

Übung 6 zur Vorlesung Schiffsdieselmotoren

Drehzahlregelung

UNIVERSITÄT ROSTOCK
Fakultät Maschinenbau und Schiffstechnik
Lehrstuhl für Kolbenmaschinen/Verbrennungsmotoren

Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz

Dipl.-Ing. Marko Püschel

- Inhalt:**
- **Organisatorisches**
 - **Fragen zur Vorlesung**
 - **Steuerung und Regelung**
 - **Regelkreis**
 - **P- und I-Regler**

Übung: Montags 13:15 bis 14:45 in R I/07

Infos und Download:

<http://www.lkv.uni-rostock.de/>

Anmeldung:

mit Uni-Zugangsdaten, kein weiteres Passwort erforderlich

Kontakt: marko.pueschel@uni-rostock.de

0381-498 9410 oder R I/16

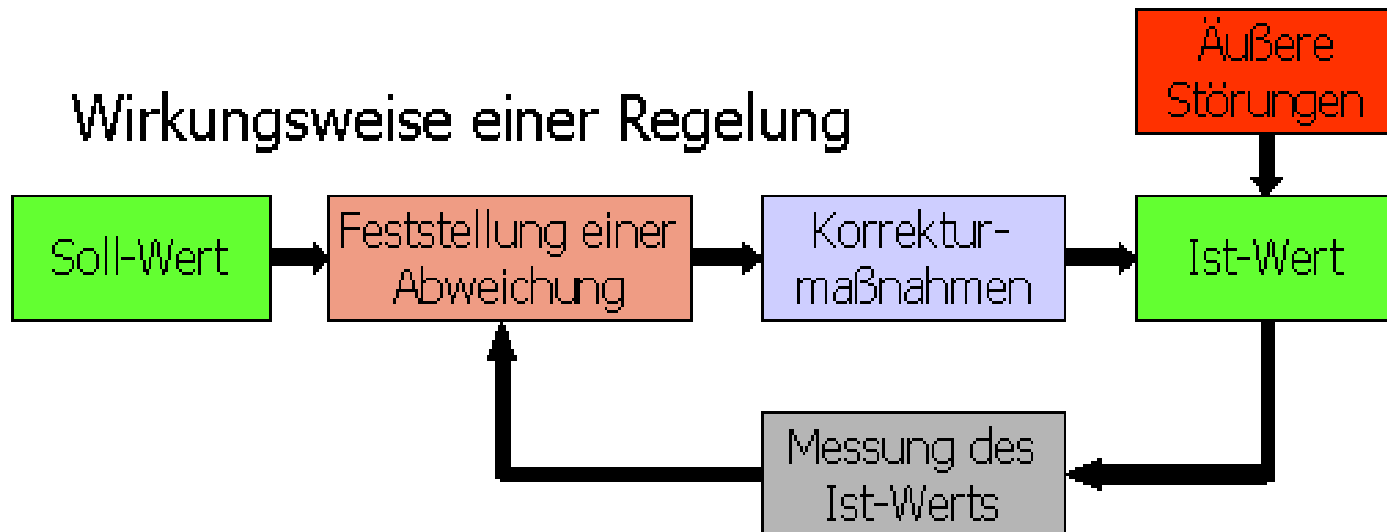
Steuerung:

Der Vorgang, mit welchem in einem technischen System eine Ausgangsgröße aufgrund der Prozessbeschreibung durch eine Eingangsgröße beeinflusst wird.

Regelung:

Eine Prozesslenkung mit Rückkopplung; Die Einwirkung der Eingangsgrößen auf die Ausgangsgrößen des Prozesses findet in einem Kreis statt – der Regelkreis. Der Prozess wird dann beeinflusst, wenn Abweichungen gegenüber vorgegebenen Werten festgestellt werden.

Wirkungsweise einer Regelung



Regelgröße (Istwert):

Größe in der Regelstrecke, die zum Zweck des Regels erfasst und der Regeleinrichtung zugeführt wird. Sie ist damit Ausgangsgröße der Regelstrecke und Eingangsgröße des Reglers. Sie wird auf der Strecke durch die Messung erfasst.

Stellgröße:

Ausgangsgröße der Regeleinrichtung und gleichzeitig Eingangsgröße der Strecke. Sie überträgt die steuernde Wirkung des Reglers auf die Strecke. Ort des Eingriffes ist der sog. Stellort. Die Einrichtung, die die Wirkung auf die Strecke überträgt, heißt Stellglied oder Stelleinrichtung.

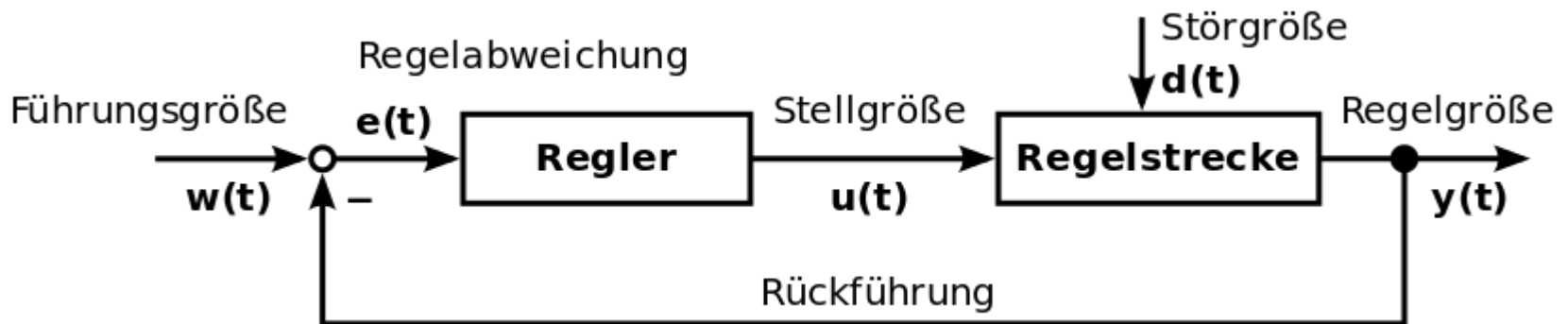
Führungsgröße (Sollwert):

Größe, die der Regelung von außen zugeführt wird, und der die Regelgröße in vorgegebener Abhängigkeit folgen soll. Sie darf von der Regelung nicht unmittelbar beeinflusst werden.

Regeldifferenz, Fehler:

Differenz = Führungsgröße - Regelgröße. Die Differenz wird von der Vergleichsstelle gebildet.

Symbol	Symbol DIN	Größe, Signal
y	x	Regelgröße (Istwert)
u	y	Stellgröße
w	w	Führungsgröße (Sollwert)
d	z	Störgröße
	x_d	Regeldifferenz, Fehler
e	$x_w = -x_d$	Regelabweichung



Quelle: Wikipedia, Regelkreis

Stabilität:

Ein System ist dann stabil, wenn bei beschränktem Eingangssignal, auch das Ausgangssignal beschränkt bleibt.

Güte beim Einschwingen:

Ist das Verhalten des Ausgangssignals in transientem Zustand, sowohl bei Änderung des Sollwertes, als auch bei Störungen.

Genauigkeit:

ist die Differenz, welche nach langer Zeit zwischen Führungsgröße und Regelgröße verbleibt.

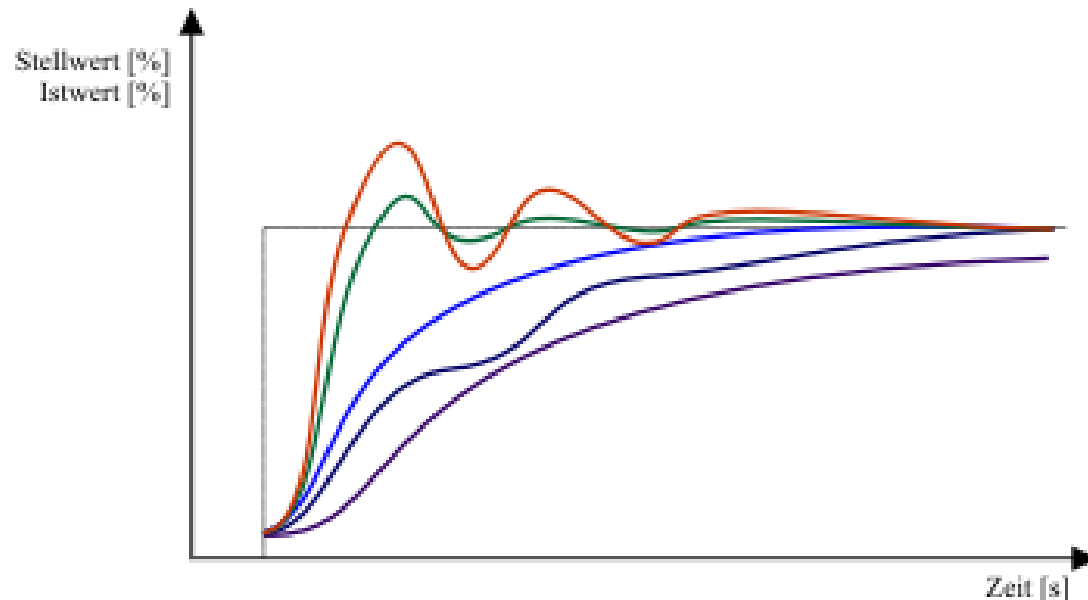
Ein technisches System ist dann stabil, wenn bei einem beschränkten Eingangssignal, das Ausgangssignal beschränkt bleibt. Die Stabilität oder Instabilität eines Systems ist eine innere Eigenschaft des Systems und ist unabhängig von den Eingangs- oder Störsignalen.

