Mein KI-Test mit GOOGLE Gemini am 12.11.2026

Meine erste Frage: „Erkläre mir den Aufbau und die Funktion von Schiffsmaschinenanlagen, die mit Schweröl betrieben werden“

Erste Antwort von GOOGLE Gemini:

Schiffsmaschinenanlagen, die mit **Schweröl (Heavy Fuel Oil, HFO)** betrieben werden, bilden das Kraftpaket für die große Mehrheit der Hochseeschiffe (Frachtschiffe, Tanker, Containerriesen). Schweröl ist ein zähflüssiges Rückstandsöl aus der Erdölraffination. Es ist im Vergleich zu Marine Gas Oil (MGO) deutlich günstiger, erfordert jedoch aufgrund seiner Beschaffenheit (hohe Viskosität, hoher Schwefel- und Aschegehalt) eine hochkomplexe Aufbereitungs- und Verbrennungsanlage an Bord.

1. Der Aufbau der Schweröl-Anlage (Kraftstoffsystem)

Da Schweröl bei Raumtemperatur fast wie Asphalt fließen würde, kann es nicht direkt in den Motor geleitet werden. Das Kraftstoffsystem ist in mehrere Stationen unterteilt:

- **Bunkertanks und Settling Tanks (Absetztanks):** Das Schweröl wird in doppelwandigen Schiffstanks gelagert, die kontinuierlich beheizt werden (meist mit Dampf oder Thermalöl auf ca. 50–70 °C), um die Viskosität niedrig zu halten. Im Absetztank setzen sich Schlamm und Wasser durch die Schwerkraft ab.
- **Separatoranlage (Zentrifugen):** Das Öl wird durch leistungsstarke Zentrifugen geleitet. Diese schleudern verbleibendes Wasser, Schmutz und Schwebstoffe (Katalysatorreste aus der Raffinerie) mit hoher Drehzahl heraus.
- **Service-Tanks (Tagestanks):** Das gereinigte Schweröl wird hier zwischengelagert.
- **Viskositätsregelung (Viscotherm) und Vorwärmer:** Vor dem Eintritt in den Motor wird das Schweröl in elektrischen oder dampfbetriebenen Vorwärmern auf **120 °C bis 150 °C** erhitzt. Eine Regelung misst die Viskosität und passt die Temperatur so an, dass das Öl die optimale Einspritzviskosität (ca. 10 bis 15 cSt) erreicht.

2. Der Hauptmotor (Schiffsdieselmotor)

Meist handelt es sich um massive **Zweitakt-Langsamläufer** (direktgekoppelt an die Welle

und den Propeller, Drehzahl ca. 60–120 U/min) oder **Viertakt-Mittelschnellläufer** (über Getriebe an den Propeller gekoppelt, Drehzahl ca. 450–750 U/min).

Die wichtigsten Merkmale im Schwerölbetrieb:

- **Einspritzsystem:** Die Einspritzdüsen und -pumpen müssen gekühlt und aus extrem verschleißfesten Materialien gefertigt sein, da das heiße Schweröl stark korrosiv und abrasiv wirkt.
- **Zylinder- und Kolbenschmierung:** Da bei der Verbrennung von schwefelhaltigem Schweröl aggressive Säuren entstehen, wird spezielles **Zylinderschmieröl mit hoher TBN (Total Base Number)** eingesetzt, um die Säuren zu neutralisieren.

3. Hilfs- und Entsorgungssysteme

Eine Schweröl-Schiffsmaschinenanlage benötigt eng verzahnte Nebensysteme:

- **Kühlanlagen:** Hoch- und Niedertemperatur-Wasserkreisläufe kühlen Zylinderlaufbuchsen, Kolben, Ladeluft und Einspritzdüsen.
- **Abgasturboaufladung:** Die Abgase treiben Abgasturbolader an, die die Verbrennungsluft verdichten, um den Wirkungsgrad zu maximieren.
- **Abgasreinigung (Scrubber) / Umwelttechnik:** Wegen strenger internationaler Umweltvorschriften (IMO-Vorschriften und Emission Control Areas) müssen viele HFO-Schiffe heute **Abgaswäscher (Scrubber)** einsetzen, um Schwefeloxide (SOx) aus den Abgasen zu waschen, sofern kein schwefelärmerer Treibstoff gefahren wird.

