

# 1. Didaktische Planung

## Vor- und Nachstruktur

Die vorliegende Unterrichtseinheit ist Teil der Lernsituation „Kundenbeanstandungen Motor läuft nicht an, durch defektes Common Rail Einspritzsystem“, die wiederum dem Lernfeld 8 Mechatronische Systeme des Antriebsmanagements diagnostizieren zugeordnet ist.

Im schulischen Ablaufplan liegen vor diesem Thema die Funktionsweise und der Aufbau des Dieselmotors. Die Schülerinnen und Schüler kennen das Common Rail System und dessen Bauteile und deren Aufgabe. Die Funktion der Hochdruckpumpe wurde in der Stunde davor erklärt. Im Rahmen der Lernsituation „Kundenbeanstandungen Motor läuft nicht an, durch defektes Common Rail Einspritzsystem“, wird das Thema der Raildruckregelung vertiefend besprochen.

Nach dem Thema der Raildruckregelung kommt die abschließende Unterrichtseinheit Einspritzsteuerung/Injektoren, welches den Abschluss zum Thema Common Rail bildet.

## Lernziele

In der Unterrichtseinheit werden folgende fachliche Lernziele angestrebt (vgl. Rahmenlehrplan):

- Die Schülerinnen und Schüler führen Wartungs-, Diagnose- und Instandsetzungsarbeiten an Motormanagementsystemen durch.
- Sie berücksichtigen die Auswirkungen von Fehlfunktionen auf die Motorteilsysteme, den Verbrennungsprozess.
- Sie führen eine strukturierte Fehlersuche durch.

## Feinziele

- Die Funktionsweise der Raildruckregelung ist verstanden.

## Lerninhalte

Um die genannten Lernziele zu erreichen, wurden die folgenden Lerninhalte ausgewählt:

- Aufgaben der Raildruckregelung
- Bauteile/Systemübersicht
- Funktion der Bauteile und der Raildruckregelung

## Lernschritte

Unter Berücksichtigung der Unterrichtsprinzipien „Vom Einfachen zum Schwierigen“ und „Sachlogische Anordnung“ ergibt sich folgende Reihenfolge der Lernschritte:

- Die prinzipiellen Aufgaben an die Raildruckregelung werden geklärt.
- Die zur Realisierung der Aufgaben benötigten Systemkomponenten werden rekapituliert (Bauteile benannt).
- Die prinzipielle Funktion der einzelnen Bauteile und deren Zusammenspiel im Regelkreis werden erarbeitet.

## 2. Methodische Planung

Methodische Vorgehensweise	Begründung
<u>Unterrichtseröffnung:</u> Technische Problemschilderung aus Werkstatt <b>Rollenspiel</b>	Diese Form der Unterrichtseröffnung führt zu einer hohen Motivation, weil eine reale Situation wie diese in einer Kfz-Werkstatt immer wieder vorkommen kann. Dadurch wird eine Betroffenheit bei den Schülern erzeugt und deren Neugierde geweckt. Damit ist das Leitproblem gegeben, an dem entlang sich die ganze Stunde entwickeln kann. <b>Methodenwechsel</b>
<u>Selbstdiagnose:</u> Schüler füllen Selbstdiagnosebogen aus.	Schüler sollen ihre eigenen Kompetenzen ermitteln um zu wissen, wo sie sich weiterentwickeln bzw. verbessern müssen.
1. <u>Lernschritt:</u> Aufgaben der Raildruckregelung <b>Brainstroming/</b> <b>Unterrichtsgespräch</b>	Durch das Unterrichtsgespräch können die Schüler die wichtigsten Aufgaben der Druckregelung reflektieren, bzw. der Lehrer kann zusätzlich weitere wichtige Punkte benennen.
2. <u>Lernschritt:</u> Bauteile/Systemübersicht <b>Unterrichtsgespräch</b>	Durch das Unterrichtsgespräch wird an das bisherige Wissen angeknüpft und überprüft, inwieweit die Begriffe noch vorhanden sind. <b>Methodenwechsel</b>
3. <u>Lernschritt:</u> Funktionsweise Raildruckregelung <b>Gruppenarbeit,</b> <b>Schülerpräsentation</b>	In der Gruppenarbeit sollen die Schüler sich die Funktionsweise der Raildruckregelung aus dem Infotext und dem Fach-/Tabellenbuch erarbeiten. Anschließend werden bei den Schülerpräsentationen die Ergebnisse kontrolliert und dokumentiert. <b>Methodenwechsel</b>
<u>Lernzielkontrolle:</u> <b>Unterrichtsgespräch</b>	Die technische Problemstellung vom Anfang wird noch einmal diskutiert und gelöst.

