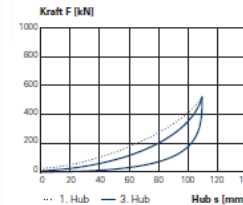
**Pufferfeder für
Reisezugwagen**

- Einsatz an Reisezugwagen und Sonderfahrzeugen
- EBA-Zulassungs-Nr. 02K26A; entspricht UIC 528 und EN 15551

- Arbeitsaufnahme: > 18 kJ
- Dämpfung: > 50 %
- Vorspannkraft: > 10 kN
- Max. Endkraft: < 700 kN
- Hub: > 110-5 mm
- Gewicht: 6,8 kg

A 310 ±2 mm C 165 mm
B 165 ±2 mm D 45-1 mm

Statisches Diagramm



DUREL DR35K

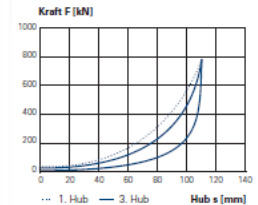
**Pufferfeder (Kompaktfeder) für
Reisezugwagen, Lokomotiven und
Sonderfahrzeuge**

- Einsatz an Reisezugwagen, Lokomotiven und Sonderfahrzeugen
- UIC 528 und EN 15551

- Arbeitsaufnahme: > 23 kJ
- Dämpfung: > 53 %
- Vorspannkraft: > 10 kN
- Max. Endkraft: < 800 kN
- Hub: > 110-5 mm
- Gewicht: 7,5 kg

A 280 ±2 mm C 165 mm
B 165 ±2 mm D 25-1 mm

Statisches Diagramm



Folie Arten der selbsttätigen Mittelpufferkupplungen (s.a Umdruck Kapitel 6, Blatt 18)

nichtstarre (bewegliche) Kupplung

1 – Kupplungskörper

2 – Verriegelung

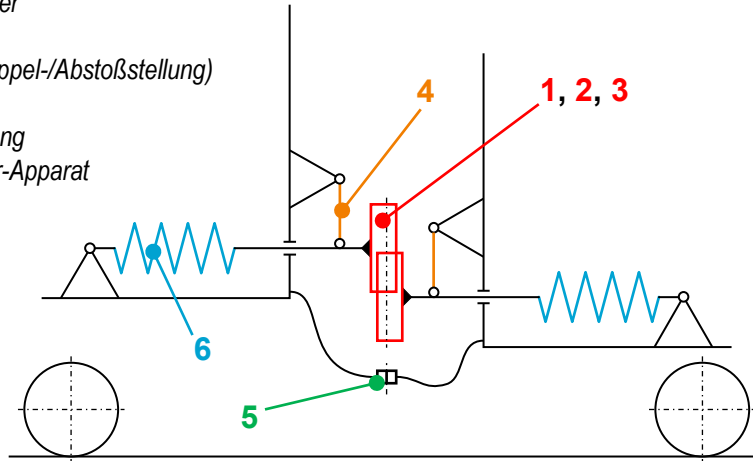
3 – Betätigung (Kuppel-/Abstoßstellung)

4 – Abstützung

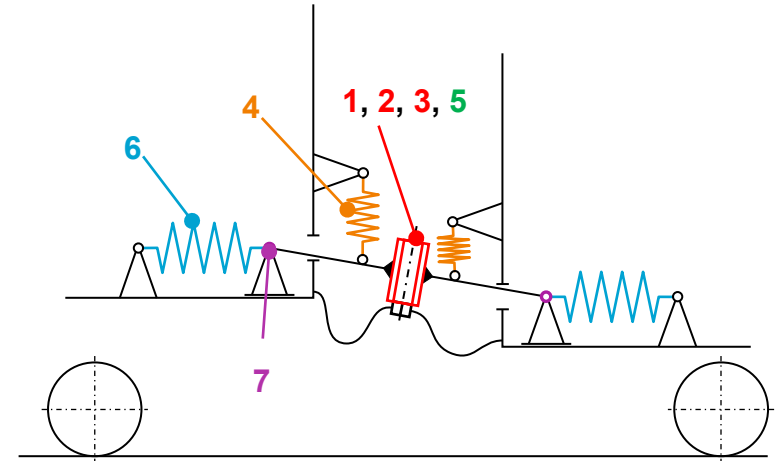
5 – Leitungskupplung

6 – Feder-Dämpfer-Apparat

7 – Gelenk



starre Kupplung



Vorteile Einfachere Auslenkung und Aufhängung der Kupplung

Nachteile

- größeres erforderliches Spiel im Kuppelkopf führt zu Längszerrungen im Zugverband
- automatische Leitungskupplung ohne zusätzliche Aufwendungen nicht möglich

