



# Druckluftbremssystem — Technisches Handbuch

Ein vollständiges, verständliches Nachschlagewerk zum Druckluftbremssystem von Nutzfahrzeugen — jeder Kreis und jedes Bauteil erklärt, mit Fehlersuche und Wartung.

Ausgabe 1 · Nutzfahrzeuge (Lkw · Bus · Anhänger) · [vadenoriginal.com](http://vadenoriginal.com)

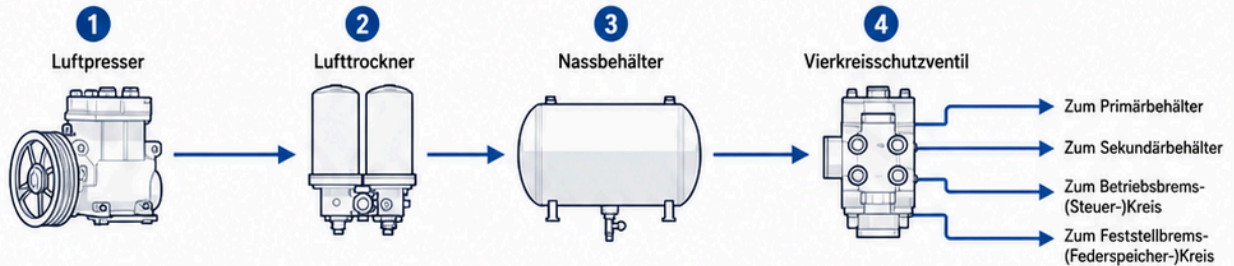
# Inhalt

---

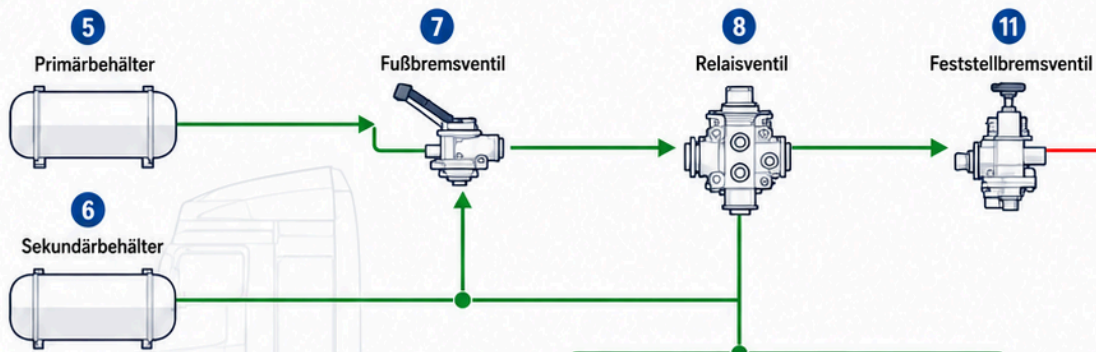
- 1 Einführung: So funktioniert eine Druckluftbremsanlage
  - 2 Der Luftversorgungskreis (Füllkreis)
  - 3 Der Betriebsbremskreis (Betätigungskreis)
  - 4 Feststell- und Notbremse (Federspeicher)
  - 5 Lastabhängige Bremskraftregelung & Luftfederungssteuerung
  - 6 ABS & EBS – Elektronische Bremsregelung
  - 7 Der Anhängerbremskreis
  - 8 Fehlersuche und Wartung
  - 9 Bauteil-Schnellübersicht & Glossar
-

# Druckluftbremssystem-Diagramm

## 1 LUFTVERSORGUNG



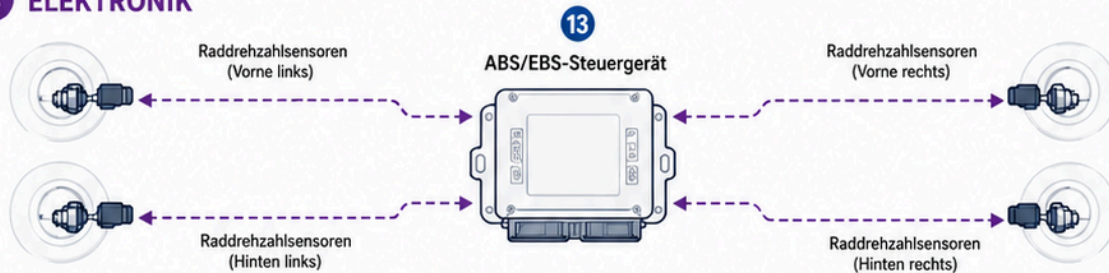
## 2 BEHÄLTER & STEUERUNG



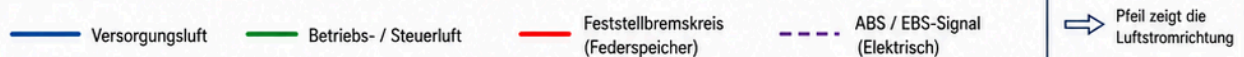
## 3 BREMSBETÄTIGUNG



## 4 ELEKTRONIK



### LEGENDE



## Einführung: So funktioniert eine Druckluftbremsanlage

---

Schwere Nutzfahrzeuge – Lkw, Busse und Anhänger – bremsen nicht mit Hydraulikflüssigkeit, sondern mit Druckluft. Der Grund liegt in den Anforderungen des schweren Verkehrs: Ein voll beladener Sattelzug benötigt sehr hohe Bremskräfte, die eine hydraulische Anlage über weite Wege bis zum Anhänger nur schwer und nicht ausfallsicher übertragen könnte. Luft ist dagegen unbegrenzt verfügbar, lässt sich vom Kompressor ständig nachfördern und kann bei einer Undichtigkeit gefahrlos entweichen, ohne dass Flüssigkeit verloren geht. So lassen sich auch Zugfahrzeug und Anhänger zuverlässig über Kupplungsköpfe miteinander verbinden.

