



Jahresbericht

1997

Arbeitsbereich Hilfsmaschinen und Automation

Jahresbericht 1997

Arbeitsbereich Hilfsmaschinen und Automation
Forschungsschwerpunkt 6
Technische Universität Hamburg-Harburg

Anschrift: Neßpiel 5
21129 Hamburg

Telefon: 040/743 15-240
Telefax: 040/743 15-239

Redaktionsschluß 31.12.1997
Entwurf und Zusammenstellung: A. de Almeida Ferreira und Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus
Herausgeber: Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Inhalt

1 Internas.....	5
2 Arbeitsgebiete	7
2.1 Lehre.....	7
2.1.1 Lehrveranstaltungen an der TUHH	7
2.1.2 Lehrveranstaltungen im hochschulübergreifenden Studiengang Schiffbau	8
2.2 Meßtechnisches Labor	9
2.3 Forschung.....	10
3 Mitarbeiterverzeichnis	12
4 Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	13
4.1 Studien-, Diplomarbeiten und Seminarvorträge.....	13
4.2 Abgeschlossene Forschungsarbeiten	15
4.3 Derzeitige Forschungsarbeiten.....	33
4.4 Vorträge/Veröffentlichungen	39
5 Forschungskreis, Fachausschuß, Arbeitsgruppe	40
5.1 CA-Forschungskreis.....	40
5.2 Fachausschuß Schiffselektrotechnik der Schiffbautechnischen Gesellschaft (STG).....	40
5.3 Arbeitskreis Kühlcontainerschiffahrt der Schiffbautechnischen Gesellschaft (STG)	41
6 Vorlesungsreihe Management.....	43
7 Dissertationen	44

Vorwort

Dieser Jahresbericht ist nunmehr der 12, der in ununterbrochener Folge seit 1986 erscheint. Alle diese Berichte wurden von der Sekretärin Frau Ferreira und dem Oberingenieur Herrn Dr. Hochhaus des Arbeitsbereiches zusammengestellt und herausgegeben. Damit wird mit diesen Jahresberichten nicht nur über unsere Arbeiten zusammenfassend informiert, sondern die Berichte bieten auch Raum, daß einige besondere Ereignisse im Arbeitsbereich oder in der TUHH unter der Verantwortung der Mitarbeiter des Arbeitsbereiches dargestellt und kommentiert werden.

Ich möchte den Mitarbeitern an dieser Stelle ausdrücklich dafür danken, daß Sie diese Aufgabe in den letzten Jahren immer verantwortungsbewußt wahrgenommen haben. Damit verbunden ist der Wunsch, daß sie auch in den zukünftigen Ausgaben unseres Jahresberichtes weiterhin offen, fair und sachlich über unseren Arbeitsbereich berichten.

Prof. Dr.-Ing. Günter Ackermann

1 Internas

Es hat 1997 personelle Veränderungen gegeben, der Vertrag von Herrn Dipl.-Ing. Kai Prostka lief zum 31.12.1996 aus

Herr Dipl.-Ing. Klaus Peters war bis zum 15.03.1997 bei uns beschäftigt. Er arbeitet jetzt bei der Firma Hansa Consults, einem Ingenieurbüro.

Zum 01.01.1997 wurde Herr Dipl.-Ing. Jürgen Brandt eingestellt. Sein Arbeitsgebiet ist das dynamische Verhalten von Bordnetzen, wobei besonders der Parallelbetrieb von Wellengeneratoren mit Dieselaggregaten im Vordergrund steht.

Seit dem 01.04.1997 ist Frau Msc. Ana Rosa de Jesus Silva aus Brasilien für zwei Jahre als Gastwissenschaftlerin an unserem Arbeitsbereich. Sie untersucht eine neuartige Einrichtung, um die von Stromrichtern erzeugten Störspannungen zu vermindern.

Zum 16.04.1997 trat Herr Dipl.-Ing. Linus Klaffke seinen Dienst bei uns an. Er arbeitet auf dem Gebiet der Erzeugung und Ausbreitung von Störspannungen in Bordnetzen.

Am 22.04.1997 promovierte Herr Dipl.-Ing. Zengzhi Yuan

Herr Dipl.-Ing. Bernd Verhoeven war vom 16.01.1997 bis 15.05.1997 für die Mitarbeit bei der Evaluierung der Lehre im Maschinenbau eingestellt worden. Nach Auslaufen des Vertrages wurde er ab 16.07.1997 für das Drittmittelprojekt Micast eingestellt.

Herr Dipl.-Ing. Prono Widayat aus Indonesien war für sechs Wochen unser Gast. Er kam von der Humboldt Universität aus Berlin und hat sich mit der Kontrollierten Atmosphäre beschäftigt.

Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann wurde zum Vorsitzenden des Studiendekanats-Ausschusses „Evaluierung der Lehre“ im Maschinenbau gewählt. Die Abwicklung der dazu notwendigen Arbeiten konnten nach der Einstellung von Herrn Dipl.-Ing. Bernd Verhoeven Ende des Jahres 1996 begonnen werden. Der interne Evaluierungsbericht wurde in einer Gruppe aus Professoren, Mitarbeitern und Studenten des Maschinenbaus in vielen Sitzungen erarbeitet. Zur Zeit geht der Vorab-Abschlußbericht über die Evaluierung des Maschinenbaus an der TUHH durch die zuständigen Gremien.

Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann betreute im Sommersemester zusammen mit Herrn Prof. Dr.-Ing. Uwe Weltin die Vorlesung „Marketing und Management“, es wurden dreizehn Vorlesungen durchgeführt, die im einzelnen durchgeführten Veranstaltungen sind in Kapitel 6 aufgeführt.

In den Gremien der TUHH ist zur Zeit nur Prof. Ackermann aktiv. Er ist Mitglied im Studiendekant Maschinenbau und im Forschungsschwerpunkt 6. Dr. Hochhaus ist Mitglied in der Gemeinsamen Kommission des hochschulübergreifenden Studienganges Schiffbau, der 1998 an die TU verlagert wird.

Auch im Internet sind wir aktiv, im Berichtszeitraum erstellte Herr Verhoeven eine eigene Homepage für unseren Arbeitsbereich. Viele AB-Mitarbeiter sind auch über e-mail zu erreichen.

Im Berichtsjahr führten wir am 30.05.1997 eine Arbeitsbereichsfeier durch, an der 69 Mitarbeiter und ehemalige Mitarbeiter teilgenommen haben.

Dieser Jahresbericht soll wie die bisherigen dazu dienen, den Kontakt zu den ehemaligen Mitarbeitern erhalten. Den Kooperationspartnern, Freunden in der Industrie, bei den Behörden, Institutionen und Hochschulen soll er zur Information dienen. Noch wichtiger ist es für uns, an diesem vom Campus weit entfernten Standort, auch die Studentenschaft zu informieren, die Zusammenarbeit zwischen den Arbeitsbereichen, dem Präsidium und der Verwaltung zu erhalten und zu fördern.

Mit diesem Bericht möchten wir jedoch nicht nur informieren, er dient uns außerdem als Rückblick und wir legen Rechenschaft über unsere Arbeiten ab. Bei allen, die uns und unsere Arbeit unterstützt haben, möchten wir uns an dieser Stelle bedanken.

A. de Almeida Ferreira

Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Hamburg-Finkenwerder im Februar 1998

2 Arbeitsgebiete

Der Arbeitsbereich beschäftigt sich in der Lehre und Forschung mit dem Gebiet der elektrischen, thermodynamischen und mechanischen Hilfsmaschinen, mit der Automation von Anlagen und Anlagenteilen. Das ursprünglich auf Schiffe ausgerichtete Arbeitsgebiet wurde auf Offshore-Anlagen und Industrie-Anlagen erweitert.

2.1 Lehre

Die Durchführung der Lehre erfolgt durch:

- Vorlesungen
- Übungen zu den Vorlesungen
- Laborübungen
- Betreuung von Studien-, Diplomarbeiten und Seminarvorträgen

2.1.1 Lehrveranstaltungen an der TUHH

Wintersemester 1996/97

G. Ackermann:	Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauingenieure
K. Prostka, J. Brandt:	Übung: Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauingenieure
W. Planitz (Lehrbeauftragter):	Elektrische Anlagen auf Schiffen und Offshore-Anlagen
W. Planitz (Lehrbeauftragter):	Übung: Elektrische Anlagen auf Schiffen und Offshore-Anlagen
K. Rüssel (Lehrbeauftragter):	Elektrische Maschinen
K. Rüssel (Lehrbeauftragter):	Übung: Elektrische Maschinen
K.Peters:	Interdisziplinäres Grundlagenpraktikum der Elektrotechnik

Sommersemester 1997

G. Ackermann:	Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauingenieure
J. Brandt:	Übung: Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauingenieure
K.-H. Hochhaus:	Hilfsanlagen auf Schiffen und Offshore-Anlagen
K.-H. Hochhaus:	Übung: Hilfsanlagen auf Schiffen und Offshore-Anlagen

G. Ackermann:	Automation und Prozeßrechentechnik
J. Brandt:	Sprechstunde: Automation und Prozeßrechentechnik
G. Ackermann:	Organisation der Vorlesung „Management“
W. Planitz (Lehrbeauftragter):	Leistungselektronik
R. de Boer:	Labor Meßtechnik
R. de Boer:	Praktikum: Grundlagen der Elektrotechnik für MB
J. Brandt:	Interdisziplinäres Grundlagenpraktikum für Elektrotechniker

Wintersemester 1997/98

G. Ackermann:	Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauingenieure
J. Brandt:	Übung: Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauingenieure
G. Ackermann:	Elektrische Anlagen auf Schiffen und Offshore-Anlagen
G. Ackermann:	Übung: Elektrische Anlagen auf Schiffen und Offshore-Anlagen
G. Ackermann:	Elektrische Maschinen
J. Brandt:	Übung: Elektrische Maschinen
R. de Boer:	Labor Meßtechnik
L. Klaffke:	Interdisziplinäres Grundlagenpraktikum Elektrotechnik

2.1.2 Lehrveranstaltungen im hochschulübergreifenden Studiengang Schiffbau

G. Ackermann:	Elektrische Anlagen auf Schiffen und Offshore-Anlagen
G. Ackermann:	Übung: Elektrische Anlagen auf Schiffen und Offshore-Anlagen
G. Ackermann:	Automation und Prozeßrechentechnik
J. Brandt:	Sprechstunde: Automation und Prozeßrechentechnik
G. Ackermann:	Elektrische Maschinen
J. Brandt:	Übung: Elektrische Maschinen
K.-H. Hochhaus:	Schiffshilfsmaschinen
K.-H. Hochhaus:	Übung: Schiffshilfsmaschinen

2.2 Meßtechnisches Labor

Die im AB 6-09 verfügbare Meßtechnik deckt einen großen physikalischen Bereich elektrischer und nichtelektrischer Größen ab. Diese Größen werden überwiegend in Schiffs- und Automationsanlagen gemessen. Durch Umwandlung dieser Größen in spannungs- oder stromproportionale Meßsignale können sie registriert und weiterverarbeitet werden. Die Registrierung und Weiterverarbeitung erfolgt z. B. hauptsächlich mit einem Meßwertrechner aber gelegentlich auch mit einem Papierschreiber.

Zur Umwandlung der Meßgröße in einen normierten Meßwert werden im AB 6-09 gegenwärtig folgende Sensorgruppen genutzt:

- Flexible Stromwandler für Wechselstrom von 30 A bis 6.000 A
- Stromwandler für Gleich- und Wechselstromsignale im Bereich von 1 A bis 3.000 A
- Temperaturmeßgeräte von - 100 °C bis 1.100 °C, überwiegend in Thermodrahtmeßtechnik
- Drehmomentwandler für rotierende Wellen
- Drehzahlgeber als Reibräder oder berührungslos von 0 bis 20.000 1/min
- Drehwinkelgeber potentiometrisch
- Wegaufnehmer potentiometrisch bis 200 mm
- Beschleunigungsaufnehmer bis ca. 100 g
- Feuchtemeßgerät für relative Luftfeuchte
- CO-, C₂H₄- und O₂-Meßgeräte
- Druckaufnehmer im Bereich von 20 mbar bis 500 bar
- Wägezellen bis 5 t
- Fluid-Durchfluß- und Wärmemengenmeßgerät
- Strömungsmessgeräte für Luftströmungen
- Kreiselkompaß
- GPS-Gerät zur Ortsbestimmung und Geschwindigkeitsmessung
- Neigungswinkelsensor

Diese Sensoren können mit Gleich- und Wechselspannungsmeßverstärkern sowie Signaltrennverstärkern für die Aufbereitung der Meßsignale zu flexiblen Meßsystemen ausgebaut werden.

Weiterhin sind Meßinstrumente für die Messung elektrischer Größen wie Leistung, Strom, Spannung, Frequenz als analoge Zeigerinstrumente oder als Multimeter vorhanden.

Für umfangreiche Messungen elektrischer Signale in Bordnetzen kann auf sehr universelle Meßgeräte zurückgegriffen werden.

Die Registrierung der Meßsignale ist je nach Meßanforderung möglich mit:

- Meßrechner als Tischgeräte oder Laptops
- Analog- und Speicheroszilloskopen
- Mehrkanalschreiber (2 bis 12 Kanäle) für Papiervorschübe von 1 cm/h bis 4 m/sec
- x-y-Schreiber

Die Abtastraten der Meßrechner liegen maximal zwischen ca. 200 Sample/sec und 50.000 Samples/sec. Es können bis zu 30 analoge Meßwertgeber an einen Meßrechner angeschlossen werden. Der Einsatz eines Meßrechners bietet auch die Möglichkeit einer automatischen Meßwertregistrierung über mehrere Wochen und Monate, z. B. auf einem Schiff.

Für die Auswertung bzw. Weiterverarbeitung der gemessenen Größen stehen zahlreiche Plott-Programme, Filterprogramme, Wandlerroutrinen und Statistikprogramme bereit.

Da viele Messungen an Bord von Schiffen durchgeführt werden und dort oftmals spezielle Anforderungen an die Meßtechnik auftreten, ist ein großer Teil der Software für die rechnergestützte Meßtechnik im Arbeitsbereich entstanden.

Für Messungen an elektrischen Antrieben bis zu einer Leistung von 6 kW und bis zu Drehmomenten von 1.000 Nm (Messungen an langsamlaufenden Direktantrieben) steht ein Prüfstand mit Drehmoment- und Leistungsmessung zur Verfügung.

Für Messungen an elektrischen Maschinen bis zu 100 kW Nennleistung stehen Prüfgeneratoren und Prüffeldeinrichtungen zur Verfügung.

Die Untersuchung von Kurzschlußvorgängen in kleinen Inselnetzen hat gezeigt, daß das Lichtbogenverhalten ganz unterschiedlich zu den gut bekannten Verhältnissen in Industrienetzen ist. Aus diesem Grunde wurde eine Kurzschluß-Versuchsanlage aus zwei für den Bordbetrieb auf Schiffen geeigneten Synchrongeneratoren mit den dazugehörigen Spannungsreglern aufgebaut.

Nennaten der Generatoren:

437 kVA

440 V

555 V

Bei Parallelschaltung beider Generatoren ergibt sich ein Stoßkurzschlußstrom von ca. 20 kA.

Diese Anlage ist besonders geeignet zu Selektivitätsuntersuchungen bei relativ kleinen Fehlerströmen und zur Untersuchung der Folgen innerer Fehler in elektrischen Maschinen und Anlagen.

2.3 Forschung

Der Arbeitsbereich Hilfsmaschinen und Automation beschäftigt sich mit der Analyse des Betriebsverhaltens aller Arten von Maschinen an Bord von Schiffen und Offshore-Anlagen und vergleichbaren Anlagen an Land sowie mit elektrischen Servoantrieben.