Überschwingweite:

Die größte vorübergehende Abweichung der Regelgröße nach einer sprungartigen Änderung der Führungsgröße oder einer Störgröße.

Ausregelzeit:

Die Zeitspanne, die beginnt, wenn der Wert der Regelgröße nach einer sprungartigen Änderung der Führungsgröße oder einer Störgröße den vorgegebenen Toleranzbereich verlässt, und endet, wenn er in diesem Bereich wieder eintritt.

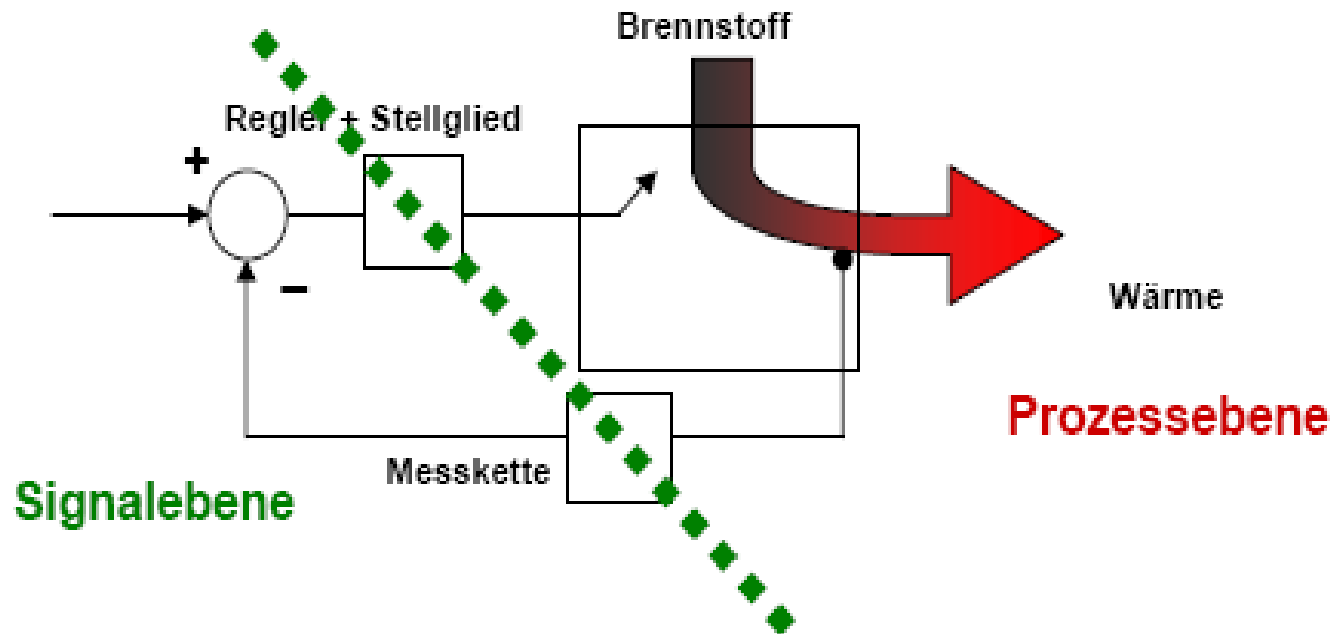


Quelle: Wikipedia, Faustformelverfahren

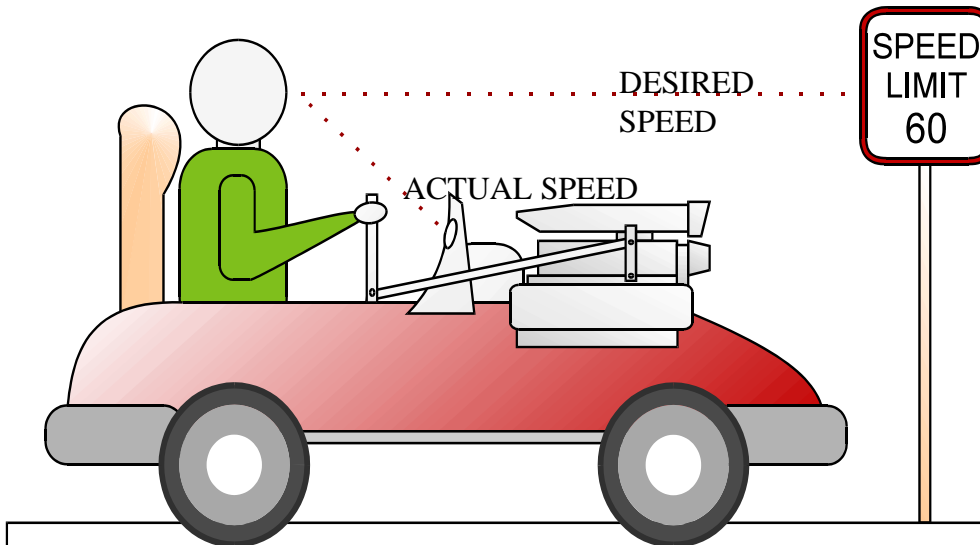
Beispiel: Heizanlage

Energie des Brennstoffes wandelt sich in Wärme um. Physikalische Größen, die den Prozess beschreiben, werden gemessen und mit vorgegebenen Werten verglichen.

Bei Abweichungen wird der Prozess über die sog. Stellglieder beeinflusst (z.B. Stellventile).



Das Tempolimit einer Straße beträgt 60 km/h und Sie wollen immer genau so schnell fahren wie erlaubt. In diesem Fall haben Sie das Gaspedal, abhängig ob Sie bergauf oder bergab fahren zu “regeln”.

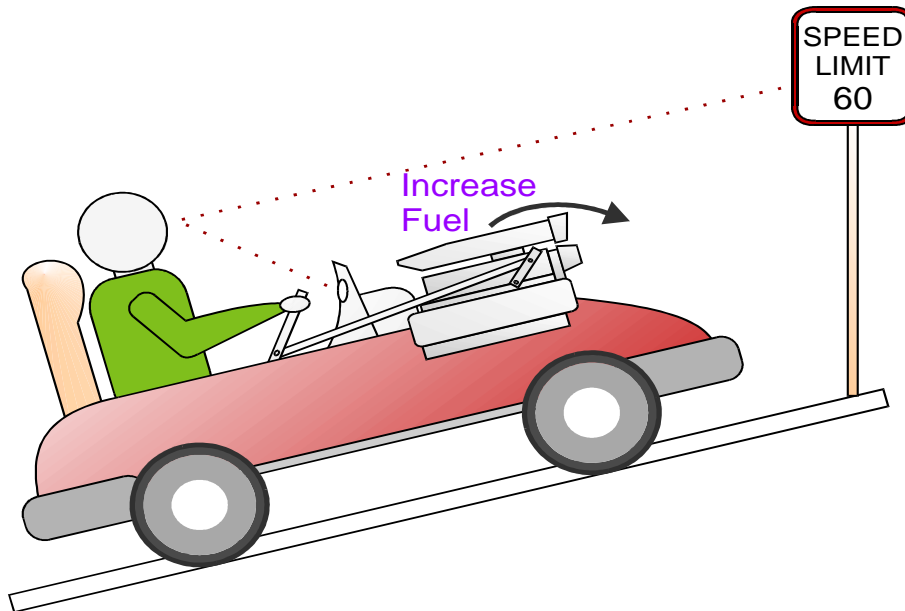


- Der Fahrer des Autos ist die Steuerung oder der „Regler“, das Schild mit der Höchstgeschwindigkeit ist die gewünschte Geschwindigkeitseinstellung.
 - Der Tacho erfasst die tatsächliche Geschwindigkeit.
 - Der Fahrer vergleicht die gewünschte Geschwindigkeit mit der tatsächlichen, sind diese gleich, wird die Kraftstoffzufuhr konstant gehalten.
-
- Weichen die Geschwindigkeiten voneinander ab, wird die Kraftstoffeinstellung durch den Fahrer angepasst, um die tatsächliche der gewünschten Geschwindigkeit anzupassen.
 - Die Kraftstoffzufuhr wird so lange konstant gehalten, bis eine Geschwindigkeits- oder Laständerung eintritt.

Beispiel Drehzahlregelung

Fall 2 – Steigende Belastung

- Für das Auto bedeutet die Steigung eine Lastzunahme und damit eine Geschwindigkeitsabnahme.
- Die tatsächliche Geschwindigkeit ist geringer als gewünschte Geschwindigkeit.
- Der Fahrer vergrößert die Kraftstoffzufuhr, um die tatsächliche Geschwindigkeit so weit zu erhöhen, dass sie der gewünschten Geschwindigkeit entspricht.
- Bevor die tatsächliche Geschwindigkeit die gewünschte Geschwindigkeit erreicht, verringert der Fahrer die Kraftstoffzufuhr, um ein Überschwingen der Geschwindigkeit zu verhindern. Dieses wird „Kompensation“ genannt – damit wird die Antwortzeit der Regelung kompensiert.