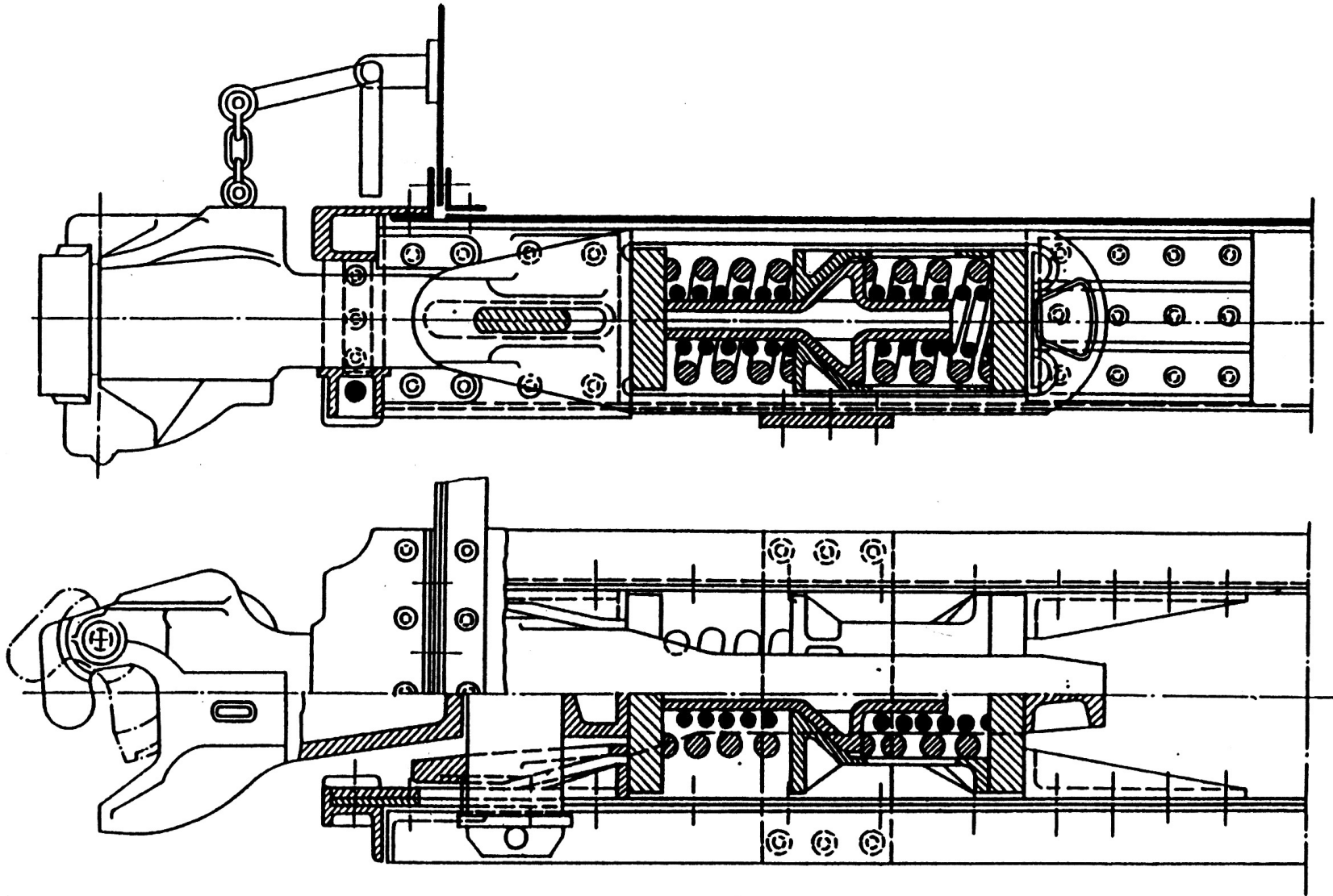
Beispiele

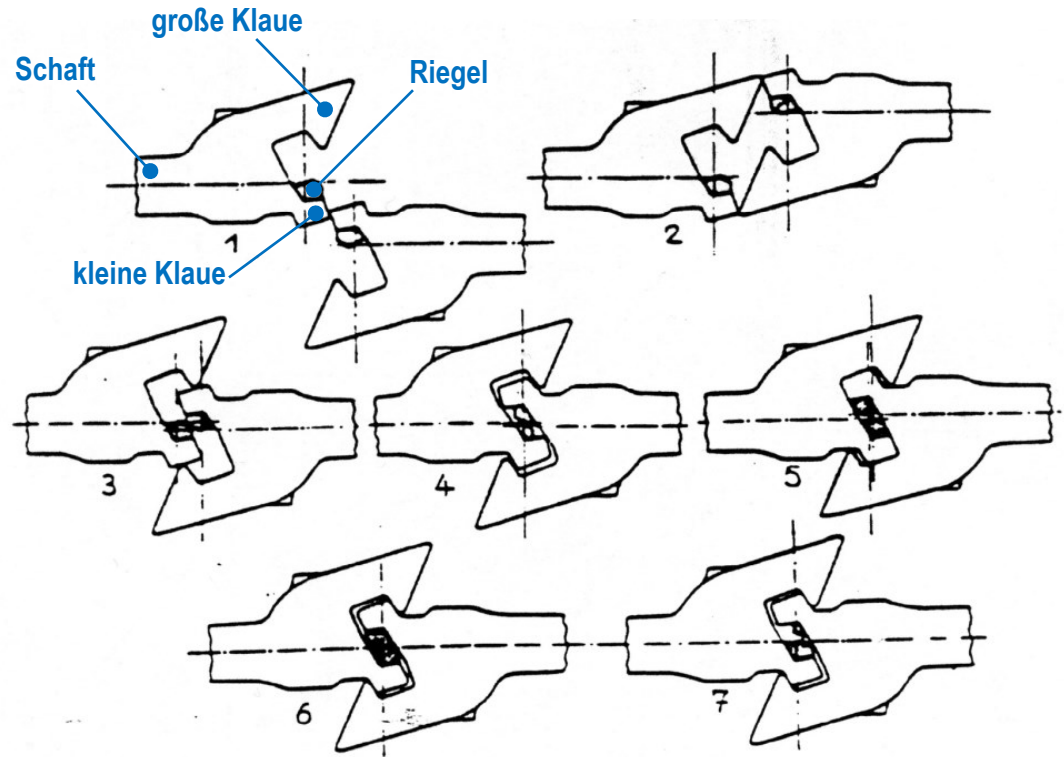
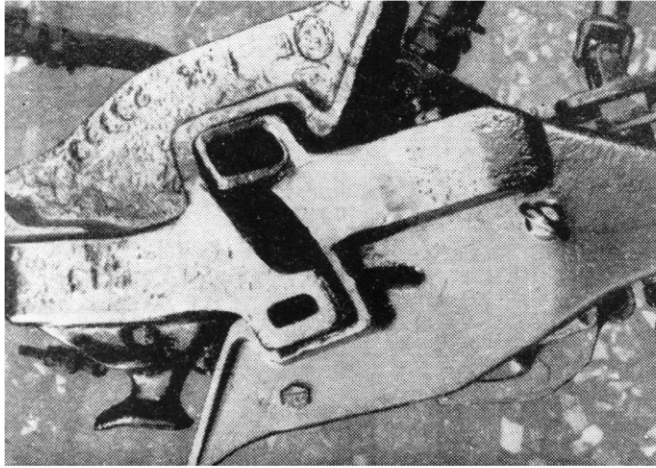
- Amerikanische (Janney-)Kupplung (USA, Japan)
- Willison-Kupplung
- SA3-Kupplung (modifizierte Willison-Kupplung) (Russland)

Mitkuppeln von Luft- und elektrischen Leitungen möglich. Zielsetzung: Teilautomatisierung bzw. Automatisierung des Rangier- und Zugbetriebes.