Ziel der Arbeiten ist die Untersuchung des Systemverhaltens von Anlagen, die Entwicklung und Auslegung von Regelungen und Automationsanlagen und die Entwicklung indirekter Meßverfahren zur betriebsmäßigen Bestimmung von Anlageneigenschaften, die für die Sicherheit und Ökonomie des Betriebes von Bedeutung sind. Die Berechnung, Auslegung und Konstruktion der einzelnen Apparate, Geräte und Maschinen wird nur in Sonderfällen bearbeitet.

Die Arbeiten auf dem Gebiet der Elektrotechnik betreffen einerseits spezielle Anlagen, deren Einsatz, Aufgabenbereich und Betriebsverhalten in Landanlagen nicht gegeben ist (Inselnetze), andererseits die Eigenschaften elektrischer Systeme unter extremen Umwelt- und Betriebsbedingungen. Daher werden die Methoden der Elektrotechnik auf die speziellen Umwelt- und Anwendungsbedingungen angewendet, u. a. werden Wellengeneratoranlagen und neuartige Schutzkonzepte für Bordnetze untersucht.

Die Energieverteilung auf Schiffen, Offshoreeinrichtungen und Inselnetzen wird überwiegend mit elektrischen Anlagen durchgeführt. Daneben werden hydraulische, pneumatische und andere Energieverteilungen angewendet. Eine geschlossene Methode für die Erstellung von Analysen, mathematischen Formulierungen und konstruktiven Gestaltungen derartiger Anlagen ist erforderlich. Die Automation von Schiffs- und Offshore-Anlagen dient in erster Linie dem Schutz des Personals und der Anlagen sowie der Kostenoptimierung. In immer stärkerem Maße treten auch Aufgaben für den Schutz der Umwelt vor Beeinträchtigung durch Schiffe und schwimmende Anlagen in den Vordergrund.

Wird unter „Automation“ jede Art von Regelung, Steuerung, Überwachung und Handhabung von Anlagen verstanden, so hängt die Gestaltung von Arbeitsabläufen, Arbeitsplätzen und Arbeitsbelastungen wesentlich vom Automationskonzept ab. Zur Bearbeitung dieser in Zukunft noch wichtiger werdenden Aufgaben ist die Funktionsanalyse und die dynamische Beschreibung aller technischen Einrichtungen erforderlich. Der systemtechnische Ansatz zur Bewältigung dieser Aufgabe wird aus den in Regelungstechnik, Kybernetik und Elektrotechnik entwickelten Verfahren abgeleitet.

Auf dem Gebiet der Hilfsmaschinen liegt der Schwerpunkt in der Analyse des Betriebsverhaltens von Hilfssystemen. Die Hilfsmaschinen werden nicht isoliert, sondern abhängig von der Umwelt und dem technischen Umfeld betrachtet. Da die für derartige Untersuchungen benötigten Laboreinrichtungen häufig zu aufwendig sind, werden die Systeme mit den Methoden der Simulationstechnik nachgebildet und durch Messungen in den betrachteten oder an vergleichbaren Anlagen aufdatiert. Damit lassen sich auch Untersuchungen an Anlagen oder Anlagenteilen durchführen, an denen Versuche nicht möglich sind. Es können Nennlast- und Teillastbetriebszustände im stationären Betrieb und dynamische Vorgänge betrachtet werden. Mit diesen systemtechnischen Berechnungsmethoden können auch die Regler und Stellglieder behandelt werden, wodurch eine Verringerung der zeit- und kostenaufwendigen Inbetriebnahmen und Einstellungsläufe der Systeme möglich wird.

Die Untersuchungen an Servoantrieben beziehen sich auf den Vergleich und die Optimierung elektrischer Antriebe für Handhabungsgeräte sowie auf die elektrohydraulische Klappenverstellung von Zivilflugzeugen. Auch hier werden neben experimentellen Untersuchungen Methoden der Simulationsrechnung eingesetzt.

3 Mitarbeiterverzeichnis

Telefon: 040/743 15- Durchwahl e-mail

Professoren, Oberingenieur

Prof. Dr.-Ing. Günter Ackermann, Slipstek 6, 21129 Hamburg 240

(Leiter des Arbeitsbereiches)

Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus, Rönneburger Str. 21, 21217 Seevetal 243

Sekretariat

Andrea de Almeida Ferreira 241 Ferreira

Technisches Personal

Dipl.-Ing. Wilhelm Albers 248 W. Albers

Thorsten Düring 248

Thorsten Münsterberg 248

Wissenschaftliche Mitarbeiter

Dipl.-Ing. Rüdiger de Boer 236 de-Boer

Dipl.-Ing. Klaus Peters 250

Dipl.-Ing. Linus Klaffke 244 Klaffke

Dipl.-Ing. Jürgen Brandt 251 J. Brandt

Dipl.-Ing. Bernd Verhoeven 246 Verhoeven

Msc. Ana Rosa de Jesus Silva 235 Silva

Lehrbeauftragte

Dr.-Ing. Wolfgang Planitz, HEW

Dr.-Ing. Kay Rüssel, Germanischer Lloyd

Gastwissenschaftler

Dipl.-Ing. Zengzhi Yuan, Volksrepublik China

Herr Yuan wird vom DAAD gefördert und arbeitet an der Einbindung von Absorptionskältemaschinen in Ladungskühlanlagen von Kühl- und Kühlcontainerschiffen

Dipl.-Ing. Prono Widayat

Studentische Hilfskräfte und Tutoren

Fenske, Christoph

Hesse, Michael

Körner, Yvonne

Nass, Marc-Oliver

Alberts, Sven

4 Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

4.1 Studien-, Diplomarbeiten und Seminarvorträge

T. Mundt (Große, konstruktive Studienarbeit)

Konstruktion und Auslegung der Maschinenanlage der Hafenfähre „ALTENWERDER“

Betreuer: K.-H. Hochhaus

H. Dethmann (Diplomarbeit)

Auslegung einer Absorptionsanlage zur Kaltwasserversorgung einer Schiffsklimaanlage

Betreuer: K.-H. Hochhaus

Th. Sohn (Studienarbeit)

Auswirkungen stählerner Schiffswracks auf das Erdmagnetfeld an der Wasseroberfläche

Betreuer: K. Peters

Stefan Garbe (Diplomarbeit)

Systematik für die Planung und Projektierung von Niederspannungs-Schaltanlagen

Betreuer: G. Ackermann

Helmut Schöne (Diplomarbeit)

Simulation der Betriebsweise einer Schiffsantriebsanlage unter Berücksichtigung der Fahrautomatik, ausgewählter Störgrößen und niedriger Drehzahlen

Betreuer: G. Ackermann

Engelhardt (Diplomarbeit)

Systemtechnische Analyse neuer Sekundärenergiesysteme von Flugzeugen auf Basis bidirektionaler elektrisch-hydraulischer Leistungswandler

Betreuer: G. Ackermann

Röttger (Studienarbeit)

Umbau eines Nebelwasser-Feuerlöschversuchsstandes und Durchführung von Versuchen

Betreuer: K.-H. Hochhaus

Puschmann (Studienarbeit)

Konstruktionsvorschläge für eine Vorrichtung zur Beförderung kleiner Lasten im und aus dem Laderaum von Kühlcontainerschiffen

Betreuer: K.-H. Hochhaus

Nass (Studienarbeit)

Abwärmeausnutzung mit einer Absorptionsanlage zur Klimatisierung auf Fährschiffen

Betreuer: K.-H. Hochhaus

Puschmann (Diplomarbeit)

Untersuchung von Löschmöglichkeiten in engen Maschinenräumen und Entwurf einer Aerosol-Feuer-Löschanlage

Betreuer: K.-H. Hochhaus

Grams (Diplomarbeit)

Vergleich und Bewertung von Konzepten zur solargetriebenen Gebäudeklimatisierung

Betreuer: G. Ackermann

Heine (Studienarbeit)

Konstruktion und Bau einer Vorrichtung zur Dichtigkeitsüberprüfung von Schiffsladeräumen

Betreuer: K.-H. Hochhaus

Hayen (Studienarbeit)

Konstruktion eines Versuchsstandes zur Erprobung von Drucksensoren für Schiffspropeller

Betreuer: R. de Boer

Hölling (Diplomarbeit)

Meßtechnische Untersuchung eines Wassersystems für Mehrdeckflugzeuge

Betreuer: G. Ackermann

Jakob (Diplomarbeit)

Entwurf einer mehrstufigen Kreiselpumpe mit Naßläufer-Asynchronmotor

Betreuer: G. Ackermann

4.2 Abgeschlossene Forschungsarbeiten

Bericht-Nr.	Verfasser	Titel
01/97	Hochhaus	Zukünftige Kühlcontainerschiffe, nur noch mit Integrated-Kühlcontainern
02/97	de Boer	Sensitivitätsanalyse an drei Schiffshauptantriebsanlagen
03/97	Ackermann	Beleuchtungsanlage mit Konstantstromkreis und Wechselstromsteller / Vergleich von Rechnungen mit Messungen am Beispiel des Flughafens Stuttgart
04/97	Hochhaus	Kühlschiffe, Analyse der derzeitigen weltweiten Kühlschiffsflotte
05/97	Hochhaus/Wild	Kühlcontainerschiffahrt mit Porthole- und CA-Kühlcontainern
06/97	Ackermann	Auswirkungen einer Phasenanschnittsteuerung auf den Spannungsklirrfaktor in Inselnetzen am Beispiel einer Flughafenbeheizung
07/97	Albers, Dören, Matz, Hochhaus	Bericht über die Messung der beim Reifeprozess von Bananen freigesetzten gasförmigen Stoffe mit einem Gassensoren-Array, einem CG-Massenspektrometer und einer elektronischen Zelle
08/97	Hochhaus	Kühlschiffahrt 1996/97
09/97	Sommer	Regelungstechnisches Modell einer Schiffsantriebsanlage auf der Basis von parametrischen Übertragungsfunktionen
10/97	Albers	Spannungsverlauf an der Ständerwicklung eines Asynchronmotors während der Stern-Dreieck-Umschaltung
11/97	Hochhaus	Einführung und Entwicklung von Kühlcontainerschiffen
12/97	de Boer	Kurzdiskussion der Zuverlässigkeit eines Seewasserkühlsystems eines Containerschiffes
13/97	Hochhaus	Seetransport von Früchten unter Kontrollierter Atmosphäre
14/97	Hochhaus	Druckschwankungen im Brennstoffsystem
15/97	Klaffke	Berechnung der Stromverteilung auf einem elektrisch langen Koaxialkabel
16/97	Ackermann	Simulation „Cycloconverter und Duplexdrossel“
17/97	de Boer	Importanzkenngrößen
18/97	Brandt	Stationäres Verhalten der elektrischen Anlage
19/97	Verhoeven	Transportdaten von Obst und Gemüse unter CA
20/97	Hochhaus	Lagerung und Transport von Obst und Gemüse unter Kontrollierter Atmosphäre
21/97	Ackermann	Stromverteilung in parallel liegenden Leitern
22/97	Widayat	Technik zur CA-Lagerung und Transport
23/97	Ackermann, Münsterberg	Messungen an Vorschalttransformatoren für Neonröhren bis 1.800 mm und Simulation dazu
24/97	Brandt	Simulation des dynamischen Verhaltens einer Schiffsantriebsanlage mit Duplex-Drosseln

Kurzfassung der Technischen Berichte

Technischer Bericht 01/97

Zukünftige Kühlcontainerschiffe, nur noch mit Integrated Kühlcontainern
- Abschlußbericht der STG AG Kühlcontainerschiffahrt -

Die weltweit mit Schiffen transportierte Kühlladung hat sich in den letzten zehn Jahren um 50 % erhöht. Von den Kühlschiffen werden etwa 60 % vorwiegend im Nord-Süd-Dienst und von Kühlcontainern werden 40 % im Nord-Süd-Dienst überwiegend in Porthole-Containern und im Ost-West-Dienst in Integrated-Containern befördert. Dabei gibt es keine Statistiken über den Transportanteil von Integrated-Containern, die auf Kühlschiffen befördert werden.

Für Neubauten in Nord-Süd-Containerdiensten wird auch zukünftig ein hoher Kühlladungsanteil (20 - 40 %) zu berücksichtigen sein, das Verhältnis der Kühlcontainer zu Normalcontainern R-TEU/TEU wird jedoch sinken, da die containerisierbare Ladung stärker wächst, solange weitere Fahrtgebiete oder auch Landesteile containerisiert werden. Mit steigender Infrastruktur (Straßen, Eisenbahn) in den Entwicklungsländern wächst die Transportkapazität und heute noch teilweise als Massengut oder Stückgut transportierte Güter werden zunehmend in Containern befördert (Kakao, Kaffee). Bei den diskutierten Diensten (Australien, Südafrika, Südamerika, Karibik) ergeben sich Unterschiede, die durch den Zeitpunkt der Einführung und damit vom Alter der Schiffe bestimmt werden.

Der Australiendienst bedarf wahrscheinlich zuerst der Erneuerung, der Südamerikadienst wurde später containerisiert, ist anspruchsvoller und mit den erheblich neueren Containerschiffen modern und gut ausgerüstet. Bezüglich der Schiffsgröße ist man hier tiefgangmäßig an der Grenze. In Südafrika haben sich durch den Wegfall der Handelshemmnisse neue Perspektiven ergeben, auch hier sind schnelle Änderungen möglich.

Die Investitionskosten von Porthole-Kühlcontainerschiffen liegen deutlich über denen von Containerschiffen mit Integrated-Kühlcontainern. Der notwendige Containerpark von Integrated-Containern kann im Gegensatz zu Porthole-Containern problemlos geleast werden, bindet daher weniger Kapital. Containerschiffe im Nord-Süd-Dienst sind erheblich kleiner als die Containerschiffe in den Ost-West-Dienste. Man kann max. von zwei Lagen beladener Container an Deck ausgehen. Die Giganten wie „REGINA MAERSK“ mit 700 Kühlcontainersteckdosen, d. h. mit 1.400 R-TEU (ca. 1,4 Mio. cbft) die größten Kühl- und Kühlcontainerschiffe der Welt, sind jedoch im West-Ost-Dienst beschäftigt. Der Nord-Süd-Dienst mit hohem Kühlcontaineranteil beschäftigt Containerschiffe mit einer Größe von 1.000 bis 2.500 TEU.

Die besonderen Merkmale dieser zukünftigen Kühlcontainerschiffe werden Kühlcontainer unter Deck und eine hohe installierte elektrische Leistung sein. Für die Wärmeabfuhr der Kondensatorwärme gibt es mehrere Möglichkeiten, Luftaustausch, Luft/Luft-Wärmetauscher, Luft-Wasser-Wärmetauscher und Luftkühlung durch eine Kälteanlage. Die direkte Kühlwasserversorgung der Kondensatoren ist die Ausnahme für spezielle Dienste und sollte hier nur am Rande berücksichtigt werden.

Der elektrische Energieverbrauch von Integrated-Containern ist erheblich höher als der von Porthole-Containern, daher wird eine höhere installierte Kapazität der Generatoren, Schaltanlagen und Verteilungen benötigt. Das ist auch der Grund für einen höheren E-Bedarf und entsprechend ansteigenden Brennstoffverbrauch, Der höhere Brennstoffverbrauch spielt zur Zeit jedoch eine untergeordnete Rolle, da die Brennstoffpreise in der Schifffahrt inflationsbereinigt derzeit unter den Preisen vor der zweiten Energiekrise (1978) liegen. Bei Containerschiffen mit einem hohen Kühlladungsanteil, besonders im Nord-Süd-Dienst, reichen die Kühlcontainerstellplätze an Deck nicht

aus, es werden weitere Kühlcontainerstellplätze unter Deck notwendig, wodurch zusätzliche elektrische Energie zur Wärmeabfuhr erforderlich wird.

