

fördern • führen • inspirieren



Forschungsbericht

2010/2011



Herding® SINTERLAMELLENFILTER – ENTSTAUBUNGSSYSTEME ZUM SCHUTZ VON MENSCH, MASCHINE UND UMWELT



REINE PRODUKTIVITÄT

- Geringer Platzbedarf
- Niedrige Reingaskonzentration $< 0,2 \text{ mg/m}^3$ (staubabhängig)
- Hohe Materialrückgewinnung
- Filtersysteme mit zentraler Staubentsorgung
- SafeChange aller Filterelemente System Herding®
- Modernisierung und Up-grading vorhandener Systeme
- Konstante Betriebsbedingungen
- Staubentsorgungssysteme optional, kontaminationsfrei
- ATEX-konforme Anlagekonzepte, auch ohne tertiäre Maßnahmen
- Hohe Verfügbarkeit, Life Cycle
- Geringe Betriebs- und Wartungskosten
- Komplett aus einer Hand

Die Hochschule Amberg-Weiden ist ein Zukunftsprojekt der nördlichen Oberpfalz.

Seit ihrer Gründung im Jahre 1994 leistet sie erfolgreich Bildungspolitik und in hohem Maße auch Wirtschafts- und Strukturpolitik. Daher zählen der Wissens- und Technologietransfer in enger Kooperation mit den in der Hochschulregion ansässigen Unternehmen zu den grundlegenden Aufgaben der HAW.

Der jetzt vorliegende zweite Forschungsbericht unserer jungen Hochschule belegt die Vielzahl und die Vielfalt der gemeinsamen Projekte, und er gewährt einen Einblick in das Kompetenzprofil der HAW.

Sichtbar wird dieses Profil ganz aktuell an dem HAW-Technologiecampus, der zurzeit an beiden Standorten entsteht: Der Weidener Technologie Campus (WTC) und der Amberger Technologie Campus (ATC) bündeln unsere Kompetenzen und stärken damit nicht nur die beiden Hochschulstandorte Weiden und Amberg – sie stärken die gesamte nördliche und mittlere Oberpfalz.

Hochschule und Wirtschaft haben einander gefunden. Die HAW ist anerkanntermaßen der Innovationsmotor in der Region. Die Unternehmen haben schon sehr früh erkannt, wie wichtig für sie der Kontakt zur Wissenschaft und der Austausch mit den Experten in der Hochschule ist, denn Erfolg stellt sich immer da ein, wo Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam die traditionellen Stärken der Region bespielen.

Die Unternehmer brauchen qualifizierte Arbeitskräfte plus Fachwissen. Beides wird knapp und die eigene Forschung ist oft zu teuer. Dabei können Unternehmen nur dann wettbewerbsfähig bleiben, wenn sie kontinuierlichen wissenschaftlichen Input erhalten; ohne Innovationen drohen Kapazitätsengpässe und Produktionsverlust. Deshalb sind gerade kleine und mittlere Unternehmen auf ein gutes Wissenschafts- und Bildungssystem angewiesen, besonders profitieren sie von einem funktionierenden Technologietransfer.

Wir als Hochschule lassen die Ergebnisse aus diesem Wissens- und Technologietransfer wiederum direkt in die Lehre einfließen. Damit garantieren wir unseren Studierenden ein Studium auf dem aktuellsten Stand der Technik.

Heute studieren an beiden Hochschul-Standorten zusammen 2.800 junge Männer und Frauen in 18 Studiengängen; sie werden von 74 Professorinnen und Professoren und 75 Lehrbeauftragten unterrichtet. Die Ausbauplanung sieht 696 neue Studienplätze vor, das heißt, wir werden in absehbarer Zeit deutlich über 3.000 junge Menschen kompetent für den Arbeitsmarkt ausbilden.

Unsere HAW stellt den Unternehmen vor Ort über unsere in der Zwischenzeit 1.900 Absolventinnen und Absolventen ein hoch qualifiziertes Nachwuchspotenzial zur Verfügung. Ein Großteil unserer Absolventinnen und Absolventen bleiben nach ihrem erfolgreichen Studienabschluss der Hochschulregion treu: 73 Prozent von ihnen – so belegen Umfragen – wohnen und arbeiten in einem Umkreis von 50 Kilometern zu ihrer Hochschule.

Es gibt eine eindeutige Kennzahl, an der sich die Akzeptanz der Forschungsangebote einer Hochschule festmachen lässt – und das sind die Drittmittel.

Sie belegen, dass Technologietransfer auch wirklich funktioniert und dass das wissenschaftliche Know-how bei privaten und öffentlichen Arbeitgebern akzeptiert wird. Hier nur fünf Zahlen, die belegen, dass unsere Hochschule zu den drittmittelstärksten Bayerns zählt:

- An der HAW haben wir seit dem Jahr 2003 insgesamt 7,1 Millionen Euro an Drittmitteln aus Projekten mit der Praxis eingeworben.
- Im Jahresdurchschnitt belaufen sich die eingeworbenen Mittel auf ca. 2 Millionen Euro.
- Mit 27.300,00 Euro pro Kopf/Professor pro Jahr liegt die HAW auf Platz 2 aller 17 staatlichen Fachhochschulen in Bayern (bayernweiter Durchschnitt für 2008: 14.400,00 Euro pro Jahr pro Professor).
- 21 Stellen konnten über Drittmittel außerhalb der Planstellen geschaffen werden.
- Vier Stiftungsprofessuren; weitere sind in Vorbereitung.

Vorwort

Prof. Dr. Erich Bauer

Die Hochschule Amberg-Weiden versteht sich als junge und innovative Hochschule, bei der Qualität statt Quantität zählt und in der wir unsere Studierenden fördern, führen und inspirieren (das ist nicht nur ein Slogan, sondern unser Claim wird gelebt!).

Die HAW hat zukunftsorientierte Studiengänge:

In Amberg profiliert sie sich mit den Studiengängen Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik, Medienproduktion und Medientechnik, Maschinenbau, Umwelttechnik, Erneuerbare Energien, Kunststofftechnik und Patentingenieurwesen. Daran anschließend können Master-Studiengänge wie Industrial Information Technology, Umwelttechnologie, Innovationsfokussierter Maschinenbau oder Medientechnik und Medienproduktion belegt werden.

In Weiden stehen die Betriebswirtschaft, das Wirtschaftsingenieurwesen, Handels- und Dienstleistungsmanagement, Sprachen, Management und Technologie und Medi-

zintechnik zur Auswahl. Master-Studiengänge werden mit den Inhalten Marketing Management, Human Resource Management, Interkulturelles Unternehmens- und Technologiemanagement Wirtschaft und Recht sowie Betriebswirtschaft angeboten.

Die HAW ist regional verankert und international ausgerichtet – mit 42 Partnerhochschulen in 24 Ländern.

In Rankings belegt die HAW immer wieder Spitzenplätze. Hoch bewertet und gelobt werden dabei die hohe Qualität in der Lehre, die Ausstattung der Labore und der beiden Bibliotheken, die funktionierenden Querverbindungen zu den weiterführenden Schulen, die enge Zusammenarbeit mit der Wirtschaft und eben – wie der vorliegende Bericht belegt – die vielen attraktiven Forschungsprojekte. Wir verstehen uns als eine Hochschule in der Region für die Region.

Wer Bildung sät, wird Zukunft ernten.



Prof. Dr. Erich Bauer

Präsident der Hochschule Amberg-Weiden

praesident@haw.aw.de

Foto: HAW

Inhaltsverzeichnis

Prof. Dr. Erich Bauer Vorwort des Präsidenten der Hochschule Amberg-Weiden	1
Impressum	5
Inserentenverzeichnis	6
Prof. Dr. Markus Brautsch Technologietransfer – Hochschule Amberg-Weiden	9
Prof. Dr. Stephanie Abels-Schlosser Behältermanagement für wiederverwendbare Kleinbehälter	10
1. Einleitung; 2. Definition; 3. Behälter	10
4. Bewertung von Mehrwegbehältern.....	12
5. Behältermanagement	12
6. IT-Unterstützung.....	13
7. Outsourcing	14
8. Probleme und Optimierungsmöglichkeiten; 9. Zusammenfassung ...	15
Dr. Harm Bandholz, Prof. Dr. Jörg Clostermann, Prof. Dr. Franz Seitz Explaining the US Yield Conundrum	20
I. Introduction	20
II. What Determines Interest Rates? Some Theory; III. Estimation	22
IV. Summary and Conclusions; Acknowledgements	28
Prof. Dr. Franz Bischof „Kläranlage der Zukunft“	32
Prof. Dr. Markus Brautsch, Dipl.-Ing. (FH) Raphael Lechner, M. Sc. Abgasturbine für Blockheizkraftwerke	36
Abstract	36
Prof. Dr. Gebhard Flaig, Prof. Dr. Horst Rottmann Labour Market Institutions and the Employment Intensity of Output Growth	38
Abstract; 1. Introduction	38
2. Theoretical foundations; 2.1 Labour demand and the employment threshold; 2.2 Effects of labour market institutions on the employment threshold	39
3. Empirical results; 3.1 The employment threshold across countries and over time.....	40
3.2 The effects of labour market institutions on the employment threshold	41
4. Summary and Conclusions	44
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Frenzel Auslegung eines Anzündgeräts im BFS-Forschungsvorhaben in Zusammenarbeit mit Eurocopter Deutschland GmbH und den Projektpartnern des Forschungsvorhabens Pyrotak	48
1. Problemstellung; 2. Herausforderungen für ein Anzündgerät; 3. Technik des Anzündgeräts; 4. Prototyp des Anzündgeräts	48
5. Entwicklung eines STTE; 6. Messungen am Prototypen	49
7. Ergebnisse	49
Prof. Dr. Bärbel Held, Prof. Dr. Friedrich Vogelbusch Publizität und Transparenz in der Kirche	50
Notwendigkeit der Transparenz	50
Publizität über kirchliche Haushalte; Outputorientiertes kirchliches Rechnungswesen	53
Erweiterter Solidarpakt.....	55
Fazit	56
Prof. Dipl.-Ing. Jochen Hummich, Dipl.-Ing. (FH) Josefa Lobinger Verschleißuntersuchungen an Gleitflächenbeschichtungen in Spritzgusswerkzeugen	58
Die Aufgabenstellung; Der Prüfstand	58
Die Ergebnisse.....	59
Das Fazit	60
Prof. Dr. Peter Kurzweil, Dipl.-Ing. Stefan Schedlbauer Glucoseäquivalente in Lebensmitteln und Bedarfsgegenständen – Spektrofotometrie mit Pikrinsäure-Charge-Transfer-Komplexen	63
1. Stand der Technik; 2. UV/VIS-Screening von Pikraten	63
3. Lebensmittelproben	64
4. Ausblick	65
Symbole und Abkürzungen	66

Prof. Dr. Nailja Luth
Kurzzeitdozentur in Kasachstan 68

- 1. Einführung; 2. Kurzzeitdozentur in Kasachstan;
- 2.1 Lehrtätigkeit an der DKU.....68
- 2.2 Lehrtätigkeit an der Kasachisch-Britischen Universität;
- 2.3 Forschungstätigkeit; 2.4 Treffen mit der Vize-Bildungsministerin; 2.5 Wahrnehmung sonstiger Aufgaben.....69
- 2.6. Bestehende und geplante wissenschaftliche Beziehungen/Partnerschaften; 2.7 Bedeutung des von mir betreuten Fachgebietes;
- 2.8. Mögliche Nutzbarmachung der in der Gasthochschule gesammelten Erfahrungen; 2.9 Allgemeine Bildungs- und Wissenschaftspolitik.....70
- 3. Besuch bei der Staatlichen Universität St. Petersburg, Russland;
- 4. Besuch an der Braga Universität, Portugal..... 71

Prof. Dr. Matthias Mändl
Astronomie und Erdklima 72

- Überraschung vor 20 Jahren72
- Erdbahnänderungen verursachen Eiszeiten; Hat die Sonne einen Begleitstern? Die Sonne auf ihrem Weg durch die Milchstraße73
- Bilanz.....74

Prof. Dr. Dieter Meiller
Barrierefreier Web-Zugang für Personen mit kognitiven Einschränkungen..... 76

- Zusammenfassung; 1. Einleitung; 2. Eine Web-Seite für die Förderschule; 3. Barrierefreiheit in der Praxis.....76
- 4. Anforderungen an die Seite; 4.1 Präsentation von Inhalten;
- 4.2 Behindertengerechte Gestaltung; 4.3 Inhalte; 4.4 Allgemeine Anforderungen an barrierefreie Webseiten; 4.4.1 Standardkonformität.....77
- 4.4.2 Gute Übersicht und Orientierung; 4.4.3 Leichte Bedienbarkeit;
- 4.4.4 Gute Erkennbarkeit und Kontraste; 4.5 Behinderungsspezifische Besonderheiten; 5. Eine Umfrage bei den Schülern78
- 6. Der Entwurf der Webseite; 6.1 Das Konzept und dessen Realisierung.....79
- 7. Zusammenfassung; 8. Ausblick..... 81

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Schmidt, wissenschaftlicher Mitarbeiter Michael Gleißner, Laboringenieur Matthias Söllner
Projekt KOBA – Diagnose von Schaltlichtbögen Linux-basierte Echtzeitsteuerung mit Industrial Ethernet 83

- 1. Projekt KOBA; 1.1 Daten; 1.2 Beschreibung; 1.2.1 Einleitung;
- 1.2.2 Untersuchungen83
- 1.2.3 FEM-Berechnungen; 1.2.4 Messungen; 1.2.5 Ergebnisse.....84
- 1.2.6 Weiterarbeit; 2. Diagnose von Schaltlichtbögen; 2.1 Daten;
- 2.2 Beschreibung; 2.2.1 Einleitung85
- 2.2.2 Untersuchungen; 2.2.3 Lichtbogenmodellierung;
- 2.2.4 Diagnostik und Messungen.....86
- 2.2.5 Weiterarbeit; 3. Einsatz von Linux zur Echtzeitsteuerung mit Industrial Ethernet; 3.1 Daten; 3.2 Beschreibung; 3.2.1 Einleitung;
- 3.2.2 Linux mit Echtzeitfähigkeit; 3.2.3 Industrial Ethernet87

Prof. Dr. Thomas Tiefel
Ergebnisse der Untersuchungen im Rahmen des Projekts „Prüfung und weitere Verbesserung patentbasierter Managementinstrumente für das Innovationsmanagement“..... 89

- 1. Hintergrund und Zielsetzung; 2. Untersuchungsergebnisse;
- 2.1 Patentbasierte Technologieprofile89
- 2.2 Patentbasierte Technologielebenszyklus-Modelle;
- 2.3 Patentportfolio-Ansätze; 3. Zusammenfassung90

Prof. Dr. Andreas P. Weiß
Theoretische Überlegungen zu einem idealen Druckluftsystem mit geschlossenem Luftkreislauf 92

- Übersicht; Einleitung; Modell des stark vereinfachten, idealen Druckluftsystems: Kompressor mit Druckluft-Antrieb.....92
- Herausforderungen bei der praktischen Umsetzung.....95
- Zusammenfassung und Fazit.....96

>> info@autoelectric.de >> www.autoelectric.de

world of cabling systems

- >> Bordnetze
- >> Komponenten
- >> Engineering

Aufbruch - Umbruch - Lösungen

Nexans autoelectric

Nexans autoelectric GmbH | Vohenstraußer Straße 20 | D-92685 Floß | Tel (+49) 96 03 / 20-0 | Fax (+49) 96 03 / 27 15

Herausgeber:

Der Präsident der Hochschule
für angewandte Wissenschaften Amberg-Weiden
Prof. Dr. Erich Bauer

Redaktion:

Dr. Christiane Schmidt
Hochschule Amberg-Weiden
Persönliche Referentin des Präsidenten

Titelgestaltung:

Prof. Dipl.-Kfm. Ralph E. Hartleben
Hochschule Amberg-Weiden

Bildmaterial:

Autoren der Fachbeiträge

Gesamtherstellung:

mediaprint info verlag gmbh
86415 Mering
www.mp-infoverlag.de

Auflage: 1000**Erscheinungstermin:**

Dezember 2010

Für die einzelnen Projektberichte liegt die inhaltliche
Verantwortung bei den jeweiligen Projektleitern.

Hochschule für angewandte Wissenschaften –
Fachhochschule Amberg-Weiden (HAW)

Hochschule in Amberg:

Kaiser-Wilhelm-Ring 23, 92224 Amberg
Tel.: 09621/482-0, Fax: 09621/482-4991
amberg@haw-aw.de

Hochschule in Weiden:

Hetzenrichter Weg 15, 92637 Weiden
Tel.: 0961/382-0, Fax: 0961/382-2991
weiden@haw-aw.de
haw-aw.de

Inserenten- verzeichnis

Herding GmbH Filtertechnik.....	U 2
Nexans autoelectric GmbH	4
Amberger Freunde der Hochschule Amberg-Weiden	6
Verein zur Förderung der Fachhochschule Weiden	6
Siemens	7
BHS Corrugated.....	8
Krones AG	19
F.EE GmbH.....	21
Stadtwerke Weiden	33
Klug GmbH integrierte Systeme	33
Huber Technology.....	33
E-on Bayern	35
Scherdel GmbH.....	61
Flachglas Wernberg GmbH	61
Pilkington Deutschland AG	62
BHS Tabetop	62
Nachtmann	62
Constantia Hueck Folien GmbH & Co. KG	67
EMZ – Hanauer GmbH & Co. KgaA	67
ATZ Entwicklungszentrum	75
Baumann GmbH.....	U 3
Stadtwerke Amberg.....	U 4

Verein zur Förderung der Hochschule Weiden e. V.

Wir sind ein Zusammenschluss von Bürger(inne)n, Institutionen, Betrieben und Körperschaften aus der Oberpfalz. Die HAW wird von uns in Bereichen unterstützt, wo öffentliche Mittel nicht zur Verfügung stehen oder nicht ausreichen, z. B. für die EDV-Infrastruktur, Studienförderung, Fachzeitschriften oder Exkursionen.

Wir sind gemeinnützig und haben folgende wesentliche Ziele:

- Ideelle und materielle Unterstützung der HAW
- Förderung des HAW-Bildungsauftrages
- Ausbau enger Bindungen zwischen Hochschule und Praxis

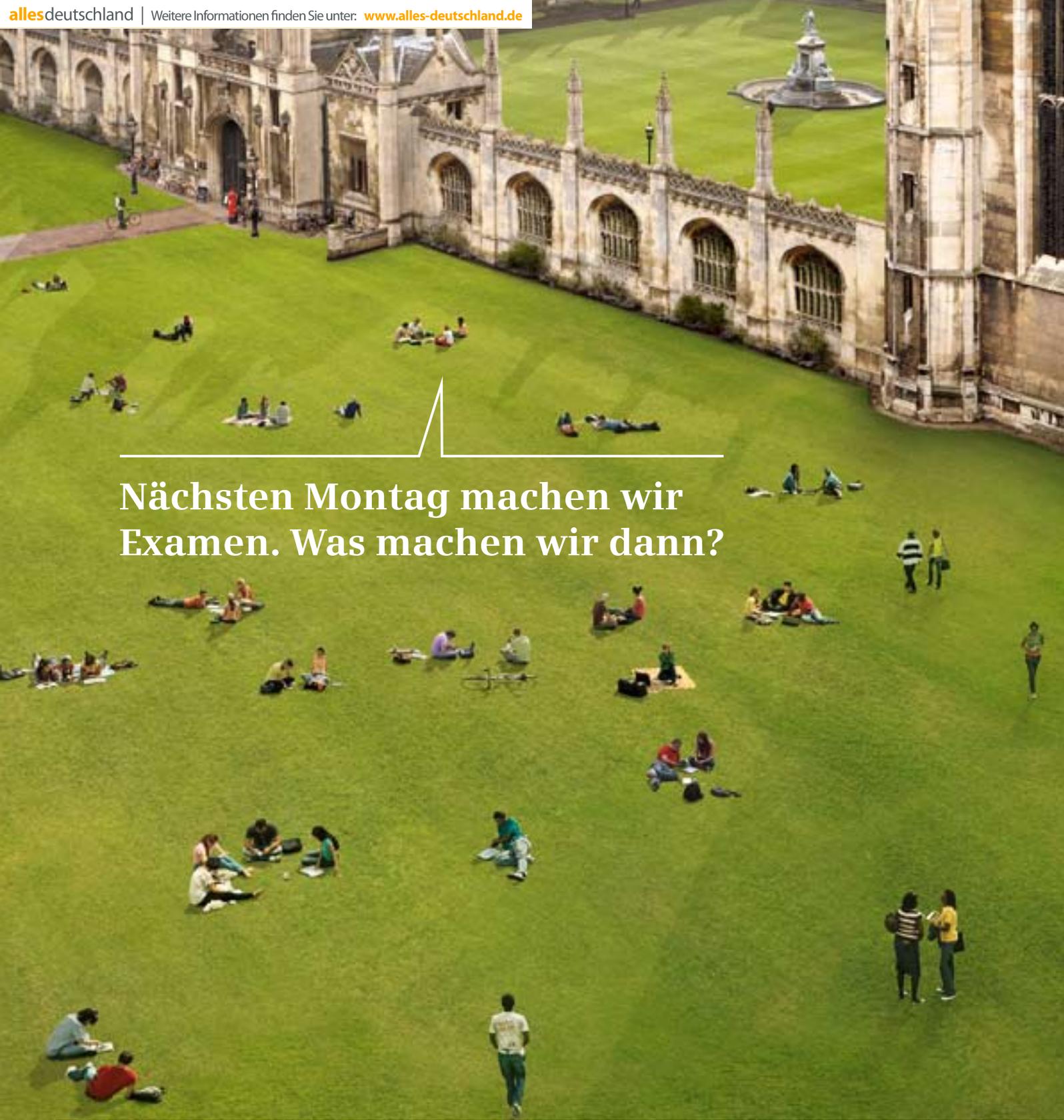
Wir würden uns über Ihren Beitritt freuen!
Rudolf Winter, 1. Vorsitzender, c/o Volksbank Nordoberpfalz eG, Wörthstr. 14, 92637 Weiden
Telefon: 0961/84-104, www.foerderverein-haw-weiden.de

Amberger Freunde der Hochschule Amberg-Weiden

Der Verein der Amberger Freunde der HAW

Seit 1995 unterstützt der Verein die Entwicklung der HAW durch ideelle und finanzielle Beiträge, die durch das Budget nicht abgedeckt sind. Für Prämien besonderer Leistungen der Studierenden, für Zuschüsse bei Forschungsprojekten, für die Realisierung des Technologiecampus. Mit Ihrem Beitritt als Unternehmen oder Privatperson leisten Sie einen wichtigen Beitrag zur regionalen Stärkung des Standortfaktors Bildung und Ausbildung.

Besuchen Sie unsere Homepage über www.haw-aw.de – Hochschule/Förderer:
Dr. Erich Voss, 1. Vorsitzender, Ammerthaler Str. 10, 92260 Ammerthal,
Sekretariat +49 (9621) 80-2573, Telefax +49 (9621) 80-4331, Telefon +49 (9621) 25275,
freunde.haw-amberg@haw-aw.de



Nächsten Montag machen wir Examen. Was machen wir dann?

Setzen Sie bei Siemens Ihr Wissen in die Praxis um.

Sie haben Ihren Abschluss in der Tasche und haben große Pläne? Bei Siemens werden Ihre Ideen Wirklichkeit: in einem Unternehmen, das jedes Jahr mit seinen Innovationen in den Sektoren Industry, Energy und Healthcare überzeugt. Mit hochmotivierten Mitarbeitern in vielfältigen Aufgabebereichen – weltweit. Und bald vielleicht auch mit Ihnen: www.siemens.de/career

Antworten.

SIEMENS





www.bhs-corrugated.de

Bewerber(innen) willkommen

Sie haben außerordentliche Leistungen, sind motiviert und möchten zukünftig Verantwortung übernehmen?

Dann bewerben Sie sich jetzt, wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!

Kompetenz, Innovation und Leidenschaft zeichnen das Mitarbeiterteam der BHS aus und machen das Unternehmen zum führenden Partner der Wellpappenindustrie.

Mit den Geschäftsbereichen Corrugated, Services und Rolls erreicht die BHS mit Stammsitz in Weiherhammer einen Marktanteil von weltweit über 40 Prozent.

Für Studierende bietet die BHS interessante Praktika, Diplomarbeitsthemen und Stipendien – für Ingenieure hervorragende Karriere-chancen.

BHS investiert in eine gute Zukunft

Die Zukunft unseres Wirtschaftsraums hängt stark von Mitarbeitern ab, die ihr Wissen und Know-how in den heimischen Unternehmen einbringen. Die BHS möchte ihren Beitrag zur positiven Weiterentwicklung der Region leisten und setzt deshalb mit einer Unterstützung der Hochschule Amberg-Weiden ein Zeichen, das als Initialzündung für andere Unternehmen dienen soll.

Zum einen spendete BHS eine sechsstellige Summe für den Bau eines neuen Hörsaalgebäudes in Weiden, um für die Studenten bessere Vorlesungsbedingungen zu schaffen. Zum anderen unterstützt BHS Studenten in technisch orientierten Studiengängen mit einem Stipendium. Dieses ist auf vier Semester ausgelegt und richtet sich an alle Studierenden der Fachrichtungen Maschinenbau, Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik, Patentingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen. Das Stipendium umfasst die Übernahme der Studienbeiträge, einen Zuschuss für Lehrmittel und Lebenshaltungskosten von 100 Euro pro Monat im ersten und 200 Euro pro Monat im zweiten Förderungs-jahr. Eine Praktikumsstelle sowie ein mindestens vierwöchiger Auslandsaufenthalt werden jeweils separat zum Stipendium vergütet. Weiterhin erhalten die Stipendiaten kostenlosen Zugang zum Bildungsangebot der BHS und die fachbezogene Zuordnung eines Mentors bei BHS.

Technologie- transfer Hochschule Amberg- Weiden

Prof. Dr. Markus Brautsch

Die Hochschule Amberg-Weiden ist dank des regen Wissens- und Technologietransfers der letzten Jahre heute in regionale, nationale und internationale Forschungsverbände bzw. Technologietransfernetzwerke eingebunden. Dies gilt sowohl für die etablierten als auch neu eingerichteten Fachrichtungen, die heute an der HAW in Forschung und Lehre arbeiten. Durch den aktiven Wissens- und Technologietransfer als Knotenpunkt zwischen Wirtschaft und Hochschule profitieren Studierende, Lehrende und Wirtschaft gleichermaßen.

Ein Schwerpunkt des Technologietransfers an der HAW ist die enge Kooperation mit der regionalen Wirtschaft sowie die anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung mit Betrieben. Konkrete Forschungs- oder Entwicklungsarbeiten werden durch die Professorenschaft der HAW in Form von Gutachten, Studien, Laboraufträgen oder Forschungsvorhaben bearbeitet, die durch vielfältige Förderprogramme des Landes (Innovationsgutscheine) und des Bundes (ProInno und ZIM) mit unterstützt werden. Insbesondere bietet die Durchführung internationaler

Forschungsprojekte in Kooperation mit ausländischen Firmen und Forschungseinrichtungen besondere Chancen für die in der Region ansässigen Unternehmen. Innovative Produkte und Verfahren sollen das Ergebnis derartiger Kooperationen sein.

Der erfolgreiche Wissens- und Technologietransfer zeigt sich in der Gründung der An-Institute BayTech IHM Institut für Handelsmanagement, BayTec istqm Institut für Statistik und quantitative Methoden, Automatisierungs-Institut Amberg GmbH, Institut für Energietechnik IfE GmbH sowie des Instituts für Energieverfahrenstechnik und Fluidmechanik GmbH, die künftig gebündelt in den Gebäuden des Amberger Technologie Campus (ATC) und des Weidener Technologie Campus (WTC) arbeiten werden. Für die mittelständischen Firmen der Region sind koordinierende zentrale Anlaufstellen geschaffen.

Die im Folgenden dargestellten Projekte dokumentieren eindrucksvoll das breite technologische Spektrum sowie den hohen praktischen Bezug der Forschungsarbeiten an der HAW.



Prof. Dr. Markus Brautsch

Fakultät Maschinenbau/Umwelttechnik
Technische Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung
Energietechnik
Technologietransferbeauftragter
m.brautsch@haw-aw.de

Behälter- management für wieder- verwendbare Kleinbehälter

Prof. Dr. Stephanie Abels-Schlösser

Inhalt

1. Einleitung
2. Definition
3. Behälter
4. Bewertung von Mehrwegbehältern
5. Behältermanagement
6. IT-Unterstützung
7. Outsourcing
8. Probleme und Optimierungsmöglichkeiten
9. Zusammenfassung
10. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Der zunehmende Gedanke des Umweltbewusstseins in der Bundesrepublik Deutschland hat viele Veränderungen in der Verpackungsindustrie mit sich gebracht. Angesichts des stetigen Wirtschaftswachstums und immer augenscheinlich werdender Umweltbelastungen sensibilisiert sich das ökologische Bewusstsein der Gesellschaft. Deshalb und auch aufgrund gesetzlicher Vorgaben werden von den Unternehmen zunehmend Mehrwegbehälter, vor allem Kleinladungsträger (KLT) eingesetzt. Deren Bestand beläuft sich zurzeit auf ca. 36 Millionen Stück.¹ Sie werden hauptsächlich zum Transport zwischen den Automobilherstellern und deren Zulieferern eingesetzt. Weitere 10 Millionen Kleinladungsträger befinden sich in Unternehmen, die nicht getauscht werden.

2. Definition

Behälter oder richtiger Kleinladungsträger sind von verschiedenen Gremien oder Institutionen genormt oder standardisiert worden. Auf europäischer Ebene ist dies die DIN EN 13199 Verpackung – Kleinladungsträgersysteme Verpackung – Kleinladungsträgersysteme – Teil 2: Säulenstapelsystem (SSS);² auf nationaler Ebene die



Abbildung 2 1: Serien R-KLT nach VDA 4500

DIN 30820 (Transportkette mit Behältern für Kleinteile; Klein-Ladungs-Träger-System (KLT-System)).³ Auch auf Verbandsebene wird in der VDA 4500 „Kleinladungsträger (KLT)-System“ ein einheitliches, mechanisch und manuell handhabbares Kunststoff-Kleinladungsträger-System für schütt- und setzbares Gut definiert, das in der Automobilindustrie im Warenverkehr zwischen Zulieferindustrie und Automobilherstellern eingesetzt wird.⁴ Dies lässt die Bedeutung der Transportbehälter für den globalen Warenkreislauf erkennen.⁵

3. Behälter

Grundsätzlich kann zwischen Ein- und Mehrwegbehältern unterschieden werden. Die Einwegbehälter werden nur für jeweils einen Transportvorgang verwendet und danach entsorgt. Die Mehrwegbehälter hingegen werden mindestens zweimal oder öfters verwendet.⁶ Diese Mehrwegbehälter sind auch das Thema dieses Berichtes. Die Mehrwegbehälter lassen sich in drei Kategorien einteilen:

- Die universellen Industriestandards haben den höchsten Standardisierungsgrad. Man spricht von den sogenannten Kleinladungsträgern (KLT). Darüber hinaus gibt es aber auch Getränkekästen vorzugsweise aus Kunststoff oder Europaletten aus Holz.

- Einen kleineren Standardisierungsgrad haben die Unternehmens- bzw. Supply-Chain-Standards, wie zum Beispiel die Behälter eines Handelsunternehmens.
- Die dritte Kategorie umfasst die Spezialbehälter, die keiner Standardisierung unterliegen, wie z. B. Flüssigkeitsbehälter für Gefahrstoffe.

Anforderungen an Mehrwegbehälter

- Stapel- und Lagerfähigkeit
- Damit die Behälter im Lager möglichst wenig Raum benötigen, sollten sie sowohl im vollen als auch im leeren Zustand gestapelt werden können. Dies ermöglicht eine optimale Ausnutzung der Transport- und Lagerflächen.⁷ Werden die Behälter zusätzlich noch zusammengeklappt, ist die Raumausnutzung auch beim Leertransport effizient.
- Werkstoff

Das Material eines Mehrwegbehälters sollte entweder aus Kunststoff, Metall, Holz oder aus einer Kombination dieser Werkstoffe bestehen. So wird Stabilität und Langlebigkeit gewährleistet, damit die Behälter mehrmals verwendet werden können.

Modularität

Die Mehrwegbehälter sollten innerhalb eines Umlaufsystems universell eingesetzt werden können. Das heißt, sie sollen sowohl innerhalb der Produktion eines Unternehmens als auch mit den Lieferanten und Kunden austauschbar sein.⁸ Erreicht wird dies aber erst, wenn die wiederverwendbaren Kleinbehälter einen möglichst hohen Grad der Standardisierung aufweisen.⁹

Funktionen von Mehrwegbehältern¹⁰⁻¹¹

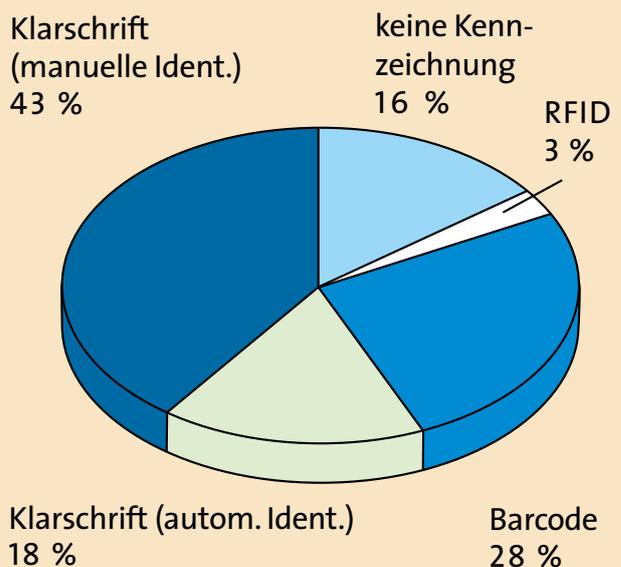
- Schutzfunktion
Eine wichtige Funktion der Behälter ist, dass die Ware geschützt wird, damit sie sicher und qualitätsgerecht ihr Ziel erreicht. Das Produkt muss während des Transports gegen äußere Einflüsse, beispielsweise klimatische, witterungsbedingte und mechanische Belastungen, gesichert werden. Außerdem sollte die Verpackung den Diebstahl der Ware erschweren und auch die Umwelt vor Beschädigungen bewahren, die durch ein unverpacktes Produkt entstehen können.
- Transportfunktion
Der Behälter sollte leicht, rationell und sicher gegriffen, abgesetzt und verstaut werden können. Ein effektiver Transport auf verschiedensten Transportwegen oder Fördertechniken und mit unterschiedlichsten Transporthilfsmitteln, wie Gabelstapler, Regalbediengerät, sowie eine leichte Handhabung bei der Bildung von Ladeeinheiten muss gewährleistet sein.
- Lagerfunktion
Durch die Verpackung soll ein bestmögliches Lagern und Stapeln der Güter ermöglicht werden. Hierzu muss sie stapelfähig sein, die Form und die Maße sind gleich und die einzelnen Verpackungseinheiten lassen sich aufein-

andersetzen. Dadurch können viele Behälter übereinander gestellt werden und Lagerraum eingespart werden. Allerdings muss der Behälter stabil genug sein, um eine Auflast durch weitere Verpackungen verkraften zu können. Zusätzlich sollte der Mehrwegbehälter den Erfordernissen der Lagereinrichtungen entsprechen, um eine optimale Ausnutzung der Lagerfläche zu erreichen.¹²

- Produktionsfunktion
Durch die Verpackung ergibt sich die Möglichkeit, ein Produkt sofort nach der Fertigung aufzunehmen bzw. am Verarbeitungsort bereitzustellen.¹³ Eine fachgerechte Verpackung erlaubt, ohne einen zusätzlichen Umschlagsvorgang, eine Produktion in die Verpackung und aus der Verpackung.

- Informationsfunktion
Ein Mehrwegbehälter hat auch die Funktion, wichtige Informationen über den Inhalt und das weitere Handling wieder zugeben. Dazu werden Laufzettel, Barcodes, 2-D-Codes oder RFID-Tags außen an den Behälter angebracht, die alle benötigten Daten beinhalten.¹⁴ Die RFID-Technologie gilt als Innovationstreiber in der Logistik und seine Potenziale im Behältermanagement werden laut einer Studie der Universität St. Gallen neben effizienter Behälteridentifikation und der Speicherung von Zusatzinformationen vor allem in der verbesserten Prozesstransparenz und Rückverfolgung gesehen. Eingeschränkt wird die Anwendung jedoch zurzeit noch durch die fehlende internationale Vereinheitlichung der Funkfrequenzen, die momentan noch relativ hohen

Identifikationstechnologie



RFID steckt noch in den Anfängen bei der Identifikation von Blättern

Quelle: KLOG-HSG 2006/Grafik: CeMAT.Live

Kosten pro RFID-Tag und nicht zuletzt die für die Logistik noch unbefriedigende Lesequote von 95 – 98 %.¹⁵

- **Schonung der Umwelt**

Eine der wichtigsten Funktionen heutzutage ist eine schonende Behandlung der Umwelt. Mehrwegbehälter aus Kunststoff können wiederverwendet werden, bis sie kaputt sind. Danach werden die meisten Behälter wiederverwertet, indem sie geschreddert werden, aus ihnen wird wieder Kunststoffgranulat hergestellt, das dann nachfolgend zur Herstellung neuer Kunststoffprodukte verwendet werden kann.¹⁶

4. Bewertung von Mehrwegbehältern

Bei der Bewertung von Mehrwegbehältern ist der wichtigste Aspekt die Wiederverwendbarkeit. Die Behälter können bis zu 100 Mal in Umlauf gebracht werden, so musste die Firma EMZ in Nabburg die ersten Mehrwegbehälter erst nach 10 Jahren austauschen.¹⁷ Die Franklin Association (Firma IFCO) kam bei der Erstellung einer Ökobilanz für den Einsatz von Mehrwegbehältern zu erstaunlich umweltfreundlichen Ergebnissen.

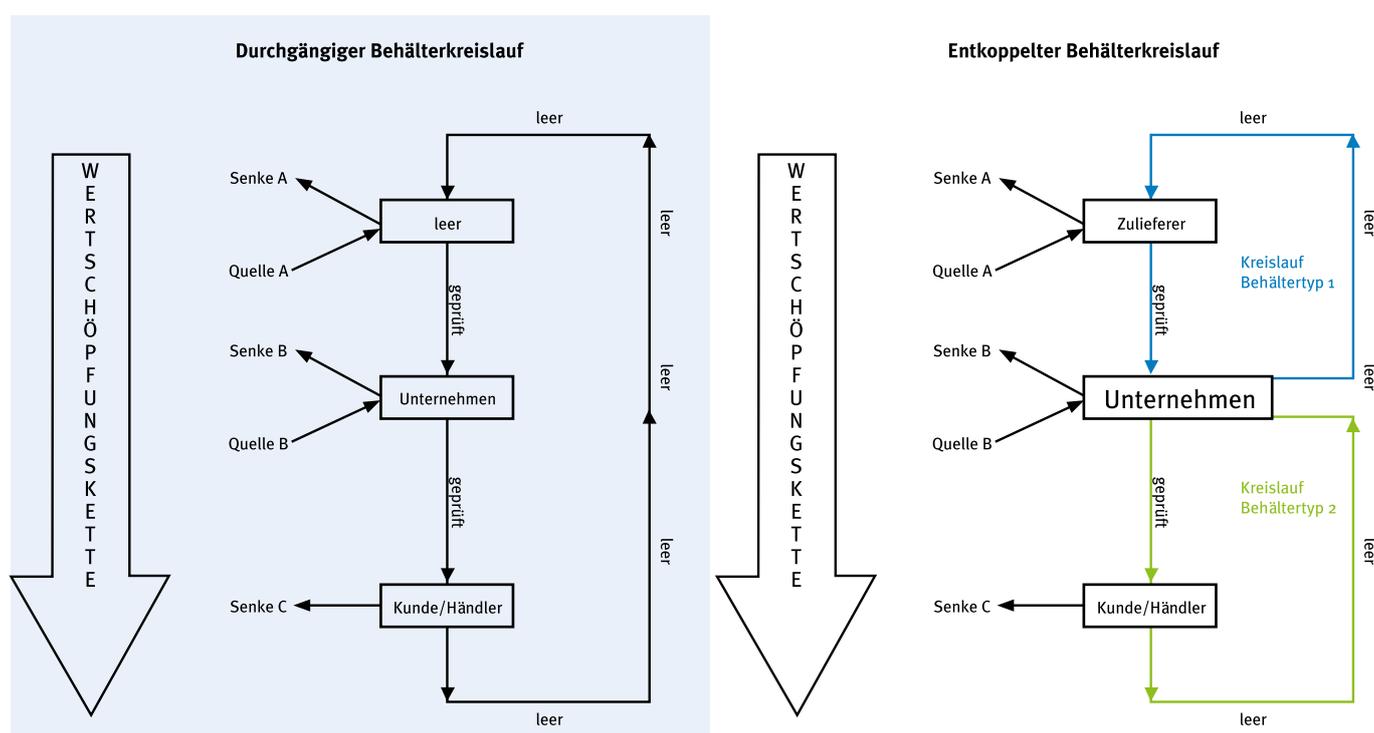
Mehrwegbehälter

- bieten einen besseren Schutz der Artikel
- sorgen aufgrund des produktschonenden Transportes und Handlings für eine wesentlich längere Lebensdauer der so verpackten Artikel
- verursachen bei einem langfristigen Einsatz geringere Verpackungskosten pro Einheit
- benötigen 39 % weniger Energie
- produzieren 95 % weniger Abfall
- erzeugen 29 % weniger Luft- und Wasserverschmutzung als Einwegbehälter.¹⁸

Die Nachteile der Mehrwegbehälter liegen eindeutig auf der Kostenseite, da bereits bei der Anschaffung wesentlich höhere Kosten anfallen als bei den Einwegbehältern. Je nach Größe und Ausstattung des Behälters (Deckel, Eingriffe, klappbar) ergibt sich ein Preis von 0,51 € (Sichtlagekiste) bis hin zu 295 € (Bulk Container) pro Stück. Die Mehrwegbehälter mit Euromaß, die hauptsächlich eingesetzt werden, liegen im Preisbereich von 3,70 € für die kleinere Ausführung bis zu 32 € für ein größeres Maß.¹⁹ Aber nicht nur die Anschaffungskosten stellen einen großen Posten dar, auch die Abschreibungskosten sowie Bestands-, Fehlmengen-, Instandhaltungs-, Reinigungs- und Rückführungskosten schlagen zu Buche. Aus diesem Grund ist es von großer Bedeutung, das Management der Mehrwegbehälter zu optimieren.

5. Behältermanagement

Der Begriff „Behältermanagement“ bezieht sich auf einen gezielten Einsatz und die Verwaltung von Mehrwegbehälterbeständen bzw. die Steuerung von Behälterkreisläufen in der Supply Chain. Die Behälterbewirtschaftung umfasst alle Tätigkeiten der logistischen Versorgung mit wiederverwendbaren Behältern. Eine enge Verbindung mit dem Supply Chain Management fördert die Effizienz des Behältermanagements.²⁰ Wiederverwendbare Kleinbehälter können sowohl innerbetrieblich als auch betriebsübergreifend eingesetzt werden. Bei einer rein innerbetrieblichen Nutzung werden die Behälter nur in der Produktion verwendet. Der Kreislauf kann aber auch vorgelagerte Wertschöpfungsstufen (Zulieferer) und auch nachgelagerte Wertschöpfungsstufen (Händler oder Verbraucher) einbeziehen.²¹ Im Folgenden werden die wichtigsten Lösungen eines Behälterkreislaufsystems beschrieben:



- durchgängiger Behälterkreislauf

Kennzeichnend für den durchgängigen Behälterkreislauf ist, dass der gleiche wiederverwendbare Kleinbehältertyp die ganze Wertschöpfungskette durchläuft. Der Mehrwegbehälter wird sowohl beim Zulieferer im eigenen Unternehmen als auch beim Kunden eingesetzt.²²

- entkoppelter Behälterkreislauf

Der entkoppelte Behälterkreislauf ist das Gegenstück vom durchgängigen Behälterkreislauf. Hierbei wird der Tatsache Rechnung getragen, dass Zulieferer meist andere Kleinbehältertypen im Prozess benötigen als das Produktionsunternehmen. Charakteristisch sind deshalb zwei von einander unabhängige Kreisläufe. Dieses System mit zwei verschiedenen Kleinbehältertypen wird auch Behälterzyklus genannt.²³

- innerbetrieblicher Behälterkreislauf

Ein innerbetrieblicher Behälterkreislauf entsteht, wenn im Rahmen der innerbetrieblichen Prozesskette Behälter für den Warentransport eingesetzt werden. Diese Behälter verlassen normalerweise das Unternehmen nicht, man spricht in diesem Fall von einem „closed-loop“.¹¹

- Mietsystem

Das Mietsystem beruht auf der Benutzung der Behälter gegen Geld. Das Unternehmen kann auf Abruf bei einem Dienstleister die benötigten Mehrwegbehälter abholen bzw. liefern lassen. Dabei bleibt das Unternehmen also nur Besitzer im gesamten Prozess und bedient sich aus einem Behälterpool eines anderen Unternehmens. Die Kosten und Leistungen der Rückführlogistik muss das Unternehmen selbst tragen. Der Vorteil an diesem System ist die geringe Kapitalbindung. Außerdem entfällt bei diesem System das Reinigen und Instandhalten der Behälter, da dies vom externen Dienstleister übernommen wird.

- Tauschsystem

Im Tauschsystem erhält der Empfänger gefüllte Kleinbehälter, die gegen leere Kleinbehälter getauscht werden, man spricht vom Direkttausch. Beim Zug-um-Zug-Tausch ist ein Transporteur dazwischen geschaltet, der im eigenen Lager einen bestimmten Vorrat an Kleinbehältern hält. Hier tauscht nun der Transporteur die vollen Kleinbehälter gegen die leeren Kleinbehälter. Dieses System funktioniert nur dann reibungslos, wenn sowohl der Zulieferer als auch der Unternehmer stets über eine gleich bleibende Anzahl an Kleinbehältern verfügt. Primäres Ziel des Behältermanagements ist die optimale Bereitstellung von Mehrwegbehältern im Unternehmen und die Steuerung des Behälterkreislaufs. Hierzu gehört der Behälterfluss während der Produktion, die Auslieferung der Behälter an die Kunden sowie die Rückführung der Leerbehälter. Aber auch Aufgaben wie Instandhaltung, Reinigung und Wiederbeschaffung gehören zum Tätigkeitsbereich. Da das Behältermanagement sehr umfassend ist, gehen viele Unternehmen dazu über, ein Outsourcing für das Behältermanagement durchzuführen.²⁴

6. IT-Unterstützung

Insbesondere die IT-Unterstützung erweist sich als wesentlicher Stellhebel der effizienten Steuerung von Kreisläufen. Laut der Studie von St. Gallen steuern immerhin 66 % der befragten Unternehmen ihre Behälterkreisläufe IT-gestützt. Solche IT-Systeme reichen von Stand-Alone-Lösungen über spezielle Ergänzungen für ERP-Systeme bis hin zu individuellen Systemen:

- SAP

Die in den meisten Unternehmen speziell auch in der Automobil- und Automobilzulieferindustrie verwendeten ERP-Systeme wie SAP R/3 bieten im Modul „Materialwirtschaft“ einige Optionen für die Behälterverwaltung an. Diese bilden jedoch den Lademittelprozess meist nur mangelhaft oder ungenau ab. Eine Lösung für die Optimierung und Erweiterung des Systems im Bereich der Behälterverwaltung ist die Customization und Einführung neuer SAP-Transaktionen. Alternativ bietet SAP aber auch Zusatzmodule wie das Handling Unit Management im Rahmen des SAP Logistics Execution Systems. Mithilfe dieses Zusatzmoduls können beispielsweise individuell beladene Behälter oder Paletten über die gesamte Lieferkette verfolgt werden.²⁵

- Behälterverwaltungssoftware (Stand-Alone-Lösung)

Das Unternehmen Riedel GmbH bietet eine Software namens „PLV – Palettenbuchhaltung, Lademittelverwaltung und Behältervermietung“ zur Kontrolle von ausgelieferten und erhaltenen Behältern sowie Tausch- und Leihartikel. PLV ist eine Stand-Alone-Lösung, die problemlos und unabhängig vom ERP-System installiert werden kann.²⁶

Eine weitere Softwarelösung bietet inet-logistics mit dem Produkt „Lademittelmanagement“, das neben den Funktionen Lademittelplanung, -disposition und Bestandsführung auch die Bereiche Gebührenberechnung und Lademittelabgleich abdeckt.²⁷

- Web-Applikationen

Im Bereich der Behälterverwaltung gibt es auch zahlreiche Angebote von internetbasierten Lösungen für das Behältermanagement. Kernstück bildet eine unternehmensübergreifende Webplattform für ein Behälterbuchhaltungssystem zwischen Lieferanten, Kunden, Spediteuren und Herstellern. Ein Beispiel ist die Software „storagement BTT“ von Dr. Brunthaler ITech GmbH, mit der ein Behälter-Tracking und Tracing für wiederverwendbare Kleinbehälter per Webapplikation möglich ist.²⁸ Einen Namen hat sich das Behälter-Management-System (BMS) von EURO-LOG AG gemacht. 2006 wurde das Unternehmen mit dem „elog@istics award“ für ihre innovative und praktikable Softwarelösung ausgezeichnet.²⁹

7. Outsourcing

Beim Outsourcing, d. h. die Vergabe des Behältermanagements an externe Dienstleister, gibt es verschiedene Möglichkeiten der Durchführung: die vollständige Vergabe des Behältermanagements oder das Ausgliedern einzelner Teilbereiche. Diese können sein:

- Rücktransport der Leerbehälter
- Bereitstellung von Leerbehältern
- Lagerung von Leerbehältern
- Instandhaltung und Reinigung der Behälter
- IT-Unterstützung

Eine Untersuchung in der St.-Gallen-Studie ergab, dass das Thema Outsourcing bei den Unternehmen bisher noch eine nachrangige Rolle spielt. Folgendes Diagramm zeigt, wie viel Prozent der Unternehmen das jeweilige Aufgabengebiet an externe Dienstleister vergeben haben bzw. geplant oder gar nicht geplant haben.³⁰

Die Vorteile, die sich aus dem Outsourcing ergeben, liegen klar auf der Hand: So fallen zum Beispiel sämtliche Beschaffungs-, Transport-, Lager-, Reinigungskosten und die Kosten einer IT-Unterstützung weg. Neben den Vorteilen auf der Kostenseite können auch noch weitere positive Effekte beobachtet werden: Behälterbestände, Lagerbestände sowie der Koordinationsaufwand werden deutlich verringert, fallen sogar weg. Weiterhin kann die Effizienz des Behältermanagements aufgrund der Kernkompetenzen des Dienstleisters enorm gesteigert werden und das Unternehmen kann sich auf das eigene Know-how konzentrieren.³¹



Die Nachteile am externen Behältermanagement bestehen in der Einführung eines neuen Prozessablaufes und in der engen Zusammenarbeit mit dem Logistikdienstleister. Im Folgenden werden drei verschiedene Outsourcing-Konzepte vorgestellt:³²

- Behälterverwaltung im externen Behälterpool
Vor allem in der Lebensmittel- und Automobilindustrie haben sich in letzter Zeit aufgrund der komplexen Verflechtungen in der Supply Chain Behälterpoolsysteme etabliert. Dabei können alle Systempartner aus einem Behälterpool schöpfen.³³

Beim Poolsystem lassen sich zwei verschiedene Arten unterscheiden:

1. In einem Poolsystem werden Mehrwegbehälter in Umlauf gebracht, die jedem zur Verfügung stehen, dem Zulieferer, dem Produzenten und dem Kunden. Jeder Teilnehmer bringt dabei ein bestimmtes Kontingent an Behältern ein, auf das er zugreifen kann.
2. Alternativ ist eine vollständige Fremdvergabe an einen externen Pooldienstleister möglich, der die Mehrwegbehälter zur Verfügung stellt und die Benutzung dem jeweiligen Teilnehmer in Rechnung stellt.