- komplizierte Gelenke müssen horizontale und vertikale Beweglichkeit gewährleisten
- besondere konstruktive Maßnahmen zur Verhinderung unzulässiger Radentlastungen nötig
- kompliziertere Abstützung
- größere Ausschnitte im Pufferträger

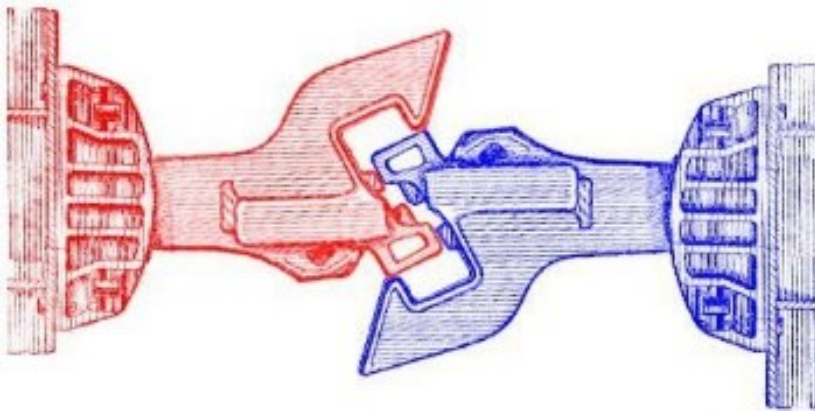
- Scharfenbergkupplung (Straßenbahnen, Triebwagen/-züge)
- selbsttätige Kupplung OSShD & UIC





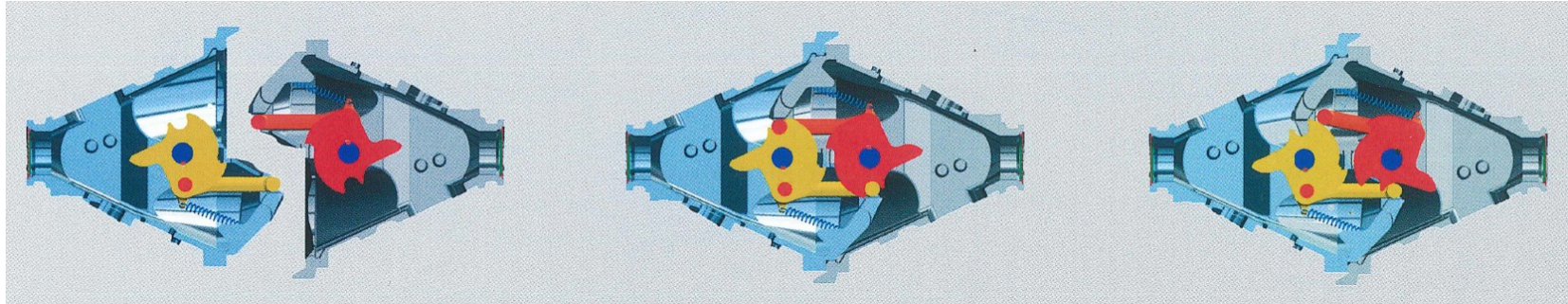
- 1 Kupplungsstellung: Größter Ausschlag nach links
- 2 Kupplungsstellung: Größter Ausschlag nach rechts
- 3 Kupplung vor dem Eingriff
- 4 Vor dem Festhalten der Verschlusskeile
- 5 Geschlossen: Auf Druck beansprucht
- 6 Geschlossen: Auf Zug beansprucht
- 7 Lösestellung

Folie SA-3-Kupplung (Willison)



(Quelle: commons.wikimedia.org)

Folie Scharfenberg-Kupplung (Umdruck Kapitel 6, Blatt 19)



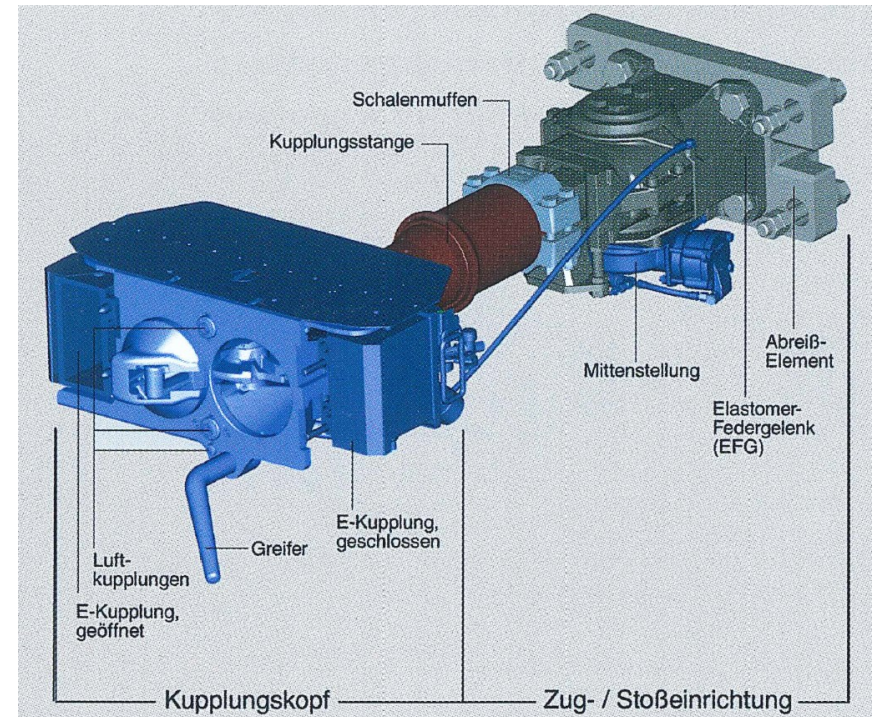
Kuppelbereite Stellung

Gekuppelte Stellung

Ungekuppelte Stellung



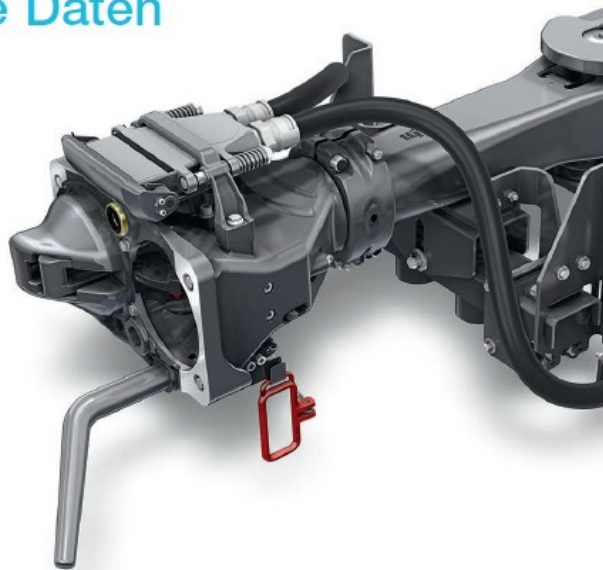
(Quelle: Prospekt Voith Turbo)