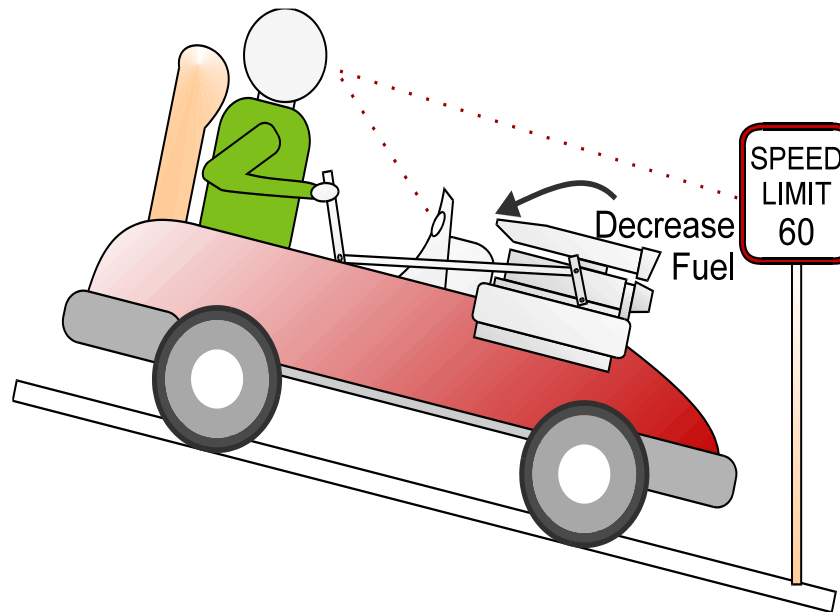


- Es kostet mehr Kraftstoff, um die Last zu erhöhen, als die Last beizubehalten.

Beispiel Drehzahlregelung

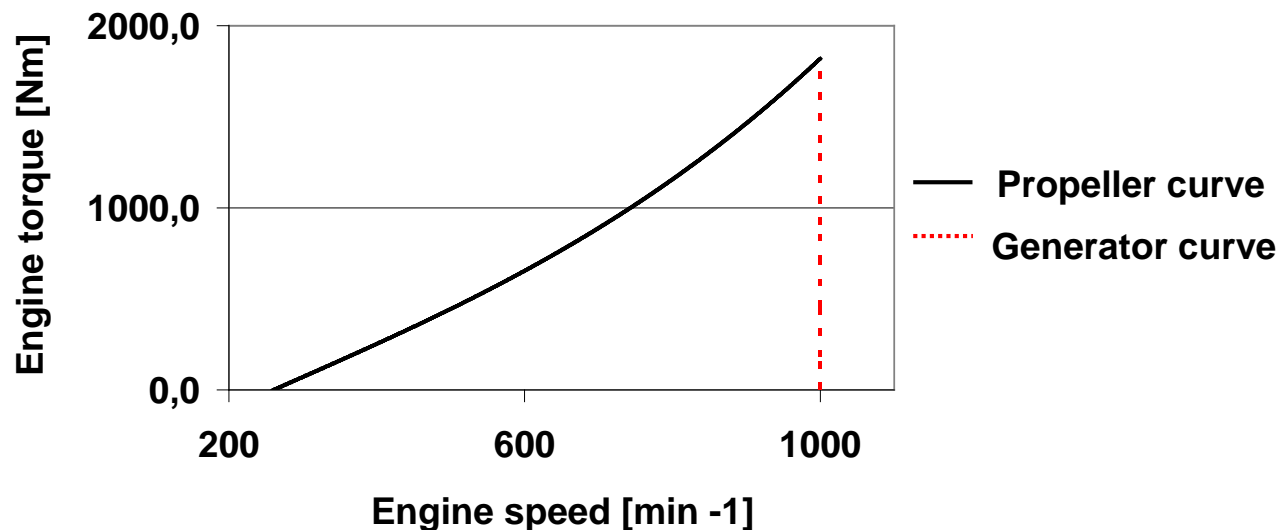
Fall 3 – Sinkende Belastung

- Für das Auto bedeutet das Hinunterrollen eines Hügels eine Lastabnahme und damit eine Geschwindigkeitszunahme.
- Die tatsächliche Geschwindigkeit ist größer als die gewünschte Geschwindigkeit.
- Der Fahrer verringert die Kraftstoffzufuhr, um die tatsächliche Geschwindigkeit soweit zu reduzieren, dass sie der gewünschten Geschwindigkeit entspricht.
- Bevor die tatsächliche Geschwindigkeit die gewünschte Geschwindigkeit erreicht, erhöht der Fahrer die Kraftstoffzufuhr, um ein Unterschwingen der Geschwindigkeit zu verhindern.



Grundsätzlich dient der Drehzahlregler eines Dieselmotors dazu, eine eingestellte Söldrehzahl unter verschiedenen Betriebsbedingungen konstant zu halten.

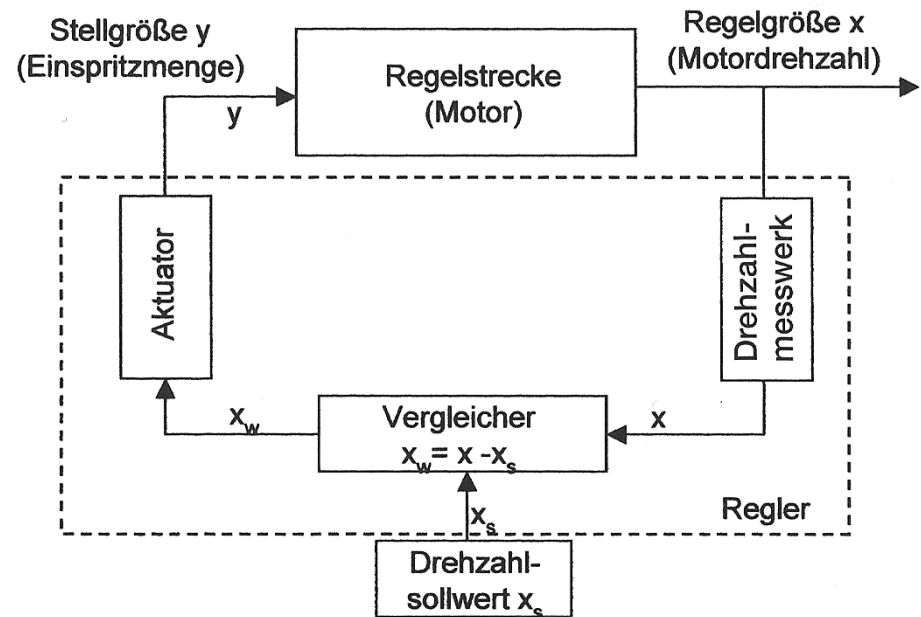
- Propellerbetrieb: Motor (über Getriebe oder direkt) mit Propeller gekoppelt, Leistungsaufnahme des Propellers bestimmt Betriebspunkt des Motors
- Generatorbetrieb: Konstantdrehzahl entsprechend der Netzfrequenz (50 Hz oder 60 Hz und Polpaarzahl im Generator)
- Kombinatorbetrieb: Motor treibt Propeller und Generator an, Kombinatorcurven liegen zwischen Propeller- und Generatorkurve



Der Motor stellt die Regelstrecke dar, auf die z. B. die Motorbelastung oder die Umgebungsbedingungen als Störgröße einwirken. Die Motordrehzahl ist die Regelgröße, die Kraftstoffeinspritzmenge ist die Stellgröße.

Jeder Drehzahlregler besitzt vier Komponenten:

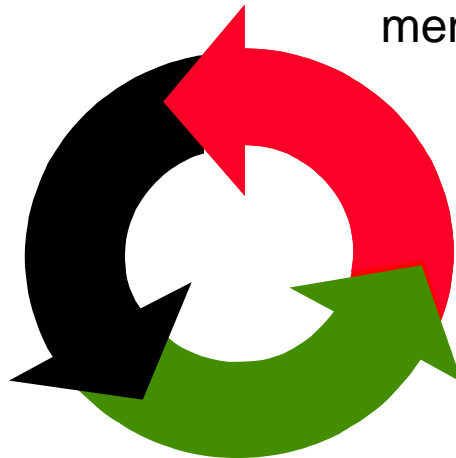
- Drehzahlsollwertsteller
- Drehzahlmesswerk
- Vergleich von Soll- und Istwert
- Stellgrößenaktuator



Quelle: H. Meier-Peter, F. Bernhardt (Hrsg.),
HANDBUCH Schiffsbetriebstechnik, 2012

Regelkreis des Drehzahlreglers

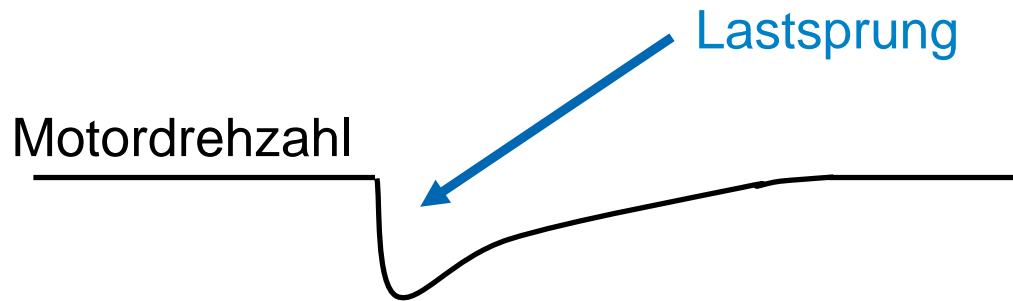
Aktuelle
Geschwindigkeit bzw.
Belastung



vorgegebener
Wert für
Geschwindigkeit
bzw. Belastung

Einstellen
der
Kraftstoff-
menge

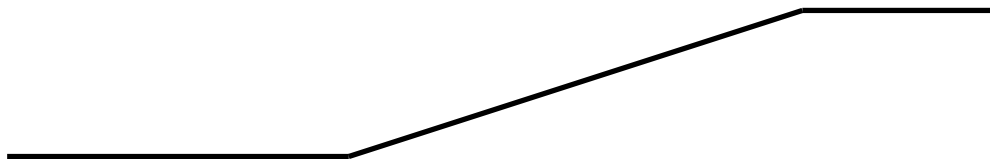
- Der Regler arbeitet genau so wie der Autofahrer. Er ändert automatisch den Kraftstoff-Fluss, um die gewünschte Geschwindigkeit oder die Last beizubehalten.
- Endlosschleifen-Definition: Wenn ein Regler mit Rückführung in einem geschlossenen Regelkreis verwendet wird, um den Ausgang auf einem gewünschten Niveau beizubehalten. Wenn sich Parameter der Schleife ändern, hat das Auswirkungen auf die gesamte Schleife und wird automatisch behoben, um den gewünschten Sollwert beizubehalten.



