

fördern • führen • inspirieren

Forschungsbericht

2012/2013



Herausgegeben von:



Wir sorgen für reine Produktivität in der Industrie und schützen Mensch, Umwelt und Maschine

Herding Filtertechnik ist weltweit agierender Systemlieferant und leistungsstarker Partner der gesamten Industrie für Entstaubungssysteme, Filteranlagen und Filtermedien.

Mit dem Sinterlamellenfiltermedium hat Herding die Oberflächenfiltration revolutioniert.

Absolventen und Studierenden der Fachrichtungen Maschinenbau, Umwelttechnik, Verfahrenstechnik bieten wir Praktika, Bachelor- und Masterarbeiten oder den Direkteinstieg.

bewerbung@herding.de

reine
Produktivität



reine
Produktivität
Herding
FILTERTECHNIK

Herding GmbH Filtertechnik | August-Borsig-Str. 3 | 92224 Amberg
Fon +49 9621 630-0 | Fax +49 9621 630-120 | info@herding.de

herding.de



Die Gründung des HAW Technologie-Campus war ein Meilenstein in der noch jungen Geschichte der Hochschule Amberg-Weiden.

Mit dem Bezug des Amberger Technologie Campus (ATC) im vergangenen Jahr und dem Einzug in den Weidener Technologie Campus (WTC) im kommenden Herbst unterstreichen wir deutlich sichtbar unseren Anspruch, der Innovationsmotor in der Region zu sein. Technologiezentren in den beiden Hochschulstädten Amberg und Weiden stärken nicht nur die Städte selbst, sie wirken hinein in die gesamte nördliche und mittlere Oberpfalz.

Der Technologie-Campus ist ein Zukunftsprojekt, denn er ist in der Lage, nachhaltig Wissenschaftler, Unternehmer und Studierende zusammenzubringen, ihre Kräfte und Ideen zu bündeln und Neues freizusetzen.

Zukunft gestalten, Innovationen antreiben, Kompetenzen vermitteln – das stand von Beginn an auf der Agenda der Hochschule Amberg-Weiden.

Seit ihrer Gründung vor nunmehr 18 Jahren leistet sie nicht nur erfolgreich Bildungspolitik, sondern auch in hohem Maße Wirtschafts- und Strukturpolitik.

Daher zählt der Wissens- und Technologietransfer in enger Kooperation mit den in der Hochschulregion ansässigen Unternehmen zu den grundlegenden Aufgaben der Hochschule Amberg-Weiden.

Der jetzt vorliegende dritte Forschungsbericht der HAW belegt die Vielzahl und die Vielfalt der gemeinsamen Projekte, und er gewährt einen eindrucksvollen Einblick in das Kompetenzprofil aller Fakultäten der Hochschule.

Dass der Forschungsbericht erstmals redaktionell vom Technologie-Campus betreut wird, ist nur konsequent, wird damit doch die Schnittstellenfunktion unserer Technologietransferstelle offensichtlich.

Es ist ein Verdienst von Geschäftsführerin Dr. Karin Preißner, dass sie in recht kurzer Zeit als Dienstleisterin für die Hochschule die Kontakte zur Wirtschaft weiter ausgebaut und neue Brücken geschlagen hat.

Andere aktuelle Projekte verfestigen die Leuchtturmfunktion unserer Hochschule:

Auf dem Campus in Amberg wird das Kompetenzzentrum für Kraft-Wärme-Kopplung (KWK Campus) entstehen, ein in Bayern einzigartiges Forschungszentrum zur kostengünstigen Energieversorgung. Der Freistaat Bayern investiert in das Projekt, für das unser Technologietransfer-Beauftragter Prof. Dr. Markus Brautsch die Federführung übernommen hat, insgesamt 5,2 Millionen Euro.

Neben Energie- und Ressourceneffizienz gehört die Medizintechnik zu den Forschungsschwerpunkten und zukunftsrelevanten Strategiefeldern unserer Hochschule.

In diesen Bereichen hat die Hochschule Amberg-Weiden gemeinsam mit der Hochschule Regensburg ein „Technologie- und Wissenschaftsnetzwerk Oberpfalz (TWO)“ geknüpft: eine intelligente, themenorientierte und hochschulübergreifende Vernetzung beider Hochschulen.

Das TWO optimiert den Wissens- und Technologietransfer und stärkt den Wirtschaftsstandort Oberpfalz; das TWO sorgt für eine vielschichtigere Ausbildung unserer Studierenden und setzt ein Signal gegen den Fachkräftemangel und die Abwanderung junger Menschen.

Diese Kooperation mit Regensburg ist ein erster Schritt hin zu unserer gemeinsamen Bewerbung um den Titel einer Technischen Hochschule.

Technologietransfer ist nie eine Einbahnstraße; die Ergebnisse aus der angewandten Forschung und dem Wissenstransfer fließen immer direkt in die Lehre zurück. Damit garantieren wir unseren Studierenden ein Studium auf dem aktuellsten Stand der Technik.

Aktuell studieren an beiden Standorten unserer Hochschule 3.000 junge Männer und Frauen in 18 Studiengängen; sie werden von 78 Professorinnen und Professoren unterrichtet – und von 87 Lehrbeauftragten, die direkt aus der Praxis kommen.

Vorwort

Die HAW stellt den Unternehmen vor Ort über unsere mittlerweile 2.900 Absolventinnen und Absolventen ein hoch qualifiziertes Nachwuchspotenzial zur Verfügung. 80 % von ihnen bleiben in der Region und sind bei hier ansässigen Firmen beschäftigt.