### 3. Verlaufsplanung

Medien: OHP und Folien, Selbstdiagnose, Tafel, Arbeitsblatt, Arbeitsauftrag, Auflichtkamera, Metaplanwände, Beamer

Literatur: Infotext, Europa-Fachbuch 30. Auflage S. 319 ff., TBB H+J 27. Auflage S. 153 ff

Modelle/Realteile: Rail, Raildrucksensor und Druckregelventil, Steuergerät, SMART-Motor, Hochdruckpumpe mit Zumesseinheit

Methoden: Rollenspiel, Unterrichtsgespräch, Brainstorming, Gruppenarbeit

<b>Lernschritt/ Stichwort:</b>	<b>t:</b>	<b>Ablauf, Lehrer - Schüleraktivität:</b>	<b>Methode</b>	<b>Medien</b>
Unterrichtseinstieg/ Motivation	5	L. und S. führen gemeinsam das vorbereitete Rollenspiel durch F.: Welche Fehler im Common Rail Einspritzsystem könnten denn die Ursache dafür sein, dass der Motor nicht startet? S.: diverse Antworten L.: In dem vorliegenden Fall liegt der Fehler in der Raildruckregelung! L.: Sie sehen die Raildruckregelung ist elementar wichtig für das Common Rail System, vor allem vor den Hintergrund, dass ein Druck wohl vorhanden sein muss, damit ein Fahrzeug überhaupt startet und sehr hohe Drücke erreicht werden können, deshalb werden wir uns in der folgenden Einheit mit den Aufgaben der Raildruckregelung beschäftigen, die dazu benötigten Bauteile um die Funktionsweise der eigentlichen Raildruckregelung an der Common Rail Hydraulik zu erarbeiten um letztendlich unseren Fehler einzugrenzen. L.: teilt Selbstdiagnosebogen aus für die Schüler, S.: füllen Selbstdiagnosebogen aus.	Rollenspiel Unterrichtsgespräch	
Zielangabe	2 7			
Lernschritt 1 Aufgaben	5	F.: Welche Aufgabe hat denn die Raildruckregelung in einem Common Rail System? L.: sammelt Aufgaben der Raildruckregelung an der Tafel. L. und S. diskutieren, was nun wirklich Aufgaben sind und dokumentiert an der Tafel. Tafelanschrift	Brainstorming, Unterrichtsgespräch	Tafel
Lernschritt 2 Bauteile/ Systemübersicht	12			
	2	L.: legt Arbeitsblatt mit einem Übersichtsbild eines CR-System auf (aus der Stunde davor) und rekapituliert zusammen mit S. die Bauteile, vor allem die benötigten Bauteile für die Raildruckregelung	Unterrichtsgespräch	Arbeitsblatt Bauteile Reale Komponenten Tafelanschrift
	14	F. Welche Bauteile auf der Systemübersicht sind für die Raildruckregelung notwendig?		
LZK	2 16	S.: zeigt die realen Teile am Motor	Schülerpräsentation	Realer Motor
Lernschritt 3 Funktionsweise	30	F.: Wie funktioniert nun die Raildruckregelung? F.: Warum startet unser Fahrzeug nicht? L.: erklärt Aufgabenstellung und nimmt die Gruppeneinteilung vor, 6 Gruppen 3 Schwierigkeitsgrade => Arbeitsteilig und Arbeitsgleich S.: lesen sich den Infotext zur Raildruckregelung durch S.: erarbeiten sich gemeinsam anhand des Puzzles die Funktionsweise der Bauteile, Sensor, Rail, Steuergerät, Aktoren, Ergebnisse werden an die Metaplanwand gepinnt	Gruppenarbeit	Aufgabenstellung, Metaplanwände und vorbereitete Karten
	46			