Die Vorteile der Porthole-Kühlcontainer gegenüber den Integrated-Kühlcontainern sind aus mehreren Gründen geringer geworden. Neben der größeren Flexibilität und erheblich verbesserter Technik der Integrated-Kühlcontainer sind es besonders die Investitions- und Betriebskosten, die einen großen Einfluß ausüben. Derzeitig sind viele Containerschiffe im Bau, zum Teil mit einer hohen Stellplatzkapazität für Integrated-Kühlcontainer. Es werden zur Zeit keine Kühlcontainerschiffe mit Porthole-Kühlcontainern gebaut, obwohl aufgrund der Altersstruktur für den Australiendienst Ersatzbedarf besteht. Offene Containerschiffe werden zunehmend gebaut, da sie beim Umschlag Zeit- und Kostenvorteile bieten, in Verbindung mit integrierten Kühlcontainern unter Deck stellen sie eine optimale Lösung zu Wärmeabfuhr dar.

Technischer Bericht 02/97

Sensitivitätsanalyse an drei Schiffshauptantriebsanlagen

Dipl.-Ing. R. de Boer

In dem Technischen Bericht 12/96 werden drei dieselektrische Antriebsanlagen in bezug auf ihre Zuverlässigkeit diskutiert. Dieser Bericht erweitert den Technischen Bericht um eine sog. Sensitivitätsanalyse. Hierbei werden die Anlagen anhand von Importanzen verglichen.

Ausgehend von vorhandenen Zuverlässigkeitsblockdiagrammen werden die Fehlerbäume der drei Systeme entwickelt und anschließend die Überlebenswahrscheinlichkeit und einige Importanzen berechnet. Die hierzu verwendeten Programme können nur Systeme mit aktiven Redundanzen bearbeiten. Die in den Anlagen vorhandenen passiven Redundanzen müssen somit als aktive berücksichtigt werden.

In die Sensitivitätsanalysen werden die marginale, strukturelle marginale, kompetitive und strukturelle kompetitive Importanz mit einbezogen. Die Importanzen spiegeln den stark-symmetrischen Aufbau der drei Systemvarianten wieder. Aufgrund fehlender Redundanz je Schiffseite besitzen die Antriebswellen die größten Einflüsse auf die Systemzuverlässigkeiten. Ebenso besitzt das 450 V-Bordnetz große Importanzwerte, da es in Reihe zu den eigentlichen Antriebsanlagen geschaltet ist. Des weiteren konnte festgestellt werden, daß die Anzahl an Komponenten einen sehr großen Einfluß auf die Größenordnung, in der die Importanzwerte liegen, hat. Außerdem ist der Rückschluß von den Importanzen auf die Zuverlässigkeit des Systems nicht ohne weiteres möglich.

Technischer Bericht 03/97

Beleuchtungsanlage mit Konstantstromkreis und Wechselstromsteller

Vergleich von Rechnungen mit Messungen am Beispiel des Flughafens Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann

Die in den TBs 05/96 und 08/96 beschriebene Simulation für die Ströme, Spannungen und Oberschwingungen in einer Flughafenbefeuchtungsanlage soll mit den in TB 22/96 beschriebenen Messungen auf dem Flughafen Stuttgart verifiziert werden. Daraus soll abgeleitet werden, wie genau mit den verfügbaren Daten und der Art des Modells eine Voraussage der Größen möglich ist.

In diesem Bericht werden 4 der in Stuttgart gemessenen Lastfälle mit Rechnungen verglichen. Die Rechnungen wurden durchgeführt mit dem in TB 08/96 beschriebenen EXCEL-Programm mit den vom Auftraggeber beigestellten Daten für den Flughafen Stuttgart.

Der Vergleich der gemessenen Ströme mit den berechneten Strömen hat ergeben, daß mit dem EXCEL-Simulationsmodell für die untersuchten Fälle etwas zu kleine Ströme ermittelt werden. Um die Ursache dafür zu klären, werden verschiedene Hypothesen für mögliche Fehler und Ungenauigkeiten aufgestellt. Nur durch die Kombination verschiedener Fehler kann die Abweichung erklärt werden.

Der Stromverlauf wird recht genau ermittelt, entsprechend sind auch die berechneten Zahlenwerte für die relevanten Oberschwingungen recht genau. Die für die Projektierung wichtigen Größen wie Stromflußwinkel und Steuerwinkel werden bis auf wenige Grad genau berechnet.

Eine weitere Steigerung der Rechengenauigkeit würde eine noch genauere Beschreibung aller Komponenten und eine Verfeinerung des Simulationsmodells (Anzahl der Ersatzelemente, kleinere Zeitschrittweite) erfordern.

Technischer Bericht 04/97

Kühlschiffe, Analyse der derzeitigen weltweiten Kühlschiffsflotte

Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Kühlschiffe sind definiert als Schiffe mit Einrichtungen zum Kühlen, deren Laderäume alle isoliert sind. Dazu zählen die Vollkühlschiffe, Saftkonzentrattanker und u. U. Gastanker, die hier jedoch keine Berücksichtigung finden. Bei der Analyse interessieren die unterschiedlichen Größen, die unterschiedlichen Geschwindigkeiten und besonders das Alter der Kühlschiffe. Mit dem Alter sind Rückschlüsse möglich auf den Neubaubedarf. Die Charrate oder besser der zeitliche Verlauf der Charrate ermöglicht Aussagen über den zukünftigen Neubaubedarf.

Der Reeder benötigt eine derartige Analyse bei der Planung von Neubauten, um die „richtige“ Größe und Geschwindigkeit zu wählen, da das Schiff insgesamt 20 - 25 Jahre alt wird. Die Werften brauchen Aussagen für die mittelfristige Planung von 5 - 10 Jahren über die zukünftig benötigten Schiffstypen und -größen. Die Zulieferindustrie und hier besonders die Kälteanlagenhersteller und die Isolierfirmen interessieren sich für die Größe und den Kälteleistungsbedarf der Kühlschiffe. Für die Häfen oder Hafenbetriebsgesellschaften sind die Daten und Abmessungen der Kühlschiffe (Tiefgang, Breite, Anzahl der Kühlcontainer und Lademengen) wichtig für langfristige Kapazitätsplanungen. Auch die Verloader, Lager- und Speditionsgesellschaften und die Bahn (Interfrigo) ist an Informationen über die derzeitige und zukünftige Entwicklung interessiert.

Hohe Abwrackraten sowie geringe Neubaugänge in der weltweiten Kühlschiffsflotte und hohe Neubauorder in der Kühlcontainerschiffsflotte kennzeichnen die derzeitige Situation in der internationalen Kühlschiffahrt. Das Kühlladungsangebot steigt seit 1984 mit etwa 1 Mio. t pro Jahr und sorgt besonders in den Saisonzeiten von Februar bis Juni für eine hohe Nachfrage an Kühlcontainerschiffraum. Die Frachtraten für Kühlschiffe befinden sich wieder auf hohem Niveau und steigen weiter, da wenig Neubauten abgeliefert werden.

Die vorstehende Analyse zur Anzahl, Größenverteilung, Alter und Geschwindigkeit von Kühlschiffen gibt einen Überblick über die derzeitige weltweite Kühlschiffsflotte, die überwiegend unter „billigen“ Flaggen operiert. Der Blick auf das Ladungsangebot ist positiv und zeigt steigende Tendenz, andererseits erhält die Kühlschiffsflotte ernstzunehmende Konkurrenz von den Containerschiffen mit Kühlcontainern. Neue Kühlschiffe werden daher mit einer hohen Kühlcontainerkapazität an Deck gebaut, nutzen damit die Tragfähigkeit im Fruchttransport besser aus und erzielen zusätzliche Einnahmen bzw. höhere Charraten.

Die Geschwindigkeiten der neueren Kühl- und Kühlcontainerschiffe zeigen eine steigende Tendenz, der Hauptgrund sind die gesunkenen Treibstoffpreise. Die gestiegenen Geschwindigkeiten und die effizienten Umschlagseinrichtungen in den Häfen sorgen für höhere Transportleistungen der weltweiten Kühlschiffsflotte.

Technischer Bericht 05/97

Kühlcontainerschiffahrt mit Porthole- und CA-Kühlcontainern

Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus, Dr.-Ing. Y. Wild

Zwei interessante Themen in einer Überschrift, zu beiden Themen haben wir als Verfasser im Rahmen der Schiffbautechnischen Gesellschaft Arbeitsgruppen (AG) eingerichtet. Die AG „Kontrollierte Atmosphäre“ bestand aus 30 Mitgliedern, mit einem breiten Firmenspektrum aus dem Bereich Reedereien, Werften, Zulieferindustrie, Fruchtbranche, Aufsichtsbehörden, Ing.-Büros und Hochschule. Die AG „Kühlcontainerschiffahrt“ war mit 10 Mitgliedern aus dem Bereich Reedereien, Werften, Zulieferindustrie, Ing.-Büros und Hochschulen zusammengesetzt und war schwerpunktmäßig auf die zukünftige Entwicklung der Porthole-Container ausgerichtet. Aus aktuellem Anlaß sollte diese AG möglichst schnell zu einem abschließenden Ergebnis kommen und in einem Jahr wurde das Thema abschließend bearbeitet und der Bericht vorgelegt.

Die Technologie der Porthole-Container wurde vor 1970 entwickelt und für die Nord-Süd-Fahrtgebiete mit hohem Kühlladungsaufkommen eingesetzt. Die Porthole-Container stehen in einem ständigen Wettbewerb mit den Integrated-Kühlcontainern, wobei besonders die Herstellern der Integrated-Container im ständigen Konkurrenzkampf stehen. Die erste Generation der Containerschiffe mit Porthole-Kühlcontainern ist inzwischen älter als 25 Jahre und ist jetzt zu ersetzen. Die beteiligten Reedereien befinden sich derzeit im Entscheidungsprozeß, ob die Portholetechnologie Bestand haben soll oder nicht. Ein Ergebnis dieser AG ist, daß es mit großer Wahrscheinlichkeit keine neue Generation von Porthole-Schiffen geben wird. Andererseits wurde deutlich, daß die Entscheidungen über Neubauten für Porthole-Schiffe im Australiendienst fallen werden.

Im Arbeitskreis CA (1991 - 1993) war es umgekehrt, hier galt es, eine in der Schiffstechnik unbekannte neuartige Technologie zu analysieren, die Möglichkeiten, Vor- und Nachteile herauszufinden und die Ergebnisse den möglichen Anwendern mitzuteilen. Ein Ziel der AG „CA“, den Technologievorsprung der deutschsprachigen Anbieter (mit unterschiedlichen CA-Systemen) bei den CA-Kühlcontainern durch ein einheitliches System auszubauen, ist nicht geglückt. Jede dieser sieben Firmen ist ihren eigenen Weg gegangen und heute sind davon noch zwei am Markt, jedoch fehlt bisher der durchschlagende Erfolg.

Die anderen Ziele der AG, Informationen, Definition der CA, Optimierung der CA-Technik und der dazu notwendigen Meßtechnik wurden erreicht bzw. werden in einem CA-Forschungskreis fortgesetzt.

Die CA-Technologie hat sich bei neueren Kühlschiffen durchgesetzt. Bei den Kühlcontainern wurde die Pionierphase verlassen. Die anfangs kontroversen Diskussionen zur Frage CA ja oder nein, sind verstummt. Die noch nicht mit der CA-Transporttechnologie arbeitenden Fruchtgesellschaften und Reedereien stehen vor der Frage: „Wann steigen wir ein und mit welcher Technik?“.

Der Bestand an Porthole-Containern stagniert seit Jahren, während der Bestand an Integral-Containern beständig zunimmt. Dennoch sind einige Fahrtgebiete noch fest in der Hand der Porthole-Container. Aufgrund der Altersstruktur der Porthole-Schiffe ist damit zu rechnen, daß u. U. noch eine Generation von Porthole-Schiffen gebaut wird, die gleichzeitig als Übergangsschiffe zur Umstellung der Linien auf Integral-Container dienen werden.

Auf dem Markt der CA-Container haben sich in den letzten Jahren zwei Trends gezeigt:

- Das relativ einfache und in den Anfangsinvestitionen billige TransFRESH-System hat im Bereich der großen Kühlcontainer-Linien mit mittlerweile mehr als 25.000 Containern eine starke Position eingenommen.
- Der Markt der Stand-Alone-CA-Container, der vor einigen Jahren noch von relativ kleinen innovativen Firmen getragen wurde, ist zunehmend von den drei großen Kühlaggregatherstellern Carrier, Thermoking (über Sabroe Reefer Cool) und Mitsubishi übernommen worden. Die Stand-Alone-CA-Container sind eher in Nischenmärkten mit einem sehr hohen Anteil an Fruchttransporten zu finden.

Diese Entwicklung wird sich wohl auch in den kommenden Jahren fortsetzen, da einerseits CA immer mehr Verbreitung im Fruchttransport findet, dieser Markt aber andererseits zu klein ist, um jeden Kühlcontainer mit aktiven CA-Anlagen auszustatten. Daher wird das TransFRESH-System dort Verbreitung finden, wo nur gelegentlich mit einem CA-Transport zu rechnen ist, während für reine Fruchtlinien die Stand-Alone-Systeme Vorteile bieten.

Technischer Bericht 06/97

Auswirkungen einer Phasenanschnittsteuerung auf den Spannungsklirrfaktor in Inselnetzen am Beispiel einer Flughafenbefehuerung

Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann

Anlaß für die Untersuchung ist die Analyse einer Flughafenbefehuerung. Diese ist prinzipiell so aufgebaut, daß zusammengehörige Lampen über Stromwandler in Reihe geschaltet sind. Dieser Konstantstromkreis wird über einen Transformator (ca. 3 - 10 kVA) aus dem 400 V-Netz versorgt, wobei je nach Größe des Transformators, dieser entweder zwischen zwei Leiter von Leiter zum Nulleiter geschaltet sind. Auf der Primärseite des Transformators befindet sich ein Wechselstromsteller (Triac). Dieser wird von einem Regler angesteuert, der den Strom im Konstantstromkreis entsprechend einer aus der gewünschten Helligkeit abgeleiteten Vorgabe regelt. Mehrere solcher Einheiten werden von einer Sammelschiene versorgt, die über verschiedenartige Wege versorgt werden kann. Zur Kompensation der Steuerblindleistung sind Kondensatoren vorgesehen.

In dem Bericht wird untersucht, welchen Einfluß diese Kompensation auf den Oberschwingungsgehalt der Spannung und des Netzstromes hat. Dieses wird für den Fall untersucht, daß das Netz aus einem Dieselgenerator versorgt wird.

Es zeigt sich, daß bei bestimmten Auslegungen der Anlage durch das Zusammenwirken der Wechselstromsteller, der Kondensatoren und des Generators Oberschwingungsströme und -spannungen entstehen, die das zulässige Maß erheblich überschreiten.

Die Oberschwingungen werden vorwiegend durch den Generator und die Kondensatoren bestimmt. Für die Projektierung von Anlagen wird deshalb ein Verfahren angegeben, das aus den Daten dieser Komponenten einen Schluß auf die zu erwartenden Oberschwingungen ermöglicht.

Technischer Bericht 07/97

Bericht über die Messung der beim Reifeprozess von Bananen freigesetzten gasförmigen Stoffe mit einem Gassensoren-Array, einem GC-Massenspektrometer und einer elektronischen Zelle
Dipl.-Ing. W. Albers; Dipl.-Ing. S. Döhren; Prof. Dr.-Ing. G. Matz; Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Viele Früchte wie auch Bananen produzieren während des Reifeprozesses Ethylen. Umgekehrt genügen bereits geringste Ethylenkonzentrationen, um den Reifeprozess von Früchten einzuleiten. Beim Transport von z. B. Bananen auf Frachtschiffen ist es somit entscheidend, daß ein bestimmter Ethylenkonzentration nicht überschritten wird. Stand der Technik ist es, daß von den Früchten in den Frachträumen produzierte Ethylen durchzuspülen, um den Reifeprozess während der Überfahrt zu unterbrechen. Die Ethylenreduzierung wird ohne Detektierung des Wertes vorgenommen.

Eine gemeinsame Untersuchung der Arbeitsbereiche Meßtechnik (2-02) und Hilfsmaschinen und Automation (6-09) soll zeigen, inwieweit am Markt vorhandene und im Entwicklungsstadium befindliche Meßgeräte zur direkten Bestimmung der Volumengaskonzentration des Reifegas Ethylen bei Fruchttransport und Lagerung grundsätzlich geeignet sind.