Die Studiengänge der HAW sind so ausgerichtet, dass sie Zukunft und berufliche Perspektiven garantieren: In Amberg profiliert sie sich mit den Studiengängen Elektro- und Informationstechnik, Angewandte Informatik (Industrieinformatik und Medieninformatik), Medienproduktion und Medientechnik, Maschinenbau, Umwelttechnik, Erneuerbare Energien, Kunststofftechnik und Patentingenieurwesen. Daran anschließend können Master-Studiengänge wie IT und Automation, Umwelttechnologie, Innovationsfokussierter Maschinenbau oder Medientechnik und Medienproduktion belegt werden.

In Weiden stehen Betriebswirtschaft, Wirtschaftsingenieurwesen, Handels- und Dienstleistungsmanagement, Medizintechnik sowie Sprachen, Management und Technologie zur Auswahl. Master-Studiengänge werden mit

Prof. Dr. Erich Bauer

Präsident der Hochschule Amberg-Weiden

Prof. Dr. Reiner Anselstetter

Vizepräsident der Hochschule Amberg-Weiden
Wissenschaftlicher Leiter
des Instituts für Angewandte Forschung

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 46 Partnerhochschulen in 27 Ländern.

Die Hochschule Amberg-Weiden ist eine junge und innovative Hochschule, die ihren Claim „fördern, führen, inspirieren“ lebt.

Hier zählt Qualität statt Quantität: das Lernen in kleinen Gruppen, das persönliche Gespräch mit den Lehrenden, der direkte Kontakt mit den Firmen.

Das ist auch ein Grund, warum die HAW immer wieder Spitzenplätze in den Rankings belegt. Hoch bewertet und gelobt werden die hohe Qualität in der Lehre, die Ausstattung der Labore und der beiden Bibliotheken, die funktionierenden Querverbindungen zu den Schulen, die enge Zusammenarbeit mit der Wirtschaft und eben – wie der vorliegende Bericht belegt – die vielen attraktiven Forschungsprojekte.

Ludwig von Stern

Kanzler der Hochschule Amberg-Weiden und
Erster Vorsitzender des Technologie-Campus
an der Hochschule Amberg-Weiden e.V.

Prof. Dr. Markus Brautsch

Technologietransferbeauftragter
der Hochschule Amberg-Weiden

Vorwort	1
----------------------	----------

Impressum	6
------------------------	----------

Inserentenverzeichnis	8
------------------------------------	----------

Prof. Dr.-Ing. Stephanie Abels-Schlosser

Grenzüberschreitender Kompetenzatlas

„Logistikwirtschaft“	11
-----------------------------------	-----------

I. Untersuchungsobjekte.....	11
------------------------------	----

II. Ergebnisse der Studie	13
---------------------------------	----

Gefahren	17
----------------	----

Empfehlungen	17
--------------------	----

III. Zusammenfassung.....	17
---------------------------	----

IV. Quellenangaben.....	18
-------------------------	----

Prof. Dr. Horst Rottmann

Der Kreditklemmenindikator	19
---	-----------

Definitionsunterschiede.....	19
------------------------------	----

Linksverschiebung der Kreditangebotskurve	
---	--

als Charakteristikum	20
----------------------------	----

Untersuchungsschritte	20
-----------------------------	----

Der Kreditklemmenindikator	20
----------------------------------	----

Vorteile des Indikators	21
-------------------------------	----

Prof. Dr. Franz Seitz

Currency Movements Within and Outside a Currency

Union: The case of Germany and the euro area	22
---	-----------

Abstract.....	22
---------------	----

German Abstract	22
-----------------------	----

1 Introduction	22
----------------------	----

2 The seasonal method.....	24
----------------------------	----

3 Results	25
-----------------	----

3.1 A reference country.....	25
------------------------------	----

3.2 Seasonal of a transactions variable.....	28
--	----

3.3 Analysis of banks' vault cash	28
---	----

4 Summary and conclusion.....	29
-------------------------------	----

Prof. Dr. Alfred Höß

Highly Automated Driving for Intelligent Transport

(HAVEit):	32
------------------------	-----------

1 Einleitung	32
--------------------	----

2 Technische Zielsetzung	33
--------------------------------	----

3 Erreichte Ergebnisse	33
------------------------------	----

3.1 Systemarchitektur.....	33
----------------------------	----

3.2 Joint System Fahrer/ Co-System (Automatisierung).....	34
--	----

3.3 Hochautomatisierte Fahrzeugfunktionen	35
---	----

4 Baustellen- und Stauassistent (ARC – Automated Assistance in Roadworks and Congestion)	35
---	----

4.1 Beschreibung allgemein	35
----------------------------------	----

4.2 Architektur	37
-----------------------	----

4.3 Arbeiten der Hochschule Amberg-Weiden	37
---	----

5 Ausblick	42
------------------	----

Prof. Dr. Dieter Meiller

Praxistaugliche interaktive Informationsvisualisierungen

im Web	44
---------------------	-----------

1 Ausgangssituation	44
---------------------------	----

2 Problematik.....	45
--------------------	----

3 Kooperationen	45
-----------------------	----

4 Technologie.....	45
--------------------	----

4.1 Vektorgrafiken	45
--------------------------	----

4.2 Layout	45
------------------	----

4.3 Performance	46
-----------------------	----

5 Architektur und Realisierung	46
--------------------------------------	----

6 Technovis-Bedienung.....	48
----------------------------	----

7 Zusammenfassung und Ausblick	49
--------------------------------------	----

Prof. Dr.-Ing. Franz Bischof

Ressourceneffizienz – ein Gebot der Stunde in der angewandten Forschung auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft

.....	50
-------	-----------

Solare Membrandestillation.....	52
---------------------------------	----

Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser.....	53
--	----

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Blöchl

Ausbau der Aktivitäten im Bereich der Zerspanung und Koordinatenmesstechnik.....