Reaktion des **P**roportional-Anteils:

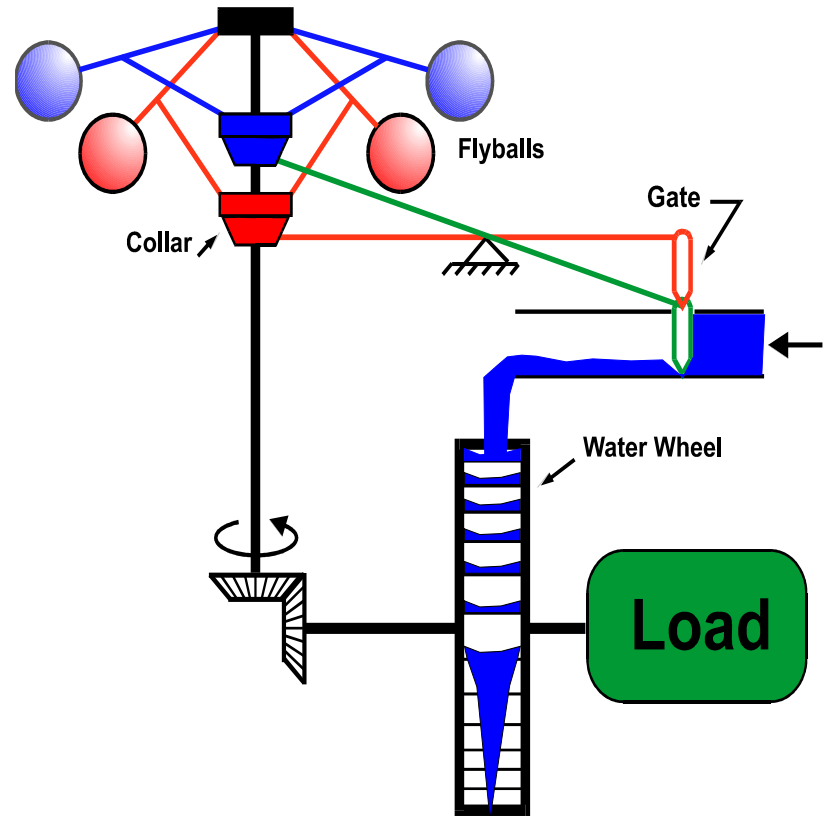


Reaktion des **I**ntegral-Anteils:

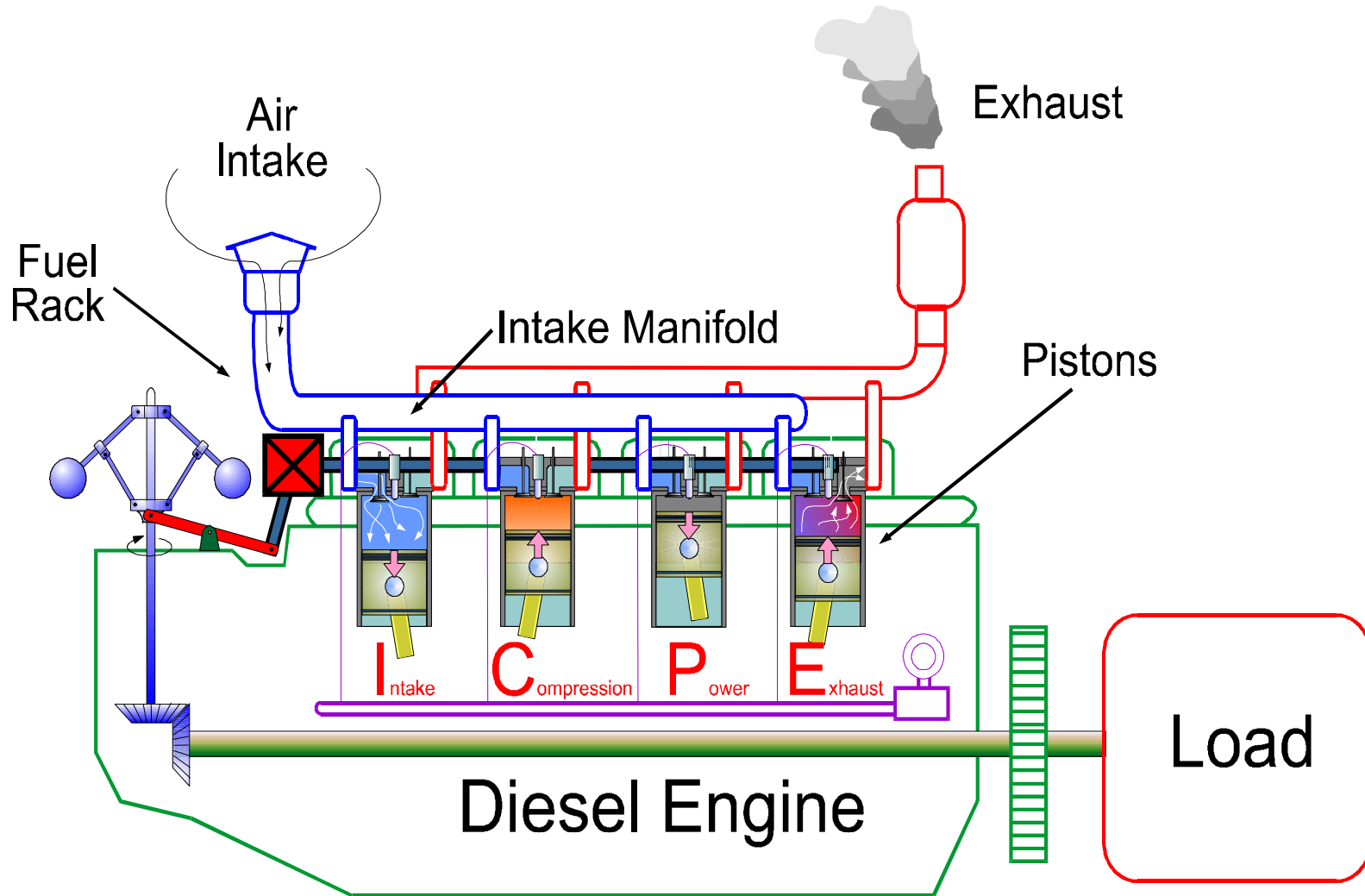


Proportional-Regler (P-Regler)

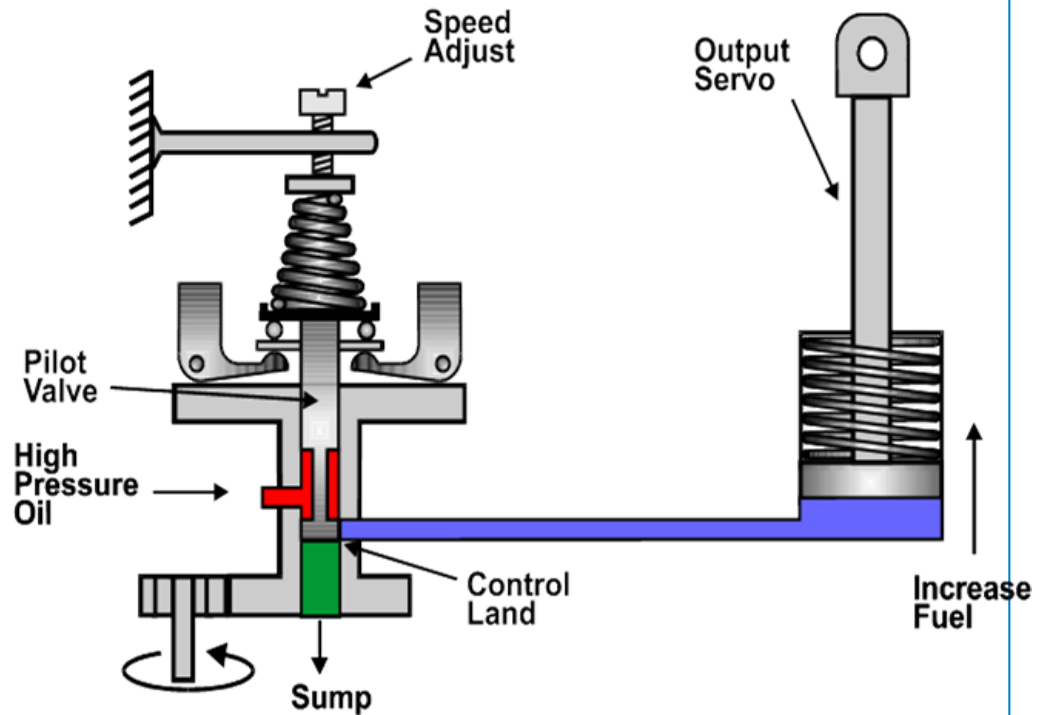
- Dieser Regler wird durch die Primärkraft angetrieben.
- Die Zentrifugalkraft der drehenden Fliehkörper stellt eine Kraft zur Verstellung zur Verfügung.
- Je schneller sich die Welle dreht, desto weiter bewegen sich die Fliehkörper heraus.
- Die Gewichte sind mit einem beweglichen Kragen verbunden.
- Eine Laständerung verursacht eine Geschwindigkeitsänderung.
- Bei Lasterhöhung bewegen sich die Fliehkörper nach innen, der Kragen bewegt nach unten und erhöht die Kraftstoffzufuhr.
- Das Entgegengesetzte geschieht, wenn die Last verringert wird.



