5.2 Kombinierte Druckluft-hydraulische Bremsanlage

Rechtsgrundlagen (Auszug)

- StVZO § 41 Bremsen (Betriebs-, Feststell-, Anhängerbremsanlage)
- ECE-R13 (Bremsanlagen; Umsetzer/Wandler, Mehrkreisschutz, Anhängerbremsventil)
- Herstellerangaben/Eintragung: Nur mit **zugelassenem** und **eingetragenem** Luft-/Hydraulik-Umsetzer („Systemwandler“) betreiben.

1) Grundprinzip und Aufbau

- **Ausgangslage**: Zugfahrzeug mit *Druckluft* (Zweileiter: rot = Vorrat, gelb = Steuer) zieht Anhänger mit *Hydraulik*bremsen.
- **Systemwandler (Luft-Hydraulik-Umsetzer)**: wandelt das pneumatische Bremssignal in einen hydraulischen Bremsdruck um.
  - Eingang: Luftversorgung (rot) + Steuersignal (gelb) vom Anhängerbremsventil.
  - Im Wandler: Membran-/Kolbensystem mit Übersetzungsverhältnis → erzeugt Öldruck proportional zur Bremsanforderung.
  - Ausgang: Hydraulikleitung(en) zu den Radbremszylindern des Anhängers.
- **Weitere Bauteile**:
  - *Mehrkreisschutz* am Zugfahrzeug (Versorgungssicherheit), *Rückschlag-/Sicherheitsventile* im Wandler/Anhänger, *Druckspeicher/Behälter* (luftseitig), *Ausgleichs-/Vorratsbehälter* (ölseitig), ggf. *ALB* (automatische lastabhängige Bremskraftregelung) am Anhänger.
- **Rückfallebene/Sicherheit**: Bei Versagen der Versorgungsleitung (rot) muss der Anhänger *selbsttätig verzögern* (Notbremsung über Steuerleitung/Wandler/Sicherheitsventile), sofern das System dafür ausgelegt ist.

2) Einsatzfälle und Varianten

- **Land-/Forst**: Häufig hydraulisch gebremste Hänger (ein- oder zweileitig). Kombination mit luftgebremntem Traktor/Lkw erfolgt über **Wandler**.
- **Luft → Hydraulik** (Standard dieses Kapitels): Luftsignal vom Zugfahrzeug steuert hydraulische Radbremsen am Anhänger.
- **Hydraulik → Luft**: Umgekehrt möglich, aber nur mit dafür zugelassenem **Hydraulik-/Luft-Umsetzer** und Eintragung (z. B. Traktor mit Hydraulikanschluss zieht luftgebremsten Anhänger).
- **Feststellbremse**: Kann am Anhänger separat mechanisch oder über federspeicher-betätigte Zylinder realisiert sein; Bedien- und Löseverfahren beachten.

3) Bedienung, An-/Abkuppeln und Checks (Traktor/Lkw → Hydraulik-Anhänger)

- **Vor dem Kuppeln**:
  - Beide Luftkreise am Zugfahrzeug haben Betriebsdruck (Warnlampe aus).
  - Wandler und Hydraulikschläuche optisch prüfen: trocken, keine Risse/Quetschungen, Kupplungen sauber.
  - Richtige **Hydraulikflüssigkeit** laut Hersteller vorhanden (Achtung: DOT-Bremsflüssigkeit ≠ Mineralöl; niemals mischen!).
- **Kuppelreihenfolge**:
  - Mechanik, Stützrad, Abreißsicherung, Elektrik (Beleuchtung) herstellen.
  - Luftkupplungen: rot (Vorrat) zuerst, dann gelb (Steuer). Auf festen Sitz/Dichtungen achten.
  - Hydraulikseite: Leitung(en) spannungsfrei verlegen, Kupplungen sauber einrasten, Knickschutz beachten.
- **Dichtheits- und Funktionsprüfung**:
  - Motor im Leerlauf, Druck steht an. Bremspedal langsam drücken und halten: *luftseitig* kein auffälliger Druckabfall, *hydraulikseitig* keine Leckage, Pedalweg konstant.
  - Langsame Rollprobe geradeaus: Bremse zieht spurtreu, kein „Nachziehen“ oder Verzögerungsverzug.
- **Abkuppeln**: In umgekehrter Reihenfolge; Leitungen mit Kappen schützen; Druck ablassen gemäß Herstellerhinweis (hydraulische Restdrücke).