.....	55
-------	-----------

Themenfelder und abgestuftes Vorgehen	55
---	----

Ausbau der Labore	56
-------------------------	----

Ausbau des Amberger Werkzeugmaschinenlabors.....	56
--	----

Konzeption und Aufbau der Labore für Werkzeugmaschinen und Koordinatenmesstechnik am TC Cham	57
---	----

Technologietransfer	60
---------------------------	----

Workshops	60
-----------------	----

Koordinatenmesstechnikurse.....	60
---------------------------------	----

Inhaltsverzeichnis

Spezialkurse 5-Achs-Fräsen	60
Oberpfälzer Werkzeugseminarreihe	60
Anwendungsnahe Forschung	61
Innovationsnetzwerk Zerspantungstechnik Bayern	61

Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch

Emissionsminderung bei pflanzenölbetriebenen

Blockheizkraftwerken	65
1 Abstract	65
2 Ausgangslage	65
3 Emissionsgrenzwerte	66
4 Versuchsanlage	67
5 Emissionen im Grundzustand	68
6 Innermotorische NO _x -Minderung	69
7 NO _x -Minderung durch sekundäre Maßnahmen	70
8 Messergebnisse im Neuzustand des SCR-Systems	70
9 Dauererprobung des SCR-Systems	71
10 Zusammenfassung und Ausblick	72

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Frenzel

Untersuchung von mechatronischen Antrieben

für die industrielle Schraubtechnik	74
1 Problemstellung	74
2 Herausforderungen für die industrielle Schraubtechnik	74
3 Technik elektrischer Antriebe für Handschrauber	75
4 Systemstudien mechatronischer Schraubsysteme	75
5 Antriebselektronik mechatronischer Schraubsysteme	76
6 Ergebnisse	77

Prof. Dr. Franz Magerl

Computertomographie in der Produktentwicklung

78	
1 Einführung	78
2 Verfahren	78
3 Ziel des Projektes	79
4 Weiterbildung	79
5 Marktanalyse zur industriellen Computertomographie	79
6 Parameterstudien	80
7 Benchmark von industriellen Mikro-Computertomographieanlagen zur Vermessung der Bauteilgeometrie	80
8 Beispiele durchgeführter Analysen	81
9 Ergebnis	81

Prof. Dr.-Ing. Magnus Jaeger

Planung und Umsetzung einer Deutsch-Indonesischen Konferenz, mit dem Ziel der Initiierung von Forschungs- projekten im Bereich Energieeffizienz und erneuerbare

Energien	82
1 Hintergrund	82
2 Zielsetzung	82
3 Konferenz in Weiden	82
3.1 Programmpunkte	82
3.2 Unternehmen mit Lieferinteresse	83
3.3 Einbezogene Unternehmen	83
4 Weitere Forschungsaktivitäten	83
4.1 Projektanträge beim BMBF	83
4.2 Internationale Zusammenarbeit	83
5 Zusammenfassung	83

Prof. Dr. Ralf Ringler

Funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT) –

Visualisierung von Schmerz	84
Introduction	84
Materials and methods	84
Results	84
Conclusion	85

Prof. Dr. Frank Schäfer

Strategische Motive und praktische Erfahrungen eines mittelständischen Bauinstallationsunternehmens bei einem Markteintritt in den Vereinigten Arabischen

Emiraten (VAE).	86
Vorwort	86
1 Motivation für einen Eintritt in einen Auslandsmarkt	87
2 Motivation für einen Markteintritt in den VAE	87
3 Praktische Erfahrungen	94
4 Zusammenfassung und Fazit	96

Prof. Dr. Hong Tao

Netzwerke für internationale After-Sales-Services im Maschinen- und Anlagenbau

98	
Kurzbeschreibung	98
1 Einführung	98
2 Netzwerkstrukturen	99
3 Internationale industrielle Serviceleistungen	101
4 Netzwerkgeeignete After-Sales-Service-Leistungen im Maschinen- und Anlagenbau	101
5 Arten von Dienstleistungs-Netzwerken	103
6 Netzwerk-Voraussetzungen und -Barrieren	104
7 Zusammenfassung und Fazit	108

Innovationen fördern unbeschwert studieren



Stadtbau GmbH Weiden

Die Fertigstellung des Weidener Technologie-Campus (WTC) steht bevor. Auf insgesamt 2.500 Quadratmetern werden Forschungslabors, Entwicklungseinheiten und Büros entstehen, die technische Innovationen vorantreiben. Sie hätten gerne weitere Informationen? Kontaktieren Sie uns!

Auch Studenten können vom großen Wohnungsangebot der SGW profitieren. Ob Sie alleine wohnen oder mit Kommilitonen eine WG gründen möchten, wir helfen Ihnen gerne beim Finden der richtigen Wohnung aus unserem Repertoire. Und Sie können unbeschwert studieren.