<b>Lernschritt/ Stichwort:</b>	<b>t:</b>	<b>Ablauf, Lehrer - Schüleraktivität:</b>	<b>Methode</b>	<b>Medien</b>
LZK	20 66	S.: präsentieren ihre Ergebnisse an ihrer Metaplanwand, jeweils ein Schwierigkeitsgrad und nur immer die zusätzlichen/neuen Information	Schüler- präsentation	Metaplanwände
Lernzielkontrolle	5 5 76	L. und S. besprechen die Problemstellung vom Anfang und lösen das Problem F.: Welche Fehler könnten Ursache für die Probleme in der Werkstatt sein? F.: Wie groß ist der Druck im Rail, wenn das DRV kein Signal vom SG erhält? S.: Vergleichen Selbstdiagnose mit dem heute erreichten und gelernten.	Unterrichts- gespräch	

Schüler als Kunde und Lehrer als „Meister/Serviceberater“

## Rollenspiel

Dauer: ca. 5 Minuten

*Abgeschlepptes Fahrzeug SMART (Motormodell) steht mit dem Kunden auf dem Hof. Der Kunde steht direkt neben dem Fahrzeug. Der Meister kommt näher. Der Meister begrüßt den Kunden. Streckt ihm die Hand entgegen.*

**Meister:** Guten Tag. Was kann ich für Sie tun?

**Kunde:** Tja, mein Wagen startet nicht mehr, deshalb bin ich abgeschleppt worden und stehe nun bei Ihnen auf dem Hof.

**Meister:** Der Starter funktioniert noch und versucht den Motor zu starten?

**Kunde:** Ja, wenn ich den Zündschlüssel betätige, da orgelt der Motor. Aber sobald ich den Zündschlüssel loslasse, geht der Motor wieder aus.

**Meister:** *Der Meister geht an das Fahrzeug, öffnet die Motorhaube und betrachtet den Motor, SMART-Motor als Modell*

**Meister:** Aha, es handelt sich um eine Common Rail Anlage. Nun, das Verhalten kann mehrere Ursachen haben, ich vermute aber einen Fehler in der Einspritzanlage.

**Kunde:** Könnten Sie mir das näher erläutern? Was ist kaputt und was kostet mich das?

**Meister:** Ich werde mich jetzt um das Fahrzeug kümmern und mein Azubi wird Ihnen bei einer Tasse Kaffee die möglichen Ursachen genau erklären.

**LS: SMART mit Dieselmotor startet nicht Fehler in der Einspritzanlage vermutet**

**Aufgabenstellung:**

- Lesen Sie den Text durch! 
- Beantworten Sie die Fragen auf dem Extrablatt! 

**Einsteller-Regelung hochdruckseitig**

- Erarbeiten Sie sich die Funktionsweise der Einsteller-Regelung hochdruckseitig!
- Erstellen Sie an der Metaplanwand den Regelkreis mit den notwendigen Sensoren, dem Steuergerät, Aktoren, Eingangssignalen und Ausgangssignalen für die Druckregelung mit einer Einsteller-Regelung hochdruckseitig! Benutzen Sie dafür die vorgegebenen Bilder und Bauteilbezeichnungen! Ergänzen Sie die hydraulischen und elektrischen Leitungen mit einem Stift.
- Ergänzen Sie die Kräfte am Druckregelventil, wenn es angesteuert wird!
- Welche Vorteile hat die Einsteller-Regelung hochdruckseitig?
- Welche Nachteile hat die Einsteller-Regelung hochdruckseitig?
- Welche Alternativen gibt es zur Einsteller-Regelung hochdruckseitig?

**Einsteller-Regelung niederdruckseitig**

- Erarbeiten Sie sich die Funktionsweise der Einsteller-Regelung niederdruckseitig!
- Erstellen Sie an der Metaplanwand den Regelkreis mit den notwendigen Sensoren, dem Steuergerät, Aktoren, Eingangssignalen und Ausgangssignalen für die Druckregelung mit einer Einsteller-Regelung niederdruckseitig! Benutzen Sie dafür die vorgegebenen Bilder und Bauteilbezeichnungen! Ergänzen Sie die hydraulischen und elektrischen Leitungen mit einem Stift.
- Erläutern Sie die Einsteller-Regelung niederdruckseitig!
- Welche Vorteile hat die Einsteller-Regelung niederdruckseitig?
- Welche Nachteile hat die Einsteller-Regelung niederdruckseitig?
- Welche Alternativen gibt es zur Einsteller-Regelung niederdruckseitig?