- Sale-and-lease-back-System

Beim Sale-and-lease-back-System kaufen die Lieferanten die erforderlichen Mehrwegbehälter bei einem externen Dienstleister, der dann die Behälter zusammen mit der Ware an den Kunden weiter verkauft. Nach erfolgter Avisierung beim Dienstleister holt dieser die zur Abholung bereit gestellten Behälter wieder ab und kauft sie zurück. Bevor sie dem Kreislauf erneut zum Kauf zur Verfügung gestellt werden, werden die Behälter gereinigt und auf Beschädigungen überprüft.³⁴

- Back-Box-System

Ein neuartiges System ist das sogenannte Back-Box-System, das in Zusammenarbeit mit Paketdiensten erfolgt. Dieses System wurde speziell für Belieferungen in kleinen Mengen entwickelt. Bei dem Back-Box-System wird durch den Dienstleister ein bestimmter Mindestbestand für den Kunden definiert. Sobald der Mindestbestand im Unternehmen unterschritten wird, disponiert der Dienstleister

Boxen nach und belastet dementsprechend das geführte Bestandskonto. Nun befüllt das Unternehmen die Box und übergibt diese zum Transport. Beim Warenausgang erfasst der Versender den auf der Box befindlichen Barcode und verknüpft diesen mit den Daten des Empfängers. Diese Daten begleiten dann die Box mit der Ware bis in die Niederlassung des Paketdienstleisters, in der die Datensätze wieder ausgelesen und das Bestandskonto

des Versenders wieder entlastet wird. Nun wird das Bestandskonto des Empfängers belastet. Danach liefert der Paketdienst die Ware in der Box an den Empfänger aus. Die Besonderheit dieses Systems liegt darin, dass die Boxen sofort nach Anlieferung wieder zurückgeführt werden. Die zurück gelieferten Boxen an den Dienstleister werden anhand vom Barcode wieder erfasst, das Bestandskonto des Empfängers wieder entlastet und gereinigt. Dieses Back-Box System hat sich besonders bei Kunden bewährt, deren Empfänger über eine sehr beschränkte Lagerkapazität verfügen.³⁵

8. Probleme und Optimierungsmöglichkeiten

Oftmals existiert bei den Unternehmen keine unternehmensübergreifende Behältermanagementstrategie, was zur Folge hat, dass in verschiedenen Werken unterschiedliche Behälter verwendet werden und es somit zu einer enormen Vielfalt kommt. Eine Lösung hierfür ist die Steigerung des Anteils von Standardbehältern gegenüber den Spezialbehältern in einem konzernweiten Optimierungsprozess.

Die dargestellte Behältervielfalt führt auch zu einem unnötig hohen Behälterbestand. Auch fehlende Koordination der Behälterlogistik führt schnell zu einem überproportional hohen Behälterbestand im Gesamtunternehmen. Hinzu kommen oftmals überdurchschnittlich hohe Sicherheitsbestände an den einzelnen unternehmensinternen Lagerorten, um eine Verfügbarkeit der Behälter zu gewährleisten und Fehlmengen vorzubeugen. Maßnahmen zur Optimierung des Behälterbestandes können durch verschiedene Kriterien ergriffen werden:

- unternehmensübergreifendes Behältermanagement
- Standardbehälter, evtl. Spezialeinsätze
- kurze Umlaufzeiten
- kurze Durchlaufzeiten in der Produktion
- mathematische Optimierung der Forecasts
- Umstellung auf von Make-to-Stock auf Make-to-Order
- Behälternetzwerk mit Kooperationspartnern

Kurze Nutzungsdauern, verursacht durch unsachgemäße Handhabung, mangelnde Transportsicherung oder falsche Beladung, stellen neben mangelnder Stabilität, Qualität und Verarbeitung der Behälter ein weiteres Problem dar (DA Widder). Die Qualitätsprobleme bei den Behältern können allerdings durch gezielten Einkauf nach DIN- oder EURO-Norm und TÜV-geprüften Produkten vermieden werden.

Obwohl die Firmen dazu tendieren, die Behälter zu Erhöhung der Versorgungssicherheit zu horten, sind immer wieder große Fehlmengen zu beobachten. Das heißt, dass Behälter an den Orten fehlen, an denen sie am dringendsten gebraucht werden. Neben Fehldispositionen aufgrund falscher Informationen sind hier die Zweckentfremdung und Schwund der Behälter sowohl extern als auch intern ein großes Problem. Intern wird ein Großteil des Behälterschwunds durch nicht dafür vorhergesehene funktionsfremde Verwendung zur Aufbewahrung von beispielsweise Büromaterial, Altpapier oder von Werkzeugen verursacht. Bei den Lieferanten erfolgt die Zweckentfremdung durch nicht vereinbarte Weitergabe an die eigenen Zulieferer für den eigenen Materialfluss der Produktion. Hier sind einerseits verbindliche Handlungsanweisungen und Kontrollen und andererseits eine bessere und durchgängigere Erfassung und Identifizierung der Behälter notwendig.

Das wichtigste Instandhaltungsproblem sind Verunreinigungen der Behälter aufgrund von Witterungsver- schmutzung, Staub und Rückständen. Die Anlieferung und Aufbewahrung der Behälter mit der Öffnung nach unten,

gegebenenfalls zusätzlich durch Stretchfolie verpackt, kann hier schon Abhilfe schaffen. Eine weitere Möglichkeit ist die externe Nutzung von Spezialfirmen für Behälterpflege und -reinigung. Vor allem bei Präzisions- und Qualitätsprodukten mit dem Anspruch an penibel saubere Ladungsträger ist eine automatische Integration dieser Dienstleister in den Leerguttransport zu beobachten. Ein weiterer Kostenfaktor ist die fachgerechte Entsorgung von defekten und nicht mehr den Qualitätsanforderungen entsprechenden Behälter. Hierbei gibt es drei Entsorgungsmöglichkeiten:

1. Die Entsorgung durch eine Spedition zur Müllverwertung. Je nach verwendeten Behältermaterialien kann es hier zu erheblichen Zusatzkosten kommen.
2. Die Wiederverwertung durch Granulierung von Kunststoffbehältern und Einschmelzung von Metallbehältern, wobei die Transportkosten den erzielten Preisen bei der Wiederverwertungsfirma gegenübergestellt werden müssen.

Prinzipiell gilt, dass durch den Einsatz von Mehrwegbehältern die Transportkosten aufgrund des Rücktransports des Leerguts höher sind als bei der Verwendung von Einwegbehältern (Bruckner S. 31).³⁶ Gerade bei weiten Entfernungen und Überseetransporten sind daher zwischen den Kosten für die Verwendung von Einwegbehältern und Leergutrücktransportkosten für Mehrwegbehälter abzuwägen.

9. Zusammenfassung

Ob ein Unternehmen nun Einwegbehälter, wie zum Beispiel Kartonagen, oder wiederverwendbare Behälter verwenden soll, kann auf den ersten Blick nicht festgestellt werden. Vielmehr ist für jedes Unternehmen eine individuelle Vergleichsrechnung notwendig, in der die auf das Unternehmen zutreffenden Kriterien einbezogen werden. Vergleicht man nur die Anschaffungskosten über mehrere Jahre hinweg, stellt sich nach einiger Zeit der Mehrwegbehälter als günstigere Variante heraus.

Bei der Verwendung von wiederverwendbaren Behältern benötigt man aber immer ein Bestandsverwaltungssystem, dessen Kosten wiederum in die Vergleichsrechnung einbezogen werden müssen. Für ein effektives Management ist auch eine Identifikationstechnologie wie z. B. der Barcode oder RFID zu empfehlen, was wiederum eine IT-Unterstützung erfordert. Die IT-Unterstützung reicht von einfachen Excel-Tabellen über Ergänzungen von ERP-Systemen (SAP R3) bis hin zu individuellen Systemen. Der Einsatz einer weit verbreiteten Identifikationstechnologie hat aber auch den Vorteil, dass eine bessere unternehmensübergreifende Zusammenarbeit mit Lieferanten und Kunden möglich ist.

Strebt ein Unternehmen eher eine geringe Kapitalbindung an, ist Outsourcing zu empfehlen. Dabei können nur einzelne Teilbereiche wie z. B. der Rücktransport der Leerbehälter, die Lagerung der Behälter oder die IT-Unterstützung

ausgegliedert werden. Wer sich nur auf die eigenen Kernkompetenzen konzentrieren will, der nutzt das Angebot des gesamten Behältermanagementsystems von externen Dienstleistern. Hier gibt es die Möglichkeit der Bildung eines Behälterpools mit Systempartnern. Aus diesem Pool kann jeder den Bedarf an Mehrwegbehältern anfordern. Die Reinigung und Instandhaltung sowie die Rückführung der Behälter erfolgt durch den Dienstleister – wie beim Sale-and-lease-back-System. Bei diesem Verfahren werden vom Lieferanten die Behälter beim Dienstleister gekauft, der diese wieder an den Kunden verkauft. Letztendlich kauft der Dienstleister bei Abholung der Leerbehälter diese wieder den Kunden ab.

Bei der Entscheidung, ob Einweg- oder Mehrwegbehälter, sind zusätzlich folgende Kriterien zu beachten: Kann mein Unternehmen Behälter mit einem hohen Standardisierungsgrad einsetzen? Wo liefere ich meine Mehrwegbehälter hin? Kann mein Kunde die Mehrwegbehälter in seinem Unternehmen einsetzen? Je höher die Standardisierung ist, desto besser ist meist die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen. Wichtig ist auch, dass die Zeitdauer und die Distanzen innerhalb eines Behälterkreislaufes nicht zu lange sind, um seine Flexibilität und Reaktionsfähigkeit zu gewährleisten. Deshalb muss genau geprüft werden, ob es

sinnvoll ist, Mehrwegbehälter ins Ausland zu verschicken. Allgemein lässt sich Folgendes sagen:

Einwegbehälter eignen sich vor allem, wenn:

- die Kosten für den Rücktransport und Reinigung den Wert des Behälters übersteigen
- der Wert der Verpackung sowie deren Entsorgungskosten relativ niedrig sind
- viele Schnittstellen die Steuerung der Leergutrückführung erschweren
- durch einen Absatzmarkt geprägte Geschäftsbeziehungen vorherrschen

Mehrwegbehälter eignen sich vor allem, wenn:

- die Kosten für den Rücktransport und Reinigung relativ niedrig sind
- der Wert der Verpackung und deren Entsorgungskosten relativ hoch sind
- Standards existieren und partnerschaftliche Geschäftsbeziehungen eine Abstimmung bezüglich der Schnittstellen ermöglichen

Mehrwegbehälter müssen verwendet werden, wenn von einem Geschäftspartner verbindlich eine solche standardisierte Verpackung vorgeschrieben wird.

Anmerkungen

¹ http://www.dbu.de/708ibook54657_27009_705.html

² Norm DIN EN 13199: Verpackung – Kleinladungsträgersysteme Verpackung – Kleinladungsträgersysteme – Teil 2: Säulenstapelsystem (SSS)

³ Norm DIN 30820: Transportkette mit Behältern für Kleinteile; Klein-Ladungs-Träger-System (KLT-System)

⁴ Richtlinie: VDA 4500 „Kleinladungsträger (KLT)-System“

⁵ http://www.ssi-schaefer-peem.com/fileadmin/user_upload/download/dl_medien/dl_medien_kataloge/_hk2008_inl/de/hk2008_a060_a061_de.pdf (Stand: 31.7.08)

⁶ Hofmann, Behältermanagement in der Praxis, S. 18

⁷ Renner, T., Diplomarbeit, S. 23 ff.

⁸ https://b2bpapp6.bmw.com/public/en/gdz/einkauf_em/ein_bed/original_nationale_agb_230503_weber.pdf

⁹ Wildemann, Behältersysteme, S. 40 ff

¹⁰ Pfohl, Logistiksysteme, S. 147 ff

¹¹ www.ratioform.de, (Stand 11.06.08)

¹² Nüse, P., Diplomarbeit, S. 32ff

¹³ Philip, N., Diplomarbeit, S. 47 ff.

¹⁴ [www.logistik-unisg.ch/org/logm/web.msf/SysWebResources/Presse_Unternehmen+behandeln+Behaelter+immer+noch+stiefmuetterlich/\\$File/Unternehmen+behandeln+Behaelter+immer+noch+stiefmuetterlich_CeMAT+live.pdf](http://www.logistik-unisg.ch/org/logm/web.msf/SysWebResources/Presse_Unternehmen+behandeln+Behaelter+immer+noch+stiefmuetterlich/$File/Unternehmen+behandeln+Behaelter+immer+noch+stiefmuetterlich_CeMAT+live.pdf)

¹⁵ Hösl, M., Diplomarbeit, S. 15 ff.

¹⁶ http://www.dbu.de/708ibook54657_27009_705.html (Stand: 21.4.08)

¹⁷ Bruckner S. u.a., S. 9 ff

¹⁸ www.ifco.com, Stand 11.06.08

¹⁹ www.auerdirect.de, Stand 11.06.08

²⁰ www.springerlink.com, Stand 11.06.08

²¹ Widder K., Diplomarbeit, S. 13

²² Bösl M.-A., Diplomarbeit, S. 57

²³ Seibert Chr., Diplomarbeit, S. 45

²⁴ Högen R., Diplomarbeit S. 14

²⁵ Brunner, S., Diplomarbeit, S. 51

²⁶ www.sap.com, Stand 20.06.08

²⁷ www.riedelgmbh.de, Stand 20.06.08

- ²⁷ www.inet-logistics.com, Stand 20.06.08
- ²⁸ www.softguide.de, Stand 20.06.08
- ²⁹ www.eurolog.com, Stand 20.06.08
- ³⁰ www.logistik-inside.de, Stand 11.06.08
- ³¹ Thon, E., Diplomarbeit, S. 48 ff
- ³² Brunner S., Diplomarbeit, S. 62 ff
- ³³ Thon, E., Diplomarbeit, S. 46 ff
- ³⁴ www.comepack.es, Stand 11.06.08
- ³⁵ www.comepack.es, Stand 11.06.08
- ³⁶ Brunner, S., Diplomarbeit, S. 37 ff

10. Literaturverzeichnis

M.-A. Bösl, Erstellung einer Behältermanagementstrategie eines Automobilzulieferers, unveröffentlichte Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2008

S. Bruckner u. a., Behältermanagement für wieder verwendbare Kleinbehälter, Seminararbeit, HAW Amberg-Weiden, 2008

S. Brunner, Globale Behältermanagementstrategie für ein global agierendes Unternehmen der Automobilzulieferindustrie, unveröffentlichte Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2007

R. Högen, Behältermanagement am Beispiel eines Versandhandelsunternehmens der Elektronikbranche, unveröffentlichte Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2007

M. Hösl, Einsatzmöglichkeiten, Risiken und Zukunftsperspektiven der RFID-Technologie in der Logistik, unveröffentlichte Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2005

E. Hofmann, H. Bachmann „Behälter-Management in der Praxis“, Hamburg, Dr. Verkehrs-Verlag, 2006

<http://www.eurolog.com/public/de/leistungsportfolio/behaeltermanagement/index.php>

<http://www.ruch.de/index.php?id=125&lang=de>

<http://www.aerdirect.de/de/index.php?>

<http://www.comepack.es/index.php?page=verkauf--ruckkauf-system&hl=de>

http://www.dbu.de/708ibook54657_27009_705.html, Stand: 21.4.08

http://www.eurolog.com/public/de/unternehmen/presse/pressemitteilungen_archiv/news.php?id=50

http://www.ifco.com/eu/DE/de/biz_food/environment/index.php

http://www.inet-logistics.com/media/inet-logistics_lademittelmanagement-rfid.pdf

<http://www.inet-logistics.com/lademittelmanagement.html>

http://www.logistik-inside.de/fm/2233/Ce2006_24-25_Beh%E4lter_ok.pdf

[http://www.logistik.unisg.ch/org/logm/web.nsf/SysWebRessources/Artikel+Computerwoche+BH+Management/\\$FILE/cw42-550+51.pdf](http://www.logistik.unisg.ch/org/logm/web.nsf/SysWebRessources/Artikel+Computerwoche+BH+Management/$FILE/cw42-550+51.pdf)

[http://www.logistik-unisg.ch/org/logm/web.msf/SysWebRessources/Presse_Unternehmen+behandeln+Behaelter+immer+noch+stiefmuetterlich/\\$File/Unternehmen+behandeln+Behaelter+immer+noch+stiefmuetterlich_CeMAT+live.pdf](http://www.logistik-unisg.ch/org/logm/web.msf/SysWebRessources/Presse_Unternehmen+behandeln+Behaelter+immer+noch+stiefmuetterlich/$File/Unternehmen+behandeln+Behaelter+immer+noch+stiefmuetterlich_CeMAT+live.pdf)

http://www.riedelgmbh.de/download_files/PLV_handbuch.pdf

<http://www.sap.com/germany/solutions/businesssuite/scm/featuresfunctions/executionkey.epx>

http://www.softguide.de/prog_d/pd_1468.htm

<http://www.springerlink.com/content/xw37738344gologk/fulltext.pdf>

http://www.ssi-schaefer-peem.com/fileadmin/user_upload/download/dl_medien/dl_medien_kataloge/_hk2008_inl/de/hk2008_a060_a061_de.pdf

<http://www.mylogistics.net/de/news/themen.jsp?typ=search&key=news248622&ty=search&suchfeld=transportkette>

http://www.ratioform.de/static/content/uploads/center/file/000/000/000000102/Kapitel_4_Die_Transportverpackung_heute.pdf?version=2&url_stack_id_prev=-1

Norm DIN EN 13199: Verpackung – Kleinladungsträgersysteme Verpackung – Kleinladungsträgersysteme – Teil 2: Säulenstapelsystem (SSS)

Norm DIN 30820: Transportkette mit Behältern für Kleinteile; Klein-Ladungs-Träger-System (KLT-System)

P. Nüse, Einführung und Realisierung einer zentralen Leergutsteuerung für Universal- und Spezialleergut am Beispiel eines Automobilkonzerns unveröffentlichte Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2003

N. Philipp, Lagerplanung im Handel am Beispiel einer Autoteile-Handels-GmbH, unveröffentlichte Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2008

H.-Chr. Pfohl, „Logistiksysteme“, Springer, Berlin, 2000

T. Renner, Erstellung einer Konzeption für ein Automatisches Behälter Center (ABC) zur Lagerung und Kommissionierung von Retouren unveröffentlichte Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2005

Richtlinie: VDA 4500 „Kleinladungsträger (KLT)-System“

Chr. Seibert, Aufbau eines Behälterkonzeptes für einen Automobilzulieferer incl. Software, Behälterprozess sowie der Abwicklung zu Kunden und externen Partnern, unveröffentlichte Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2006

Thon, Elke, Optimierung im Verpackungsmanagement als wesentlicher Beitrag zur Kostenreduzierung in der gesamten Logistikkette unveröffentlichte Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2003

S. Weber, Einsatz Automatischer Identifikationssysteme zu Optimierung der Transportlogistik, Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2006

K. Widder, Modernes Behältermanagement in der Automobilindustrie (Konzeptionierung und Aufbau eines Behälterverwaltungssystems im Spannungsfeld zwischen Kundenanforderungen und (inner)betrieblicher Praxis), unveröffentlichte Diplomarbeit, FH Amberg-Weiden 2005

H. Wildemann „Behältersysteme“, München, Transfer-Centrum-Verlag, 1995



Prof. Dr. Stephanie Abels-Schlösser

Fakultät Betriebswirtschaft
Fertigungswirtschaft/Produktionsplanungssysteme und Logistik
s.abels-schlösser@haw-aw.de
Foto: HAW

Jede vierte Flasche weltweit

wurde von einer KRONES Anlage
befüllt, etikettiert oder verpackt.

Als Systemlieferant für die Getränke-
industrie statten wir unsere Kunden
mit allem aus, was sie für ihre Produk-
tion brauchen. Mit cleverer Technologie
und engagiertem Know-how haben wir
uns schon längst zum Weltmarktführer
gemausert. Davon profitieren unsere
Kunden ebenso wie unsere über 10.000
Mitarbeiter.

Neugierig geworden?
Auf www.krones.com finden Sie viel
Wissenswertes über Ihre Einstiegs-
und Karrieremöglichkeiten bei der
KRONES AG. Wir freuen uns auf Sie.



www.krones.com

 **KRONES**

Explaining the US Yield Conundrum

Dr. Harm Bandholz^a, Prof. Dr. Jörg Clostermann^b, Prof. Dr. Franz Seitz^c

a UniCredit MIB, Global Research, 150 East 42nd Street, New York, NY 10017, USA

b University of Applied Sciences, Ingolstadt, Esplanade 10, D-85049, Ingolstadt, Germany

c University of Applied Sciences Amberg-Weiden, Hetzenrichter Weg 15, D-92637 Weiden, Germany

We analyse if and to what extent fundamental macroeconomic factors, temporary influences or more structural factors have contributed to the low levels of US bond yields over the last few years. For that purpose, we start with a general model of interest rate determination. The empirical part consists of a cointegration analysis with an error-correction mechanism. We are able to establish a stable long-run relationship and find that the behaviour of bond yields, even during the last years, can be well explained by macroeconomic and structural factors. Alongside the more traditional determinants like core inflation, monetary policy and the business cycle, we also include foreign holdings of US Treasuries.

The latter should capture the frequently mentioned structural effects on long-term interest rates. Finally, our bond yield equation outperforms a random walk model in different forecasting exercises.

I. Introduction

Long-term interest rates in Europe and in the US fell to all-time lows in the last few years. And despite temporary ups and downs, they still have been trading at historically low levels in 2006 and 2007, especially in the US. In his February 2005 testimony before the Committee on Banking, Housing and Urban Affairs of the US Senate, former Fed Chairman Alan Greenspan (2005) asserted: 'For the moment, the broadly unanticipated behaviour of world bond markets remains a conundrum. Bond price movements may be a short-term aberration, but it will be some time before we are able to better judge the forces underlying

recent experience.' In the monthly report of April 2005, the European Central Bank (ECB) also stated that macroeconomic fundamental factors alone cannot explain the development of long-term interest rates and pointed to structural factors that are behind recent bond market developments. 'A number of changes in the regulatory environment for pension funds and life insurance corporations appear to be under way in the euro area and the US, which aim to reduce the problems of mismatches between the duration of their assets and liabilities. It is generally perceived that these regulatory changes will favour the purchase of bonds over other asset classes by pension funds and life insurance corporations' (ECB, 2005, p. 23). As a result of these changes and anticipatory effects of the proposed legislation, there may have been an increase in the structural demand for bonds of longer maturities from institutional investors, which contributed to a bullish market. While some of these more structural factors point to a possible permanent change in long-term real interest rates, there are hints that other, more temporary market influences related to speculative behaviour, may have played a role as well. The alleged widespread use of carry trades – borrowing at low short-term interest rates and investing in higher yielding, longer-term maturities – appears to exploit market trends, and thus may have amplified the downturn in long-term interest rates. Speculative flows of this sort, however, are likely to be reversed at some point and hence should not have a permanent effect on the level of long-term interest rates.

Furthermore, as Bernanke et al. (2004) pointed out, the massive purchases of government bonds by Asian central banks probably have had a significant impact on long-term bond yields in the US. According to the ECB (2006), quantitative estimates about the yield impact of foreign reserve accumulation ranges from 30 to 200 basis points. Over and above that, recent empirical papers find tentative evidence that structural factors are at work.

Clostermann and Seitz (2005) construct a traditional US-bond yield model driven by monetary policy, the business cycle and inflation expectations. Although the out-of-sample performance of their model was good, they conclude



Wir bieten motivierten und innovativen jungen Menschen in den Bereichen Elektrotechnik, Informatik und Maschinenbau:

- Praktika
- Bachelor- / Masterarbeiten
- Festanstellungen

www.fee.de/jobs



F.E.E GmbH
Gert Weymayr | Personalabteilung
In der Seugn 10 | 92431 Neunburg v. W.
bewerbungen@fee.de | www.fee.de

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!

that, 'there are hints of some instability in the last years.' Kozicki and Sellon (2005, p. 29) suggest 'that the key factor behind the conundrum is a large reduction in the term premium' (see also Kim and Wright, 2005; Backus and Wright, 2007), whereas Taboga (2007) counters this view by arguing that a decline in the real natural rate of interest and a structural reduction in inflation expectations are more important. Bandholz (2006) shows that the unexplained part of his US bond model especially increases to values not seen in the past when data for 2006 are included. Rudebusch et al. (2006) confirm this result on the basis of empirical no-arbitrage macro-finance models of the term structure when they state 'that the recent behaviour of long-term yields has been unusual – that is, it cannot be explained within the framework of the models.'

On the other hand, Fels and Pradhan (2006) reject the existence of a conundrum. They state that 'a drop of bond yields below their fair value such as the one seen last year did not represent a break with past pattern and, as such, did not require a new paradigm to explain it. In fact, our statistical tests suggest that the relationship between bond yields and our three fundamental factors (i.e. the real federal funds rate, inflation expectations and inflation volatility, BCS) did not change significantly in recent years. And, as in previous episodes of overvaluation in the bond market, actual bond yields eventually corrected since the fall of 2005, rising towards their fundamental fair value.' Thornton's (2007) analysis also suggests that there was no break in the relationship between short- and long-term interest rates. He argues that the change in this relationship is due to the Fed having changed its policy to targeting the funds rate in the late 1980s. That is, the change in the relationship between the funds rate and long-term rates is an example of Goodhart's Law. To find out whether fundamental macroeconomic, temporary or more structural factors have been at work or whether there is even no conundrum at all, we proceed as in Clos-

termann and Seitz (2005). First, we discuss theoretically, which fundamentals should determine bond yields. These are essentially the three macroeconomic factors identified by Dewachter and Lyrio (2006) and Diebold et al. (2006): monetary policy, inflation expectations and the business cycle.¹ These variables are augmented by foreign holdings of US Treasuries, a structural factor that is essential in the context of explaining the yield developments in 2005/06.² In the third section, we estimate an interest rate model for 10-year (10Y) US Treasury notes and analyse whether there are hints of unexplained interest rate developments and of overvaluations of the bond market in recent years. In doing so, we also derive a 'fair value' for the yield of 10Y Treasuries, which we compare to actual developments to get an idea of the magnitude of the evolving disequilibrium. This helps to answer the question whether the bond market overvaluation from 2004 to 2006 has been unusually strong in a historical context. Furthermore, we perform some out-of-sample forecasting exercises of our preferred model and compare it to a random walk model. The existing empirical literature approaches the problem of bond yield determination in four different ways. The first strand of literature looks for fundamental factors as explanatory variables (see, e.g.

Mehra, 1995; Brooke et al., 2000; Caporale and Williams, 2002; Durré and Giot, 2005). The second approach uses high-frequency (in most cases daily) data to analyse the reaction of yields to news or announcements (see, e.g. Demiralp and Jordà, 2004; Monticini and Vaciago, 2005). The third kind of models discusses the international transmission of shocks with respect to bond markets (see, e.g. Ehrmann et al., 2005). And, finally, the fourth approach combines bond yield modelling strategies from a finance and macroeconomic perspective to get a comprehensive understanding of the whole term structure of interest rates (e.g. Dewachter and Lyrio, 2006; Diebold et al., 2006). Our view is a synthesis of especially one and three, but also partly borrows from four.

II. What Determines Interest Rates? Some Theory

Generally, interest rates should be determined by the supply of and the demand for loanable funds and their determinants including the production opportunities in the economy, the rate of time preference, risk aversion and the relative returns of alternative investments. Ideally, this would necessitate a dynamic and stochastic general equilibrium model of the economy with supply and demand conditions derived from first principles.³

So far, however, dynamic stochastic general equilibrium models with an elaborated financial sector are still in their infancy. Therefore, and in line with other studies, our analysis starts with a general model for the term structure of interest rates:

$$r_t^l = r_t^s + rp(l, c_t) \quad (1)$$

where r_t^l is the real long-term rate, r_t^s is the real short-term rate, l and s denote the terms of the bonds, c_t is a set of variables that influences investors' risk attitudes and rp is the function defining that influence which gives us the term or risk premium in r_t^l (Caporale and Williams, 2002, p. 121).⁴

To make Equation 1 suitable for empirical work, we need information on the specifics of rp and the partial derivatives of r^l with respect to $r^s(\beta)$ and $rp(\gamma)$. Following Breedon *et al.* (1999), Caporale and Williams (2002) and others, c_t is a catchall variable for risks arising from macroeconomic policy developments. Specifically, we define

$$r_t^l = \beta r_t^s + \gamma rp(l, bc_t, etc_t) \quad (2)$$

where bc is a variable capturing the state of the business cycle. In 'etc' different further factors influencing the macroeconomic environment could where bc is a variable capturing the state of the business cycle. In 'etc' different further factors influencing the macroeconomic environment could be subsumed. In this direction, Caporale and Williams (2002) as well as Paesani *et al.* (2006) analyse the fiscal position. Jordá and Salyer (2003) ask whether the liquidity situation helps to explain bond yields (see also ECB, 2005, p. 23). Durré and Giot (2005) investigate whether stock market variables are responsible for bond market developments. We decide to include an indicator variable, which has already been considered in the past, but in a different way than we do (Frey and Moët, 2005; Warnock and Warnock, 2005; Wu, 2005). It captures structural demand by foreigners for US Treasuries (d). A more detailed description and discussion is provided in section 'The data'.

Equations 1 and 2 are specified in real terms. Two problems arise in this context (Caporale and Williams, 2002, p. 122). First, real rates are not directly observable but have to be proxied for empirical work. Second, the strength of the effect of expected inflation on nominal long-term rates (i^l) is ambiguous. It might be a one-to-one relationship if the Fisher effect holds. This is the case in all models in which the real interest rate does not depend on

monetary variables and monetary neutrality holds. It is violated, however, in models where an increase in expected inflation lowers the real interest rate (e.g. Tobin, 1965). Even a greater than one-to-one relationship is possible as in Tanzi (1976). Therefore, we modify Equation 2 and leave the exact response of i^l to expected inflation open.

$$i_t^l = \beta_1 i_t^s + \beta_2 \pi_t^e + \gamma rp(l, bc_t, d_t) \quad (3)$$

where $i^l(i^s)$ is the nominal long-term (short-term) interest rate and π^e is expected inflation. Equation 3 has several testable economic implications and allows the testing of various hypotheses. For example, the pure expectations hypothesis would imply $\gamma = \beta_2 = 0$ and $\beta_1 = 1$. If expected inflation and interest rates are stationary and the Fisher effect holds either for the long-term or the short-term interest rate, $(\beta_1 + \beta_2) = 1$. If there is an exogenous rise in demand for US bonds (d), γ_d would be negative. Finally, the coefficient on bc may be positive or negative depending on whether the supply of or the demand for bonds changes more with altered business cycle conditions. This framework allows us to test empirically whether macroeconomic factors and/or structural factors and/or temporary factors are important determinants of interest rates. However, proper inference can only be drawn within an appropriate econometric framework. This will be discussed in the next section.

III. Estimation

The data

In what follows, we estimate an equation for yields of 10Y US Treasuries from the mid-1980s until mid-2006. Thus, we concentrate mainly on the Greenspan era. On the right-hand side, we distinguish between long-run influences and determinants of short-run dynamics. This split is done by economic reasoning and unit root tests. The short-term interest rate is the 3-month money market rate. Both interest rates are end-of-month data. End-of-month data have the advantage of incorporating all information of the respective month and, in contrast to monthly averages, do not introduce smoothness into the data, which in turn leads to autocorrelation in the residuals (Gujarati, 1995, p. 405). Time series of the two interest rates are shown in Fig. 1.

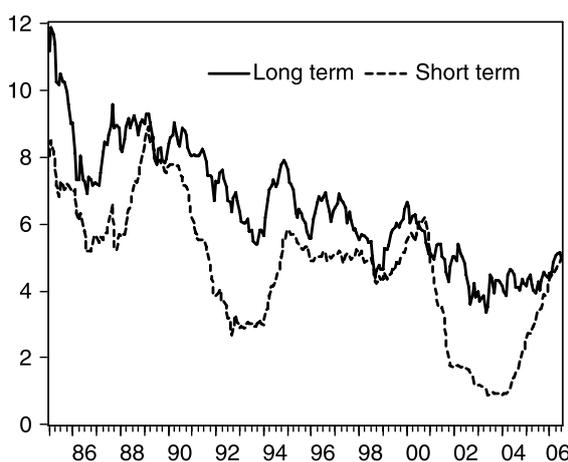


Fig. 1. Long-term and short-term interest rates



Fig. 2. Core inflation

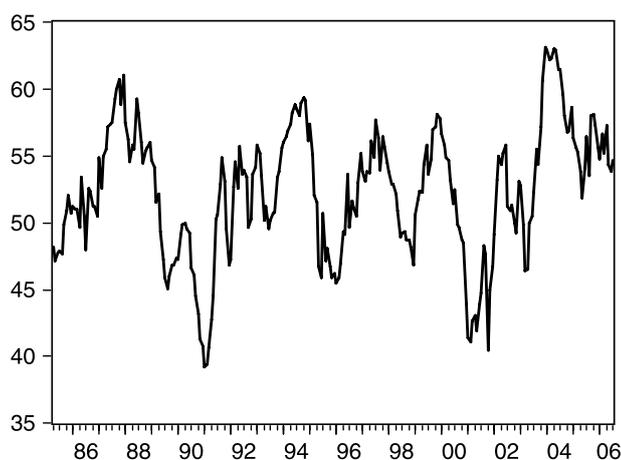


Fig. 3. ism index

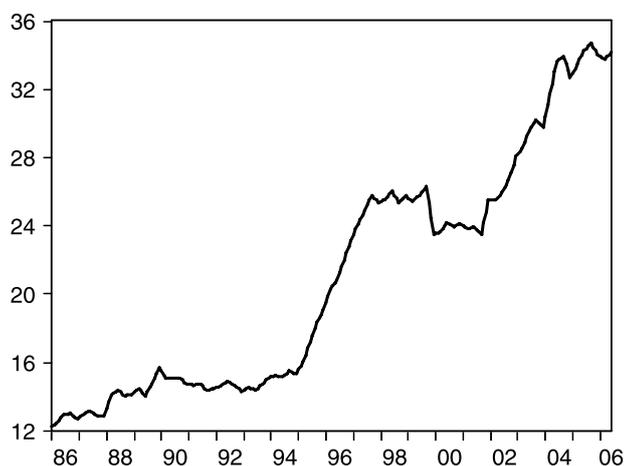


Fig. 4. Foreign holdings of US Treasuries in percentage of federal debt outstanding

We measure inflation expectations by using core inflation, i.e. the annual change of headline Consumer Price Index (CPI) excluding food and energy prices, to capture the underlying price trend (Fig. 2).⁵ As a measure for the state of the business cycle, we use the Institute for Supply Management’s manufacturing index (*ism*, see Fig. 3). It has the advantage (and this is especially important for forecasting exercises) of not being revised and of being available with only a short publication lag. Our ‘*d*’-variable captures structural factors.⁶ As mentioned

above, higher foreign demand for US Treasuries, due to (i) demand from Asian central banks, (ii) the recycling of petrodollars, (iii) the strong interest of institutional investors and (iv) liquidity-driven demand due to world-wide expansionary monetary policies could be responsible for the low level of US bond yields during the last years.

To quantify the influence of these factors, we include official and private foreign holdings of US Treasuries (‘Treasury Securities’) in percent of overall federal debt (‘total liabilities’).⁷ Figure 4 shows that, since the beginning of the Japanese FX market intervention in 2002, the external debt of the US Treasury has increased considerably. Overall, the volume of Treasuries held by foreigners nearly doubled between 2002 and 2006 from USD 1100 billion to USD 2000 billion. This is equivalent to about 35 % of Federal Government’s total liabilities.

Our sample of monthly data runs from 1986:1 to 2006:6. The business cycle variable *ism* is in logarithms and the difference operator Δ refers to first (monthly) differences.⁸

Econometric analysis

Standard unit root tests suggest that most of our variables are $I(1)$ in levels and stationary in first differences.⁹ The only exception is the ‘*ism*’ index, which (in line with theoretical considerations) is identified as a stationary variable. Owing to the nonstationarity of the time series, the nominal long-term yield is estimated within a Vector Error Correction Model (VECM) based on the procedure developed by Johansen (1995, 2000). This approach seems to be particularly suited to verify the long-term equilibrium (cointegration) relationships on which the theoretical considerations are based.¹⁰

The empirical analysis starts with an unrestricted VECM, which takes the following form:

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + \Psi x_t + \eta + \varepsilon_t \quad (4)$$

where γ_i represents the vector of the nonstationary variables i^l, i^s, Π^e and d . ε denotes the vector of the independently and identically distributed residuals, ψ is the coefficient matrix of exogenous variables (x_t) and η the vector of constants.

The number of cointegration relationships corresponds to the rank of the matrix π . Granger’s representation theorem asserts that if the coefficient matrix π has reduced rank $r < n$, then there exist $(n \times r)$ matrices α (the loading coefficients or adjustment parameters) and β (the cointegrating vectors) each with rank r (number of cointegration relations) such that $\pi = \alpha\beta'$ and $\beta'y_t$ is $I(0)$.

The cointegration vectors represent the long-term equilibrium relationships of the system. The loading coefficients denote the importance of these cointegration relationships in the individual equations and the speed of adjustment following deviations from long-term equilibrium.

The lag order (k) of the system is determined by estimating an unrestricted vectorautoregression (VAR) model in levels and using the information criteria suggested by Schwarz (SC) and Hannan-Quinn (HQ). All criteria recommend a lag length of 2 (Table 1). The number of cointegration vectors is verified by determining the cointegration rank with the trace-test and the max-eigenvalue-test. Both tests suggest one cointegration relationship, i.e. one equilibrium relationship between the nonstationary variables i^l , i^s , π^e and d . (Table 2).¹¹

Therefore it seems reasonable to restrict the VECM to one cointegration relationship and, as the above mentioned unit root tests suggest, to include the indicator for the expected stance of the business cycle 'ism' as a stationary (nonmodelled exogenous) variable (with a lag length of 0 to 1) into the system.

Lag	SC	HQ
0	13.62868	13.59482
1	-0.93903	-1.10831
2	-1.35017	-1.65487
3	-1.11267	-1.55279
4	-0.92327	-1.49882
5	-0.68674	-1.39771
6	-0.41889	-1.26528
7	-0.14877	-1.13059
8	-0.01870	-1.13594

Table 1. Lag length tests

Hence, a VECM with the following structure is estimated:

$$\begin{pmatrix} i_t^l \\ i_t^s \\ \pi_t^e \\ d_t \end{pmatrix} = \Gamma_1 \begin{pmatrix} \Delta i_{t-1}^l \\ \Delta i_{t-1}^s \\ \Delta \pi_{t-1}^e \\ \Delta d_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha^{il} \\ \alpha^{is} \\ \alpha^{\pi} \\ \alpha^d \end{pmatrix} (1 \quad \beta^{is} \quad \beta^{\pi} \quad \beta^d) \begin{pmatrix} i_{t-1}^l \\ i_{t-1}^s \\ \pi_{t-1}^e \\ d_{t-1} \end{pmatrix} + \psi \begin{pmatrix} ism_t \\ ism_{t-1} \end{pmatrix} + \eta + \varepsilon_t \quad (5)$$

The long-run relationship of this system – after the cointegration coefficients have been normalized to the long-term interest rate $i^l - i^s$

$$i^l = \beta^{is} \cdot i^s - \beta^{\pi} \cdot \pi^e - \beta^d \cdot d$$

where the β 's reflect the long-term coefficients. To interpret the cointegration relation as an equation for the long-term interest rate, however, all variables except the long-term interest rate i^l have to be weakly exogenous, i.e. deviations from the long-term equilibrium should be corrected solely via movements of i^l . As mentioned above, the extent to which the individual variables adjust to the

long-term equilibrium is captured by the d -values.

In a formal test, the null of weak exogeneity of i^s , d and π^e ($\alpha^{is} = \alpha^d = \alpha^{\pi} = 0$) cannot be rejected at standard levels of significance ($\chi^2(3) = 1.85$, p -value = 0.60).¹²

In contrast, the null of weak exogeneity of i^l has to be rejected at all levels of significance ($\chi^2(1) = 21.41$, p -value = 0.00). Table 3 summarizes the regression results for the VECM.

Unrestricted cointegration rank test (Trace)				
Hypothesized no. of CE(s)	Eigenvalue	Trace statistic	Critical value	Prob.**
None*	0.1358	55.1177	47.8561	0.0090
At most 1	0.0522	18.0517	29.7971	0.5622
At most 2	0.0171	4.4279	15.4947	0.8661
At most 3	0.0002	0.0443	3.8415	0.8332
Unrestricted cointegration rank test (maximum eigenvalue)				
Hypothesized no. of CE(s)	Eigenvalue	Max-eigen statistic	Critical value	Prob.**
None*	0.1358	37.0659	27.5843	0.0023
At most 1	0.0522	13.6238	21.1316	0.3966
At most 2	0.0171	4.3836	14.2646	0.8168
At most 3	0.0002	0.0443	3.8415	0.8332

Table 2. Test for the number of cointegration relationships in the VECM

Notes: *Denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level. Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level. Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level.

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p -values.

Owing to the weak exogeneity of the fundamentals, switching to a Single Equation Error Correction Model (SEECM; Engle *et al.*, 1983; Johansen, 1992) may improve the efficiency of the estimates. We test the existence of a stable long-run relationship within this approach according to an error-correction model, i.e. the significance of the error-correction term. To be more specific, we proceed with the single equation nonlinear approach of Stock (1987) where the error-correction model and the cointegration relation are estimated simultaneously.¹³ Thus, we estimate the following equation:

$$\begin{aligned} \Delta i_t^l &= \alpha \cdot (i_{t-1}^l - \beta \cdot z_{t-1} - \eta) \\ &+ \sum_{j=1}^m \gamma_j \cdot \Delta i_{t-j}^l + \sum_{j=0}^m \varphi_j \cdot \Delta z_{t-j} \\ &+ \sum_{j=0}^m \psi_j \cdot x_{t-j} + \varepsilon_t \quad (6) \end{aligned}$$

where z is the vector of $I(1)$ -variables i^s , d and Π^e which enter the cointegration space, x is a vector of (stationary) regressors only entering short-run dynamics (in our case ism), α is the error correction term and ε is a white-noise residual. The significance of α is assessed according to the critical values of Banerjee *et al.* (1998). Significance is taken as evidence of cointegration.¹⁴ To obtain the SEs and

Error correction	Δi_t^l		Δi_t^s		$\Delta \pi^e$		Δd	
α	-0.19123	[-6.06881]	0.00000	[NA]	0.00000	[NA]	0.00000	[NA]
Δi_{t-1}^l	0.15323	[2.36096]	0.08281	[1.62024]	-0.01582	[-0.49044]	0.01699	[0.45743]
Δi_{t-1}^s	-0.18083	[-2.02968]	0.03621	[0.51606]	0.00656	[0.14809]	-0.11276	[-2.21123]
$\Delta \pi_{t-1}^e$	0.09165	[0.71014]	-0.05428	[-0.53407]	-0.02915	[-0.45440]	-0.13977	[-1.89215]
Δd_{t-1}	0.08131	[1.06432]	0.02928	[0.48670]	0.00029	[0.00769]	0.71839	[16.4290]
Constant	-1.22078	[-4.79346]	-1.09858	[-5.47767]	-0.15435	[-1.21949] -0.17138	[-1.17570]	
$\log(ism)$	0.04843	[5.13196]	0.02177	[2.92931]	-0.00272	[-0.58086]	-0.01146	[-2.12069]
$\log(ism_{t-1})$	-0.02567	[-2.76646]	-0.00100	[-0.13728]	0.00552	[1.19766]	0.01516	[2.85433]
R^2	0.19572		0.20017		0.02051		0.53541	
SE equation	0.27806		0.21897		0.13819		0.15915	
F-statistic	8.55167		8.79494		0.73586		40.50041	

Note: Cointegrating Eq: i_{t-1}^l , 1.00000; i_{t-1}^s , -0.34096, [-5.35907]; π_{t-1}^e , -0.54466, [-3.27147]; d_{t-1} , 0.08133, [0.364565]; Constant -4,87872.

Table 3. Coefficients and test statistics of the VECM (*t*-values in brackets)

the *t*-statistics of the long-run coefficients β , we estimate the Bewley transformation of the model (West, 1988). The bracket term of Equation 6 with the variables in levels describes the cointegration relationship that has been normalized to the long-term interest rate. The lag length (*m*) is restricted to a maximum of four. A general-to-specific-modelling is pursued with the so-called backward procedure, i.e. insignificant coefficients (error probability > 5%) have been successively deleted. The final regression reads as (absolute *t*-values in brackets below coefficients)

$$\begin{aligned} \Delta i_t^l = & \underset{(5.8)}{-0.25} \cdot \left(\underset{(6.9)}{i_{t-1}^l} - \underset{(6.9)}{0.33} i_{t-1}^s - \underset{(4.6)}{0.56} \pi_{t-1}^e \right. \\ & \left. + \underset{(6.9)}{0.07} d_{t-1} + \underset{(2.3)}{8.61} \right) \\ & + \underset{(2.4)}{0.15} \Delta i_{t-1}^l + \underset{(4.1)}{1.88} ism_t - \underset{(2.4)}{1.02} ism_{t-1} \\ & + \underset{(7.1)}{0.53} \Delta i_t^s - \underset{(2.3)}{0.20} \Delta i_{t-1}^s \end{aligned} \quad (7)$$

$R^2 = 0.32$; SE = 0.25; LM(1) = 0.04; LM(4) = 1.09; ARCH(1) = 0.10; ARCH(4) = 1.10; JB = 1.00; CUSUM: stable; CUSUM square: stable.

The coefficients of the long-run relationship show the theoretically expected signs and are statistically significant at standard levels. They largely resemble those of the Johansen procedure (Table 3). This is indicative of some stability irrespective of the applied econometric methodology. The estimates indicate that in the long run a one percentage point increase in inflation expectations lift long-term interest rates by 56 basis points. If we assume that the Fisher hypothesis holds, i.e. higher inflation expectations increase short-term interest rates one-to-one, the total effect of rising inflation expectations on long-term interest rates is almost one-to-one. This is in line with Keeley and Hutchison (1986), who emphasize that this result could be due to monetary regime stability.

The Greenspan era on which we concentrate in this article obviously was characterized by such stability. The short-term interest rate also exerts a highly significant positive impact. This result points to the important role of monetary policy and arbitrage in determining long-term rates. The coefficient on i^s indicates that a permanent rise in the short-term interest rate of, say, 100 basis points will result in an increase of the long-term interest rate of 33 basis points.¹⁵ Accordingly, the term structure tends to flatten with higher and to steepen with lower short-term rates (see also Diebold *et al.*, 2006). The less than proportional response of i^l to i^s in the US has also been detected by Ducoudré (2005). The overall impact of the business cycle, measured by *ism*, on i^l is positive and highly significant, indicating that the effect *via* the supply of bonds is dominating (in line with Diebold *et al.*, 2006). In the short run, a contemporaneous 1% increase of the *ism* lifts i^l by about two basis points. The significantly positive relationship between i^l and its first lag may be an indication that in the short run the interest rate is driven by nonfundamental factors as well. This could be due to the market behaviour of chartists and technical analysts (Nagayasu, 1999) whose interest rate forecasts are usually based on past interest rate movements.

The coefficient of the structural factor *d* is significantly positive. A value of 0.07 means that an increase of the debt ratio by one percentage point lowers the bond yield by seven basis points. From 2003 to 2006, the amount of Treasuries held by foreigners increased by about 10 percentage points. This alone would have had a downward impact of 70 basis points on bond yields. This result is in line with Bernanke *et al.* (2004), Frey and Moët (2005) as well as Warnock and Warnock (2005). Rudebusch *et al.* (2006) show that foreign ‘official’ purchases of US Treasuries alone seem to have played little or no role. Longstaff (2004), in contrast, argues that if US investors, who presumably may benefit more from the highly liquid Treasury market than many foreign holders of Treasury debt,

suddenly begin to purchase Treasuries from these foreign holders, the yields on Treasuries should increase to reflect the increased popularity of holding Treasuries. However, he finds that this effect is only significant for maturities up to 3 years.

The coefficient of the error-correction term is negative and highly significant. Thus, one condition for long-run stability is satisfied. The parameter estimate of -0.25 suggests a half-life of shocks of about 2 months. In other words, the gap between the long-term nominal interest rate and its equilibrium value is halved within 2 months after the occurrence of an exogenous shock. Within 1 year, the gap is accordingly reduced by over 97 %.¹⁶

Breusch–Godfrey Lagrange Multiplier tests (LM) do not indicate autocorrelation in the residuals (first and fourth order) and the LM (ARCH) test for autoregressive conditional heteroscedasticity (first and fourth order) cannot identify any violations of the white-noise assumptions. In addition, the Jarque–Bera (JB) test confirms the normality of the residuals. And finally, according to different CUSUM tests there are no signs of parameter or variance instability. This once again underscores the stability of the estimated relation.

In the Introduction, we mentioned that some commentators argue that structural or uncommon factors are needed to explain the recent behaviour of bond yields. To examine whether the foreign debt ratio d captures these structural or uncommon factors adequately, we use the cointegration relation of our model to calculate a ‘fair value’ of 10Y Treasury yields. Figure 5 shows that bond markets were indeed overvalued in the course of 2005, but apparently this ‘disequilibrium’ was not unusually high in historical perspective. Hence, while the traditional macrofactors (i^s , Π^e , ism) ‘alone’ are no longer capable to explain the developments satisfactorily as would have been the case until mid-2005 (Clostermann and Seitz, 2005), our four variables seem to capture the evolution of bond yields throughout the entire estimation period quite well.

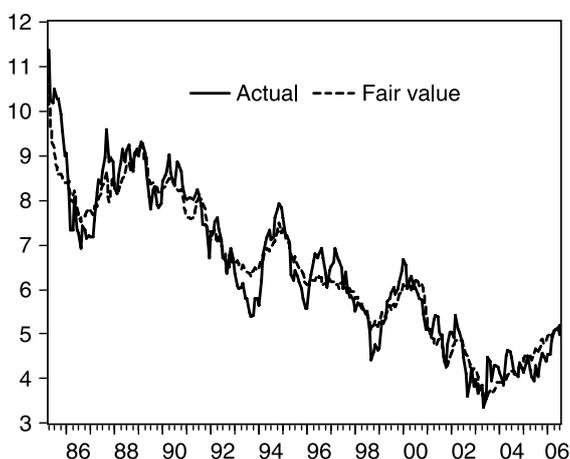


Fig. 5. The fair value of 10-year Treasury bonds (in %) Visual inspection of Figs 1 and 4 may suggest that our

structural variable (d) simply follows a deterministic trend, which captures the downward trend in the bond yield in the sample period. Therefore, the essential question is whether our foreign debt holdings variable contains more information than a deterministic trend. To answer this question, we first ran a battery of unit root and stationarity tests. All of them show that the debt variable captures more than a deterministic trend.¹⁷

The augmented Dickey–Fuller test, its generalized least squares variant developed by Elliot–Rothenberg as well as the Phillips–Perron test all indicate that the null of a unit root cannot be rejected at standard significance levels if a trend and a constant are included. On the other hand, the Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin test rejects the null of trend-stationarity (significance level 1 %). This means that, in addition to a deterministic trend, the foreign debt holding variable also contains a stochastic trend and thus has more information than a deterministic trend alone.

However, it is well known that the power of these tests to discriminate between trend stationarity and difference stationarity is rather weak, i.e. it is difficult to distinguish a deterministic trend from a stochastic trend. To take this into account, we add a deterministic trend to our baseline SEEC model. If we compare the estimates of the model with (Equation 7a) and without a trend (Equation 7), two main findings emerge: first, the coefficients of all variables remain mostly unchanged and are still significant. Second, the coefficient of the trend is not statistically significant. This corroborates that the information content of the debt variable is superior to the information content of a deterministic trend.

$$\begin{aligned} \Delta i_t^l = & -0.25 \cdot \left(i_{t-1}^l - 0.33 i_{t-1}^s - 0.56 \pi_{t-1}^e \right. \\ & \left. + 0.07 d_{t-1} + 0.006 \text{trend} - 2.13 \right) \\ & + 0.15 \Delta i_{t-1}^l + 1.86 ism_t - 1.02 ism_{t-1} \\ & + 0.53 \Delta i_t^s - 0.20 \Delta i_{t-1}^s \end{aligned} \quad (7a)$$

We also did some forecast encompassing tests (Diebold, 2004, p. 301) to see whether a forecast based on our SEEC model, which includes the foreign holding debt variable (F^{debt}), incorporates all relevant information of a competing forecast based on a SEEC model with a deterministic trend (F^{trend}) instead of the debt variable. Because the bond yield is an $I(1)$ -variable, we consider a forecast equation that models the ‘change’ in long-term interest rates during the next 24 months.

$$\begin{aligned} i_{t+24}^l - i_t^l = & \alpha_{\text{debt}} \cdot (F_{t+24}^{\text{debt}} - i_t^l) \\ & + \alpha_{\text{trend}} \cdot (F_{t+24}^{\text{trend}} - i_t^l) + \alpha_o \end{aligned} \quad (8)$$

Our test procedures yield the following results: First, the hypothesis $\alpha_{\text{debt}} = 1$ and $\alpha_{\text{trend}} = 0$ cannot be rejected (significance level 10%). This implies that the model which

includes the debt variable encompasses the model that uses the trend. Second, we have to reject the hypothesis $\alpha_{debt} = 0$ and $\alpha_{trend} = 1$ (significance level 2 %). Thus, the model with a trend does not encompass the model with the foreign debt holding variable.