Am Stockerhutpark 1
D-92637 Weiden

Telefon 09 61- 3 89 04 - 0
Telefax 09 61- 3 89 04 - 99

webmaster@sgw-weiden.de
www.sgw-weiden.de



www.aha-werbeagentur.de

Wohnen bei unserer Genossenschaft bietet Ihnen viele Vorteile

Sicherheit und Geborgenheit
als Genossenschaftsmieter

Unterstützung im Alltag durch
unsere Seniorenbetreuung

Genossenschaftliche Altersvorsorge
mit Minderung
der Miete in der Rente

vom Singleappartement
bis zum Einfamilienhaus

genossenschaftseigener
Kindergarten

Hausmeisterdienst

Notdienst rund um die Uhr



Wohnungsbau
Siedlungswerk
Werkvolk eG

Hans-Thoma-Str. 9, 92224 Amberg
Tel. 09621 76630, Fax 09621 766325
www.ws-eg.de, info@ws-eg.de

Herausgeber:

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

Redaktion:

Technologie-Campus an der
Hochschule Amberg-Weiden e.V.
Dr. Karin Preißner
Geschäftsführerin

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: 2000**Erscheinungstermin:**

Oktober 2012

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



BHS



Berufseinstieg bei BHS Corrugated

- die richtige Entscheidung für Ihre erfolgreiche Zukunft!

Nähere Informationen über aktuelle Stellenanzeigen finden Sie unter www.bhs-world.com oder auf Facebook unter www.facebook.com/bhs.world

We create solutions.

BHS Corrugated Maschinen- und Anlagenbau GmbH

Personalabteilung - Harald Hiller

Paul-Engel-Straße 1

92729 Weiherhammer

Tel.: 09605.919.666

Mail: hhiller@bhs-corrugated.de

Web: www.bhs-world.com



BHS TABLETOP AG



SIND SIE EIN TEAMPLAYER?

Gastronomie und Tourismus – wer beruflich an diesen faszinierenden, weltweit wachsenden Märkten teilhaben will, den erwarten in unserem Team bewegliche Strukturen, um seine Fähigkeiten zu entfalten. Bei uns finden Sie Gelegenheit, Ihr Wissen zu erweitern und auch mal gegen den Strom zu schwimmen. Innovationsgeist und eine „Kultur der offenen Türen“ haben uns zum Weltmarktführer gemacht. Mehr als 200 Mio. Menschen essen täglich von unserem Profiporzellan Made in Germany. In Hotels, Restaurants, Flugzeugen, Krankenhäusern und Mensen bittet die BHS tabletop AG die Welt mit ihren drei Marken zu Tisch.

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



Inserentenverzeichnis

Herding Filtertechnik.....	U2
Stadtbau GmbH Weiden	5
Wohnungsbau Siedlungswerk Werkvolk eG.....	5
BHS Corrugated Maschinen- und Anlagenbau GmbH	7
BHS Tabletop AG.....	8
Zollner Elektronik AG.....	8
Siemens.....	9
Baumann GmbH	10
Witron Logistik + Informatik GmbH	17
Nexans autoelectric GmbH.....	43
E-on Bayern	51
Stadtwerke Weiden i. d. Opf.	53
Städt. Wasser- und Fernwärmeversorgung Schwandorf.....	53
Scherdel GmbH.....	63
Fraunhofer UMSICHT – ATZ.....	63
Constantia Hueck Folien GmbH & Co. KG.....	64
evopro systems engineering AG.....	64
Bauindustrie Bayern.....	64
DEPRAG Schulz GmbH & Co.	77
Amberger Freunde der Hochschule Amberg-Weiden.....	108
Verein zur Förderung der Hochschule Weiden e.V.	108
GMK electronic design GmbH	109
Nabaltec AG.....	109
F.EE GmbH	112
N-Ergie.....	U3
Stadtwerke Amberg.....	U4



FLEXIBEL GENUG FÜR UNSERE VIELFALT?



Industrieelektronik



Automotive



Büroelektronik & Datentechnik



Messtechnik



Medizintechnik



Luftfahrt



Konsumgüter



Telekommunikation

www.zollner.de/de/karriere

Zollner Elektronik AG • Herr Markus Hofmann • Industriestraße 2-14 • 93499 Zandt • Tel.: +49 9944 201 108 • markus_hofmann@zollner.de



Gibt es einen größeren Vorteil, als mit weniger mehr zu tun?

Deutschland geht neue Wege. Mit Antworten für mehr Wettbewerbsfähigkeit.

siemens.com/answers

Der Wettbewerbsdruck in den globalisierten Märkten wächst. Produkte und Fertigung werden immer komplexer, Entwicklungszyklen immer kürzer. Dazu kommen steigende Energiekosten und erhöhte Anforderungen an den Umweltschutz.

Der Schlüssel für höhere Produktivität und mehr Wettbewerbsfähigkeit liegt in ganzheitlichen Branchenlösungen. Integrierte Planungs- und Fertigungsprozesse ermöglichen es, Produktionsabläufe perfekt aufeinander abzustimmen. Ständige Datenanalyse schafft jederzeit Klarheit über die aktuellen Fertigungszahlen, Lagerbestände und

Ausfallzeiten. Und flexible Logistik steuert die Aufträge so, dass sich Materialfluss und Produktion jederzeit die Waage halten. Das Resultat: Effiziente Kapazitätsplanung mit hoher Auslastung, spürbar verbesserte Kostenstruktur und Reduktion der Markteinführungszeiten um bis zu 50 % erschließen der deutschen Industrie mehr Chancen auf den globalen Märkten.

Die Antworten für mehr Wettbewerbsfähigkeit sind da. Und die Zeit für neue Wege ist jetzt. Denn die Welt von morgen braucht unsere Antworten schon heute.

Answers for industry.

SOLUTIONS FOR AUTOMATION... ...OUT OF THE BOX



VERWIRKLICHEN SIE IHRE IDEEN BEI UNS!

Innovationen brauchen Freiraum, Kreativität und neue Lösungsansätze. Deshalb setzt baumann als Spezialist auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik auf die individuellen Fähigkeiten aller Mitarbeiter und fördert diese entsprechend. In unseren Projektteams aus Ingenieuren, Anwendungstechnikern, Software-Entwicklern und Programmierern zählt das kooperative Miteinander auf dem Weg in eine gemeinsame berufliche Zukunft.