voith.com

VOITH

CargoFlex Technische Daten



Vorteile

- + Seit 2019 im kommerziellen Einsatz
- + TSI-Kompatibilität für einfache Zulassung
- + Wintererprobt
- + Wartungsfreundlich
- + Gewichtsoptimiert
- + Zukunftsfähig

voith.com

VOITH

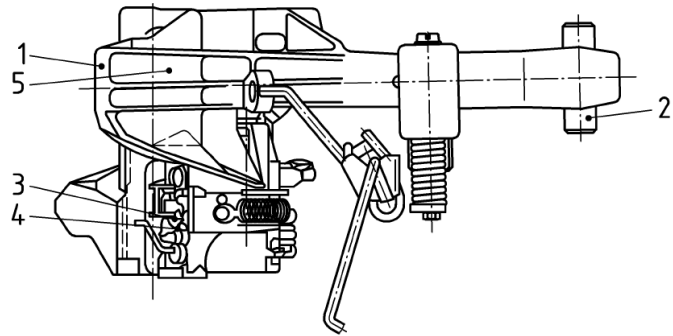
CargoFlex Hybrid Technische Daten



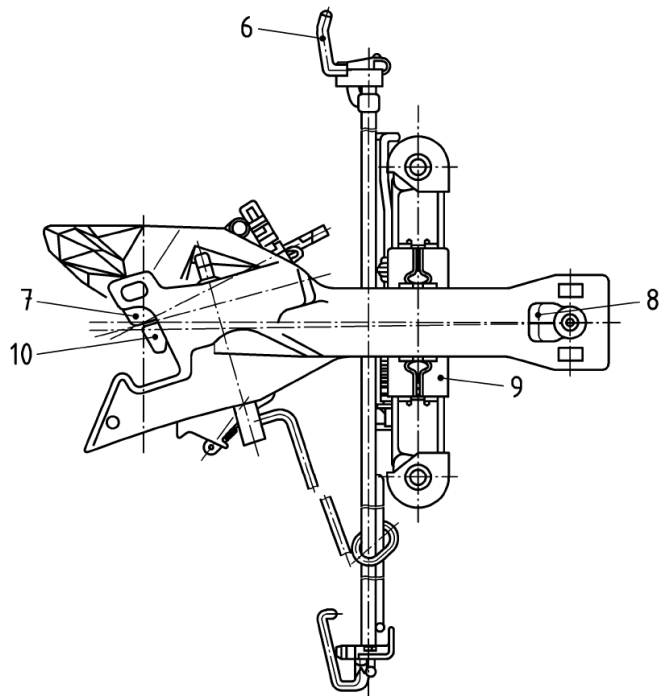
Vorteile

- + Seit 2019 im kommerziellen Einsatz
- + TSI-Kompatibilität für einfache Zulassung
- + Wartungsfreundlich
- + Kollisionsfähig nach DIN EN 15227
- + Zukunftsfähig
- + Interoperabilität

Folie UIC-Mittelpufferkupplung (AK69e / Intermat / TRANSPACT C-AKV)



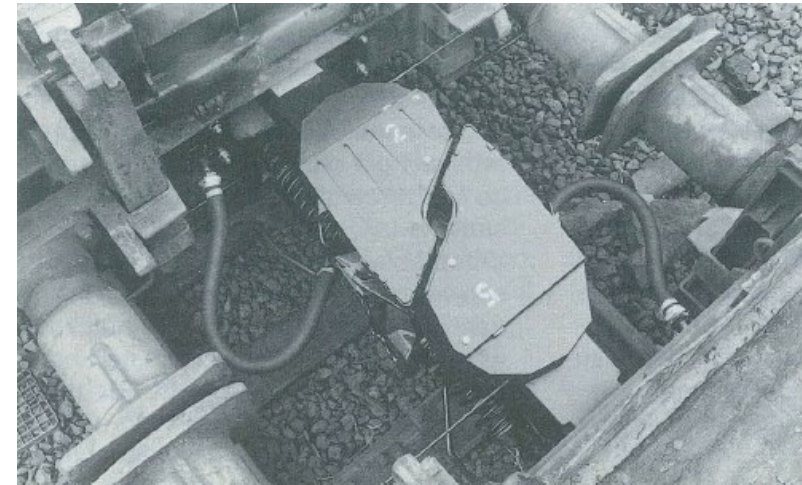
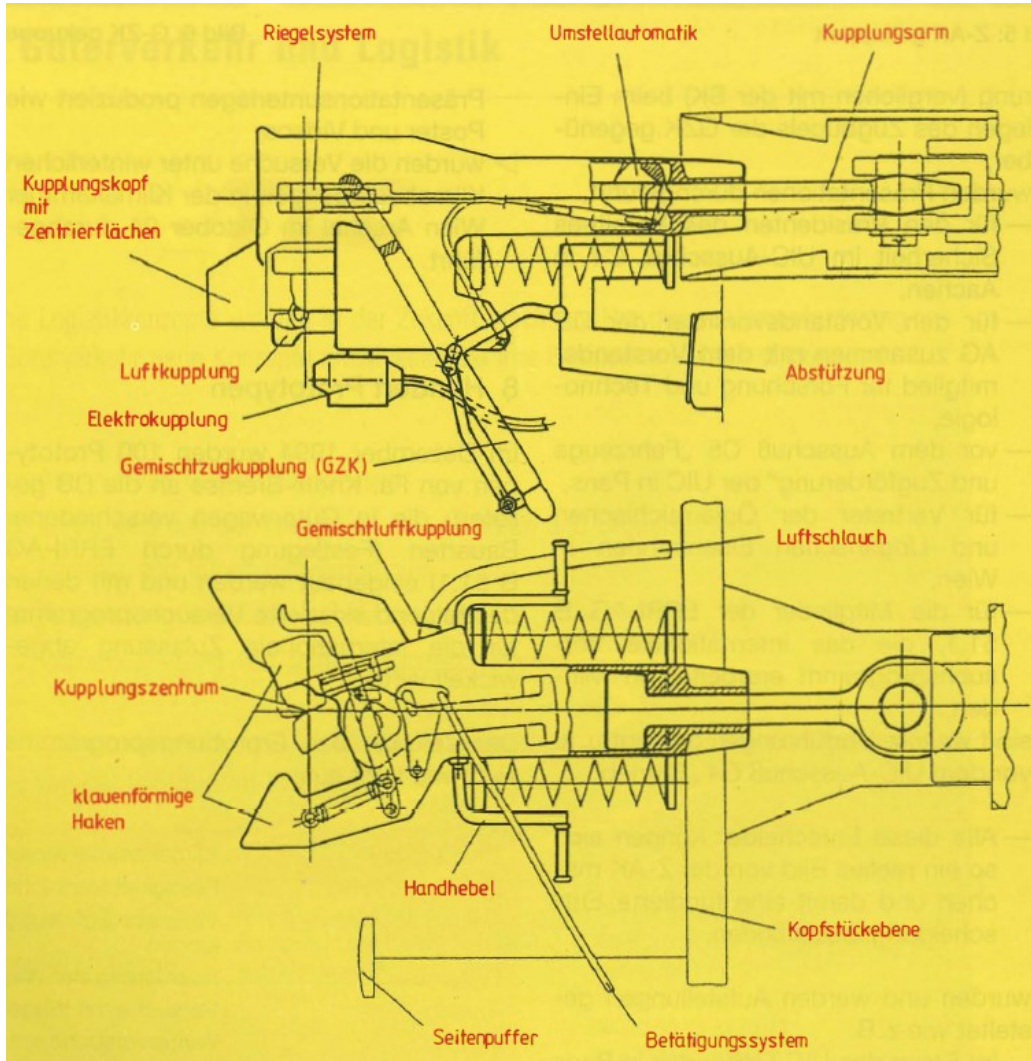
- 1 Kupplungskopf
- 2 Gelenkbolzen
- 3 Mundstückdichtung
- 4 Leitungskupplung
- 5 Kupplungskörper
- 6 Betätigungseinrichtung
- 7 Riegel
- 8 Vorfeder
- 9 Querbalkenabstützung
- 10 Riegelhalter