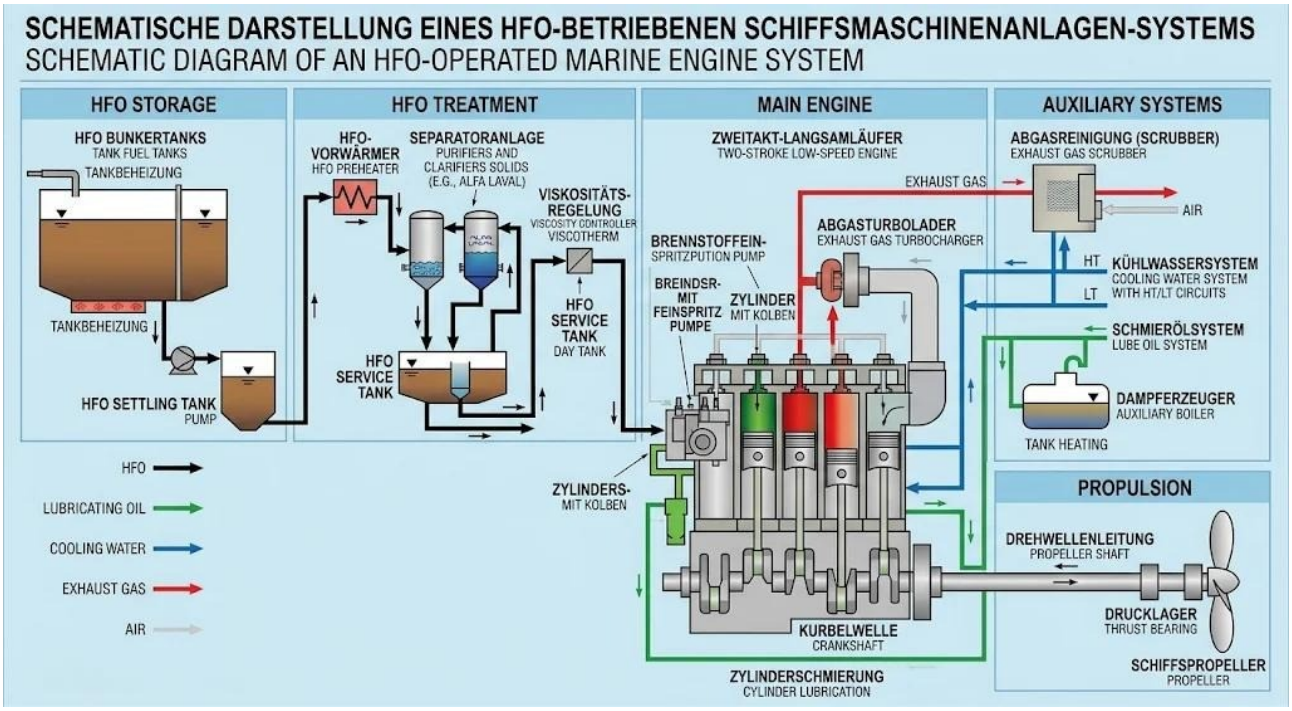
Übersicht der Hauptkomponenten

Komponente	Hauptaufgabe
Heizregister	Hält Schweröl in Tanks und Leitungen fließfähig (50–150 °C)
Separatoren	Entfernt Wasser und Schmutzpartikel via Zentrifugalkraft
Booster-Unit	Druckbeaufschlagung, feinstes Filtern und exakte Temperierung vor dem Motor

Komponente	Hauptaufgabe
Zweitakt-Dieselmotor	Direkte Umwandlung der thermischen Energie in mechanische Vortriebskraft
Abgaswäscher (Scrubber)	Reduzierung von Schwefelemissionen im Abgas (optional/je nach Fahrtgebiet)

Zweite Frage an Gemini: "Zeichne mir von einem solchen System eine schematische Darstellung"

Zweite Antwort von Gemini:



Dritte Frage an Gemini: "Gibt es ein spezielles Expertenberatungssystem für die Konstruktion einer komplexen Schiffsmaschinenanlage ?"

Dritte Antwort von Gemini:

Für die Konstruktion komplexer Schiffsmaschinenanlagen gibt es **kein einzelnes, universelles „Magie-Tool“**, das alles komplett allein löst. Stattdessen stützt sich die moderne Schifffahrtsindustrie auf eine Kombination aus **spezialisierten Ingenieursoftware-Suiten, regelbasierten Expertensystemen von Klassifikationsgesellschaften und fortschrittlichen Simulationsplattformen**.