Wir suchen **Ingenieure** und **Techniker, Bachelor** und **Praktikanten** (m/w) aus den Bereichen Maschinenbau und Elektrotechnik. Vielfältige Kundenanforderungen und wechselnde Aufgabenstellungen in unseren Geschäftsbereichen photovoltaic, handling & assembly und testsolutions machen die Arbeit bei baumann zu einer spannenden und abwechslungsreichen Herausforderung. Erfahren Sie mehr über unser weltweit operierendes Unternehmen unter www.baumann-automation.com

Baumann GmbH, Oskar-von-Miller-Straße 7, 92224 Amberg,
Tel.: (+49) 9621/6754-0, Fax: (+49) 9621/6754-921,
bewerbung@baumann-automation.com



Prof. Dr.-Ing. Stephanie Abels-Schlosser

Als zu untersuchende Region werden der Landkreis Tirschenreuth, die Landkreise Neustadt an der Waldnaab und Schwandorf, die kreisfreie Stadt Weiden, der südliche Bereich des Landkreises Amberg-Sulzbach (Planungsregion 6) sowie der ehemalige Bezirk Tachov in Tschechien betrachtet. Außerdem werden Bezüge zu den regionalen Zentren Regensburg und Pilsen hergestellt. Im Rahmen der statistischen Erfassung handelt es sich hierbei um die Oberpfalz DE23 (Codes SAD 09376, TIR 9377, NEW 9374, WEN 9363, AS 9371) sowie Pilsen CZ32.¹ Die Studie wurde gemeinsam mit Studenten im Rahmen des Schwerpunktes Logistik des Fachbereichs Betriebswirtschaftslehre der HAW angefertigt.

I. Untersuchungsobjekte

Folgende Aspekte wurden im Rahmen der Studie untersucht:

- 1) Region
 - a) Infrastruktur im Hinblick auf die Logistik
 - i) Verkehrstechnik
 - ii) Datentechnik
 - iii) Mitarbeiter
 - iv) Lage, Fördermöglichkeiten, Ansiedlungen
 - b) Allgemeine SWOT-Analysen
 - c) Grenzüberschreitende Thematiken z. B. Zoll, Einfuhrbeschränkungen, Freizügigkeit

2) Unternehmen der Logistik

Verschiedene Quellen wurden genutzt, um Firmen, die sich direkt mit Logistik beschäftigen, sowie solche, die über einen relevanten Logistikbereich verfügen, zu ermitteln.²³⁴⁵⁶⁷⁸

- a) Identifizierung der Unternehmen
Zunächst wurden in den betrachteten Regionen die Firmen nach Wirtschaftszweigen selektiert. Anschließend erfolgte

die Zuordnung und Zusammenfassung der Unternehmen zu Branchen und Regionen.

i) Branchen:

- Speditionen ab 4 Mitarbeitern
 - Verkehr und Logistik
 - Dienstleistung (Outsourcing)
- Industrieunternehmen ab 50 Mitarbeitern
 - Automotive
 - Industrie und Produktion
- Handelsunternehmen ab 50 Mitarbeitern
 - Großhandel
 - Einzelhandel
 - Versandhandel
- Dienstleistungsunternehmen mit Relevanz für Logistik (speziell DV-Systeme/-Programme für die Logistik) ab 4 Mitarbeitern
 - Software für Logistik
 - Call Center
 - Forschung

ii) Regionen:

- Weiden (WEN)
- Landkreis Neustadt a. d. Waldnaab (NEW)
- Landkreis Tirschenreuth (TIR)
- Landkreis Schwandorf (SAD)
- Südlicher Bereich des Landkreises Amberg-Sulzbach (AS) – speziell die Planungsregion 6
- ehemaliger Bezirk Tachov mit Bezügen zu Pilsen und Bor (CZ)

- b) Unternehmen im Untersuchungsraum
Insgesamt konnten etwa 200 Unternehmen mit einer relevanten Logistik identifiziert werden. Deutlich ist in der Region Schwandorf eine große Anzahl von Handels- und Industrieunternehmen zu erkennen. Neustadt a. d. Waldnaab folgt dann mit großem Abstand. Die Stadt Weiden, der Landkreis Tirschenreuth, der Landkreis Amberg-Sulzbach (Region 6) und die Region Tachov folgen dann mit etwa halb so viel Unternehmen. In der Grafik lassen sich auch gut regionale Branchenvorlieben erkennen.

Gesamttabelle (absolut)