4) Typische Störungen – Symptome und Maßnahmen

- **Verzögerte Bremsansprache** (späte Wirkung am Anhänger):
  - Luftseite: Leck/Poren an Leitungen/Kupplungen, schwergängiges Anhängerbremsventil.
  - Hydraulikseite: Luft im System → *fachgerecht entlüften*; zu geringe Ölfüllung; gequollene Dichtungen durch falsches Medium.
- **Weicher/spongy Pedalweg**: Luftblasen im Hydraulikteil, undichte Radbremszylinder/Leitungen → Lecksuche, Entlüftung, defekte Teile ersetzen.
- **Einseitiges Ziehen/Überbremsen**: Unterschiedliche Belagzustände, blockierter ALB-Hebel, kontaminierte Beläge (Öl).
- **Häufiges Ablasen des Trockners, aber schwache Wirkung**: Luftseite dichtheitsprüfen; Wandler arbeitet, aber Hydraulik verliert Druck → Schlauch/Verteiler undicht.
- **Falsches Öl/DOT befüllt**: Gefahr von Dichtungszerstörung – nicht weiterfahren, Anlage spülen/inst. Werkstatt.

5) Wartung und Besonderheiten (Praxis)

- **Luftseite**: wie in 5.1 – trockene, saubere Luft (Lufttrockner/Kondensat), Kupplungsköpfe dicht.
- **Hydraulikseite**: Ölstand/Qualität prüfen, Wechselintervalle einhalten, nur freigegebenes Medium verwenden; Staubschutzkappen nutzen.
- **Winter**: Vereisungsgefahr luftseitig minimieren (Trockner fit), *zähes Öl* verlängert Ansprechzeit → defensiv fahren, Bremsprobe früh machen.
- **Dokumente**: Eintragung/Typenschild des Wandlers, zulässige Betriebsdrücke und ggf. Geschwindigkeits-/Massenbeschränkungen mitführen/beachten.

Prüfungskern (Merksatz)

„Luft steuert – Öl bremst: Nur mit zugelassenem Wandler, richtiger Flüssigkeit und dichter Anlage fahren. Vor Abfahrt Funktionsprobe: Druck steht an, Anhänger bremst zeitgleich und spurtreu.“

Praxis-Drill (2–4 Minuten)

1. **Kupplungscheck**: Rot/gelb korrekt kuppeln, Hydraulikleitung einstecken, auf Dichtheit prüfen. Lernziel: Farbcodierung, Reihenfolge, Sichtprüfung.
2. **Bremswirkung fühlen**: Auf abgesperrter Fläche aus 20 km/h zwei Bremsungen – 1× leicht, 1× mittel. Beobachten: Verzögerungsbeginn Anhänger, Spurtreue, Pedalweg.
3. **Fehlerbild demonstrieren**: Simulierte Luftblase (nach Wartung) → spongy Pedal. Maßnahme: Entlüftung am höchsten Punkt zeigen/erklären.

Sinnvolle Medien zum Einbau

- Schematische Grafik „Luft → Wandler → Hydraulikzylinder (Radbremsen)“
- Foto eines zugelassenen Luft-Hydraulik-Wandlers mit Typenschild
- Kurzvideo: Funktionsprüfung – Manometerverlauf (luftseitig) und Bremsbeginn am Anhänger

Kleine Übungsfragen

- Welche Aufgabe hat der Luft-Hydraulik-Wandler in einer kombinierten Bremsanlage?
- Warum dürfen DOT-Bremsflüssigkeit und Mineralöl nicht gemischt werden?
- Nenne zwei Anzeichen für Luft im hydraulischen Teil der Anlage.
- Wie lautet die korrekte Kuppelreihenfolge der Leitungen und warum?
- Welche Dokumente/Eintragungen müssen für den Betrieb einer Kombianlage vorliegen?

Revision #3
Created 2025-10-24 12:53:57 UTC by joachimeling
Updated 2025-11-13 14:23:39 UTC by joachimeling