Proportional-Regler (P-Regler)

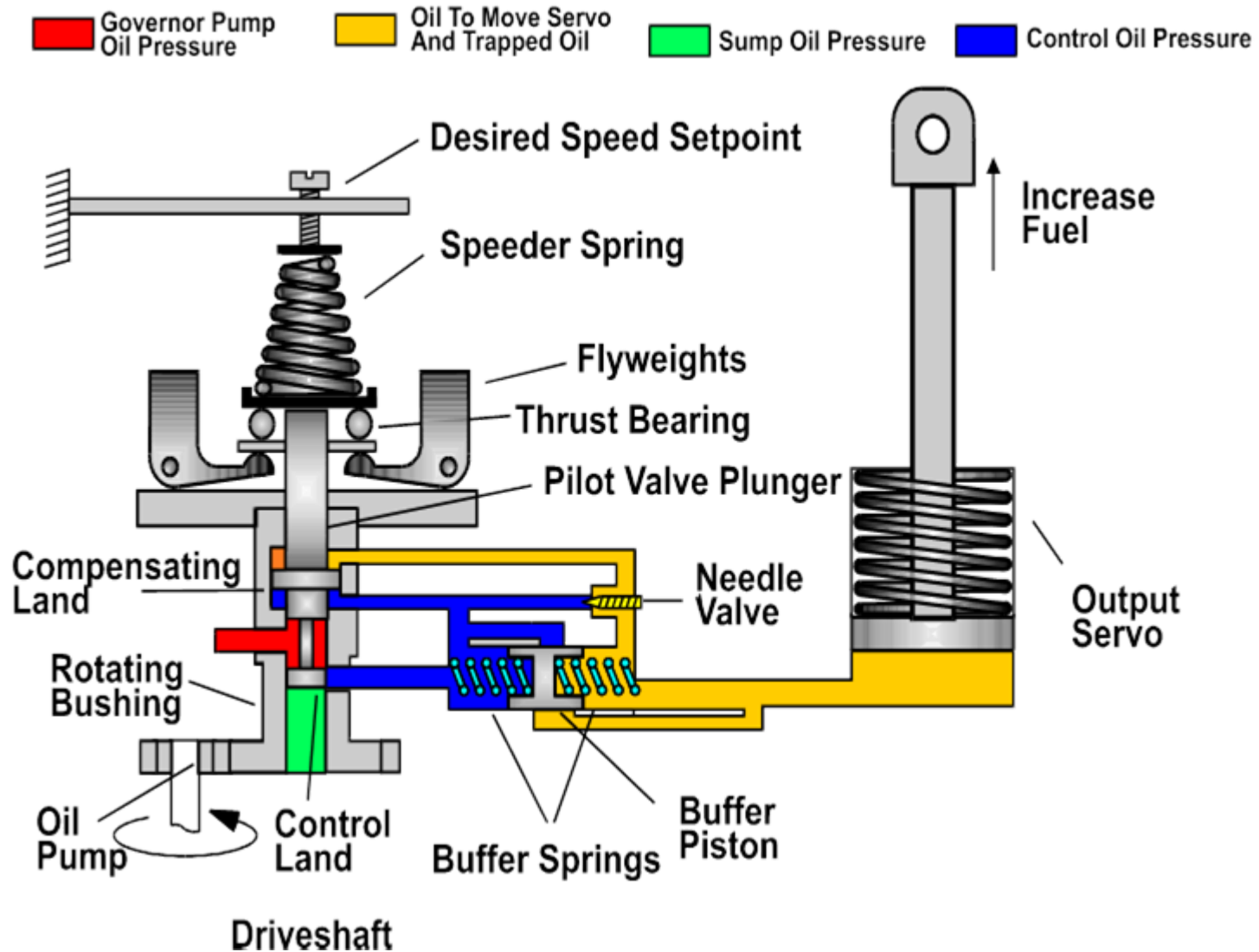


- Bei Lastaufschaltung fällt die Motordrehzahl ab. Die zugeführte Kraftstoffmenge wird erhöht bis die Drehzahl wieder den Sollwert erreicht hat.
- Aufgrund der Beschleunigung und der Trägheit schwingt die Drehzahl über.
- Aufgrund der Reduzierung des Kraftstoffmenge fällt die Drehzahl wieder auf den Sollwert, unterschwingt diesen jedoch aufgrund Beschleunigung und Trägheit wieder.
- Dieser Prozess wiederholt sich – das Regelverhalten bleibt instabil bzw. kann sich sogar aufschwingen.



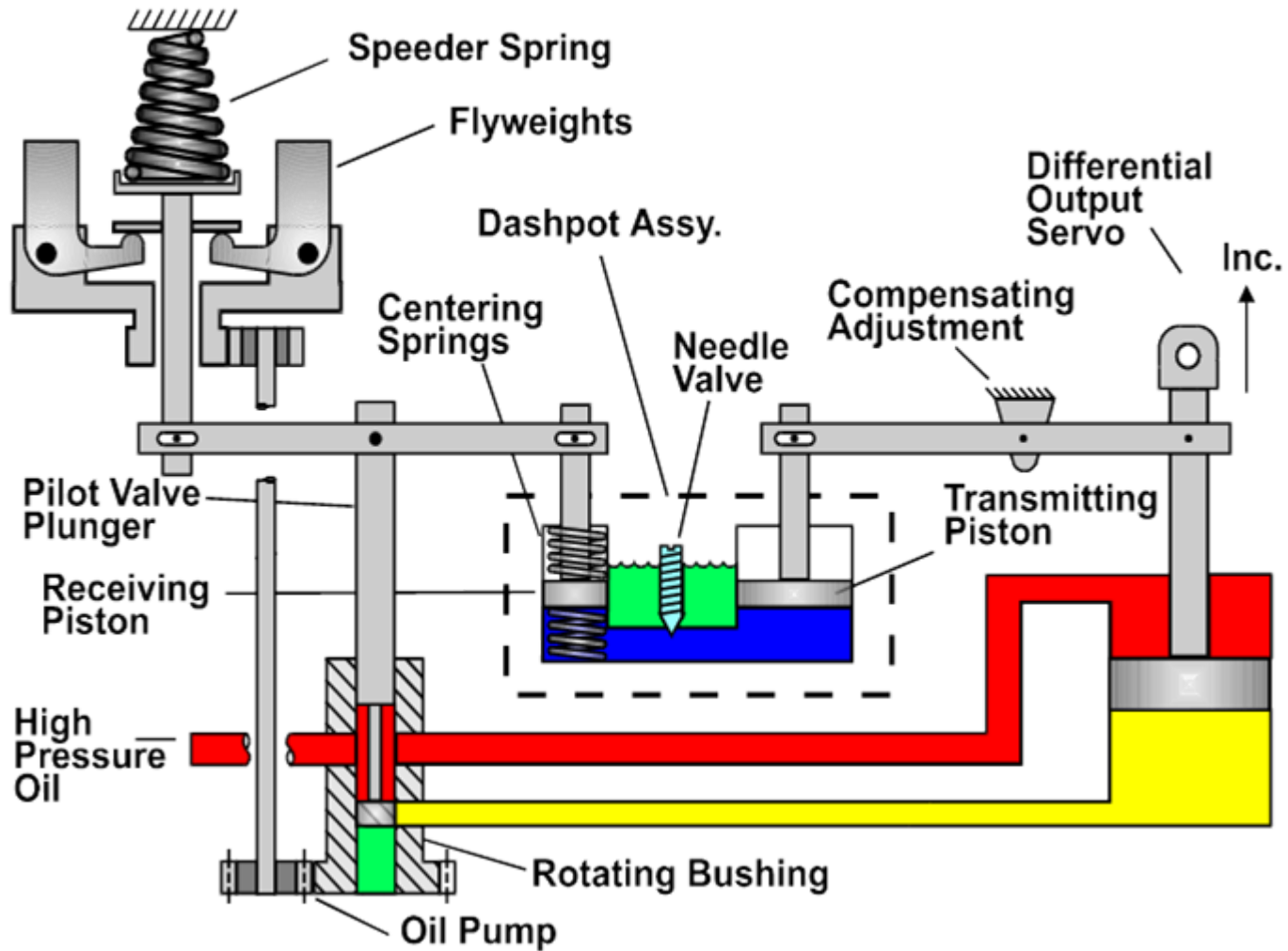
Als Drehzahlregler an einem Dieselmotor ist ein reiner I-Regler immer instabil