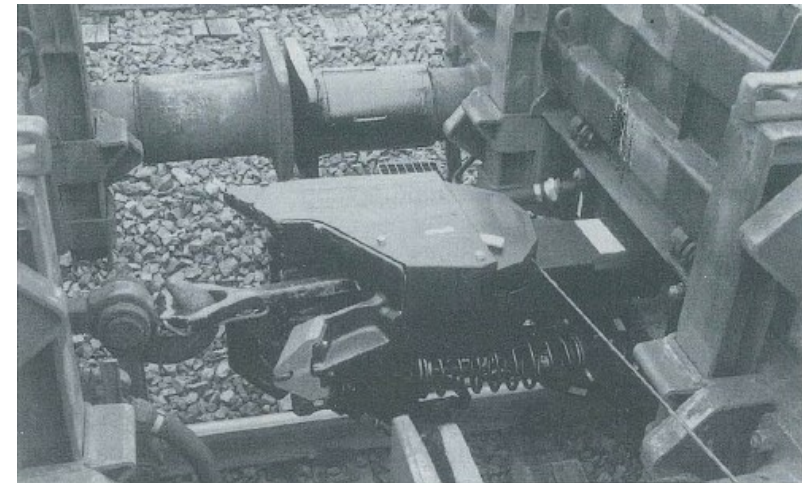
Federapparat und Grundplatten nicht dargestellt.

(Quelle: DIN 27202-2:2014-09)

Folie Z-AK (Umdruck Kapitel 6, Blatt 22-24)

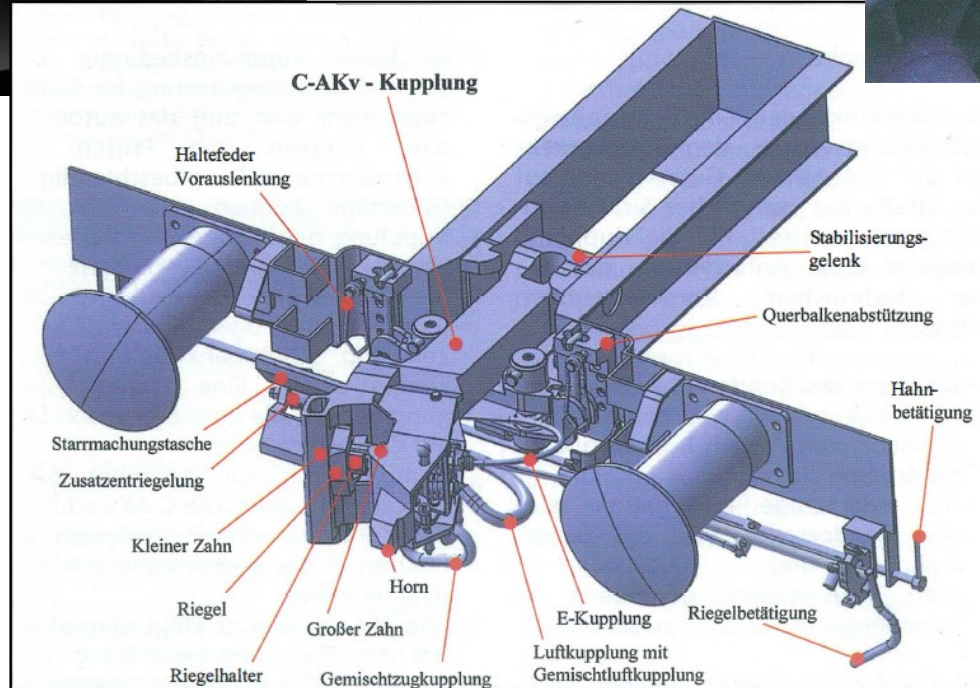
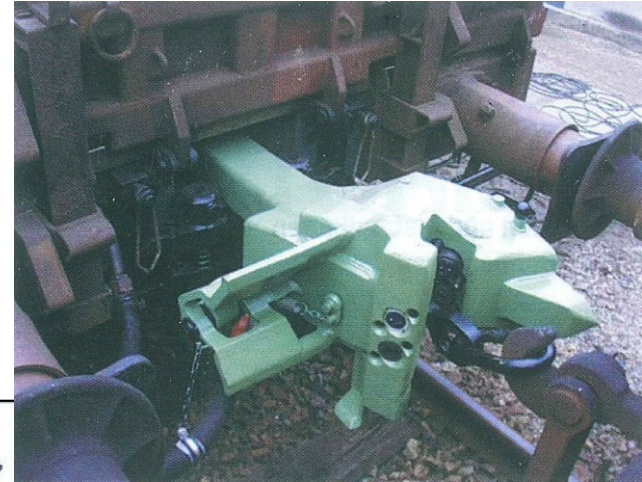