### Das ausfallsichere Federspeicher-Prinzip

Das zentrale Sicherheitsmerkmal ist der Federspeicherzylinder. Die Feststell- und Notbremse wird nicht durch Druck zugespant, sondern durch eine kräftige Vorspannfeder. Im Fahrbetrieb hält die anstehende Druckluft diese Feder zusammengedrückt und die Bremse gelöst. Fällt der Druck ab – etwa durch einen Leitungsbruch oder bei abgestelltem Fahrzeug – drückt die Feder die Bremse selbsttätig zu. Druckverlust bedeutet also: Die Bremse legt an. Das Fahrzeug kann niemals mit gelöster Bremse „führerlos“ liegen bleiben; ein Defekt führt stets in den sicheren Zustand.

### Getrennte Füll- und Betätigungskreise

Die Anlage unterscheidet klar zwischen dem Füllkreis (Versorgung) und dem Betätigungskreis (Betriebsbremse). Der Kompressor fördert Luft über Lufttrockner und Druckregler in die Vorratsbehälter – das ist der Ladevorgang, der unabhängig vom Bremsen abläuft. Erst beim Treten des Bremspedals gibt das Betriebsbremsventil die gespeicherte Luft dosiert an die Bremszylinder frei. Weil die Vorräte vorab gefüllt werden, steht die volle Bremsleistung sofort und wiederholt zur Verfügung, ohne dass der Kompressor im Bremsmoment „mithalten“ muss.

### Zweikreisigkeit für Redundanz

Aus Sicherheitsgründen ist die Betriebsbremse in zwei getrennte Kreise aufgeteilt – üblicherweise Vorderachse und Hinterachse (Primär- und Sekundärkreis). Jeder Kreis besitzt eigene Vorratsbehälter und Leitungen. Fällt ein Kreis durch Undichtigkeit aus, bleibt der zweite voll funktionsfähig und stellt eine gesetzlich vorgeschriebene Restbremswirkung sicher. Ein Mehrkreis-Schutzventil trennt die Kreise voneinander ab, sodass ein Defekt niemals die gesamte Anlage entleeren kann. Elektronische Systeme wie ABS, EBS, ALB und ECAS überwachen und regeln diese Kreise über die zugehörige ECU zusätzlich.

### Hinweise zur Nutzung dieses Leitfadens

Dieser Leitfaden erläutert die Baugruppen der Druckluftbremse Schritt für Schritt; die Referenztabelle ordnet jeder Funktion die passende VADEN ORIGINAL category zu, damit Sie das richtige Bauteil sicher identifizieren.

## Der Luftversorgungskreis (Füllkreis)

---

Der Luftversorgungskreis erzeugt, reinigt und speichert die Druckluft, die das gesamte Bremssystem eines Nutzfahrzeugs versorgt. Er bildet die Grundlage jeder pneumatischen Bremsanlage: Erst wenn die Luft ausreichend verdichtet, entfeuchtet und mit dem erforderlichen Betriebsdruck (üblicherweise rund 8 bis 12,5 bar) in den Behältern bereitsteht, arbeiten Betriebsbremse, Feststellbremse und alle nachgeschalteten Ventile zuverlässig. Fällt die Luftförderung aus, sinkt der Systemdruck – die Anlage warnt und das Fahrzeug wird über die Federspeicher zwangsgebremst.

### Luftpresser (Kompressor)

Der Luftpresser ist motorgetrieben (über Zahnrad, Riemen oder Kupplung) und verdichtet Umgebungsluft. Er läuft im Fördertakt, bis der Abschaltdruck (Cut-out) erreicht ist, und schaltet beim Absinken auf den Einschaltdruck (Cut-in) wieder zu. So bleibt der Behälterdruck in einem definierten Fenster. **Ausfallsymptom:** Bei verschlissenen Kolbenringen oder Ventilplatten fördert der Presser zu langsam, der Druckaufbau nach dem Startet dauert überlang, oder es gelangt vermehrt Öl in die Anlage (bläulicher Ölnebel, ölverschmutzte Trocknerpatrone).

### Druckregler (Governor)

Der Druckregler überwacht den Behälterdruck und steuert den Fördertakt des Kompressors. Er gibt bei Erreichen des Abschaltdrucks das Signal zum Entlasten und bei Erreichen des Einschaltdrucks das Signal zum erneuten Fördern. **Ausfallsymptom:** Ein fehlerhaft eingestellter oder defekter Regler lässt den Druck zu hoch ansteigen (Sicherheitsventil bläst ab) oder schaltet zu früh ab, sodass der Betriebsdruck nie erreicht wird.

### Entlaster / Druckregelventil (Unloader)

Der Entlaster setzt das Signal des Druckreglers mechanisch/pneumatisch um: Bei erreichtem Abschaltdruck entlastet er den Kompressor, sodass dieser leer weiterläuft und keine Luft mehr fördert. Das spart Kraftstoff und schont den Presser. **Ausfallsymptom:** Entlastet das Ventil nicht, arbeitet der Kompressor gegen den vollen Druck – das Sicherheitsventil spricht dauerhaft an und der Presser überhitzt.