Technischer Bericht 08/97

Kühlschiffahrt 1996/1997

Die kontrollierte Atmosphäre setzt sich durch

Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Die Weltwirtschaft wuchs 1996 um 3,8 %, dabei wird die Rangliste des Wachstums von einigen Nationen Südasiens mit 6 % bis 8 % angeführt. Die Wachstumsraten der großen Industrieländer bzw. Wirtschaftszonen lagen erheblich niedriger (Japan 3,5 %, Nordamerika 2,4 %, EU 1,6 %). Der Welthandel wuchs als Folge der steigenden Verzahnung der Volkswirtschaften schneller als die Weltwirtschaft.

Detaillierte Daten des Welthandels und des Seetransportes von Kühlgütern liegen für 1994 vor. Der gesamte weltweite Handel mit verderblichen Gütern betrug 78,2 Millionen Tonnen, etwa 41,9 Millionen Tonnen wurden 1994 mit Schiffen über See transportiert. Die gestiegenen Charraten signalisieren eine hohe Nachfrage nach Kühlschiffsraum. Solange die Raten ansteigen, ist die Kühlschiffsnachfrage höher als das Angebot. Das steht im Gegensatz zu den Aussagen vieler Experten, die der Kühlschiffahrt eine Rezession resultierend aus der Verdrängung durch die Kühlcontainerschiffahrt vorhersagen. Ausgehend vom extrem hohen Wachstum der Containerschiffahrt, den zunehmenden Kühlcontainerstellplätzen auf den Containerschiffen und dem schnellen Anstieg der Kühlcontainerzahlen wird an vielen Stellen zu schnell und einseitig auf Kühlcontainerschiffe gesetzt. Die Realität zeigt eine ergänzende Zusammenarbeit, so z. B. beim Kühltransport der Saisonfrüchte von Südafrika, Chile und Neuseeland. Die Kühlcontainerschiffe können nur 10 - 20 % dieser Ladung abfahren, der Rest wird von Kühlschiffen transportiert, da sie diese Ladung preiswerter transportieren.

Im Bananendienst, der etwa 30 bis 40 % der Kühlschiffsflotte beschäftigt, bereiten immer wieder frühzeitig reife Bananen (Turner) Probleme, deren Anteil mit verschiedenen Mitteln ständig weiter reduziert werden. Die Runterkühlzeiten der Bananen, die mit Umgebungstemperaturen von 25 - 30 °C geladen werden, wurden reduziert und die Lufteintrittstemperatur möglichst niedrig und exakt eingestellt (13 °C). Beim Transport unter CA sind die Probleme durch „Turner“ beseitigt, da der Reifefortschritt unter CA erheblich stärker reduziert wird. Der unter CA verringerte Stoffwechsel führt zu niedrigerem Gewichtsverlust (1 - 3 %). 1996 wurden ca. 1 Million t Bananen unter CA nach Europa transportiert. Außer Bananen werden Äpfel und Birnen saisonabhängig seit 1986, überwiegend von Neuseeland nach Europa, Steinfrüchte von Südamerika nach USA und den Golf-

staaten unter CA transportiert. Die CA-Transporte von Saisonfrüchten und Exoten wird zunehmen; wenn die zur Zeit in Planung und Bau befindlichen stationären Lager in den Produktionsländern fertiggestellt sind.

Betrag das Wachstum der weltweiten Kühlschiffskapazität von 1980 bis 1995 im Schnitt 2,7 % pro Jahr, wird seit 1994 ein Trend zum Kapazitätsabbau der internationalen Kühlschiffsflotte deutlich. Bei genauer Betrachtung wird jedoch sichtbar, daß dafür die hohe Abwrackfähigkeit der ehemaligen UdSSR verantwortlich ist, die zu über 50 % der abgewrackten Kühlschiffe stellen. Diese extrem alten Schiffe wurden fast ausschließlich für den Transport von Tiefkühlfisch eingesetzt, hier wird zukünftig Ersatz benötigt.

„Schnelle Kühlschiffe“ werden derzeit an mehreren Stellen im Projektstadium bearbeitet, zwei Projekte wurden der Öffentlichkeit vorgestellt und angeregt diskutiert. Interessant für große Fruchtgesellschaften wird es bei Geschwindigkeiten von 25 - 28 Knoten, da dann bei wöchentlichen Ankünften ein Schiff eingespart werden kann. Die Brennstoffpreise in der Seeschifffahrt sind in 1996 um fast ein Drittel angestiegen, wodurch der Trend zu höheren Geschwindigkeiten in Frage gestellt wird. Die Einführung von vollautomatischen Palettenlade- und Löschsystemen auf Kühlschiffen wird ähnlich kontrovers diskutiert. Mehrere Projekte werden ernsthaft verhandelt und ein Durchbruch wird in diesem Jahr erwartet.

Die in 1996 gesunkenen Abwrackpreise und gestiegenen Charraten erschwert die Entscheidungen der Kühlschiffsreeder ihre überalterte Tonnage abzuwracken. Die Nachfrage nach gebrauchten, marktgängigen Kühlschiffen war hoch, das Angebot dagegen niedrig. Daher lagen die Preise für gute „Secondhand“-K Kühlschiffe 1996 auf sehr hohem Niveau. Auf dem Secondhandmarkt können im Gegensatz zum Neubaumarkt sehr kurzfristig Schiffe gekauft und eingesetzt werden.

Technischer Bericht 09/97

Regelungstechnisches Modell einer Schiffsantriebsanlage auf der Basis von parametrischen Übertragungsfunktionen

Dipl.-Ing. W. Sommer

Es wird ein regelungstechnisches Modell auf der Basis von parametrischen Übertragungsfunktionen für eine Schiffsantriebsanlage betrachtet. Die gesamte Anlage wird als ein hybrides dynamisches System dargestellt, das aus linearen diskretisierten und kontinuierlichen Bestandteilen besteht. Der Dieselmotor wird als ein diskretisiertes periodisches System beschrieben. Die Periode dieses Systems in einem fixierten Betriebspunkt ist die Zündungsperiode. Sowohl mathematische als auch experimentelle Methoden für die Bestimmung von Parametern der entwickelten Modelle werden beschrieben.

Technischer Bericht 10/97

Spannungsverlauf an der Ständerwicklung eines Asynchronmotors während der Stern-Dreieck-Umschaltung

Dipl.-Ing. W. Albers

Bei dieser Messung soll untersucht werden, wie sich die Spannung über eine Ständerwicklung bzw. zwischen zwei Ständerwicklungen während der Umschaltung von Stern- auf Dreieckbetrieb eines Asynchronmotors entwickelt.

Technischer Bericht 11/97

Einführung und Entwicklung von Kühlcontainerschiffen mit Porthole-Kühlcontainern

Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Die heutige Containerschiffsflotte ist relativ modern und wächst schnell im Vergleich zu anderen Schiffstypen. Die Chartertonnage der Containerschiffe wird zu ca. 70 % von Schiffen deutscher Reeder gestellt und ist relativ jung. Es gibt weltweit ca. 1.300 Containerschiffe mit mehr als 50 Stellplätzen für Kühlcontainer, die als Kühlcontainerschiffe bezeichnet werden. Dabei wird unterschieden zwischen Stellplätzen für Integrated-Kühlcontainer und für Porthole-Kühlcontainer.

Die Kühlcontainerschiffe mit schiffsfesten Einrichtungen zum Transport von Porthole-Containern wurden für die Nord-Süd-Dienste mit einem hohen Kühlladungsanteil gebaut. Viele dieser Schiffe wurden auf deutschen Werften gebaut und/oder modernisiert. Eine Analyse dieser Kühlcontainerschiffsflotte zeigt, daß ein Teil dieser Schiffe wegen des hohen Alters in den nächsten Jahren ersetzt oder modernisiert werden müssen.

Von mehreren Seiten wird das Überleben dieses Prinzips in Frage gestellt. Höhere Neubaukosten, geringe Flexibilität und neue Vorschriften bei den Kältemitteln (FCKW-Verordnung) werden u. a. als Nachteile genannt. Die Vorteile der Porthole-Containertechnik, zuverlässige bordseitige Wartung, bessere Kontrolle der Ladungstemperaturen, geringerer Energieverbrauch stehen dem gegenüber. Die Porthole-Technik entstand Ende der sechziger Jahre und wurde seitdem nur in kleinen Schritten weiterentwickelt. Die Integral-Kühlcontainer mit eigenem Kühlaggregat wurden deutlich verbessert und sind besonders für die Reeder flexibler einsetzbar.

Es wird eine Übersicht der Schiffstypen zum Transport von Kühlcontainern gegeben und einige technische Details beschrieben.

Hier wird der Übergang der Linienschifffahrt mit Teilkühlschiffen zum Container und Kühlcontainer, der Porthole-Container, dargestellt. Am Beispiel des Südamerika-Dienstes wird die Entwicklung der Linienfrachter anhand von tabellarischen Daten der wichtigsten Schiffe seit 1950 gezeigt. Ab 1980/81 erfolgt der schrittweise Übergang auf Kühlcontainerschiffe, erst mit umgebauten Frachtern und ab 1981/82 mit Neubauten.

Weitere wichtige Dienste mit hohem Kühlcontaineranteil finden sich in der Australien- und Südafrikafahrt, die kurz beschrieben werden.

Technischer Bericht 12/97

Kurzdiskussion der Zuverlässigkeit eines Seewasserkühlsystems eines Containerschiffes

Dipl.-Ing. R. de Boer

Für ein Seewasserkühlsystem eines beliebigen Containerschiffes wird eine Zuverlässigkeitsanalyse durchgeführt. Ziel ist die Durchführung einer Zuverlässigkeitsuntersuchung und nicht primär eine Analyse der Anlage.

Um den Aufwand zu verringern, werden die Ausfallarten der einzelnen Komponenten des Systems nicht näher betrachtet. Als Betrachtungseinheiten werden komplette Bauteile oder Baugruppen verwendet, die nur die Zustände funktionstüchtig und ausgefallen einnehmen können. Automations- und Steuerungsanlagen bleiben unberücksichtigt. Weiterhin wird ein kohärentes, nicht-reparierbares System angenommen.

Ausgehend von der Betriebsart des Seewasserkühlsystems werden exemplarisch drei „unerwünschten Ereignisse“

1. keine Kälteleistung an Wärmetauschern
2. noch 50 % Kälteleistung an Wärmetauschern
3. ein Wärmetauscher ausgefallen

festgelegt, deren Fehlerbäume aufgestellt und diese durch Modularisierung vereinfacht. Anschließend werden die Systemüberlebenswahrscheinlichkeit und einige Importanzen bei gleichen Ausfallraten der Komponenten berechnet. Dabei zeigt sich, daß sich die Rechenzeit erheblich verkürzen läßt, wenn das Prinzip der Modularisierung auch bei der Berechnung des Fehlerbaums berücksichtigt wird.

Technischer Bericht 13/97

Seetransport von Früchten unter Kontrollierter Atmosphäre

Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Die mechanische Kälteerzeugung wird seit 1850 erfolgreich in Schlachthöfen, Brauereien und Kühllagern durchgeführt, die CA-Technologie wird seit 1930 im größeren Umfang zur längerfristigen Lagerung von Äpfeln und Birnen angewendet. Die Kombination Kälte und Schiff führte 1875 zum Kühlschiff für Fleisch und später für Früchte, wobei Bananen die höchsten Anforderungen stellten.

Die CA-Technik wird für Kühlschiffe seit 1985 eingesetzt, sie wurde anfangs beim Apfel- und seit 1995 beim Bananentransport im großen Stil angewendet. Parallel lief eine ähnliche Entwicklung bei den Kühlcontainern, hier schwerpunktmäßig zum Transport höherwertiger Güter wie Steinfrüchte, Beeren, Gemüse und Blumen.

In der Transporttechnik setzt sich die CA jetzt bei Kühlschiffen und Kühlcontainern durch, das Prinzip, die energetischen und qualitativen Vorteile der CA werden am Beispiel einer Bananenladung aufgezeigt. Die energetischen Vorteile ergeben sich aus den reduzierten Umwälzraten, den Fortfall der Frischluftzufuhr und der deutlich verringerten Stoffwechselwärme.

Zur Zeit gibt es weltweit 1.400 Kühlschiffe, ca. 150 - 250 Kühlschiffe sind für CA geeignet, davon sind 40 - 60 Kühlschiffe mit CA-Betrieb in Fahrt. Hier sind es Chiquita und Noboa, die ihre modernen Kühlschiffe seit 1995 unter CA betreiben, seit Juni 1997 hat auch Dole zehn Kühlschiffe auf CA umgestellt. Auf allen diesen Schiffen ist eine Beeinflussung der Atmosphäre nur durch Verdrängung des Sauerstoffs und Kohlendioxids mit Stickstoff-Generatoren vorgesehen (CA 1). Das ist energetisch sehr aufwendig, aber eine einfache Technologie mit niedrigen Investitionskosten. Die CA-Anlagen werden in transportablen 20- oder 40-Fuß-Containern an Deck der Kühlschiffe gestellt und an das elektrische Stromnetz angeschlossen. Mit flexiblen Schläuchen erfolgt eine Verbindung der Laderäume an den Stickstoffherzeuger und an die vollautomatische Meßeinrichtung zur Atmosphärenanalyse für die Regelung der einzelnen Laderäume.

Energetisch weniger aufwendig ist die CA 2, hier wird mit dem Stickstoff der Sauerstoff verdrängt und mit dem CO₂-Scrubber der Kohlendioxidgehalt reduziert. Diese Methode wird in modernen CA-Landanlagen und fortschrittlichen CA-Kühlcontainern angewendet.

Technischer Bericht 14/97
Druckschwankungen im Brennstoffsystem
Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Der Arbeitsbereich 6-09 beschäftigt sich in der Lehre und Forschung mit dem Gebiet der elektrischen, thermodynamischen und mechanischen Hilfsmaschinen und mit der Automation von Anlagen und Anlagenteilen. Die systemtechnische Betrachtung der Anlagen gewinnt zunehmend an Bedeutung, daher sind die Analyse und Simulation der Systeme wichtige Werkzeuge bei technischen Untersuchungen. Zu den Hilfsanlagen auf den Schiffen zählt u. a. das Brennstoffsystem für den Hauptmotor, die Hilfsdiesel und den Hilfskessel. Hier gab es in der jüngeren Vergangenheit immer wieder Probleme durch Druckspitzen im Brennstoffversorgungssystem, die bis zur Zerstörung der Leitungen führten. In diesem Zusammenhang wurden vom AB 6-09 mehrere Messungen auf Schiffen durchgeführt, über die Ergebnisse soll nachfolgend kurz berichtet werden.

Auf dem Eisenbahnfährschiff „Railship III“ wurden Temperatur- und Druckmessungen am Brennstoffsystem der Hilfsdiesel und der Hauptmotoren durchgeführt. Diese Messung wurde im Verlauf einer Reise von Travemünde nach Hanko durchgeführt.

Die Druckmessung mit hoher zeitlicher Auflösung (16 kHz) ergaben bei den Hilfsdieseln normale Werte, bei den Hauptmotoren sowohl beim Bb- als auch beim Stb-Motor erhebliche Druckspitzen, die unregelmäßig auftraten. Der zeitliche Abstand zwischen zwei ausgeprägten Druckspitzen entspricht in der Regel dem zeitlichen Abstand zwischen zwei Zündungen. Die Druckspitzen im Rücklaufsystem lagen um den Faktor 1,5 - 3 über den Druckspitzen in der Zuleitung. Die Messungen wurden im Schweröl- und Dieselölbetrieb durchgeführt.

Die Messungen haben gezeigt, daß die im Bypaß installierten Druckdämpfer unzureichende dämpfende Wirkung haben. Verschiedene Maßnahmen an den vorhandenen Druckspeichern (Be- und Entlüftung, teilweise und ganz Zudrehen der Absperrventile zu den Druckspeichern) hatten keinen merklichen Einfluß auf die Höhe und die Häufigkeit der Druckspitzen.