**Zweisteller-Regelung**

- Erarbeiten Sie sich die Funktionsweise der Zweisteller-Regelung!
- Erstellen Sie an der Metaplanwand den Regelkreis mit den notwendigen Sensoren, dem Steuergerät, Aktoren, Eingangssignalen und Ausgangssignalen für die Druckregelung mit einer Zweisteller-Regelung! Benutzen Sie dafür die vorgegebenen Bilder und Bauteilbezeichnungen! Ergänzen Sie die hydraulischen und elektrischen Leitungen mit einem Stift.
- Erläutern Sie die Zweisteller-Regelung!
- Welche Vorteile hat die Zweisteller-Regelung?
- Welche Nachteile hat die Zweisteller-Regelung?

Präsentieren Sie Ihre Ergebnisse und Antworten auf die Fragen nach der Bearbeitungsphase der ganzen Klasse anhand der erstellten Metaplanwand!

**Hilfsmittel:**

- Infotext, Fachkunde- und Tabellenbuch
- Metaplanwand
- Bilder/Bauteilbezeichnungen

		<b>Diesel Einspritzung Common Rail</b>	Fach	Blatt
Name	Klasse		Aufgabenstellung/Infotext Raildruckregelung	
			Tag	

**Bearbeitungszeit 25 min**

**Infotext:**

**CR-Systemaufbau:**

Das Common Rail System wird in 3 Teilbereiche untergliedert:

**Niederdruckkreis:** er gliedert sich in den Saugdruckbereich, den Vorförderdruckbereich und den Kraftstoffrücklauf. Enthalten sind der Kraftstoffbehälter, die Kraftstoffvorerwärmung (optional), der Kraftstofffilter, die Kraftstoffförderpumpe und der Kraftstoffkühler (optional).

**Hochdruckbereich:** er besteht aus der Hochdruckpumpe, den Hochdruckleitungen, dem Rail und einem Injektor(Einspritzventil) je Zylinder.

**Elektronische Steuerung:** sie umfasst das Steuergerät, die Sensorausrüstung, das Druckregelventil und/oder die Zumesseinheit und die Ventile der Injektoren.

**Wirkungsweise:** Der Kraftstoff wird von der Kraftstoffförderpumpe aus dem Tank über die Kraftstoffvorerwärmung und den Kraftstofffilter zur Hochdruckpumpe gefördert. Das Fördervolumen der Hochdruckpumpe ist so ausgelegt, dass auch schon bei kleinen Motordrehzahlen hohe Drücke erreicht werden können. Abhängig von Motorlast (Einspritzmenge) und Motordrehzahl wird entsprechend des Raildruckkennfelds der Druck im Rail geregelt. Die Injektoren spritzen den Kraftstoff direkt in den Brennraum ein. Durch das Speichervolumen des Rails ist die Druckerzeugung von der Einspritzung getrennt.

Das EDC-Steuergerät berechnet je nach Betriebs- und Umgebungssituation die Einspritzgrößen: Einspritzbeginn, Einspritzdauer (→ Einspritzmenge), Druck im Rail und den zeitlichen Verlauf der Einspritzung, z.B. Vor-, Haupt- und Nacheinspritzung.

**Druckregelung** Man unterscheidet bei Common-Rail-Systemen folgende Regelungsarten:

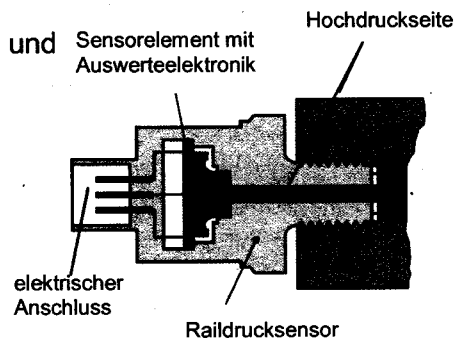
**Einsteller-Regelung (hochdruck- oder niederdruckseitig):** Hierbei wird über einen Aktor der Druck geregelt. Dieser ist entweder auf der Hochdruck- oder Niederdruckseite eingebaut.

**Einsteller-Regelung, hochdruckseitig (Funktion):** Die Hochdruckpumpe fördert unabhängig vom Kraftstoffbedarf die maximale Fördermenge. Der Druck im Rail wird über ein Druckregelventil hochdruckseitig geregelt (Hochdruckregelung). Der nicht für die Einspritzung benötigte Kraftstoff fließt über das Druckregelventil in den Niederdruckkreis zurück in den Tank. Das Druckregelventil ist meist am Rail, bei einzelnen Fahrzeugherstellern auch direkt an der Pumpe eingebaut. Durch die hochdruckseitige Druckregelung wird eine schnelle dynamische Anpassung des Drucks im Rail z.B. bei schnellen Lastwechseln ermöglicht.