### Lufttrockner und Trocknerpatrone (Granulatpatrone)

Der Lufttrockner entzieht der geförderten Luft Feuchtigkeit und Öl, bevor sie in die Behälter gelangt. Das Granulat in der Trocknerpatrone bindet den Wasserdampf; im Regenerationszyklus (Purge) wird die Patrone durch einen kurzen Luftstoß rückgespült und das gebundene Wasser mit dem Kondensat nach außen abgeblasen. **Ausfallsymptom:** Eine gesättigte oder überalterte Patrone lässt Wasser durch – es sammelt sich Kondensat in den Behältern, Ventile vereisen im Winter und die Korrosion im System nimmt zu.

## Rückschlagventile (Einwegventile)

Rückschlagventile lassen die Luft nur in eine Richtung strömen und trennen die einzelnen Kreise voneinander. Sie verhindern, dass bei einem Leck oder Ausfall eines Kreises die übrigen Behälter entleert werden, und halten den Vorratsdruck bei stehendem Kompressor. **Ausfallsymptom:** Ein undichtes Rückschlagventil führt zu schleichendem Druckverlust über Nacht oder dazu, dass ein Defekt in einem Kreis den gesamten Systemdruck mitzieht.

## Nass-, Primär- und Sekundärbehälter (Luftbehälter)

Die aufbereitete Luft wird in Druckluftbehältern gespeichert. Der erste Behälter ist der Nassbehälter (Sammelbehälter): Er dient als Puffer und lässt restliche Feuchtigkeit und Öl sich am tiefsten Punkt absetzen, bevor die Luft an den Primär- und Sekundärkreis weitergegeben wird. Diese Trennung stellt sicher, dass Vorder- und Hinterachskreis auch bei einem einseitigen Defekt getrennt versorgt bleiben. Der Nassbehälter muss regelmäßig entwässert werden – über das Entwässerungsventil wird angesammeltes Kondensat abgelassen. **Ausfallsymptom:** Wird das Kondensat nicht abgelassen, gelangt Wasser in nachgeschaltete Ventile, es kommt zu Vereisung, Korrosion und im Extremfall zu einer schwammig ansprechenden Bremse.

VADEN ORIGINAL liefert die zentralen Komponenten dieses Kreises – Luftpresser, Lufttrockner und Trocknerpatronen – in Erstausrüsterqualität. Die folgende Tabelle fasst die Bauteile mit Funktion und typischem Ausfallsymptom zusammen.

Bauteil	VADEN ORIGINAL category	Funktion	Typisches Ausfallsymptom
Luftpresser (Kompressor)	Air Compressor	Verdichtet Luft im Ein-/Abschalttakt	Langsamer Druckaufbau, Ölnebel im System
Druckregler	Governor	Steuert Fördertakt des Kompressors	Zu hoher oder zu niedriger Betriebsdruck
Entlaster / Druckregelventil	Unloader Valve	Entlastet den Kompressor im Leerlauf	Dauerhaftes Abblasen, Überhitzung
Lufttrockner	Air Dryer	Entzieht Feuchtigkeit und Öl, Purge-Zyklus	Wasser in den Behältern, Vereisung
Trocknerpatrone	Air Dryer Cartridge	Bindet Wasserdampf im Granulat	Kondensat im System bei Sättigung
Rückschlagventil	Check Valve	Trennt Kreise, hält Vorratsdruck	Schleichender Druckverlust über Nacht
Luftbehälter (Nass/Primär/Sekundär)	Air Reservoir	Speichert Druckluft, trennt Bremskreise	Kondensatstau, Korrosion, schwammige Bremse

## Der Betriebsbremskreis (Betätigungskreis)

---

Der Betriebsbremskreis ist derjenige Teil der Druckluftbremsanlage, der bei jeder Bremsung des Fahrers Druckluft aus den Vorratsbehältern gezielt an die Radbremsen leitet. Er wird auch als Betätigungskreis bezeichnet, weil er die Bewegung des Bremspedals in eine Bremskraft an jedem einzelnen Rad umsetzt. Aus Sicherheitsgründen ist er bei schweren Nutzfahrzeugen zweikreisig ausgeführt: Vorderachse und Hinterachse werden getrennt versorgt, damit bei Ausfall eines Kreises der zweite weiterhin bremsst.

### Zweikreis-Fußbremsventil (Trittplattenventil)

Herzstück der Betätigung ist das zweikreisige Fußbremsventil, auch Trittplattenventil genannt. Es sitzt unter dem Bremspedal und ist als abgestuftes Ventil aufgebaut: Je weiter der Fahrer das Pedal niedertritt, desto höher ist der ausgesteuerte Bremsdruck. So lässt sich die Bremse feinfühlig dosieren. Das Ventil besitzt zwei getrennte Steuerkreise, sodass Vorder- und Hinterachse unabhängig voneinander mit einem proportionalen Steuerdruck versorgt werden.

### Relaisventile

Da die Steuerleitungen vom Fußbremsventil bis zu den hinteren Bremszylindern lang sein können, würde ein direktes Durchsteuern die Bremse träge machen. Relaisventile lösen dieses Problem: Sie sitzen nahe an den Bremszylindern und nutzen den vom Fußbremsventil kommenden Steuerdruck lediglich als Signal. Die eigentliche Luftmenge entnehmen sie direkt aus einem nahegelegenen Vorratsbehälter. Dadurch werden die Bremszylinder schneller befüllt und die Ansprech- sowie Schwelldauer verkürzt.

### Schnelllöseventile

Schnelllöseventile beschleunigen das Lösen der Bremse. Beim Loslassen des Pedals müssen die Bremszylinder ihre Luft rasch abgeben. Statt die Luft den langen Weg über das Fußbremsventil zurücklegen zu lassen, entlüftet das nahe am Zylinder montierte Schnelllöseventil die Luft direkt ins Freie. So lösen die Bremsen ohne Verzögerung, was besonders bei Stotterbremsungen wichtig ist.