Probleme durch gebrochene Brennstoffleitungen führten zu Druckmessungen in dem Brennstoffzubringersystem einer anderen Motorenanlage (4 Takt-Motoren) mit Kolbendämpfern dicht am Motor. Hier zeigten sich ebenfalls hohe Druckspitzen.

Ähnliche Probleme traten auf einer Serie von Containerschiffen im Brennstoffsystem der Zwei-Takt-Hauptmotoren auf. Hier waren jedoch nur Messungen im Prüfstand möglich.

Der Motor wird im Prüfstand mit dem Brennstoff MDO erprobt, an Bord mit Schweröl betrieben. Das Brennstoffsystem an Bord wird als Rohrsystem ausgeführt, im Prüfstand dagegen sind die Verbindungsleitungen zwischen dem Motor und dem Booster-System als Schlauchleitungen ausgelegt, die Schlauchlängen betragen etwa 10 - 12 m. Die Meßergebnisse zeigten nicht die erwarteten hohen Druckspitzen, da die Schlauchleitungen als Dämpfer wirkten.

Technischer Bericht 15/97
Berechnung der Stromverteilung auf einem elektrisch langen Koaxialkabel
Dipl.-Ing. Linus Klaffke

Zum Betrieb einer Flughafenbefeuerung wird in der Regel eine Schaltung benutzt, bei der die Lampen über Serientransformatoren versorgt werden. Dabei sind die Lampen direkt an den jeweiligen Transformator angeschlossen und der gesamte Kreis wird über eine Phasenanschnittsteuerung in

der Helligkeit geregelt. Dies hat den Nachteil, daß es unmöglich ist, einzelne Lampen ein- oder auszuschalten.

Daher soll bei zukünftigen Anlagen jede Lampe über einen parallel zu ihr geschalteten Thyristor ausgeschaltet werden können. Diese Thyristoren werden ferngesteuert geschaltet. Als Übertragungsmedium für die Steuersignale soll das bereits vorhandene (Leistungs-)Kabel benutzt werden, da so die Fernsteuerung relativ einfach in bestehende Anlagen integriert werden kann. Dazu soll auf die 50 Hz Leistungsspannung eine Nachrichtenspannung aufmoduliert werden. Es soll eine Frequenzmodulation benutzt werden, bei der durch drei verschiedene Frequenzen drei Zustände definiert sind. Es wurden die Frequenzen 12,1 kHz, 12,9 kHz und 13,7 kHz gewählt, um einen ausreichenden Störabstand zu den durch die Phasenanschnittsteuerung hervorgerufenen Oberschwingungen zu haben.

Bei diesen hohen Frequenzen tritt allerdings das Problem auf, daß sich die Kabellängen von bis zu 20 km schon weit oberhalb der Wellenlänge befinden. Diese liegt für hier typische Konfigurationen unter Berücksichtigung der Serientransformatoren bei etwa 1,5 km. Es handelt sich also um ein elektrisch langes Kabel und es bildet sich, da das Kabel an den Transformatoren nicht mit dem Wellenwiderstand abgeschlossen ist, eine stehende Welle aus. Dadurch gibt es Transformatoren (bzw. Empfänger), die keinen Nachrichtenstrom empfangen.

Im vorliegenden Projekt wurde eine mathematische Nachbildung der Schaltkreise gefunden, die es erlaubt, das System zu berechnen und zu simulieren, um so evtl. Abhilfemaßnahmen zu finden.

Ein weiteres Problem besteht bei den hohen Frequenzen im Übersprechen. Es wurde festgestellt, daß sich nebeneinanderliegende Kabel gegenseitig recht stark beeinflussen. Dieses Phänomen wird zur Zeit untersucht.

Technischer Bericht 16/97

Simulation „Cycloconverter und Duplexdrossel“

Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann; Dipl.-Ing. J. Brandt

Für ein Fahrgastschiff mit dieselektrischem Antrieb wird die elektrische Energieverteilung untersucht. Die Anlage besteht aus den Komponenten:

- 4 Dieselaggregate
- je Generator eine Duplexdrossel zur Entkopplung des Bordnetzes vom Fahrnetz
- 2 Fahrmotoren, die über je einen Cycloconverter aus dem Fahrnetz versorgt werden
- 3 Thrustermotoren

Die Dieselaggregate versorgen sowohl die Cycloconverter für die Antriebsmotoren als auch das Schiffsbordnetz. Ebenso wie andere Stromrichter erzeugen auch Cycloconverter (Frequenzumrichter ohne Strom- oder Spannungszwischenkreis) erhebliche Stromüberschwingungen, die durch die Impedanz der Generatoren auch zu entsprechenden Spannungsüberschwingungen führen. Um diese Überschwingungen von dem Schiffsbordnetz fernzuhalten, werden in der untersuchten Anlage Duplex-Drosseln eingesetzt.

In dem Bericht wird das System bestehend aus Generator, Duplex-Drossel, Cycloconverter, Antriebsmotor und Schiffsbordnetz modelliert. Mit diesem Modell wird untersucht, mit welchen Spannungsüberschwingungen im Schiffsbordnetz bei verschiedenen Betriebsbedingungen zu rechnen ist.

Insbesondere wird auch untersucht, wie stark sich Toleranzen in den Daten der Generatoren auswirken.

Technischer Bericht 17/97

Importanzkenngrößen

Dipl.-Ing. R. de Boer

Der technische Bericht ist eine Erweiterung des Technischen Berichtes 19/96. Dabei wurde der Originalbericht übernommen und zum Teil überarbeitet. Des weiteren sind einige neue Abschnitte - Importanzmaße - hinzugefügt worden. Der Technische Bericht stellt aber weiterhin nur eine kurze Einführung bzw. Vorstellung von Importanzen dar.

Die Komponenten eines Systems beeinflussen die Systemzuverlässigkeit auf zwei Arten. Zum einen über ihre eigene Zuverlässigkeit, also ihre Ausfallrate. Zum anderen über ihre Anordnung in der Systemstruktur. So haben redundant angeordnete Komponenten in der Regel einen geringeren Einfluß auf die Systemzuverlässigkeit als seriell geschaltete. Beide Einflüsse sind nicht gänzlich unabhängig voneinander, weil z. B. zwei parallel angeordnete Komponenten mit geringer Zuverlässigkeit keine quantitative Verbesserung gegenüber nur einer Komponente mit höherer Zuverlässigkeit erzielen müssen.

Somit geht eine Komponente nicht nur mit ihrer Ausfallrate, sondern auch mit der weiteren Eigenschaft der Wichtigkeit, i. Allg. als Importanz bezeichnet, in die Systemzuverlässigkeit ein. Grob kann man quantitative, bei deren Berechnung Wahrscheinlichkeitsdaten eine Rolle spielen, und strukturelle, die nur die Systemstruktur bewerten, Importanzen unterscheiden. Die Wichtigkeit einer Systemkomponente kann anhand unterschiedlicher Kriterien definiert werden. Die Tabelle 1 zeigt einen Überblick, wobei es aber noch weitere Importanzmaße gibt.

Kriterium	Fragestellung	Bewertungskenngröße	
		quantitativ	qualitativ
Optimierung der Systemzuverlässigkeit, Schwachstellenidentifikation	Wie ändert sich die Systemzuverlässigkeit bei Variation der Ausfallraten der Komponenten ?	marginale Importanz	strukturelle marginale Importanz
Systemausfall	Welche Komponente hat den Systemausfall verursacht ?	kompetitive Importanz sequentielle kontributive Importanz	strukturelle kompetitive Importanz strukturell sequentielle kontributive Importanz
Fehlererkennung, -diagnose; Minimierung der Reparaturzeit	Welche Komponente muß zuerst repariert werden, damit das System wieder schnell funktioniert ?	diagnostische Importanz	

Tabelle 1: Importanzen

Importanzen müssen nicht nur rein komponentenbezogene Systemkenngrößen sein. Die Minimal-schnitte einer Struktur, also die kleinsten Komponentenkombinationen, deren Ausfälle zu einem Systemversagen führen, besitzen einen großen Einfluß auf die Systemzuverlässigkeit. Somit kann auch hier die Identifizierung des Minimal-schnitts, der mit größter Wahrscheinlichkeit den Systemausfall auslöst, von großem Interesse sein. Die Tabelle 2 faßt die Ausführungen über einige Importanzen zusammen.

Importanz	Definition	Erläuterung
marginale	$I_m(i) = \frac{\partial h(p)}{\partial p_i} = h(1_i, p) - h(0_i, p)$	<ul style="list-style-type: none"> Wahrscheinlichkeit, daß sich S in einem Zustand befindet, in dem K_i <u>kritisch</u> ist, d. h. den Systemzustand bestimmt. Einfluß der Änderung von p_i auf $h(p)$
strukturelle marginale	$I_m^s(i) = \frac{\partial h(p)}{\partial p_i} \Big _{p=\frac{1}{2}}$	<ul style="list-style-type: none"> Wahrscheinlichkeit, daß sich S in einem Zustand befindet, in dem K_i <u>kritisch</u> ist, d. h. den Systemzustand bestimmt. Bewertung nur aufgrund der Systemstruktur.
kritische	$I_{kr}(i) = \frac{p_i}{h(p)} \frac{\partial h(p)}{\partial p_i}$	<ul style="list-style-type: none"> Wahrscheinlichkeit, daß die Komponente i kritisch ist und ausfällt bezogen auf die Systemausfallwahrscheinlichkeit.
fraktionale	$I_f(i) = p_i \frac{\partial h(p)}{\partial p_i}$	<ul style="list-style-type: none"> Wahrscheinlichkeit, daß die Komponente i kritisch und ausgefallen ist.
kompetitive	$I_k(i) = \frac{\int_0^t I_m(i, \tau) dp(\tau)}{h(p)}$	<ul style="list-style-type: none"> Wahrscheinlichkeit, daß die Komponente i den Systemausfall bewirkt, d. h., als letzte Komponente des Systems ausfällt.
strukturelle kompetitive	$I_k^s(i) = \int_0^1 I_m(i, p) \Big _p dp$	<ul style="list-style-type: none"> Wahrscheinlichkeit, daß die Komponente i einen Systemausfall verursacht. Bewertungsgrundlage ist die Struktur des Systems. Mittelwert von I_m für $p_1 = p_2 = \dots = p$
sequentielle konstruktive	$I_{sk}(i) = \frac{1}{h(p)} \sum_{l \in M_i} \int_0^t I_m(1_i, l, p(\tau)) p_i(\tau) dp_l(\tau)$	<ul style="list-style-type: none"> Wahrscheinlichkeit, daß ein Minimalchnitt, der die Komponente i enthält, wobei i nicht als letztes ausfällt, versagt und somit einen Systemausfall verursacht.
strukturelle sequentielle konstruktive	$I_{sk}^s(i) = \sum_{l \in M_i} \int_0^t I_m(1_i, l, p) p dp$	<ul style="list-style-type: none"> siehe sequentielle konstruktive Importanz. Bewertung basierend auf der Systemstruktur.
Minimalschnitt-Imp. nach Vesely-Fussel	$I_{VF}(C_j) = \frac{\prod_{i \in C_j} p_i(t)}{h(p(t))}$	<ul style="list-style-type: none"> Wahrscheinlichkeit, daß der Minimalchnitt C_j ausgefallen ist, wenn das System ausfällt. C_j muß Systemausfall nicht auslösen.

S : System

K_i : Komponente i

p_i : Ausfallwahrscheinlichkeit von K_i

h : Systemausfallwahrscheinlichkeit

M_i : Menge der Komponenten, die in mind. einem Minimalchnitt mit der Komponente i gemeinsam vorkommen.

Tabelle 2: Beschreibung einiger Importanzen

Technischer Bericht 18/97
Stationäres Verhalten einer Schiffsantriebsanlage mit Duplex-Drosseln
Dipl.-Ing. J. Brandt

Bei der Berechnung der Spannung im Fahrnetz und an den Generatorklemmen wird das einphasige Grundschwingungsmodell zugrundegelegt. Mit den gemessenen Daten der Duplex-Drossel werden bei verschiedenen Belastungen des Bord- und Fahrnetzes die Fahrnetzspannung sowie die Generatorklemmenspannung ermittelt. Außerdem ergibt sich dabei die bereitgestellte Blindleistung der Generatoren, die die Stromrichter der Fahranlage sowie das Bordnetz benötigen.

Technischer Bericht 19/97
Transportdaten von Obst und Gemüse unter CA
Dipl.-Ing. B. Verhoeven

Der Transport und die Qualitätssicherung verderblicher Güter wie Früchte und Gemüse während der Lagerung und/oder dem Transport verlangt eine gute Kenntnis über das Stoffwechselverhalten der Güter und über die Ansprüche an ihre Umgebung.

Lebende Kühlgüter haben im Gegensatz zu Kühlgütern wie Milchprodukte, Fleisch und Fisch einen Stoffwechsel und verbrauchen Sauerstoff. Dieser Stoffwechsel ist abhängig von der Fruchtart, dem Alter der Frucht, der Temperatur und der Zusammensetzung der Atmosphäre. Durch den Stoffwechsel produzieren die lebenden Kühlgüter Wärme, Kohlendioxid (CO₂), Wasser, Ethylen und weitere Stoffwechselprodukte, die hier nicht näher betrachtet werden sollen. Je stärker der Stoffwechselprozeß abläuft, um so intensiver ist die Alterung der Früchte verbunden mit einer Qualitätsreduzierung und sinkender Haltbarkeit.

Wegen der Abhängigkeit des Stoffwechsels von der Temperatur ist die Lagerung und der Transport über große Entfernungen von den lebenden Kühlgütern ohne Kühlung nicht möglich. Eine Absenkung der Temperatur um 10 °C verlangsamt den Stoffwechselprozeß um den Faktor zwei bis drei.

Eine weitere Reduzierung des Stoffwechsels und damit eine Verzögerung der Alterungs- und der Verderbsvorgänge der Früchte ist durch eine bestimmte Zusammensetzung der Atmosphäre erreichbar. In dieser Kontrollierten Atmosphäre (CA) wird zur Reduzierung der Atmungsintensität der Früchte der Sauerstoffgehalt gesenkt und der CO₂-Gehalt angehoben. Die Kontrollierte Atmosphäre erfordert eine Regelung der Temperatur, des O₂- und des CO₂-Gehaltes. Außerdem sollte die Feuchte der Atmosphäre regelbar sein.

Von besonderer Bedeutung ist die Kontrollierte Atmosphäre vor allem bei den sogenannten klimakterischen Obstsorten, die sich durch einen zweistufigen Stoffwechsel auszeichnen und auch nach der Ernte weiter reifen. Während des Klimakteriums dieser Früchte nimmt der Stoffwechsel stark zu, was sich durch eine höhere Produktion von Wärme und die Abgabe von CO₂ und Ethylen bemerkbar macht. Hierbei ist dem Ethylen besondere Aufmerksamkeit zuzuordnen, da es den Stoffwechsel klimakterischer Früchte wiederum beschleunigt und so eine Art Kettenreaktion bewirkt.

Durch Lagerung und Transport unter Kontrollierter Atmosphäre kann außerdem das Wachstum von Mikroorganismen wie Pilzen und Bakterien, die am Prozeß des Verderbens beteiligt sind, erheblich reduziert werden. Hierdurch kann der Aufwand der Nacherntebehandlung deutlich verringert werden. Außerdem ergeben sich energetische Vorteile gegenüber einer reinen Kühlung durch die Minimierung der Frischluftzufuhr, die Reduzierung der Stoffwechselwärme auf 20 - 30 % und die mögliche Verringerung der Luftumwälzzahl.

Wegen der Empfindlichkeit der lebenden Kühlgüter müssen sowohl bei der Kühlung wie auch bei der Kontrollierten Atmosphäre Grenztemperaturen und Grenzwerte der Atmosphärenzusammensetzung beachtet werden, die nicht unterschritten werden dürfen.