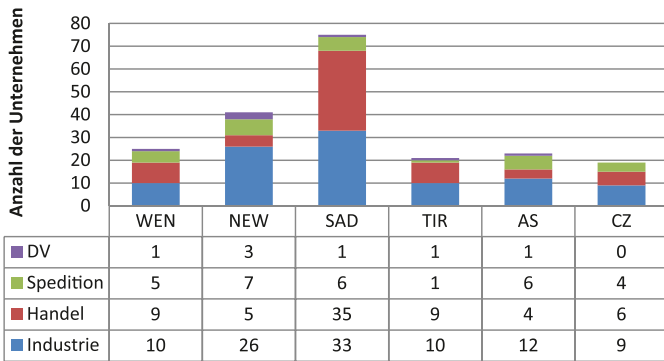
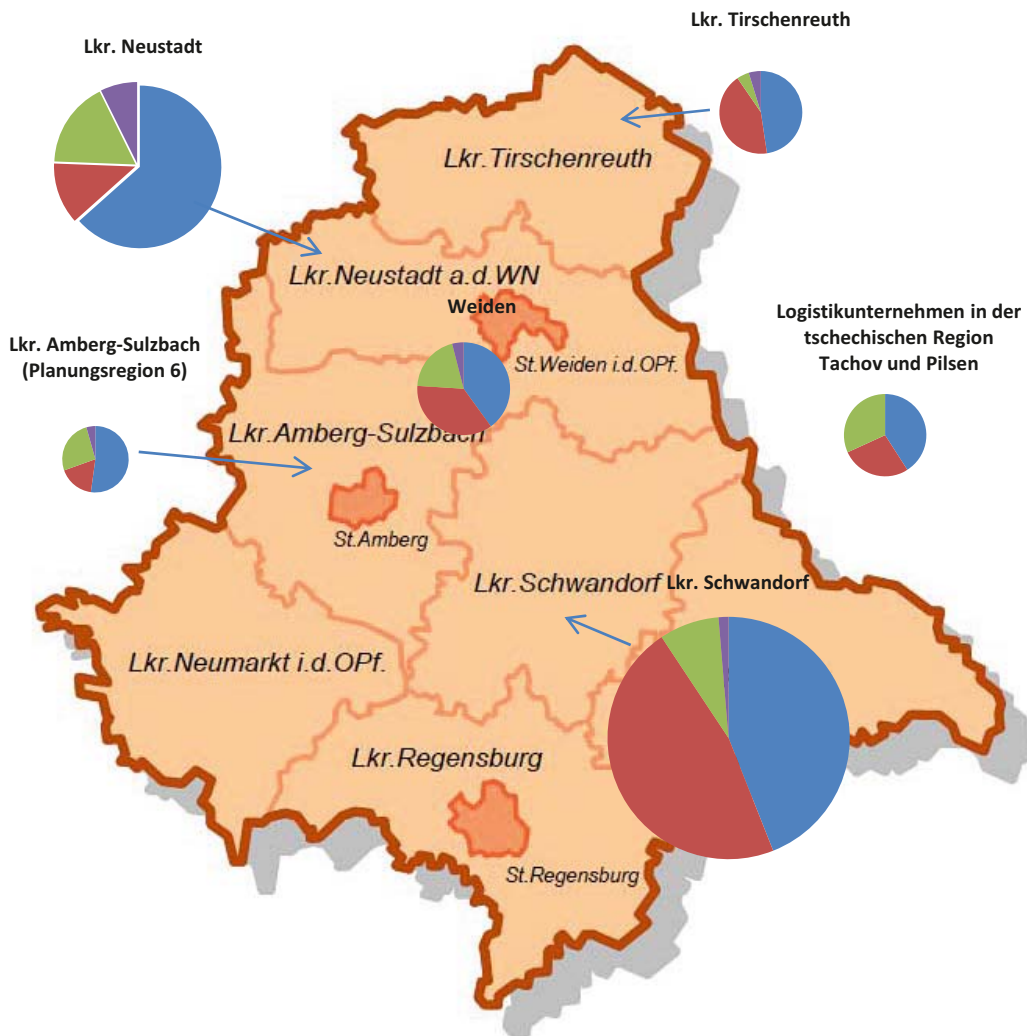


Abbildung 1: Anzahl und Verteilung der Unternehmen mit relevanter Logistik in der Region

	Industrie	Handel	Spedition	DV
WEN	40 %	36 %	20 %	4 %
NEW	63 %	12 %	17 %	7 %
SAD	44 %	47 %	8 %	1 %
TIR	48 %	43 %	5 %	5 %
AS	52 %	17 %	26 %	4 %
CZ	41 %	27 %	32 %	0 %

Abbildung 2: Anteil der jeweiligen Branchen innerhalb eines Landkreises bzw. einer Stadt

Die Aufteilung innerhalb eines Landkreises sowie die regionale Gewichtung lassen sich aus der nachfolgenden Abbildung gut ersehen.



Legende:

- Industrie
- Handel
- Spedition
- DV

Abbildung 3: Logistikkompetenzatlas „Logistikwirtschaft“

c) Befragung

Die Befragung wurde von Studenten größtenteils persönlich mit deutschen, englischen bzw. tschechischen Fragebögen durchgeführt.

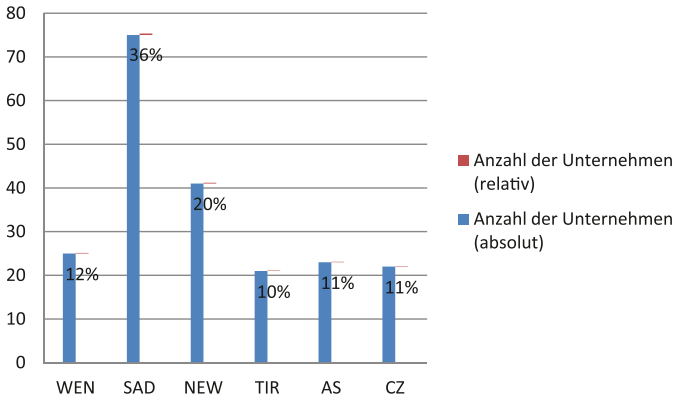


Abbildung 4: Anzahl der relevanten Unternehmen gegliedert nach Regionen

II. Ergebnisse der Studie

Die Ergebnisse der Befragung sind detailliert in einer im Rahmen des Projektes erstellten Datenbank nachzulesen. Diese ist auf der Homepage der HAW Amberg-Weiden unter www.haw-aw.de/abels_schlosser eingestellt. An dieser Stelle werden nur kurz und exemplarisch wichtige Ergebnisse dargestellt.