### Membran-Bremszylinder

Am Rad wandelt der Bremszylinder die Druckluft in mechanische Kraft um. In einem Membranzylinder drückt die einströmende Druckluft auf eine Gummimembran, die sich vorwölbt und die Druckstange (Schubstange) nach außen schiebt. Die Schubstangenkraft ist das Produkt aus Bremsdruck und wirksamer Membranfläche. Bei den Antriebs- und Anhängerachsen kommen häufig Kombi-Bremszylinder zum Einsatz, die zusätzlich einen federbelasteten Teil für die Feststell- und Notbremse enthalten.

## **Automatische Gestängesteller**

Der Gestängesteller verbindet die Schubstange des Bremszylinders mit der Bremswelle. Als Hebel wandelt er die geradlinige Kraft der Schubstange in ein Drehmoment an der S-Nocken-Welle um und multipliziert dabei die Kraft entsprechend seiner Hebellänge. Automatische Gestängesteller gleichen den Belagverschleiß selbsttätig aus: Sie halten das Lüftspiel (den Leerweg der Schubstange bis zum Anlegen der Beläge) konstant. Ein korrekt eingestellter Leerweg ist entscheidend für kurze Ansprechzeiten und einen ausreichenden Bremshub.

## **S-Nocken sowie Bremstrommel und Bremsbacken**

Bei der Trommelbremse dreht der Gestängesteller die Bremswelle mit dem S-förmigen Nocken (S-Nocken) am Ende. Dieser Nocken spreizt die beiden Bremsbacken auseinander und presst deren Beläge gegen die innere Lauffläche der rotierenden Bremstrommel. Die entstehende Reibung verzögert das Rad. Beim Lösen ziehen Rückholfedern die Backen wieder von der Trommel weg.

## **Die Scheibenbremse als Alternative**

Viele moderne Nutzfahrzeuge verwenden statt der Trommelbremse eine druckluftbetätigte Scheibenbremse. Hier wirkt der Bremszylinder über einen internen Hebelmechanismus im Bremssattel auf die Bremsklötze, die von beiden Seiten gegen eine Brems Scheibe gepresst werden. Scheibenbremsen bieten eine bessere Wärmeableitung, gleichmäßigeres Bremsverhalten und kürzere Ansprechzeiten.

## **Der Weg vom Pedal zum Rad**

Zusammengefasst verläuft eine Bremsung so: Der Fahrer tritt auf das Pedal, das Fußbremsventil steuert einen dosierten Steuerdruck aus, Relaisventile befüllen die Bremszylinder rasch aus den Vorratsbehältern, die Membran schiebt die Schubstange vor, der Gestängesteller verstärkt die Kraft und dreht die S-Nocken-Welle, und die Beläge werden gegen Trommel oder Scheibe gepresst. Beim Loslassen sorgen Schnelllöseventile für ein sofortiges Lösen. VADEN ORIGINAL liefert für diesen Kreis die zentralen Komponenten: Bremszylinder, Ventile und Gestängesteller.

## Feststell- und Notbremse (Federspeicher)

Die Feststell- und Notbremsfunktion schwerer Nutzfahrzeuge wird über **Federspeicherzylinder** (Federspeicher-Bremszylinder) realisiert. Anders als der Betriebsbremsteil, der durch Druckluft zuspannt, arbeitet der Federspeicherteil genau umgekehrt: Eine kräftige, vorgespannte Feder erzeugt die Bremskraft, und Druckluft wird benötigt, um diese Feder *zusammenzudrücken* und die Bremse zu *lösen*. Steht der volle Systemdruck an, ist die Feder gespannt und die Bremse offen; sinkt der Druck, drückt die Feder die Bremse zu.

### Ausfallsicheres Prinzip (fail-safe)

Dieses Umkehrprinzip macht die Federspeicherbremse ausfallsicher. Bei einem Druckverlust – etwa durch einen Leitungsbruch, einen defekten Kompressor oder abgestellten Motor – kann die Feder nicht mehr zurückgehalten werden und legt die Bremse selbsttätig an. Das Fahrzeug wird also gerade dann gebremst, wenn die Druckluftversorgung versagt.

- **Feststellbremse:** Der Fahrer entlüftet den Federspeicher gezielt über das Handbremsventil und spannt so das Fahrzeug fest.
- **Notbremsung / Abriss (breakaway):** Reißt ein Anhänger ab oder fällt der Vorratsdruck unter einen kritischen Wert, entlüftet der Federspeicher automatisch und bremst das Fahrzeug ab.

### Anti-Compounding und Löseventil

Werden Betriebs- und Federspeicherbremse gleichzeitig betätigt, könnten sich beide Kräfte am Gestänge addieren und die mechanischen Bauteile überlasten. Die **Anti-Compound-Funktion** verhindert dies, indem der beim Bremsen anstehende Betriebsbremsdruck zugleich zum Lösen des Federspeichers herangezogen wird, sodass nie beide Kräfte voll zusammenwirken. Auf der Anhängerseite sorgt das **Inversions- bzw. Feststell-Löseventil** dafür, dass ein abgekuppelter Anhänger über den eigenen Vorratsbehälter kurzzeitig rangiert und wieder gelöst werden kann.