Dieser Bericht behandelt die klimakterischen Fruchtarten Äpfel, Bananen, Birnen, Kiwis und die nicht klimakterischen Fruchtarten Orangen, Weintrauben, Blaubeeren, Himbeeren, Preiselbeeren und Erdbeeren sowie die Gemüse Champignon, Mais, Spinat, Tomate, Kohl. Es werden die in der Literatur dokumentierten Werte zum Stoffwechselverhalten, die Grenztemperaturen, die Schwellwerte der Lageratmosphäre und die Empfindlichkeit der Früchte und Gemüse auf Ethylen dargestellt.

Die so gewonnenen Erkenntnisse sollen zur Auslegung der Meßtechnik für einen CA-Container dienen. Zur Auslegung einer Meßtechnik eines Kühlcontainers mit Kontrollierter Atmosphäre müssen die Anforderungen unterschiedlicher Früchte und Gemüse an die Lageratmosphäre bekannt sein.

Dieser Bericht stellt die aus der Erfahrung bekannten Abhängigkeiten der Lagertemperatur und der wichtigsten Atmosphärenbestandteile zum Reifungs-, Alterungs- und Verderbprozess zusammen. Hierbei wird deutlich, daß unterschiedliche lebende Kühlgüter zum Teil ähnliche Ansprüche an die Lageratmosphäre haben und so gemeinsam gelagert und transportiert werden können. Hierbei ist nicht ausreichend, daß die Temperatur und Feuchtebedingungen ähnlich sind, sondern die Atmosphärenzusammensetzung ist von großer Bedeutung. So kann z. B. die Ethylenproduktion einer Fruchtart zum Verderben einer anderen Frucht führen.

Die Meßtechnik zur Überwachung einer Kontrollierten Atmosphäre ist also für die Qualitätssicherung von Kühlgütern von besonderer Bedeutung.

Technischer Bericht 20/97

Lagerung und Transport von Obst und Gemüse unter Kontrollierter Atmosphäre

Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Nach einer kurzen historischen Betrachtung der CA-Technologie wird der heutige Stand dargestellt, dabei wird die notwendige Kältetechnik als bekannt vorausgesetzt. Die Landlager zur Langzeitlagerung besonders der Saisonfrüchte haben einen hohen technischen Standard erreicht und sind heute weltweit verbreitet. Die dafür notwendigen Voraussetzungen und technischen Prinzipien werden kurz erläutert.

In der Transporttechnik erfolgten die Pionierarbeiten vor etwa zwölf Jahren. Anfangs besonders zum Transport von hochwertigen Saisonfrüchten wie Äpfel und Birnen von Neuseeland nach England und Steinfrüchten von Südamerika in die Ölförderländer am Golf. Seit 1995 werden CA-Kühlschiffe außerdem zum regelmäßigen Bananentransport eingesetzt.

Der CA-Kühlcontainer ist ein intermodales Transportmittel und ideal für die CA-Kühlkette. Er eignet sich für kleinere Transportmengen, hiermit werden anspruchsvolle Früchte und Gemüse transportiert. Bei den CA-Kühlcontainern existieren daher Ausführungen mit einer großen Bandbreite mit aktiver und passiver Technik (MA, CA1 und CA2), um allen Ansprüchen gerecht zu werden. 1997 wurden CA-Kühllastzüge eingesetzt, für kleine gemischte Transporte stehen MA-Systeme in Palettengröße zur Verfügung.

In einem kurzen Ausblick wird die geschlossene CA-Kühlkette vorhergesagt und weitere Güter wie Fleisch, Fisch, Säfte, Schnittblumen und Pflanzen für die CA-Kühltechnologie angesprochen.

Technischer Bericht 21/97
Stromverteilung in parallel liegenden Leitern
Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann

Im Zusammenhang mit der Untersuchung der gegenseitigen Beeinflussung von parallelen Kabeln ist die Klärung zur Abschätzung der Stromverteilung in parallel liegenden Leitern bei Wechselstrom von Bedeutung. Bereits bei einer einfachen Anordnung von 2 parallelen Einzelkabeln, die jeweils mit einer eigenen Abschirmung versehen sind, bewirkt die gegenseitige Beeinflussung eine Stromverdrängung in den Schirmen, so daß die Stromdichte im Schirm über den Umfang nicht gleich ist. Das führt dazu, daß zur Ermittlung der Ströme im Schirm und der Induktivitäten Abweichungen entstehen gegenüber den üblichen Rechenansätzen, die von einer gleichmäßigen Stromverteilung und entsprechend von zylindrischen Flächen für das magnetische Potential ausgehen. Für viele in der Praxis vorkommenden Fälle ist dieser Effekt ohne Bedeutung, allerdings besteht immer die Ungewißheit, wie groß denn der Einfluß sein mag und ob wirklich eine Vernachlässigung erlaubt ist.

Zur Beantwortung von Fragen dieser Art wird in dem Bericht eine Methode beschrieben, mit der jede Anordnung von Leitern durch eine Anordnung von zylindrischen Leitern ersetzt wird, also wird z. B. ein abgeschirmtes Einzelkabel durch einen zylindrischen Leiter für den Innenleiter ersetzt, der konzentrisch von mehreren zylindrischen Leitern als Nachbildung des Schirmes umgeben ist. Dabei muß die Frage geklärt werden, wie die Positionen und die Durchmesser der Ersatzleiter zu bestimmen sind.

Für dieses System aus Leitern werden dann die Flußverkettungen und daraus die Spannungsgleichungen hergeleitet. Mit den Knotengleichungen folgt dann ein lineares Gleichungssystem.

Es werden ein Rechenprogramm und die Rechenergebnisse für einige Beispiele gezeigt. Ferner werden Möglichkeiten zur Plausibilitätsprüfung angegeben.

Technischer Bericht 22/97
Technik zur CA-Lagerung und Transport
Dipl.-Ing. H. P. Widayat

In diesem Bericht wird vom Verfasser der Stand der Technik im Bereich der Kontrollierten Atmosphäre (CA) dargestellt. Der Verfasser, Herr Widayat hat Agrarwissenschaft in Indonesien studiert, war als Gastwissenschaftler sechs Wochen am AB 6-09, um die Methoden des CA-Transportes kennenzulernen. Er arbeitet derzeit an der Humboldt Universität in Berlin und beschäftigt sich am Fachgebiet für Obstbau (Prof. Dr.-Ing. Lüdders) mit der Nacherntequalität von Früchten.

Nach einer kurzen Einführung über die Vorteile der CA wird kurz auf den Stoffwechsel der Früchte eingegangen und die Wirkung der Temperatur und der CA auf die Früchte erläutert. Es werden die CA-Anlagen und Komponenten, die derzeitigen Methoden zur Stickstofferzeugung und zur CO₂-Entfernung beschrieben. Abschließend erfolgt eine Beschreibung der im Labor verwendeten O₂- und CO₂-Sensoren.

Technischer Bericht 23/97

Messungen an Vorschalttransformatoren für Neonröhren bis 1.800 mm und Simulation dazu
Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann, Th. Münsterberg

Bei einer bestimmten Bauart von Vorschaltgeräten für Neonröhren besteht der Verdacht, daß sie verantwortlich sind für eine sehr verminderte Lebensdauer der Neonröhren und auch für ein Flackern des Lichtes. Es wurden deshalb vergleichende Messungen an vier unterschiedlich dimensionierten Vorschaltgeräten durchgeführt. Dabei stand der Vergleich der elektrischen Eigenschaften der Vorschaltgeräte im Vordergrund. Versuche zusammen mit einer Neonröhre wurden nur mit einer einzigen (neuwertigen) Röhre von 1.800 mm durchgeführt; die Vorschaltgeräte sind auch für kürzere Röhren geeignet. Es zeigt sich, daß nur mit einem Gerät ein einwandfreier Betrieb möglich ist.

Durch spezielle Messungen wurden die Daten der in den vergossenen Vorschaltgeräten eingebauten Bauelemente identifiziert. Die gefundenen Daten bestätigen die beobachteten Ergebnisse.

Mit den gefundenen Daten werden Simulationsrechnungen für das Vorschaltgerät zusammen mit einer (idealen) Neonröhre durchgeführt. Dabei ging es insbesondere darum, wie die Beobachtung erklärt werden kann, daß bei einem vollkommen symmetrischen Wechselspannungsnetz ein unsymmetrischer Strom fließt. In der Simulation wird dies (mit einer idealen Neonröhre) ebenso beobachtet wie in den durchgeführten Versuchen. Es folgt aus einer theoretischen Untersuchung das überraschende Ergebnis, daß selbst bei idealer Symmetrie aller Komponenten und der Netzspannung für bestimmten Dimensionierungen des Vorschaltgerätes sich immer ein unsymmetrischer Strom einstellt.

Technischer Bericht 24/97

Simulation des dynamischen Verhaltens einer Schiffsantriebsanlage mit Duplex-Drosseln
Dipl.-Ing. J. Brandt

Zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens einer Schiffsantriebsanlage mit Duplex-Drosseln bei Schaltvorgängen sowie Kurzschlüssen im Bord- und Fahrnetzteil wird der Generator durch die Zweiachsentheorie dargestellt. Außerdem mußten Modelle für die Erregermaschine, den Spannungsregler und den Drehzahlregler entworfen werden. Mit dem erstellten Simulationsprogramm können die dabei auftretenden Ausgleichsvorgänge ermittelt werden. Bei Kurzschlüssen wird der Einfluß der Duplex-Drosseln zur Kompensation der Spannung im fehlerfreien Teil der Anlage deutlich. Auch die plötzliche Abschaltung der Fahrenanlage hat auf die Spannung im Bordnetz fast keine Auswirkung.

4.3 Derzeitige Forschungsarbeiten

Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann

Wellengenerator ohne Umrichter mit Dieselgeneratoren

Auf Schiffen wird häufig aus wirtschaftlichen Gründen die elektrische Energie mit einem Generator erzeugt, der direkt von der Propellerwelle angetrieben wird (Wellengenerator). In einer gängigen Anlagenvariante wird die Drehzahl des Propellers konstant gehalten und die Schiffsgeschwindigkeit durch die Verstellung der Propellerflügel eingestellt. Der Generator versorgt dann ohne weitere Umrichter direkt das Bordnetz. Wegen einer unvermeidbaren seegangsbedingten Ungleichmäßigkeit der Propellerdrehzahl ist auch die Bordnetzfrequenz nicht exakt konstant. Ein Parallelbetrieb mit einem Dieselgenerator ist deshalb nicht ohne besondere regelungstechnische Maßnahmen möglich. Auf Handelsschiffen wird diese Betriebsart deshalb noch nicht angewendet.

In dem Projekt wird in Zusammenarbeit mit einem Schiffsbetreiber und mehreren Zulieferfirmen untersucht, welche dynamischen Vorgänge im Bordnetz bei periodisch schwankender Frequenz ablaufen und wie die Regelung der beteiligten Komponenten und der Schutzeinrichtungen ausgelegt sein muß.

Oberschwingungen in Bordnetzen auf Schiffen mit elektrischer Fahranlage

Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann

Elektrische Fahranlagen auf Passagierschiffen werden heute über Stromrichter aus einem Mittelspannungsbordnetz versorgt. Als Stromrichter werden sowohl I-Umrichter (Syrcho-Converter) als auch D-Umrichter (Cyclo-Converter) eingesetzt. In jedem Fall erzeugen diese Stromrichter erhebliche Oberschwingungen im Versorgungsnetz. Die Größe der erzeugten Oberschwingungen hängt nicht nur vom Stromrichter, sondern auch wesentlich vom Aufbau des Bordnetzes, den eingesetzten Filterkomponenten und den Generatoren ab. In der Arbeit wird das Zusammenwirken dieser Komponenten bezüglich der Entstehung und Ausbreitung von Oberschwingungen untersucht.

Lärmreduktion bei der Verladung von Containern

Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann

Die Verladung von Containern im Hafen Hamburg erzeugt Lärm, der die Anwohner benachbarter Wohngebiete stört. Wesentlicher Lärm wird durch verschiedenartige Stoßvorgänge beim Aufnehmen und Absetzen der Container erzeugt. Ziel der Arbeit ist es, zusammen mit der Umweltbehörde Hamburg und den Betreibern der Verladerterminals zunächst durch Messungen den Beitrag der einzelnen Vorgänge zur gesamten Schallemission zu analysieren. Darauf aufbauend sollen neue Arten der Regelung der Containergreifer und ggf. auch neue Konstruktionen entworfen werden. Verschiedene Entwürfe sollen mit Hilfe von Simulationsrechnungen miteinander verglichen werden.

Neue Feuerlöschtechniken auf Handelsschiffen Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Durch die FCKW-Halon-Verbots-Verordnung von 1991 wurde das für geschlossene Räume gut geeignete Löschmittel Halon verboten, ohne daß vergleichbare Ersatzmittel zur Verfügung stehen. Die Vorteile des Halons lagen in der guten Wirkung, einfachen Handhabung und der relativen Ungefährlichkeit für den Menschen. Daher wurde es überwiegend im Wohnraumbereich installiert.

Es werden z. Z. verschiedene auf Wasser basierende Feuerlöschsysteme entwickelt, das Nebelwasserfeuerlöschsystem „HiFoG“ wurde auf Passagier- und Fährschiffen bereits mehrfach installiert, vereinzelt sogar im Bereich des Schiffsmaschinenraumes. Das Prinzip besteht darin, durch geeignete Düsen und hohen Druck oder Druckimpulse extrem feine Wassertröpfchen zu erzeugen, die bei etwa 100 °C verdampfen. Durch die große Oberfläche erfolgt ein starker, schneller Wärmeentzug und die Vergasung der Brandstoffe ist nicht mehr möglich. Der Vorteil dieser Methode liegt in der geringen Gefährdung für Menschen und in dem niedrigen Wasserverbrauch im Vergleich zu anderen Wasserlöschverfahren. Bei Kreuzfahrt- und Fährschiffen ist es wichtig, daß die Löschschäden durch Wasser im Brandfall, bei kleinen Bränden und bei unbeabsichtigter Auslösung möglichst niedrig sind.

Im Rahmen von Diplom- und Studienarbeiten wurde ein Versuchsstand erstellt, erste systematische Abkühlversuche mit Drücken bis 60 bar und Temperaturen bis 150 °C wurden erweitert. Mit einer besseren Wasserhochdruckpumpe sind Drücke bis 200 bar möglich. Eine erste Versuchsreihe mit hohen Drücken wurde im Berichtsjahr durchgeführt.

Abwärmeausnutzung auf Handelsschiffen Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Auf Kühl- und Kühlcontainerschiffen wird viel elektrische Energie zur Kälteerzeugung benötigt. Mit Anwendung des Absorptionsprozesses läßt sich diese Kälte auch aus der Abwärme gewinnen. Hierzu wurden von Herrn Dipl.-Ing. Yuan Untersuchungen abgeschlossen, die jetzt als Dissertation vorliegt.

Weitere Schiffe mit hohem Kältebedarf zur Klimatisierung sind Kreuzfahrtschiffe und Fährschiffe, hier wurden zwei Aufgabenstellungen bearbeitet, die erste beschäftigt sich mit der Abwärmenutzung eines Handelsschiffes mit 5.000 - 7.000 kW Antriebsleistung und ca. 20 Personen. Die zweite behandelt die Klimatisierung eines Kreuzfahrtschiffes mit 20.000 - 30.000 kW Antriebsleistung und 2.500 - 3.500 Personen.

Beide Arbeiten wurden im Berichtszeitraum begonnen und abgeschlossen. Es wurden in beiden Fällen Lithium-Bromid-Absorptionsanlagen gewählt. Es wurden einstufige und zweistufige Anlagen überschlägig berechnet und mit Kompressionsmaschinen verglichen. Bei der Betrachtung der verschiedenen Schiffsbetriebsarten wird deutlich, daß der Hafenbetrieb problematisch ist, da der Hauptmotor als Abwärmelieferant ausfällt. Hier kann ein etwas größerer Hilfskessel Abhilfe schaffen.