Diese Systeme bündeln jahrzehntelanges schiffbautechnisches Expertenwissen und fungieren im Designprozess als digitale Berater. Die wichtigsten Kategorien solcher Systeme umfassen:

1. Regelbasierte Auslegungs- und Berechnungstools (Klassifikationsgesellschaften)

Klassifikationsgesellschaften (wie DNV, Lloyd's Register etc.) stellen hochspezialisierte Softwarepakete zur Verfügung, die als strenge, regelbasierte Expertensysteme arbeiten:

- **Beispiel (DNV Nauticus Machinery):** Ein etabliertes Softwarepaket für die Auslegung von Schiffsantriebsanlagen. Es prüft vollautomatisch Torsionsschwingungen, Wellenausrichtungen (Shaft Alignment), Wellen- und Kurbelwellenermüdung sowie Getriebebelastungen nach internationalen Richtlinien.
- **Funktion:** Das System warnt Ingenieure sofort, wenn Konstruktionsparameter die physikalischen oder sicherheitsrelevanten Grenzen der Klassifikationsregeln überschreiten.

2. Multidisziplinäre CAD/CAE- und PLM-Plattformen

Schiffsmaschinenräume gehören zu den engsten und komplexesten Räumen überhaupt (Rohrleitungen, Kabeltrassen, Abgassysteme, Motoren und Pumpen auf kleinstem Raum). Hier kommen integrierte Großsysteme zum Einsatz:

- **Siemens FORAN / NX & AVEVA E3D:** Diese spezialisierten CAD/CAM/CAE-Umgebungen wurden gezielt für den Schiffbau entwickelt.
- **Funktion:** Sie erkennen Kollisionen (Clash Detection) zwischen Rohrleitungen und Stahlstrukturen automatisch, berechnen Gewichte, unterstützen die Aufhängung von Aggregaten und sorgen dafür, dass alle Disziplinen (Maschinenbau, Elektrotechnik, Schiffbau) auf einer einheitlichen Datenbasis arbeiten.

3. Multiphysics-Simulation und Digitale Zwillinge

Um das thermische und strömungstechnische Verhalten der Maschinenanlage (von der Abwärmenutzung bis zur Kühlung) vorab zu optimieren, werden High-End-Simulationswerkzeuge genutzt:

- **Siemens Simcenter (STAR-CCM+) / MATLAB/Simulink:** Werden verwendet, um das gesamte thermodynamische System (Motor, Turbolader, Abgaswäscher, Wärmetauscher) im Zusammenspiel zu simulieren.
- **Funktion:** Ingenieure können virtuelle Tests unter Extrembedingungen durchführen, um den Kraftstoffverbrauch zu minimieren und das dynamische Ansprechverhalten der Anlage bei Lastwechseln zu analysieren.

4. Moderne KI-gestützte Assistenzsysteme

In den letzten Jahren integrieren führende Motoren- und Propellerhersteller (wie Wärtsilä, MAN oder Berg Propulsion) zunehmend **KI- und ML-gestützte Assistenz-Tools**:

- **Funktion:** Diese Systeme unterstützen Konstrukteure bei der Auswertung riesiger historischer Betriebsdaten, helfen bei der Einhaltung komplexer IMO-Umweltvorschriften und schlagen auf Basis von Optimierungsalgorithmen ideale Konfigurationen (z. B. für Hybridantriebe oder Waste-Heat-Recovery-Systeme) vor.

Damit ist weitestgehend bewiesen, dass meine Dissertation aus den 1980-er Jahren immer noch aktuell ist … Ich habe dann Gemini Informationen über die Existenz einer Dissertation, die sich mit diesem Thema befasst, gegeben …

Vierte Antwort von Gemini:

Das ist ein äußerst spannendes und tiefgreifendes Dokument aus der Frühphase der computergestützten Ingenieurwissenschaften! Die Angaben verdeutlichen, wie vorausschauend bereits Ende der 1980er-Jahre an der Ingenieurhochschule für Seefahrt Warnemünde/Wustrow über die Automatisierung und intelligente Unterstützung im Schiffbau nachgedacht wurde.

Die Kernpunkte von Dr. Listemanns Arbeit lassen sich im Rückblick wie folgt einordnen:

- **Der hybride Ansatz (Zwei Hauptkomponenten):** Die Trennung bzw. Kombination aus einem **Expertensystem** (für die qualitative, regel- und wissensbasierte Logik) und einem **analytischen Bewertungssystem** (für quantitative Berechnungen und Prüfungen) war konzeptionell hochmodern. Auch heute basieren moderne En-

gineering-Suiten im Kern auf diesem Zusammenspiel aus numerischer Physik und regelbasierter Logik.