Insgesamt haben sich 104 Unternehmen an der Befragung beteiligt.

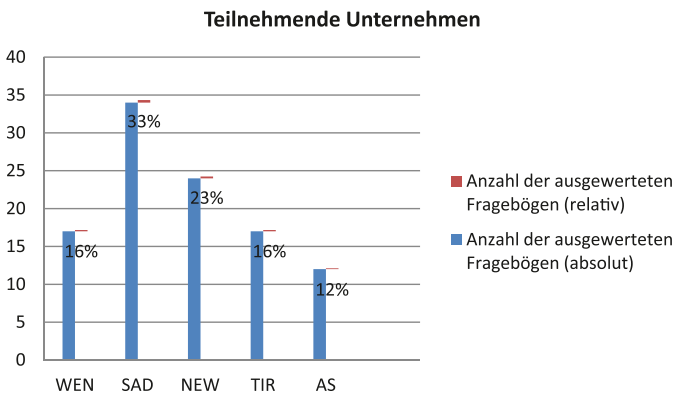


Abbildung 5: Teilnehmende Unternehmen

1) Allgemeine Unternehmensinformationen:

- Die meisten Unternehmen werden als GmbH bzw. als GmbH & Co. KG geführt.
- Die meisten Unternehmen sind in Familienbesitz.
- Die Kernkompetenzen der meisten Unternehmen liegen im Bereich der Produktion, gefolgt vom Transport und dem Handel. Logistik ist Produktionsunternehmen „Mittel zum Zweck“ und muss sich den Anforderungen der Produktion unterordnen.
- Der Umsatz der Unternehmen bewegt sich größtenteils in einem Bereich von 5 bis 100 Mio. €.

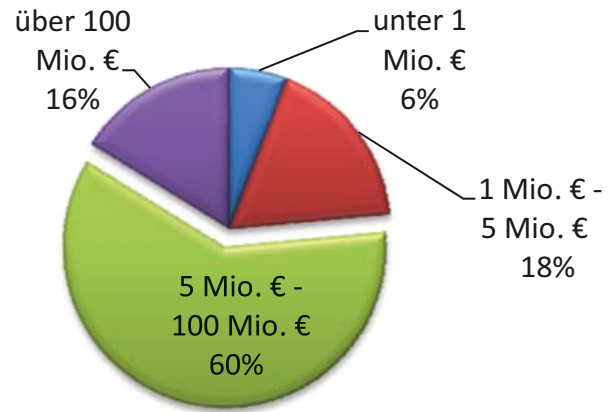


Abbildung 6: Gesamtumsatz

- Die Anzahl der Mitarbeiter der befragten Unternehmen streute von 4–9 bis über 1000. Allerdings ist eine deutliche Konzentration im Bereich 50–99 Mitarbeiter erkennbar. Prinzipiell ist zu sagen, dass Unternehmen mit relevanter Logistik in der Region vorwiegend klein bis mittelständisch geprägt sind.

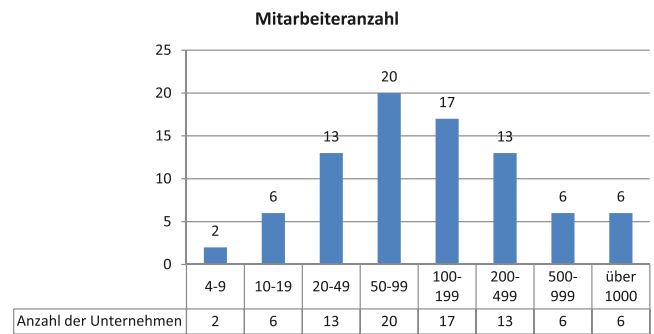


Abbildung 7: Untergliederung der teilnehmenden Unternehmen nach Mitarbeiterzahlen

Der Anteil der Beschäftigten, die direkt in der Logistik arbeiten, liegt größtenteils unter 10 %.

2) Fragen zu Dienstleistungen

- **Beauftragung von Dienstleistern**
Die Auswertung zeigt, dass mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen keinen Dienstleister beauftragen würden. Diejenigen, welche die Beauftragung eines Dienstleisters in Erwägung ziehen, würden dies vorzugsweise aus Kostengründen machen.
- **Angebot von logistischen Dienstleistungen an Dritte**
Nur 18 Unternehmen planen ihrerseits logistische Dienstleistungen an Dritte zu erbringen, während 65 Unternehmen dies nicht erwägen.
- **Art der Zusammenarbeit**
 - Hier werden die Dienstleistungsangebote genauer spezifiziert, um gezielter Aussagen über Zielrichtung bzw. Bedürfnisse treffen zu können.

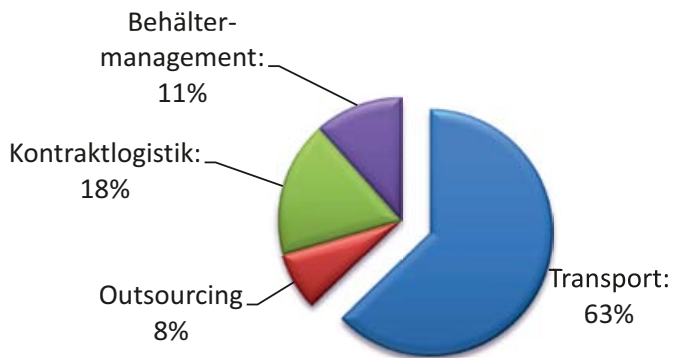


Abbildung 8: Art der Zusammenarbeit im Rahmen einer Vergabe von Logistikleistungen an Dienstleister