In a nutshell, the foreign debt variable seems to be superior to a deterministic trend as it contains more information than the latter.¹⁸ By using this debt ratio, we are able to explain in economic terms the stochastic trend in bond yields.

Forecast evaluation

In order to assess the quality of our SEECM in forecasting exercises, we compare it with a Random Walk Model (RWM). Following the influential article of Meese and Rogoff (1983), the RWM has become a popular benchmark in forecast evaluation. In line with the results of the unit root tests, the RWM is specified without a constant or trend.

We run two different kinds of out-of-sample forecasts of up to 12 months into the future. The first are fully dynamic forecasts which assume that the forecaster has no idea about the future path of the right-hand side variables and bases his predictions of these variables on simple univariate time-series models. Thus, the forecasts include only information that had actually been available at the time it was carried out. In contrast to this narrow information set, the second approach assumes that the forecaster knows the true values of the exogenous variables. Realistically, the actual forecasting environment should be somewhere between these two extreme cases. The h -step-ahead forecast error ($e_{t+h,t}$) is calculated as the difference between the actual value of i^l at time $t+h$ (i^l_{t+h}) and its forecast value ($i^l_{t+h,t}$)

$$e_{t+h,t} = i^l_{t+h} - i^l_{t+h,t} \tag{9}$$

The forecasts are carried out recursively. The ‘first’ estimation period is 1986:1–1995:7 and the first forecast period runs from 1995:8 to 1996:7. The forecast ‘window’ is then successively extended month by month. Conse-

quently, the next estimation period is 1986:1–1995:8 and the forecast period is from 1995:9 to 1996:8. And the last forecast period is from 2005:7 to 2006:6. In sum, we get 120 true out-of-sample forecast errors for each ‘ h ’.

To assess the quality of the forecasts of the competing models, we employ two criteria. The first is the Root Mean Squared Error (RMSE):

$$RMSE_h = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e^2_{t+h,t}} \tag{10}$$

A smaller RMSE implies better forecast performance. A formal test based on the loss differential (Diebold and Mariano, 1995) provides information on the significance of the relative forecasts.

The second criterion is a so-called Hit Ratio (HR). It assesses the correct sign match and makes use of an indicator variable J , which has the following properties:

$$\begin{aligned} \text{if } \text{sign}(i^l_{t+h} - i^l_t) = \text{sign}(i^l_{t+h,t} - i^l_t) &\Leftrightarrow J = 1 \\ \text{if } \text{sign}(i^l_{t+h} - i^l_t) \neq \text{sign}(i^l_{t+h,t} - i^l_t) &\Leftrightarrow J = 0 \end{aligned}$$

Therefore, HR is defined as

$$HR_h = \left(\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T J_t \right) \cdot 100 \tag{11}$$

The higher the HR, the more often the forecast signals the correct direction of interest rate changes.¹⁹

For example, a HR of 70% implies that in 70 % of all cases the model predicts the correct sign of future interest rate changes. The significance relative to the RWM is again tested according to the test statistics developed by Diebold and Mariano (1995). Both forecast evaluation criteria, RMSE and HR, are discussed in Cheung *et al.* (2005).

Table 4 shows the two forecasting metrics as well as the p -values of the null that the SEECM and the RWM have equal forecasting accuracy. As is evident from this table, our model always outperforms the RWM significantly

Forecast horizon Months ahead	SEECM, Fully dynamic				SEECM, Perf. foresight			
	RMSE	Probability	HR	Probability	RMSE	Probability	HR	Probability
1	26.76	0.50	54.17	0.38	24.46	0.01	62.50	0.00
2	38.40	0.43	55.00	0.32	32.56	0.00	72.50	0.00
3	45.16	0.68	58.33	0.13	34.53	0.00	75.83	0.00
4	51.46	0.52	61.67	0.03	36.43	0.00	75.00	0.00
5	55.48	0.35	56.67	0.14	37.38	0.00	79.17	0.00
6	57.12	0.22	60.00	0.08	37.90	0.00	83.33	0.00
7	58.60	0.19	65.00	0.01	37.99	0.00	80.00	0.00
8	60.76	0.25	60.00	0.10	38.13	0.00	82.50	0.00
9	62.71	0.20	67.50	0.00	38.18	0.00	80.00	0.00
10	65.72	0.15	69.17	0.00	37.98	0.00	81.67	0.00
11	68.38	0.09	66.67	0.00	37.53	0.00	82.50	0.00
12	71.49	0.05	70.00	0.00	37.34	0.00	81.67	0.00

Table 4. Forecast quality of different models

in the perfect foresight case, i.e. the average forecast errors of the SEECM are lower and the direction of interest rate changes are more often correctly forecasted by the SEECM. In the fully dynamic case, the predictions of the SEECM are also better than those of the RWM, but in some cases the differences are not significant.

This is especially true for the RMSE where we are only able to beat the RWM significantly for the two longest forecast horizons ($h = 11, 12$). Overall, the results underpin the superiority of the SEECM, especially for longer forecast horizons. Moreover, it is obvious that the SEECM does a better job the better the forecaster's predictive abilities with regard to the exogenous variables are.

IV. Summary and Conclusions

Our analysis reveals that the development of long-term bond yields in the US can be very well explained by standard macroeconomic variables and a structural factor. The macroeconomic factors which are widely considered to be the minimum set of fundamentals needed to capture basic macroeconomic dynamics are monetary policy, the business cycle and inflation expectations. In addition, the share of Treasuries held by foreign investors captures the structural factors often mentioned in the literature. These four variables are able to explain the movement of bond yields in a stable manner – even during the low interest-rate period of 2004 to 2006. Den Butter and Jansen (2004) find that the US yield is an important determinant of the

German long-term bond yield. This means that the model presented here may be a useful input in a German bond yield model.

Our forecasting exercises show that we are able to outperform a RWM. In these tests, the fully dynamic approach assumes that the forecaster has no information at all about the exogenous variables. An assumption that is obviously conservative in real world applications. On the other hand, the perfect foresight case neglects informational deficiencies. The RWM, which we use as a benchmark, might be criticized as being too 'naive' in that it can be improved by including more AR- and MA-terms. Nevertheless, it is standard in the literature (see, e.g. Cheung *et al.*, 2005). In this respect, one may be interested in further evaluation metrics, e.g. a consistency criterion, to check the robustness of our results. This is left to future research.

Acknowledgements

We thank an anonymous referee and the participants at seminars and conferences at the ROME network, the Institute of the German Economy, the German Economic Association, the Commerzbank and the Bayerische Hypo-Vereinsbank as well as D. Dakshaw, H.-E. Reimers and B. Schnatz for helpful comments.

The views expressed in this article are those of the authors and do not necessarily represent those of the Bayerische UniCredit Global Research.

Notice

- ¹ The first three variables are also the main determinants of nominal yields on 1-year Treasury bills in Mehra (1995) in a sample from 1955 to 1994.
- ² This is in line with Warnock and Warnock (2005) and consistent with the savings-glut-hypothesis (see, e.g. Tatom, 2007). In contrast to the Warnock–Warnock article, we do not need this variable before 2005, which means that the traditional macrofactors do a good job in capturing the evolution of US bond yields until mid-2005.
- ³ See for a prototype model in this spirit Christiano *et al.* (2005).
- ⁴ Equation 1 already shows that, if economic surprises are minimal and there are no reasons to revise expected future short-term rates, then there should be no trend in long-term rates (see also Poole, 2005).
- ⁵ We get slightly worse statistical results with the headline CPI measure. An alternative to our preferred measure of inflation expectations would be the difference between conventional and inflation-indexed bonds (TIPS). However, as the first TIPS have only been issued by the US Treasury in the late 90s, their use would significantly shorten our sample.
- ⁶ We tried several other 'etc'-variables (e.g. the public debt and deficit situation, liquidity measures, stock market variables) which do not help to explain bond yields. Mehra (1995) also finds that fiscal policy measures do not affect bond yields once one controls for the effects of inflation expectations, monetary policy and real growth. In contrast, Paesani *et al.* (2006, p. 4), who disregard output developments, conclude for Germany, Italy and the US that 'a more sustained debt accumulation leads at least temporarily to higher long-term interest rates.'
- ⁷ Wu (2005) shows that it is not convincing to concentrate only on purchases of US Treasury securities by foreign central banks.
- ⁸ All data are available upon request and can alternatively be downloaded at: http://freenet-homepage.de/clostermann/data_us_bonds.xls
- ⁹ Test results in detail are available from the authors upon request.
- ¹⁰ A similar approach is used by Lange (2005) in the case of Canada. Rao (2007) compares our econometric method with others to distinguish between short- and long-run relationships. He finds that often there are only minor differences in the estimates.

- ¹¹ According to the theory put forward in Section II, three cointegration relations are possible: one between the short and the long rate, one between the long rate and inflation expectations and one which has to be interpreted as a bond rate equation.
- ¹² When exogeneity is tested for each variable separately the conclusions do not change: i^s : $\chi^2(1) = 0.39$, π : $\chi^2(1) = 0.39$, d : $\chi^2(1) = 0.72$.
- ¹³ As Banerjee *et al.* (1986) have shown, this single equation model is superior to the two-step procedure of Engle and Granger (1987) as it avoids the small sample bias. Furthermore, this approach still yields valid results in the case of structural breaks (Campos *et al.*, 1996).
- ¹⁴ The conclusions of Pesavento (2004) indicate that such kind of tests, if suitably specified, perform better than other cointegration tests in terms of power in large and small samples and are also not worse or better in terms of size distortions.
- ¹⁵ According to Poole (2005) the average historical relationship between the short and the long rate is about 0.30. Belke and Polleit (2007) show how the Fed set the short-term interest rate.
- ¹⁶ The half-life is calculated as $\log(0.5)/\log(1 + \alpha)$.
- ¹⁷ The detailed test results are available upon request.
- ¹⁸ Moreover, using only a deterministic trend as explanatory factor would have no reasonable economic interpretation and would also implausibly imply that bond yields can get negative in the future.
- ¹⁹ The direction-of-change statistic is commonly used by practitioners.

References

- Backus, D. K. and Wright, J. H. (2007) Cracking the conundrum, *Brookings Papers on Economic Activity*, **2007-1**, 293–329.
- Bandholz, H. (2006) US treasuries: cyclical outweighing structural factors, HVB Friday Notes, 30 June 2006, 3–5.
- Banerjee, A., Dolado, J., Hendry, D. F. and Smith, G. W. (1986) Exploring equilibrium relationships in econometrics through static models: some Monte Carlo evidence, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, **48**, 253–77.
- Banerjee, A., Dolado, J. and Mestre, R. (1998) Error correction mechanism tests for cointegration in a single equation framework, *Journal of Time Series Analysis*, **19**, 267–83.
- Belke, A. and Polleit, T. (2007) How the ECB and the US Fed set interest rates, *Applied Economics*, **39**, 2197–209.
- Bernanke, B. S., Reinhart, V. R and Sack, B. P. (2004) Monetary policy alternatives at the zero bound: an empirical assessment, Finance and Economics Discussion Series of the Federal Reserve Board, 2004-48, September 2004.
- Breedon, F., Henry, S. G. B. and Williams, G. A. (1999) Long-term real interest rates: evidence on the global capital market, *Oxford Review of Economic Policy*, **15**, 128–42.
- Brooke, M., Clare, A. and Lekkos, I. (2000) A comparison of long bond yields in the United Kingdom, the United States and Germany, *Bank of England Quarterly Bulletin*, **40**, 150–8.
- Campos, J., Ericsson, N. and Hendry, D. F. (1996) Cointegration tests in the presence of structural breaks, *Journal of Econometrics*, **70**, 187–220.
- Caporale, G. M. and Williams, G. (2002) Long-term nominal interest rates and domestic fundamentals, *Review of Financial Economics*, **11**, 119–30.
- Cheung, Y.-W., Chinn, M. D. and Pascual, A. G. (2005) Empirical exchange rate models of the nineties: are any fit to survive?, *Journal of International Money and Finance*, **24**, 1150–75.
- Christiano, L., Eichenbaum, M. and Evans, C. (2005) Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy, *Journal of Political Economy*, **113**, 1–45.
- Clostermann, J. and Seitz, F. (2005) Are bond markets really overpriced: the case of the US, University of Applied Sciences Ingolstadt, Working Paper No. 11, December.
- Demiralp, S. and Jordà, O. (2004) The response of term rates to Fed announcements, *Journal of Money, Credit, and Banking*, **36**, 387–405.
- Den Butter, F. A. G. and Jansen, P. W. (2004) An empirical analysis of the German long-term interest rate, *Applied Financial Economics*, **14**, 731–41.

- Dewachter, H. and Lyrio, M. (2006) Macro factors and the term structure of interest rates, *Journal of Money, Credit, and Banking*, **38**, 119–40.
- Diebold, F. X. (2004) *Elements of Forecasting*, 3rd edn, Thomson, Ohio.
- Diebold, F. X. and Mariano, R. (1995) Comparing predictive accuracy, *Journal of Business and Economic Statistics*, **13**, 253–65.
- Diebold, F. X., Rudebusch, G. D. and Aruoba, S. B. (2006) The macroeconomy and the yield curve: a dynamic latent factor approach, *Journal of Econometrics*, **131**, 309–38.
- Ducoudré, B. (2005) Fiscal policy and interest rates, OFCE Working Paper No. 2005–08, June.
- Durré, A. and Giot, P. (2005) An international analysis of earnings, stock prices and bond yields, ECB Working Paper No. 515, August.
- Ehrmann, M., Fratzscher, M. and Rigobon, R. (2005) Stocks, bonds, money markets and exchange rates: measuring international financial transmission, NBER Working Paper No. 11166, March.
- Engle, R. and Granger, C. (1987) Cointegration and error correction: representation, estimation, and testing, *Econometrica*, **35**, 251–76.
- Engle, R. F., Hendry, D. F. and J.-F. Richard (1983) Exogeneity, *Econometrica*, **51**, 277–304.
- European Central Bank (2005) Monthly Bulletin April 2005.
- European Central Bank (2006) The Accumulation of Foreign Reserves, Occasional Paper No. 43, February.
- Fels, J. and Pradhan, M. (2006) Fairy tales of the US bond market, Morgan Stanley Research Global, July 26, 2006.
- Frey, L. and Moët, G. (2005) US long-term yields and FOREX interventions by foreign central banks, *Banque de France Bulletin Digest*, **137**, 19–32.
- Greenspan, A. (2005) Testimony before the committee on banking, housing, and urban affairs of the US Senate on February 16, 2005.
- Gujarati, D. N. (1995) *Basic Econometrics*, 3rd edn, McGraw-Hill, Singapore.
- Johansen, S. (1992) Cointegration in partial systems and the efficiency of single equation analysis, *Journal of Econometrics*, **52**, 389–402.
- Johansen, S. (1995) *Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Auto-regressive Models*, Oxford University Press, Oxford, New York.
- Johansen, S. (2000) Modelling of cointegration in the vector autoregressive model, *Economic Modelling*, **17**, 359–73.
- Jordá, O. and Salyer, K. D. (2003) The response of term rates to monetary policy uncertainty, *Review of Economic Dynamics*, **6**, 941–62.
- Keeley, M. C. and Hutchison, M. M. (1986) Rational expectations and the Fisher effect: implications of monetary regime shifts, Federal Reserve Bank of San Francisco, Working Papers in Applied Economic Theory 86–11.
- Kim, D. H. and Wright, J. H. (2005) An arbitragefree three-factor term structure model and the recent behavior of long-term yields and distant-horizon forward rates, Board of Governors of the Federal Reserve System, FEDS Working Paper No. 2005-33.
- Kozicki, S. and Sellon, G. (2005) Longer-term perspectives on the yield curve and monetary policy, Federal Reserve Bank of Kansas City, *Economic Review*, **99**, 5–33.
- Lange, R. H. (2005) Determinants of the long-term yield in Canada: an open economy VAR approach, *Applied Economics*, **37**, 681–93.
- Longstaff, F. A. (2004) The flight-to-liquidity premium in US treasury bond prices, *Journal of Business*, **77**, 511–526.
- MacKinnon, J. G., Haug, A. A. and Michelis, L. (1999) Numerical distribution functions of likelihood ratio tests for cointegration, *Journal of Applied Econometrics*, **14**, 563–77.
- Meese, R. and Rogoff, K. (1983) Empirical exchange rate models of the seventies: do they fit out of sample?, *Journal of International Economics*, **14**, 3–24.
- Mehra, Y. P. (1995) Some key empirical determinants of short-term nominal interest rates, *Federal Reserve Bank of Richmond Economic Quarterly*, **81/3**, 33–51.
- Monticini, A. and Vaciago, G. (2005) Are Europe’s interest rates led by Fed announcements, Working Paper, University of Exeter.

- Nagayasu, Y. (1999) Japanese effective exchange rates and determinants: a long-run perspective, in *Equilibrium Exchange Rates* (Eds) R. MacDonald and J. Stein, Norwell, MA, pp. 323–47.
- Paesani, P., Strauch, R. and Kremer, M. (2006) Public debt and long-term interest rates – the case of Germany, Italy and the USA, ECB Working Paper No. 656, July.
- Pesavento, E. (2004) Analytical evaluation of the power of tests for the absence of cointegration, *Journal of Econometrics*, **122**, 349–84.
- Poole, W. (2005) Understanding the term structure of interest rates, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, **87**, 589–95.
- Rao, B. B. (2007) Estimating short and long-run relationships: a guide for the applied economist, *Applied Economics*, **39**, 1613–25.
- Rudebusch, G. D., Swanson, E. T. and Wu, T. (2006) The bond yield Conundrum from a macro-finance perspective, Federal Reserve Bank of Dallas, Working Paper No. 2006-16.
- Stock, J. H. (1987) Asymptotic properties of least squares estimators of cointegrating vectors, *Econometrica*, **55**, 1035–56.
- Taboga, M. (2007) Structural change and the bond yield conundrum, MPRA Paper No. 4965.
- Tanzi, V. (1976) Inflation, indexation and interest income taxation, *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review*, **29**, 54–76.
- Tatom, J. A. (2007) Why have interest rates been so low?, NFI Working Paper No. 2007-13, April.
- Thornton, D. L. (2007) The unusual behavior of the federal funds and 10-year treasury rates: a conundrum or Goodhart's law?, Federal Reserve Bank of St. Louis, Working Paper No. 2007-039A, September.
- Tobin, J. (1965) Money and economic growth, *Econometrica*, **33**, 671–84.
- Warnock, F. E. and Warnock, V. C. (2005) International capital flows and US interest rates, International Finance Discussion Paper No. 840, September 2005.
- West, K. D. (1988) Asymptotic normality, when regressors have a unit root, *Econometrica*, **56**, 1397–417.
- Wu, T. (2005) The long-term interest rate conundrum: not unraveled yet, Federal Reserve Bank of San Francisco Economic Letter, 2005–08.

Dr. Harm Bandholz
UniCredit Bank AG
Institut für Stochastik

Prof. Dr. Jörg Clostermann
Hochschule Ingolstadt
Fakultät Wirtschaftswissenschaften



Prof. Dr. Franz Seitz
Hochschule Amberg-Weiden
Fakultät Betriebswirtschaft
Volkswirtschaftslehre
f.seitz@haw-aw.de
Foto: privat

„Kläranlage der Zukunft“

Prof. Dr. Franz Bischof

Mit dem begonnenen Klimawandel kommt der Einsparung von Energie einerseits und der besseren Nutzung von Ressourcen andererseits zunehmende Bedeutung zu. Auch bei kommunalen Abwasseranlagen, die rund ein Fünftel des gesamten Elektrizitätsverbrauchs der öffentlichen Gebäude und Anlagen der Kommunen beanspruchen, wird energetischen Gesichtspunkten künftig eine deutlich höhere Priorität eingeräumt werden müssen. Dies gilt zudem vor dem Hintergrund, dass es im Bundesumweltministerium Überlegungen gibt, bei der Novellierung der Abwasserordnung künftig Energieaspekte verstärkt einzubeziehen.

Vor allem bei der Neuplanung, Nachrüstung und Sanierung von kommunalen Kläranlagen werden zukünftig Themen



Sauberes Wasser und Energie sind Anforderungen an die Kläranlage der Zukunft; Bild: Bischof

wie Energieverbrauch, Energieeffizienz und Emission von klimarelevanten Gasen eine wichtige Rolle spielen. Angesichts dieser Entwicklungen müssen die vorhandenen Grundsätze bei der Konzipierung von neuen kommunalen Kläranlagen oder bei deren Nachrüstung und Ertüchtigung kritisch hinterfragt werden. Es wird insbesondere darauf ankommen, bei zumindest gleich bleibender Reinigungsleistung das vorhandene Energiepotenzial des Abwassers bzw. des Klärschlammes nachhaltig zu nutzen und die Energieeffizienz der gesamten Anlage zu verbessern.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Kläranlage der Zukunft“, das im Auftrag des BayStUG vom Bayerischen Landesamt für Umwelt gefördert wurde, wurden daher vor allem die Möglichkeiten der Anaerobtechnik und deren verstärkte Anwendung in bisher nicht üblichen Einsatzbereichen untersucht. Die Durchführung des 1,5 Jahre dauernden Projekts erfolgte in enger Kooperation zwischen dem Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft der TU München, der Professur für Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft der Universität der Bundeswehr München und Prof. Dr.-Ing. Franz Bischof, Leiter des Labors für Angepasste Wassertechnologien in der Fakultät Maschinenbau/ Umwelttechnik an der Hochschule Amberg-Weiden.

Als Ergebnis wurden verschiedene Verfahrenskonzepte erstellt, die zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs auf Kläranlagen führen. Diese Verfahrenskonzepte bauen auf dem Stand der Technik auf und haben zusätzlich vor allem das Verfahren der Deammonifikation für die Stickstoffelimination aus dem Prozesswasser in die Betrachtungen einbezogen und als sehr effizient befunden, wenn die hierfür erforderlichen Randbedingungen gegeben sind. Hierbei wird neben der Energiereduktion auch eine Verminderung des Kohlenstoffverbrauchs erzielt.

Die Erhöhung der spezifischen Faulgasproduktion auf bis zu 12 m³ pro Einwohner und Jahr durch Entnahme des Kohlenstoffs in der mechanischen Reinigung durch hoch-effiziente Siebverfahren, was eine Steigerung von ca. 50 % gegenüber herkömmlichen Verfahren darstellt, hingegen

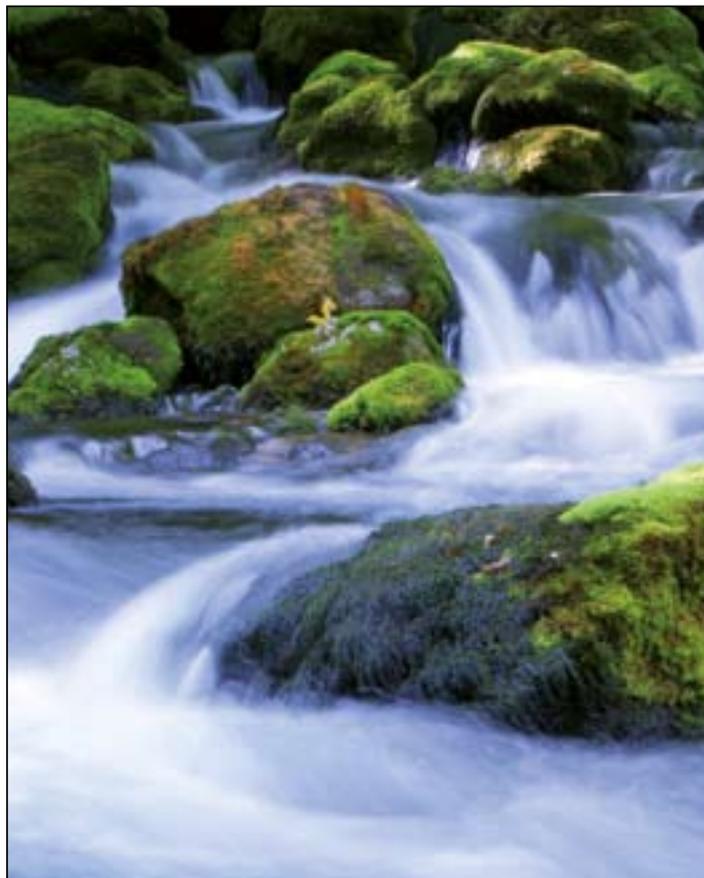


Ganz nah bei Ihnen

Ihr Gasversorger
Ihr Wasserversorger
Ihr Abwasserentsorger
Ihr Freizeitgestalter

Stadtwerke Weiden i. d. OPf.
 Eigenbetrieb der Stadt Weiden i. d. OPf.
 Postfach 25 60
 92615 Weiden i. d. OPf.
 Gaswerkstraße 20
 92637 Weiden i. d. OPf.
 Telefon (09 61) 67 13-0
 Telefax (09 61) 67 13-870
www.stadtwerke-weiden.de

- Trinkwasser aus heimischem Gebiet
- 24-Stunden-Service
- Kostenlose Kundenberatung
- Rund-um-die-Uhr-Bereitschaft
- Modernste Kläranlage
- Faires Preis-Leistungsverhältnis



Mit HUBER das Wertvolle erhalten

Nachhaltige Umweltqualität durch sauberes Wasser

- ▶ Sanierung und Modernisierung der Maschinenteknik von Kläranlagen
- ▶ Konzepte und verfahrenstechnische Lösungen für eine wirtschaftliche Schlamm Entsorgung
- ▶ Innovative Kleinkläranlagen für die dezentrale Abwasserreinigung
- ▶ Zukunftsorientierte Membrantechnik für ständig steigende Anforderungen und höchste Ablaufqualitäten
- ▶ Betriebskostensenkung durch intelligente Kanalspültechnik
- ▶ Innovative Regenwasserbehandlung von Metalldächern
- ▶ Edelstahlausrüstungen für die Trinkwasserversorgung



HUBER SE · Industriepark Erasbach A1
 92334 Berching · Tel.: + 49 8462 201-0
 Fax: + 49 8462 201-810 · E-Mail: info@huber.de
www.huber.de




... für effiziente Intralogistik



Systemanbieter
für Intralogistik mit langjähriger Erfahrung

Softwarehaus
mit Lösungs- und Funktionskompetenz und 210 Mitarbeitern

Generalunternehmer
für ein Rundum-sorglos-Paket und fachkompetente Integration aller Gewerke

Klug GmbH integrierte Systeme
 Lindenweg 13 - D-92552 Teunz
 Tel.: 09671 9216-0 - E-Mail: klug@klug-is.de - www.klug-is.de
 Deutschland - Schweiz - Spanien

bedingt, dass für die Denitrifikation Methanol zugegeben werden muss, solange Abwasser nicht separiert den Kläranlagen zugeleitet wird. Desintegrationsverfahren in Kombination mit erhöhter Entnahme organischer Schmutzstoffe könnten jedoch bei entsprechender Verfahrensführung eine eigene und kostengünstige Kohlenstoffquelle für die Denitrifikation darstellen.

Die Prüfung der Umstellung der aeroben Schlammstabilisierung auf eine anaerobe Schlammfäulung auf Kläranlagen ab 10.000 Einwohnern zeigte ein vielversprechendes Ergebnis. Sowohl eine Minimierung des Energieverbrauchs als auch des Schlammanfalls führen unter bestimmten Randbedingungen eine Wirtschaftlichkeit bei bestehenden Anlagen herbei. Vor dem Hintergrund steigender Energie- und Entsorgungspreise für Klärschlamm sowie verschärfter Anforderungen an den ausgefaulten Schlamm bzgl. Immissionsschutz und Arbeitshygiene empfiehlt sich eine detaillierte Prüfung der Verfahrensumstellung auf eine anaerobe Schlammbehandlung. Zentrale Lösungskonzepte können sich aber bereits für kleine Anlagen unter 10.000 EW anbieten.

Für die „Kläranlage der Zukunft“ ist es wünschenswert, eine Trennkanalisation zur Verfügung zu stellen, da hierdurch erhöhte Schmutzstoff-Konzentrationen erreicht werden und somit eine effizientere Abwasserreinigung durchführbar ist. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass man sich weitere energieeffiziente Verfahren vorstellen

könnte, falls Anpassungen an das europäische Recht in Bayern vorstellbar wären.

Für die Planung der Kläranlage der Zukunft sollte durchaus auch die Urinseparation in Betrachtung gezogen werden. Sogenannte NASS (Neuartige Sanitärsysteme) erfassen und behandeln getrennt Teilströme wie Regenwasser, Grauwasser, Fäzes und Urin. Diese Systeme entsprechen bisher in Deutschland noch nicht der etablierten konventionellen Technik, aber oft dem Stand der Technik bzw. von Wissenschaft und Lehre. Ein Beispiel für die Urinseparation ist die sog. „NoMix“-Technologie, bei der speziell konstruierte WCs im vorderen Teil den Urin auffangen und mit wenig Spülwasser bzw. unverdünnt in einen lokalen Speicher leiten. Die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor aus dem Urin werden zur Herstellung von Pflanzendünger verwendet oder mit ähnlichen Verfahren wie in Kläranlagen eliminiert. Vorteile der Urinseparation sind vor allem kleinere Kläranlagen und der Schutz der Gewässer vor Stickstoff und Phosphor.

Beispielsweise wird in verschiedenen Orten in der Schweiz mittlerweile in Speichertanks der Urin gesammelt und gezielt nachts in das Kanalnetz abgegeben. Aber auch die vollständige separate Behandlung des Urins würde die Energieeffizienz von kommunalen Kläranlagen erheblich steigern. Bei einer weitestgehenden Umsetzung dieser Technik würden sich Kläranlagen zu reinen Energielieferanten umgestalten lassen.



Prof. Dr. Franz Bischof
Fakultät Maschinenbau/Umwelttechnik
Verfahren für Wasser- und Abwasseraufbereitung
f.bischof@haw-aw.de
Foto: HAW

KULTUR

GESELLSCHAFT

ÖKOLOGIE

TECHNIK



Für ein lebendiges Bayern.

Abgasturbine für Blockheizkraftwerke

Prof. Dr. Markus Brautsch,
Dipl.-Ing. (FH) Raphael Lechner, M.Sc.

Abstract

Im Rahmen eines Kooperationsprojekts mit der Fa. Burkhardt GmbH aus Mühlhausen i. d. Opf. wurde am Institut für Energietechnik an der Hochschule Amberg-Weiden (IfE) ein hochinnovatives Konzept zur Stromerzeugung aus der Abgasenergie von Blockheizkraftwerken umgesetzt, mit dem sich elektrische Wirkungsgrade von bis zu 45 % erreichen lassen. Das Verfahren basiert auf einer Heißgasturbine und nutzt die Enthalpie der heißen Motorenabgase, um einen direkt gekoppelten Hochfrequenzgenerator anzutreiben. Die Entwicklung wurde im Rahmen eines dreijährigen Projekts vom BaySTWIVT gefördert und im Jahr 2009 mit dem EON Umweltpreis und 2010 mit dem Bayerischen Energiepreis ausgezeichnet.

Aggregate zur Kraft-Wärme-Kopplung sind wesentlicher Bestandteil einer ökologisch und ökonomisch sinnvollen Energieversorgung in Gebäuden und neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien elementarer Bestandteil der deutschen Klimaschutzstrategie. Aufgrund ihres guten Wirkungsgrads, der hohen Zuverlässigkeit und vergleichsweise geringen Investitionskosten haben sich im elektrischen Leistungsbereich 5 kW bis etwa 1000 kW kompakte Anlagen mit Verbrennungsmotoren als Antriebsaggregat etabliert, die als Blockheizkraftwerke (BHKW) bezeichnet werden. Diese Anlagen arbeiten zuverlässig mit gasförmigen Energieträgern (Erdgas, Biogas, Deponiegas) oder mit Flüssigkraftstoffen (Heizöl, Biokraftstoffe). Die bereitgestellte elektrische Energie wird typischerweise ins öffentliche Netz eingespeist oder zur Deckung des eigenen Strombedarfs von Industriebetrieben, öffentlichen Einrichtungen oder Privathaushalten verwendet. Die zeitgleich anfallende Wärme dient als Prozesswärme, Heizwärme oder zur Brauchwasserbereitung.

Für das Maß an Ressourceneinsparung und CO₂-Entlastung ist die elektrische Effizienz von BHKW-Systemen von elementarer Bedeutung. Elektrische Energie als hochwertige

Energieform ist im Vergleich zur anfallenden Wärme ungleich primärenergieintensiver in der Bereitstellungskette. Nach heutigem Stand der Technik beträgt der elektrische Anlagenwirkungsgrad von gasbetriebenen BHKW-Systemen etwa 35 %, in dieselmotorisch betriebenen Anlagen mit Hochdruck-Kraftstoffeinspritzung etwa 40 %. Eine weitere wesentliche Steigerung ist mit der heute verfügbaren Motorentechnologie nicht zu erwarten. Neuere Ansätze konzentrieren sich deshalb nicht mehr ausschließlich auf motorische Verbesserungen, sondern auf die zusätzliche Nutzung der Motorabwärme zur Stromerzeugung.

In Zusammenarbeit mit der Fa. Burkhardt GmbH aus Mühlhausen in der Oberpfalz wurde nun am Institut für Energietechnik an der Hochschule Amberg-Weiden (IfE) ein hochinnovatives Konzept zur Stromerzeugung aus der Abgasenergie von Blockheizkraftwerken umgesetzt. Dabei wurde eine Heißgasturbine in das Abgassystem des Motors integriert, die über eine direkte mechanische Kopplung einen Hochfrequenzgenerator antreibt, der elektrischen Strom erzeugt. Gegenüber herkömmlichen Verfahren zur Abwärmeverstromung mittels Dampf- oder ORC-Prozessen zeichnet sich das Konzept durch einen einfachen und vergleichsweise kostengünstigen Aufbau aus und stellt für BHKW in der elektrischen Leistungsklasse bis etwa 500 kW erstmals eine technisch und wirtschaftlich sinnvoll umsetzbare Lösung zur Abwärmeverstromung dar. Herzstück der neu entwickelten Lösung ist der sogenannte Turbogenerator, eine Kopplung aus einer Abgasturbine – ähnlich der Turbine eines Abgasturboladers – und eines Hochfrequenzgenerators auf einer gemeinsamen Welle.

Der Hochfrequenzgenerator rotiert mit einer Drehzahl von bis zu 50 000 1/min und erzeugt einen hochfrequenten Wechselstrom. Über einen elektrischen Umrichter wird dieser Wechselstrom anschließend auf eine netzkonforme Frequenz von 50 Hz gebracht. Das Turbogenerator-Prinzip zeichnet sich durch einen einfachen Aufbau und geringen Platzbedarf aus, sodass es sich zur Nachrüstung an bestehende BHKW-Anlagen eignet, z. B. in Industriebetrieben und kommunalen Liegenschaften. Die noch im Abgas

verbliebene Energie wird weiterhin zu Heizzwecken oder als Prozesswärme genutzt, ebenso wie die Abwärme aus dem Kühlkreislauf des Motors und der Ladeluftkühlung. Damit ergibt sich ein hocheffizientes Gesamtsystem mit einem in dieser Leistungsklasse unerreichten elektrischen Wirkungsgrad von bis zu 45 % bei gleichzeitiger Wärmeauskopplung. Der schematische Aufbau der BHKW-Anlage mit Turbogenerator ist in Abbildung 1 dargestellt, Abbildung 2 zeigt das reale System am BHKW-Prüfstand in der Hochschule Amberg-Weiden.

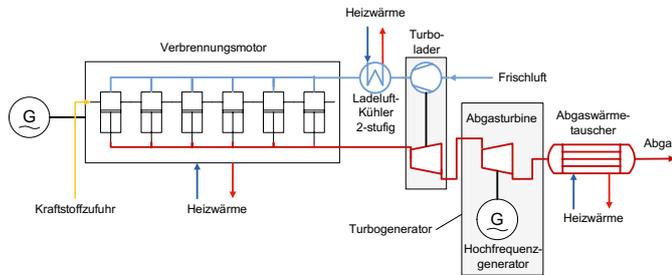


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Versuchs-BHKWs mit Turbogenerator

Messungen am pflanzenölbetriebenen Versuchs-Blockheizkraftwerk des Instituts für Energietechnik zeigen eine Steigerung des elektrischen Brutto-Wirkungsgrads der Anlage von 41 % auf knapp über 45 % bei Einsatz des Turbogenerator-Systems. Dies entspricht bei der betrachteten Versuchsanlage einer Verringerung des Brennstoffbedarfs und der CO₂-Emissionen um ca. 8 % oder 35 000 l Kraftstoff im Jahr. Zudem verringern sich die Emissionsmassenströme von schädlichem Kohlenmonoxid, Stickstoffoxiden, Kohlenwasserstoffen und Ruß, da weniger Brennstoff umgesetzt wird. Die nach der Abgasturbine noch verfügbare Abwärme kann weiterhin zu Heizzwecken genutzt werden, sodass sich Gesamtwirkungsgrade von etwa 80 % erreichen lassen. Die Stromkennzahl der Anlage steigt dabei auf einen in dieser Leistungsklasse bisher unerreichten Wert von 1,35. Abbildung 3 zeigt den Anteil des Turbogenerators an der Gesamtleistung der BHKW-Anlage in Abhängigkeit der eingestellten Anlagenleistung.

Das Turbogenerator-System wird derzeit unter wissenschaftlich-messtechnischer Begleitung des IfE mit Förderung des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie an drei Anlagen im Feld dauererprobt, wobei bisher Laufzeiten der Blockheizkraftwerke von bis zu 10 000 Stunden erreicht wurden. Die untersuchten Anlagen befinden sich in der Hochschule Amberg (Wärmeversorgung des Campus) im Schulzentrum Eschenbach i. d. Opf. (Wärmeversorgung Schulen und Hallenbad) und im Werk Weiherhammer der BHS Corrugated GmbH (neu errichtete Heizzentrale für das gesamte Werk), sodass ein Querschnitt verschiedener Anwendungsfälle abgedeckt wird. Ausgehend von diesen drei Demonstrationsanlagen kann die Technologie unmittelbar bei einer Vielzahl weiterer neuer und bestehender BHKW-Anlagen ähnlicher Bauart nachgerüstet werden. Die Anpassung an Blockheizkraftwerke anderer Größenklassen und Bauarten

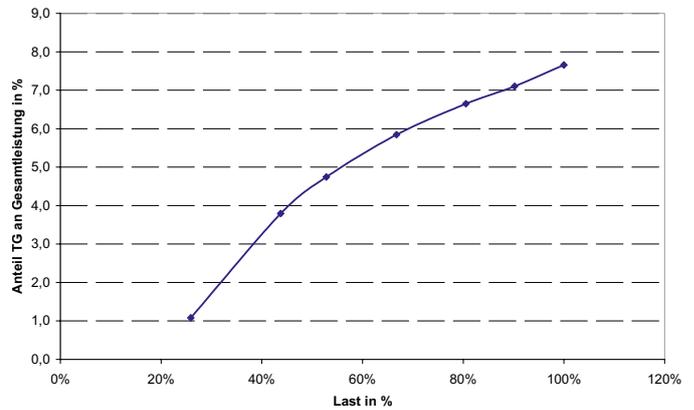


Abb. 2: Turbogenerator am Blockheizkraftwerk-Prüfstand des Instituts für Energietechnik



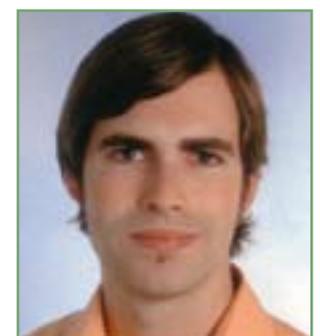
Abb. 3: Anteil des Turbogenerator-Systems an der Gesamtleistung der BHKW-Anlage in Abhängigkeit der Anlagenlast

ist ausgehend vom bestehenden System mit vergleichsweise geringem Aufwand möglich.

Die Entwicklung der Technologie wurde im Rahmen des dreijährigen Projektes „Verbrauchs- und Betriebsoptimierung von BHKW-Anlagen für den Einsatz in Kommunen und mittelständischen Betrieben“ mit 200 000 Euro vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie gefördert und im Jahr 2009 mit dem EON-Umweltpreis 2009 ausgezeichnet.



Prof. Dr. Markus Brautsch
Fakultät Maschinenbau/
Umwelttechnik
Technische Thermodynamik,
Wärme- und Stoffübertragung,
Energietechnik
Technologietransferbeauftragter
m.brautsch@haw-aw.de



Dipl.-Ing. (FH) Raphael Lechner M.Sc.
Institut für Energietechnik
ifE GmbH
an der Hochschule
Amberg-Weiden
r.lechner@haw-aw.de

Labour Market Institutions and the Employment Intensity of Output Growth

Prof. Dr. Gebhard Flaig, Prof. Dr. Horst Rottmann

Erschienen in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik (Journal of Economics and Statistics), Band 229 (1), S. 22–35, 2009

Abstract:

This paper deals with the effects of labour market institutions on labour market performance. We analyse as an indicator for the labour intensity of output growth the employment threshold (the minimum growth rate of output necessary to keep employment constant). We show for a sample of 17 OECD countries for the period 1971 to 2002 that the strictness of employment protection raises the employment threshold in all econometric specifications. A higher wage bargaining coordination and a higher tax wedge reduce also the labour intensity of production, although the effects are not in all econometric specifications significant.

JEL Code: J23, E24, J50

Keywords: Employment protection, labour market institutions, labour demand, international comparison, employment threshold.

1. Introduction

Labour market institutions play a key role in explaining international differences in labour market performance. The most important labour market institutions considered in previous research are the unemployment benefit system and active labour market policy, the system of wage determination (wage bargaining co-ordination, union density, collective bargaining coverage), labour taxes including contributions to the social security system and employment protection (see Nickell/Nunziata/Ochel 2005).

There are a great number of studies which explore the implications of institutions for the unemployment rate (see Nickell 1997, Blanchard/Wolfers 2000, Nickell/Lay-

ard 1999, Bertola/Blau/Kahn 2001, Berthold/Fehn 2002, Nickell 2003, Belot/van Ours 2004, Bassanini/Duval 2006, Griffith/Harrison/Macartney 2007). Although the results are still somewhat mixed (OECD 2004), there seems to emerge a consensus that labour market institutions are an important determinant of unemployment. For instance, Nickell (2003) reports that shifts in labour market institutions explain a great part of movements in unemployment across OECD countries. Employment protection, labour taxes and the unemployment benefit system increases unemployment and especially unemployment persistence.

The unemployment rate is only one among a greater list of indicators for labour market performance. In a study for 60 countries, Caballero et al. (2004) find that job security regulation reduces the speed of adjustment of employment to shocks and lowers the growth rate of total factor productivity. The results in Gomez-Salvador/Messina/Valanti (2004) show that the strictness of employment protection, the extent of wage bargaining co-ordination and the generosity of unemployment benefits have negative effects on job creation and the pace of job reallocation. Messina (2005) finds that more unionized and coordinated wage-setting structures as well as employment protection imply a lower employment share in the service industry that is the most expanding sector in modern economies.

In the following, we analyse the effects of labour market institutions on the labour intensity of output growth. To be concrete, we use the concept of the employment threshold as the variable to be explained. The employment threshold represents the growth rate of production which is necessary for keeping employment constant.

We show how this concept is related to output- and price-elasticities of labour demand and to the development of input prices and how various labour market institutions may affect it. If a specific regulation increases the employment threshold, a country needs a higher output growth rate in order to keep employment constant. This increases the likelihood of a weak employment performance and of a higher unemployment rate.

The paper is organised as follows. In section 2 we discuss the theoretical foundations of the concept of the employment threshold. In section 3 we present the empirical model for the estimation of the employment thresholds and the empirical analysis of the effects of different labour market institutions. Section 4 summarises and draws some conclusions.

2. Theoretical foundations

2.1 Labour demand and the employment threshold

In the following we assume that output y is produced by employing the inputs labour L and capital K . If firms minimize their production costs at given input prices and for a given level of output, there exists under weak assumptions with regard to production technology a dual cost function (see e.g. McFadden 1978, Chambers 1988):

$$(1) \quad C = C(l, q, y, T),$$

where C indicates the minimum costs of producing output y at the wage rate l and the user cost of capital q . The variable T represents the state of technology. In order to be able to represent all economically relevant information of the underlying technology, the cost function has to meet certain regularity conditions: C must be increasing in l , q and y and has to be concave and linearly homogenous in l and q .

The demand for labour is derived via Shephard's Lemma:

$$(2) \quad L(l, q, y, T) = \frac{\partial C}{\partial l}.$$

After differentiating equation (2) totally with respect to time and some manipulations we get the growth rate of labour input:

$$(3) \quad w_L = \varepsilon_{L,l} w_{l/q} + \varepsilon_{L,y} w_y + \varepsilon_{L,T} w_T,$$

where w_x denotes the growth rate of variable x and $\varepsilon_{L,l}$, $\varepsilon_{L,y}$ and $\varepsilon_{L,T}$ are the elasticities of labour demand with respect to the wage rate, output and the state of technology, respectively. The growth rate of technical progress w_T can be interpreted as the growth rate of total factor productivity. It should be stressed that all elasticities are typically not constant and depend on output, factor prices and technology (for a more intensive discussion of these topics see Flaig/Rottmann 2001). Thus, they are varying over time and across countries.

The employment threshold is defined as the growth rate of output which is necessary to keep employment constant (Flaig/Rottmann 2001). By setting w_L in equation (3) equal to zero and solving for w_y , we get the employment threshold w_y^{ET} :

$$(4) \quad w_y^{ET} = -(\varepsilon_{L,l} w_{l/q} + \varepsilon_{L,T} w_T) / \varepsilon_{L,y}.$$

Since $\varepsilon_{L,l}$ is negative, a higher growth rate of the relative wage (l/q) leads to an increase of the employment threshold. A higher pace of technical progress increases the employment threshold since $\varepsilon_{L,T}$ is typically negative in a cost minimising approach.

2.2 Effects of labour market institutions on the employment threshold

As can be seen from equation (4), the effects of labour market institutions on labour demand and the employment threshold can work via different channels. The first channel concerns the effects on growth rates of input prices, the second channel on the elasticities. For example, tighter employment protection may deteriorate the flexibility of an economy and may thus lower the growth rate of total factor productivity (Caballero et al. 2004). This would decrease the employment threshold by reducing w_T . However, it should be kept in mind that $\varepsilon_{L,T} w_T$ not only captures total factor productivity growth but also the effect of biased technical change. A higher wage rate induced by a tighter employment protection of insiders may lead to a technology-driven reduction in labour demand (increasing the absolute value of $\varepsilon_{L,T}$) which increases the employment threshold. In addition, a tighter employment protection reduces probably the elasticity of labour demand with respect to output and therefore increases the employment threshold. For all these reasons, the magnitude and even the sign of the effect of a more stringent employment protection on the employment threshold are theoretically not determined. In the end, this is an empirical question.

Similar reasoning applies for other labour market institutions. Institutions may affect factor prices, elasticities of labour demand, adjustment costs and the growth rate and the bias of technical change and thereby labour demand and employment (for a discussion of this topic see Nickell/Layard 1999). Due to the complex nature of these effects, in the following we do not estimate a structural model but investigate the relationships between institutions and labour demand in a reduced form model that is explained in section 3.

It should be noted that a high level of the employment threshold is not per se an indicator for a bad labour market performance. For example, an economy with a high rate of autonomous technical progress has also a high employment threshold. This does not pose any problems for the labour market since technical progress reduces costs and stimulates therefore output growth. A problem for labour market performance arises when cost increasing and flexibility reducing institutions such as rigid employment regulations induce a less labour-intensive production process and have simultaneously a negative (or only small positive) effect on output growth. In this case, the higher employment threshold implies higher unemployment. It is beyond the scope of this paper to give a full assessment of all effects of labour market regulations. Rather, we concentrate on labour demand, conditional on output growth.

3. Empirical results

3.1 The employment threshold across countries and over time

Since we do not have international comparable data for the user costs of capital¹, we do not estimate the structural labour demand equation (3), but a reduced form where we treat the sum of $\varepsilon_{L,t} w_{L,t}$ and $\varepsilon_{L,T} w_T$ as an unobserved variable (for simplicity of notation we omit the country index). Under this assumption we get the following estimation equation:

$$(5) \quad w_{L,t} = \beta_{1,t} + \beta_{2,t} w_{y,t} + u_t .$$

The possibly time-varying parameters $\beta_{1,t}$ and $\beta_{2,t}$ are defined as $\beta_{1,t} = \varepsilon_{L,t} w_{L,t} + \varepsilon_{L,T} w_T$ and $\beta_{2,t} = \varepsilon_{L,y}$. The variable u_t is a white noise error term. The employment threshold defined in equation (4) is now given by the expression $-\beta_{1,t}/\beta_{2,t}$.

In most previous studies, the parameters β are assumed to be constant over time or the sample is split in an adhoc way into several subsamples. We allow for time-varying parameters and choose for the specification of β_1 and β_2 alternatively two different statistical models: A first order random walk process (RW1) and a second order random walk process (RW2):

$$(6a) \quad (1-L) \beta_{i,t} = v_{i,t}$$

$$(6b) \quad (1-L)^2 \beta_{i,t} = v_{i,t}$$

with L as the lag operator. The specifications imply that the parameters β , which depend on elasticities, are not stationary. This assumption is motivated by some results in Flaig/Rottmann (2001) where it is shown that $\varepsilon_{L,T}$ follows a trend. The specification (6) is rather general since it allows for stochastic (variance of $v > 0$) or deterministic trends (variance of $v = 0$). In the deterministic case, the specification (6a) implies a linear trend and specification (6b) a quadratic trend. The model (equations (5) and (6)) is set in a state-space-form and is estimated for each country individually by maximum likelihood using the Kalman filter (for details on the Kalman filter see Harvey 1989).

According to different test statistics (Akaike information criterion, Ljung-Box statistic for testing the white noise properties of the recursive residuals, Jarque-Bera statistic for testing the normal distribution of recursive residuals), both models (RW1 and RW2) work fine. The first order random walk model outperforms for most countries slightly the second order specification. The disadvantage is that in some cases the first order random walk model produces some erratic movements of the employment threshold. We check the robustness of our results by modelling the time varying parameters alternatively as a second order random walk. Second order random walks can accommodate complex time series properties of variables but produce a "smooth" development. Preliminary tests in both specifications showed that β_2 varies between coun-

tries but is constant or almost constant over time within a country. In our final model for which we present the results below, for each country β_2 is therefore modelled as a constant parameter. In contrast, β_1 varies both between countries and over time.

A critical assumption is that the productivity shock v_1 is not correlated with the growth rate of output. If v_1 has a positive correlation with output growth the estimated parameter β_2 would show an upward bias. In the main part of our study, we do not interpret the parameter β_2 in a structural sense, but use the time-varying expression $-\beta_{1,t}/\beta_{2,t}$ (the employment threshold) as the dependent variable. If the measurement errors of this expression are not correlated with labour market institution as explaining variables, the estimated parameters in section 3.2 are not systematically biased. We estimate the model for each of 17 OECD countries individually (see table 1), using yearly data from 1971 to 2002. The dependent variable is the growth rate of labour input in the private sector. Labour input is measured as total hours worked. The explanatory variable is the growth rate of real value added in the private sector (Source for both variables: OECD, Economic Outlook). Production and employment in the public sector are not included. The data for Germany refer to West Germany until 1990 and to unified Germany from 1991 onwards. In order to eliminate the "outlier" in the growth rates for 1991, we include a dummy variable, which takes the value one in 1991 and zero in all other years.