PI-Regler mit mechanischer Kompensation (Woodward PG)

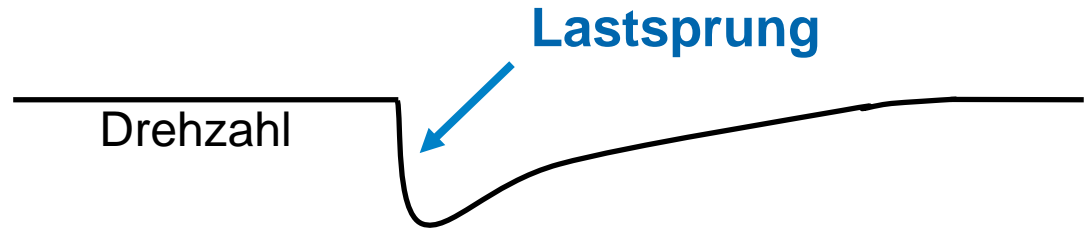


Hydraulisch kompensierter Regler (Woodward UG)

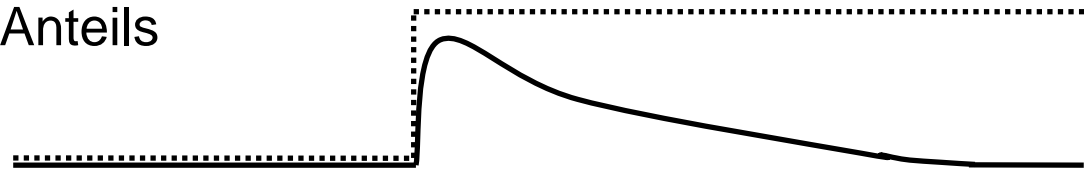
- Governor Pump Oil Pressure
- Oil To Move Servo And Trapped Oil
- Sump Oil Pressure
- Dashpot Oil Pressure



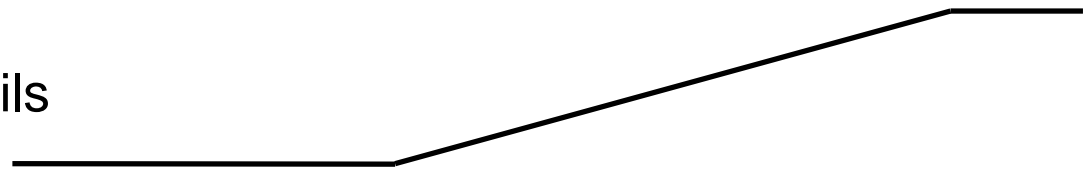
Abweichung („Störung“)



Reaktion des **P**roportional-Anteils



Reaktion des **I**ntegral-Anteils

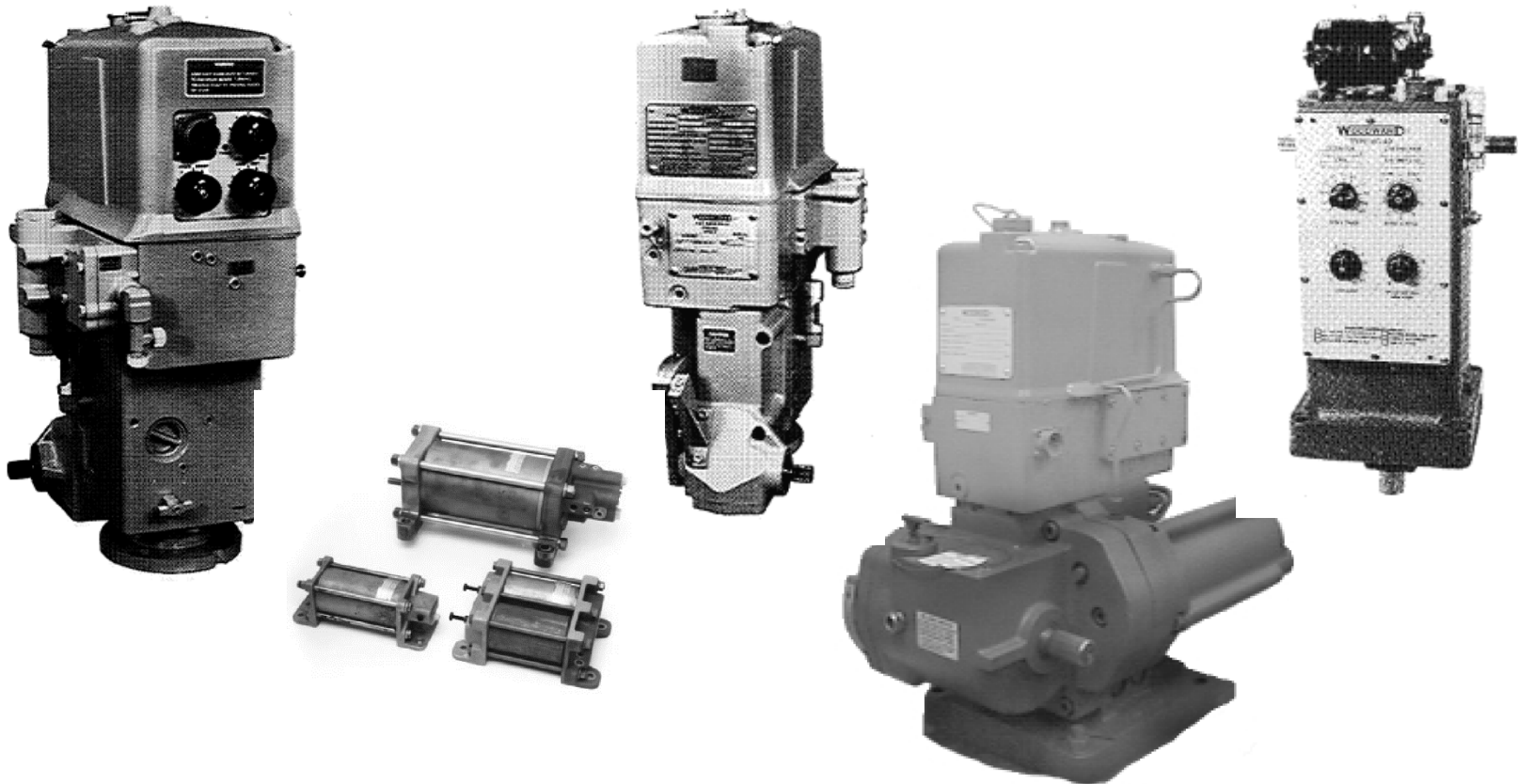


Reaktion des **D**ifferential-Anteils





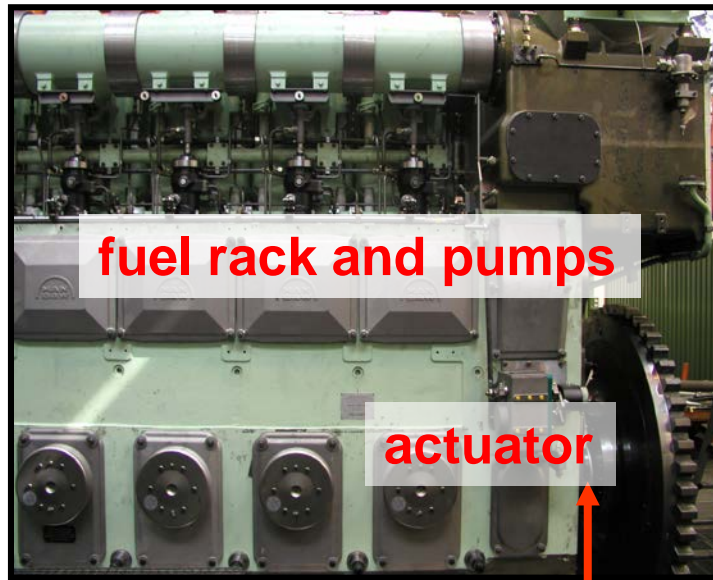
- Mechanische Regler ohne Kraftverstärkung
- Mechanische Regler mit Kraftverstärkung und starrer Rückführung
- Mechanische Regler mit Kraftverstärkung und elastischer Rückführung
- Elektrische Regler
- Elektronische Regler



Ein **Drehzahlregler** ist eine Einrichtung, die die Energiezufuhr zu einem Verbraucher für unterschiedliche Belastungen regelt.

Einfache Drehzahlregler erfassen Drehzahl und z.T. die Leistung eines Antriebsaggregats und regeln die Energiezufuhr, so dass das gewünschte Niveau beibehalten wird.

