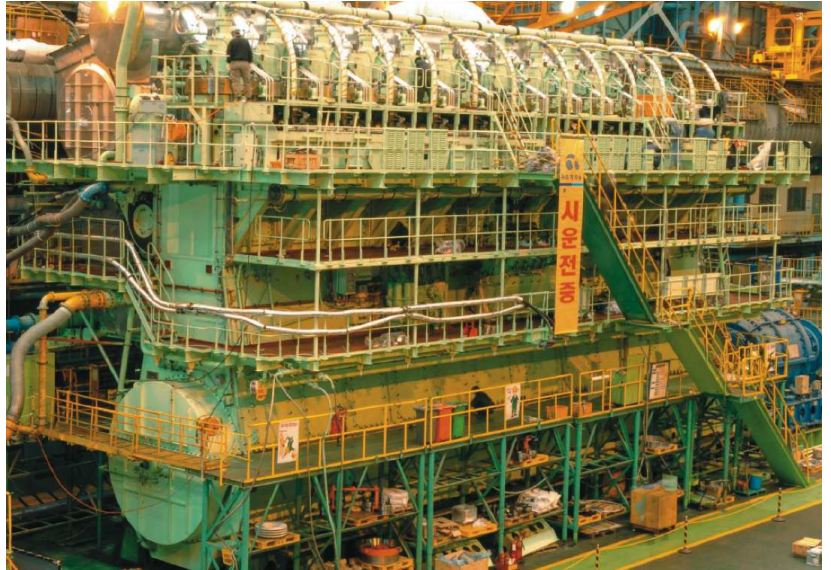


## Steuerung für Grossdieselmotoren

<b>Kunde</b>	Wärtsilä
<b>Motortyp</b>	2-Takt
<b>Name</b>	Sulzer RT-flex
<b>Zylinder</b>	5 - 14
<b>Bohrung</b>	50 – 96 cm
<b>Hub</b>	2.3 m
<b>Drehzahl</b>	102 U/min
<b>Leistung</b>	5.7 MW / Zylinder (96 cm)
<b>Gewicht</b>	2300 t (14 Zylinder)
<b>Abmessung</b>	27 m lang 13.4 m hoch



### Einleitung

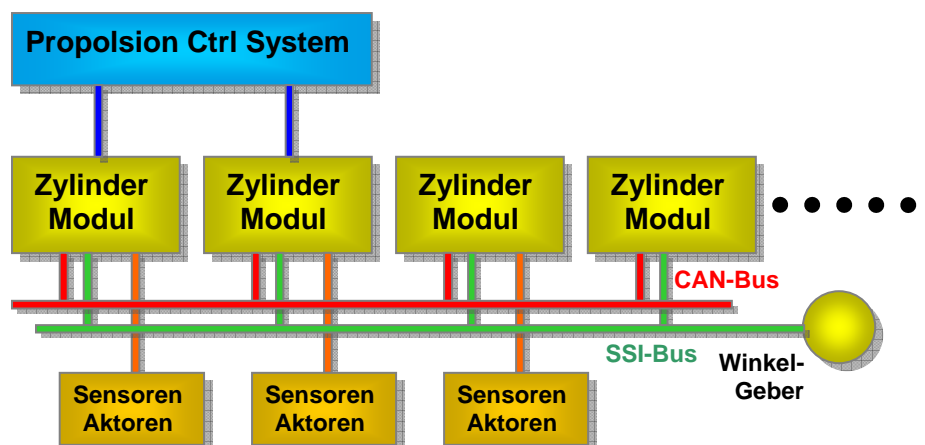
Der Welt erster 2-Takt Grossdieselmotor mit schweröltauglicher Common-Rail-Einspritzung wurde 1998 im Winterthurer „Diesel Technology Center“ von Wärtsilä in Betrieb genommen. Die Mitarbeiter von Sotronik entwickelten in enger Zusammenarbeit mit den Maschinenbauingenieuren die elektronische Steuerung.

Bereits ist nun die dritte Steuerungsgeneration auf verschiedenen Motorentypen im Einsatz. Die Palette reicht vom kleinsten 5-RTflex-50 (5 Zylinder mit 50 cm Bohrung) bis zum weltgrössten Dieselmotor 14-RTflex-96 (14 Zylinder mit 96 cm Bohrung) mit über 100'000 PS Leistung. Das weltgrösste Containerschiff, die Emma Maersk mit einer Länge von beinahe 400 m, wird von einem solchen Motor angetrieben.