In table 1, we present the average values of the estimated employment thresholds for both specifications in the private sector in the 17 countries for different sample periods. Independently of the random walk specification, the employment threshold declined during the sample period in most countries. The unweighted mean of the employment thresholds was 3.8 % (3.9 %) during the seventies, 2.4 % (2.4 %) during the eighties and 1.7 % (1.5 %) in the years after 1990 for the RW1 (RW2) specification of the employment threshold, respectively. In Germany, Japan and the USA the employment thresholds increased by about 1 percentage point from the eighties to the nineties. It should be noted that, compared with the first two countries, the employment threshold is still relatively low in the USA. It is remarkable that especially in the continental European countries the employment threshold is relatively high, compared with Australia, Canada, Sweden, the UK and the United States. A very special case is New Zealand: The employment threshold is in many years negative. During the nineties the labour volume would have increased even in a (mild) recession.

Table A1 in the Appendix contains the minima, maxima, means and the standard deviations of RW1 and RW2. Additionally to the overall standard deviations (OV) the table shows the standard deviations within countries (WI) and between countries (BE). The overall standard deviation for the RW2 is slightly smaller than that of the RW1, where the

between standard deviations are the same for both specifications. The RW1 varies more about time as the higher within standard deviation reveals.

Country	Mean of RW1			
	1980	1990	2002	1971–2002
Aus	0.013	0.013	0.013	0.013
Bel	0.063	0.032	0.020	0.037
Can	0.012	0.012	0.012	0.012
Dnk	0.042	0.026	0.025	0.030
Fin	0.038	0.037	0.037	0.037
Fra	0.046	0.038	0.021	0.034
Ger	0.053	0.017	0.024	0.031
Ire	0.059	0.041	0.016	0.037
Ita	0.072	0.014	0.019	0.034
Jpn	0.039	0.022	0.033	0.032
Nld	0.037	0.036	0.014	0.028
Nzl	-0.013	0.015	-0.037	-0.013
Nor	0.061	0.027	0.028	0.038
Esp	0.050	0.032	0.008	0.029
Swe	0.031	0.021	0.022	0.024
Gbr	0.032	0.022	0.019	0.024
USA	0.012	0.007	0.014	0.011
Total	0.038	0.024	0.017	0.026

Country	Mean of RW2			
	1980	1990	2002	1971–2002
Aus	0.014	0.012	0.011	0.012
Bel	0.060	0.039	0.015	0.036
Can	0.017	0.010	0.013	0.013
Dnk	0.046	0.025	0.023	0.030
Fin	0.042	0.038	0.033	0.037
Fra	0.047	0.035	0.022	0.034
Ger	0.054	0.016	0.024	0.031
Ire	0.065	0.039	0.010	0.036
Ita	0.066	0.022	0.013	0.033
Jpn	0.040	0.021	0.033	0.032
Nld	0.042	0.030	0.016	0.028
Nzl	-0.014	0.016	-0.040	-0.014
Nor	0.061	0.027	0.028	0.038
Esp	0.047	0.030	0.012	0.028
Swe	0.034	0.021	0.020	0.024
Gbr	0.034	0.023	0.016	0.024
USA	0.014	0.005	0.015	0.011
Total	0.039	0.024	0.015	0.026

Table 1: Employment thresholds (RW1, RW2) in OECD countries

3.2 The effects of labour market institutions on the employment threshold

In the second step of our study we use the estimated employment thresholds for each year in the sample period 1971 to 2002 for each of the 17 OECD countries as an indicator for the labour intensity of production and study its relationship to labour market institutions. We concentrate our interest on the effects of employment protection, labour taxes (measured by the tax wedge), union density, unemployment benefit generosity and the degree of coordination in wage negotiations.

The data

Every country in the world has established a complex system of laws and institutions (so-called “case law” and collective agreements) intended to protect the interests of workers. We use the Employment Protection Index (EP) from the Labour Market Institutions Database of Nickell and Nunziata (2001) as a measure of the strictness of this system. This series was built chaining OECD data (Employment Protection Legislation Index Version I) with data from Lazear (1990). For the recent years we use the information of Nickell (2003) and the OECD (2004) by linearly interpolating the missing years and connecting with the series of the just mentioned database. The variable in the range {0, 2} is increasing with the strictness of employment protection.

The OECD indicator takes into account regulations concerning individual dismissals, collective dismissals and the temporary employment forms such as fixed-term employment and the supply of labour by temporary work agencies. Although the OECD has elaborated, with the country ranking, the most highly differentiated evaluation scheme made so far, there are still some restrictions with regard to the reliability of the indicators. The EP covers a set of different types of labour market institutions and the aggregate level can hide some internal movements that neutralise each other. Therefore, one difficult problem is the weighting of the evaluated aspects of regulation. For this reason, we compare EP with another index of employment regulation, recently introduced by the World Bank (2005). The Rigidity of Employment Index (REI) of the World Bank for the year 2004 is based on a detailed study of employment laws and regulations, as well as relevant constitutional provisions. This index takes into consideration information about hiring and firing of workers and the rigidity of working hours. In figure 1 we compare the World Bank index for the year 2004 with the OECD index (EPI) for the year 2003. Both institutions assess the regulations of the employment protection very similar in the different countries. The rank correlation coefficient between the two variables is 0.79 and is highly significant.

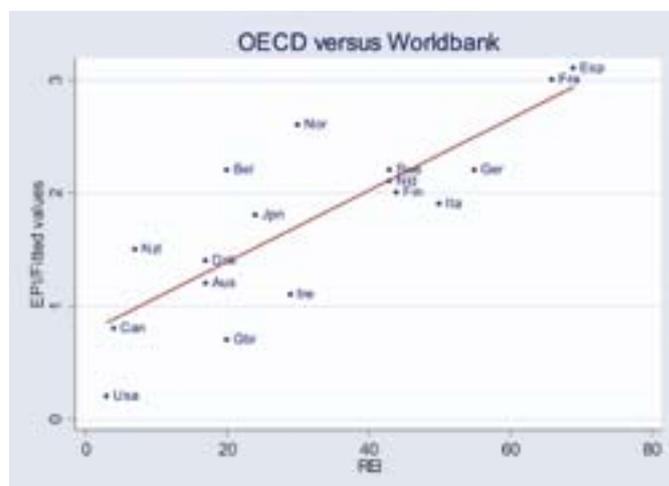


Figure 1: The World Bank and the OECD indices of Employment Protection

	Model 1			Model 2		
	parameter	standard error	standard error robust	parameter	standard error	standard error robust
EP	0.0086	0.0023 ***	0.0024 ***	0.0099	0.0023 ***	0.0024 ***
UDNET	-0.0039	0.0052	0.0045	-0.0024	0.0051	0.0045
TW	0.0183	0.0094 *	0.0105 *	0.0170	0.0093 *	0.0104
NRW	-0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
COW	0.0049	0.0019 ***	0.0019 ***	0.0039	0.0019 **	0.0019 **
Trend	-0.0010	0.0001 ***	0.0001 ***	-0.0026	0.0004 ***	0.0005 ***
Trend^2	-----	-----	-----	0.0001	0.0000 ***	0.0000 ***
constant	0.0218	0.0040 ***	0.0043 ***	0.0296	0.0044 ***	0.0052 ***
Adj. R ²	0.26			0.29		

Significance levels: * 10 %; ** 5 %; *** 1 %

Table 2: OLS Regression for RW1

We take the tax wedge (TW), union density (UDNET) and the co-ordination index (COW) from Nickell (2001, 2003). TW (in decimal notations) measures the total tax rate on labour and contains social security contributions, payroll taxes, income taxes and consumption taxes. UDNET is calculated as the percentage of employees who are union members. Another aspect of wage bargaining is the extent to which bargaining is co-ordinated. COW is an index with range {0, 2} constructed as an interpolation of OECD data by Nickell. It is increasing in the degree of co-ordination in the bargaining process on the employers' as well as on the unions' side. For the generosity of the unemployment benefit system we use the calculations of Allard (2005). She developed a new indicator (NRW) which combines the amount of the unemployment benefits with their duration, their tax treatment and the conditions that must be met in order to receive the benefits (eligibility conditions). Her indicator enhanced the OECD's gross replacement rates with aspects of the tax treatment of the benefits and the strictness of eligibility.² Table A2 in the Appendix contains the minima, maxima, means and the standard deviations of these variables. Additionally to the overall standard deviations (OV) the table incorporates the standard deviations within countries (WI) and between countries (BE). In contrast to the estimated employment thresholds the within standard deviations for the variables of the labour market institutions are much smaller than the overall standard deviations, because most of the variation in the labour market institutions is between countries. One exception is the indicator of the benefit generosity (NRW), which differs relatively strong among the countries (see Allard 2005), but also shows notable variations about time within countries.

Empirical results

Table 2 presents the OLS results for our basic model for the estimation period 1971 to 2000 and 17 OECD countries. The dependent variable is the employment threshold ge-

nerated by the first order random walk model (RW1).³ Explanatory variables are the employment protection index (EP), union density (UDNET), the tax wedge (TW), the unemployment benefit generosity (NRW) and the wage bargaining co-ordination index COW. The two models differ with respect to the modelling of possible time effects reflecting other determinants of the employment threshold. Model 1 contains a linear time trend, model 2 includes in addition a squared time trend. In order to compare the fit of the models we report the values of the Adjusted R². Because the left hand side variable is a generated variable, we show additionally to the normal also the robust standard errors, in order to account for the possibly resulting heteroscedasticity. Both standard errors are almost identical. Simple tests prefer clearly the model 2 against model 1, but the results are very similar.⁴

In both specifications, the employment protection index exerts a highly significant positive effect on the employment threshold. An increase in the EP index by one point increases the employment threshold by 1 percentage point (Model 2). During the period 1992 to 2002 Germany had on average an employment threshold of 2.4 %, whereas the actual output growth rate in the business sector during this period was only 1.7 % and the growth rate of labour volume was negative. If there were a regime with an employment protection comparable to the UK, the employment threshold were only 1.4 % and we would have observed an increase in employment. The tax wedge TW increases the employment threshold, but the effect is only weakly significant. The generosity of unemployment benefits has no effects on the employment threshold. The degree of co-ordination COW has a positive effect on the threshold. If in Germany there were a regime with a degree of co-ordination comparable to the UK, the employment threshold would be lower by 0.4 percentage points.⁵ The effect of union density UDNET is always insignificant. The reason for the insignificance of UDNET may be that not

union density per se but the coverage of workers by collective bargaining provisions is the more important factor. In some countries there are extremely large differences between these two variables. For example, in France the union density was about 10 percent in the last decade, but the coverage by collective bargaining provisions is assessed to be about 90 percent. In sectoral bargaining systems employer behaviour combined with administrative governance of collective contracts may be more important for the coverage rates than union membership (OECD, 2004). As an indicator of collective bargaining coverage we could use the Collective Bargaining Coverage Index (CBC), which stems from the OECD (2004). We show no results with this index, because there are information on CBC only for the years 1980, 1990 and 2000. Therefore, we would have to neglect many observations of our data and crudely interpolate CBC for the remaining years in order to estimate the effect of CBC.⁶

Table 3 shows the OLS results with the employment threshold generated by the second order random walk (RW2) as the dependent variable. It makes no difference with respect to the interpretation of the results, whether we calculate normal or robust standard errors and whether we use a linear time trend, a squared time trend or time dummies. Comparing the estimates with that of table 2 we find on average very similar parameter estimates with a little bit smaller standard errors. In addition, the adjusted R² in table 3 are higher than in table 2. In our perspective these results are not surprising. The random walk of second order generates a smoother development of the employment thresholds than the random walk of first order. Therefore, the standard deviation within countries is smaller for RW2 than for RW1, but the standard deviation between the countries does not change.⁷

Giving more weight to the between variation it is not surprising that the labour market institutions can better explain the RW2-measure, because the variations of the labour market institutions within countries are also small (see table A2).

There are some reasons why our right-hand variables may be endogenous. Labour market institutions can be thought of as instruments that correct for market failures, which make up for the absence of a complete set of contingent markets for risk sharing (Agell 2002, Greg/Manning 1997, Saint-Paul 1996)). This suggests that many of the labour market rigidities originally emerged as a defensive reaction to the threat of unemployment. This poses the following question: Are the labour market institutions also endogenous with respect to the employment thresholds? This seems to be less likely in our approach, because the employment thresholds are not directly observable and can be estimated only with a time lag. However, the endogeneity of the labour market institution cannot be excluded absolutely by theoretical arguments. In order to control the robustness of our results, we execute instrumental variable estimations. To avoid the possible estimation bias due to correlations of the labour market institutions with the contemporary error terms, we instrument all labour market institutions by their first and second lagged observations. Table 4 presents the results for RW1 and RW2 each with a quadratic trend and robust standard errors.⁸

Comparing the results with their respective OLS estimates we find only minor differences. The coefficients of TW are now a little bit smaller and get insignificant. In both specifications the test statistics support the validity of our estimations. The Hansen J statistics of overidentifying restrictions take the values 3.52 (RW2) and 6.06 (RW1) each with five degrees of freedom and so do not reject the validity of the instruments used. The C test⁹, (Eichenbaum/Hansen/Singleton 1988) shows that the labour market institutions can be treated as exogenous.¹⁰ Therefore, we prefer the OLS estimates in tables 2 and 3 to the IV estimates in table 4.

All estimations and the tests so far presented are only valid if there are no unobserved country effects which are correlated with the labour market institutions. The traditional approach to solve this problem is the estimation of a fixed effects model. However, as we have already seen,

	Model 1			Model 2		
	parameter	standard error	standard error robust	parameter	standard error	standard error robust
EP	0.0072	0.0019***	0.0019***	0.0088	0.0018***	0.0018***
UDNET	-0.0048	0.0042	0.0041	-0.0029	0.0040	0.0040
TW	0.0201	0.0076*	0.0091*	0.0185	0.0073*	0.0089**
NRW	-0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
COW	0.0052	0.0015**	0.0016**	0.0040	0.0015***	0.0016**
Trend	-0.0011	0.0001***	0.0001***	-0.0032	0.0003***	0.0004***
Trend^2	-----	-----	-----	0.0001	0.0000***	0.0000***
constant	0.0237	0.0032***	0.0038***	0.0337	0.0035***	0.0043***
Adj. R ²	0.37			0.42		

Significance levels: * 10 %; ** 5 %; *** 1 %

Table 3: OLS Regression for RW2

	RW1		RW2	
	parameter	standard error robust	parameter	standard error robust
EP	0.0092	0.0023 ***	0.0086	0.0017 ***
UDNET	0.0001	0.0042	-0.0005	0.0036
TW	0.0106	0.0099 *	0.0125	0.0081
NRW	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001
COW	0.0040	0.0019 **	0.0037	0.0016 **
Trend	-0.0025	0.0005 ***	-0.0031	0.0004 ***
Trend^2	0.0000	0.0000 ***	0.0001	0.0000 ***
constant	0.0318	0.0052 ***	0.0360	0.0042 ***

Significance levels: * 10 %; ** 5 %; *** 1 %

Table 4: IV-Estimation for RW1 and RW2

most labour market institutions vary not very much within countries. Together with potential measurement errors this could lead to more biased estimates for the fixed effects estimator than the simple OLS estimator (Hsiao 2003, Ch 10). Table 5 shows the results of the fixed effects estimations (with the within transformation). The only labour market institution with a significant effect is now EP (employment protection).

To treat the measurement problem we can estimate a fixed effects model with instrumental variables.

In our case it is not possible to estimate the fixed effects IV model with the within transformation, because there are no strictly exogenous instruments available. Assuming no autocorrelation in the measurement errors and using the first difference transformation we estimate the models with the second and third lag of all labour market institutions variables as instruments (for the method see Wooldridge 2002, Ch. 11). As with the comparison between OLS and IV estimations, the “normal” fixed effects estimations and the fixed effects with IV estimations differ only slightly.

In the fixed effects models, the only significant institutional factor for explaining the development of the employment threshold in the different countries over time is employment protection. However, as already mentioned, although using a fixed effects specification may solve the

problem of a correlation between unobserved country individual effects and explaining variables, it may aggravate the problem of measurement errors (also by IV estimation if the measurement errors are autocorrelated) and ignores totally the information between countries.

Taking all estimation results together, the very robust result is that a more stringent employment protection reduces the labour intensity of production and may contribute to a higher unemployment rate. Although not in every specification significant, a higher tax wedge and a higher wage bargaining co-ordination are also factors that reduce labour demand and therefore increase the employment threshold. In contrast, union density and unemployment benefits have no effect on the employment threshold.

4. Summary and Conclusions

Labour market institutions affect labour demand via many channels. They may have an effect on the level and the growth rate of real wages, they influence the pace and the bias of technical progress and they are a major determinant of the flexibility of firms in adapting to various shocks. Due to the very complex nature of the interrelationships among all these factors we don't estimate a structural model but – in analogy to the common practice in the literature – a reduced form with a special index of labour intensity of output growth as the dependent variable

	RW1		RW2	
	parameter	standard error robust	parameter	standard error robust
EP	0.0205	0.0055 ***	0.0148	0.0040 ***
UDNET	0.0208	0.0172	-0.0103	0.0116
TW	0.0143	0.0280	0.0205	0.0151
NRW	-0.0000	0.0001	-0.0001	0.0001
COW	0.0025	0.0028	0.0014	0.0019
Trend	-0.0028	0.0005 ***	-0.0032	0.0004 ***
Trend^2	0.0001	0.0000 ***	0.0001	0.0000 ***

Significance levels: * 10 %; ** 5 %; *** 1 %

Table 5: Fixed-effects Regression for RW1 and RW2

and various measures of labour market institutions as the explaining variables. The index for labour intensity used in this paper is the so-called employment threshold. The employment threshold is the growth rate of production that is necessary to keep employment constant. Theoretically, the employment threshold depends on various elasticities of the labour demand function and the growth rates of real factor prices and technical progress. A higher employment threshold reduces the probability that employment is increasing and thus raises the likelihood of a higher unemployment rate.

In this paper we have shown that the employment threshold is not only a possibly time-varying parameter

but also depends on labour market institutions. A more restrictive employment protection, a higher tax wedge and a higher extent of wage bargaining co-ordination all lead to a less labourintensive production and require a higher growth rate of output in order to keep employment constant. The effect of employment protection is highly significant in all econometric specifications; the effects of a higher tax wedge and a higher extent of wage bargaining co-ordination are always positive, but in some specifications not significant. The likely economic reasons for these effects are the induced pressure on wages and higher direct costs of using labour instead of capital and other factors as production inputs.

Notice

- ¹ In principle, it is possible to construct proxies for the user costs of capital. However, long-term interest rates are missing for some countries for the seventies and one had to estimate inflation expectations and depreciation rates. These procedures would imply severe problems of errors in variables.
- ² Allard accents, that a good indicator of the generosity of the unemployment benefits must incorporate these aspects, because the OECD countries differ widely in their taxation and eligibility conditions of unemployment benefits.
- ³ We must restrict our estimation period, because we can observe some of the explanatory variables only until 2000.
- ⁴ In order to check the stability of the results, we have also included dummies for each year. This has no effects on the interpretation of the results in all estimations. Detailed results are not shown, but are available from the authors upon request.
- ⁵ We have also included COW squared in our estimations, but COW squared was always insignificant. The reason for including COW2 is that labour market performance may not be a monotonic but a U-shaped or hump-shaped function of the co-ordination index. (See, e.g., Calmfors/Driffill 1988).
- ⁶ If we neglect the seventies and linearly interpolate CBC for the remaining years, the indicator for collective bargaining coverage has no effect on the employment threshold in all specifications.
- ⁷ As the means of RW1 and RW2 are very similar, there is no problem comparing the standard deviations of the variables.
- ⁸ The differences with respect to estimated parameters are only minor, whether we use a linear time trend, a squared time trend or time dummies. In order to save degrees of freedom, we do not present results with time dummies.
- ⁹ The test is computed as the difference between two J statistics where the first is computed from the efficient estimation method using the full set of overidentifying restrictions (including the regressors as instruments) and the second is calculated from the inefficient but consistent regression using a smaller set of identifying restrictions (without the regressors as instruments). In our case OLS is the efficient model under the H_0 that the institutions are exogenous regressors and the IV estimation is the consistent but inefficient estimation method under H_0 . The degrees of freedom for the J-tests are respectively ten and five.
- ¹⁰ The C tests do not reject the null of the exogeneity of the labour market institutions with the p-values of 97% (RW2) and 92% (RW1).

Literature:

- Agell, J. (2002), On the Determinants of Labour Market Institutions: Rent Seeking vs. Social Insurance. *German Economic Review* 3 (2), 107–136.
- Allard, G. (2005), Measuring the Changing Generosity of Unemployment Benefits: Beyond Existing Indicators. IE Working Paper 05–18.
- Bassanini, A. and R. Duval (2006), The Determinants of Unemployment across OECD Countries: Reassessing the Role of Policies and Institutions. *OECD Economic Studies*, 42, 7–86.
- Belot, M. and J. C. van Ours (2004) Does the Recent Success of Some OECD Countries in Lowering their Unemployment Rates Lie in the Clever Design of their Labour Market Reforms?, *Oxford Economic Papers*, 56, 621–642.

Berthold, N. and R. Fehn (2002), Arbeitsmarktpolitik in der Europäischen Währungsunion. Perspektiven der Wirtschaftspolitik 3, 317–345.

Bertola, G., Blau, F. D. and L. M. Kahn (2001) Comparative Analysis of Labor Market Outcomes: Lessons for the US from International Long-Run Evidence. In: Krueger, A. and R. Solow (eds.), The Roaring Nineties: Can Full Employment be Sustained? Century Foundation Press, New York.

Blanchard, O. and J. Wolfers (2000), The Role of Shocks and Institutions in the Rise of European Unemployment: The Aggregate Evidence. Economic Journal 110, C1–C33.

Caballero, R.J., Cowan, K., Engel, E.M.R.A. and A. Micco (2004), Effective Labor Regulations and Microeconomic Flexibility. MIT Working Paper No. 04–30.

Calmfors, L. and J. Driffill (1988), Bargaining Structure, Corporatism and Macroeconomic Performance. Economic Policy, 14–61.

Chambers, R.G. (1988), Applied Production Analysis. Cambridge University Press, Cambridge.

Eichenbaum, M., Hansen, L. P. and K. J. Singleton (1988), A Time Series Analysis of Representative Agent Models of Consumption and Leisure. Quarterly Journal of Economics 103, 51–78.

Flaig, G. and H. Rottmann (2001), Input Demand and the Short- and Long-Run Employment Thresholds: An Empirical Analysis for the German Manufacturing Sector. German Economic Review, 2 (4), 367–384.

Gomez-Salvador, R. Messina, J. And G. Vallanti (2004), Gross Job Flows and Institutions in Europe. Labour Economics, 11, 469–85.

Gregg, P. and A. Manning (1997), Labour Market Regulation and Unemployment. In D. Snower and G. de la Dehesa (eds.), Unemployment Policy – Government Options for the Labour Market. Cambridge University Press, Cambridge.

Griffith, R., Harrison, R. and G. Macartney (2007), Product Market Reforms, Labour Market Institutions and Unemployment. Economic Journal 117, C142–C166.

Harvey, A. (1989), Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter. Cambridge University Press, Cambridge.

Hsiao, C. (2003), Analysis of Panel Data. 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge.

McFadden, D.L. (1978), Cost, Revenue and Profit Functions. In: M. Fuss and D.L. McFadden (eds.), Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications. North-Holland, Amsterdam.

Nickell, S. (1997), Unemployment and Labour Market Rigidities: Europe versus North America. Journal of Economic Perspectives 11, 55–74.

Nickell, S. (2003), Labour Market Institutions and Unemployment in OECD Countries. CESifo DICE Report 1(2), 13–26.

Nickell, S. and R. Layard (1999), Labour Market Institutions and Economic Performance In: O. Ashenfelter and D. Card (eds.), Handbook of Labor Economics, Vol.3. North Holland, Amsterdam.

Nickell, S. and L. Nunziata (2001), Labour Market Institutions Database. Version 2. www://cep.lse.ac.uk/pubs/download/data0502.zip

Nickell, S., Nunziata, L. and W. Ochel (2005), Unemployment in the OECD since the 1960s. What do we Know? Economic Journal 115, 1–27.

OECD (2004), OECD Employment Outlook. Paris.

Saint-Paul, G. (1996), Exploring the Political Economy of Labour Market Institutions. Economic Policy 23, 265 – 315.

World Bank (2005), Doing Business, Hiring and Firing Workers. <http://rru.worldbank.org/DoingBusiness/ExploreTopics/HiringFiringWorkers/>

Appendix

	mean	min	max	std. dev. (OV)	std. dev. (BE)	std. dev. (WI)
RW1	0.0258	-0.0921	0.1525	0.0237	0.0134	0.0198
RW2	0.0256	-0.0923	0.1167	0.0217	0.0134	0.0174

Table A1: Descriptive statistics for the estimated employment threshold

	mean	min	max	std. dev. (OV)	std. dev. (BE)	std. dev. (WI)
EP	1.0568	0.1	2	0.5145	0.5037	0.1598
UDNET	0.4314	0.09	0.9112	0.2025	0.1985	0.0644
TW	0.4999	0.2431	0.8314	0.1248	0.1233	0.0467
NRW	12.0944	0	42.1	8.4415	6.4926	5.5815
COW	1.1011	0	2	0.6234	0.5287	0.3536

Table A2: Descriptive statistics for labour market institutions

Prof. Dr. Jörg Gebhard Flaig

Ludwig-Maximilians Universität
München
Fakultät Volkswirtschaft
gebhardt.flraig@lrz.uni-muenchen.de



Prof. Dr. Horst Rottmann

Hochschule Amberg-Weiden
Fakultät Betriebswirtschaft
Volkswirtschaftslehre / Finance und Statistik
h.rottman@haw-aw.de
Foto: privat

Auslegung eines Anzündgeräts im BFS-Forschungsvorhaben

in Zusammenarbeit mit Eurocopter Deutschland GmbH und den Projektpartnern des Forschungsvorhabens Pyrotak



Prof. Dr.-Ing. Bernhard Frenzel

1. Problemstellung

Im durch die BFS geförderten Forschungsvorhaben Pyrotak soll ein neuartiger Notöffnungsmechanismus für Flugzeugtüren untersucht werden. Der Grundgedanke ist, dass im Notfall ein pneumatischer Drehaktuator von einem Arbeitsgas durchströmt wird und die Flugzeugtür öffnet. Die Bereitstellung des Arbeitsgases erfolgt durch Zündung eines pyrotechnischen Treibmittels, ähnlich des Funktionsprinzips eines Airbags eines Kraftfahrzeugs im Straßenverkehr. Diese Zündung wird durch das untersuchte Anzündgerät sichergestellt. Das Gerät muss den Zustand der Tür überwachen und im Notfall eine Zündung der angeschlossenen Zündelemente (Squibs) einleiten. Dabei ist ein geforderter elektrischer Zündstrom für die beiden doppelt redundant ausgelegten Zündelemente für einen geforderten Mindestzeitraum über einem Mindestwert („all fire level“) zu halten. Die Zündung darf nur erfolgen, wenn sich die Flugzeugtür im Zustand „armed“ (Tür für Notöffnungssequenz vorbereitet) und „fully lifted“ (Tür vollständig angehoben) befindet. Beide Bedingungen müssen vom Anzündgerät überwacht und ausgewertet werden. Zusätzlich ist eine Funktionskontrolle der Zündelemente ohne Auslösung einer Notöffnungssequenz sicherzustellen. Der erforderliche Zündstrom muss sicher und unabhängig vom Zustand von bereits vorhandenen Energieversorgungseinrichtungen im Flugzeug oder von äußeren Einflussbedingungen in die Zündelemente eingepreßt werden können. Daher benötigt das Anzündgerät neben der Zustandsüberwachung und Anzeige zusätzlich Energiespeicher oder Energiezwischenspeicher.

2. Herausforderungen für ein Anzündgerät

Die Herausforderungen an das Anzündgerät sind wie für fast alle fliegende Teile erheblich. Neben den extremen Umweltbedingungen wie z. B. die Funktionsfähigkeit für einen erweiterten Temperaturbereich, hohe Druckschwankungen, Strahlenbelastung oder Alterung durch

Salznebel oder Pilzbefall dürfen Alterungserscheinungen keinen Einfluss auf die Funktionalität des Geräts haben. Eine besondere Herausforderung stellt die Energiespeicherung für mehrere Stunden nach Komplettausfall des Bordnetzes bei gleichzeitig begrenztem Platzbedarf dar. Um weitreichende Aussagen treffen zu können, wurden im realisierten Prototypen des Anzündgeräts gleichzeitig zwei verschiedene Speichertechnologien verfolgt.

3. Technik des Anzündgeräts

Im Rahmen von Vorabuntersuchungen wurden an einem ersten Muster die verschiedenen Speichertechnologien untersucht. Simulation, Aufbau und Messungen wurden im Labor Mechatronik der HAW wie in Abbildung 1 dargestellt durchgeführt und ergaben, dass die beiden Speichertechnologien in Form von

- Doppelschichtkondensatoren (Superkondensatoren)
 - Lithium-Polymer-Akkumulatoren
- grundsätzlich für die Aufgabenstellung geeignet sind.



Abb. 1 Untersuchungen am Anzündgerät im Labor Mechatronik der HAW

Zum praktischen Einsatz mussten anschließend noch einige Modifikationen am ersten Vorabmuster durchgeführt werden. So war zur EMV-Unterdrückung und Potenzialtrennung etwa noch ein Netzteil zu integrieren sowie das Spannungsniveau der Energiespeicher anzuheben.

4. Prototyp des Anzündgeräts

In Zusammenarbeit mit der Firma Eurocopter Deutschland wurden die mechanischen und elektrischen Schnittstellen zur Tür präzisiert und abgestimmt. Dadurch konnte ein einbaufähiger Prototyp des Anzündgeräts gemäß Abbildung 2

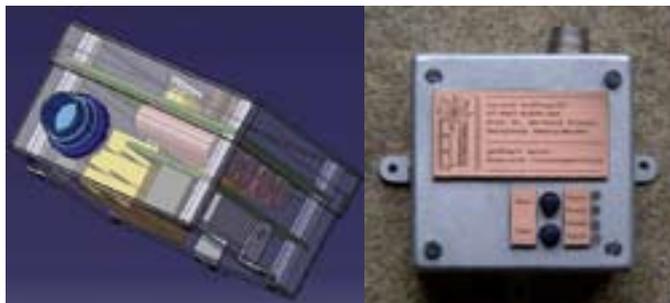


Abb. 2 Anzündgerät (CAD-Modell und Prototyp)

entwickelt werden, der allen spezifizierten Anforderungen entspricht.

5. Einwicklung eines STTE

Zur Durchführung von Messungen am Prototypen des Anzündgeräts wurde ein spezielles Testgerät (STTE = Special Test Type Equipment) gemäß Abbildung 3 entwickelt und aufgebaut. Dadurch können Tests und Messungen am Anzündgerät auch ohne Einbau des Anzündgeräts in die Flugzeugtür vorgenommen werden. Die TestBox besteht aus:

- 2x Taster zur Simulation des Schaltsignals „Armed“
- 2x Taster zur Simulation des Schaltsignals „Fully Lifted“
- 2x eingebaute Widerstände zur Simulation der Zündelemente
- 1x Schalter zum Trennen der eingebauten Widerstände
- 4x Anschlüsse (4 mm Bananenbuchse) zur Spannungsmessung oder zum Anschluss externer Zündelemente

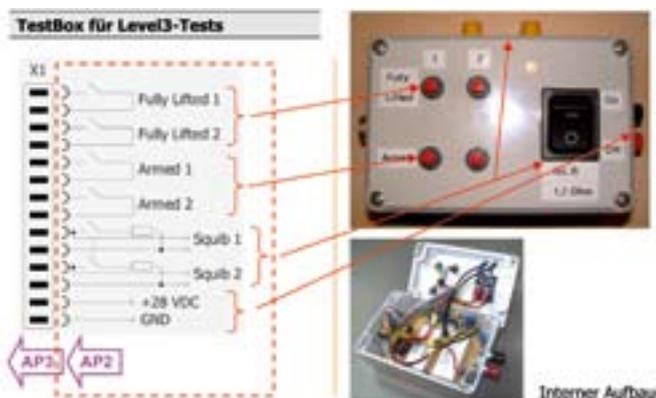


Abb. 3 TestBox mit Verdrahtungsplan

Um das Anzündgerät auch ohne Zündelemente gefahrlos testen zu können, wurden Widerstände zur Simulation mit gleichen Widerstandswerten eingebaut. Diese können über einen eingebauten Schalter hinzu- oder weggeschaltet werden. Zusätzlich wurden Abgriffe angebracht, die wahlweise den Anschluss externer Zündelemente oder von Messgeräten zur Aufzeichnung z. B. der Zündstromverläufe erlauben. Dadurch bietet die Testbox höchste Flexibilität zum Test auch ohne Tür (sog. Level-3-Tests).

6. Messungen am Prototypen

Im Rahmen der Untersuchung des entwickelten Prototypen wurden verschiedene Messungen an den getrennt aufgebauten Akkumulator- und Superkondensatorbänken (A-Kanal und C-Kanal) durchgeführt. So wurden etwa die

Zündstromverläufe von A- und C-Kanal sowie die Selbstentladung der Superkondensatorbank aufgezeichnet. Letztere dient zur Sicherstellung der Zündbereitschaft auch nach mehreren Stunden nach Ausfall der Bordspannung. Hierzu wurde die Spannung an einer voll geladenen Kondensatorbank über 25 h gemäß Abbildung 4 aufgezeichnet. Diese sank um etwa 7 %, wodurch auch nach mehreren Stunden eine Zündung des Squibs sichergestellt ist.

7. Ergebnisse

Grundsätzlich sind sowohl die Lithium-Polymer-Akkumulator-Technologie als auch die Doppelschichtkondensator-Technologie für den verwendeten Einsatzfall geeignet. Da jedoch die anfänglich befürchteten Selbstentladungsvorgänge an den Doppelschichtkondensatoren durch Simulation und Praxis nicht bestätigt wurden, sind diese grundsätzlich die geeignetere Wahl für ein Anzündgerät. Für deren Ladung und Lagerung ist nämlich ein deutlich geringerer Aufwand zu treiben als bei Lithium-Polymer-Akkumulatoren. Außerdem sind Doppelschichtkondensatoren weniger empfindlich hinsichtlich der Änderung von Umweltbedingungen wie z. B. großer Temperaturschwankungen [1] und haben ein höheres Leistungsgewicht. Zeigt eine von Eurocopter Deutschland noch durchzuführende Ausfallanalyse, dass eine Technologie alleine für die beiden Zündkreise hinreichende Sicherheit bietet, sind Doppelschichtkondensatoren für ein später zu entwickelndes Seriengerät sicherlich die erste Wahl.

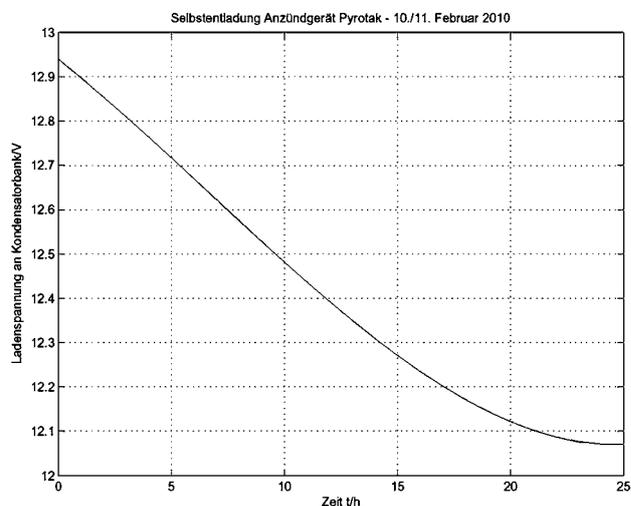


Abb. 4 Messung der Selbstentladung der C-Bank ohne Bordspannung

[1] Kurzweil P., Frenzel B.: Capacitance Characterization Methods and Ageing Behaviour of Supercapacitors, 15th International Seminar On Double Layer Capacitors, Conference Proceedings, 2005, Florida



Prof. Dr.-Ing. Bernhard Frenzel
 Mechatronische Systeme
 Fakultät Maschinenbau/Umwelt-
 technik
 Hochschule Amberg-Weiden
 Kaiser-Wilhelm-Ring 23
 92224 Amberg
 b.frenzel@haw-aw.de

Publizität und Transparenz in der Kirche

Prof. Dr. Bärbel Held, Prof. Dr. Friedrich Vogelbusch

Corporate Governance, Bürgerhaushalt, der Deutsche Corporate Governance Kodex,... sind nicht nur Schlagworte, sondern Antwort auf das schwindende Vertrauen der unter anderem durch die Öffentlichkeit, sind begleitet von Fragen nach Publizität, Transparenz, Organisation, Verwaltung und Beaufsichtigung.

Regeln zur Corporate Governance sind in Nachfolge großer Wirtschafts- und Bilanzskandale (Enron, Philipp Holzmann usw.) speziell in das Handels- und Gesellschaftsrecht der gewerblichen Wirtschaft aufgenommen worden. Gemeint ist damit die Intensivierung der Überwachung der Unternehmensleitung, die neben den internen Instanzen von den externen Überwachungsträgern durchgeführt wird. Im Blick ist damit aber auch die interdependente Beziehung zwischen der Corporate Governance, dem Financial Accounting sowie dem Business Reporting. Grundlegende Empfehlungen konnten durch das Transparenz- und Publizitätsgesetz (TransPuG) und durch den Deutschen Corporate Governance Kodex bereits (DCGK) transformiert werden. Im Bereich der gewerblichen Unternehmen hat sich in den vergangenen Jahren eine viel größere Offenheit und eine gelebte Transparenz ergeben. Grundsätzlich jede Kapitalgesellschaft veröffentlicht ihre Bilanz, Erfolgsrechnung und ihren Bericht über die tatsächliche Lage im Handelsregister, wo er uneingeschränkt für alle elektronisch einsehbar ist. Für den Bereich der kommunalen Unternehmen, die nach den Vorschriften der Landes-Gemeindeordnungen wirtschaften (z. B. Eigenbetriebe und Beteiligungsgesellschaften), und dem sogenannten „Dritten Sektor“ bleibt aber festzuhalten, dass es nur eine rudimentäre, gesetzlich definierte Publizität gibt. In diesem Artikel soll ergänzend der Blick auf die Transparenz speziell im Bereich der verfassten Kirche gerichtet werden. Denn auch kirchliche Körperschaften erheben Kirchensteuern als Zwangsabgaben, empfangen und verwenden Kollekten und Spenden. Da Kirchen zudem mit nicht unerheblichen finanziellen Mitteln wirtschaften, ergibt sich nach Ansicht der Verfasser die Pflicht, in puncto Publizität

und Transparenz bezüglich der Haushalte und Jahresabschlüsse nicht hinter der Entwicklung in der gewerblichen Wirtschaft zurück zu stehen.

Notwendigkeit der Transparenz

Im Bereich der gewerblichen Wirtschaft haben sich das Transparenzverhalten und die gewährte Offenheit bezüglich der Veröffentlichung der Jahresabschlüsse im letzten Jahrzehnt deutlich verändert. Im Zuge etlicher internationaler und nationaler Bilanzskandale (Enron, FlowTex, Philipp Holzmann usw.) wurden unter dem Schlagwort der Corporate Governance Kommissionen eingesetzt, die Vorschläge für eine verbesserte Geschäftsführung und Aufsicht unterbreiteten. Vom deutschen Gesetzgeber wurden diese Initiativen aufgegriffen und gesetzliche Regelungen verabschiedet, die zu verschärften Vorschriften der Rechenschaftslegung, Prüfung und Offenlegung führten. Die entsprechenden Gesetze hießen Gesetz zur Kontrolle und Transparenz in den Unternehmen (KonTraG) bzw. Transparenz- und Publizitätsgesetz (TransPuG).

Diesem verbesserten Transparenzverhalten können sich auch die anderen gesellschaftlichen Bereiche nicht entziehen. Im Bereich der Kirchen werden schon immer kritische Fragen zu Finanzen und dem Vermögen gestellt. Es gibt allerdings nur wenige Untersuchungen zu diesem Thema. Vor vierzig Jahren verfasste Klaus Martens eine Monografie zum Thema „Wie reich ist die Kirche?“¹. Aus jüngerer Zeit ist auf die Studie von Carsten Frerk aus dem Jahre 2002 hinzuweisen². Frerk trägt neben den laufenden Einnahmen und Ausgaben Statistiken und Schätzwerte für das kirchliche Vermögen (z. B. Grundbesitz und Immobilien) zusammen. Für die Medienpräsenz und die Ehrenamtlichen und Zivildienstleistenden werden Leistungen in „Geldwert“ geschätzt. Basis sind Werte aus den Jahren 1998–2001. Dabei berücksichtigt er neben der eigentlichen verfassten Kirche auch die kirchlichen Einrichtungen und Werke (wie das Diakonische Werk und die Caritas) und Unternehmen, Stiftungen und Werke, die finanziell als Beteiligungen den Kirchen gehören oder personell durch „Kir-

chenfunktionäre“ geleitet werden. Trotz einiger kritischer Zwischentöne, insbesondere im wertenden Kapitel 26 „Fazit“, die aus der Verhaftung von Frerk im Gewerkschaftsbereich stammen, ist die Studie von Frerk eine differenzierte Bestandsaufnahme, die ihresgleichen sucht. Positiv zu würdigen ist, dass Frerk die Verschiedenartigkeit der Evangelischen und Katholischen Kirche berücksichtigt. In diesem Beitrag soll jedoch nicht weiter auf die Datenlage für die Einnahmen und Ausgaben und das Vermögen der Kirchen eingegangen werden, wie es die Studie von Frerk beabsichtigt hat. Stattdessen richtet sich das Augenmerk auf das „System der Transparenz“, also die verschiedenen Kanäle, über die derzeit für Publizität und Transparenz im kirchlichen Finanzbereich gesorgt wird.

In den Ausgaben 03/2008 bis 04/2008 der KVI hat Friedrich Vogelbusch über die Transparenzüberlegungen im Bereich der Freien Wohlfahrt berichtet. Für Wohlfahrtsverbände sind Prüfungen durch verschiedene Agenten und Rechnungslegungs-, Prüfungs- und Publizitätsvorschriften zu benennen, die für ein gesichertes Niveau an Publizität und Transparenz sorgen.

Ebenso wie die Kirchen steht auch der Non-Profit-Sektor (NPO) mit seinen Einrichtungen vor großen wirtschaftlichen und strukturellen Herausforderungen. Der Begriff Freie Wohlfahrt ist hier zu verstehen in seiner Einteilung als private, freigemeinnützige und öffentliche Wohlfahrt und damit im Zusammenhang mit dem Begriff der Non-Profit-Organisation zu verwenden. Dies bezieht sich vor allem auf die Optimierung seiner Leistungsfähigkeit und die Verbesserung seiner Organisationsstruktur.

Speziell gilt dies für den in diesem Aufsatz fokussierten Bereich der Kirche. Beide großen deutschen Volkskirchen stehen vor großen strukturellen und ökonomischen Problemen. Als ursächliche Faktoren sind hier in erster Linie zu nennen

- Zunehmende Säkularisierung
- Mitgliederschwund in den Kirchen
- Rückgang der Kirchenbindung
- Geringes Vertrauen in die Institution Kirche
- Das Schwinden der finanziellen Basis bedingt durch rückläufige Kirchensteuereinnahmen.
Letztere wiederum lassen sich auf folgende Faktoren zurückführen:
- Reduktion der als Bemessungsgrundlage für die Kirchensteuer relevanten direkten Steuern
- Kirchenaustritte, dem Demografiefaktor geschuldet

- Finanzielle Last durch den hohen Sanierungsbedarf des Immobilienbestands
- Rückgang der Einkommenssteuer durch Auswirkungen der weltweiten Wirtschaftskrise

An der Bewältigung dieser Probleme wird in den kommenden Jahren zu arbeiten sein. Nicht zuletzt eine verbesserte Publizität und Transparenz (nach außen) sowie eine verbesserte Information aus dem Rechnungswesen (nach innen) sind nach Meinung der Verfasser erforderlich, um eine zielorientiertere Gestaltung der kirchlichen Arbeit sowohl im Haushaltsplan als auch im Rechenschaftsbericht zu ermöglichen. Wie sehen nun die Publizität und die Rechnungslegungstransparenz nach innen im Bereich der Kirche aus?

Grundlegend für die Transparenz der Kirchen ist zum einen die Finanzierung der kirchlichen Arbeit über die Kirchensteuer. Die Erhebung von Zwangsabgaben (Steuern) findet im staatlichen Bereich eine organisatorische Entsprechung darin, dass – zumindest im evangelischen Bereich – Parlamente (Synoden, Kirchenvorstände, Presbyterien) über die Kirchensteuer-Einnahmen und deren Verwendung mitentscheiden. Insoweit besteht im Vorfeld des Haushaltsvollzugs durch die kirchliche Verwaltung eine parlamentarische Kontrolle über die Vorhaben der Exekutive. Für die eingesetzten Mittel (neben Kirchensteuern sind dies auch Kollekten, Spenden bzw. Zuschüsse anderer kirchlicher und staatlicher Institutionen) sind Verwendungsnachweise zu erstellen.

Für die Landeskirchen, die Vereinigte Evangelisch-Lutherische Kirche Deutschlands (VELD), die Union Evangelischer Kirchen (UEK) und der Evangelischen Kirche in Deutschland (EKD) gilt: Es sind im Vorfeld des Haushaltsjahres Haushaltspläne als Kirchengesetze zu veröffentlichen. Nach Abschluss des Geschäftsjahres ist ein Jahresabschluss der Synode offenzulegen. Für die Mitbestimmung der gewählten Synodalen ist besonders wichtig, dass im Vorfeld der Haushaltsbeschlüsse eine öffentliche Debatte stattfindet, bei der Einfluss genommen werden kann. Wie in anderen parlamentarischen Systemen findet darüber hinaus eine nicht unwesentliche Einflussnahme über die Finanzausschüsse der Kirchenparlamente (Synoden) statt, die im Vorfeld der Haushaltsberatung tagen. Trotzdem muss aber auch den Kirchen ein Steuerungsdefizit nachgesagt werden. Dieser lässt sich vor allem auf folgenden Feldern feststellen³:

Entscheidungsstruktur/-kultur	Sonstiges
<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende verbindliche operationalisierte und damit messbare Zielvorgaben • Fehlende Schwerpunktsetzung • Konfliktvermeidungsstrategien • Ablehnen von Erfolgskontrollen • Fehlende definierte Verantwortlichkeiten • Keine Rechenschaftslegung hinsichtlich Umsetzung/ Konsequenzen der Beschlüsse 	<ul style="list-style-type: none"> • Inputorientierung (Mittel sind wichtiger als das Ergebnis) • Finanzmittel statt Ressourcenüberwachung • Ausgeglichener Finanzhaushalt geht vor Substanzerhalt • Defizite in der Angebotssteuerung • Fehlende Kenntnisse über betriebswirtschaftliche Steuerungsinstrumente

Abbildung 1: Steuerungsdefizite der Evangelischen Kirche

Quelle: in Anlehnung an Strehl (2009)

Damit verbunden sind die Herausforderungen an das kirchliche Finanzwesen. Festzuhalten gilt, dass das Budgetrecht das vornehmste und höchste Recht auf finanziellem Gebiet ist, das den Synoden auf gemeindlicher, Kreis-, Landes- und Bundesebene zusteht. Damit verbunden ist das Recht, durch geeignete Organe (z. B. RPA, den Rechnungsprüfungs- bzw. Haushaltsausschuss) den Haushaltsvollzug zu überwachen. Fraglich ist jedoch, ob die hierfür nötigen Informationen, die benötigte Transparenz mit der bisherigen Kameratechnik und der damit verbundenen Gestaltung des Rechnungswesens gegeben werden können. Kann mittels der Information aus der Haushaltssystematik ersehen werden, welche Handlungsfelder vorhanden sind? Ist veröffentlicht, welche Maßnahmen und Aktivitäten konkret geplant sind, welche damit verbundenen Ziele erreicht werden sollen, was diese Aktivitäten kosten?

Die geforderte verbesserte Transparenz hat grundsätzlich zwei Aspekte zu erfüllen:

- **Transparenz nach außen:** Darstellung in der Öffentlichkeit, welche Aufgaben, welches Vermögen und welche Verpflichtungen die Kirche trägt und wie sie hierüber Rechenschaft ablegt.
- **Transparenz nach innen:** Entscheidungsrelevante Daten müssen für kirchliche Gremien und Personen auf allen Ebenen in adäquater Weise bereitgestellt werden.

Transparenz im Sinne „Durchsichtigkeit, Klarheit und Vertrauen“ als der sogenannte „Wechselkurs des Dritten Sektors“ (britischer National Council of Voluntary Organisations) sind besonders aktuell diskutierte Begriffe nicht nur im Kontext der Finanzmarktkrise. Spenden sammelnde kirchliche Organisationen müssen sehen, dass sie selber transparent handeln und das Vertrauen der Spender

erhalten. Die Bundesregierung ist bisher der Auffassung, dass die Rechnungslegungs- und Publizitätspflichten für Stiftungen und gemeinnützige Vereine nicht zu verschärfen sind. Derzeit ist nicht beabsichtigt, über die bereits bestehenden Regelungen im Publizitätsgesetz hinaus gesetzliche Regelungen zu verabschieden. Die Bundesregierung weist zudem auf die derzeit ausgebaute Selbstregulierung der Non-Profit-Organisationen hin: „Freiwillig veröffentlichte Jahresrechnungen oder Jahresabschlüsse und Geschäftsberichte schaffen Transparenz, wenn sie aussagekräftig, vergleichbar und verlässlich sind, weil sie nach einheitlichen Standards erstellt und von unabhängigen Stellen geprüft wurden. Dies gilt insbesondere dann, wenn sich eine ausreichend große Anzahl von Non-Profit-Organisationen zu solchen Maßnahmen verpflichtet, die veröffentlichten Informationen von unabhängigen Stellen gesammelt und der Öffentlichkeit zusammengefasst einfach zugänglich zu machen. Auch die Zertifizierung von Non-Profit-Organisationen durch kompetente unabhängige Stellen, wie z. B. die Erteilung des Spenden-Siegels durch das DZI, macht den Gemeinnützigkeitssektor für die Öffentlichkeit transparenter“ (Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage der FDP-Fraktion, BT DS 2008 16/8325).

Für die Frage, wie ein optimales System der Transparenz für die Kirche gestaltet werden kann, soll in diesem Aufsatz zunächst ein Blick auf das System der Transparenz im Bereich der Freien Wohlfahrt geworfen werden, da im Dritten Sektor z. T. ähnliche Rahmenbedingungen gelten wie in der Kirche. Das System der Transparenz im Bereich der Freien Wohlfahrt setzt sich aus Prüfungen durch verschiedene Agenten und aus Rechnungslegungs-, Prüfungs- und Publizitätsvorschriften zusammen.