Komponenten der elektronischen Drehzahlregelung



speed pickups



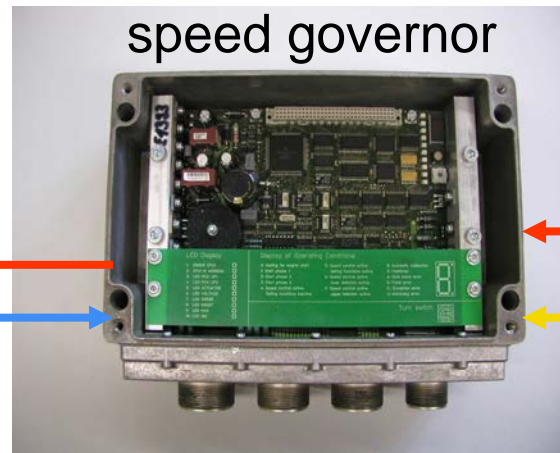
speed signal

controlled engine speed

calculated fuel set point

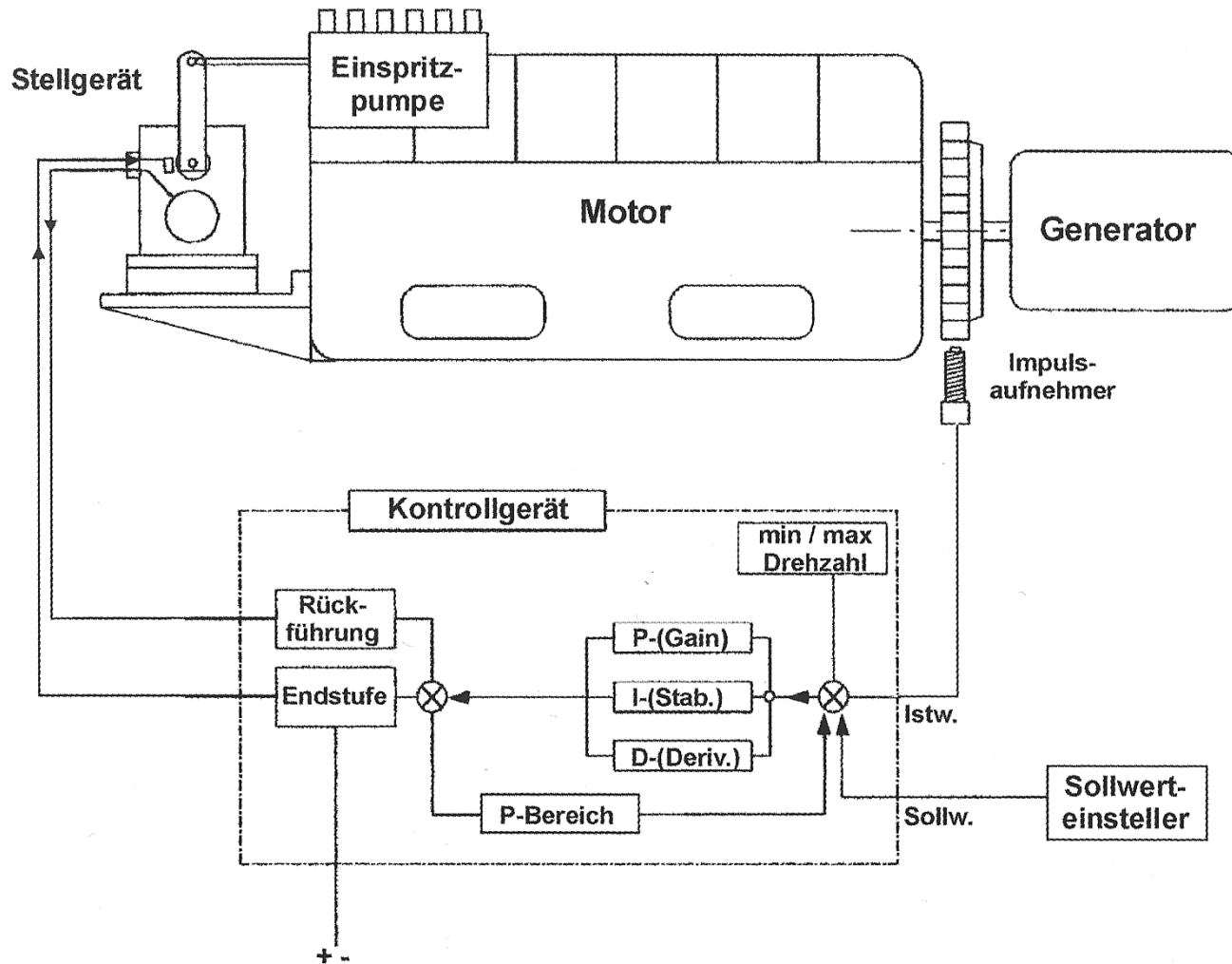
speed set point

speed governor



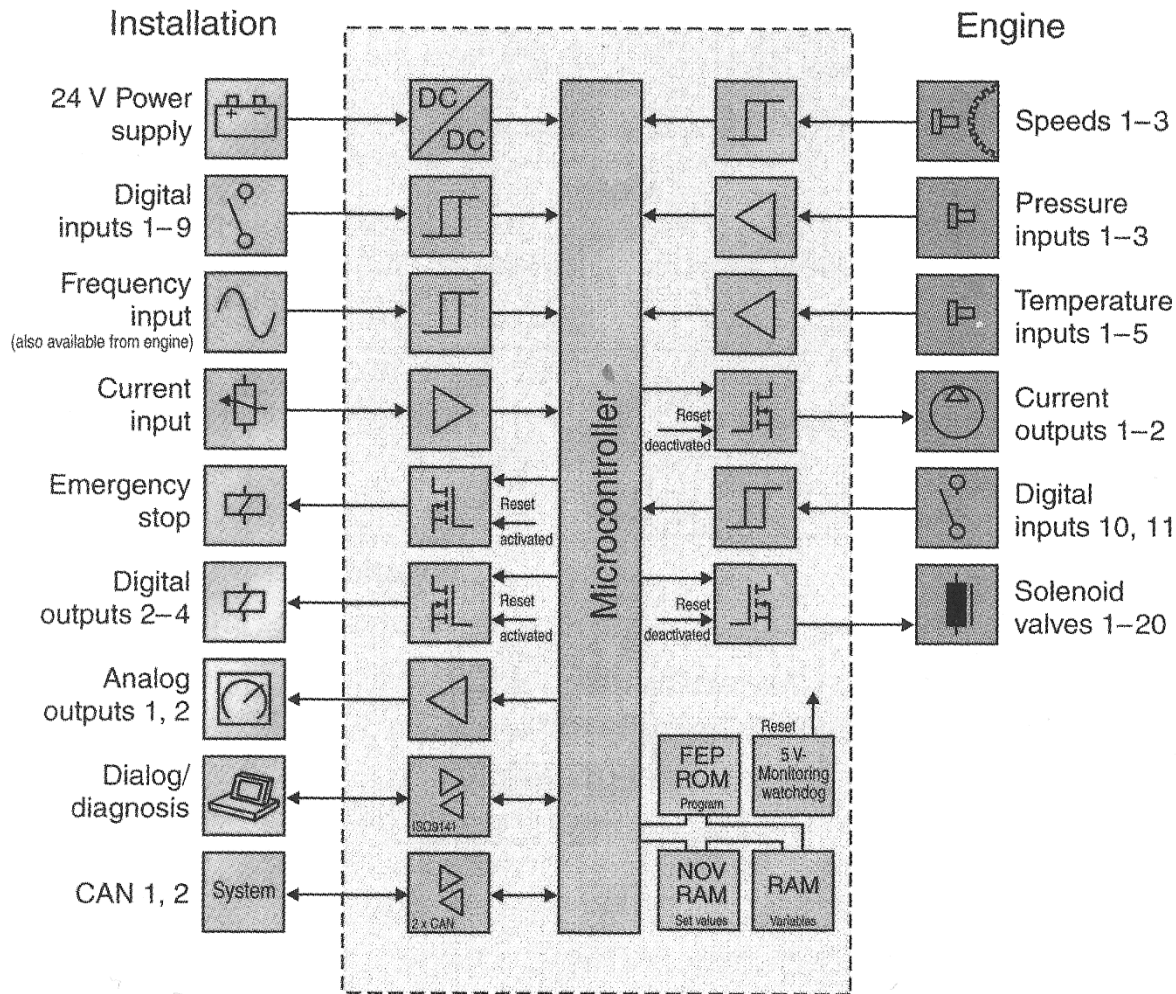
power supply

Regelkreis eines analogen elektronischen Drehzahlreglers



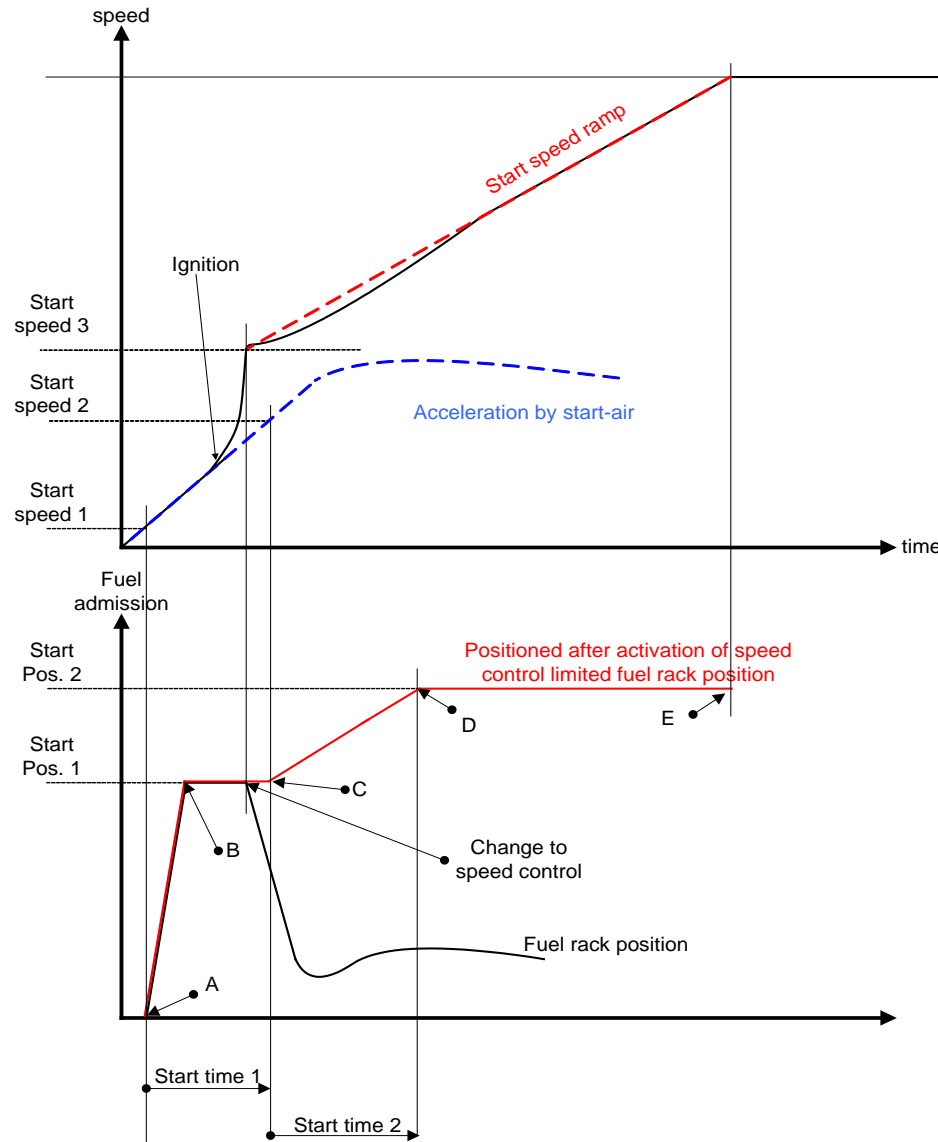
Quelle: H. Meier-Peter, F. Bernhardt (Hrsg.),
HANDBUCH Schiffsbetriebstechnik, 2012

Blockbild eines digitalen elektronischen Drehzahlreglers