Z-AK gekuppelt



G-ZK gekuppelt

(Quelle: Felsing, Hoffmann: Die automatische Zugkupplung, ETR 44(1995)4)



(Quelle: commons.wikimedia.org; Chatterjee, u.a.: Die SAB WABCO C-AKv-Güterwagenkupplung bei der SNCF, ETR 51(2002)4)

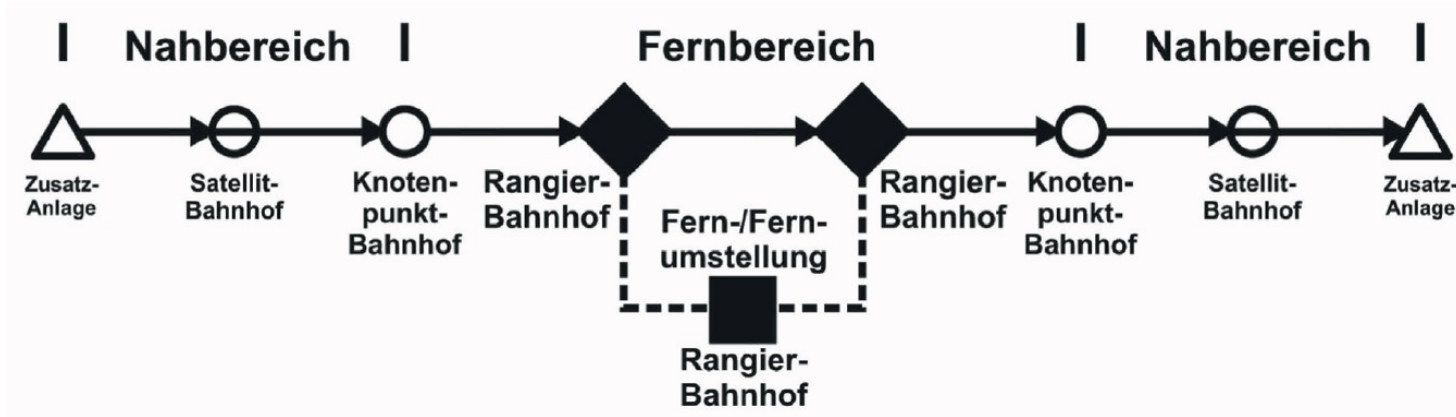
Folie Vergleich der Funktionalitäten automatischer Kupplungen des SGV

	Janney		Willison			SchaKu	Schwab
	E, E/F	H	SA3	AK69e / Intermat	C-AKv	(Fa. Voith, Fa. Dellner)	
Erfahrung SGV	Ja	Nein	Ja			z.T.	Pilot
Belastbarkeit (Zug / Druck) in kN	1.750 / 2.900		2.500 / 2.500	1.000 / 2.000		1.000 / 2.000	1.500 / 2.000
Greifbereich in mm	V ±30		V ±140	V ±140	V ±120	V ±140	V ±120
	H ±60		H ±160	H ±(-220)	H ±190	H +370/-275	H ±(-290)
Vorauslenkung	Ja						
Entkuppeln unter Zugkraft in kN	Nein		≤ 7,5	≤ 40,0	≤ 20,0	Nein	≤ 300,0
Pufferstellung	Ja		Ja			Möglich	
Wiederverriegelung	Ja		Ja			Möglich, mit Einschränkungen	Ja
Zuverlässigkeit	Gut, verschleißanfällig		Gut			Gut	Gut
Selbsttätigkeit der Bremse	Ja						
Kuppelgeschwindigkeit in km/h	-		-	ähnlich SchaKu, Schwab		≈ 0,5 ... 8,0	0,5 ... 8,0
Verschleiß	Fahrt	Groß	Hoch, aber verschleißtolerant	-		Unbedeutend	
	Kuppeln		Unbedeutend			Gering	Unbedeutend
Wartungsaufwand	Mittel		Unbedeutend	Gering		Gering	Sehr gering
Pneumatische Verbindung	Nein	Ja	Nein	Ja			
Kuppeleinsatzzeitpunkt Strom-/Datenleitung	-	Simultan	-	Simultan		Simultan, aber abgefedert	Verzögert
Schmutz- / Winterresistenz	Sehr gut	-	Sehr gut	Gut - sehr gut		Gut	Sehr gut
Gewicht	Sehr gering	Gering	Hoch	Sehr hoch		Gering	

(Quelle: BMVI: Fachbericht „DAK“, Juni 2020)