Die elektrische Energieversorgung an Bord von Schiffen nimmt eine zentrale Rolle in der Gesamtzuverlässigkeit des Systems Schiff ein, weil nahezu alle Bereiche eines Schiffes bei einem Ausfall betroffen sind. Speziell bei einem Blackout entsteht ein hohes Gefährdungspotential für Mannschaft, Schiff und Umwelt. Dementsprechend muß die elektrische Energieversorgung eine hohe Zuverlässigkeit besitzen.

In diesem Projekt soll die elektrische Energieversorgung an Bord von Schiffen mit Mitteln der Zuverlässigkeitsanalyse bewertet werden. Der Schwerpunkt zielt dabei auf eine Systemanalyse hin, um z. B. mögliche sicherheitskritische Schwachstellen - Flaschenhälse - aufzudecken. Gegenstand der Untersuchungen sollen vorhandene oder projektierte Anlagen von verschiedenen Schiffstypen sein. Die elektrische Energieversorgung ist ein redundant aufgebautes System, wobei es aber in den Versorgungsnetzen, wie z. B. Brennstoff, Kühlwasser oder Automation zu Überschneidungen kommt. Aufgrund der vielen Berührungspunkte und gegenseitigen Abhängigkeiten können Einzeluntersuchungen nicht durchgeführt werden. Vielmehr muß das Gesamtsystem untersucht werden. Nur so können Vermaschungen zwischen den Baugruppen identifiziert werden. Die Zuverlässigkeitsrechnung stellt Methoden zur Verfügung, um solche komplexe Systeme zu analysieren.

Bislang kann ein Brennstoffsystem eines Containerschiffes beginnend bei den Tagestanks untersucht werden. Weitere Informationen über Schiffssysteme liegen noch nicht vor. Aber schon die Brennstoffversorgung zeigt eine Vielzahl von Berührungspunkten und Überschneidungen mit den anderen Bordsystemen. Des weiteren verlangt die Variabilität der Anlagen - hier z.B. Schweröl- oder Dieselmotor der Haupt- und Hilfsmaschinen und die Möglichkeit der getrennten Versorgung der Hilfsdiesel mit Dieselöl- eine genaue Definition der betrachteten Systemzustände und der dabei zu untersuchenden Schäden. Die resultierenden Fehlerbäume können sich je nach der zu erfüllenden Funktion der Anlagenteile erheblich unterscheiden.

Die Ergebnisse der Zuverlässigkeitsberechnungen dienen nicht nur zur Ermittlung von Ausfall- bzw. Überlebenswahrscheinlichkeiten. Eine Sensitivitätsanalyse ermöglicht die Darstellung des Einflusses einer Komponente auf das Gesamtsystem. Da bei redundanten Systemen ein Einzelfehler nicht zu einem Totalausfall führt, sondern zum Versagen eines Stranges, kann das Verhalten bei Teilausfällen untersucht werden. Die Ermittlung von probabilistischen Kenngrößen stößt insoweit auf Probleme, da die nötigen Wahrscheinlichkeitsdaten über die Komponenten, z. B. deren Ausfallraten, in der Regel nicht bekannt sind.

Zur Bearbeitung des Projektes existiert ein Rechenprogramm, das Fehlerbäume auswerten kann. Auf Basis der Booleschen Algebra wird die grafische Struktur des Fehlerbaums in eine mathematische Form -Strukturfunktion- überführt. Exemplarische Berechnungen von Fehlerbäumen haben gezeigt, daß eine konsequente Anwendung der Modularisierung der Fehlerbäume zu einer erheblichen Reduzierung der Rechenzeit führen kann. Die hierzu bei dem Programmpaket notwendigen Änderungen sind durchgeführt worden. Gleichzeitig sind Berechnungsvorschriften für weitere Importanzmaße z. B. der sequentiellen kontributiven Importanz entwickelt worden. Die Weiterentwicklung des Rechenprogramms geschieht parallel zu den Systembetrachtungen.

Reduktion der Netzurückwirkungen in Bordnetzen durch den Einsatz von Duplex-Drosseln Dipl.-Ing. J. Brandt

Auf Schiffen mit stromrichter gespeistem, elektrischem Fahrtrieb ist es wirtschaftlich, das Bordnetz von denselben Generatoren zu speisen, die auch die Fahrmotoren versorgen. Durch die Netzurückwirkungen der Stromrichter wird der Verlauf der Bordnetzspannung stark verzerrt. Durch diese verzerrte Kurvenform der Spannung entstehen nennenswerte Zusatzverluste in den Verbrauchern, und es besteht die Gefahr der Störung elektronischer Geräte.

Durch den Einsatz von Duplex-Drosseln ist es möglich, eine Spannung auszukoppeln, die den Kommutierungseinbrüchen entgegenwirkt. Sowohl der Spannungsabfall an der Kommutierungsinduktivität als auch der Klemmenspannungsrückgang der Generatoren wird fast ausschließlich bestimmt durch die Blindwiderstände, wobei wegen der kurzen Zeitdauer der Kommutierungsvorgänge für Synchronmaschinen die subtransiente Reaktanz x_d'' bestimmend ist. Die zur Kompensation herangezogene Spannung ist näherungsweise der Spannungsabfall an der Kommutierungsdrossel multipliziert mit dem Windungszahlverhältnis \bar{u} . Die mit Hilfe der Duplex-Drossel gewonnene Spannung ist jeweils nur für eine ganz bestimmte Bordnetzkonfiguration (Generator / Stromrichter) genau betragsgleich den Spannungseinbrüchen durch die Kommutierung. Deshalb wird in der betrachteten elektrischen Schiffsanlage jedem der vier Generatoren eine eigene Duplex-Drossel zugeordnet.

Als Bordnetzgeneratoren kommen heute überwiegend schleifringlose Synchrongeneratoren mit Erregermaschine und rotierenden Gleichrichtern zum Einsatz. Ein schleifringloser Synchrongenerator trägt auf der Generatorwelle einen Außenpol-Synchrongenerator als Erregermaschine. Diese Bauweise hat sich weitgehend durchgesetzt, da sie gegenüber anderen Lösungen Kostenvorteile bezüglich Herstellung, Verkabelung und Wartung bietet.

Für die Fahranlage des Schiffes wurden zwei Zyloconverter eingesetzt. Diese wandeln die Eingangsfrequenz direkt in die Ausgangsfrequenz um, indem sie viele Teile der Sinusschwingung des Versorgungsnetzes in die Ausgangsspannungsform zusammensetzen. Die Ausgangsfrequenz kann stufenlos variieren zwischen Null und einem Drittel der Eingangsfrequenz. Damit kann die Geschwindigkeit des Synchronmotors von Null bis zur vollen Bemessungsgeschwindigkeit kontrolliert werden und das volle Drehmoment über das ganze Geschwindigkeitsband erhalten bleiben. Zuerst wird das stationäre Verhalten der gesamten elektrischen Anlage untersucht, indem bei verschiedenen Bordnetz- und Fahrnetzbelastungen die einzelnen auftretenden Spannungen berechnet werden.

Zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens der Anlage bei Schaltvorgängen sowie Kurzschlüssen im Bord- und Fahrnetzteil wird der Generator durch die Zweiachsentheorie dargestellt. Außerdem mußten Modelle für die Erregermaschine, den Spannungsregler und den Drehzahlregler entworfen werden. Mit dem erstellten Simulationsprogramm können die dabei auftretenden Ausgleichsvorgänge ermittelt werden.

Oberschwingungsausbreitung in Inselnetzen Dipl.-Ing. Linus Klaffke

Der Einsatz von Stromrichtern zur Steuerung von elektrischen Verbrauchern ermöglicht eine sehr genaue Anpassung der Leistung an die jeweils aktuellen Anforderungen. Nachteilig sind die erzeugten nicht sinusförmigen Ströme. Diese wirken sich in Inselnetzen (Schiffe, Flugzeuge, Notstromnetze in Flughäfen) dann besonders stark aus, wenn der Anteil der stromrichter gesteuerten Verbraucher hoch ist.

Besonders problematisch sind die Oberschwingungen, wenn in der Nähe der Energiekabel Steuerleitungen liegen und auf längeren Strecken parallel geführt werden. Dann können durch die Oberschwingungen recht große Energiemengen vom Energiekabel auf die Steuerleitung einkoppeln und Störungen erzeugen.

In dem Projekt wurden bisher parallel verlaufende dreiphasige Energiekabel und zweiadrige geschirmte Steuerleitungen modelliert. Dabei wurden kapazitive und induktive Kopplungen zwischen den Leitungen und zur Erde berücksichtigt. Mit Hilfe dieses Modells soll nun untersucht werden, unter welchen Bedingungen Störungen vom Energiekabel auf die Steuerleitung übergreifen und wie dies evtl. verhindert werden kann. Dazu soll der Frequenzgang der Störspannung am Ende der Steuerleitung in Abhängigkeit vom Strom am Eingang des Energiekabels aufgezeichnet werden. Weitere Parameter sind die Länge, auf der die Kabel parallel laufen und der Abstand der Leitungen voneinander, sowie von der Erde.

Anschließend soll dann untersucht werden, welche Oberschwingungen überhaupt durch die Stromrichter erzeugt werden und wie diese Oberschwingungen durch verschiedene Netzelemente (elektrische Maschinen, Leuchtstofflampen, etc.) verstärkt oder gedämpft werden.

Damit kann dann schließlich ein komplettes Modell des Inselnetzes bezüglich der Übertragung von Oberschwingungen gebildet werden und es können Abhilfemaßnahmen entwickelt werden.

Msc. Ana Rosa de Jesus Silva

Vermeidung von Kommutierungseinbrüchen in Inselnetzen mit großen Stromrichtern durch gesteuerte Bereitstellung des Kommutierungsstromes

Mit der Einführung der Leistungselektronik für die Steuerung und Regelung elektrischer Antriebe wird die Bedeutung eines Phänomens vergrößert: Die Oberschwingungen des Stromes und der Spannung beeinträchtigen die Funktionssicherheit elektrischer Betriebsmittel. Wesentliche Ursache für die Oberschwingungen ist der für die Kommutierung des Stromrichters erforderliche Strom. In dem Vorhaben wird untersucht, wie durch die Bereitstellung des Kommutierungsstromes aus einem Energiespeicher die Belastung des Bordnetzes und damit die Oberschwingungen vermindert werden können.

Der erste Schritt der Untersuchung zu diesem Thema ist eine Beschreibung des Systems. Zunächst wird das vereinfachte Antriebssystem modelliert. Ein mathematisches Modell des Thyristors wird entworfen und überprüft. Dann werden Simulationen der Gleich- und Umrichter ausgeführt.

Danach wird das Bordnetz mit den Verbrauchern modelliert. Die Verbraucher auf Schiffen bestehen aus ohmschen Verbrauchern und Hilfsmaschinen, die von Asynchronmotoren angetrieben werden. Der Asynchronmotor wird durch eine Zwei-Achsen-Transformation beschrieben und das mathematische Modell verifiziert.

Dipl.-Ing. B. Verhoeven

MICAST - Entwicklung einer innovativen Qualitätssicherungstechnologie für den Transport von empfindlichen vegetabilen Gütern unter den Bedingungen von kontrollierter Atmosphäre (CA).

Die Haltbarkeit empfindlicher vegetabiler Güter läßt sich durch Kühlung und durch Regelung der Atmosphärenzusammensetzung erhöhen.

Hierbei sind O₂, CO₂, N₂ und Ethylen entscheidend für die kontrollierte Atmosphäre sowie Temperatur und Feuchte für die Kühlung.

Im Rahmen des Projektes MICAST soll ein Sensorträger entwickelt werden, welcher Sensoren für diese Gase trägt, die entstehenden Signale verarbeiten kann und über nur ein Kabel an die Regelung und Dokumentation des CA-Systems weitergeben kann.

Zur Auslegung oder Auswahl der einzelnen Sensoren werden im ersten Teil des Projektes theoretische Untersuchungen zur Definition von ladungsspezifischen CA-relevanten Schwellwerten vorgenommen, es werden also die nötigen Meßbereiche der verschiedenen Größen sowie die geforderte Meßgenauigkeit der Sensoren untersucht.

Für die Messung der Gase O₂, CO₂, N₂ werden bereits verschiedene Sensoren angeboten. Für die Messung der Ethylenkonzentration im ppm-Bereich soll ein Sensor entwickelt werden.

Im zweiten Teil des Projektes wird ein original-großer Versuchsträger - ein 20-Fuß Porthole-Container mit einem CA-Clip On erprobt. Hierdurch sollen die Eigenschaften des Containers und der CA-Anlage bei späteren Versuchen mit den neuen Sensoren bekannt sein.

Hierzu wird die Kälte- und die Gasdichtigkeit des gesamten Versuchsträgers, die Kälteleistung und Abtauheizung des Kälteaggregates und die Eigenschaften der CA-Anlage untersucht.

In der nächsten Phase des Projektes sind Praxistests mit CA-Containern im Hafen oder auf Schiffen mit voller Ladung geplant.

Diese Versuche dienen zur Vorbereitung für die spätere Erprobung des entwickelten Sensors und des Sensorträgers.

(Dieses Projekt wird gemeinsam mit der Fa. SEMICON (Berlin-Teltow) und den FH's Brandenburg und Wildau durchgeführt.)

4.4 Veröffentlichungen /Vorträge

Hochhaus, K.-H.:
Kühlschiffahrt 96/97. Die Kontrollierte Atmosphäre setzt sich durch
Schiff und Hafen, 12/1997

Hochhaus, K.-H.:
STG-Arbeitsgruppe Kühlcontainerschiffahrt
Schiff und Hafen, 02/97

Hochhaus, K.-H.; Wild, Y.:
Kühlcontainerschiffahrt mit Porthole- und CA-Kühlcontainern
Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft 1997

Hochhaus, K.-H.:
Kühlschiffe, Analyse der derzeitigen weltweiten Kühlschiffsflotte
Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft 1997

Hochhaus, K.-H.:
Kälteanwendung auf Schiffen
in Lehrbuch der Kältetechnik, Bd. 2, 4. Auflage (S. 977 - 1030), C. F. Müller Verlag,
Heidelberg 1997

Hochhaus, K.-H.:
Heutiger Stand der weltweiten Kühlschiffahrt
Vortrag zur Deutschen Kälte-Klima-Tagung vom 19. - 21. November 1997 in Hamburg

Hochhaus, K.-H.:
Seetransport von Früchten unter Kontrollierter Atmosphäre
Vortrag beim Symposium „Tropische Nutzpflanzen“ der Vereinigung für Angewandte Botanik vom
25. - 27. September 1997 in Hamburg

Hochhaus, K.-H.:
Schiffstransport von Früchten
Vortrag auf der zweiten Tagung, „Obstbau der Tropen und Subtropen“, (19. - 21. Sep.) in Berlin

5 Forschungskreis, Fachausschuß, Arbeitsgruppe

5.1 CA-Forschungskreis

CA = Controlled Atmosphere bedeutet, daß bei dem Transport von Früchten die Laderaumatmosphäre nicht nur gekühlt, sondern auch der Sauerstoffgehalt abgesenkt und der CO₂-Gehalt angehoben wird. Damit läßt sich der Stoffwechsel reduzieren und die Haltbarkeit der Früchte verlängern.

Der CA-Forschungskreis wurde 1992 von Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus und Dr.-Ing. Y. Wild mit Industrieunterstützung und 12 Mitgliedern des CA-Arbeitskreises gegründet, um Untersuchungen zum Thema CA-Transport mit dem Schwerpunkt Kühlschiffe, Kühlcontainerschiffe und Kühlcontainern durchzuführen. Diese Untersuchungen erfolgen im Labor in insgesamt drei Versuchsständen, die von den Mitgliedern finanziert wurden. Außerdem werden Messungen auf Kühl- und Containerschiffen durchgeführt, um praxisgerechte Daten zu erhalten und die Richtigkeit von Labormessungen und Computersimulationen zu überprüfen.