Quelle: H. Meier-Peter, F. Bernhardt (Hrsg.),
HANDBUCH Schiffsbetriebstechnik, 2012

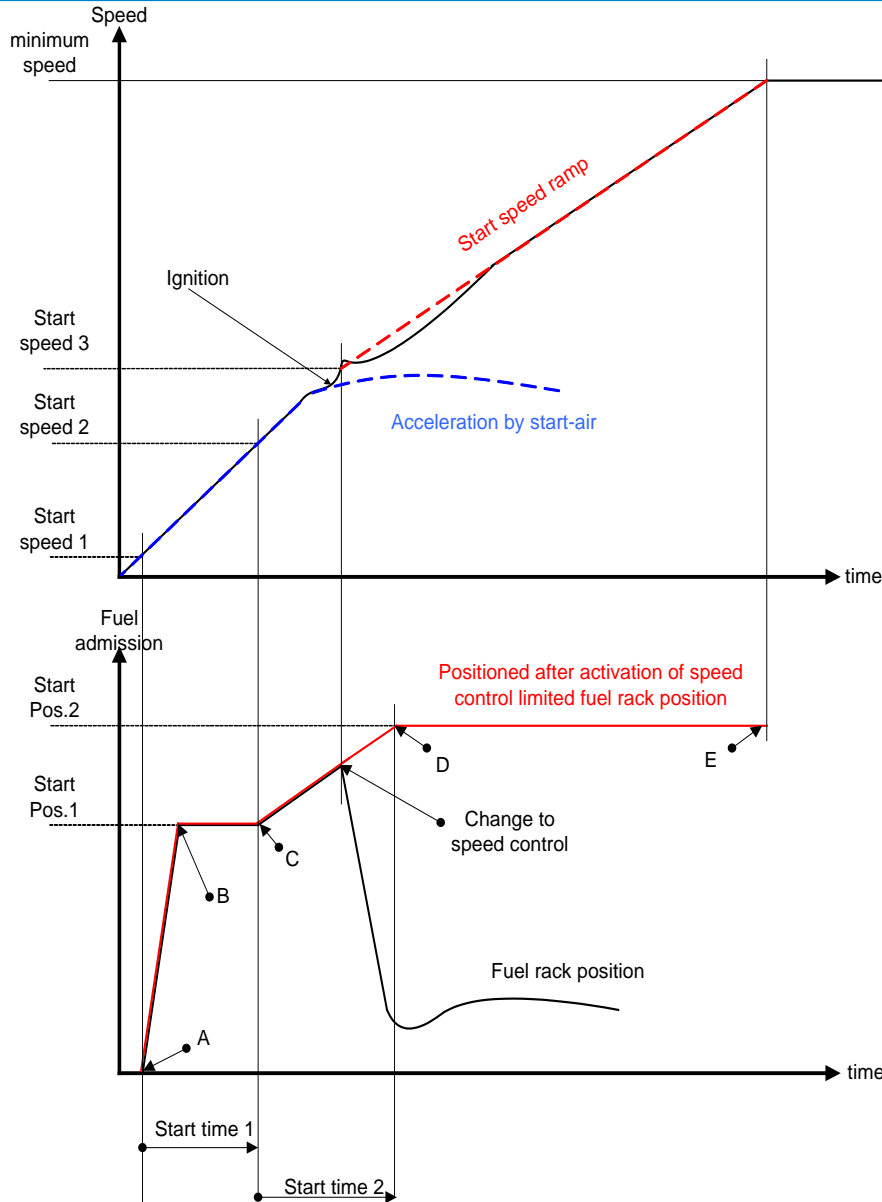
Beispiel Motorstart: Fall 1 – Sehr guter Motorstart



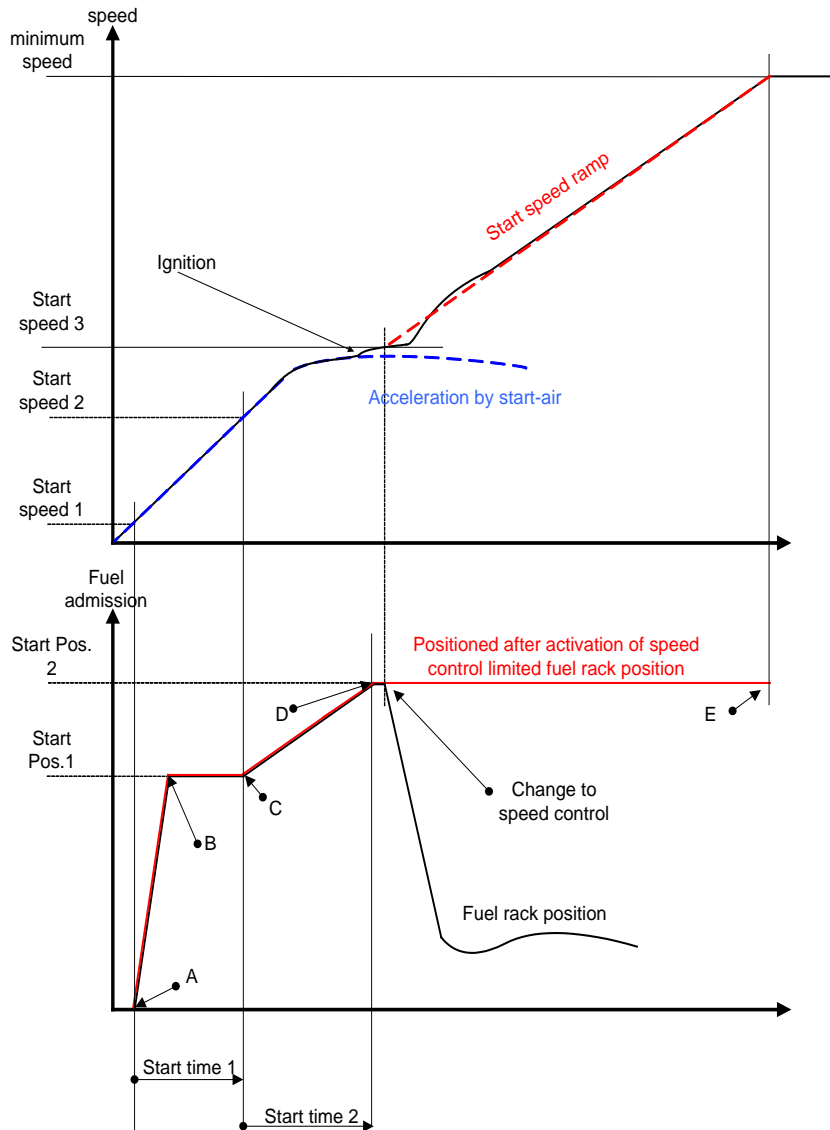
Der Motor benötigt eine geringe Kraftstoffmenge für die Zündung

Beispiel Motorstart: Fall 2 – Guter Motorstart

Der Motor benötigt mehr Kraftstoff für die Zündung



Beispiel Motorstart: Fall 3 – Schlechter Motorstart



Der Motor benötigt eine große Menge Kraftstoff für die Zündung