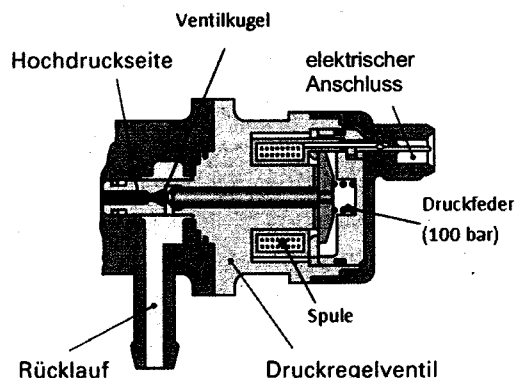
**Einsteller-Regelung, niederdruckseitig (Funktion):** Der Druck im Rail wird über die Zumesseinheit niederdruckseitig geregelt (Niederdruckregelung). Die Zumesseinheit ist am Zulauf der Hochdruckpumpe angebracht. Sie lässt nur so viel Kraftstoff zur Hochdruckpumpe, wie zur Einspritzung benötigt wird (Bedarfsregelung). Ein Druckbegrenzungsventil verhindert bei Ausfall der Zumesseinheit einen zu hohen Druck im Rail. Durch die niederdruckseitige Druckregelung ist die unter Druck gesetzte Kraftstoffmenge kleiner. Dadurch werden die Kraftstofftemperatur und die Leistungsaufnahme der Hochdruckpumpe gesenkt.

**Zweisteller-Regelung:** Zweisteller-Regelung (hochdruck- und niederdruckseitig). Hierbei erfolgt über zwei Aktoren die Druckregelung. Diese sind auf der Hochdruck- und auf der Niederdruckseite eingebaut. Bei dieser Regelungsart ist eine Zumesseinheit an der Pumpe und ein Druckregelventil am Rail eingebaut. Die Ventile werden, je nach Betriebsbedingung des Motors einzeln oder gemeinsam angesteuert.

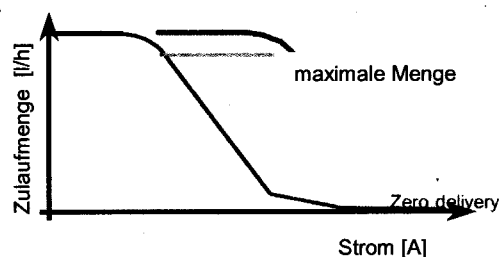
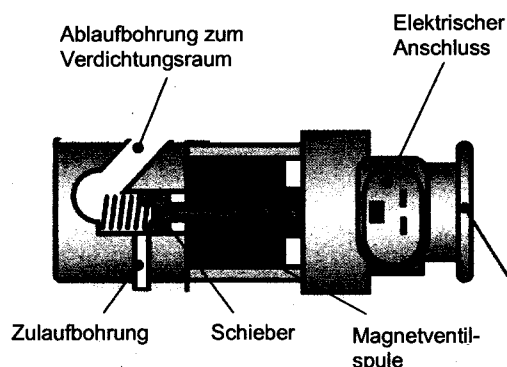
**Raildrucksensor (RDS):** Der Druck wird vom Sensorelement erfasst und über die integrierte Auswerteelektronik als Spannungssignal dem Steuergerät übermittelt. Die Versorgungsspannung des Sensors beträgt dabei 5 V. Die Signalspannung ist bei hohem Druck im Rail ca. 4,5 V, bei niedrigem Druck im Rail ca. 0,5 V. Bei Signalausfall wird das Druckregelventil mit einem festen Wert angesteuert und eine Notlauffunktion (erhöhte Leerlaufdrehzahl) geschaltet.