### Federspeicher sicher lösen (Caging)

Für Wartungsarbeiten oder zum Abschleppen eines drucklosen Fahrzeugs muss der Federspeicher mechanisch gelöst werden. Dazu dient die im Zylinder integrierte **Löseschraube** (Notlöseschraube), mit der die Feder von Hand zurückgedreht und arretiert wird.

- Fahrzeug gegen Wegrollen sichern (Unterlegkeile), bevor die Bremse gelöst wird.
- Löseschraube nach Herstellerangabe einsetzen und die Feder vollständig zurückspannen.
- Nach der Arbeit die Schraube wieder herausdrehen, damit die Bremse ihre volle Funktion zurückerhält.

Zustand	Federspeicher	Bremswirkung
Voller Systemdruck	gespannt (belüftet)	gelöst
Druckverlust / abgestellt	entspannt (entlüftet)	angelegt
Mechanisch gelöst (Caging)	arretiert	gelöst (nur Wartung)

## **Sicherheitshinweis**

**Die Feder eines Federspeicherzylinders steht unter hoher Vorspannung.** Ein Öffnen oder Zerlegen des Gehäuses kann zu schweren Verletzungen führen. Federspeicher niemals gewaltsam öffnen, nur die vorgesehene Löseschraube verwenden und defekte Zylinder stets komplett als VADEN ORIGINAL Ersatzteil tauschen.

## Lastabhängige Bremskraftregelung & Luftfederungssteuerung

---

Ein beladener Sattelzug bremst völlig anders als das leere Fahrzeug: Die Achslasten schwanken zwischen Leer- und Beladungszustand um ein Vielfaches. Würde jede Achse unabhängig von ihrer tatsächlichen Last stets mit vollem Bremsdruck beaufschlagt, blockierten die entlasteten Räder sofort. Die lastabhängige Bremskraftregelung passt den Bremsdruck deshalb kontinuierlich an die real anliegende Achslast an.

### Der ALB-Regler (automatische lastabhängige Bremskraftregelung)

Das Kernbauteil ist der ALB-Regler, im deutschen Sprachgebrauch auch als lastabhängiger Bremskraftregler bezeichnet. Er sitzt zwischen Betriebsbremsventil und Bremszylinder und dosiert den zu den Radbremsen durchgelassenen Bremsdruck im Verhältnis zur momentanen Achslast:

- Bei mechanischer Federung wird die Last über ein Gestänge abgegriffen, das die Achse-zu-Rahmen-Bewegung erfasst.
- Bei Luftfederung dient der Federbalgdruck als Maß für die Achslast; der ALB-Regler wertet diesen Druck aus (luftgesteuerter Bremskraftregler).
- Das Ergebnis ist ein lastproportionaler Ausgangsdruck: geringer Druck im Leerzustand, voller Druck bei Volllast.

In modernen Fahrzeugen mit ABS und EBS wird diese Funktion überwiegend elektronisch über die ECU abgebildet; im Bestand und bei vielen Anhängern bleibt der pneumatische ALB-Regler jedoch das maßgebliche Regelorgan.

### Niveauventil und ECAS

Damit die Achslasterfassung korrekte Werte liefert, muss die Fahrhöhe stimmen. Das Niveauventil (Niveauregelventil) regelt bei rein pneumatischer Luftfederung den Balgdruck so nach, dass das Fahrniveau lastunabhängig konstant bleibt. Bei elektronisch gesteuerter Luftfederung übernimmt ECAS diese Aufgabe über Höhensensoren, Magnetventile und die ECU – mit schnellerer Regelung, Memory-Niveaus und Absenkfunktion an der Rampe. Ein korrekt eingestelltes Niveau ist zugleich Voraussetzung für einen exakt arbeitenden ALB-Regler, da ein verstelltes Fahrniveau den Balgdruck und damit das Lastsignal verfälscht.

### Warum lastproportionales Bremsen entscheidend ist

- **Fahrstabilität:** Überbremste, entlastete Achsen neigen zum Blockieren und Ausbrechen – die Lastregelung hält das Fahrzeug spurstabil.
- **Gleichmäßige Bremskraftverteilung:** Zug- und Anhängerbremsen werden aufeinander abgestimmt, Auflauf- oder Schiebekräfte im Gespann werden vermieden.
- **Verschleiß:** Belag und Bremsscheibe werden nur mit dem tatsächlich erforderlichen Druck belastet, was ungleichmäßigen Verschleiß und thermische Überlastung reduziert.

VADEN ORIGINAL liefert die zentralen Komponenten dieser Regelkreise – sowohl ALB-Regler als auch Niveauventile in Erstausrüstungsqualität für gängige Nutzfahrzeug-Anwendungen.

<b>VADEN ORIGINAL category</b>	<b>Funktion im System</b>	<b>Anwendung</b>
ALB Valve	Regelt den Bremsdruck lastproportional zur Achslast	Zugfahrzeug & Anhänger, mechanisch oder luftgesteuert
Levelling Valve	Hält das Fahrniveau der Luftfederung konstant	Luftgefederte Achsen an Lkw, Bus, Trailer

## ABS & EBS – Elektronische Bremsregelung

---

Moderne Nutzfahrzeuge verlassen sich nicht mehr allein auf die rein pneumatische Bremskraftübertragung. Elektronische Systeme überwachen jedes Rad und greifen in Sekundenbruchteilen in den Bremsdruck ein. Den Einstieg bildet ABS (Antiblockiersystem), die Weiterentwicklung ist das vollständig elektronisch angesteuerte EBS (Electronic Braking System).