Bestandteil des Systems der Transparenz	Transparenz in der Freien Wohlfahrt	Transparenz in der Kirche
Prüfungen		
Prüfungen durch Register	Körperschaften des privaten Rechts werden durch die Finanzverwaltung bei Gründung durch Vereinsregister/Stiftungsverzeichnisse/Handelsregister	selten/Randgebiet: kirchliche Stiftungsaufsicht bei kirchlicher Stiftung
Prüfungen durch die Finanzverwaltung	gemeinnützige Körperschaften des privaten Rechts werden durch die Finanzverwaltung bei Gründung und alle drei Jahre im laufenden Betrieb geprüft.	selten/Randgebiet: kirchliche Körperschaften des privaten Rechts werden durch die Finanzverwaltung bei Gründung und alle drei Jahre im laufenden Betrieb geprüft
Zuwendungsgeber	vorher: Antragsprüfung nachher: Prüfung des Verwendungsnachweises	analog
Siegel	bei Spendenfinanzierung	selten/Randgebiet: bei Spendenfinanzierung
Rechenschaftslegung		
Rechnungslegung, Publizität und Jahresabschlussprüfung	für prüfungspflichtige Körperschaften (GmbH, AG, HGB, PubliG): Rechnungslegung, Publizität und Prüfung, Ordnungsmäßigkeit der Geschäftsführung Freiwillig: Corporate Governance	Synoden prüfen die jährliche Rechnungslegung, Rechnungsprüfungsamt (RPA) prüft vor

Abb. 2: Vergleich der Transparenzsystembestandteile

Das System der unterschiedlichen Prüfungen lässt sich wie folgt hinsichtlich der Elemente bzw. Beteiligten darstellen:

1. Prüfungen der Vereinsregister/Stiftungsverzeichnisse/Handelsregister
2. Prüfungen der Finanzverwaltung
3. Prüfungen der Zuwendungsgeber
4. Prüfungen der gütesiegelverleihenden privaten/halbstaatlichen Organisationen

Die Prüfungen können zu Beginn der Tätigkeit (z.B. vor Anerkennung einer Organisation als steuerbegünstigte Körperschaft bzw. vor Eintrag ins Vereinsregister) bzw. während der Tätigkeit (laufende Prüfung der Finanzverwaltung anhand der Steuererklärungen und Rechenschaftsberichte) erfolgen. Zu den einzelnen Aspekten sei hier verwiesen auf Vogelbusch, 2008: Corporate Governance und Transparenz im NPO-Sektor.

Können die Überlegungen zum „System der Transparenz“ in der Freien Wohlfahrt auf die verfasste Kirche übertragen werden? In der folgenden Tabelle wird hierzu der gegenwärtige Standard als Vergleich zusammengetragen.

Publizität über kirchliche Haushalte

Bei der Publizität über kirchliche Haushaltsansätze und Jahresabschlussdaten stehen die verfassten Kirchen noch am Anfang. Eine passive Publizität ist in dem Sinne bei den evangelischen Kirchen festzustellen, als dass die Haushaltsbeschlüsse (Kirchengesetze) in öffentlichen Synodaltagungen erfolgen und von daher eine gewisse Publizität gegeben ist, z. B. kann das Kirchengesetz des EKD-Haushaltes 2010 im Internet wie folgt eingesehen werden: http://www.ekd.de/synode2009_ulm/beschluesse/beschluss_hh_plan_2010.html.

Darüber hinaus können für die Evangelische Kirche in Deutschland (EKD) die Einbringungsreden des Vorsitzenden des Finanzbeirates und des Haushaltsausschussvorsitzenden aus dem Internet heruntergeladen werden (http://www.ekd.de/synode2009_ulm/einbringung_kg_hh_plan_2010_winterhoff.pdf bzw. http://www.ekd.de/download/bericht_hh_plan_2010_vogelbusch.pdf). Der eigentliche Haushalt mit den Ansätzen (Anlagen zum Kirchengesetz) sind jedoch nur während der Synodaltagung einsehbar.

Für die aktive Publizität lässt sich aus den evangelischen Landeskirchen das Beispiel der Evangelischen Kirche in Hessen Nassau (EKHN) anführen. Seit einigen Jahren erstellt die EKHN einen 80-seitigen Jahresbericht, der über das Internet eingesehen werden kann (http://www.ekhn.de/inhalt/download/jahresbericht/08_09/alles.pdf). Demgegenüber sind die finanziellen Informationen, die die EKD über ihre Einnahmen und Ausgaben veröffentlicht, quantitativ und qualitativ weniger umfangreich: Verwiesen werden kann in diesem Zusammenhang auf das Internetangebot unter www.kirchenfinanzen.de. Beispielsweise können die wichtigsten Einnahme- und Ausgabenarten

zusammengefasst unter folgender Adresse eingesehen werden: http://www.ekd.de/kirchenfinanzen/assets/kirchensteuern_und_finanzen.pdf

Outputorientiertes kirchliches Rechnungswesen

Es reicht aber nicht, die Prüfer zu benennen. Die Kritik, die hier zu äußern ist, betrifft die Informationen, die das derzeitige kirchliche Rechnungswesen auf Basis der Kameralistik liefert. Durch die Orientierung auf den Input als reinen Geldfluss werden nötige erforderliche Informationen für die ganzheitliche Steuerung mit Blick auf die Ergebnisse kirchlichen Handelns nicht geliefert. Im gegenwärtigen Rechnungswesen fehlen eine Vermögens- und Schuldenaufstellung in Form einer Bilanz, in der aber auch die verborgenen Lasten, z. B. im Bereich der bebauten Grundstücke (Sanierungsbedarf), Kunstgegenstände (Werterhaltung) und Pensionen, um nur einige Positionen aufzuzeigen, dargestellt sind, die in einer kameralen Jahresabschlussrechnung, in der alle geflossenen Einnahmen und Ausgaben erfasst sind, und einer Vermögensaufstellung, die nur für ausgewählte Vermögensgegenstände aufgestellt wird, nicht zu finden sind. Die Prüfung des Rechnungsprüfungsamtes basiert auf den Darstellungen im Haushalts- und Stellenplan, den Haushaltsüberwachungslisten und der Rechenschaftslegung in Form des Jahresabschlusses. Hier wird insgesamt aber nur gezeigt, was bereits ausgegeben wurde und was aufgrund des Budgetansatzes hätte noch ausgegeben werden können. Die Darstellung des tatsächlichen Ressourcenverbrauchs, auch für den Werteverzehr in Form der Abschreibungen, Rückstellungen für unterlassene Instandhaltungen wie auch die „Altlasten“ (Pensionen) steht nicht im Fokus dieses Instruments.

Der Übergang im kirchlichen Rechnungswesen zur sogenannten Drei-Komponenten-Rechnung, bestehend aus Bilanz, Ergebnisrechnung (Gewinn- und Verlustrechnung) und der Kapitalflussrechnung als integriertes Rechnungswesen, kann dieses Defizit ausgleichen. Nicht nur die Darstellung der tatsächlichen Ertragslage, der tatsächlichen Vermögens- und Schuldendarstellung sowie die Darstellung der Finanzlage sind Teil dieses Rechnungswesens, sondern der Jahresabschluss wird ergänzt um die outputorientierte Darstellung. Handlungen, Aktivitäten, gekoppelt mit Informationen zu deren Kosten (kalkuliert und nachkalkuliert wird dies mithilfe einer Kostenrechnung), und Kennzahlen, die Auskunft über die Zielerreichung geben, können in Soll-Ist-Vergleichen ausgesteuert werden. Mitsprachen und Mitentscheidungen werden dadurch transparent und überhaupt erst möglich. Es wird nicht um die Ausgabe einzelner Kostenblöcke diskutiert, sondern Budgetvergabe und Budgetdiskussion können jetzt konkret gekoppelt werden an Ziele, Handlungen und Aktivitäten. Die folgende Tabelle stellt dies noch einmal in Form der Gegenüberstellung von Zieltransparenz und der Zielpartizipation dar. Der Haushaltsbeschluss ist damit die eigentliche Mitwirkungsmöglichkeit.

<p>Ziel: Partizipation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktive Teilnahme auf breiter Basis und Mitbestimmung der Gemeindeglieder über Maßnahmen zur Zielerreichung, zu den Investitionsnotwendigkeiten, Substanzerhaltungsmaßnahmen • Beteiligung findet im Vorfeld des eigentlichen Haushaltsvollzugs sozusagen bereits auf legislativer Ebene statt. Voraussetzung hierfür: outputorientierte Budgetierung und Haushaltsplanung auf Leistungsebene • Die Synoden/Kirchenvorstände sollen das Etatrecht optimal wahrnehmen können, daher ist die Planungskomponente „Haushalt“ mit Ergebnisorientierung nötig 	<p>Ziel: Transparenz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einblick in tatsächliche Vermögensverhältnisse, Altlasten und Substanzerhaltungsnotwendigkeiten, Rücklagen und Rückstellungen • Einblick in geplante Ziele, konkret heruntergebrochen in Aktivitäten, Leistungen, deren Kosten und Qualitäten • Die bereite Öffentlichkeit soll Einblick nehmen können und mitentscheiden. Dafür müssen aber die Informationen auch für „Dritte“ verständlich und übersichtlich aufbereitet sein • Haushaltsbuch, in dem Ziele, Maßnahmen, Kosten, Sollkennzahlen aufgenommen sind
--	---

Abb. 3: Verbesserte Transparenz macht Partizipation möglich

Es geht also nicht um die formale Umstellung des kameralen Rechnungsstils auf den kaufmännischen Rechnungsstil (in Form der erweiterten Kameralistik oder der Doppik), wie bereits in der Grundordnung der EKD am 23.06.2006 im Artikel 9d beschlossen, oder der Einführung der KostenLeistungsrechnung und des Controllings an sich, sondern um die Nutzung eines outputorientierten, ressourcenorientierten, periodengerecht dargestellten Rechnungswesens, welches

- die Zielausgestaltung (Ziele, Maßnahmen, Kosten, Erfolgskennzahlen),
 - die Ergebnissteuerung (nicht formale Ergebniskontrolle sondern Controlling),
 - die Transparenz und Rechenschaftslegung und damit
 - die Mitbestimmungsmöglichkeit ermöglicht.
- Im Folgenden soll überblicksartig zusammengefasst werden, welche Richtlinien zur Ausgestaltung des Rechnungswesens hinsichtlich der Vermögensrechnung als Herzstück der Doppik vom EKD beschlossen wurden.

<p>Bilanzregeln</p> <p>einheitliches Gliederungsschema, einheitliche Bewertungsvorschriften, Anhang-Vorschriften, Eröffnungsbilanzregelungen, Verwendung spezieller kirchlicher Begriffe (z. B. Vermögensgrundstock statt Eigenkapital), getrennter Ausweis der Rücklagen</p> <p>Grundsätze für Finanzdeckung der Rücklagen, Rücklagenzuführungen und -entnahmen, Pflicht zur Bildung einer Substanzerhaltungsrücklage mit jährlicher Zuführung von wiedererwirtschafteten Abschreibungen</p> <p>Sonderposten: Ausweis der Lasten aus nicht erwirtschafteten Abschreibungen und unterbliebener Instandhaltung</p> <p>Differenzierung von Rückstellungen in finanz- und nicht-finanzgedeckte und Bildung von Aktivposten als Gegenstück</p> <p>Ansprüche an künftige Haushaltswirtschaft: Fehlbeträge sollen bevorzugt durch Überschüsse der nächsten Haushaltsjahre getilgt werden, getrennt ausweisen! Darlehensaufnahmen als zu erwirtschaftende Finanzierungslasten sind im Anhang auszuweisen Wahrung des Vermögensgrundstocks</p>

<p>Ergebnishaushalt und doppischer Vermögenshaushalt</p> <p>Fakultativ, war zunächst verpflichtend vorgeschrieben</p> <p>Haushaltsbuch oder Haushaltsplan (§ 10 Haushaltsordnung)</p> <p>Ergebnishaushalt (Kameral-Verwaltungshaushalt), Vermögenshaushalt, Stellenplan, Bilanz und „Risikobericht“ nach § 10 Abs. 3 HHO</p>
--

Abb. 4: Richtlinien zur Vermögensrechnung

Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft ein Schema für die Vermögensrechnung und den Ergebnishaushalt sowie eine Bilanz.

Kirchl. Bilanz/Vermögensrechnung	
Aktiva	Passiva
Anlagevermögen	Vermögensgrundstück
Finanzvermögen	Bilanzergebnis
Ansprüche an künft. HH	Rücklagen
Rechnungsabgrenzung	Sonderposten
	Rückstellungen
	Verbindlichkeiten
	Rechnungskosten
Ergebnishaushalt	
spezielle kirchliche Aufwendungen	spezielle kirchliche Erträge
sonstige Aufwendungen	sonstige Erträge
außerord. Aufwendungen	außerord. Erträge
Jahresergebnis	
Vermögenshaushalt	
Zuführung zu Rücklagen	Entnahme aus Rücklagen
Investitionsausgleichskonto	Investitionsausgleichskonto
Abbau von Ansprüchen an künftige Hauswirtsch.	Abbau von Ansprüchen an künftige Hauswirtsch.
Aktivzugang*/ Passivabgang	Aktivzugang*/ Passivabgang
Bilanzergebnis (Jahresergebnis und Vermögensergebnis)	

*Veränderungen der übrigen Bilanzkonten, z. B. von Anlagevermögen oder Verbindlichkeiten, werden hier aufgezeigt und an Bilanzkonten aufgelöst. Sie ändern das Bilanzergebnis insgesamt nicht.

Ev. Kirchspiel			
(Bilanz per 31.12.2007 mit bewerteten Kirchen)			
Aktiva/in Euro		Aktiva/in Euro	
A	Anlagevermögen	A	Vermögensgrundbestand Nettoposition
I	Immaterielle Vermögensgegenstände	I	Vermögensgrundstück 3.742.547
II	Nichtrealisierbares Sachanlagevermögen	II	Korrekturposten Vermögensgrundstück
1.	Unbebaute Grundstücke 4	1.	Ansprüche an die künftige Haushaltswirtschaft zur Deckung von Substanzerhaltsgrundlagen -1.859.531
2.	Bebaute Grundstücke 2.999,225	2.	Ansprüche an die künftige Haushaltswirtschaft zur Deckung von Rückstellungen
5.	Anlagen in Bau, geleistete Anzahlungen 1.071	III	Ergebnisvortrag 1.334
		IV	Bilanzergebnis 0
			1.884.350
III	Realisierbares Sachanlagevermögen	B	Rücklagen, Sonstige Vermögensbindungen
1.	Unbebaute Grundstücke, Erbbaugrundstücke 627.253	I	Rücklagen
2.	Bebaute Grundstücke 407.642	1.	Betriebsmittelrücklage
3.	Technische Anlagen und Maschinen 3.124	2.	Ausgleichsrücklage 3.124
4.	Einrichtung und Ausstattung 1.405	3.	Substanzerhaltungsrücklage 48.082
		II	Budgetrücklagen, Kollektion und weitere Rücklagen 75.150
		III	Zweckgebundene Haushaltsrate
			123.372
IV	Finanzvermögen	C	Sonderposten
1.	Finanzanlagen vom Vermögensgrundstück 123.553	II	Zweckgebundene Spenden, Vermächtnisse usw.
2.	Absicherung von Versorgungslasten 123.553	III	Erhaltene Investitionszuschüsse 215.288
4.	Sonstige Finanzanlagen und Ausleihungen 14.312	IV	Lasten aus unterbliebenen Instandhaltungen (Eröffnungsbilanz) und aus nicht erwirtschafteten Abschreibungen 1.859.531
	4.077.489		2.074.817
B	Umlaufvermögen	D	Rückstellungen
I	Vorrätig	I	Finanzierte Rückstellungen
II	Forderungen 5.229	1.	Versorgungsrückstellungen 215.288
III	Liquide Mittel	3.	Sonstige Rückstellungen 215.288
1.	Kurzfristig veräußerte Wertpapiere	II	Nichtfinanzierte Rückstellungen
2.	Kassenbestand, Bankguthaben, Schecks 7.544		0
	12.773	E	Verbindlichkeiten
		4.	Darlehensverbindlichkeiten 4.898
C	Aktive Rechnungsabgrenzungsposten		4.898
D	Nicht durch Vermögensbestand und Rücklagen gedeckter Fehlbetrag	E	Passive Rechnungsberechnungsposten 2.895
	Summe Aktiva 4.090.282		2.895
			Summe Passiva 4.090.282

Abb. 5: Vermögensrechnung, Ergebnishaushalt und Bilanzdarstellung

Offene Punkte in diesem Kontext sind unter anderem z. B. die Diskussion um die Abschaffung der Sonderposten oder die Frage, wie mit 1 EUR-Positionen in der Bilanz umzugehen ist (z. B. Kirchen und Kapellen). Vergleiche hierzu Marianek/Vogelbusch, KVI-Mitteilungen 2/2009.

Erweiterter Solidarpakt

Ein wichtiges Steuerungsinstrument auf binnenkirchlicher Ebene der Landeskirchen, das dazu dient, Insol-

venzen durch ein Frühwarnsystem zu verhindern, ist der erweiterte Solidarpakt, gemäß dem Beschluss der Kirchenkonferenz vom 22./23. März 2006. Aufgabe des neu eingeführten gegenseitigen Informationssystems ist es, die derzeitige und zukünftige wirtschaftliche Lage und Entwicklung sowie die hinter den finanziellen Zahlen stehenden Strukturen, z.B. der Gemeindeglieder und der besetzten Personalstellen, nach einem einheitlichen Schema in einen (internen) einheitlichen Bericht niederzulegen. Diese gegenseitige Information der Landeskirchen

untereinander ist ein Gegenstück zur gewährten Solidarität des kirchlichen Finanzausgleichs, mit dem finanzkräftige Landeskirchen ihre finanzschwächeren Schwesterkirchen unterstützen. Festgelegt sind die hier fachlichen Mindeststandards einer verantwortlichen Finanzplanung, die vor allem folgende Punkte beinhalten:

- A. Aufrechterhaltung der finanziellen Leistungsfähigkeit
- B. Kostenstruktur, insbesondere Personalkosten
- C. Liquidität und Rücklagen
- D. Verschuldung
- E. Sicherung der Versorgung

A. Aufrechterhaltung der finanziellen Leistungsfähigkeit	
A.1	Rollierende mittelfristige Finanzplanung (5 Jahre) mit mindestens folgenden Plankennzahlen: Kirchensteuerentwicklung, Preisindex, Gemeindegliederentwicklung, Ausgabenentwicklung und geplante Konsolidierungsmaßnahmen
A.2	Prognostische Entwicklungs-Annahmen für die nächsten 15–25 Jahre
A.3	Personalplanung und Finanzplan stehen im Einklang; die Gliedkirche verfügt über entsprechende Steuerungselemente
A.4	Abstimmung der Kennziffern und Prognosen mit Gliedkirchen in vergleichbaren Wirtschaftsräumen („Benchmarking“)
B. Gestaltung einer vertretbaren Kostenstruktur	
B.1	Angemessenes Verhältnis von Personal- zu Sachkosten
B.2	Kosten des Pfarrdienstes im Verhältnis zu den Kirchensteuern: Grenzwert 40 % (Referenzwert: derzeitiger Durchschnitt aller Gliedkirchen von 36 %)
C. Liquidität und Rücklagen	
C.1	Liquiditätssicherung durch angemessene Rücklagenbildung, um gleichmäßige Entwicklung der Gliedkirche sicherzustellen, in ihrer Höhe so beschaffen sein, dass eine allmähliche Anpassung der Ausgaben auf gesunkene Einnahmen in Höhe von 20 % des Ausgangsniveaus innerhalb von fünf Jahren ermöglicht wird.
C.2	Grenzwerthöhe: 100 % des durchschnittlichen jährlichen Kirchensteueraufkommens Östliche Gliedkirchen: Einbezug von Finanzausgleich und Staatsleistungen in die Basisberechnung
D. Schulden	
D.1	Grenzwert für valutierende Kreditbelastungen: 10 % des Kirchensteueraufkommens
D.2	Eventualverpflichtungen für Bürgschaften und Patronatserklärungen sind in ihrer Gesamtheit bekannt; Rücklagenbildung
E. Sicherung der Versorgung	
	Keine Übertragung wesentlicher Belastungen auf nachfolgende Haushalte
	Zufinanzierungsquote als Ausdruck der notwendigen Zufinanzierungsabsicherung der Versorgungsempfänger aus Haushaltsmitteln soll 10 % der jährlichen Pfarrdienstkosten nicht überschreiten

Fazit

Publizität und Transparenz im Bereich der Kirche sind gewollt.

Passive Transparenz bzw. Publizität besteht in dem Sinne bei den evangelischen Kirchen, dass die Haushaltsgesetze öffentlich debattiert und beschlossen werden. Unterlagen aus der Haushaltsdebatte sind z. T. im Internet frei verfügbar. Darüber hinaus veröffentlicht die EKD seit 1953 eine Einnahmenübersicht und seit 1984 eine Finanzstatistik, aus der die laufenden Einnahmen und Ausgaben deutschlandweit zusammengetragen erkennbar sind. Die katholische Kirche veröffentlicht seit 1968 ihre Einnahmen aus Kirchensteuern⁴.

Für die aktive Transparenz bzw. Publizität lässt sich aus den evangelischen Landeskirchen das Beispiel der Evangelischen Kirche in Hessen Nassau (EKHN) anführen. Seit einigen Jahren erstellt die EKHN einen 80-seitigen Jahresbericht, der über das Internet eingesehen werden kann.

Im binnenkirchlichen Bereich sorgt der sog. Erweiterte Solidarpakt für eine Transparenz der evangelischen Landeskirchen untereinander. Hier wurde jüngst ein neues Berichtsschema geschaffen, das die derzeitige und zukünftige wirtschaftliche Lage und Entwicklung sowie die hinter den finanziellen Zahlen stehenden Strukturen transparent macht. Auf Basis dieser Transparenz ist eine gegenseitige Unterstützung im kirchlichen Finanzausgleich zur Unterstützung der finanziell schwächeren Landeskirchen möglich.

Transparenz in der Kirche ist aber auch notwendig, um den Mitgliedern der Synode und einer breiten interessierten Öffentlichkeit der Kirche die Handlungsinformationen und -instrumente in die Hand zu geben, um Mitgestaltung und Mitverantwortung durchführen und tragen zu können. Kernstück hierbei sind die Informationen, die aus einem neuen kirchlichen Rechnungswesen zur Verfügung gestellt werden. Die überall stattfindende Diskussion zur Einführung des ressourcenorientierten Haushaltswesens sollte und darf sich nicht auf die Formalfrage des Rechnungsstils „erweiterte Kameralistik oder Doppik“ beschränken. Wichtig ist, dass die derzeitigen Steuerungsdefizite, die auch ursächlich im geldwesenorientierten kameralistischen System verankert sind, beseitigt werden.

Darüber hinaus sind transparente Führungs- und Aufsichtsstrukturen zu sichern. Best-Practice-Beispiele gibt es bereits viele, diese können sowohl aus dem kommunalen Umfeld⁵ als auch als Benchmarking-Ansatz aus dem Vorgehen zur Transparenz der Caritas und der Römisch-Katholischen Kirche gezogen werden. Zu nennen an dieser Stelle sei beispielhaft die vom Deutschen Caritasverband e. V. und Diakonischen Werk der Evangelischen Kirche in Deutschland e. V. in Zusammenarbeit mit der Solidaris bereits 2000 erstellten Arbeitshilfe „KonTraG, TransPuG, DCGK – Auswirkungen auf die Arbeit von Geschäftsfüh-

rungen und Aufsichtsgremien gemeinnütziger Organisationen“ mit Hinweisen, Vorschlägen und Anregungen für alle Träger von Einrichtungen und Diensten. Weiter zu nennen die Empfehlung des Deutschen Caritasverbandes „Soziale Einrichtungen in katholischer Trägerschaft und wirtschaftliche Aufsicht“ zur Übernahme der Corporate-Governance-Regeln aus dem Bereich der gewerblichen Wirtschaft (vgl. Arbeitshilfe 182, 2004). Gefordert wird hier u.a. ein unabhängiges, qualifiziert besetztes Aufsichtsgremium, der Nachweis der Aufsichtstätigkeit, der Nachweis des Testats der Jahresabschlussprüfung und die Trennung zwischen Geschäftsführung und Aufsicht sowie die Prüfungsrichtlinie für die Jahresabschlussprüfung kirchlicher Einrichtungen und Zuwendungsempfänger, die Kirchensteuer, Spenden oder öffentliche Mittel verwalten und verwenden und für Wirtschaftsbetriebe, an denen die Kirche mehrheitlich beteiligt ist. Eine spezielle Form der freiwilligen Transparenzverpflichtungen im Bereich der Diakonie stellen die Regelungen zur erweiterten Prüfung der Ordnungsmäßigkeit der Geschäftsführung dar: 2001 in

Bayern und 2002 in Sachsen⁶. Eigens auf die Bedürfnisse der Wohlfahrtsverbände abgestellt ist der „Corporate Governance Kodex der Diakonie“ zu nennen⁷. Am 22. Juni 2009 hat die Vollversammlung des Verbandes der Diözesen Deutschlands diese Prüfungsrichtlinie erlassen, sie ist ab dem 1. Januar 2010 anzuwenden für alle, die Zuwendungen → 500 TEUR p. a. empfangen und deren Haushalt → 5 Mio. EUR beträgt. Anzuwenden ist diese auch für den Deutschen Caritasverband und seine Einrichtungen bei mittelgroßen Einrichtungen i. S. d. HGB.

Insgesamt gesehen zeigt sich – insbesondere in den letzten Jahren – im kirchlichen Bereich eine Entwicklung hin zu mehr Transparenz und Publizität. Der Anschub stammt aus dem Umfeld der gewerblichen Unternehmen (Gesetz zur Transparenz und Kontrolle in den Unternehmen, Transparenz- und Publizitätsgesetz), aus dem Bereich der Freien Wohlfahrt, aber nicht zuletzt auch aus dem kirchlichen Bereich selbst.

Anmerkungen

- ¹ Klaus Martens (1969) *Wie reich ist die Kirche? Versuch einer Bestandsaufnahme in Deutschland*, 2. Auflage, Moderne Verlags GmbH, München, 213 Seiten. Das Buch Horst Herrmanns (1990) *Die Kirche und unser Geld – Daten, Tatsachen, Hintergründe*, Verlag Rasch und Röhning, Hamburg, 272 Seiten ist äußerst kritisch im Bezug auf die Katholische Kirche, die Veröffentlichung von Gerhard Besiers (1997) *Konzern Kirche – Das Evangelium und die Macht der Kirche*, Hänssler-Verlag, Neuhausen-Stuttgart, 258 Seiten, befasst sich schwerpunktmäßig mit der Evangelischen Kirche und ihren innerorganisatorischen Problemen.
- ² Carsten Frerk (2002) *Finanzen und Vermögen der Kirchen in Deutschland*, Alibri-Verlag, Aschaffenburg, 435 Seiten.
- ³ Clemens Strehl (2009) *Die Chancen und Grenzen betriebswirtschaftlicher Steuerungsinstrumente in der Evangelischen Kirche*, Diplomarbeit, Uni Dortmund
- ⁴ Alle Jahresangaben zu den kirchlichen Statistiken sind Frerk (2000), aaO, Kap. 2 und 5 entnommen.
- ⁵ Vgl. Rudolf X. Ruter, Karin Sahr, Georg Graf Waldersee, Hrsg. (2005) *Public Corporate Governance*, Gabler Verlag, Wiesbaden.
- ⁶ Siehe hierzu die Richtlinie für die Prüfung der Ordnungsmäßigkeit der Geschäftsführung gemäß § 7 Abs. 5 Buchstabe h der Satzung des Diakonischen Werkes der Ev.-Luth. Landeskirche Sachsens e. V. in der Fassung vom 1. Januar 2006, Radebeul 2006.
- ⁷ Corporate Governance Kodex der Diakonie, in *Diakonie Korrespondenz*, 2005.

Prof. Dr. Friedrich Vogelbusch
Evangelische Hochschule Dresden



Prof. Dr. Bärbel Held
Hochschule Amberg-Weiden
Fakultät Betriebswirtschaft
Betriebliches Rechnungswesen/
Allgemeine Betriebswirtschaftslehre
b.held@haw-aw.de
Foto: privat

Verschleiß- untersuchungen an Gleitflächen- beschichtungen in Spritzguss- werkzeugen

**Prof. Dipl.-Ing. Jochen Hummich,
Dipl.-Ing. (FH) Josefa Lobinger**

Die Aufgabenstellung

Verschleiß an Maschinen verursacht in Deutschland jährlich Schäden in Höhe von rund 35 Milliarden Euro. Verschleiß ist hierbei definiert als „fortschreitender Materialverlust aus der Oberfläche eines festen Körpers, hervorgerufen durch mechanische Ursachen, d. h. Kontakt und Relativbewegung eines festen, flüssigen oder gasförmigen Gegenkörpers“ (DIN 50 320).

Die Mechanismen, die zur Zerstörung führen, sind im Wesentlichen:

- Adhäsiver Verschleiß bei hoher Flächenpressung der Oberflächen (flächig)
- Korrosion der Oberflächen z.B. auch durch Bildung von Oxidschichten
- Oberflächenzerrüttung durch Wechselbelastungen
- Abrasiver Verschleiß durch mechanischen Abtrag (im Gegensatz zum adhäsiven Verschleiß durch Ritzen der Oberfläche)

Möglichkeiten, Bauteile vor Verschleiß zu schützen, sind die Verwendung von Schmierstoffen zur Reduzierung der Haftung und Reibung oder die Erhöhung der Oberflächenhärte durch geeignete Wärmebehandlungen bzw. Beschichtungen (z.B. Nitrieren).

Insbesondere in Bereichen, in denen eine Schmierung nicht möglich ist, sind Verschleißschutzschichten von besonderer Bedeutung.

Bei Werkzeugen für Kunststoffformteile bringt der Einsatz von Beschichtungen folgende Vorteile:

- Minimierung der Produktionskosten aufgrund längerer Standzeiten
- Höhere Produktionsauslastung
- Geringerer Instandhaltungsaufwand, längere Lebensdauer
- Geringere Entformungskräfte

- Höhere Entformungsgeschwindigkeiten
- Schmierung kann reduziert bzw. ganz weggelassen werden
- Einsatzmöglichkeiten im Reinraum (schmiermittelfreier Betrieb)

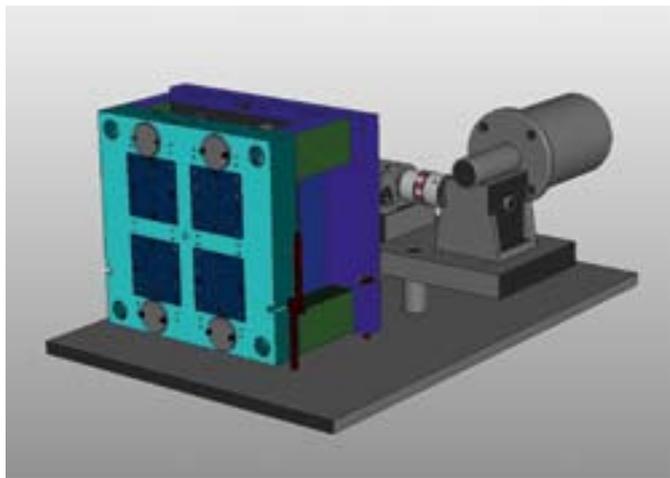
Bisher wurden schon eine Vielzahl von Beschichtungen probiert, allerdings in den seltensten Fällen der Einfluss der Systemparameter wie Form und Material von Grund- und Gegenkörper, Temperatur sowie Dauer der Bewegung systematisch untersucht.

Im Rahmen dieses Projektes für die Fa. Gerresheimer Regensburg GmbH sollten bereits bestehende Beschichtungsvarianten für Auswerfer und Schieber in einem Dauerprüfstand getestet werden, der die realen Belastungen in einem Spritzgusswerkzeug so genau wie möglich nachstellt.

Im direkten Vergleich wurde anschließend ein Resümee über die Verschleißfestigkeit und Reibeigenschaft der einzelnen Beschichtungssysteme untereinander bzw. hinsichtlich des Herstellers gezogen. Je nach Art und Verwendungsdauer der einzelnen Werkzeuge (Prototypen-, Vorserien-, Serienwerkzeug) können dann gezielt die Komponenten gewählt werden, ohne einen großen Kostenfaktor zu riskieren. Neben den Beschichtungen sind sowohl die Werkstoffpaarungen als auch die jeweiligen Einbau- und Herstellungstoleranzen von Bedeutung. Ziel der Projektarbeit war es, eine konkrete Aussage über die Lebensdauer der jeweiligen Beschichtungstypen bei einem konkreten Anwendungsfall treffen zu können.

Der Prüfstand

Im Rahmen einer Konstruktionsarbeit des 7. Semesters Maschinenbau, Schwerpunkt Kunststoffverarbeitungstechnik wurde im Sommersemester 2008 unter Leitung des Kollegen Prof. Amann ein Prüfstand nach Vorgaben der Gerresheimer Regensburg GmbH konstruiert und aufgebaut.



CAD-Darstellung des Prüfstandes

Der Prüfstand besteht aus einem Teilformaufbau mit einer Aufspannplatte, Auswerferplatte und einer Zwischenplatte mit vier austauschbaren Formeinsätzen. Zur Darstellung der Zyklusbewegung wurde die Auswerferstange über einen Exzenter angetrieben. Der mögliche Hub beträgt 10 mm, die Hubzeit 1 s.

Für den Fall einer Störung durch Blockierung eines oder mehrerer Auswerfer wurde eine automatische Abschaltung durch einen Taster eingebaut.

Pro Formeinsatz können 8 Schräg auswerfer, 16 Auswerfer mit einem Durchmesser von 1 mm und 28 Auswerfer mit einem Durchmesser von 5 mm geprüft werden. Die Gesamtzahl der Auswerfer, die gleichzeitig getestet werden können, beträgt somit 208.



links: Motor mit Exzenter, rechts: Zwischenplatte mit Formeinsätzen



Formeinsatz mit Auswerfern

Die Ergebnisse

Der Dauerlauf erfolgte als schmiermittelfreier Trockenlauf.

Insgesamt wurden 208 Auswerfer mit 6 Beschichtungen und 24 Materialpaarungen getestet. Nach 5 Millionen Zyklen wurde der Prüfstand komplett

zerlegt und gereinigt, nach rund 10 Millionen Zyklen wurden die Auswerfer ausgebaut und gesichtet.

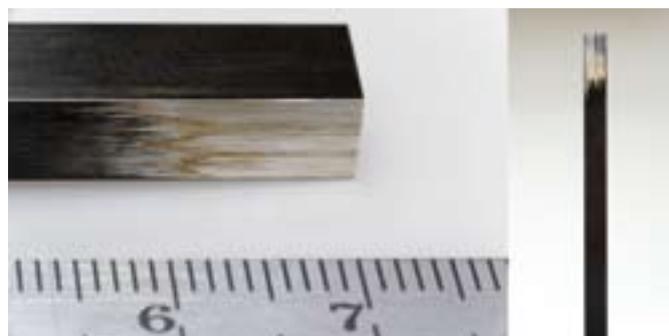
Für den Dauerlauf wurden Formeinsätze aus vier verschiedenen Stählen verwendet.

Die Schräg auswerfer bestanden aus zwei Stahlarten, die mit zwei verschiedenen Beschichtungen versehen waren. Von jeder Variante konnten pro Formeinsatz zwei Auswerfer getestet werden.

Bei den runden Auswerfern mit einem Durchmesser von 1 mm wurden je Formeinsatz 4 Varianten (3 Materialien mit unterschiedlichen Beschichtungen, ein Stahl ohne Beschichtung) getestet, bei den Auswerfern mit 5 mm Durchmesser, 7 Varianten (6 Materialien mit unterschiedlichen Beschichtungen, ein Stahl ohne Beschichtung)

Dabei wurden abhängig von Materialpaarung und Beschichtung folgende typische Fehler festgestellt:

Flächiger Abtrag:



Die Beschichtung wurde teilweise flächig einseitig abgerieben. Dieser Fehler trat bei unterschiedlichen Materialpaarungen und Beschichtungen auf.

Passungsrost:



Es trat Reibkorrosion auf (Passungsrost). Durch Abrieb entstandene Partikel korodieren im Spalt zwischen Formeinsatz und Auswerfer. Diese Fehlerart wurde nur bei den Auswerfern ohne Beschichtung gefunden.

Starker abrasiver Verschleiß:



Es trat furchiger Abrieb auf, hervorgerufen durch losgelöste Partikel, die sich in die Oberfläche eingruben. Teilweise fielen diese Auswerfer bereits während des Dauerlaufs aus. Dieses Fehlerbild war nicht auf eine Materialpaarung eingrenzbar.

Die Analyse der Auswerfer ergab weiter, dass eine Beschichtung während der Dauerprüfung unabhängig von der Materialpaarung keine oder nur geringe Abnutzungserscheinungen zeigte:



Anmerkung: Die sichtbare Markierung ist auf einen Beschichtungsfehler zurückzuführen und hatte keinen Einfluss auf das Ergebnis.

Das Fazit

Der Dauerlauf der Auswerfer lieferte eindeutige Ergebnisse.

Die Schrägäuswerfer, welche aufgrund des „Abstützens“ am Formeinsatz einer erhöhten Belastung unterliegen, zeigten, dass eine Beschichtung in Verbindung mit einer Stahlorte bei allen vier verschiedenen Formeinsatzstählen ohne Beeinträchtigungen lief. Selbst die Verwendung des gleichen Materials für Auswerfer und Formeinsatz,

eine Paarung, die nach den Regeln der Verschleißminimierung vermieden werden sollte, hatte aufgrund der Beschichtung keine negative Auswirkung. Dadurch konnte unser Projektpartner eine wesentliche Einsparung im Vergleich zu den bisher verwendeten Materialpaarungen erzielen, da bisher zur Sicherheit als Auswerfermaterial ein höherwertiger Werkzeugstahl verwendet wurde, um längere Laufzeiten garantieren zu können – ein höherwertiger Stahl führt bei einer zusätzlichen Beschichtung zu keinerlei Nutzen und schneidet im Vergleich zu dem günstigeren, weniger harten Material sogar schlechter ab.

Zusätzlich ist die Bearbeitung des Stahls mit der geringeren Härte einfacher, durch die geringeren Bearbeitungskosten ergibt sich somit ein weiteres Einsparpotenzial.

Als problematisch erwies sich die Krümmung der Rundauswerfer, die bereits bei einer Verformung in einer Größenordnung von wenigen Millimetern zu einseitigem Abrieb führte. Das Problem wurde durch die Beschichtung noch verstärkt. Hier ist eine engere Tolerierung bzw. eine genauere Auswahl nötig.

Der Temperatureinfluss auf das Verschleißverhalten wurde bei dem Dauerlaufversuch nicht berücksichtigt. Die Versuche wurden bei Raumtemperatur durchgeführt, während in der Praxis deutlich höhere Werkzeugtemperaturen gefahren werden. Hier kann sich ein völlig anderes Verschleißverhalten ergeben.

Insgesamt kann die Firma Gerresheimer Regensburg GmbH durch konsequenten Einsatz der richtigen Paarung Material/Beschichtung pro Jahr rund 165.000 Euro an Material und Wartungskosten einsparen und die Standzeit der Werkzeuge deutlich erhöhen.



Dipl.-Ing. (FH) Josefa Lobinger
Hochschule Amberg-Weiden
Foto: privat



Prof. Dipl.-Ing. Jochen Hummich
Fakultät Maschinenbau/Umwelttechnik
Kunststoffverarbeitungstechnik
j.hummich@haw-aw.de
Foto: privat



Produkte und Leistungen der SCHERDELGruppe

- Technische Federn/Umformtechnik
- Montage- und Fügetechnik
- Forschung und Entwicklung
- Produktionstechnik
- Oberflächentechnik

Beteiligen Sie sich am Erfolg eines zukunftssicheren, wertorientierten Familienunternehmens.

Für Studenten der Fachrichtungen:

- Elektrotechnik
 - Internationales Management
 - Maschinenbau
 - Mechatronik
 - Wirtschaftsingenieurwesen
- bieten wir interessante Themen für Praktika oder studentische Abschlussarbeiten, sowie die Möglichkeit einer beruflichen Entwicklung im Unternehmen.

Bei SCHERDEL arbeiten weltweit an 29 Standorten 3500 Mitarbeiter für viele Industriebranchen.

SCHERDEL GmbH
Scherdelstr. 2, D-95615 Marktredwitz
Tel. +49 (0)9231 603-0, info@scherdel.de
www.scherdel.de

SCHERDEL Gruppe
weltweit an 29 Standorten



SCHERDEL ist in vielen Bereichen der Automobilindustrie, Medizin- oder Elektrotechnik tätig. Vor allem in den verschiedenen Entwicklungsabteilungen ist man von Anfang an dabei, mit dem Kunden neue Produkte entstehen zu lassen.

Elisabeth Zschiedrich - tätig im Bereich Prototypenbau



Auf Grund des breitgefächerten Produktspektrums der **SCHERDEL** Gruppe ergeben sich vielfältige und interessante Aufgabenbereiche an in- und ausländischen Standorten.

Tobias Krisch, Dipl.-Wirt.-Ing. (Hochschule Amberg/Weiden) - tätig im Bereich Produktion



Die **FLACHGLAS Wernberg GmbH** ist Teil der FLACHGLAS Wernberg Gruppe und steht für sieben Jahrzehnte Kompetenz in der Glasveredelung. Als einer der führenden Glasveredler in Europa fertigen wir mit ca. 1000 Mitarbeitern auf modernen Fertigungsanlagen an den sechs Standorten der Gruppe in Deutschland und der Schweiz hochwertige Isolier- und Sicherheitsgläser. Wernberg ist mit 630 Mitarbeitern und einer hochkomplexen Fertigung der größte Standort. Einsatzgebiete für unsere Produkte sind spezielle Verglasungen für den Baubereich, für Schienenfahrzeuge und für Schiffe.

Hier übernimmt Glas inzwischen vielfältige Funktionen sowohl im Außen- als auch im Innenbereich. Dies sind einerseits ästhetische Elemente wie Farben, Muster oder Formen, andererseits auch gebäudetechnische Funktionen wie Energieeinsparung, Sicherheit und Sonnenschutz. Große Bauprojekte, Zugserien sowie exklusive Yachten und Schiffe stehen für die Kompetenz der FLACHGLAS Wernberg GmbH auf diesen Gebieten. Vor diesem Hintergrund sind umfassende Erfahrung und Fähigkeiten in allen Bereichen der Entwicklung und Verarbeitung von besonderer Bedeutung.

Für unseren zentralen Standort in Wernberg-Köblitz suchen wir zur Verstärkung unseres Teams

eine Nachwuchsführungskraft (Trainee) im Bereich Produktion / Technik (m/w)

Mit einem speziellen 2-jährigen Traineeprogramm bereiten wir Sie sorgfältig auf die Übernahme einer Führungsverantwortung in unserer Gruppe vor.

Sie durchlaufen ein intensives Qualifizierungsprogramm in dem Schwerpunktbereich Produktion/Technik und sämtlichen wichtigen zentralen Schnittstellenbereichen. Durch den Wechsel von Ausbildung und Projektarbeit lernen Sie die Organisation und die Abläufe kennen. Zusätzlich ergänzen Schulungen für bestimmte Schlüsselkompetenzen ihre fachliche und persönliche Qualifikation.

Unterstützung erhalten Sie durch einen Mentor und regelmäßige Feed-Back-Gespräche zu ihren Lernfortschritten.

Sie verfügen über sehr gute theoretische Kenntnisse auf Basis einer Hochschulausbildung als Ingenieur/Bachelor der Fachrichtung Maschinenbau/ Elektrotechnik oder Wirtschaftsingenieur. Gute Englischkenntnisse sowie den sicheren Umgang mit gängiger Software (Word, Excel, Power Point, ERP-Systeme) setzen wir voraus.

Sind Sie interessiert? Dann senden Sie uns bitte Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen.

Wir bieten auch Praktika und Diplomarbeiten an. Informieren Sie sich.

FLACHGLAS Wernberg GmbH

Personalleitung, Anton Schlögl • Nürnberger Str. 140 • 92533 Wernberg-Köblitz • Anton.Schlögl@flachglas.de • www.flachglas.de




Pilkington ist einer der weltweit größten Hersteller von Flachgläsern. Seit Juni 2006 sind wir Teil der NSG Group. Mit 36.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, Produktionsstandorten in 26 Ländern sowie Vertriebsaktivitäten in über 130 Ländern erwirtschaften wir einen Jahresumsatz von rund 7 Mrd. €.

Für unseren Standort **Weierhammer** suchen wir zur Verstärkung unserer Teams engagierte

Nachwuchs-Ingenieure (m/w)

die durch Einbindung in anspruchsvolle Projekte auf zukünftige Fach- und Führungsaufgaben vorbereitet werden sollen.

Wenn Sie nach Ihrem Studienabschluss der Fachrichtungen Maschinenbau/Elektrotechnik oder Wirtschaftsingenieurwesen Ihre Fähigkeiten zum innovativen Denken und konstruktiven Lösen von Aufgaben unter Beweis stellen wollen und wenn Sie außerdem über Selbständigkeit, Teamorientierung und gute Englischkenntnisse verfügen, dann sollten Sie sich bei uns informieren, welche interessanten Perspektiven wir Ihnen eröffnen können. Gerne gibt Ihnen Thomas Braun unter der Telefonnummer 09605 18220 Antworten auf Ihre Fragen.

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Reizt Sie die Tätigkeit in einem internationalen Konzern, der Ihnen beste Entwicklungschancen bietet? Dann senden Sie uns bitte Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen – elektronisch oder per Post.

Pilkington Deutschland AG
 Bereich Personal • Thomas Braun
 Flachglasstr. 3 • 92729 Weierhammer
thomas.braun@pilkington.de
www.pilkington.com



PILKINGTON
 A member of NSG Group




Appetit auf Entwicklung?

Mehr als 200 Mio. Menschen essen täglich in Hotels und Restaurants, Flugzeugen, Krankenhäusern und Mensen auf der ganzen Welt vom Geschirr der BHS tabletop AG. Unsere Produktionsstätten in Oberfranken und der Oberpfalz sind ein klares Bekenntnis zum Standort Deutschland. Mehr als 1.000 Mitarbeiter geben hier internationaler Speisekultur eine neue Form.

Couch Potatoes sind bei uns fehl am Platz. Wer bereit ist, stetig um das Bessere zu ringen und auch mal gegen den Strom zu schwimmen, findet bei uns ein lebendiges, innovatives Arbeitsklima und bewegliche Strukturen, um sein Wissen zu erweitern und seine Persönlichkeit zu entfalten. Denn permanente Weiterqualifizierung ist eines der Erfolgsrezepte, das uns seit vielen Jahren zum Weltmarktführer für Profi-Porzellan macht.

Weitere Informationen finden Sie unter: www.bhs-tabletop.de




Nachtmann

A Division of Riedel Glassworks

Die Marke **Nachtmann** steht seit mehr als 175 Jahren für **hochwertiges Kristall und Bleikristall** und bietet attraktive und qualitativ hochwertige Artikel für den gedeckten Tisch sowie Geschenkartikel. Bei der Produktion wird auf **höchste Qualitätsmaßstäbe, reinste Rohstoffe und moderne, umweltschonende Technik** Wert gelegt. Diese Kompetenzen machen Nachtmann zu einem der **führenden Bleikristall- und Kristallglashersteller Europas**.



Glucoseäquivalente in Lebensmitteln und Bedarfsgegenständen – Spektralfotometrie mit Pikrinsäure- Charge-Transfer- Komplexen

Prof. Dr. Peter Kurzweil, Dipl.-Ing. Stefan Schedlbauer

Charge-Transfer-Komplexe der Pikrinsäure sind in der präparativen und analytischen organischen Chemie seit Jahrzehnten eingeführt. Neu ist die UV/VIS-spektroskopische Bestimmung von Glucoseäquivalenten, um aromatisierte Mineralwässer und Rückstände in Verpackungen zu identifizieren. Monosaccharide, Ascorbinsäure und weitere lebensmitteltypische Inhaltsstoffe werden im oberen Mikromolbereich erfasst.

1. Stand der Technik

Um Lebensmittelrückstände in Verpackungen, Mehrwegflaschen, Recyclinggranulaten und verdächtigen Gegenständen im Transportwesen aufzudecken, wird nachfolgend die Farbreaktion mit einer alkalischen Pikrinsäurelösung (2,4,6-Trinitrophenol) eingesetzt. Die Charge-Transfer-Komplexe oder Elektronendonator-Akzeptor-Komplexe der Pikrinsäure sind oftmals tief gefärbte Addukte zwischen einem organischen Donormolekül mit nichtbindenden Elektronen und dem π -System des aromatischen Ringes.

Pikrinsäure ist als Reagenz zum Nachweis und zur Derivatisierung von Alkaloiden, Ketosteroiden, Kreatinin, polyzyklischen Aromaten, Phenolen, Aminen und Guanidinen seit dem 19. Jahrhundert bekannt [1]. Die Lewis-Benedict-Methode [2, 3] zur spektralfotometrischen Bestimmung von Glucose mit Pikrinsäure wurde in den 1960er-Jahren verbessert [3]. Die glucosehaltige Probe wird mit 0,05-molarer Pikrinsäurelösung und 20%iger Natriumcarbonatlösung (1 : 1 : 3) 10 Min. auf dem siedenden Wasserbad erhitzt und nach dem Abkühlen auf das Fünffache mit Wasser verdünnt. Die farbige Lösung wird bei 460 nm gegen eine Blindlösung oder bei 520 nm gegen destilliertes Wasser gemessen. Bei Anwesenheit von 5 mmol Glucose stören Saccharose (0,1 mmol), Glycerin oder Gluconsäure (1 mmol) und Harnstoff (10 mmol) nicht, während Fructose sich zum Befund addiert.

2. UV/VIS-Screening von Pikraten

Unsere Untersuchungen wurden mit einem UV/VIS-Spektrometer (Perkin Elmer) mit Reagentien der Reinheit p. a. und handelsüblichen Lebensmitteln durchgeführt. 1 ml der flüssigen Probe wird mit 1 ml 0,05-molarer Pikrinsäure und 3 ml 1,88-molarer Natronlauge gemischt, 7 Min. lang bei etwa 95 °C unter ständigem Rühren erhitzt und anschließend mit destilliertem Wasser auf 25 ml aufgefüllt. Die Temperierung im Trockenschrank (90 °C, 15 Min.) ist ebenso möglich. Von der entstandenen gelbbraunen bis rotbraunen Lösung wird das UV/VIS-Spektrum aufgenommen.

Der Pikrattest erfasst eine große Bandbreite von Verbindungen, z. B. Kohlenhydrate, Aldehyde, Lactone, Alkohole, Carbonsäuren und Harnstoff (Abb. 1). Die stärksten Färbungen rufen Einfachzucker, Ascorbinsäure, Lactose und Stärke hervor, gefolgt von Acetylsalicylsäure und Zimtsäure. Saccharose zeigt eine schwache Färbung. Methanol und Ethanol führen zu keiner Farbreaktion.

Interessant für die Rückstandsanalytik von Limonaden ist die Rotfärbung von Limonen und anderen geschmackbildenden Terpenen in Gegenwart von Pikrinsäure. Auch Pflanzenöle und tierische Glyceride mit ungesättigten Fettsäuren (z. B. Linolensäure) reagieren mit Pikrinsäure, wenngleich recht unempfindlich.

Die Absorptionsspektren zeigen unabhängig von der untersuchten Substanz ein Absorptionsmaximum bei 450 nm, das auch reine Pikrinsäurelösung zeigt. Zwischen 500 nm und 600 nm treten stoffspezifische Charge-Transfer-Banden auf, die von der Konzentration der Reaktionspartner abhängen. Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Spektren von 1-molaren Zuckerlösungen. Auch Limonen aus Zitrusgetränken ist nachweisbar.

Verdünnungsreihen

Abbildung 3 zeigt exemplarisch für Glucose die Absorptionsspektren in Abhängigkeit der Konzentration. Für die quantitative Auswertung bei 550 nm ist das Lambert-Beer-Gesetz für kleine Konzentrationen hervorragend erfüllt,

$A = -\log T = bc + a$. Für die Extinktion A in Abhängigkeit der molaren Konzentration c ergeben sich Kalibriergeraden mit Regressionskoeffizienten um eins (Tabelle 1). Bei höheren Konzentrationen als 0,1 mol/l treten für Fructose, Lactose, Glucose und Ascorbinsäure nichtlineare Abweichungen auf. Saccharose und Harnstoff, die schwächer gefärbte Addukte bilden, absorbieren grünes Licht bis über 1 mol/l linear zur Konzentration.