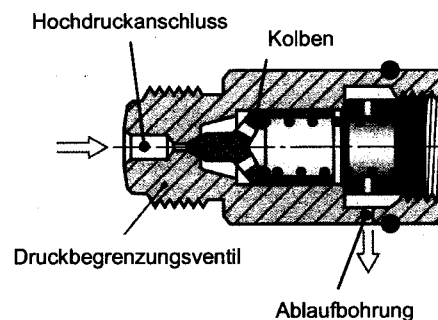
**Druckregelventil (DRV):** Es kann am Rail oder an der Hochdruckpumpe angebaut sein. Es stellt abhängig vom Lastzustand und den Betriebsbedingungen des Motors den Druck im Rail ein und hält ihn konstant. Über die Druckfeder wird der Anker mit der Ventilkugel in den Sitz gedrückt und dichtet so die Hochdruckseite (Rail) gegen die Niederdruckseite (Rücklauf) ab. Die Feder ist so ausgelegt, dass sich ein Druck von ca. 100 bar einstellt, wenn das Druckregelventil nicht angesteuert wird. Um den Druck im Rail zu erhöhen, muss zusätzlich zur Federkraft eine magnetische Kraft aufgebaut werden. Über ein PWM-Signal wird der Druck im Rail im Leerlauf auf 250 bar und bei Vollast auf bis zu 2400 bar (neuste Generation) eingestellt. Da das Speichervolumen im Rail wesentlich größer ist als die Einspritzmenge bzw. Pumpenförderung, bleibt der Druck im Rail nahezu konstant. Die Taktfrequenz ist mit 1 kHz so hoch, dass keine störenden Ankerbewegungen und somit Druckschwankungen entstehen können. Bei Ausfall des Druckregelventils ist kein Motorlauf möglich, da kein ausreichend hoher Kraftstoffdruck für die Einspritzung aufgebaut werden kann.



**Zumesseinheit (ZME):** Die Zumesseinheit ist an die Hochdruckpumpe angebaut. Die Regelung des Raildrucks erfolgt durch die Fördermengenerstellung an der Niederdruckseite der Hochdruckpumpe. Dazu dient ein magnetgesteuertes Proportionalventil, dessen Schieber eine Förderrate der Hochdruckpumpe zwischen 0 und 100% des geometrischen Fördervolumens zulässt, d.h. der Schieber drosselt bzw. verschließt die Zulaufbohrung der Zumesseinheit. Bei der Zumesseinheit bedeutet kein Strom (0% Tastverhältnis des PWM-Signals) einen voll geöffneten Schieber und damit eine Maximalförderung der Hochdruckpumpe. Dieses Verhalten erleichtert den Start, da währenddessen kein zusätzlicher Strom zur Druckerzeugung notwendig ist und somit das Bordnetz nicht belastet wird (Kaltstartproblematik). Zur Drosselung muss mittels eines elektrischen Stromes der Schieber bewegt und die Bohrung teilweise bis ganz (Druckabbau) verschlossen werden.



**Druckbegrenzungsventil (DBV):** Das Druckbegrenzungsventil wird bei Common-Railsystemen mit Einsteller-Regelung (niederdruckseitig) am Rail verbaut, um das System vor Überdrücken zu schützen. Wenn der Druck im Rail über einen maximalen Druck steigt, verschiebt sich der Kolben gegen die Federkraft und öffnet eine Ablaufbohrung.



Name

Klasse

Aufgabenstellung/Infotext Raildruckregelung

Tag

**Fragestellungen:****Einsteller-Regelung hochdruckseitig**

- Welche Vorteile hat die Einsteller-Regelung hochdruckseitig?
- Welche Nachteile hat die Einsteller-Regelung hochdruckseitig?
- Welche Alternativen gibt es zur Einsteller-Regelung hochdruckseitig?

**Einsteller-Regelung niederdruckseitig**

- Welche Vorteile hat die Einsteller-Regelung niederdruckseitig?
- Welche Nachteile hat die Einsteller-Regelung niederdruckseitig?
- Welche Alternativen gibt es zur Einsteller-Regelung niederdruckseitig!

**Zweisteller-Regelung**

- Erläutern Sie die Zweisteller-Regelung!
- Welche Vorteile hat die Zweisteller-Regelung?
- Welche Nachteile hat die Zweisteller-Regelung?

<p><u>1. Aufgabe</u> Die Raildruckregelung regelt den Druck im Rail abhängig vom Lastzustand und den Betriebsbedingungen des Motors. (Start, Leerlauf, Teil-/Volllast)</p> <p><u>2. Bauteilbezeichnungen</u> Siehe Arbeitsblatt Systemübersicht</p> <p><u>Brainstorming:</u></p>	<p><b>Common Rail - Raildruckregelung</b> 17.03.2016</p> <p><u>3. Funktionsweise</u> Siehe Fotoprotokoll/Infotext/Arbeitsblätter</p>	