### ABS – Antiblockiersystem

An jedem geregelten Rad sitzt ein Raddrehzahlsensor, der zusammen mit dem am Radlager oder an der Nabe umlaufenden Polrad (Impulsrad, „Exciter Ring“) arbeitet. Die Zähne des Polrads erzeugen im Sensor ein Wechselsignal, dessen Frequenz proportional zur Raddrehzahl ist. Aus diesem Signal berechnet die ECU laufend Drehzahl, Verzögerung und Radschlupf.

Erkennt die ECU an einem Rad eine drohende Blockierung, steuert sie das zugehörige ABS-Magnetregelventil (den ABS-Modulator) an. Dieses Ventil sitzt zwischen Betriebsbremsventil und Bremszylinder und regelt den Druck nach der klassischen Dreistufen-Logik:

- **Druck absenken (release):** Der Bremsdruck am blockierenden Rad wird abgebaut, das Rad läuft wieder an.
- **Druck halten (hold):** Der erreichte Druck wird konstant gehalten, um den optimalen Schlupfbereich zu treffen.
- **Druck wieder aufbauen (re-apply):** Sobald das Rad wieder stabil dreht, wird der Bremsdruck erneut gesteigert.

Diese Zyklen laufen mehrfach pro Sekunde ab, sodass das Fahrzeug bei Vollbremsung lenkbar und spurstabil bleibt. Der Fahrer wird über die ABS-Warnleuchte im Armaturenbrett informiert: Sie leuchtet beim Einschalten zur Funktionsprüfung kurz auf und erlischt danach. Bleibt sie an, liegt eine Störung vor – das ABS ist dann abgeschaltet, die normale Bremswirkung bleibt jedoch erhalten.

### EBS – elektronisches Bremssystem

Beim EBS wird der Bremswunsch elektrisch übertragen („Brake-by-Wire“). Ein Sensor am Bremspedal wandelt die Fußkraft in ein elektrisches Signal um; die Druckluft dient nur noch als Energieträger, nicht mehr als Steuermedium. Eine pneumatische Redundanzleitung bleibt als Rückfallebene erhalten. Dadurch reagiert das System schneller, dosiert den Druck radindividuell und baut die Bremse spürbar früher auf als eine rein pneumatische Anlage.

EBS integriert ABS und ALB (lastabhängige Bremskraftregelung) sowie ASR (Antriebsschlupfregelung) und die Fahrstabilitätsregelung (ESP) in einem Steuergerät. So werden Brems- und Antriebsschlupf, Achslastverteilung und Bremsbelagverschleiß gemeinsam geregelt. Der entscheidende Unterschied zum reinen ABS: ABS greift erst kurz vor dem Blockieren korrigierend ein, während EBS den gesamten Bremsvorgang aktiv steuert und Zugfahrzeug und Anhänger elektronisch aufeinander abstimmt.

<b>Merkmal</b>	<b>ABS</b>	<b>EBS</b>
Bremsansteuerung	pneumatisch	elektrisch (Brake-by-Wire) mit pneumatischer Rückfallebene
Eingriffszeitpunkt	nur bei drohender Blockierung	über den gesamten Bremsvorgang
Ansprechverhalten	gut	deutlich schneller, radindividuell
Integrierte Funktionen	ALB (getrennt)	ABS, ALB, ASR, Stabilitätsregelung
Zug-Anhänger-Abstimmung	begrenzt	elektronisch koordiniert

VADEN ORIGINAL liefert die zentralen Komponenten beider Systeme – ABS- und EBS-Modulatoren sowie Raddrehzahlsensoren – in Erstausrüsterqualität für eine präzise und zuverlässige Bremsregelung.

## Der Anhängerbremskreis

---

Bei Lastzügen und Sattelzügen muss die Bremsanforderung des Fahrers vom Zugfahrzeug (Motorwagen) auf den Anhänger bzw. Auflieger übertragen werden. Diese Übertragung erfolgt rein pneumatisch über zwei getrennte Druckluftleitungen und ist bewusst so ausgelegt, dass der Anhänger selbst bei einem Leitungsabriss sicher zum Stehen kommt.

### Übertragung der Bremsung auf den Anhänger

Die Verbindung zwischen Motorwagen und Anhänger wird über zwei Kupplungsköpfe (Gladhands) hergestellt. Sie sind farblich codiert und lassen sich nicht verwechseln:

- **Roter Kupplungskopf „Vorrat“:** führt die Vorrats- bzw. Notleitung und versorgt den Anhänger ständig mit Druckluft.
- **Gelber Kupplungskopf „Bremse“:** führt die Brems- bzw. Steuerleitung und überträgt das eigentliche Bremsignal.

Auf dem Motorwagen erzeugt das Anhängersteuerventil aus der Betriebsbrems- und Feststellbremsanforderung den Steuerdruck für die gelbe Leitung. Es übernimmt zugleich die Schutzfunktion für den Motorwagen: Bei einem Druckverlust im Anhängerkreis trennt es den Anhänger ab und sichert den Vorratsdruck des Zugfahrzeugs, sodass dessen eigene Bremsanlage voll funktionsfähig bleibt. Ein zusätzliches Handbremsventil (Handregler) ermöglicht dem Fahrer, ausschließlich die Anhängerbremse anzusteuern, etwa zum Prüfen oder Rangieren.

### Bremskomponenten am Anhänger

Der über die gelbe Leitung ankommende Steuerdruck ist nur ein Signal mit geringer Luftmenge. Am Anhänger sitzt deshalb ein eigenes Anhängerbrems- bzw. Relaisventil, das dieses Signal auswertet und die benötigte große Luftmenge unmittelbar aus den anhängereigenen Druckluftbehältern (Vorratsbehältern) entnimmt. Dadurch sprechen die Bremszylinder (Membran- bzw. Kombizylinder) an allen Achsen schnell und gleichmäßig an. Die Vorratsbehälter werden im Fahrbetrieb fortlaufend über die rote Vorratsleitung gefüllt und halten so stets genügend Energie für eine Vollbremsung bereit.