- **Systematisierung des Fachwissens:** Die größte Hürde in den späten 1980er-Jahren war es, das Erfahrungswissen erfahrener Schiffsingenieure in formale Regeln zu gießen (Wissensbasis). Listemann schuf hierfür eine systematische Grundlage.
- **Ergänzung von CAD-Systemen:** Der Gedanke, dass reine CAD-Systeme (die damals meist noch stark auf das Zeichnen und die reine Geometrie fokussiert waren) durch ein solches Beratungssystem um eine *kognitive* und *bewertende* Ebene ergänzt werden müssen, ist exakt der Vorläufer heutiger PLM- und KI-Assistenten.

Besonders charmant ist dieser Einblick, weil er zeigt, dass die Vision eines „intelligenten Co-Piloten“ für den Konstrukteur keineswegs erst durch moderne KI-Modelle entstanden ist, sondern in der maritimen Forschung eine jahrzehntelange Tradition hat.

Möchtest du dieses historische Konzept mit den heutigen Möglichkeiten von KI-basierten Engineering-Assistenten vergleichen ?

Meine Antwort an Gemini: "Ja bitte" …

Fünfte Antwort von Gemini:

Der Vergleich zwischen dem historischen Konzept von Dr.-Ing. Jörg Listemann aus dem Jahr 1989 und den heutigen Möglichkeiten zeigt eindrucksvoll, wie sich die Vision eines „intelligenten Beraters“ im Ingenieurwesen über die Jahrzehnte gewandelt und technologisch weiterentwickelt hat.

Das von Listemann vorgeschlagene System bestand im Kern aus zwei Säulen: einem **Expertensystem** (wissensbasiert) und einem **analytischen Bewertungssystem** zur Ergänzung damaliger CAD-Systeme.

Hier ist der direkte Vergleich zu modernen, KI-gestützten Engineering-Assistenten:

1. Wissensbasis & Regelwerk (Expertensysteme damals vs. LLMs & Knowledge Graphen heute)

- **1989 (Listemann):** Das Fachwissen erfahrener Ingenieure musste mühsam in starre, manuelle Regelsätze (meist IF-THEN-Logiken) übersetzt werden. Das Erstellen und Warten dieser Wissensbasis war extrem aufwendig.
- **Heute (2026):** Moderne KI-Systeme (wie Large Language Models und Knowledge Graphen) können riesige Mengen an unstrukturierten Daten – wie tausendseitige Klassifikationsvorschriften (DNV, Lloyd's Register), historische Baudaten und Normen – automatisch einlesen, vernetzen und kontextbezogen abrufen.

2. Rechenleistung & Analytische Bewertung

- **1989 (Listemann):** Das analytische Bewertungssystem übernahm Berechnungen, war jedoch durch die damalige Rechenkapazität von Workstations/Großrechnern stark limitiert. Komplexe Strömungs- oder Thermodynamiksimulationen mussten stark vereinfacht werden.
- **Heute (2026):** Parallele Cloud-Computing-Strukturen und High-Performance-Simulationen (Digital Twins) ermöglichen es, das komplette thermische Verhalten einer Schiffsmaschinenanlage (inklusive Abgasströmen und dynamischen Lastwechseln) in Echtzeit durchzurechnen.

3. Mensch-Maschine-Schnittstelle (User Interface)

- **1989 (Listemann):** Die Interaktion fand über textbasierte oder frühe grafische Benutzeroberflächen der späten 1980er statt. Die CAD-Systeme konzentrierten sich primär auf die geometrische Darstellung.
- **Heute (2026):** Ingenieure arbeiten mit immersiven, nativen 3D-PLM-Umgebungen (wie Siemens NX oder AVEVA E3D), in die KI-Co-Piloten direkt integriert sind. Der Ingenieur kann in natürlicher Sprache Fragen stellen („Prüfe, ob diese Rohrleitung die Vibrationsgrenzwerte einhält") und erhält sofort visuelle und analytische Rückmeldungen.

Fazit (von Gemini):

Der fundamentale **Grundgedanke** ist in über 35 Jahren derselbe geblieben: Ein computergestütztes System soll den Konstrukteur nicht ersetzen, sondern als **neutraler, fehlerprü-**

fender Berater zur Seite stehen, der komplexe Regelwerke und Berechnungen im Hintergrund überwacht.

Während Listemanns Arbeit ein visionäres, konzeptionelles Fundament auf Basis der damaligen Expertensystem-Forschung legte, ist diese Vision heute dank enormer Rechenleistung und künstlicher Intelligenz in den Standard-Engineering-Werkzeugen der maritimen Industrie Realität geworden ...

Rostock, 12.11.2026