Folie >14 Kuppelvorgänge im Güterverkehr

Einzelwagensystem der Railion Deutschland AG

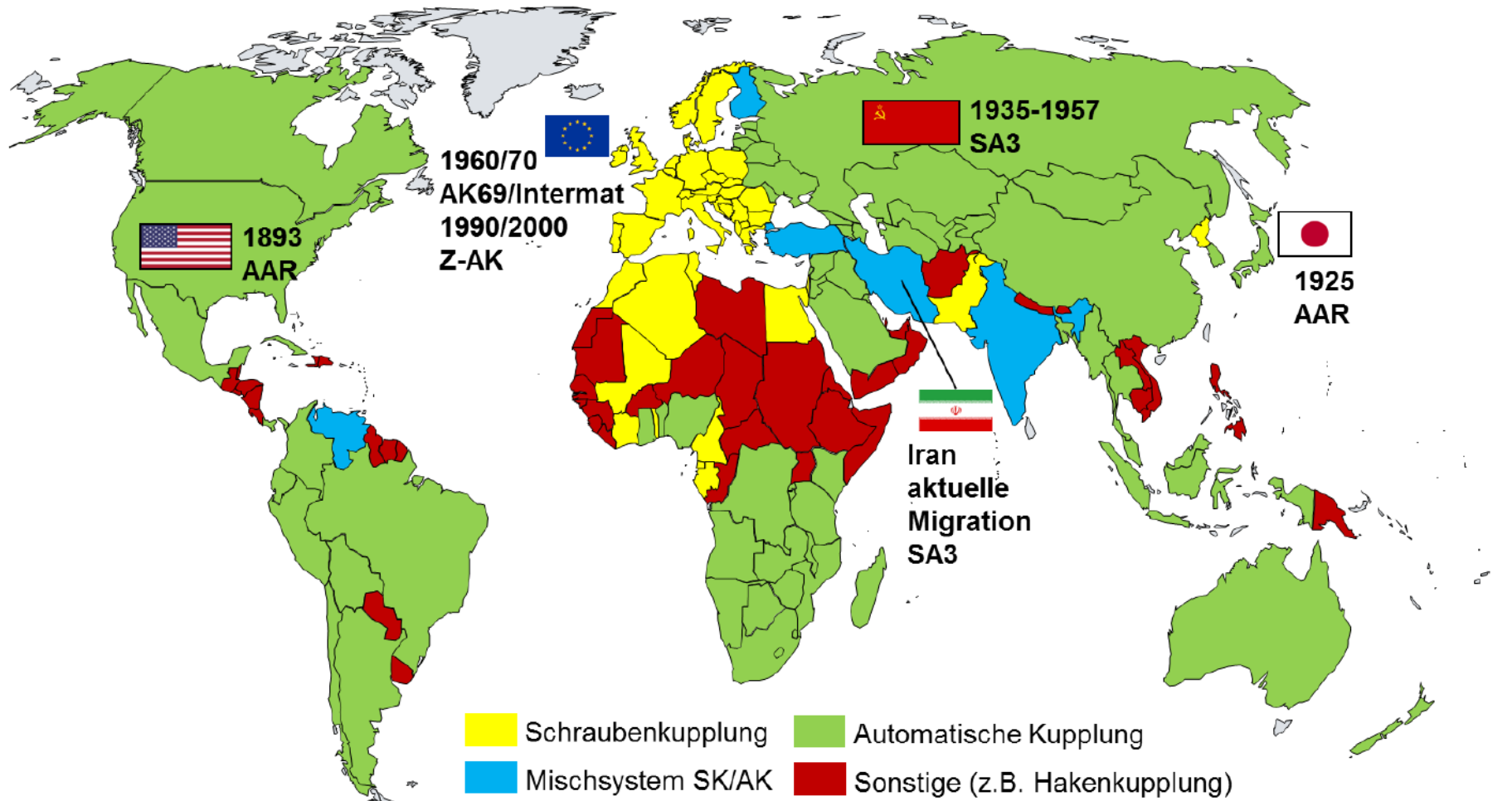


Rangierbahnhöfe als Sortiermaschinen



(Quelle: VDV-Handbuch Schienengüterverkehr 2008 Eurailpress / DVV, Media Group)

Folie Weltweite Verbreitung der Kupplungssysteme



(Quelle: BMVI: Fachbericht „DAK“, Juni 2020)

Folie AK-Einsatz in Europa

Schweden/Norwegen: Erzverkehre Lulea – Narvik (SA3)

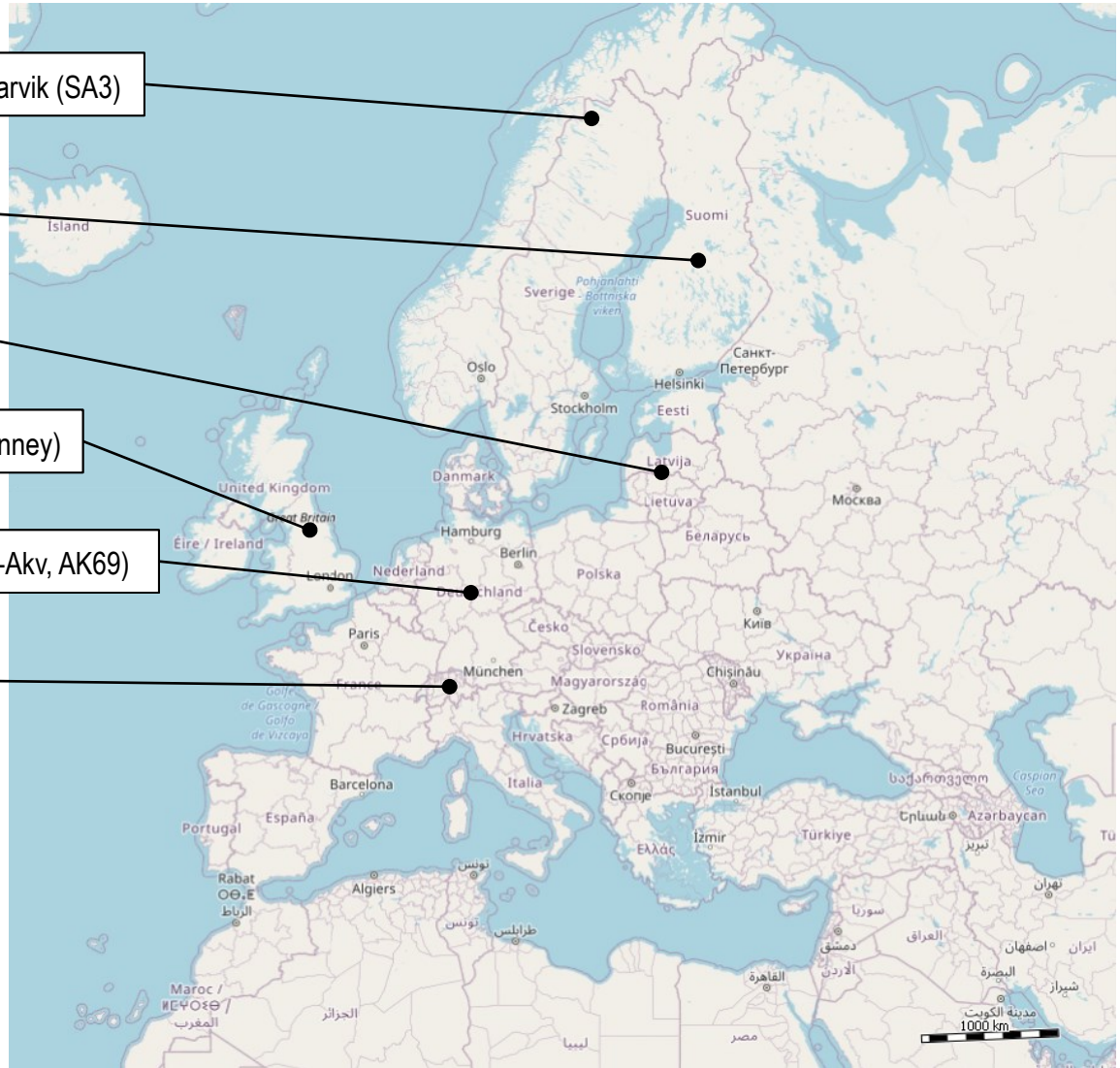
Finnland: Mischbetrieb SK/SA3

Baltikum: Ganzheitlicher Einsatz SA3

Großbritannien: Vereinzelte Kohleverkehre (Janney)