Tabelle 1: Geradengleichungen und Regressionskoeffizienten

Substanz	Konzentration mol l ⁻¹	b	a	R ²
Fructose	10 ⁻⁵ ... 0,1	10,5	0,1	98 %
Glucose	10 ⁻⁵ ... 0,1	5,18	0,06	99 %
Lactose	10 ⁻⁵ ... 0,1	6,48	0,11	94 %
Ascorbinsäure	10 ⁻⁵ ... 0,1	4,58	0,13	93 %
Harnstoff	10 ⁻⁵ ... 1	0,14	0,08	93 %
Saccharose	10 ⁻⁵ ... 1	0,13	0,06	99 %

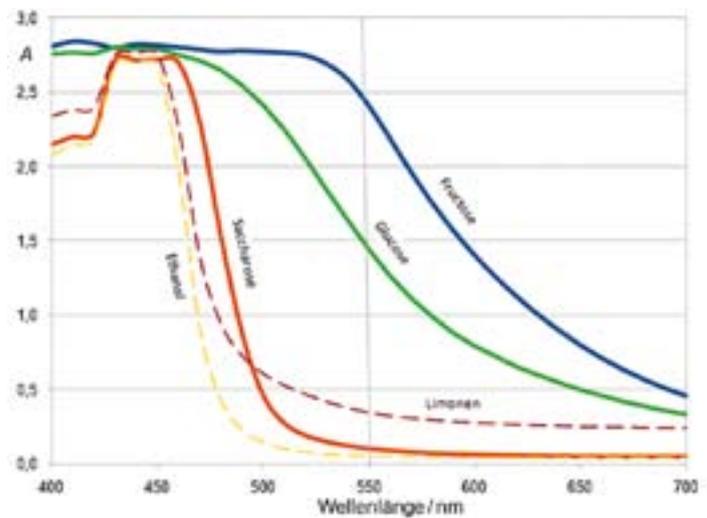


Abb. 2: UV/VIS-Spektren von Pikrinsäureaddukten: 1 mmol Substanz in 25 ml Wasser.

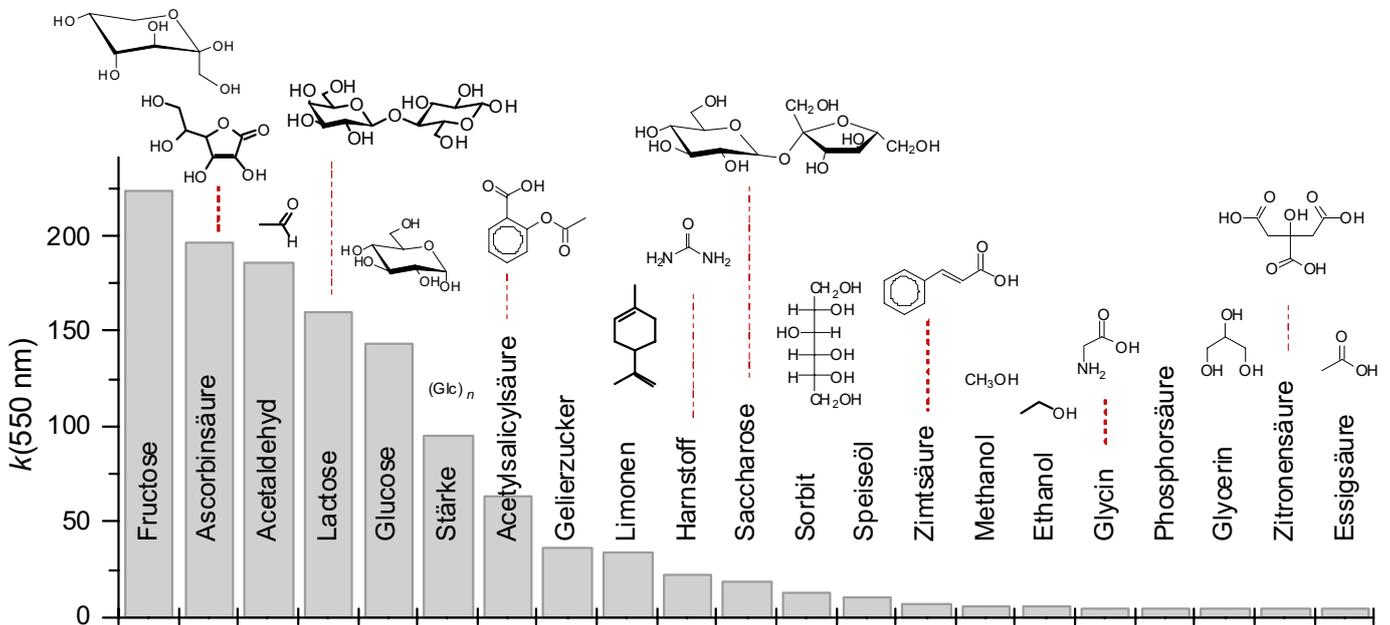


Abb. 1: Molarer spektraler Absorptionskoeffizient bei 550 nm von Pikrinsäureaddukten mit unterschiedlichen Verbindungen.

Mechanistisches

Ist Natronlauge bei der Farbreaktion in zu geringer Konzentration zugegen, bleibt die Färbung aus. Dies lässt auf einen stöchiometrischen Einfluss der Lauge schließen, wie sie bei Meisenheimer-Komplexen (salzartige Zwischenstufen bei der nucleophilen Substitution am Benzolring) bekannt ist.

Die Konzentration der Glucoselösung wird in Abbildung 4 bei 0,01 mol/l und der Pikrinsäure bei 0,05 mol/l konstant gehalten. Die Absorptionen liegen bis zu einer Laugenkonzentration um 0,5 mol/l dicht beieinander, ehe unterhalb 0,25 mol/l die Färbung nachlässt und unter etwa 0,05 mol/l kein Farbstoff mehr gebildet wird. In höher konzentrierten Glucoselösungen treten dunkle Färbungen auf, die eine sichere Quantifizierung erschweren.

In Gegenwart von überschüssiger Natronlauge (1,88 mol/l) treten verwertbare Färbungen solange auf, bis die Konzentration der Pikrinsäure die Konzentration der vorhandenen

Glucose unterschreitet. In der A(c)-Kurve tritt ein Knick auf, ab dem die Eigenfärbung der Pikrinsäure das Spektrum bestimmt. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Glucose und Pikrinsäure tatsächlich 1:1-Addukte bilden.

3. Lebensmittelproben

Vor dem Hintergrund, lebensmitteltypische Rückstände in Behältnissen und Verpackungen zu identifizieren, haben wir spektroskopisch Glucoseäquivalente ermittelt (Abbildung 5).

Die mit Glucoselösungen kalibrierte Methode liefert für unverdünnte Fruchtsäfte etwa 40 g Glucose pro Liter. Dies stimmt mit den Nährwertangaben für Kohlenhydrate auf den Verpackungen (66 g/l bis 160 g/l) zumindest in der Größenordnung überein. Durch Verdünnen der Proben in den linearen Bereich der Kalibrierkurve (< 0,1 mol/l) kann die Genauigkeit erheblich gesteigert werden.

In Colagetränken und Stärkelösungen ist die Quantifizierung mangels linearer Kalibrierkurven schwierig. Aromatisierte Mineralwässer liefern signifikant hohe Glucoseäquivalente. Dies ermöglicht die zweifelsfreie Unterscheidung von aromatisierten und reinen Mineralwässern ohne aufwendige Spezialanalytik.

Schließlich eignet sich die Pikrat-Methode auch zum Nachweis von lebensmitteltypischen Rückständen in gebrauchten Verpackungen und auf Recyclingkunststoffen für Getränkeflaschen.

4. Ausblick

Die spektralfotometrische Methode auf Basis von Pikrinsäure-Charge-Transfer-Komplexen eignet sich zur sicheren Identifikation von Glucose, Fructose, Aromastoffen und anderen für Lebensmittel typischen Substanzen. 0,1 mmol/l oder 2 mg/l Glucose sind sicher nachweisbar. Im Rahmen der Qualitätssicherung eignet sich die Methode zur Rückstandskontrolle von Getränke- und Lebensmittelrückständen in Verpackungen und rezyklierten Kunststoffgranulaten. Ebenso lassen sich Waschflüs-

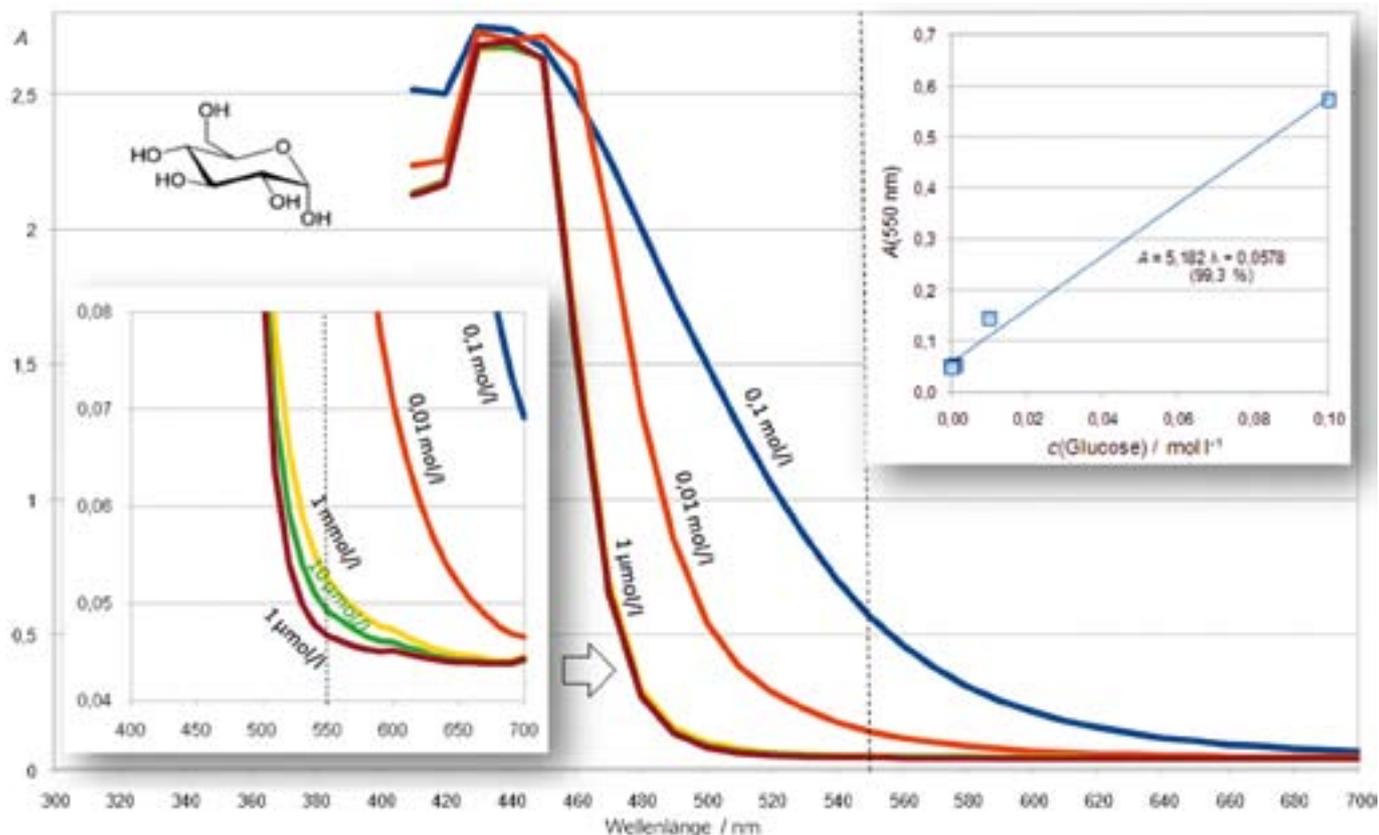


Abb. 3: UV/VIS-Spektren von Glucose-Pikrinsäure-Addukten unterschiedlicher Konzentration. Gültigkeit des Lambert-Beer-Gesetzes bei 550 nm.

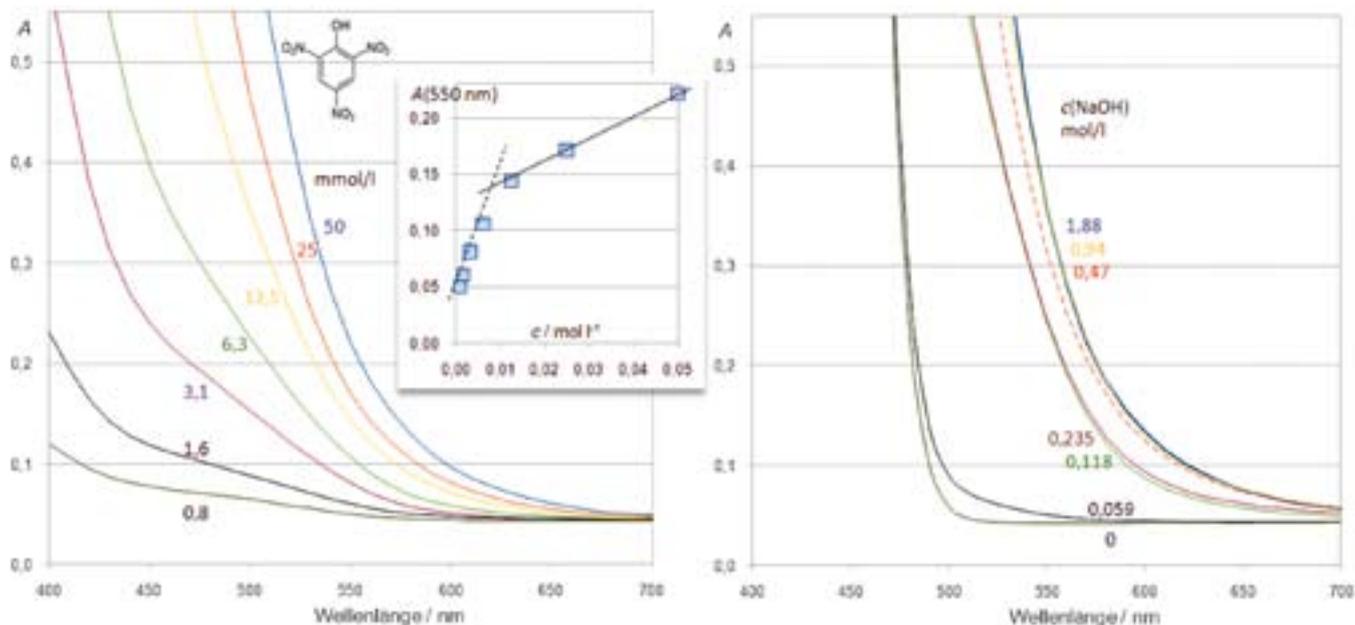


Abb. 4: Einfluss der Pikrinsäure- und Laugenkonzentration auf die Färbung der Addukte mit 0,01-molarer Glucoselösung, 1 ml Glucoselösung, 1 ml Pikrinsäurelösung, 3 ml Natronlauge.

sigkeiten und Reinigungsmittel einfach auf Rückstände kontrollieren. Die Affinität von Pikrinsäure zu Stickstoff- und Sauerstoff-Elektronendonatoren und andererseits von Nitroaromaten zu Glucose inspiriert darüber hinaus einen chemischen oder biochemischen Sensor für Explosivstoffe oder einen Wischtest mit einem Reagentienpapier. Auch die Derivatisierung verdächtiger Stoffe im Vorfeld der GC/MS-Analytik ist vorstellbar.

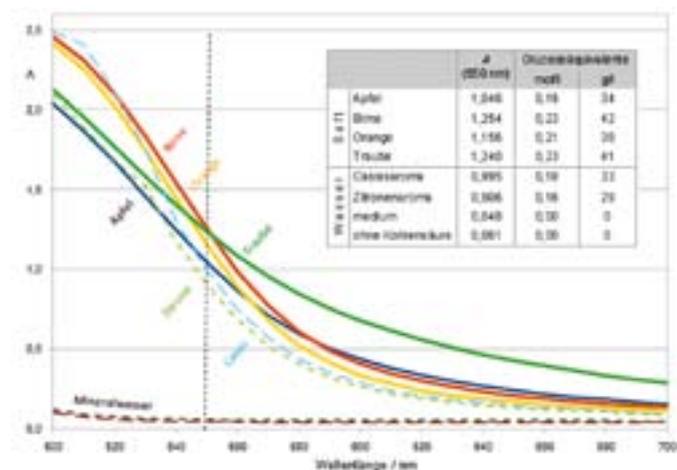


Abb. 5: Spektroskopische Bestimmung von Glucoseäquivalenten für Fruchtsäfte, reine und aromatisierte Mineralwässer.

Symbole und Abkürzungen

- A Extinktion, engl. absorbance
- c molare Konzentration (mol l⁻¹)
- R² Regressionskoeffizient
- T Transmission
- UV Ultraviolett
- VIS sichtbares Licht
- λ Wellenlänge (m)

Literatur

- [1] L. Kutusow, Zeitschrift für Physiologische Chemie 20 (1895) 166–169.
- [2] R. C. Lewis, S. R. Benedict, J. Biol. Chem. 20 (1915) 61.
- [3] S. R. Benedict, J. Biol. Chem. 84 (1918) 203.
- [4] N. Ohta, M. Morita, Japan. Analyst 14 (1965) 682–687.



Prof. Dr. Peter Kurzweil
Fakultät Maschinenbau/Umwelttechnik
Chemie und Umweltanalytik
p.kurzweil@haw-aw.de
Foto: privat



Dipl.-Ing. Stefan Schedlbauer
Umwelttechnik, Diplomarbeit auf dem Gebiet der instrumentellen Analytik lebensmittelschädlicher Rückstände auf Bedarfsgegenständen
Foto: privat

Constantia Hueck Folien

Big enough to dare,
small enough to care.



Wir sind in vielen Ländern zuhause, aber nur in Pirkmühle daheim.

Im Wirtschaftsleben von heute heißt das große Zauberwort "Globalisierung". Als ein Unternehmen von Constantia Flexibles ist Constantia Hueck Folien ein global agierendes Unternehmen mit europäischem Fokus, das Kunden in Branchen wie Nahrungsmittel und Pharma professionelle Verpackungslösungen zur Verfügung stellt. So haben wir uns weltweit mit kundenorientierter Leistungsfähigkeit und technologischer Innovationskraft einen hervorragenden Ruf geschaffen. Gleichwohl bleiben wir ein im besten Sinne bodenständiges Unternehmen und schätzen Pirkmühle als die "Heimat" unseres Erfolges.

Ihr Ansprechpartner:

Constantia Hueck Folien GmbH & Co. KG
Cornelia Uschold
Pirkmühle 14 – 16
92712 Pirk
T +49 961 87 413
Cornelia.Uschold@constantia-hueck.com
www.constantia-hueck.com



Weltweit erfolgreich mit Komponenten für den modernen Haushalt.



Haustechnik

Hausgeräte

Umwelttechnik



Kontakt

emz - Hanauer GmbH & Co. KGaA
Siemensstraße 1
D-92507 Nabburg

Telefon+49 (0) 94 33/8 98-0
Telefax+49 (0) 94 33/8 98-188
E-Mail: info@emz-hanauer.com
www.emz-hanauer.com

Kurzzeitdozentur in Kasachstan

Prof. Dr. Nailja Luth

1. Einführung

Zur Person: Nailja Luth, Dipl.-Mathematikerin, Dr.-Ing., Professorin für Computergrafik und Computersehen an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Amberg-Weiden.

Seit fünf Jahren nehme ich an dem DAAD-Auswahlverfahren von Studenten der Republik Kasachstan für ein Studium in Deutschland im Rahmen des Regierungsprogramms „Bolaschak“ teil. Während der kurzen Aufenthalte in Almaty gab es kaum Gelegenheiten, die Hochschulen Kasachstans näher kennenzulernen und am Lehrbetrieb teilzunehmen. Aus diesem Grund habe ich beschlossen, mein Freiforschungssemester an einer Hochschule in Almaty zu verbringen. Aufgrund des Bolaschaks-Auswahlverfahrens war ich oft für kurze Zeit an der Deutsch-Kasachischen Universität (DKU) in Almaty. Vor sechs Jahren habe ich Frau Berger und Frau Moskovchenko – Gründerinnen der DKU – kennengelernt und über mögliche Kooperationen gesprochen. Frau Berger und Frau Moskovchenko besuchten auch unsere Hochschule.

Herr Prof. Gerlach – Präsident der DKU – hat mich tatkräftig bei der Bewerbung beim DAAD für eine Kurzzeitdozentur-Förderung unterstützt.

Obwohl mein fachliches Profil nicht optimal zu den an der DKU angebotenen Studiengängen passte, habe ich diese Möglichkeit wahrgenommen.

Herrn Prof. Gerlach und Frau Moskovchenko gilt mein großer Dank für ihre Unterstützung.

2. Kurzzeitdozentur in Kasachstan

2.1 Lehrtätigkeit an der DKU

Gasthochschule: Deutsch-Kasachische Universität (DKU) in Almaty, gegründet im Juni 1999 in Trägerschaft des Gesellschaftlichen Fonds „Deutsch-Kasachische Zusammenarbeit in der Ausbildung“. Gründungsgesellschafter waren

die deutschen Staatsbürger Ines Berger und Andreas Ulrich und die kasachische Staatsbürgerin Olga Moskowtschenko. Im Jahr 2008 wurde eine neue Gesellschafterstruktur mit der Beteiligung von mehreren deutschen Hochschulen geschaffen.

Zwei Fakultäten sind an der DKU installiert: die Fakultäten für Sozialwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften sowie ein Sprachzentrum. Insgesamt sind ca. 250 Studenten und ca. 50 Dozenten und Mitarbeiter an der DKU tätig. Die Universität hat eine gute Bibliothek, einen älteren PC-POOL und ein neues PC-Labor. Gerade im Sommersemester 2008 wurden die Vorbereitungen für zwei neue Fakultäten – Ingenieurwissenschaften und Wirtschaftsingenieurwesen durchgeführt.

Meine Vorlesungen wurden als fachbereichsübergreifende Wahlfächer für die Studenten des Grundstudiums angeboten. Meine Stellung an der DKU wurde als Dozentin für die Fächer digitale Bildbearbeitung und Computergrafik eingeordnet.

Von mir wurden zwei Lehrveranstaltungen durchgeführt: Digitale Bildbearbeitung und 3-D-Computergrafik – jeweils 2 Stunden Vorlesung und 2 Stunden Praktikum und Übungen. Insgesamt bestand mein Lehrdeputat in 8 Stunden/Woche für die Lehre. Geplant war, diese beiden Lehrveranstaltungen auch für die Studenten der Kasachischen Nationalen Technischen Universität (KasNTU) anzubieten. Es sollten ca. 10 Studenten der DKU und 10 Studenten der KasNTU teilnehmen. Leider kam die Beteiligung dieser Universität aufgrund einer unzureichenden Kommunikation seitens der KasNTU nicht zustande. Damit waren die Gruppen mit ca. 8–10 Studenten aus dem Grundstudium der DKU belegt.

Für die Durchführung der Praktika wurde von mir die entsprechende Software bereitgestellt. Die temporären Lizenzen wurden mir von den entsprechenden Softwarehäusern zur Verfügung gestellt. Dank der engagierten Unterstützung des Administrators der DKU wurde diese Software rasch an allen PCs im Labor installiert. Die

Vorlesungsscripte und Praktikumsscripte waren von mir in Deutsch verfasst. Laut der Universitätsdarstellung sollten die Studenten fähig sein, die deutsche Sprache zu verstehen.

Schon seit den ersten Stunden musste ich in die russische Sprache wechseln und damit auch die Scripte und die Bedienoberfläche der eingesetzten Software übersetzen. In Russisch verlief die Kommunikation sehr gut, die Studenten waren in der Lage, den Stoff der Vorlesungen zu verstehen und die Übungen selbstständig durchzuführen. In selbstständiger Projektarbeit haben die Studenten die gestellten Aufgaben engagiert gelöst und gute Ergebnisse erbracht.

Während meines Aufenthaltes wurden mit den Professoren und Prorektoren der KasNTU intensive Vorbereitungen für einen Kooperationsvertrag durchgeführt. Im November 2008 konnte der Kooperationsvertrag zwischen unserer Hochschule und der KasNTU unterzeichnet werden.

2.2 Lehrtätigkeit an der Kasachisch-Britischen Universität

Zusätzlich wurde von mir eine Lehrveranstaltung „Computergrafik“ an der Kasachisch-Britischen Universität (KBTU) in Almaty durchgeführt. Diese Lehrveranstaltung wurde in englischer Sprache für Studenten der Fakultät Informationssysteme durchgeführt. Da diese Lehrveranstaltung exakt zu dem Profil der Ausbildung passte, wurde es auch von den KBTU-Studenten mit großem Engagement und Interesse aufgenommen. Es geht hier um die streng ausgewählten und besten jungen Köpfe der Republik, mit ausgezeichnetem mathematischem und technischem Hintergrund und einer selbstständigen Arbeitsweise. Die Kasachisch-Britische Technische Universität (KBTU) wurde auf Initiative des Staatspräsidenten im Jahr 2001 gegründet, das Profil ist auf die Ausbildung von technischen Fachkräften für die Öl- und Gasindustrie orientiert. Starke Regierungsunterstützung durch die kostenlose Bereitstellung eines repräsentativen Gebäudes (Teile des alten Parlamentsgebäudes), eine unter der Schirmherrschaft des Staatspräsidenten geführte Fundraising-Kampagne sowie die Finanzierung von 200 Studienplätzen zu je 14.000 USD pro Jahr. Britische Universitäten bieten kostenpflichtige MA-Programme unter dem Dach der KBTU an. Juristisch gehört die KBTU dem kasachischen Öl- und Gaskonzern KasMunaiGas.

Folgende Fakultäten sind an der KBTU installiert:

1. Fakultät der Energie- und Ölgasindustrie
2. Fakultät der Informationstechnologien
3. Finanz-ökonomische Fakultät
4. International Business School

An der KBTU lehren ca. 50 Dozenten und studieren ca. 2000 Studenten.

2.3 Forschungstätigkeit

Während meiner Kurzzeitdozentur habe ich parallel zu den Lehrveranstaltungen konzeptionell an einem Lehrbuch „Computergrafik mit Cinema 4D“ gearbeitet.

Durch die Kooperation mit der KasNTU wurde die 1. Tagung „International Scientific-Practical Conference ‚Information – Innovative Technologies: Integration of a Science, Education and Business‘ am 27.–28. November 2008 mit meiner Teilnahme im Programmkomitee und einem eingeladenen Vortrag organisiert [1].

Das Fachgebiet Visual Computing ist in Kasachstan noch nicht an den Hochschulen repräsentiert, deshalb legt die KasNTU großen Wert darauf, das Fachgebiet in die Lehre zu integrieren. Während meines Aufenthaltes wurden Kooperationsvereinbarungen bzgl. des Exports meines Lehrangebots vorbereitet. In diesem Rahmen werden Dozenten der KasNTU auch an der Hochschule AW betreut. Frau Prof. Raissa Uskenbaeva, Leiterin des Lehrstuhls „Informationssysteme und Netze“, wurde für April–Mai 2009 zu einem 2-monatigen Fortbildungsaufenthalt an unsere Hochschule eingeladen.

Angedacht wurde außerdem die Herausgabe eines Lehrbuches „Computergrafik“ in russischer Sprache, das auch für die Lehre an der KasNTU eingesetzt werden soll.

2.4 Treffen mit der Vize-Bildungsministerin

Am 29.05.2008 konnte ich auf Einladung der Vizeministerin Schamschadinova das Bildungsministerium in Astana besuchen. Während des Gesprächs mit der Vizeministerin wurden die Themen wie z.B. der Aufbau einer geplanten Internationalen IT-Universität und das Bolaschakprogramm diskutiert.

2.5 Wahrnehmung sonstiger Aufgaben

Während meines Aufenthaltes wurden mit den Professoren und Prorektoren der KasNTU intensive Vorbereitungen für einen Kooperationsvertrag durchgeführt. Im November 2008 konnte der Kooperationsvertrag zwischen unserer Hochschule und der KasNTU unterzeichnet werden. Die Kasachische Nationale Technische Universität – KasNTU – benannt nach K. I. Satpajev – ist eine der größten und renommiertesten Universitäten in Kasachstan und führend in der Ausbildung von Ingenieuren. Die Universität wurde 1933 gegründet. Sie ist bestrebt, hoch qualifizierte Studiengänge anzubieten. Mit nahezu 40.000 Studenten ist die KasNTU eine der größten Ausbildungsstätten des Landes in den technischen Fachrichtungen.

Folgende Fakultäten und Institute sind für unsere Hochschule relevant:

1. Informationstechnologien (Kooperationsvertrag mit dem Institut ist bereits vorbereitet)
2. Automation & Telekommunikation
3. Maschinenbau
4. Architektur und Bau
5. Wirtschaft und Business (Ökonomie und Business)

Während meines Aufenthaltes wurden auch weitere Hochschulen wie die Kasachische Nationale Al-Farabi Universität und die Technologische Universität in Almaty besucht.

Die Kasachische Nationale Al Farabi-Universität – KasNU – war zu Zeiten der Sowjetunion die einzige Hochschule, die den Namen „Universität“ trug, also ein wissenschaftliches Studium in Grundlagenfächern anbot. Auch heute noch gilt die KasNU mit 14 Fakultäten als die führende Universität Kasachstans. An der Universität lehren ca. 2.000 Dozenten, davon 300 Professoren, und studieren 20.000 Studenten.

Folgende Fakultäten und Institute sind für unsere Hochschule relevant:

1. Mechanik und Mathematik
2. Physik
3. Biologie
4. Chemie
5. Wirtschaft und Business

Die Technologische Universität (TU) ist eine traditionelle Hochschule, die aus einer staatlichen zu einer AG umgewandelt wurde. Die Universität bildet in angewandten Ingenieurberufen aus, z. B. Lebensmittelverarbeitung, Textilindustrie etc. Die Hochschule erfährt in der letzten Zeit mehr Beachtung durch ausländische Partner und verbessert relativ schnell ihre Ausstattung.

Folgende Fakultäten sind an der TU Almaty installiert:

1. Lebensmittelproduktion und Rohstoffverarbeitung
2. Technologie und Design
3. Equipment- und Informationstechnologien
4. Wirtschaft und Business

Weitere Aktivitäten waren:

- Besuch der Akademie für Kino und Fernsehen
- ein Treffen mit der Leitung der Firma „Kasachfilm“
- ein Besuch des Konzerns „KasTelekom“, Abteilung Informationssysteme
- eine interessante Exkursion in den neuen IT-Technopark Alatau mit Treffen mit dort ansässigen Firmen
- intensive Kontakte zu dem Startup-Unternehmen Computer Graphics – Kasachstan

Aufgrund meiner Tätigkeit an der Deutsch-Kasachischen Universität wurde ich als Gastdozentin auch zu den monatlichen Veranstaltungen des Deutschen Wirtschaftsclubs eingeladen. Damit gab es eine ausgezeichnete Gelegenheit, die Vertreter der deutschen Industrie in Almaty kennenzulernen und Kontakte zu ihnen aufzubauen.

2.6 Bestehende und geplante wissenschaftliche Beziehungen/Partnerschaften

Aufgrund der passenden Fachkompetenzen wurde sehr enge Kooperationsbeziehungen mit den entsprechenden IT-Fakultäten der KasNTU und der KBTU aufgebaut. Der Kooperationsvertrag zwischen unserer Hochschule und der KasNTU wurde bereits im November 2008 unterzeichnet.

Ein Memorandum zwischen der KBTU und der HAW wird vorbereitet.

Im Rahmen der Vereinbarungen werden unterschiedliche Aktivitäten im Ausbildungs- und Forschungsbereich durchgeführt.

Gemeinsam mit der Kasachisch-Britischen Universität planen wir die Durchführung von Studienpraktika von ca. 12 Studenten an unserer Hochschule im Sommer 2009. Dabei werden die KBTU-Studenten mit den deutschen Studenten gemeinsam an der Lehrveranstaltung „Computergrafik“ sowie an Projektarbeiten teilnehmen. Während der Studienpraktika sind auch Besuche in Forschungsinstituten und Industrieunternehmen vorgesehen.

Am 30. Januar 2009 wurde auch einen DAAD-Antrag für Studienpraktika eingereicht.

2.7 Bedeutung des von mir betreuten Fachgebietes

Das Fachgebiet Visual Computing ist noch nicht an den Hochschulen in Kasachstan vertreten, daher traf mein Aufenthalt und die Vorstellung des Fachgebiets an einigen Universitäten in Almaty auf sehr großes Interesse. Neben dem Wunsch bestehender Universitäten, das Fachgebiet in ihr Lehrprogramm zu integrieren, wird es auch für die geplante Internationale IT-Universität in Almaty von großer Relevanz sein. Die ersten Gespräche mit den Verantwortlichen des Konzeptes „Internationale IT-Universität“ wurden von mir geführt.

2.8 Mögliche Nutzbarmachung der in der Gasthochschule gesammelten Erfahrungen

In Auswertung der gesammelten Erfahrungen und initiierten Kontakte wird die HAW die Kooperation mit der KasNTU und möglicherweise weiteren kasachischen Hochschulen auf- und ausbauen. Durch eine Präsentation vor dem Hochschulgremium wurde ein erster Schritt zur Einbeziehung weiterer Fachbereiche unserer Hochschule getan. Persönlich werde ich die Zusammenarbeit im IT-Bereich, insbesondere auf meinem Fachgebiet Visual Computing weiterführen.

2.9 Allgemeine Bildungs- und Wissenschaftspolitik

Die Entwicklung der Hochschullandschaft spielt eine sehr große Rolle in Kasachstan, es gibt bei einer Bevölkerung von ca. 16 Mio. ca. 200 Hochschulen. Das Hochschulwesen befindet sich in einer rasanten dynamischen Entwicklung. Der Bedarf an hoch qualifizierten Kräften ist sehr groß und dementsprechend gibt es ein großes Interesse an internationalen Kooperationen.

Aufgrund der vielfältigen Kontakte mit großen Universitäten in Almaty und Industrieunternehmen ist mir gelungen, mir ein Bild der Hochschulausbildung und des Bedarfs der Industrie an Absolventen im IT-Bereich zu verschaffen. Die Konzeption für eine Internationale IT-Universität auf dem Territorium des IT-Parks Alatau scheint

mir langfristig ein sehr interessantes Modell. Unter der Voraussetzung der Entwicklung der Infrastruktur und der Verkehrslogistik wird so ein geschlossenes Universitäts-Campus inmitten einer innovativen IT-Unternehmensumgebung geschaffen.

3. Besuch bei der Staatlichen Universität St. Petersburg, Russland

Unmittelbar nach Beendigung der Kurzzeitdozentur in Almaty wurde auch ein Besuch an der Staatlichen Universität St. Petersburg durchgeführt. Eine Einladung von Herrn Prof. Safonov erfolgte bereits im März 2008. Ich habe die Fakultät „Mathematik und Mechanik“ besucht und Gespräche mit dem Dekan Prof. Leonov und Herrn Prof. Safonov geführt. Die Fachgebiete Computersehen und Computergrafik gehören bis jetzt noch nicht zum Lehrangebot der Fakultät.

Ein langfristig geplantes gemeinsames Treffen mit der Firma ARRI München und St. Petersburger Unternehmen konnte leider aufgrund der Erkrankung des ARRI-Vertreters nicht durchgeführt werden.

Während des Aufenthaltes fand zusätzlich ein Treffen mit dem Generalkonsul der Republik Kasachstan in St. Petersburg statt.

4. Besuch an der Braga Universität, Portugal

Anfang September habe ich die Braga Universität in Portugal besucht. Da ich im Jahr 2007 einen Studenten der Braga Universität in meinem Labor im Rahmen des Erasmusprogramms betreute, wurden die Kontakte zu den Prof. João Sobral und Prof. Luis Paulo Santos aufgebaut. Während meines Besuchs im Fachbereich wurde folgendes Programm durchgeführt:

- Führung durch die Labore
- Meine Präsentation der HAW AW und des Fachbereichs EI
- Vorträge „Visual Computing“ und „Entwicklung eines zeiteffizienten Fahrerassistenzsystems“
- Diskussion über mögliche zukünftige Kooperationschritte, wie Dozenten- und Studentenaustausch, Organisation einer Summer School auf dem Gebiet Computergrafik.



Prof. Dr. Nailja Luth
Fakultät Elektro- und Informationstechnik
Signalverarbeitung/Bildverarbeitung
n.luth@haw-aw.de
Foto: privat

Astronomie und Erdklima

Prof. Dr. Matthias Mändl

„Steht eine kleine Eiszeit bevor?“ Was zunächst wie eine Klimavorhersage aus den Siebzigerjahren des letzten Jahrhunderts klingt und vollkommen im Widerspruch zur aktuellen Klimadebatte steht, war der Titel eines Artikels in Focus Online im September 2008. Hintergrund waren Beobachtungsdaten des Sonnenforschungssatelliten Ulysses, die auf äußerst geringe Sonnenaktivität für den nächsten des elfjährigen Sonnenfleckenzyklus hindeuten. Geringe Sonnenaktivität ging in der Vergangenheit häufig einher mit einer deutlichen Klimaabkühlung wie zuletzt bei der sogenannten kleinen Eiszeit von 1600 bis 1850, die mit dem Maunderminimum der Sonnenaktivität zusammentraf.

Das ist nur ein aktuelles Beispiel für die vielfältigen extraterrestrischen Einflüsse auf unser Klima, die auf verschiedensten Zeitskalen ablaufen und von denen einige Thema dieses Beitrags sein sollen. Wie beeinflusst aber nun die Sonnenfleckenaktivität das Erdklima? Sonnenflecken sind eine Magnetfelderscheinung der Sonne. Im Gegensatz zur Erde, die sich unter ihrem eigenen Magnetfeld quasi hindurchdreht, sind die Magnetfeldlinien der Sonne in der Sonnenmaterie praktisch „eingefroren“. Aufgrund der differentiellen Rotation der Sonne – der Äquator dreht sich schneller als die Pole – wickelt sich das Magnetfeld mit der Zeit um die Sonnenoberfläche auf. Dabei kommt es zu magnetischen „Kurzschlüssen“, an denen das Magnetfeld senkrecht aus der Sonnenoberfläche austritt und in der Nähe wieder eintritt. An diesen Stellen entstehen – meist bipolare – Sonnenfleckenpaare. Da sich das Sonnenmagnetfeld alle etwa elf Jahre umpolt, entsteht der elfjährige sogenannte Schwabezyklus (Abb. 1).

Auf welche Weise wirkt sich das aber auf die Erde aus? Die genauen Mechanismen werden in der Fachwelt heiß diskutiert und sind noch umstritten, aber es zeichnen sich zwei mögliche Abläufe ab: Starke Sonnenfleckenaktivität führt zu einer Erhöhung der solaren Einstrahlung auf die Erde, insbesondere im UV-Bereich. Das ist zunächst

unverständlich, weil Sonnenflecken dunklere, kühlere und somit strahlungsärmere Stellen in der Fotosphäre der Sonne darstellen. Dieser Effekt wird aber durch das mit den Sonnenflecken einhergehende, vermehrte Auftreten von Fackeln und Flares überkompensiert, sodass die solare Einstrahlung in den Maxima des Schwabezyklus um ca. $0,1\% \sim 1,3 \text{ W/m}^2$ zunimmt. Insbesondere die stärkere UV-Strahlung führt in der unteren Stratosphäre zu vermehrten chemischen Reaktionen, was eine aufheizende Wirkung auf das Klima hat.

Der andere Mechanismus ist die abschirmende Wirkung des Sonnenwindes gegen die hochenergetische kosmische Strahlung aus den Tiefen der Milchstraße. Diese steht im Verdacht, zur bodennahen Wolkenbildung beizutragen und damit abkühlende Wirkung zu haben. Der Sonnenwind und die damit einhergehenden Protuberanzen und koronaren Massenauswürfe sind mit der Sonnenaktivität positiv korreliert. Fehlende Sonnenaktivität führt über die fehlende Abschirmung zu vermehrter Wolkenbildung und somit zu Abkühlung.

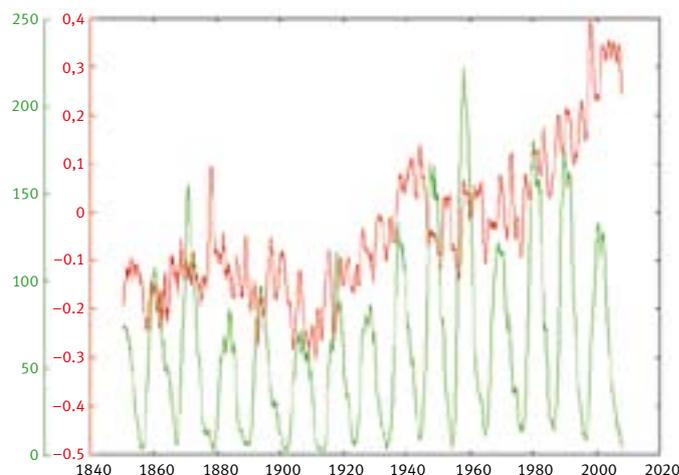


Abb. 1: Temperaturänderung in K (rot) und monatliche Sonnenfleckenanzahl (grün) seit 1850

Überraschung vor 20 Jahren

Eine große Überraschung für die Klimaforscher war es, als man Anfang der 2000er-Jahre in Eisbohrkernen Hinweise auf

ausgeprägte Klimaschwankungen innerhalb der letzten Eiszeit (vor 20000 bis 10000 Jahren) fand. Mit einer Periodizität von 1470 ± 500 Jahren kam es insgesamt 23-mal zu rapiden Erwärmungsereignissen (nach ihren Entdeckern sog. Dansgaard-Oeschger-Ereignisse) von bis zu 10°C innerhalb weniger Dekaden mit einer darauffolgenden langsamen Abkühlung (zum Vergleich: Die moderne globale Klimaerwärmung seit 1850 beträgt $0,6^\circ \text{C}$). Zyklisch wiederkehrende Ereignisse wie diese stehen naturgemäß in Verdacht, astronomische Ursachen zu haben. Infrage kommt hier eine Überlagerung von zwei bekannten längerfristigen Sonnenaktivitätszyklen (87 und 210 Jahre) oder von Tidenzyklen, die durch exakt lineare Ausrichtung und gleichzeitig minimale Abstände von Sonne, Mond und Erde hervorgerufen werden.

Alle 1800 Jahre befinden sich unser Heimatplanet, sein Trabant und unser Zentralgestirn auf einer Linie, wobei der Mond im Perigäum (erdnächster Punkt der Mondbahn) und die Erde im Perihel (sonnennächster Punkt der Erdbahn) stehen. Dies führt zu erhöhten Gezeitenkräften und damit zu stärkerer Durchmischung der Ozeane, was kühlend auf das Erdklima wirkt.

Zumindest einige dieser Tidenzyklen korrelieren gut mit Dansgaard-Oeschger-Ereignissen und auch die oben erwähnte kleine Eiszeit fällt in eine Zeit stärkerer Gezeiten. Doch diese extraterrestrischen Taktgeber allein sind zu schwach, um die beobachteten schnellen Temperatursprünge zu erklären. Der bekannte Klimaforscher Stefan Rahmstorf vermutet, dass ein Umschalten in der Ausdehnung der thermohalinen Zirkulation im Nordatlantik hier eine zusätzliche entscheidende Rolle spielt.

Erdbahnänderungen verursachen Eiszeiten

Bereits im Jahr 1920 veröffentlichte der serbische Astrophysiker Milutin Milancovitch die nach ihm benannte Theorie, dass die zyklisch wiederkehrenden Wechsel zwischen Eiszeiten und Zwischeneiszeiten durch kleine periodische Änderungen der Erdbahnparameter verursacht werden. Exzentrizität und Neigung der Erdbahn, der Kippwinkel der Erdachse gegenüber der Ekliptik und die Präzession der Erdachse ändern sich zyklisch mit Periodendauern zwischen 20000 und 100000 Jahren und verursachen in Verbindung mit der ungleichmäßigen Landverteilung auf der Erdoberfläche Änderungen im Strahlungshaushalt von bis zu $\pm 50 \text{ W/m}^2$ (Zum Vergleich: Der Strahlungsantrieb von anthropogenem Kohlendioxid hat sich seit 1750 um $1,6 \text{ W/m}^2$ erhöht).

Eiszeiten traten in den vergangenen 2,5 Millionen Jahren immer dann auf, wenn durch diese Änderungen auf der Nordhalbkugel die Sommer so kalt wurden, dass das im Winter gewachsene polare Eisschild nicht mehr vollständig abtaute und sich damit ausdehnte. Dies führte zu einer Erhöhung der Albedo (Rückstrahlvermögen der Erdoberfläche) und über weitere terrestrische Rückkopplungsmechanismen wie das Akkumulieren von Treibhausgasen in den Böden und Ozeanen zu den beobachteten Abkühlungen.

Hat die Sonne einen Begleitstern?

Paläontologen haben vor wenigen Jahrzehnten bei der Auswertung von Marinedimentbohrungen entdeckt, dass es in der Erdgeschichte mit verblüffender Regelmäßigkeit mindestens fünfmal alle 26 Millionen Jahre zu massenhaften Artensterben gekommen ist, bei denen 50% – 90% der lebenden Arten ausgestorben sind. Auch das berühmte Aussterben der Dinosaurier vor 65 Millionen Jahren passt in dieses Schema. Sucht man nach astronomischen Ursachen, so käme dafür nur ein noch unentdeckter Begleitstern der Sonne (von den Astronomen auf den Namen „Nemesis“ getauft) infrage, der auf einer stark exzentrischen Bahn mit einer großen Halbachse von 10^5 astronomischen Einheiten (Abstand Erde–Sonne) das Sonnensystem umkreist und in seinem Perihel die Oort'sche Wolke durchquert (Abb. 2). Diese Wolke aus Milliarden von Eis- und Gesteinsbrocken, die in 300 bis 100000 astronomischen Einheiten Entfernung das Sonnensystem umgibt und als Ursprung der langperiodischen Kometen gilt, würde dadurch gravitativ so gestört, dass verstärkt Kometen oder Meteoriten ins Innere des Sonnensystems abgelenkt würden, auf die Erde einschlagen und infolge der katastrophalen Klimaveränderungen Aussterbeereignisse auslösen könnten. Doch ist es möglich, dass man einen so nahen Stern noch nicht entdeckt hat? Die Antwort ist ja, weil Nemesis ein lichtschwacher roter Zwergstern sein müsste und sich momentan in der Nähe des sonnenfernsten Punktes befinden sollte. Die Nemesishypothese ist in der Fachwelt sehr umstritten, unter Anderem auch, weil nicht klar ist, ob eine solche Bahn überhaupt dauerhaft stabil sein kann und weil man unter den unzähligen bekannten Doppelsternsystemen noch keines mit so exotischen Bahndaten entdeckt hat.

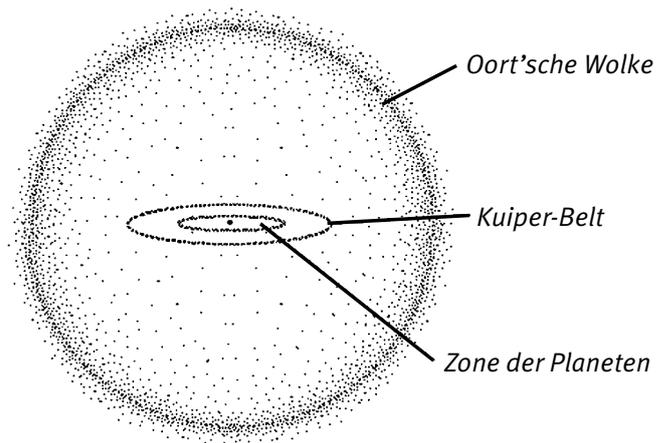


Abb. 2: Oort'sche Wolke (nicht maßstabsgerecht)
Quelle: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Oortsche-wolke.jpg&filetimestamp=20040317112907>

Die Sonne auf ihrem Weg durch die Milchstraße

Erdgeschichtlich nachgewiesene Klimaschwankungen, die auf noch größeren Zeitskalen (hunderte Millionen Jahre) ablaufen, korrelieren erstaunlich gut mit Simulationen der Bewegung des Sonnensystems durch unsere Milchstraße.

Diese ist eine Spiralarmgalaxie und die Sonne läuft einmal in 240 Millionen Jahren auf einer Kreisbahn um das galaktische Zentrum. Dabei durchquert sie sowohl die Spiralarme (Abb. 3) als auch die galaktische Ebene, was Einfluss auf das interstellare Medium und damit – ähnlich wie oben beschrieben – über die hochenergetische kosmische Strahlung, über Meteoritenschauer und Änderungen in der Heliosphäre auch auf das Erdklima haben könnte.

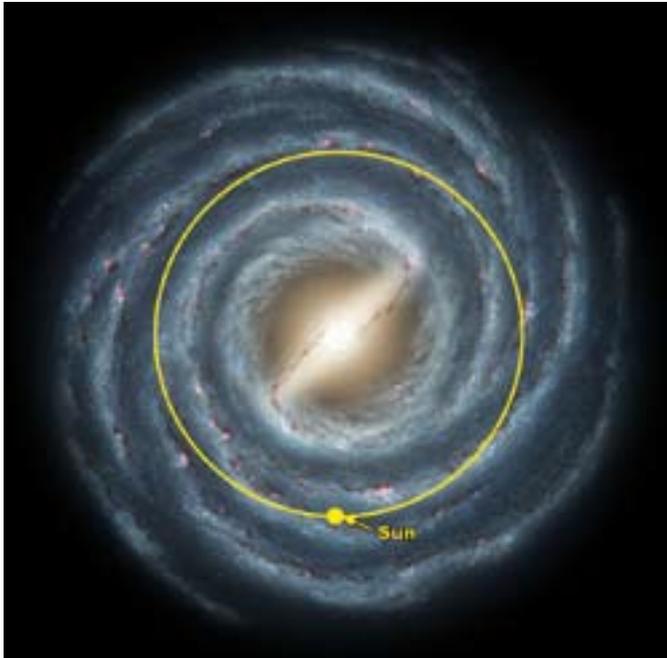


Abb. 3: Bahn des Sonnensystems durch die Spiralarme der Milchstraße

Bilanz

Lässt sich das „Global Warming“ nun möglicherweise mit astronomischen Ursachen erklären? Die Änderungen der Erdbahnparameter sind ebenso wie die galaktische Bewegung zu langfristig, als dass sie die Temperaturerhöhung der letzten 150 Jahren begründen könnten, außerdem deuten einige Bahnparameter momentan auf Erwärmung, andere auf Abkühlung.

Die Dansgaard-Oeschger-Ereignisse traten bisher nur innerhalb von Eiszeiten auf und wir befinden uns momentan in einer Zwischeneiszeit. Ein Teil (mindestens 30 %) der modernen Klimaerwärmung wird allerdings tatsächlich auf die im Mittel der letzten 150 Jahre zunehmende Sonnenaktivität zurückgeführt, aber gerade die vergleichsweise starke Erwärmung der letzten dreißig Jahre lässt sich damit nicht erklären, weil in dieser Zeit die Sonnenzyklen wieder an Intensität verloren haben (Abb. 1).

Die beste bekannte Erklärung dafür bleibt der anthropogen verursachte Treibhauseffekt, auch wenn uns die Sonne – wie eingangs erwähnt – in den nächsten Jahrzehnten möglicherweise eine dringend benötigte kleine „Verschnaufpause“ in diesem bedrohlichen Klimaszenario verschaffen könnte. Doch noch ist das Spekulation und darf die Menschheit nicht davon abhalten, ihre Energieversorgung schnellstmöglich auf nachhaltige Quellen umzustellen.



Prof. Dr. Matthias Mändl

Fakultät Maschinenbau/Umwelttechnik
Physik/Technische Optik/Physikalische Analytik
m-maendl@haw.aw.de
Foto: privat

Der Autor beschäftigt sich seit vielen Jahren mit Astronomie und extraterrestrischen Klimafaktoren.

ATZ-Entwicklungszentrum
An der Maxhütte 1
D-92237 Sulzbach-Rosenberg

Telefon: 09661 908-400
Telefax: 09661 908-469

www.atz.de



ENERGIE ■ ROHSTOFFE ■ MATERIALIEN



Barrierefreier Web-Zugang für Personen mit kognitiven Einschränkungen

Prof. Dr. Dieter Meiller

Zusammenfassung

In Zusammenarbeit mit Schülern und Lehrern einer Förderschule für geistig behinderte Schüler wurde eine Webseite konzipiert, auf der sich Menschen mit geistiger Behinderung über aktuelle Nachrichten, sortiert nach Kategorien, informieren können. Das Konzept und das Design einer solchen Seite stellte eine besondere Herausforderung dar und wurde in enger Zusammenarbeit mit den künftigen Nutzern umgesetzt. Dazu wurden Umfragen und Interviews an der Förderschule durchgeführt. Ergebnis der Arbeit ist ein Konzept, das leicht auf andere Einrichtungen mit ähnlichen Bedürfnissen übertragen werden kann, in denen Personen mit kognitiven Einschränkungen leben und arbeiten, beispielsweise Altenheime oder Behindertenwerkstätten.