Herr Dr. Wild hat im Sommer 1993 nach seiner Promotion ein Ingenieur-Büro gegründet, welches sich inzwischen erfolgreich etabliert hat. Eines seiner Hauptarbeitsgebiete ist die CA mit den angrenzenden Gebieten, hier besteht eine enge Zusammenarbeit.

In dem Berichtsjahr wurde auf dem Gebiet der Ethylenmessung im ppm-Meßbereich gearbeitet, neu auf dem Markt erscheinene Sensoren wurden getestet und auf die Tauglichkeit für den Schiffsbetrieb untersucht. Es wurden außerdem CA-Versuche mit Ananas und Bananen durchgeführt.

Ein Mitglied des Forschungskreises hat umfangreiche CA-Versuche mit Schiffsteilladungen durchgeführt. Hier erfolgte 1997 eine Umstellung auf CA.

Im Februar 1997 wurde eine Tagung „Seetransport von Kühlgütern“ mit neun Vorträgen durchgeführt, in dem die CA in drei Vorträgen behandelt wurde

5.2 Fachausschuß Schiffselektrotechnik der Schiffbautechnischen Gesellschaft (STG)

(Leiter: Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann)

Im Jahr 1931 wurden Vorbereitungen getroffen, um einen Fachausschuß oder eine Arbeitsgruppe „Elektrizität im Schiffsbetrieb“ einzurichten. 1933 wurde die Arbeitsgruppe „Elektrotechnik“ im Fachausschuß für Maschinenwesen eingerichtet und nahm erfolgreich ihre Arbeit auf.

Im Jahr 1951 wurde der Fachausschuß „Elektrotechnik“ erwähnt mit den beiden Arbeitsausschüssen „Hilfsmaschinen und Apparate“ und „Meßwesen an Bord“, letzterer wird später ein selbständiger Fachausschuß.

1996 wurde Prof. Dr.-Ing. G. Ackermann zum Fachausschußleiter gewählt und übernahm das Amt von Dipl.-Ing. G. Henschel.

Der Fachausschuß beschäftigt sich mit allen Fragen und Problemen zum Thema Elektrotechnik auf Schiffen und hält jährlich etwa zwei Sitzungen ab. Er besteht aus 10 - 15 Mitgliedern aus dem Bereich der Werften, der Zulieferindustrie, Klassifikation, Behörden und Hochschulen.

Während der FA-Sitzungen werden wichtige aktuelle Probleme aus der Praxis und neue wissenschaftliche Erkenntnisse behandelt, teilweise in Kurzvorträgen vorgestellt und diskutiert. Es werden Schwerpunkte gebildet und die jeweils aktuellen Themengruppen werden zur STG-Hauptversammlung mit zwei bis drei Vorträgen oder zu einer ganztägigen Fachtagung mit sechs bis neun Vorträgen zusammengefaßt, die an wechselnden Orten, überwiegend in Küstenstädten mit Werftbetrieben, vorgetragen werden.

Im Kreis der insgesamt 15 Fachausschüsse der STG präsentiert sich dieser Fachausschuß als außerordentlich rege und aktiv, es wurden seit etlichen Jahren regelmäßig ein Sprechtag pro Jahr durchgeführt. Die Sprechtag waren gut besucht, woraus ersichtlich wird, daß die Themen interessant und ansprechend waren.

Für 1997 wurde ein Sprechtag mit dem Themenschwerpunkt „Netzqualität, Netzzrückwirkung, EMV“ am 16. April in Bremerhaven vorbereitet und durchgeführt.

5.3 Arbeitskreis Kühlcontainerschiffahrt der Schiffbautechnischen Gesellschaft (STG)

Sprecher: Dr.-Ing. K.-H. Hochhaus

Ausgehend von der derzeitigen Entwicklung auf dem Sektor der Kühlcontainerschiffahrt wurde unter der Fragestellung: „Gibt es unter den derzeitigen Randbedingungen eine Zukunft für Porthole-Kühlcontainerschiffe?“ eine Arbeitsgruppe „Kühlcontainerschiffahrt“ im STG-Fachausschuß Maschinenbau gegründet. Die konstituierende Sitzung fand am 24.01.1996 in der Technischen Universität Hamburg-Harburg (Arbeitsbereich Hilfsmaschinen und Automation) im Technologiezentrum Finkenwerder statt, die abschließende 4. Sitzung erfolgt am 15.10.1996 bei der Reederei Hapag Lloyd. Bei den anderen beiden Sitzungen waren die Hamburg-Süd und G + H Montage die Gastgeber. Der Abschlußbericht wurde dem Fachausschuß Schiffsmaschinen am 20.11.1996 vom Sprecher vorgelegt und wichtige Ergebnisse wurden auf dem STG-Sprechtag „Seetransport von Kühlgütern“ am 25.02.1997 vorgetragen.

Dieses System „Porthole“ ist unter dem Namen Con-Air bekannt und die damit ausgerüsteten Containerschiffe sind überwiegend im Nord-Süd Dienst mit hohem Kühlleistungsanteil tätig. Die meisten und auch größten dieser technisch anspruchsvollen Containerschiffe wurden auf deutschen Werften gebaut und/oder modernisiert, die überwiegende Anzahl dieser Schiffe ist auch heute noch in Fahrt und in den nächsten Jahren zu ersetzen. Der Anteil dieser Kühlcontainerschiffe mit Porthole-Kühlcontainern an den Containerschiffen ist gering, der wirtschaftliche Erfolg dieser Kühlcontainerschiffe war in der Regel wegen der anspruchsvollen Ladung gut. Der Bau dieser Schiffe ist aufwendiger und daher für deutsche Werften (Spezialschiffbau) besonders attraktiv.

In der AG wurden die Unterschiede der beiden Kühlcontainer-Systeme

- Porthole
- Integral

unter den Gesichtspunkten Energieverbrauch, Platzbedarf der Kühlcontainer im Schiffsladeraum, Platzangebot für die Ladung im Kühlcontainer, Genauigkeit der Kühltemperatur, Zuverlässigkeit, landseitiger Service, Wirtschaftlichkeit und Besitzverhältnisse herausgearbeitet. Beim letzten Punkt wurde z. B. deutlich, daß etwa 50 % der weltweiten rund 600.000 Integral-Kühlcontainer geleast sind, fast 100 % der weltweit 70.000 Porthole Container dagegen den Reedereien gehören. Offen geblieben ist z. B. der Anteil der Ladungsschäden der beiden verschiedenen Systeme, dieser Punkt wäre noch zu bearbeiten.

Als weiterer wichtiger Fragenkomplex wurde der zeitliche Übergang von Porthole auf Integral-Kühlcontainer der Nord-Süd-Dienste behandelt, der nur überlappend erfolgen kann. Inwieweit bei Neubauten sogenannte „Übergangsschiffe“ erforderlich werden, die im Übergangszeitraum beide Stellplatzmöglichkeiten anbieten, hängt von den einzelnen Diensten und Reedereien ab. Hier sind es besonders die ersten containerisierten Liniendienste, wie z. B. der Australiendienst, die aufgrund des Schiffalters ersetzt werden. Wie zur Pionierzeit der internationalen Containereinführung werden die Erfahrungen des ersten Generationswechsels einen großen Einfluß auf die weitere Entwicklung haben.

Zu den einzelnen Themen wurden im Rahmen dieser AG Vorträge gehalten, Studien- und Diplomarbeiten vergeben, die von motivierten Studenten angefertigt und mit großen Engagement in der AG vorgetragen wurden.

Die Investitionskosten von Porthole-Kühlcontainerschiffen liegen deutlich über denen von Containerschiffen mit Integral-Kühlcontainern. Der notwendige Containerpark von Integral-Containern kann im Gegensatz zu Porthole-Containern problemlos geleast werden, bindet daher kein Kapital.

Der elektrische Energieverbrauch von Integrated-Containern ist erheblich höher als der von Porthole-Containern, daher wird eine höhere installierte Kapazität der Generatoren, Schaltanlagen und Verteilungen benötigt. Das ist auch der Grund für einen höheren E-Bedarf und entsprechend ansteigenden Brennstoffverbrauch. Der höhere Brennstoffverbrauch spielt zur Zeit jedoch eine untergeordnete Rolle, da die Brennstoffpreise in der Schifffahrt derzeit sehr niedrig sind.

Die Vorteile der Porthole-Kühlcontainer gegenüber den Integrated-Kühlcontainern sind aus mehreren Gründen geringer geworden. Neben der größeren Flexibilität und erheblich verbesserter Technik der Integrated-Kühlcontainer sind es besonders die Investitions- und Betriebskosten, die einen großen Einfluß ausüben. Derzeitig sind viele Containerschiffe im Bau, zum Teil mit einer hohen Stellplatzkapazität für Integrated-Kühlcontainer. Es werden zur Zeit keine Kühlcontainerschiffe mit Porthole-Kühlcontainern gebaut, obwohl aufgrund der Altersstruktur für den Australiendienst Ersatzbedarf besteht. Offene Containerschiffe werden zunehmend gebaut, da sie beim Umschlag Zeit- und Kostenvorteile bieten, in Verbindung mit integrierten Kühlcontainern unter Deck stellen sie eine optimale Lösung zur Wärmeabfuhr dar.

Unter den derzeitigen Bedingungen ist davon auszugehen, daß Neubauten zukünftiger Kühlcontainerschiffe nur noch für Integral-Container ausgestattet werden.

6 Vorlesungsreihe Management

Erfolgreich managen in Industrieunternehmen - Voraussetzungen, Ausbildung, tägliche Arbeit

Unter diesem Thema und den Untertiteln wurden im Sommersemester die folgenden Vorlesungen angeboten und zum Anschluß eine Nachweisklausur durchgeführt:

Datum	Referent	Thema
14.01.97	Prof. Weltin, TUHH, AB Mechanik I	Einführung
21.04.97	Prof. Weltin, TUHH, AB Mechanik I	Einführung
28.04.97	Dr. Schmidt-Lüßmann, Ingenieur-Büro	Kooperationsnetzwerke contra hierarchischer Firmen
05.05.97	Prof. Weltin, TUHH, AB Mechanik I	
12.05.97	Dr. Harder, Unternehmensberatung Harder	Investitionsgütermarketing
26.05.97	Dipl.-Ing. Batke, Siemens AG	Projektmanagement in einem General-Untenehmer Projekt
02.06.97	Dr. Afheldt Verlagsgruppe Handelsblatt	Die Rolle der Wirtschaftsmedien in der Kommunikation
09.06.97	Dipl.-Ing. Sawitzki	Was erwartet ein Industrieunternehmen von Absolventen der TU?
16.06.97	Prof. Dr.-Ing. Schmidt-Tiedemann	Innovationsmanagement I: Die interne Perspektive
23.06.97	Dipl.-Ifm. Ellegast, Phoenix AG	Globalisierung durch Kooperation
30.06.97	Prof. Dr.-Ing. Schmidt-Tiedemann	Innovationsmanagement II: Die externe Perspektive
02.07.97	Prof. Benkenstein, Uni Rostock, Inst. für Marketing	Wettbewerbsstrategien in der marktorientierten Unternehmensführung
07.07.97	Dipl.-Volksw. Sost	Strategie als Teillieferant im globalen Markt
14.07.97	Nachweisklausur	

7 Dissertationen

Zengzhi Yuan

Systemtechnische Untersuchung von Ammoniak-Absorptionskälteanlagen für die Schifffahrt
Shaker Verlag, 1997

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Einsatzmöglichkeit der Ammoniak-Wasser Absorptionskälteanlage auf Kühlschiffen systematisch untersucht.

Hinsichtlich der Umweltfreundlichkeit und der energetischen Wirtschaftlichkeit sollte der Einsatz der Absorptionskälteanlage, die mit den umweltfreundlichen Kältemitteln Ammoniak und Wasser arbeitet und mit Abwärme aus Abgas und Ladeluft beheizt wird, als Ladungskühlanlage auf Kühlschiffen möglich sein. In der hier vorgelegten Arbeit wird diese Möglichkeit sowie das stationäre und dynamische Betriebsverhalten dieser Anlage besonders unter Berücksichtigung des Schiffseinsatzes untersucht.

Zur Prozeßberechnung werden Modelle der Absorptionsanlage, der Kompressionsanlage und des Turbogenerators aufgestellt. Mit Hilfe der hier vorgestellten Zustandsgleichungen für die betrachteten Kältemittel ist man in der Lage, den Wirkungsgrad verschiedener Systeme zu berechnen.

In einem Vergleich wird die Absorptionskälteanlage mit anderen möglichen Systemen zur Kälteerzeugung aus Abwärme im Seebetrieb bzw. aus Primärenergie im Hafenbetrieb gegenübergestellt. Im Seebetrieb und bei einer Verdampfungstemperatur niedriger als $-11,5\text{ °C}$, die etwa dem Transport von Frucht entspricht, ist der Wirkungsgrad der Abwärme-Absorptionskälteanlage höher als der der Turbogenerator-Kompressionskälteanlage. Im Hafenbetrieb und bei niedriger Verdampfungstemperatur (ca. -10 °C) liegt der Wirkungsgrad des Systems Hilfskessel-Absorptionsanlage zwischen denen der Systeme Hilfskessel-Turbogenerator-Kompressionsanlage und Dieselgenerator-Kompressionsanlage.

Anhand eines 2-Takt-Dieselmotors und eines typischen Kühlschiffes wird die aus Abwärme erzeugbare Kälteleistung und der Kältebedarf für normale Kühlschiffe und für CA-K Kühlschiffe bei Abkühlung der Ladungen und bei stationärem Betrieb berechnet. Beim stationären Betrieb ist das Kälteangebot mit großem Überschuß stets größer als der Kältebedarf. Hingegen ist die Kälteleistung während der Abkühlungsphase nur für Frucht unter CA ausreichend.

Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Anlage wird eine Optimierung der Temperaturdifferenzverteilung in allen Wärmeaustauschern durchgeführt. Dadurch wird beispielsweise für eine Anlage zur Bananenkühlung eine Erhöhung des Wärmeverhältnisses um ca. 10 % erzielt.

Die Anlagenteile werden für die Auslegung und die Untersuchung des Betriebsverhaltens modelliert. Dabei werden die gleichzeitigen Wärme- und Stoffübergänge berücksichtigt. Hinsichtlich des Kältemittelgemisches in dem Kältekreislauf werden die Berechnungen für eine genaue Auslegung und Simulation abschnittsweise durchgeführt. Anhand dieser Modelle wird zur Untersuchung des stationären Betriebsverhaltens ein Programm entwickelt, das aufgrund der Verknüpfung der modellierten Anlagenteile, die Berechnung der gesamten Anlage ermöglicht. Mit Hilfe dieses Programms werden die Einflüsse der Heizdampf Temperatur, des Rücklaufverhältnisses, der Kühlwassertemperatur sowie des Massenstromes der Lösung auf das Wärmeverhältnis und andere Betriebskenngrößen untersucht. Das Ergebnis hat gezeigt, daß die Absorptionskälteanlage ein sehr gutes Teillastverhalten hat. Bei Teillast kann sich das Wärmeverhältnis durch Reduzierung des Massenstromes der Reich- oder Armlösung erhöhen.

Zur Simulation des dynamischen Betriebsverhaltens der Anlage wird ein Modell aufgebaut. Für die Anlagenregelung werden P-Regler eingesetzt. Das dynamische Verhalten der Anlage wird anhand eines Sprungs der Kühlwassertemperatur bzw. des Kältebedarfs untersucht. Bei einem Sprung der Einlauf­temperatur der Sole in dem Verdampfer um 1 °C steigt die Soletemperatur am Austritt des Verdampfers auch an. In dem betrachteten Fall beträgt dieser Anstieg ca. 0,4 °C. Bei höherer Anforderung an die Regelungsgenauigkeit sollten PI- oder sogar PID-Regler anstatt P-Regler eingesetzt werden.