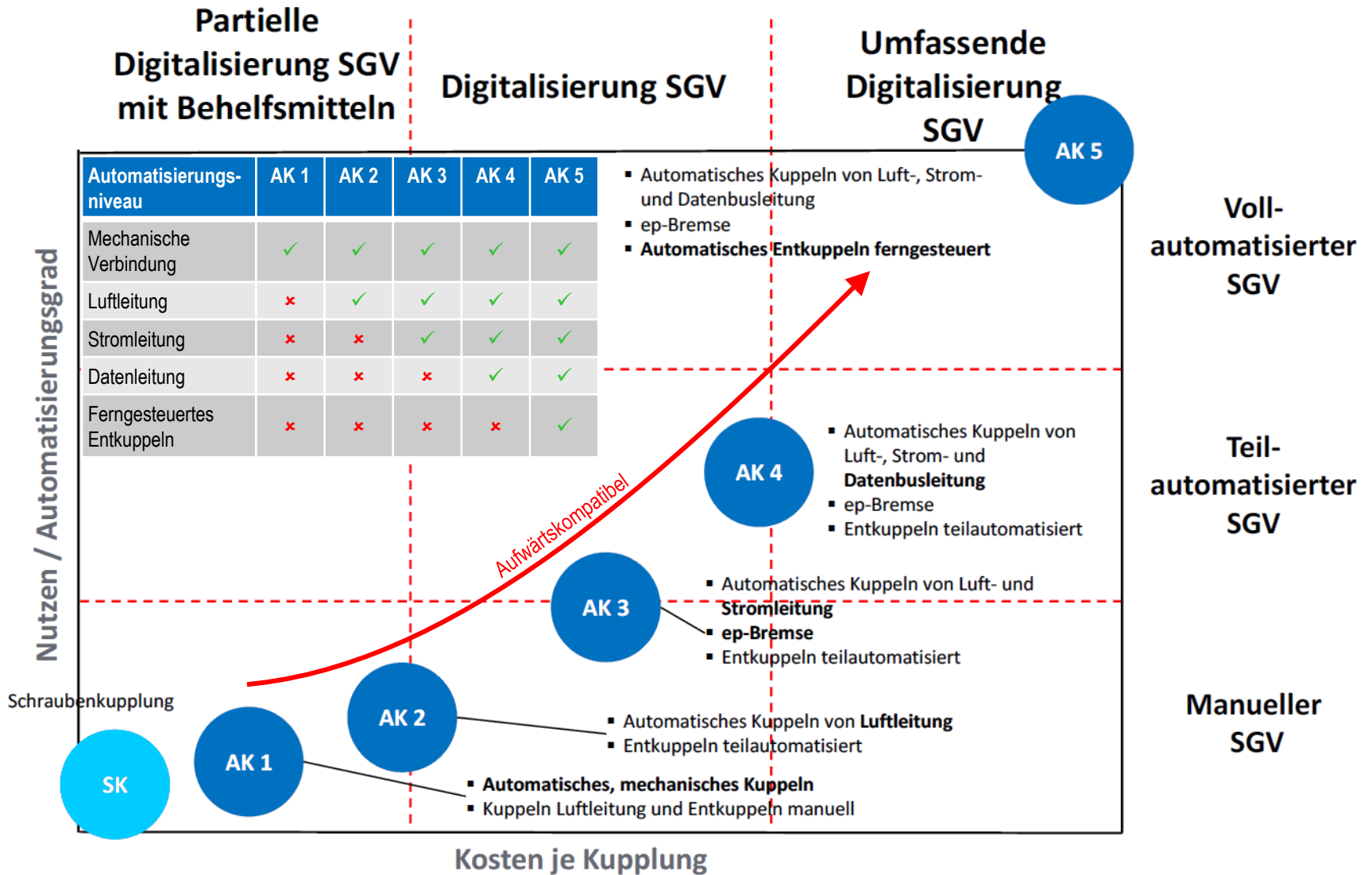
Deutschland: Vereinzelte Kohle/Erzverkehre (C-Akv, AK69)

Schweiz: Binnen-KV (Scharfenberg)



(Quelle: BMVI: Fachbericht „DAK“, Juni 2020)

Folie AK Typen im Kontext Automatisierung und Digitalisierung



(Quelle: nach Vortrag Hagenlocher: Automatisierung im Schienengüterverkehr, Hamburg 2018)

- Was sind die Aufgaben der Zug- und Stoßeinrichtung?
- Nennen Sie Vor- und Nachteile von durchgehender und geteilter Zugeinrichtung!
- Nennen Sie fünf Anforderungen an eine Stoßeinrichtung und ihre Kennlinie!
- Vergleichen Sie lineare, progressive und degressive Pufferkennlinie im Kraft-Weg-Diagramm! Markieren Sie Kompression, Expansion sowie Energien und nennen Sie Vor- und Nachteile für einen Einsatz als Seitenpuffer!
- Vergleichen Sie Puffer mit Reibkonusfeder (Ringfeder), Puffer mit Elastomerefeder und Hydraulikpuffer anhand der Kennlinien!
- Skizzieren Sie die Pufferkennlinie eines Hochleistungspuffers mit Reibkonusfeder (Ringfeder) und benennen Sie die unterschiedlichen Bereiche der Kennlinie! Wie groß ist Pufferhub und Pufferendkraft?
- Skizzieren Sie die Pufferkennlinie eines Hülsenpuffers mit Elastomerefeder und benennen Sie die unterschiedlichen Bereiche der Kennlinie sowie wichtige Kennwerte!
- Welche Arten von automatischen Mittelpufferkupplungen kennen Sie? Welche Vor- und Nachteile haben diese? Nennen Sie jeweils ein Beispiel!