1. Einleitung

Internetfähige Handys und PCs gehören zum Alltag, auch zum Alltag von Menschen mit Behinderung. Barrierefreie Web-Technologien sollen dieser Gruppe einen uneingeschränkten Zugang zum Internet ermöglichen. Es gibt bereits barrierefreie Webseiten, die die Bedürfnisse von Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen berücksichtigen. Zu wenig wurde aber bislang auf die speziellen und weit gefächerten Anforderungen von Menschen mit geistiger Behinderung bei der Erstellung von Webseiten geachtet. Aber die multimediale Revolution ist auch bei ihnen angekommen: Viele würden diese Medien gern nutzen, jedoch ist ihnen der Zugang verwehrt.

Die Bundesregierung hat eine Verordnung zur Schaffung barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz (Bundesministerium der Justiz 2002) herausgegeben. Dieses soll zukünftig angepasst werden, um allen Arten von Behinderung gerecht zu werden, so auch geistigen Behinderungen. Eine Herausforderung wird es sein, Webangebote für Menschen mit Leseschwäche oder für Analphabeten aufzubereiten.

Die Anpassung des Inhalts an die kognitiven Bedürfnisse von geistig beeinträchtigten Menschen ist eine Aufgabe, der man sich zukünftig stellen muss. Auch ist nicht klar, wie sich geistige Behinderungen auf die Nutzung von Web-Angeboten auswirken (Small *et al.* 2005). Dies gilt es noch zu untersuchen.

2. Eine Web-Seite für die Förderschule

Ziel ist es, den Schülern der Rupert-Egenberger-Schule, einer Förderschule für geistig Behinderte, eine eigene Web-Seite zur Verfügung zu stellen. Dort soll ihnen die Möglichkeit gegeben werden, selbstständig Inhalte zu betrachten. Diese Inhalte sollen einerseits aus dem World-Wide-Web sein, also verschiedene Medien wie Videos oder Musik, aber auch Nachrichten. Andererseits sollen auch Informationen aus dem Umfeld der Schule wie Nachrichten oder Aktuelles verfügbar gemacht werden. Zudem soll ihnen die Möglichkeit geboten werden, mithilfe der Betreuer eigene Inhalte wie Videos oder Nachrichten zu generieren und online zu veröffentlichen. Viele interessante Projekte wie Theateraufführungen oder Skulpturen-Ausstellungen könnten so dokumentiert und präsentiert werden.

3. Barrierefreiheit in der Praxis

Um die Barrierefreiheit (oder besser Zugänglichkeit) einer Homepage einschätzen zu können, wurde nicht nur auf die gesetzlichen Vorgaben geachtet, sondern auch auf die individuellen Bedürfnisse der Zielgruppe. Das waren in unserem Projekt die Schüler der Förderschule, die mittels Fragebögen befragt wurden. Die im Projekt erstellte Webseite muss also verschiedenen Zielsetzungen gerecht werden: Sie soll den behinderten Schülern Informationen liefern, sie soll die Öffentlichkeit über Aktivitäten der Schule auf dem Laufenden halten. Dazu soll es dem Lehrkräften möglich sein, ohne Aufwand Inhalte einzupflegen. Es mussten also verschiedene Benutzergruppen mit unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten berücksichtigt werden. Weit verbreitet ist die Meinung, dass sich Barrierefreiheit auf technische Hilfsmittel wie Braillezeilen und

Software wie Screenreader beschränkt. Dass Screenreader auf eine gut strukturierte Oberfläche und vor allem auf die Trennung zwischen Inhalt und Design angewiesen sind, und dass davon letztendlich nicht nur behinderte Menschen profitieren, ist nur wenigen bewusst.

Auch bei privaten Webseiten sind Methoden zur Barrierefreiheit wie beispielsweise der Einsatz von Alternativtexten und der Verzicht auf Javascript-basierte und damit schwer handhabbare Kontextmenüs noch nicht weit verbreitet. Professionelle barrierefreie Vorlagen (Templates) sind teuer und wohl nur von kommerziellen Unternehmen sowie von Behörden und kommunalen Einrichtungen finanzierbar. Diese sind allerdings ohnehin seit 2002 an die Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung (Bundesministerium der Justiz 2002) gebunden.

Obwohl die Richtlinien der Barrierefreiheit in erster Linie technischer Natur sind, haben sie mitunter auch Auswirkungen auf das Screendesign. Einerseits sei hier die richtige Farbwahl genannt, auch im Hinblick auf Menschen mit Farbenblindheit und sonstigen Sehschwächen, auf der anderen Seite eine Seitenstruktur und Formatierungen, die die Farbgebung unterstützen.

4. Anforderungen an die Seite

Bei der Rupert-Egenberger-Schule handelt es sich um eine Schule und ein Berufsvorbereitungszentrum für Menschen mit Behinderungen. Zwei Treffen mit einem Vertreter der Schule zusammen mit Schülern der Berufsschulklasse dienten primär der Ermittlung der Anforderungen an die Webseite: Sehr schnell zeigte sich, dass die bisherige Internetpräsenz über die Lebenshilfe Amberg den Wünschen der Schule nicht gerecht wird. Aber es zeigte sich auch, dass eine Überarbeitung der gesamten Webseite der Lebenshilfe zahlreiche organisatorische Probleme aufwerfen würde. Das Modell, auf das sich unsere Überlegungen zusammenfassen lassen, lässt sich als Multimediaportal der Rupert-Egenberger-Schule bezeichnen: Das Multimediaportal sollte folgende Merkmale besitzen:

4.1 Präsentation von Inhalten

Den Lehrkräften und den Schülern sollte die Möglichkeit gegeben werden, auf einfachem Weg die kreativen Ergebnisse ihrer Arbeit zu präsentieren. Hierbei handelt es sich in erster Linie um multimediale Inhalte: Selber erstellte Videos, Tondokumente und Texte sollen über die Webseite zugänglich sein.

4.2 Behindertengerechte Gestaltung

Besonderes Augenmerk wurde auf die Bedürfnisse der Schüler gelegt werden: Ihnen sollte der Zugang zum Internet durch die Webseite erleichtert werden. Daher wurde beschlossen, die Webseite als Startseite in den Browsern der Schule einzustellen und mit Links zu häufig frequentierten Webseiten zu versehen. Zum anderen musste besonderes Augenmerk auf die Barrierefreiheit der

Webseite gelegt werden. Da die Nutzer unterschiedliche und teilweise multiple Behinderungen haben, mussten hier Kompromisse gemacht werden. Jedoch ließen sich einige Basisanforderungen identifizieren: Es musste eine einfache Sprache verwendet werden, Text musste relativ groß dargestellt bzw. möglichst sparsam eingesetzt werden. Das Design durfte keine zu hohe Komplexität besitzen, sollte übersichtlich und visuell ansprechend gestaltet werden. Hier bot sich der Rückgriff auf reduktionistische Gestaltungsprinzipien an, sodass auf unnötige Dekoration verzichtet wurde. Da es sich bei einem solchen Vorgehen um einen modernen Zugang zum Webdesign handelt, konnte so ein visuell ansprechendes und zeitgemäßes Ergebnis auf diesem Weg erzielt werden.

4.3 Inhalte

Die Webseite soll in erster Linie multimediale Inhalte anzeigen, die von den Schülern gemeinsam mit den Lehrkräften selber erstellt werden. Auf notwendige Webtechniken (Javascript, Flash etc.), die nicht zwangsläufig als barrierefrei gelten, musste zurückgegriffen werden.

Die bisherige Webseite enthielt aktuelle Informationen, auf die Schüler auch bisher schon gerne zurückgriffen, um sich über aktuelle Themen an der Schule zu informieren. Der Zugang zu diesen Informationen sollte vereinfacht werden.

4.4 Allgemeine Anforderungen an barrierefreie Webseiten

4.4.1 Standardkonformität

Zunächst müssen Seiten, die den Anspruch auf Barrierefreiheit haben, standardkonform sein. Das bedeutet, dass sie die vom W3C-Konsortium (W3C 2009) als Grundlage für eine technische Einheitlichkeit im Internet geschaffenen Kriterien erfüllen. Diese sind:

- Valider Code: Maximale Zugänglichkeit der Inhalte; Möglichkeit diverser Ausgabegeräte
- Saubere Trennung: Struktur in HTML, Design in CSS und sonstige Funktionen mit JS, PHP etc. Durch eine konsequente Trennung von Inhalt und Design wird ein Dokument mit einer ausgeprägten logischen Struktur erstellt.
- Sinnvolle Auszeichnung von Texten (Semantik): HTML-Elemente sollen gemäß ihrer Bedeutung laut Spezifikation semantisch korrekt verwendet werden. Dazu gehört zum Beispiel die Auszeichnung von Überschriften mit den HTML-Tags h1, h2, h3, ..., Absätzen (p), Betonungen (strong, em), Bildalternativen (alt) und vieles mehr.
- Allgemein gilt: Die Einhaltung der Standardkonformität trägt dazu bei, dass Webseiten suchmaschinenoptimiert sind.
- Barrierefreie Seiten müssen standardkonform sein, aber das heißt nicht, dass standardkonforme Seiten immer gleich barrierefrei sind. Erst das Einhalten zusätzlicher Punkte, die im Folgenden vorgestellt werden, machen eine Seite zu einer barrierefreien Seite.

4.4.2 Gute Übersicht und Orientierung

Das Ergebnis einer barrierefreien Gestaltung sollte eine durchweg übersichtliche Webseite sein, auf der man die Orientierung nicht verliert. Dazu ist es wichtig, den Präsentationsstil seitenübergreifend beizubehalten. Weiter sind übersichtliche, strukturierte Menüs wichtig, die eine schlüssige Navigation beinhalten. Auch eine Standort-Angabe (Breadcrumb) fördert die Übersichtlichkeit. Die Inhalte sollten klar aufgeteilt sein und über Sprungmarken angewählt werden können. Die Einrichtung einer Sitemap trägt zu besserer Orientierung bei.

4.4.3 Leichte Bedienbarkeit

Die Bedienung einer Webseite soll einfach, intuitiv und verständlich sein. Die Navigation auf der Seite sollte auch über die Tastatur (z. B. Tabulatortaste, um Links automatisch auswählen zu können) möglich sein. Leicht zu bedienen sollten nicht nur das Menü, sondern auch Such- und Bestellfunktionen, Formulare oder Downloadmöglichkeiten sein.

4.4.4 Gute Erkennbarkeit und Kontraste

Um eine Webseite für alle erkennbar und ohne Probleme lesbar zu machen, sollte eine leicht lesbare Schrift verwendet werden. Diese sollte entweder über die Seite oder besser noch über den Browser skaliert werden können. Ebenfalls wichtig ist, dass Links leicht als solche identifiziert werden können und ihre Zielverlinkungen klar erkennbar sind. Durch grafische Elemente lässt sich ein leichtes Erkennen zusätzlich verbessern. Ein hoher Text-Hintergrund-Kontrast vereinfacht das Lesen, hohe Kontraste sorgen für eine klare Struktur auf der Seite.

Ein nützliches Werkzeug, das bereits Screendesigns auf die Qualität ihrer Farbgebung überprüfen kann, ist der „Contrast Analyser 2.2“ (Web Accessibility Tools Consortium 2008). Mit dieser Software können Vorder- und Hintergrundkontraste jedes beliebigen Bildschirminhalts miteinander verglichen werden.

Das Programm gibt Auskunft über das Kontrastverhältnis und zeigt, ob dieses mit den beiden Konformitätsstufen AA und AAA der Web Content Accessibility Guidelines (WC3 2009) übereinstimmt. Außerdem ist es möglich, eine Simulation des Kontrasts bei verschiedenen Farbenblindheiten anzuzeigen und das Kontrastverhältnis für diese Fälle auszugeben. Sämtliche Untersuchungen können übrigens nicht nur auf die Farbsättigung angewandt werden, sondern auch auf Farb- und Helligkeitsdifferenzen.

4.5 Behinderungsspezifische Besonderheiten

Eine Herausforderung ist es, Personen mit kognitiven Einschränkungen die Nutzung von Computern zu ermöglichen (Robertson & Hix 2002). Diese benötigen zum Verständnis oftmals eine einfache klare Sprache. Das bedeutet, dass auf Webseiten speziell für diese Personengruppen eine

Version mit leichter Sprache anwählbar sein sollte. Für Analphabeten können Symbolsprachen wie Bliss (Blissymbolics Communication International 2010), Metacom (Kitzinger 2009) oder PCS (DynaVox Mayer-Johnson 2010) eingesetzt werden. Letztere sind allerdings ein kommerziell vertriebenes Produkt, es fallen hohe Lizenzkosten an. Auch auf Personen mit Sehbehinderungen sollte speziell eingegangen werden. So kann man zum Beispiel für Blinde Audioversionen der Texte zur Verfügung stellen, und man muss darauf achten, dass Screenreader die Seite vernünftig erfassen können. Dies ist durch Standardkonformität gewährleistet (siehe oben). Für Menschen mit skotopischer Sensitivität, also Menschen, die Probleme mit der Lichtempfindlichkeit haben, sollte eine Version mit „blasseren“ Hintergrundfarben und schwächerem Kontrast erstellt werden.

Es empfiehlt sich auch, eine nicht zu kleine Standard-schriftgröße zu wählen, die in allen Browsern skalierbar ist, was gerade Menschen mit Weit- und Altersichtigkeit hilft.

Verschiedene Farbfehlsichtigkeiten wie Rotblindheit, Grünblindheit, Blaublindheit oder totale Farbblindheit erfordern es, die Farben der Webseite so zu wählen, dass auch Menschen mit diesen Fehlsichtigkeiten Kontraste auf der Webseite erkennen können. Dazu ist es hilfreich, sich sein Screendesign in Graustufen anzeigen zu lassen, um zu beurteilen, wie stark die jeweiligen Kontraste sind.

5. Eine Umfrage bei den Schülern

Um eine Vorstellung von den Wünschen und Bedürfnissen der Schüler zu bekommen, wurden diese von Studierenden interviewt. Nach einer kurzen Vorstellungsrunde wurde jedem Studierenden ein Schüler der Förderschule als Interview-Partner zugeteilt. So ergaben sich acht Paare. Ein einfacher Fragebogen wurde dann zusammen ausgefüllt: Die Fragen „Was will ich?“, „Was kann ich?“ und „Was brauche ich?“ sollten für den jeweiligen Schüler beantwortet werden.



Abbildung 1: Eine Studentin interviewt eine Schülerin

Folgende Bedürfnisse der Schüler wurde in der Umfrage identifiziert:

- Multimedia (Bilder, einfache Texte, Videos, Musik)
- Download von Software und Filmen (problematisch)

- Chatten/Mädchen kennenlernen
- Speiseplan (sehen/hören)
- Computerspiele
- News auf der Homepage
- Eigene Homepage
- Große Texte
- Leichter Zugang zu weiteren Webinhalten
- eBay-Konto

6. Der Entwurf der Webseite

Ausgehend von den identifizierten Fähigkeiten und den Wünschen der Schüler wurden einige erste Screen-Designs für die Web-Seite (Arbeitstitel „Joker“) entwickelt und einer kritischen Analyse unterzogen (Abbildung 2).

Kontrast

Die ersten Entwürfe wurden mit einem Contrast-Analyser analysiert.

A1: Die Kontrastverhältnisse auf der gesamten Seite schwanken zwischen 7,6:1 und 16,5:1 bei Normalsichtigen, bei Grünblindheit ist mit einem Verhältnis von 2,8:1 der Grenzwert von 3:1 jedoch leicht unterschritten. Das ist nicht überraschend, hätte ich doch gerade die dunklen Bereiche der Grünverläufe als zu kontrastarm eingestuft. Die Farb-Helligkeitsdifferenz bei den Grünverläufen liegt mit 116 ebenfalls leicht unter dem Grenzwert von 125.

Auch bei A2 ist die Farbgebung größtenteils in Ordnung, beim Logo ist der Kontrast zwischen schwarzem Text und dunkelblauem Logo jedoch mit 3,6 zu 1 für Standardtext zu niedrig, ebenso die Helligkeitsdifferenz von gerade einmal 78. Dies ist jedoch zu verschmerzen, da es in erster Linie



Abbildung 2: Screen-Designs A1-A4

zur Zierde dient und die Linienstärke ausreichend ist. Der Spitzenkontrast im Inhalts-Bereich ist mit 17,9 vorbildlich. Ähnlich verhält es sich beim Beispiel A3, wobei hier nur Graustufen angewandt werden. Beim Inhalt ist das Verhältnis von 18,9 zu 1 ausreichend, bei den Ein- und Aus-Buttons für Symbole und Vorlesefunktion ist es aber mit 2,4 zu 1 deutlich zu schwach.

Bei den übrigen Screendesigns lagen Kontrast sowie Helligkeit stets innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte.

Farbkonsistenz

Elementar, nicht nur in puncto Barrierefreiheit, ist auch die konstante Darstellung der benutzerdefinierten Farben in sämtlichen Browsern und Betriebssystemen, wie im WCAG2-Erfolgskriterium 1.4.8 gefordert (W3C 2009). Das hat zur Folge, dass der Hauptinhalt einer Seite und sonstige besonders wichtige Inhalte wie z. B. Formulare möglichst ohne Vorder- und Hintergrundfarbe auskommen sollten. Navigationsleisten sind aber von dieser Regel befreit.

Was unsere Screendesigns betrifft, so wurde versucht, diese Anforderungen zu berücksichtigen. Zudem könnte ein in die Seite integrierter Stilwechsler (Style-Switcher) es dem Nutzer ermöglichen, die Kontraste der Seite anzupassen. Allerdings müssen diese Steuerelemente selber kontrastreich sein.

Ein Stilwechsler könnte also eine Notlösung sein, wenn die Seite aus irgendwelchen Gründen nicht kontrastreich genug gestaltet werden kann.

Sichtbarer Fokus

Teil der visuellen Gestaltung ist auch der sichtbare Tastaturfokus, wobei es bei dieser Anforderung nicht unbedingt um Sehbehinderung, sondern um Tastaturnutzer geht. Während Mausnutzer den Mauszeiger als Orientierung für die Navigation haben, was oft auch durch Mouse-Over (Hover)-Effekte ergänzt wird, haben Tastaturnutzer oft keine besondere Möglichkeit, den aktuell fokussierten Link oder das Formularelement zu erkennen.

Links und Menüs

Farbgestaltung dient häufig nicht nur der Ästhetik, sondern auch der Unterscheidung einzelner Rubriken der Homepage. Farben dürfen allerdings nicht das einzige Unterscheidungs-Merkmal sein.

6.1 Das Konzept und dessen Realisierung

Ausgehend von den ersten Erkenntnissen wurden die Entwürfe konkretisiert und verfeinert. Im Gegensatz zu den herkömmlichen barrierefreien Webseiten, bei denen es vorwiegend auf die Zugänglichkeit von Text ankommt, möchten die Personen unserer Zielgruppe sehr wohl multimediale Inhalte nutzen. Barrierefreiheit scheint bei geistiger Behinderung eine andere Ausprägung zu haben. Wegen der unterschiedlichen Arten der Behinderung und der teilweise auftretenden Kombinationen aus körper-

lichen und geistigen Einschränkungen sowie der unterschiedlichen Stärke der geistigen Einschränkungen scheint eine einheitliche Vorgehensweise, wie bei der klassischen Realisierung von barrierefreien Webseiten, nicht sinnvoll zu sein.

Deshalb schlagen wir statt einer einheitlichen Vorgehensweise einen mehrstufigen Ansatz vor: Die Webseite wird in drei Komplexitätsstufen unterteilt. Je nach Stärke der kognitiven Einschränkung kann der Nutzer sich die Ausprägung der Seite ansehen, die am ehesten auf seine Bedürfnisse zugeschnitten ist. In den drei Komplexitätsstufen werden die Inhalte folgendermaßen präsentiert:

Stufe 1: Navigation über Symbole, Inhalte sehr leicht verständlich, Audio-Texte.

Stufe 2: Navigation über Symbole und einfachen Text, Inhalte leicht verständlich, Audio-Texte und Schrift.

Stufe 3: Navigation vorwiegend über Text, komplexere Inhalte, Schrift.

Die Inhalte sollen also redundant in verschiedenen Stufen aufbereitet auf der Seite vorhanden sein. Dazu stellt das Content-Management-System, in dem später die Betreuer die Inhalte einpflegen, für jedes Inhaltselement mehrere Eingabefelder bereit: Ein Textfeld für normalen Text, eines für kürzeren Text (der dann vielleicht nur mit Großbuchstaben präsentiert wird) und eine Möglichkeit, Audio-Files mit dem gesprochenen Inhalt hochzuladen.

Navigation getrennt und auf eine extra Seite ausgelagert (Abbildung 4).



Abbildung 4: Stufe 1, Hauptnavigation

Von den Stufen unabhängig finden sich auf allen Seiten zwei Auswahlflächen links und rechts oben in den Ecken: Auf dem Button links kann man die Version wählen. Falls die Inhalte zu komplex oder zu einfach erscheinen, kann der Nutzer auf eine andere Stufe wechseln. Zusätzlich kann man beim Button rechts das optische Erscheinungsbild ändern und den Kontrast erhöhen, falls man Probleme bei der visuellen Wahrnehmung hat.



Abbildung 3: Die Auswahlseite

Abbildung 3 zeigt den Entwurf für die Einstiegsseite. Es sollte jedoch auch die Möglichkeit bestehen, den betreffenden Nutzern einen direkten Zugang zur entsprechenden Stufe einzurichten.

Um die extrinsische kognitive Belastung (Sweller 2003) zu verringern, wurde bei der Stufe 1 die Haupt- von der Sub-



Abbildung 5: Stufe 1, Medien

In Abbildung 5 ist eine Unterseite der Stufe 1 zu sehen. Über den „Zurück“-Button gelangt man wieder zur Hauptnavigation. Die Sub-Navigation ist durch die Symbole auch von Analphabeten bedienbar. Der Content der Seite besteht aus Video- und Audiomaterial.



Abbildung 6: Stufe 2, Medien

Abbildung 6 zeigt eine Seite der Stufe 2. Die Haupt- und die Subnavigation sind hier kombiniert. Jedoch ist die Navigation noch einfacher als in Stufe 3. Die Bezeichnungen sind vereinfacht und mit Symbolen zur Unterstützung versehen.



Abbildung 7: Stufe 3

In Stufe 3 tritt an die Stelle der Symbol-Navigation eine komplexere Text-Navigation mit Untermenü-Struktur. Auch bei den Inhalten kann man über Links zu weiteren älteren Beiträgen gelangen (Siehe Abbildung 7).

7. Zusammenfassung

Barrierefreies Web-Design für Personen mit kognitiven Einschränkungen muss anderen Regeln folgen als denen beim barrierefreien Web-Design für körperlich Behinderte. Eine besondere Herausforderung ist dies wegen der Unterschiedlichkeit der Art der geistigen Einschränkungen, die zudem auch in Kombination mit verschiedenen körperlichen Behinderungen auftreten können.

8. Ausblick

Weitergehende Forschungen werden im Rahmen des Projektes PIKSL (Personenzentrierte Interaktion und Kommunikation für mehr Selbstbestimmung im Leben) durchgeführt.

Kooperationspartner sind folgende Einrichtungen:

- Zentrum für Planung und Evaluation sozialer Dienste der Universität Siegen
- Fraunhofer IMS mit der Gruppe „User Interaction & Safety Solutions“
- In der Gemeinde leben gGmbH
- v. Bodelschwingsche Stiftungen Bethel
- inHaus GmbH
- Hochschule Amberg-Weiden, Fakultät Elektro- und Informationstechnik

In diesem Kooperationsprojekt soll untersucht werden, wie eine barrierefreie, mobile Kommunikationsplattform in der technischen Umsetzung und in der Anwendung aussehen muss, um Menschen mit geistigen Behinderungen und ihren Anforderungen an die Kommunikation und Technik gerecht zu werden.

Die Hochschule Amberg-Weiden wird dabei folgende Ziele im Projekt verfolgen:

- Die Erarbeitung eines mehrstufigen Kommunikations-Modells für unterschiedliche kognitive Fähigkeiten.
- Die Aufstellung von Design-Richtlinien für Benutzeroberflächen für Menschen mit geistiger Behinderung.
- Die Erstellung geeigneter Design-Templates und Symbol-Vorlagen für grafische Benutzeroberflächen.

Im Hinblick auf die steigende Informationsflut in den digitalen Medien sowie auf die zunehmende Überalterung unserer Gesellschaft kann dieses Projekt auch für eine breitere Gesellschaftsschicht relevant werden.

Literatur

- Blissymbolics Communication International (2010). Blissymbolics. <http://www.blissymbolics.org>, Stand: 18.02.2010
- Bundesministerium der Justiz (2002). Verordnung zur Schaffung barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz (BITV). <http://bundesrecht.juris.de/bitv/index.html>, Stand: 18.2.2010
- DynaVox Mayer-Johnson (2009). Picture Communication Symbols (PCS). <http://www.dynavoxtech.com>, Stand: 18.02.2010
- Kitzinger, Annette (2009). Metacom Symbolsystem zur unterstützten Kommunikation. <http://www.metacom-symbole.de>, Stand: 14.06.2010
- Robertson, G. L. & Hix, D. (2002). Making the computer accessible to mentally retarded adults. *ACM* 45(4), 171–183.
- Small, J., Schallau, P., Brown, K. & Appleyard, R. (2005). Web accessibility for people with cognitive disabilities. CHI ,05: CHI ,05 extended abstracts on Human factors in computing systems. New York: ACM, S. 1793–1796.
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. *The Psychology of Learning and Motivation*, 43, 215–266.
- Web Accessibility Tools Consortium (2008). WAT-C. <http://www.wat-c.org>. Stand: 18.02.2008
- W3C (2009). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. <http://www.w3.org/Translations/WCAG20-de>, Stand: 18.02.2010



Prof. Dr. Dieter Meiller
Lehrgebiet Medieninformatik
E-Mail: d.meiller@haw-aw.de

Projekt KOBA Diagnose von Schaltlichtbögen Linuxbasierte Echtzeitsteuerung mit Industrial Ethernet

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Schmidt
wissenschaftlicher Mitarbeiter Michael Gleißner
Laboringenieur Matthias Söllner

1. Projekt KOBA

Drittmittelprojekt KOBA – „Möglichkeiten und Grenzen kontaktloser Backbonesysteme für anreihbare Automatisierungskomponenten“

1.1 Daten

Projektlaufzeit 2008–2011

Kooperationspartner:

- Leoni AG, Nürnberg, BU Automation Spezialkabel
- inIT, Institut für Industrial IT der Hochschule OWL, Lemgo, Kompetenzzentrum industrielle Kommunikation des Landes Nordrhein-Westfalen
- Weidmueller Interface GmbH, Detmold

Förderung:

- Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kultus
- Förderung HAW 250.000 Euro
- Wissenschaftsministerium (MIWFT) des Landes Nordrhein-Westfalen, Förderung inIT

1.2 Beschreibung

1.2.1 Einleitung

Im industriellen Einsatz werden Automatisierungsgeräte oftmals zentral in einem sogenannten Schaltschrank montiert. Aber auch die dezentrale Installation, bei der die Geräte über Fabrikhallen verteilt sind, ist üblich. Bisher werden bei beiden Ausführungen Energie als auch Daten normalerweise über Kabel übertragen und mit elektrischen Kontakten angeschlossen. In diesem Forschungsprojekt werden Grenzen und Möglichkeiten der kontaktlosen Energie- und Datenübertra-

gung untersucht [1][2][3][4]. Das Augenmerk liegt dabei auf Anordnungen, die im Prinzip wie Kabel ausgeführt werden können. Die übertragenen Leistungen, die hier betrachtet werden, liegen im Bereich von einigen Watt [5].

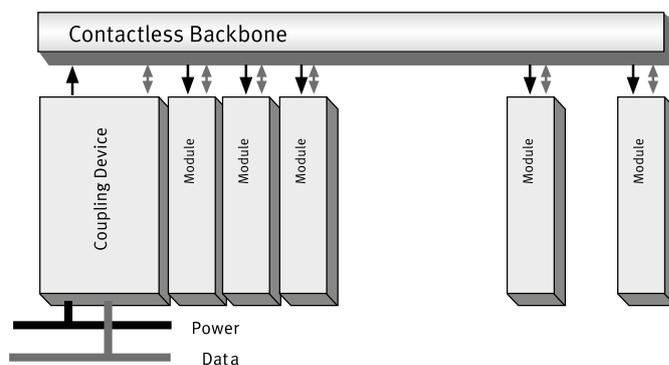


Abb. 1: Schematischer Aufbau der kontaktlosen Energie- und Datenübertragung

1.2.2 Untersuchungen

Während man eine kapazitive Kopplung bei niedrigen Leistungen einsetzen kann, kommt bei Leistungen von einigen Watt pro Modul die induktive Kopplung zum Einsatz [5]. Eine derartige Anordnung besteht aus einem ausgedehnten Übertrager mit Luftspalt. Der Fluss, der durch eine ausgedehnte Windung (Leiterschleifen) auf einer hochpermeablen Basis erzeugt wird, wird mit Abnehmern abgegriffen. Dieser Aufbau ist in der schematischen Abbildung 2 dargestellt.

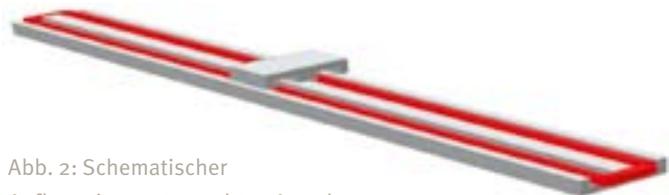


Abb. 2: Schematischer Aufbau einer untersuchten Anordnung

Bei dieser Anordnung werden Ferrite in einer Standardschiene montiert, wobei die Längen typischerweise von einigen 10 cm bis zu einem Meter variieren, während die Abnehmerbreiten von einigen mm bis einigen 10 mm reichen.

Für die Auslegung und die Optimierung werden detaillierte 3D-FEM-Berechnungen durchgeführt. Um die Ergebnisse der numerischen Simulation verifizieren zu können, wurde eine 3D-Magnetfeldmessung entwickelt, die das Magnetfeld in Richtung und Größe orts aufgelöst vermessen kann.

1.2.3 FEM-Berechnungen

Es werden 3D-Feld-Berechnungen durchgeführt, um Induktivitäten, Feldstärken, Flüsse und deren Variationen zu bestimmen.

Zur Magnetfeldberechnung sind die Gleichungen 1-4 zu lösen. Dazu setzen wir Vector Fields Opera 3D ein, mit dem Ansatz Skalarpotenziale außerhalb von stromführenden Leitern zu verwenden. Der betrachtete Frequenzbereich erstreckt sich bis zu ca. 100 kHz. Entsprechend müssen „Skin Effekt“ und Wirbelströme berücksichtigt werden. Die Felddiffusionsgleichung für den quasi statischen Fall wird mit dem komplexen harmonischen Ansatz und der entsprechenden Eichung nach Gleichung 4 gelöst.

$$\text{rot } H = \vec{j}$$

$$\text{div } \mu \text{ grad } \Psi = 0$$

$$\text{div } \mu \text{ grad } \Phi - \text{div } \mu \left(\int_{V_c} \frac{\vec{j} \times \vec{r}}{|\vec{r}|^3} dV \right) = 0$$

$$\vec{A} = \vec{A} - \frac{j}{\omega} \nabla \Phi$$

Um die Skintiefen und Wirbelströme auflösen zu können, ist ein hoher numerischer Aufwand nötig. Einerseits ist ein sehr feines 3D-Gitter nötig, um insbesondere hochpermeable Folien im Dickenbereich von einigen 100µm zu berücksichtigen. Andererseits soll die geometrische Ausdehnung bis zu 1 m reichen.

1.2.4 Messungen

Zur Messung des Magnetfelds und der elektrischen Eigenschaften wird ein Signal mit variabler Kurvenform, Frequenz und Amplitude mit einem Leistungsverstärker eingespeist. Ströme werden mit Hall-Stromzangen, Shunt und/oder Rogowski-Sensoren im Frequenzbereich von DC bis 100 kHz gemessen.

Wirkleistungen und damit Wirkungsgrade werden über die gemessenen Ströme und Spannungen bestimmt.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) i(t) dt \quad \text{Gl. 5}$$

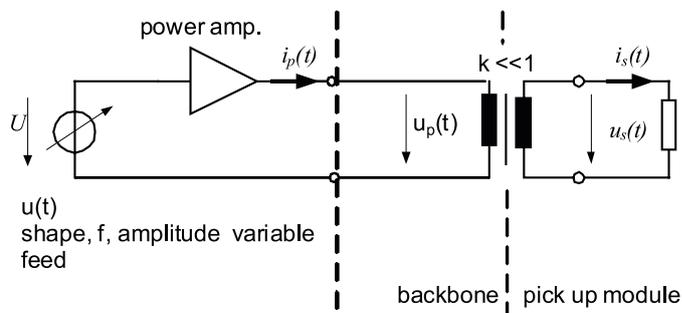


Abb. 3: Prinzipieller elektrotechnischer Aufbau

Das Magnetfeld wird mit dem selbst entwickelten 3D-Messgerät bestimmt. Die Positioniergenauigkeit ist dabei besser 0,1 mm und der Frequenzbereich erstreckt sich bis zu ca. 300 kHz.

1.2.5 Ergebnisse

In der Abbildung 4 sind der prinzipielle Aufbau und die berechneten Feldverteilungen für die betrachteten Strukturen dargestellt.

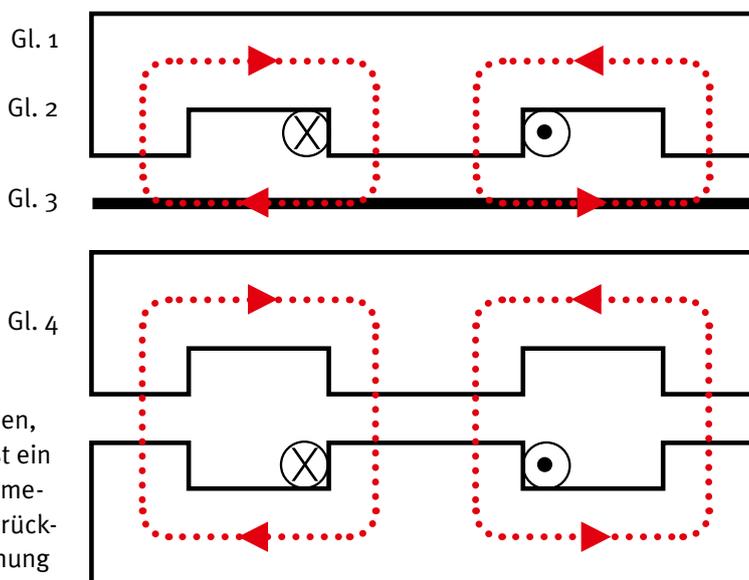


Abb. 4 a): prinzipieller Aufbau

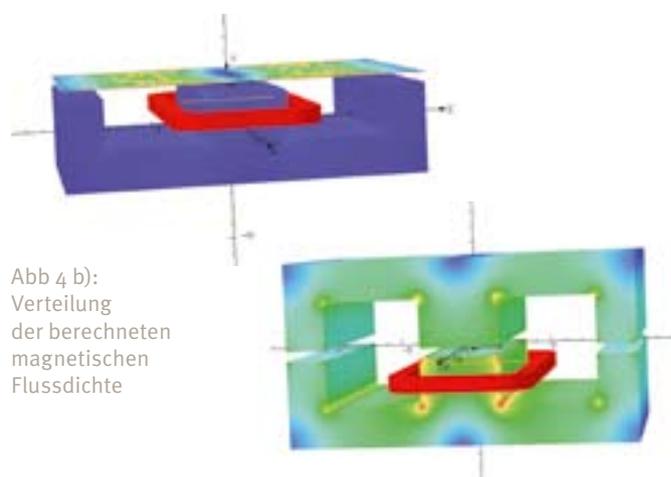


Abb 4 b): Verteilung der berechneten magnetischen Flussdichte

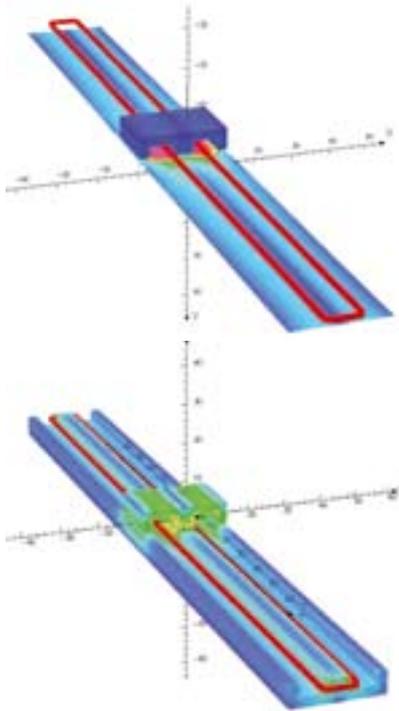


Abb. 4 c):
Verteilung der berechneten magnetischen Flussdichte bei 20 cm Basis

Bei diesen Untersuchungen stimmen berechnete Flussdichten und Induktivitätswerte gut mit gemessenen Werten überein. Bei einer optimierten Auslegung lassen sich bei kleinen Luftspalten Wirkungsgrade von über 90 % erzielen.

1.2.6 Weiterarbeit

Es werden verschiedene Arten der optimierten Flussführung untersucht und die kontaktlose Datenübertragung, eine Parallelentwicklung am inIT wird integriert. Für die Einspeisung wird eine PWM-Ansteuerung mit Resonanz angepasst, während für die Abnehmer eine entsprechende Elektronik zur Erzeugung von 24 V DC entwickelt wird.

Literaturangaben

1. K. O'Brien, G. Scheible, H. Gueldner: „Analysis of Wireless Power Supplies for Industrial Automation Systems“, Industrial Electronics Society 2003, IECON 2003, Volume 1, Page 367–372
2. André Kurs, Aristeidis Karalis, Robert Moffatt, J. D. Joannopoulos, Peter Fisher, Marin Soljacic, Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances, Science Vol. 317, 6 July 2007
3. J. Wallerath, E. Waffenschmidt PR-TN-2004, Inductive energy transfer for portable electronic devices 12/04
4. C. Sonntag, Contact Less Energy Transfer for Office and Home Applications
weblink: http://w3.ele.tue.nl/nl/epe/research/contactless_energy_transfer
5. H.-P. Schmidt: “Contact less Energy Transfer for a Backbone in Automation Systems”, ISEF 2009, Arras; France
6. D. Wesemann, S. Witte, H.-P. Schmidt and J. Michels, Kontaklose Energie- und Datenübertragung, Automation 2010, Baden

2. Diagnose von Schaltlichtbögen

Im Rahmen des Aufenthaltes und dessen Vorbereitung an der Australischen Großforschungseinrichtung CSIRO in Sydney wurde ein gemeinsames Forschungsprojekt definiert und begonnen. Zurzeit werden weitere Kooperationspartner gewonnen. Dieses Vorhaben soll Ergebnisse, Know-how und Equipment von KOBA nutzen und darauf aufbauen.

2.1 Daten

Projektlaufzeit 2010–2013 (geplant)

Kooperationspartner:

- CSIRO, Sydney, Australien: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Nationale Großforschungseinrichtung) J.J. Lowke und M. Murphy

2.2 Beschreibung

2.2.1 Einleitung

Bei der Simulation von Schaltlichtbögen im Rahmen der Leistungsschalterauslegung muss ein Kompromiss zwischen den nötigen Vereinfachungen und den zu berücksichtigenden physikalischen Effekten gemacht werden. Zwar kann eine Vereinfachung zur Vernachlässigung von Effekten führen, die für die Auslegung relevant sind, jedoch ist eine vollständige numerische Modellierung immer noch nicht möglich [1]. Nur geeignete Messverfahren können herangezogen werden, um einzelne Modellbildungen und Vereinfachungen zu beurteilen.

Bei Leistungsschaltern entsteht ein Lichtbogen in Luft oder einem dezidierten Löschgas in einer komplexen Lichtbogenkammer. In der Niederspannung verlöscht der Bogen üblicherweise, wenn der Spannungsfall die treibende Spannung übersteigt. Dieser erhöhte Spannungsfall wird dadurch erzeugt, dass der Lichtbogen in einem Stapel aus sogenannten Löschblechen getrieben wird und somit ein multipler Anoden- und Kathodenfall entsteht. Die dielektrische Wiederverfestigung des Gasgemisches bestimmt, ob die Entladung endgültig verlöscht oder wieder zündet.

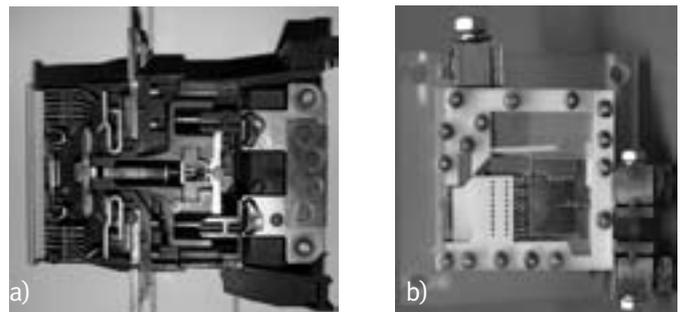


Abbildung 1: Schnittbilder a) Leistungs- und b) Leitungsschalter mit Löschblechen

2.2.2 Untersuchungen

Für die Modellierung des Lichtbogens werden vorhandene 2D- und 3D-Modelle eingesetzt. Ziel ist es, eine Vorhersage der Bewegung des Lichtbogens zu erhalten und somit Auslegungseinflüsse besser beurteilen zu können. Die Rechenergebnisse, die auch die räumliche Verteilung des zeitabhängigen Magnetfelds beinhalten, werden dann mit den orts- und zeitaufgelösten Messungen der magnetischen Feldstärke verglichen.

2.2.3 Lichtbogenmodellierung

Zur Modellierung werden die zeitabhängigen Erhaltungsgleichungen der Magneto-Hydrodynamik und die Wechselwirkung mit dem Schalter betrachtet [1][2][3][4][5]. Zusätzlich werden die Maxwellgleichungen gelöst, wobei dem Eigenmagnetfeld und seiner Wechselwirkung mit den ferritischen Komponenten eine zentrale Rolle zukommt, da die Lorentz-Kräfte ($\mathbf{j} \times \mathbf{B}$) die Bogenbewegung gemäß Gl. 4 dominieren.

Die Lösung erfolgt zum Teil mit kommerziellen 3D-FEM/FVM-Paketen, wobei angepasste Modelle für Materialeigenschaften, Strahlung, Ablation und Fußpunktbewegung verwendet werden.

Stromdichte

$$\nabla \circ \vec{j} = -\nabla \circ (\epsilon \vec{u} \times (\nabla \times \vec{A}) + \sigma \nabla \Phi) = 0 \quad \text{Gl. 1}$$

Magnetfeld

$$\nabla \times \left(\nabla \times \frac{1}{\mu} \vec{A} \right) = \mathbf{j} \quad \text{Gl. 2}$$

Energieerhaltung

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h) + \nabla \circ (\rho h \vec{u}) = \nabla \circ (\Gamma_h \nabla h) + \vec{E} \cdot \vec{j} - s \quad \text{Gl. 3}$$

Impulserhaltung

$$\rho \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \rho (\vec{u} \cdot \nabla \vec{u}) = -\nabla p + \nabla \circ \vec{\tau} + \vec{j} \times \vec{B}; \quad \text{Gl. 4}$$

Spezies

$$\frac{\partial \rho Y_i}{\partial t} + \nabla \circ (\rho Y_i \vec{u}) = \nabla \circ (\Gamma_i \nabla Y_i) \quad \text{Gl. 5}$$

Massenerhaltung

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \circ (\rho \vec{u}) = 0 \quad \text{Gl. 6}$$

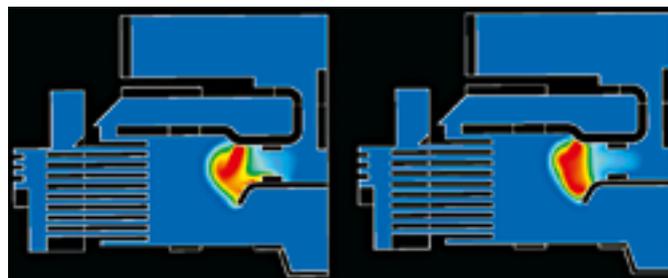


Abb. 2: Berechnete Temperaturverteilung [5]

2.2.4 Diagnostik und Messungen

Mit einem Hall Sensor-Array, dessen Frequenzbereich von DC bis zu einigen 100 kHz reicht, werden die Magnetfelder orts- und zeitaufgelöst gemessen, wobei sich die Ortsauflösung durch die Anzahl der Sensoren ergibt. Für die Kalibrierung wird ein zweistufiges Verfahren verwendet. Zuerst wird die Empfindlichkeit der einzelnen Sensoren mit einem Helmholtzspulenpaar bestimmt. Dann wird das Sensor-Array mithilfe eines definierten Leiterstromes vermessen, um geometrische Einflüsse wie Ausrichtung korrigieren zu können.

Messergebnisse für ein Sensor-Array mit 9 Aufnehmern sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

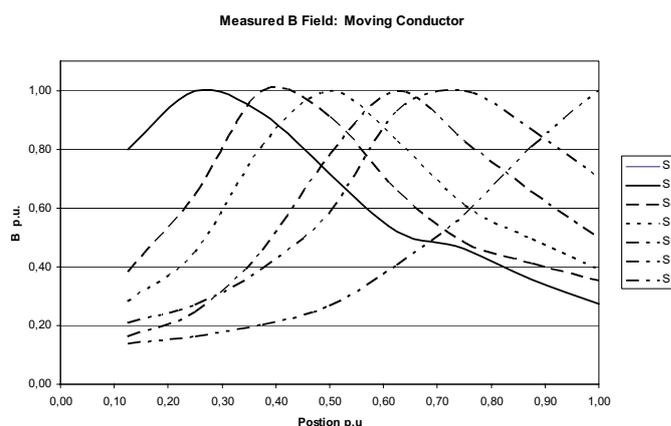


Abb. 3: Messwerte des ortsveränderlichen Magnetfeldes

Um nicht immer einen kompletten Lichtbogen simulieren zu müssen, wird das Magnetfeld für bestimmte Stromdichteverteilungen im Schalter berechnet und kann damit mit dem Gemessenen verglichen werden. Somit muss zur Bestimmung der Lichtbogenbewegung nicht mehr das inverse Problem gelöst werden.

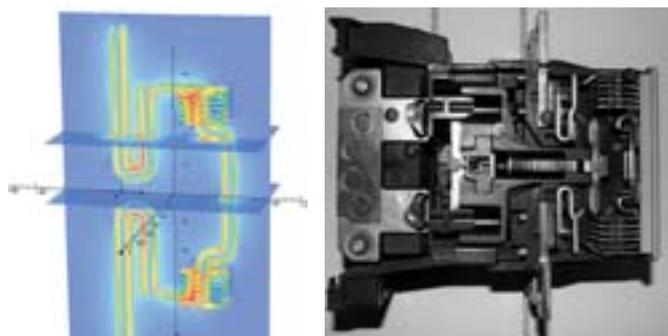


Abb. 4: Berechnete Magnetfeldverteilung und Schnittmodell des Schalters

2.2.5 Weiterarbeit

Der Aufbau und das Sensor-Array sollen optimiert werden, um eindeutige Ergebnisse mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung zu erhalten. Des Weiteren sollen auch direkte Aussagen über die Stromverteilung gemacht werden. Hierzu muss allerdings das inverse Problem und die im Allgemeinen schlecht konditionierte Integralgleichung gelöst werden.

Literaturangaben

1. Schmidt H.-P.; Anheuser M. Kosse S. Simulation assisted diagnostic of switching arcs, ENDE June 2010 Scezin, Poland
2. Schmidt H.-P.; Anheuser M. Kosse S. Arc Modelling in Low Voltage Switch Gear
GEM XVI, February 2010, Murramarang, Australien (invited Lecture)
3. Anheuser M, Lüders C, Numerical Arc Simulations for low voltage circuit breakers,
XVIIIth Symposium on physics of switching arcs, 2009 Brno; Czech Republic
4. Bauder U.H., Schmidt H.-P.; Arcs, sparks and other discharges, Encyclopedia of Applied Physics, Editor L. Trigg, VCH Publishers NY, 1995
5. Kosse S., Lüders C. Hauser, Switching Arcs: Comparability of Simulations and Experiment, Symposium on physics of switching arcs, 2009 Brno; Czech Republic

3. Einsatz von Linux zur Echtzeitsteuerung mit Industrial Ethernet

In den von W&P Anlagenbau eingesetzten Steuerungen soll Linux mit einer Echtzeiterweiterung und Industrial Ethernet verwendet werden. Hierzu wurden verschiedene Ansätze untersucht.

3.1 Daten

Projektlaufzeit
Oktober 2009 – Januar 2010

3.2 Beschreibung

3.2.1 Einleitung

Für die universelle Ansteuerung von Antrieben werden die Einsatzmöglichkeiten von Linux mit Echtzeiterweiterung und Industrial Ethernet untersucht. RTAI [1] und Preempt Patch [2] werden für Linux und Powerlink, EtherCat und Profinet als Industrial Ethernet Varianten [3] betrachtet.

3.2.2 Linux mit Echtzeitfähigkeit

RTAI mit seiner relativ weiten Verbreitung kann gut für Steuerungsaufgaben eingesetzt werden. Mit dem LRXT-Modul steht auch die Entwicklung im User-Space offen, wobei nur geringe Einschränkungen hinsichtlich der Antwortzeiten und des Jitters zu machen sind. Nach wie vor sind Installation und Inbetriebnahme nicht trivial. Interessant ist hier der „Preempt Patch“, da große Teile dieser Echtzeiterweiterung bereits Part des Standardkernels sind und somit auch neuere leistungsfähige Hardware ohne aufwendige Konfigurationen verwendet werden kann. Zum Beispiel steht auch für die gängige Ubuntu-Distribution der Patch komplett zur Verfügung. Bei den Untersuchungen zeigte sich, dass je nach Anforderungen der Einsatz von RTAI gerechtfertigt scheint, jedoch auch der Preempt Patch eingesetzt werden kann.

3.2.3 Industrial Ethernet

Ausgehend von der im Labor entwickelten RAW-Ethernet [4] Kommunikation wurden die kommerziellen Varianten betrachtet. Bei der Laboranwendung wird eine aus mehreren Teilen bestehende Modellanlage (Taktstraßen) automatisiert. Die Ansteuerung der Anlagenteile erfolgt durch Microcontroller-Boards. Der ARM-Controller kann über eine an der HAW entwickelte Hardware angeschlossene Sensoren und Aktoren der Anlage steuern. Zudem verfügt er über eine Ethernet-Schnittstelle, die als Verbindung zum übergeordneten System dient. Über mehrere Industrie-Switche sind die Microcontroller-Boards mit einem PC verbunden, auf dem ein echtzeitfähiges Linux-System läuft (Ubuntu 9.04 mit Preempt-Patch). Dieser PC ist über ein weiteres Ethernet-Netzwerk mit einem Windows-Rechner verbunden, der über UDP angebunden ist und als Bedien- und Beobachten-Station (HMI) fungiert.

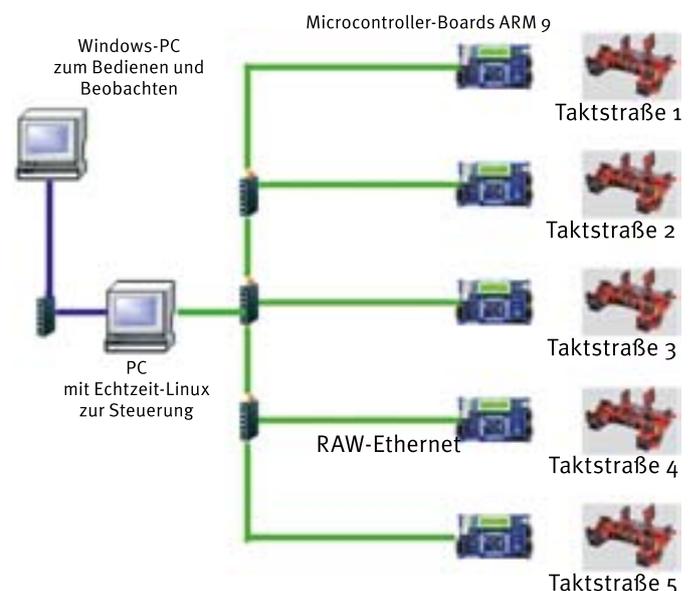


Abb. 1: Schematische Darstellung der Modellanlage

Die vorhandene Konfigurationssoftware, Verfügbarkeit von kostengünstigen Ertec-Microcontrollern und von Linux-

Treibern für den Kommunikations-Controller führte dazu, dass Profinet ausgewählt wurde.