Bei solchen Superlativen ist die hohe Zuverlässigkeit und Fehlertoleranz der Steuerung selbstredend, da ein Ausfall des Hauptantriebschiffsmotors fatal auswirken kann. Beachtet werden musste auch die einfache Wartbarkeit, da kaum Experten in Bezug auf elektronische Steuerungen an Board der Schiffe sind.

### Aufbau der Steuerung

Jedem Zylinder ist ein eigenes elektronisches Modul zugeordnet, welches alle zylinderspezifischen Aufgaben übernimmt. Zylinderübergreifende Steuerungsaufgaben sind derart über die Module verteilt, dass bei Ausfall eines Moduls diese Aufgabe durch ein anderes Modul erfüllt werden kann. Die Module untereinander sind verbunden mit einem redundanten CANopen-Bus. Die Position des Kolbens wird an der Kurbelwelle durch einen Winkelgeber mit SSI-Interface erfasst. Der Steuerung übergeordnet ist das bis zu 100m entfernt im Kommandoraum platzierte Propulsion Control System, welche die Drehzahl und die Start-/Stopp-Befehle über CANopen- oder Modbus vorgibt. Intelligente Sensor- und Aktor-Module sind ebenfalls über CANopen angeschlossen.



## Sicherheitskonzept

Der Grundsatz bei der Auslegung der Steuerung ist, dass der Motor bei Ausfall einer elektronischen Komponente nicht vollständig ausfallen darf! Bei den zylinderspezifischen Funktionen kann auf Redundanz verzichtet werden, da der Motor auch bei Ausfall eines Zylinders mit reduzierter Leistung weiter betrieben werden kann. Da in den Zylindermodulen aber auch motorspezifische Funktionen wie z.B. Brennstoffdruck-Regelung laufen sind diese derart realisiert, dass auch bei Ausfall eines Moduls ein anderes Modul diese Funktion unterbrechungsfrei übernehmen kann. Ebenfalls doppelt ausgeführt wurden der CAN-Bus, der SSI-Bus, der Winkelgeber und die Speisungen.

## Technik

Die Elektronik-Module werden direkt unter der Common Rail Plattform montiert und müssen dementsprechend sehr robust gebaut sein. Sie sind ausgelegt für Beschleunigungen bis 4g und Umgebungstemperaturen bis 80°C. Ein leistungsfähiger 32-Bit-Motorola-Prozessor stellt die benötigte Rechenleistung zur Verfügung. Als Programmiersprache wird „C“ und Matlab/Simulink verwendet. Mit Hilfe der TPU (Time Processing Unit) des Prozessors wurde die schnellen Schaltvorgänge der Aktuatoren programmiert. Die redundante Winkelerfassung (SSI-Interface) ist mit einem FPGA realisiert.

Geprüft wird die Software unter anderem mit Polyspace, einem Verifikationswerkzeug für Embedded Software.

## Beispiel einer Funktion: Totzeitregelung

Bei den riesigen Dimensionen des Motors ist klar, dass die Bewegung des Auslassventils oder der Einspritzdüsen eine bestimmte Zeit beansprucht. Diese Verzögerung ist nicht konstant, sie ist abhängig von verschiedenen Faktoren. Die Steuerung kompensiert diese Verzögerung mit einer Totzeitregelung und sorgt damit für winkelgenaue Aktionen.

## Mechanik

Am nebenstehenden Bild ist ersichtlich, dass der Motor keine Nockenwelle mehr besitzt. Die Versorgungseinheit **1** für Brennstoff und Hydrauliköl wird von der Kurbelwelle angetrieben. Im Common-Rail-System **2** wird für die Einspritzung **3** der Brennstoff bei einem Druck bis 1000 bar bereitgehalten. In der Servo-Versorgungseinheit **4** wird der Druck für das Auslassventil erzeugt. Unter dieser Common Rail Plattform ist die elektronische Steuerung **5** montiert.

## Projektstand

Die Steuerung ist sehr gut im Markt etabliert. Gegenüber den konventionellen Motoren bieten die RTflex-Motoren mehr Flexibilität und es lassen sich auch neue Funktionen zur Betriebsoptimierung realisieren.