### Verhalten bei Abriss und Notbremsung

Reißt der Anhänger ab oder bricht die Vorratsleitung, fällt der Druck in der roten Leitung schlagartig ab. Das Anhängerbremsventil erkennt diesen Druckabfall und leitet die im Vorratsbehälter gespeicherte Druckluft selbsttätig in die Bremszylinder. Der abgetrennte Anhänger bremst dadurch automatisch ab und kommt zum Stillstand (Selbst- bzw. Notbremsung). Dieses ausfallsichere Prinzip stellt sicher, dass ein sich lösender Anhänger niemals ungebremst weiterrollt.

<b>Bauteil</b>	<b>Funktion</b>	<b>VADEN ORIGINAL category</b>
Anhängersteuerventil (Motorwagen)	Erzeugt den Steuerdruck und schützt den Vorrat des Zugfahrzeugs	Trailer Control Valve
Handbremsventil / Handregler	Separate Ansteuerung nur der Anhängerbremse	Hand Brake Valve
Kupplungsköpfe rot/gelb	Verbindung von Vorrats- und Bremsleitung	Gladhand Coupling
Anhängerbrems-/Relaisventil	Verstärkt das Signal, entnimmt Luft aus dem Behälter	Relay Valve
Druckluftbehälter	Speichert den Bremsluftvorrat am Anhänger	Air Reservoir
Bremszylinder	Setzt den Druck in Zuspännkraft am Rad um	Brake Chamber

## Fehlersuche und Wartung

---

Eine zuverlässige Druckluftbremsanlage erkennt man daran, dass sie schnell den Betriebsdruck aufbaut, ihn dicht hält und an allen Achsen gleichmäßig verzögert. Treten Störungen auf, lassen sie sich meist auf wenige, klar eingrenzbare Ursachen zurückführen. Die folgende Tabelle fasst die häufigsten Symptome zusammen und nennt jeweils die wahrscheinliche Ursache sowie die empfohlene Prüf- und Abhilfemaßnahme. Arbeiten an der Bremsanlage dürfen ausschließlich von geschultem Fachpersonal und bei drucklos gemachter Anlage durchgeführt werden.

Symptom	Wahrscheinliche Ursache	Prüfung / Abhilfe
Langsamer Druckluftaufbau	Verschlissener oder undichter Kompressor, verstopfter Lufttrockner, Leckage in der Förderleitung, hängender Druckregler	Fördermenge und Förderzeit des Kompressors prüfen; Lufttrocknerpatrone und Leitungen auf Durchgang kontrollieren; Druckregler und Rückschlagventile prüfen und bei Bedarf erneuern.
Übermäßig Kondenswasser in den Behältern	Erschöpfte Lufttrocknerpatrone, defektes Trocknerheizelement, nicht arbeitendes Regenerationsventil	Behälter entwässern; Lufttrocknerpatrone ersetzen; Funktion von Heizung und Regeneration des Lufttrockners prüfen; auf Öleintrag durch verschlissenen Kompressor achten.
Bremse schleift oder löst nicht	Klemmender Gestängesteller, festsitzender Bremszylinder, verklebtes Relais- oder Anhängersteuerventil, Feststellbremse löst nicht vollständig	Freigängigkeit von Gestängesteller und Bremsnocken prüfen; Rückhub des Bremszylinders kontrollieren; Löse- und Entlüftungsverhalten der Ventile prüfen; schwergängige Bauteile instand setzen oder erneuern.
Hörbare Undichtigkeit (Luftaustritt)	Undichte Verschraubung oder Leitung, defekte Zylindermembran, verschlissene Ventildichtung	Anlage bei Betriebsdruck mit Lecksuchspray abschäumen; Verschraubungen nachziehen; schadhafte Leitungen, Membranen und Ventile austauschen; zulässige Druckabfallwerte einhalten.
ABS-Warnleuchte bleibt an	Verschmutzter oder falsch eingestellter Raddrehzahlsensor, beschädigtes Polrad, Kabel- oder Steckerfehler, hinterlegter Fehlercode in der ECU	Fehlerspeicher der ECU mit dem Diagnosegerät auslesen; Luftspalt und Zustand von Sensor und Polrad prüfen; Verkabelung und Steckverbindungen kontrollieren; Fehler beheben und Speicher löschen.
Niederdruckwarnung / Warnsummer	Zu niedriger Systemdruck, Leckage, defekter Druckschalter oder Sensor, unzureichende Kompressorförderung	Behälterdruck an den Manometern ablesen; Anlage auf Leckagen prüfen; Druckschalter/Sensor und Warneinrichtung kontrollieren; Kompressorleistung sicherstellen. Fahrzeug erst bei vollem Betriebsdruck bewegen.
Ungleichmäßige Bremsung oder Schiefziehen	Unterschiedlich eingestellte Gestängesteller, ungleiche Belag- oder Trommelabnutzung, fehlerhafte ALB-Einstellung, teilweise verölte Beläge	Bremshübe aller Achsen vergleichen und angleichen; Beläge und Trommeln auf gleichmäßigen Verschleiß prüfen; ALB-Regler bzw. EBS-Bremskraftverteilung kontrollieren; verölte oder ungleiche Beläge erneuern.