Für detaillierte Untersuchungen wurde ein Testaufbau realisiert. Er besteht aus zwei Standard-PCs, wobei der eine zur Anwendungsentwicklung für die Echtzeitsteuerung und den Kommunikationskontroller verwendet wird, der andere zur Anwendungsentwicklung für das Profinet IO Device. Als Kommunikationscontroller wurde die PCI-Einsteckkarte CP1616 verwendet und als Device zum einen das Ertec Development Board EB200 und zum anderen das im Labor Anlagentechnik entwickelten Ertec Modul UniPIO [4]. Ein Notebook wurde zur Konfiguration mittels NCM eingesetzt.

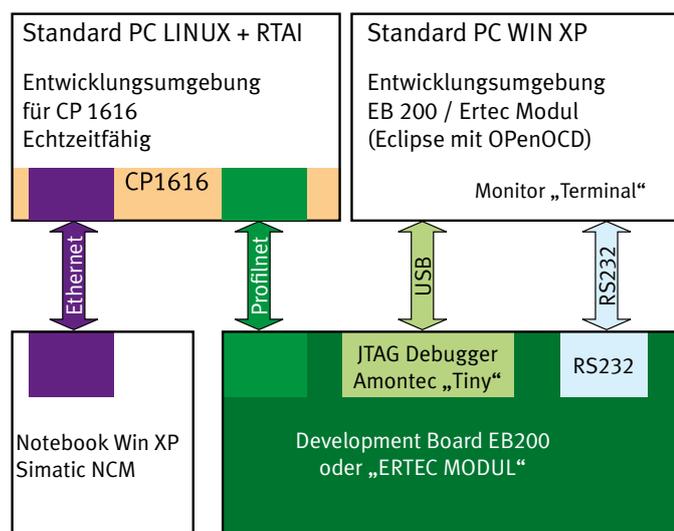


Abb. 1: Aufbau zur Untersuchung von Linux mit Echtzeiterweiterung und Profinet Kommunikation im Detail.

Mit diesem Aufbau konnte die Eignung im Detail gezeigt werden. Es wurden Antwortzeiten kleiner 1 ms realisiert.

Literaturangaben

- [1] www.rtai.org RTAI Homepage
- [2] www.osadl.org OSADL Homepage
- [3] <http://www.pdv.reutlingen-university.de/rte/> Informationsportal für Echtzeit-Ethernet in der Industrieautomation
- [4] M. Soellner, H.P. Schmidt Demonstrationsmodell „Automation und Ethernet, AALE Konferenz, Feb. 2010, Wien.
- [5] F. J. Furrer, Industrieautomation mit Ethernet-TCP/IP und Web-Technologie Hüthig Verlag Heidelberg.



Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Schmidt
 Fakultät Elektro- und Informationstechnik
 Numerische Simulationstechnik/Elektrische Anlagentechnik
h.schmidt@haw-aw.de

Ergebnisse der Untersuchungen im Rahmen des Projekts „Prüfung und weitere Verbesserung patentbasierter Managementinstrumente für das Innovationsmanagement“

Prof. Dr. Thomas Tiefel

mit der LGA Training & Consulting GmbH, Bereich „Patente & Normen“ Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

1. Hintergrund und Zielsetzung

Im Anschluss an die Ergebnisse des im WS 2008/2009 bearbeiteten Projekts zur praktischen Anwendungseignung und der Weiterentwicklungspotenziale von patentbasierten Managementinstrumenten und -modellen wurden im Zeitraum von Oktober 2009 bis März 2010 – gemeinsam mit der LGA Training & Consulting GmbH, Bereich „Patente & Normen“ – weiterführende Untersuchungen durchgeführt. In diesen sollten die existierenden patentbasierten Managementinstrumente systematisiert, genauer geprüft und davon für das strategische Technologie- und Innovationsmanagement (TIM) besonders geeignete Instrumente verbessert werden.

2. Untersuchungsergebnisse

Im Kontext strategischer Entscheidungen lassen sich drei Arten patentbasierter Managementinstrumente differenzieren, die entscheidungverbessernd wirken können: erstens patentbasierte Technologieprofile, zweitens patentbasierte Technologielebenszyklus-Modelle und drittens Patentportfolio-Ansätze.

2.1 Patentbasierte Technologieprofile

Patentbasierte Technologieprofile stellen eine grafische Veranschaulichung der technologischen Tätigkeitsschwerpunkte von Unternehmen oder Geschäftseinheiten dar. Dazu werden zeitpunkt- und zeitraumbezogen die Patentaktivitäten eines Unternehmens ermittelt, um daraus dessen technologische Schwerpunkte und Kernkompetenzen sowie deren Veränderungen über die Zeit zu identifizieren. Patentbasierte Technologieprofile eignen sich zur Untersuchung der eigenen Technologieposition, aber auch zur Identifikation und Analyse von aktuellen und potenziellen Konkurrenten. Letztgenannte sind Unternehmen, die einen

Technologie-Mix in ihren Patentaktivitäten aufweisen, welcher dem Spektrum der in den eigenen aktuellen und zukünftigen Produkten Verwendung findenden Technologien entspricht. Abbildung 1 zeigt die Technologieprofile von zwei konkurrierenden Unternehmen im Vergleich.

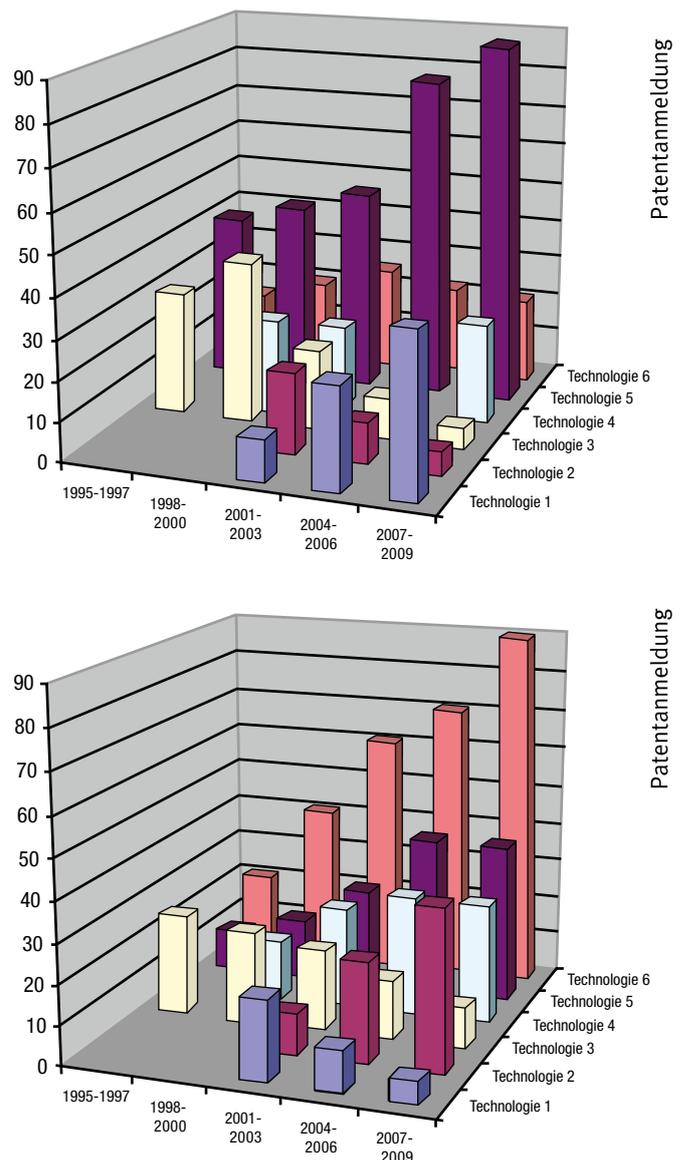


Abb. 1: Patentbasierte Technologieprofile zweier Unternehmen im Vergleich

2.2 Patentbasierte Technologielebenszyklus-Modelle

Die zweite Instrumentenkategorie sind Technologielebenszyklus-Modelle (TLZ-Modelle). Diese basieren auf der Annahme, dass bei der Entwicklung einer Technologie analog zur Evolutionstheorie bestimmte Regelmäßigkeiten auftreten, wie dies auch in der Biologie bei organischen Prozessen der Fall ist. Das Ziel von TLZ-Modellen ist die Beschreibung und die Prognose der Entwicklung einer Technologie. Auf dieser Grundlage können deren Attraktivität und strategische Bedeutung für ein Unternehmen eingeschätzt werden und Investitionsentscheidungen abgeleitet werden. Da Patente technische Lösungen abbilden, können auf ihnen basierende Informationen genutzt werden, um Entwicklungsstadien einer Technologie auszu-machen. Dabei kann grundlegend unterschieden werden, ob die Entwicklung einer Technologie anhand der Aktivität auf ihrem Gebiet oder ihrer Leistungsfähigkeit dargestellt wird.

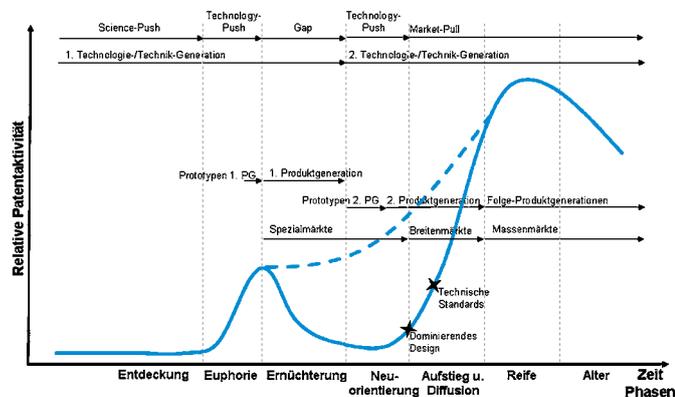


Abb. 2: Verbessertes patentbasiertes Technologielebenszyklus-Modell

Abbildung 2 zeigt ein verbessertes (nun integratives) patentbasiertes Technologielebenszyklus-Modell in dem mithilfe der neuen Messgröße „Relative Patentaktivität“ sowie weiterer Indikatoren der Doppelglockenkurven-Verlauf einer Technologie deutlicher modelliert und darin auftretende Phasen eindeutig nachvollziehbar differenziert werden können. Bei wenig komplexen Technologien entfallen häufig die Phasen „Ernüchterung“ sowie „Neuorientierung“ und der Aufstieg erfolgt sofort. Dieser Entwicklungspfad wird in der Abbildung durch die gestrichelte Linie veranschaulicht.

2.3 Patentportfolio-Ansätze

Die Portfolio-Analyse ist eine Methode zur Informationsverdichtung, welche eine Kombination aus Umwelt- und Unternehmensanalyse ermöglicht und Hinweise für die Strategiewahl liefert. Mittels geeigneter Indikatoren wird dabei die Komplexität der Umwelt sowie die des Unternehmens auf das Erfolgswesentliche reduziert, um ein zwar verkürztes, aber dafür übersichtliches und entscheidungszugängliches Abbild der Realität zu erhalten. Der Zusammenhang von Umwelt und Unternehmen wird in einer Portfolio-Analyse durch eine Matrix-Darstellung

veranschaulicht, bei der üblicherweise die Ordinate die externe Dimension, an der vom Unternehmen unbeeinflussbare Faktoren und die Abszisse die interne Dimension, an der vom Unternehmen beeinflussbare Faktoren angetragen werden. Um aus der ermittelten Position des Analyseobjekts in der Matrix Schlüsse ziehen zu können, werden bei Portfolio-Darstellungen verschiedene Sektoren abgegrenzt, denen wiederum prototypische Handlungsempfehlungen zugeordnet sind. Mithilfe unterschiedlicher Patentportfolio-Ansätze lassen sich die aktuelle bzw. die zukünftige Position und damit die strategische Bedeutung der unterschiedlichsten Erfolgsobjekte ermitteln. So können sowohl Patente selbst als auch Produkte, Produktgruppen, Technologien, Geschäftseinheiten oder Unternehmen in einem Patentportfolio verortet werden. Derartige Analysen ergänzen in idealer Form klassische Produkt/Markt- oder Technologieportfolio Methoden.

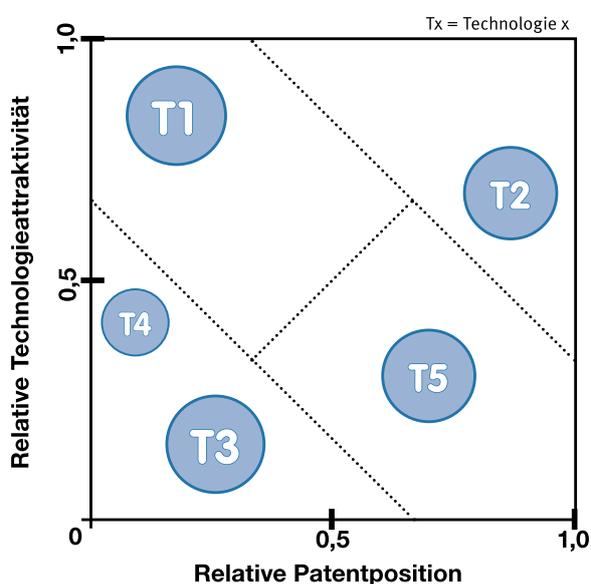


Abb. 3: Verbesserter Patentportfolio-Ansatz für Technologien

Abbildung 3 zeigt einen verbesserten Patentportfolio-Ansatz, der die für ein Unternehmen relevanten Technologien (T1 bis T5) aus der Perspektive der dort bestehenden Patentsituation betrachtet. Fortschritte konnten durch die Neugestaltung der Achsdimensionierungen bzw. -skalierungen und durch die integrative Verknüpfung mit dem in Abbildung 2 vorgestellten patentbasierten TLZ-Modell erzielt werden. Dadurch wird die strategische Position eines Unternehmens auf verschiedenen Technologiegebieten noch klarer deutlich und seine spezifischen Stärken und Schwächen werden erkennbar gemacht. Hieraus lassen sich wiederum die Art und der Umfang des Einsatzes von Ressourcen ableiten, welcher notwendig ist, um Erfolgspotenziale zu erschließen und um strategische Lücken zu vermeiden oder gegebenenfalls zu schließen.

3. Zusammenfassung

Patentbasierte Managementinstrumente sind sehr gut für das strategische TIM geeignet, da sie klassische Methoden hervorragend ergänzen und eine übergreifende, ganzheitliche Beurteilung der Situation ermöglichen.

Dadurch wird es möglich, Erfolgspotenziale zu identifizieren, systematisch Wettbewerbsvorteile zu generieren, die wettbewerbsrelevanten Ressourcen aufzubauen und damit in Summe das langfristige Überleben des Unternehmens zu sichern. Insbesondere das neue patentbasierte TLZ-Modell, welches auf die Messgröße „Relative Patentaktivität“ zurückgreift, und der verbesserte Patentportfolioansatz mit den neu gestalteten Achsdimensionen können hierbei sehr gute Dienste leisten und haben dies in der Praxis auch bereits unter Beweis gestellt.

Veröffentlichungen

Tiefel, T.: Das Patent-Rezept – Wie Unternehmen Patente für ihre strategische Entwicklung nutzen können

in: INNOVATIONSMANAGER – Magazin für Innovationskultur, Juni 2010.

Tiefel, T./Fraas, A./Götz, B.: Patentbasierte Instrumente für das strategische Technologie- und Innovationsmanagement, Nürnberg/Amberg 2009.



Prof. Dr. Thomas Tiefel

Fakultät Maschinenbau/Umwelttechnik

Studiengang Patentingenieurwesen/

Allgemeine Betriebswirtschaftslehre

t.tiefel@haw-aw.de

Foto: privat

Theoretische Überlegungen zu einem idealen Druckluftsystem mit geschlossenem Luftkreislauf

Prof. Dr. Andreas P. Weiß

Übersicht

Mittels thermodynamischer Berechnungen und Überlegungen wird quantitativ gezeigt, dass ein ideales Druckluftsystem mit geschlossenem Luftkreislauf eine höhere Energieeffizienz erreicht als das zum Vergleich herangezogene, ideale offene Referenzsystem ohne Abluftrückführung. Des Weiteren wird deutlich, dass ein gegebener Kompressor im geschlossenen System mehr Werkzeuge mit Druckluft versorgen kann. Es werden anschließend auch die Effekte genannt, die bei der technischen Umsetzung eines solchen geschlossenen Systems zu zusätzlichen Druck- und Wirkungsgradverlusten führen und den theoretischen Wirkungsgradgewinn des geschlossenen Systems in der Praxis sicher zum Teil oder in manchen Anwendungsfällen auch gänzlich „auffressen“ werden!

Einleitung

Bei konventionellen Druckluftsystemen bestehend aus Druckluftkompressor(en), Druckluftaufbreitung, Druckluftnetz und Druckluftverbrauchern wird die Druckluft in die Umgebung abgeblasen, nachdem ein Teil ihrer Energie in einem Druckluftantrieb (DL-Zylinder, DL-Motor, DL-Werkzeug etc.) in mechanische Arbeit umgewandelt wurde. Viele Druckluftantriebe wie z. B. Druckluft-Zylinder oder -Zahnradmotoren nutzen die Expansionsarbeit in der Druckluft nicht, da sie die Druckluft, ohne sie zuvor zu entspannen, in die Umgebung abblasen. Druckluft-Lamellenmotoren nutzen die Expansionsarbeit der Druckluft nur zum Teil (siehe [1]) oder überhaupt nicht, nur Druckluftturbinen (siehe [2]) nutzen die Expansionsarbeit in der Druckluft im Idealfall ganz aus.

Aus diesem Grund und auch anderen Überlegungen wie z. B. hinsichtlich Lärmemissionen kann es sinnvoll sein, die Abluft des Werkzeuges auf einem Druckniveau über dem Umgebungsdruck aufzufangen und über eine Ringleitung zum Kompressor zurückzuführen. Ein direkte Folge wäre die steigende Liefermenge des gegebenen Kompressors

(ISO 1217), da dieser, anstatt Umgebungsluft mit $p_{\infty} \leq 1$ bar (absolut) anzusaugen, mit der nur teilentspannten und somit dichteren Abluft (> 1 bar, absolut) der Werkzeuge versorgt würde. Der Kompressor würde also effektiver, d. h., er könnte eine größere Anzahl von Druckluftverbrauchern versorgen. Dies muss aber nicht in jedem Fall auch „effizienter“ bedeuten?! Den Anwender interessiert jedoch heutzutage auch die Energieeffizienz seiner Druckluftanwendung bzw. seines Druckluftsystems. Deshalb wird im Folgenden auf rein theoretischer Basis untersucht, ob ein geschlossenes DL-System prinzipiell auch einen Vorteil hinsichtlich der Energieeffizienz erzielen kann?

Modell des stark vereinfachten, idealen Druckluftsystems: Kompressor mit Druckluft-Antrieb

Der ideale Kompressor: Es wird im Folgenden ein idealer Kompressor angenommen (ohne Reibungsverluste, ohne Totvolumen und Leckagen), der isotherm arbeitet, d. h., die Druckluft hat nach der Verdichtung wieder die Temperatur der Ansaugluft. Abb. 1 zeigt den Druckverlauf über dem Hubvolumen für die isotherme Kompression. Dies ist thermodynamisch die günstigste Art zu verdichten und wird durch flüssigkeitsgekühlte Schraubenkompressoren recht gut angenähert.

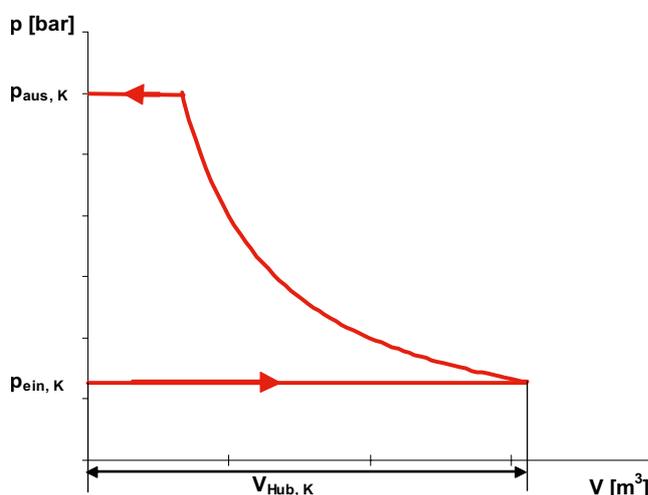


Abb. 1: Die isotherme Kompression im p, V-Diagramm

Der angenommene ideale Kompressor soll jede gewünschte Druckdifferenz $\Delta p = p_{\text{aus,K}} - p_{\text{ein,K}}$ bzw. jedes Verdichtungsdruckverhältnis $\Pi_K = p_{\text{aus,K}} / p_{\text{ein,K}}$ mit 100 % Wirkungsgrad erreichen.

Die für die ideale isotherme Kompression notwendige Leistung P_K berechnet sich zu

$$P_K = p_{\text{ein,K}} * \dot{V}_{\text{ein,K}} * \ln \frac{p_{\text{aus,K}}}{p_{\text{ein,K}}} \text{ [kW]}$$

Ein idealer Verdrängerverdichter (wie z. B. ein idealer Kolben- oder Schraubekompressor) saugt bei gegebener Drehzahl immer denselben Volumenstrom $\dot{V}_{\text{ein,K}}$ an. Somit ist die tatsächliche Leistungsaufnahme direkt proportional zum Ansaugdruck, wenn das Druckverhältnis $\Pi = p_{\text{aus,K}} / p_{\text{ein,K}}$ konstant bleibt. Hält man für einen geschlossenen Druckluftkreislauf die Druckdifferenz $\Delta p = p_{\text{aus,K}} - p_{\text{ein,K}}$ konstant bei gleichzeitiger Anhebung von $p_{\text{ein,K}}$, so wird das Druckverhältnis für den Kompressor kleiner. Dennoch steigt auch in diesem Fall die Leistungsaufnahme wie Abb. 2 darstellt. Es wurde für die Darstellung in Abb. 2 angenommen, dass immer dieselbe Druckdifferenz $\Delta p = p_{\text{aus,K}} - p_{\text{ein,K}} = 6 \text{ bar}$ vom Kompressor erzeugt werden muss. Referenz ist ein idealer Kompressor im offenen Kreislauf, der Umgebungsluft von 1 bar (absolut) bzw. 0 bar(ü) ansaugt und auf 6 bar (ü) bringt und dabei eine Liefermenge (ISO1217) von 1 m³/min erzielt (Abb 2., links). In den nächsten Schritten wird angenommen, dass die Werkzeugabluft aufgefangen und auf erhöhtem Druckniveau (1, 2, 3 und 4 bar (ü)) dem Kompressor wieder über eine Rückleitung in einem geschlossenen Kreislauf zugeführt wird.

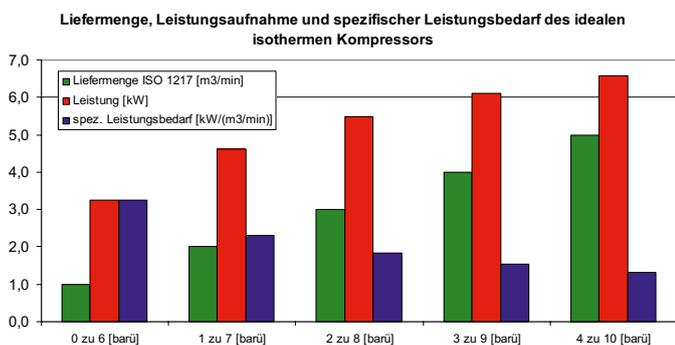


Abb. 2: Liefermenge, Leistungsaufnahme und spezifischer Leistungsbedarf des idealen isothermen Kompressors als Funktion des Verdichtungsstartdruckes $p_{\text{ein,K}}$ (hier Überdruck) bei festgehaltener Verdichtungsdruckdifferenz $\Delta p = p_{\text{aus,K}} - p_{\text{ein,K}} = 6 \text{ bar}$.

Da das Hubvolumen des Kompressors bei steigendem Eintrittsdruck mit dichter Luft befüllt wird, steigt seine Liefermenge linear mit dem absoluten Eintrittsdruck $p_{\text{ein,K}}$ an, wie die folgende Gleichung darstellt und Abb. 2 zeigt.

$$\dot{V}_{\text{ISO1217,K}} = \dot{V}_{\text{ein,K}} \frac{p_{\text{ein,K}}}{p_{\text{ISO1217}}} * \frac{T_{\text{ISO1217}}}{T_{\text{ein,K}}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right]$$

($T_{\text{ISO1217}} = 293\text{K}$, $p_{\text{ISO1217}} = 1 \text{ bar}$)

Des Weiteren zeigt die Gleichung, dass die Liefermenge auch mit fallender Eintrittstemperatur $T_{\text{ein,K}}$ steigt. Auch dieser Effekt käme bei einem geschlossenen Druckluftkreislauf positiv zum Tragen, da sich die Druckluft bei der Arbeitsabgabe im Werkzeug deutlich abkühlt ($\Delta T \approx 30\text{K}$). Dieser Effekt, obwohl nicht unerheblich, wurde bei der Darstellung in Abb. 2 nicht berücksichtigt und wird auch im Folgenden vernachlässigt.

Da die Liefermenge linear ansteigt, die Leistungsaufnahme jedoch schwächer zunimmt, ergibt sich als Folge ein mit steigendem Eintrittsdruck sinkender spezifischer Leistungsbedarf! Liegt dieser beim idealen offenen System bei ca. 3,24 kW (m³/min) (Abb. 2, links), so beträgt er bei der Verdichtung von 4 bar (ü) auf 10 bar (ü) nur noch ca. 1,3 kW(m³/min), d. h. weniger als 40 %.

Der ideale Druckluftzylinder: Als Druckluftantrieb wird zunächst ein Druckluft-Zylinder betrachtet, der über seinen ganzen Hub mit Druckluft unter vollem Druck beaufschlagt wird und deshalb die in der Druckluft enthaltene Expansionsarbeit nicht nutzt. Abb. 3. zeigt den Druckverlauf über dem Hub des Zylinders.

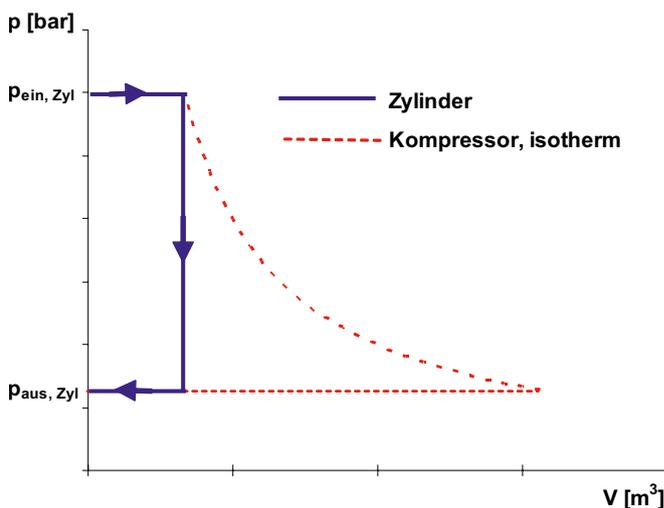


Abb. 3: Druckverlauf über dem Volumen/dem Hubvolumen des Zylinders

Die Leistung P_{Zyl} , die der Zylinder dabei abgibt, berechnet sich zu

$$P_{\text{Zyl}} = \dot{V}_{\text{ein,Zyl}} (p_{\text{ein,Zyl}} - p_{\text{aus,Zyl}}) \text{ [kW]}$$

Ein idealer Druckluftzylinder (ohne Reibung, Totvolumen und Leckagen) mit einem bestimmten Hubvolumen und einer gegebenen Hubzahl pro Zeit verbraucht einen bestimmten Betriebsvolumenstrom $\dot{V}_{\text{ein,K}}$, unabhängig vom Druck in der Zuleitung. Verarbeitet der Zylinder ein gegebenes $\Delta p = p_{\text{ein,Zyl}} - p_{\text{aus,Zyl}} = 6 \text{ bar}$, so gibt er unabhängig vom Druckniveau im Netz eine konstante Leistung ab, die Zylinderkraft bleibt ebenfalls unbeeinflusst. Der Luftverbrauch, angegeben als entspanntes Volumen (ISO 1217), ergibt sich dabei zu

$$\dot{V}_{\text{ISO1217,Zyl}} = \dot{V}_{\text{ein,Zyl}} \frac{p_{\text{ein,Zyl}}}{p_{\text{ISO1217}}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right]$$

und ist somit direkt proportional zum Eintrittsdruck $p_{\text{ein,Zyl}}$ (absolut).

Da die Leistung des Zylinders bei Anhebung von $p_{\text{ein,Zyl}}$ und festgehaltenem $\Delta p = p_{\text{ein,Zyl}} - p_{\text{aus,Zyl}}$ konstant bleibt, der Luftverbrauch jedoch wächst, verschlechtert sich auch die spezifische Abgabeleistung des Zylinders umgekehrt proportional zum Eintrittsdruck.

$$\frac{P_{\text{Zyl}}}{\dot{V}_{\text{ISO1217}}} = \frac{P_{\text{ISO1217}}}{P_{\text{ein,Zyl}}} (p_{\text{ein,Zyl}} - p_{\text{aus,Zyl}}) \left[\frac{\text{kW}}{(\text{m}^3/\text{min})} \right]$$

Die Ergebnisse für den idealen Druckluftzylinder im geschlossenen Druckluftkreislauf zeigt Abb. 4. Es wurde angenommen, dass der Austrittsdruck des Zylinders dem Einlassdruck des Kompressors entspricht, und dass der Auslassdruck des Kompressors gleich dem Einlassdruck des Zylinders sei. Das ideale Druckluftsystem arbeitet ohne Druckverluste.

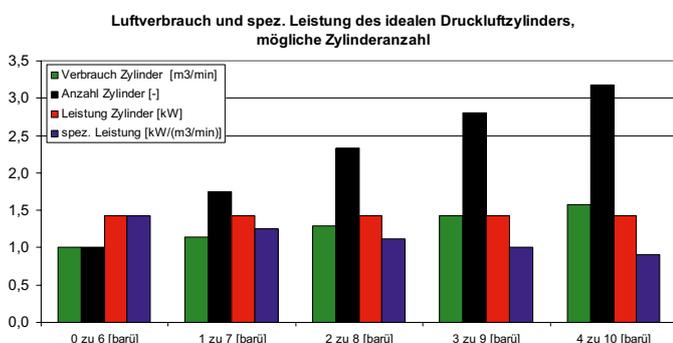


Abb. 4: Luftverbrauch und spez. Leistung des Zylinders, mögliche Zylinderanzahl als Funktion des Verdichtungsstartdruckes $p_{\text{ein,K}}$ (hier Überdruck) bei festgehaltener Verdichtungsdruckdifferenz $\Delta p = p_{\text{aus,K}} - p_{\text{ein,K}} = 6 \text{ bar}$.

Abb. 4. zeigt, dass der Luftverbrauch des Zylinders im offenen System bei 0 bar (ü) Austrittsdruck mit 1 m³/min (entspanntes Volumen, ISO 1217) angenommen wurde. Wird der Auslassdruck im geschlossenen Druckluftkreislauf auf 4 bar (ü) und der Einlassdruck damit auf 10 bar (ü) angehoben (Abb. 4, rechts), erhöht sich der Luftverbrauch auf ca. 1,5 m³/min. Da jedoch die Liefermenge des Kompressors dabei von 1,0 m³/min auf 5,0 m³/min ansteigt (siehe Abb. 2) ist es möglich, mit dem gegebenen Kompressor 3,2 anstatt 1,0 Zylinder zu betreiben!

Die ideale Druckluftturbine: Als zweiter Druckluftverbraucher wird eine ideale, isentrop expandierende Druckluftturbine betrachtet (ohne Reibung, ohne Leckagen), die jedes geforderte Druckverhältnis $\Pi_T = p_{\text{ein,T}}/p_{\text{aus,T}}$ mit 100 % Wirkungsgrad entspannen soll. Die Turbinendüse sei für alle Druckverhältnisse kritisch durchströmt. Abb. 5 zeigt den Druckverlauf über dem Volumen für eine solche Turbine.

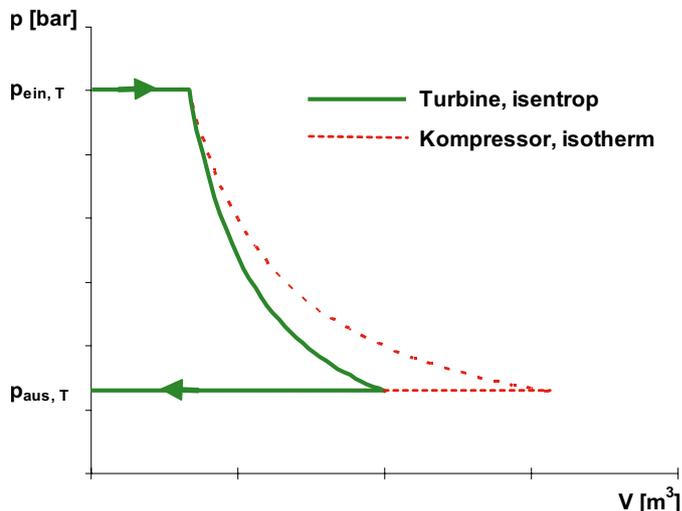


Abb. 5: Druckverlauf über dem Volumen für die Turbine

Die Turbinenleistung P_T berechnet sich zu

$$P_T = \frac{\kappa}{\kappa - 1} * p_{\text{ein,T}} * \dot{V}_{\text{ein,T}} * \left[1 - \left(\frac{p_{\text{aus,T}}}{p_{\text{ein,T}}} \right)^{(\kappa-1)/\kappa} \right] \text{ [kW]}$$

Der in die Turbine eintretende Betriebsvolumenstrom $\dot{V}_{\text{ein,K}}$ ist bei kritisch durchströmter Düse und konstanter Temperatur ebenfalls konstant, sodass sich die Leistung nur in Abhängigkeit des Ein- und Austrittsdrucks ändert. Abb. 6 zeigt, dass die Turbinenleistung mit steigendem Eintrittsdruck fällt, im Gegensatz zum Druckluftzylinder. Die Turbine nützt die Expansionsarbeit in der Luft. Deshalb hat der Referenzbetrieb der Turbine im offenen Druckluftsystem bei 1 m³/min Luftverbrauch mit ca. 2,5 kW eine deutlich höhere Leistung als der Druckluftzylinder. Wird nun aber der Eintrittsdruck erhöht und die Druckdifferenz mit 6 bar konstant gehalten, fällt das Turbinendruckverhältnis $\Pi_T = p_{\text{ein,T}}/p_{\text{aus,T}}$ immer weiter ab, die Turbine kann die Druckluft immer weniger expandieren. Zusätzlich steigt der absolute Luftverbrauch, sodass die spezifische Leistung für den Betrieb „4 zu 10 bar (ü)“ im geschlossen Kreislauf auf ca. 50 % des Wertes im offenen System („0 zu 6 bar (ü)“) abfällt.

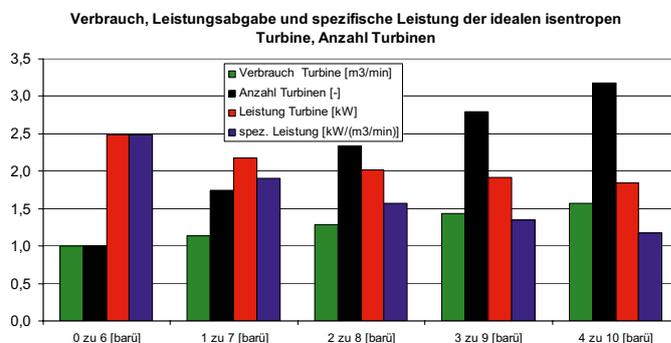


Abb. 6: Verbrauch, Leistungsabgabe und spezifische Leistung der Turbine, Anzahl der Turbinen als Funktion des Turbineneintritts- und -austrittsdruckes ($\Delta p_T = 6 \text{ bar} = \text{const.}$).

Da der Luftverbrauch der Turbine nur um ca. 50 % steigt, die Liefermenge des Kompressors jedoch um 400 %, können für die höchsten Drücke 3,2 anstatt 1,0 Turbinen mit dem Kompressor betrieben werden (wie auch beim Druckluft-Zylinder).

Die Berechnung der spezifischen Leistung der Turbine sei zur Vollständigkeit noch angegeben:

$$\frac{P_T}{\dot{V}_{ISO1217}} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} * p_{ISO1217} \left[1 - \left(\frac{p_{aus,T}}{p_{ein,T}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] \left[\frac{\text{kW}}{(\text{m}^3 / \text{min})} \right]$$

Sie ist nur eine Funktion des Turbinendruckverhältnisses $\Pi_T = p_{ein,T} / p_{aus,T}$. Umso kleiner dieses wird, umso geringer die spezifische Leistung. Druckluftverbraucher, die die Expansion der Druckluft wie die Turbine nutzen, sind deshalb für den Betrieb in einem geschlossenen Druckluftkreislauf mit angehobenem Druckniveau weniger geeignet als Maschinen, die ohne Expansion arbeiten. Prinzipiell sind aber Druckluftverbraucher mit Expansion solchen ohne vorzuziehen, da sie eine höhere Energieeffizienz aufweisen.

Die Effizienz des idealen Druckluftsystems: Im geschlossenen Druckluftkreislauf mit angehobenem Druckniveau liefert der Kompressor mehr Luft, nimmt mehr Strom auf, erreicht jedoch einen niedrigeren spezifischen Leistungsbedarf und kann mehr Druckluftverbraucher eines Typs betreiben als im offenen System. Der einzelne Druckluftverbraucher verbraucht im geschlossenen System mehr Luft, seine spezifische Leistung sinkt. Je nach Verbrauchertyp bleibt seine absolute Abgabeleistung, -kraft bzw. -moment konstant oder fällt. Es stellt sich nun die Frage, wie verhält sich der Gesamtwirkungsgrad bzw. die Energieeffizienz des betrachteten idealen Druckluftsystems bestehend aus einem Kompressor und einem oder mehreren Verbrauchern? Abb. 7: zeigt hierzu nochmals die Leistungsaufnahme des Kompressors im offenen Referenzsystem und im geschlossenen Druckluftsystem für verschieden Druckniveaus. Zusätzlich ist die Summenleistung (Werkzeuganzahl wächst!) der betriebenen Werkzeuge dargestellt.

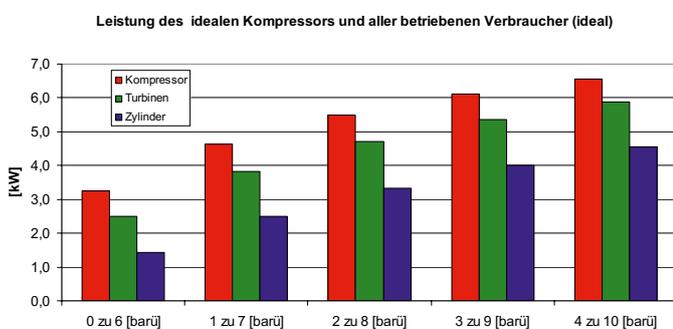


Abb. 7: Die Aufnahmeleistung des idealen isothermen Kompressors und die Summenleistungen aller betriebenen Werkzeuge als Funktion des Druckniveaus bei festgehaltener Druckdifferenz ($\Delta p = 6 \text{ bar} = \text{const.}$).

Der Quotient aus der Werkzeugleistung und der Kompressorleistung ist der Gesamtwirkungsgrad des vereinfachten, idealen Druckluftsystems (Abb. 8).

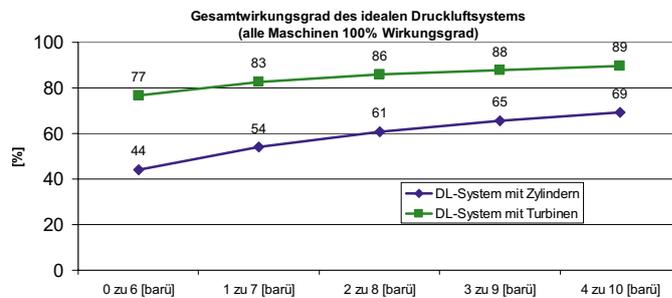


Abb. 8: Wirkungsgrad des Druckluftsystems als Funktion des Druckniveaus

Für Druckluftverbraucher, die die Druckluft zur Arbeitsabgabe nicht expandieren, wie z. B. Druckluft-Zylinder, -Zahnradmotoren und manche Lamellenmotoren, ergibt sich im idealen, offenen System ein Wirkungsgrad von ca. 44 %, der im geschlossenen System auf 69 % gesteigert werden kann, wenn der untere Systemdruck auf 4 bar(ü) angehoben würde (siehe Abb. 8, „Zylinder“). D. h., der Energieaufwand für eine bestimmte Druckluftanwendung ginge um über 1/3 zurück! Werden Druckluftverbraucher eingesetzt, die die Druckluft zur Arbeitsabgabe zu 100 % expandieren, wie z. B. Druckluft-Turbinen, so ist der Systemwirkungsgrad bereits für das offene System mit 77 % bedeutend höher. Der Wirkungsgradzuwachs im geschlossenen System für „4 zu 10 bar(ü)“ auf 89 % fällt deutlich geringer aus als für die Druckluft-Zylinder. Der Energieaufwand für eine bestimmte Druckluftanwendung ginge nur um ca. 1/7 zurück.

Das ideale Druckluftsystem mit idealen Komponenten zeigt also im geschlossenen Kreislauf mit erhöhtem Druckniveau eine höhere Energieeffizienz wie als offenes System!

Herausforderungen bei der praktischen Umsetzung

Bisher wurden ideale Maschinen mit 100 % Wirkungsgrad, unabhängig vom Betriebspunkt, in einem idealen System betrachtet, das keine Druck- und -leakageverluste aufweist. Reale Druckluftkompressoren haben bei 6 bar (ü) einen spezifischen Leistungsbedarf von $\geq 6 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{min})$, was im Vergleich mit Abb. 2. zeigt, dass ihr Wirkungsgrad bei 50% liegt. Reale Druckluftverbraucher liefern bei 6 bar (ü) nur ca. $1 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{min})$, ihr Wirkungsgrad liegt somit (bezogen auf die isentrope Expansion) bei $< 40\%$ (Abb. 6, links). Diese Wirkungsgrade sind Werte, die nur im Auslegungspunkt der Maschine erreicht werden. Wird z. B. das Druckverhältnis verändert, reagieren i. A. alle thermischen Maschinen wie Kompressoren und Expander (z. B. Turbinen) mit einem weiteren Wirkungsgradabfall.

D. h., würde ein geschlossenes System realisiert, sollten die eingesetzten Komponenten auf das Druckverhältnis, das im geschlossenen System gefahren wird optimiert werden, um den maximalen Effizienzgewinn zu erreichen! Durch die Anhebung des Druckniveaus im geschlossenen System erhöht sich wie beschrieben das Druckluftvolumen (ISO 1217) im System, aber auch das tatsächliche Betriebsvolumen in den Zuleitungen zwischen Kompressor und Anwendungen. Betreibt man das geschlossene System mit „4 zu 10 bar (ü)“, so ist die Liefermenge des Kompressors

um den Faktor 5 größer (ISO 1217) als im offenen System, das Betriebsvolumen am Kompressoraustritt um den Faktor 3,2. D. h., die Druckluftleitung vom Kompressor zu den Werkzeugen müsste einen ca. 60 % größeren Durchmesser aufweisen, sollen keine höheren Druckverluste als im offenen System auftreten, die den Effizienzgewinn schmälern würden.

Durch die notwendigen Rückführleitungen müssen im geschlossenen System auf jeden Fall zusätzlich Druckverluste verkraftet und durch den Kompressor überwunden werden. Dies wird den möglichen Wirkungsgradgewinn reduzieren. Fordert man, dass die zusätzlichen Druckverluste in den Rückführleitungen nicht höher sein sollen als die Verluste in den Zuführungen, so müssen die Rückführleitung im Durchmesser noch einmal größer gewählt werden, da der Betriebsvolumenstrom in den Rückführungen aufgrund des geringeren Drucks höher ist. Betreibt man das geschlossene System mit „1 zu 7 bar(ü)“, so müssen die Rückführleitungen ca. 65 % mehr Durchmesser aufweisen, für „4 zu 10 bar (ü)“ sind es nur 37 % mehr als für die Zuführleitung. Weitere zusätzliche Druckverluste müssen im geschlossenen System akzeptiert werden, da die Abluft der Druckluftverbraucher durch diese verschmutzt wurde und in der Rückführleitung vor dem Kompressor zusätzliche Filter vorgesehen werden müssen.

Wie bei jedem Druckluftsystem wirken sich Druckluftleckagen direkt auf den Gesamtwirkungsgrad des Systems aus, da für sie ein Energieaufwand nötig ist, jedoch kein Nutzen anfällt. Der Wirkungsgrad des geschlossenen Systems reagiert auf die Leckagen noch sensibler, da diese nicht nur bei der Anwendung fehlen, sondern auch bei der Abluftnutzung! Werden im Druckluftsystem Anwendungen betrieben, bei denen die Abluft in die Umgebung geblasen werden muss (Blaspistolen, Fördern, Kühlen, Trocknen mit Druckluft etc.), so reduziert dieser Anteil den möglichen Wirkungsgradgewinn des geschlossenen Systems gegenüber dem offenen nochmals. Des Weiteren müssen all diese Luftverluste im geschlossen Kreislauf durch Ansaugen von Umgebungsluft ersetzt werden, sodass auch das geschlossene Druckluftsystem in der realen Umsetzung teilweise „offen“ betrieben werden müsste.

Bei den theoretischen Überlegungen und Berechnungen wurde angenommen, dass die Druckluftverbraucher kontinuierlich betrieben werden und immer genau die Luftmenge verbrauchen, die der Kompressor liefert. In einem realen System ist dies natürlich nicht der Fall. Laufen nicht alle Werkzeuge und sinkt damit der Volumenstrom im Druckluftkreislauf, so würde zumindest der Rückführdruck im System fallen, das geschlossene System, der Kompressor und die Verbraucher in einem anderen Betriebspunkt mit niedrigerem Wirkungsgrad laufen. Diese Zeitperioden würden den Effizienzgewinn des geschlossenen Systems gegenüber dem offenen wiederum reduzieren.

Zusammenfassung und Fazit

Es konnte mithilfe der Thermodynamik theoretisch gezeigt werden, dass ein ideales Druckluftsystem mit geschlos-

senem Druckluftkreislauf und angehobenem Druckniveau eine höhere Energieeffizienz als das zum Vergleich herangezogene ideale offene Referenzsystem erzielt. Des Weiteren kann ein gegebener idealer Kompressor eine größere Anzahl von Druckluftverbrauchern im geschlossenen System als im offenen gleichzeitig versorgen. Es wurden anschließend, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, einige wichtige Punkte aufgeführt, die bei der technischen Umsetzung eines geschlossenen Systems den realen Effizienzgewinn gegenüber dem theoretischen deutlich reduzieren oder gar zunichtemachen könnten. Der Autor sieht für bestimmte Druckluftanwendungen, wie z. B. lange Montage- oder Verpackungslinien, in denen viele Druckluft-Zylinder oder auch -Drehantriebe räumlich kompakt verbaut sind und einen relativ gleichmäßigen Verbrauch aufweisen, eine Chance zur signifikanten Effizienzsteigerung mittels eines geschlossenen Systems. Ob das geschlossene System gegenüber dem klassischen offenen System einen Energie- und auch eine Kosteneinsparung ermöglicht, muss sicher in jedem Anwendungsfall rechnerisch überprüft werden und kann auch mit den durchgeführten Überlegungen nicht einfach pauschal beantwortet werden.

Referenzen

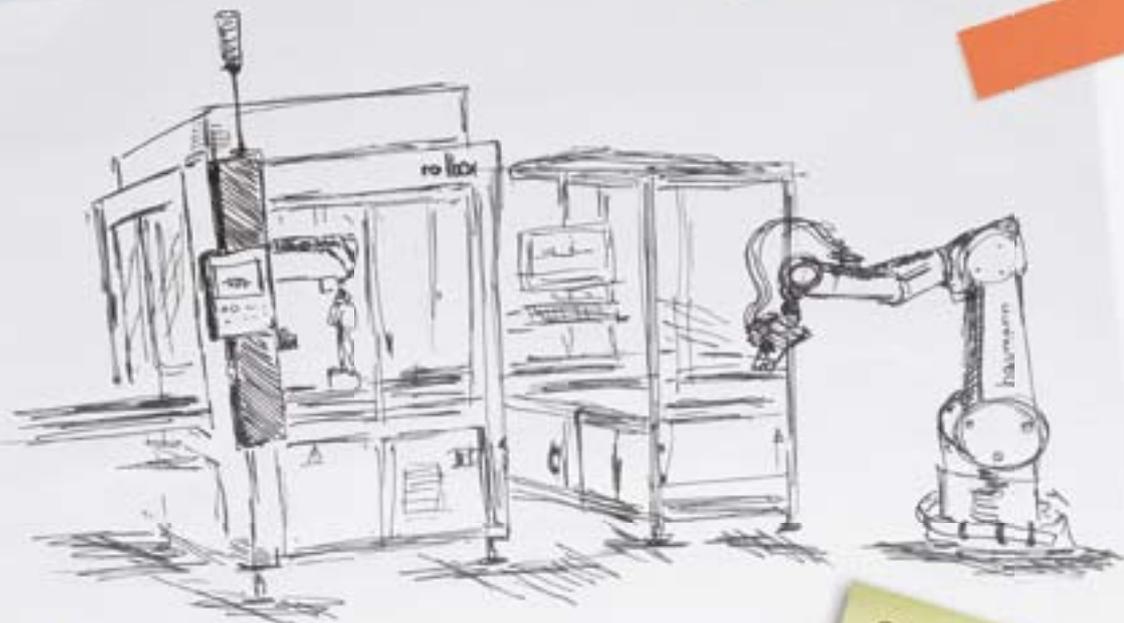
- [1] Stapel A.
Druckluftantriebspraxis
Atlas Copco Tools GmbH, 1983
- [2] Weiß A.P., Pfeiffer R., Grans V., Zinn G.
Druckluftwerkzeuge: Turbo statt Lamellenmotor
Zeitschrift Technik in Bayern, Januar 2007, S. 14–15

Formelzeichen, Indices und Abkürzungen

p	[N/m ² , bar]	Druck
P	[W, kW]	Leistung
T	[K]	absolute Temperatur
\dot{V}	[m ³ /s, m ³ /min]	Volumenstrom
κ	[-]	Isentropen-Exponent (Luft $\kappa = 1,4$)
aus		Austritt
ein		Eintritt
K		Kompressor oder Verdichter, Verdichtungs-
T		Turbine
ü		Überdruck
V		Verdichtung, Verdichter oder Kompressor
Zyl		Zylinder



Prof. Dr.-Ing. Andreas P. Weiß
Fakultät Maschinenbau/
Umwelttechnik
Strömungsmechanik/
Thermische Maschinen
a.weiss@haw-aw.de
Foto: privat



VERWIRKLICHEN SIE IHRE IDEEN BEI UNS!

Wir suchen Ingenieure und Techniker, Bachelor und Praktikanten (m/w) aus den Bereichen Maschinenbau und Elektrotechnik.

baumann realisiert Lösungen im Bereich der Automatisierung. Unterschiedlichste Kunden und Aufgabenstellungen in unseren drei Geschäftsbereichen photovoltaic, handling & assembly und

testsolutions machen die Arbeit bei baumann zu einer spannenden und abwechslungsreichen Herausforderung.

Erfahren Sie mehr über unsere Angebote und unser weltweit operierendes Unternehmen unter

www.baumann-automation.com



WWW.DAS-TEAM.DE



Energie, Wissen, Innovation



STADTWERKE AMBERG

STROM GAS WÄRME WASSER BÄDER

hand in hand, servicestark
und vor der tür