## Wartungsintervalle

- **Druckluftbehälter entwässern:** Vorratsbehälter regelmäßig, idealerweise täglich bei automatischer Entwässerung im Zweifel manuell, über die Entwässerungsventile entleeren, um Kondenswasser und Ölschlamm zu entfernen.

- **Lufttrocknerpatrone ersetzen:** Die Trocknerpatrone nach Herstellervorgabe (üblicherweise jährlich bzw. laufleistungsabhängig) erneuern, um sichere Luftaufbereitung und Korrosionsschutz zu gewährleisten.
- **Leerweg des Gestängestellers prüfen:** Freilauf und Nachstellfunktion der Gestängesteller kontrollieren und bei automatischen Stellern die selbsttätige Nachstellung überprüfen.
- **Kolbenhub des Bremszylinders prüfen:** Den Druckstangenhub der Membran- bzw. Bremszylinder messen und mit den zulässigen Grenzwerten vergleichen; bei Überschreitung nachstellen oder instand setzen.
- **Bremsbeläge und Bremstrommeln prüfen:** Belagstärke, Trommel- bzw. Scheibenzustand sowie Rissbildung und Verschleißgrenzen kontrollieren und Bauteile rechtzeitig erneuern.

Die Einhaltung dieser Intervalle sichert kurze Ansprechzeiten, gleichmäßige Bremskräfte und die volle Funktion der elektronischen Systeme. Beim Austausch von Verschleiß- und Funktionsteilen gewährleisten Komponenten aus dem VADEN ORIGINAL Programm passgenaue Abmessungen und geprüfte Materialqualität für die Druckluftbremsanlage.

## Bauteil-Schnellübersicht & Glossar

Die folgende Tabelle fasst die wichtigsten Komponenten einer Druckluft-Bremsanlage zusammen: ihre Kernfunktion in einem Satz sowie die zugehörige Produktkategorie im Sortiment von VADEN ORIGINAL. Sie dient als schneller Nachschlagepunkt für Werkstatt und Ersatzteildisposition.

Bauteil	Funktion	VADEN ORIGINAL category
Luftpresser (Kompressor)	Erzeugt die Druckluft für die gesamte Bremsanlage.	Air Compressor
Druckregler	Regelt den Systemdruck zwischen Ein- und Ausschaltpunkt.	Pressure Regulator
Lufttrockner / Trocknerpatrone	Entzieht der Druckluft Feuchtigkeit und Öl vor der Speicherung.	Air Dryer & Cartridge
Entlastungsventil	Entlastet den Kompressor beim Erreichen des Ausschaltendrucks.	Unloader Valve
Relaisventil	Beschleunigt Be- und Entlüftung entfernter Bremszylinder.	Relay Valve
Schnelllöseventil	Entlüftet den Bremszylinder ortsnah für schnelles Lösen.	Quick Release Valve
Membranbremszylinder	Wandelt Luftdruck in die Zuspännkraft der Betriebsbremse um.	Brake Chamber
Federspeicherbremszylinder	Erzeugt über eine Feder die Feststell- und Hilfsbremskraft.	Spring Brake Chamber
Gestängesteller	Überträgt und stellt das Lüftspiel der Bremse (nach) ein.	Slack Adjuster
Lastabhängiger Bremskraftregler (ALB)	Passt den Bremsdruck an den Beladungszustand an.	Load Sensing Valve (ALB)
Niveauregelventil	Hält die Fahrzeughöhe der Luftfederung konstant.	Levelling Valve
ABS/EBS-Modulator	Steuert den Radbremsdruck elektronisch geregelt an.	ABS/EBS Modulator
Auspuffbremse	Bremst über Abgasstau den Motor als Dauerbremse.	Exhaust Brake
Kupplungsverstärker	Unterstützt pneumatisch die Betätigung der Kupplung.	Clutch Servo

## Glossary

- **cut-in/cut-out** (Einschalt-/Ausschaltdruck) — die vom Druckregler vorgegebenen Schaltpunkte. Beim Ausschaltdruck (z. B. rund 12,5 bar) geht der Kompressor in Leerlauf; sinkt der Vorrat auf den Einschalttdruck, fördert er erneut.
- **wet tank** (Nassbehälter) — der erste Druckluftbehälter direkt hinter Kompressor und Trockner. Er sammelt Restkondensat und Öl, bevor die gereinigte Luft an die Kreisbehälter weitergegeben wird.
- **S-cam** (S-Nocken) — die S-förmige Spreiznocke der Trommelbremse. Der Gestängesteller dreht den S-Nocken, der die Bremsbacken gegen die Trommel drückt.
- **gladhand** (Kupplungskopf) — die genormte Schlauchkupplung zwischen Zugfahrzeug und Anhänger für Vorrats- und Bremsleitung, farblich bzw. mechanisch gegen Verwechslung gesichert.
- **anti-compounding** (Additionsschutz) — eine Ventilschaltung, die verhindert, dass sich Betriebsbremskraft und Federspeicherkraft in einem Kombizylinder addieren und die Mechanik überlasten.
- **free-stroke** (Lüftspiel/Leerhub) — der Anfangsweg des Bremszylinderstößels, bis die Beläge anliegen. Ein korrekt eingestellter Gestängesteller hält dieses Spiel gering.
- **ALB** — automatisch-lastabhängiger Bremskraftregler; reduziert den Bremsdruck bei geringer Beladung, um ein Überbremsen und Blockieren der Achse zu vermeiden.
- **fail-safe** (eigensicher) — das Grundprinzip der Druckluftbremse: Bei Druckverlust spannt der Federspeicher selbsttätig zu, sodass das Fahrzeug auch bei Systemausfall abgebremst wird.