Einschaltung Paket- / Expressdienst

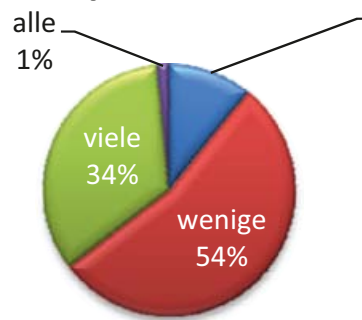


Abbildung 10: Transportart: Paket-/Expressdienst

3) Fragen zu Informations- und Kommunikationssystemen
Die meisten Unternehmen nutzen DSL gefolgt von ISDN und Internet. Bis auf ein Ort im Untersuchungsgebiet wurden die Nutzung geeigneter IuK-Systeme nirgends als herausragend schlecht bezeichnet.

4) Transport

- Art der Transporte

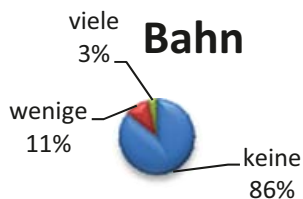
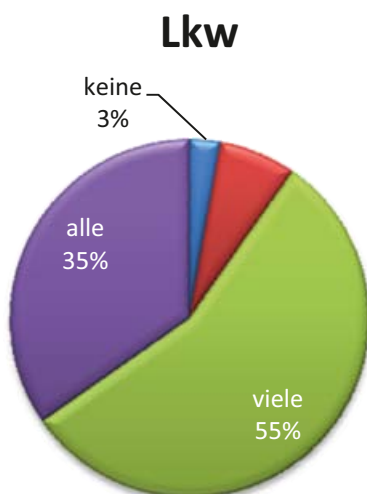


Abbildung 9: Transportarten: Lkw, Bahn

Deutlich ist zu sehen, dass deutlich mehr Transporte mit Lkw oder Expressdiensten als mit der Bahn durchgeführt werden.

- Verstärkter Einsatz der Bahn für Transporte
Deutlich ist zu erkennen, dass nur ein sehr geringer Anteil der befragten Firmen einen Warentransport mit der Bahn in Erwägung ziehen würde. Der Großteil würde auch bei verbesserten Rahmenbedingungen ihre bestehenden Transportsysteme weiterhin nutzen wollen.

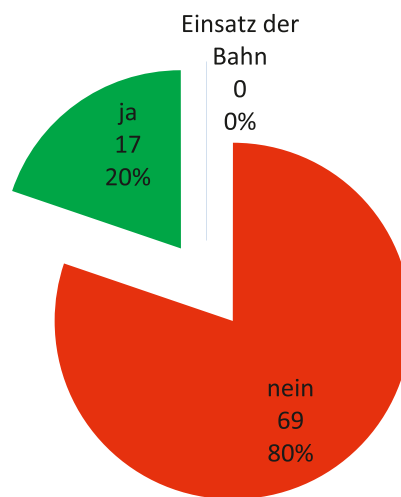


Abbildung 11: Zukünftiger Einsatz der Bahn für Warentransporte (absolut, prozentual)

5) Logistisches Zentrum in der Region

- Logistisches Zentrum
Im Hinblick auf die immer wieder geforderte Elektrifizierung der Bahnstrecke nach Regensburg, den Bau eines GVZ in der Region in der Nähe des Autobahnkreuzes A 6/A 93 und die Entlastung des GVZ Nürnberg durch ein Logistikzentrum in der Region werden verschiedene Szenarien untersucht, um hier den Verantwortlichen der Städte und Landkreise fundiertes Zahlenmaterial für die zukünftige Planung bereitzustellen.

- Interesse an einem logistischen Zentrum in der Region
Nur 41 % der befragten Unternehmen hatten prinzipiell Interesse an einem logistischen Zentrum in der Region.



Abbildung 12: Interesse an einem logistischen Zentrum in der Region

Sollte ein logistisches Zentrum geplant werden, gehen die Vorstellungen über die Art dessen sehr auseinander. Bemerkenswert ist hier, dass nur achtmal ein GVZ in der Region gewünscht wird. Fast die vierfache Anzahl der Nennungen erhält eine gemeinsam nutzbare Infrastruktur. Aber auch hier differieren die Meinungen stark. Problematisch ist dabei auch die geografische Lage eines solchen Zentrums, da von den Befragten eine räumliche Nähe vorausgesetzt wurde.

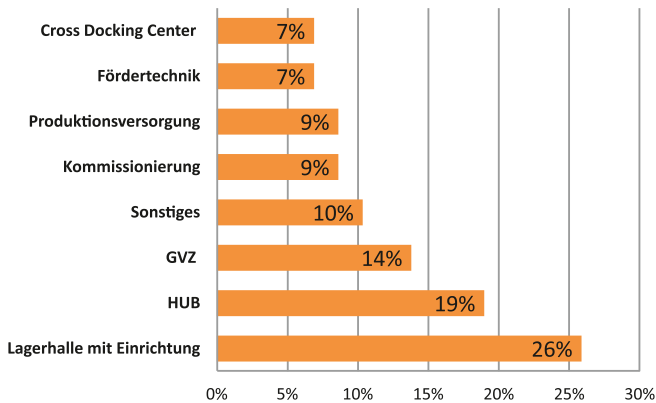


Abbildung 13: Aufgliederung der Nennungen zu einem logistischen Zentrum (Basis: 93 Antworten)

6) Zukunftspläne

- Expansion im Bereich der Logistik in der Gegend
- Anteil der Unternehmen, die expandieren wollen

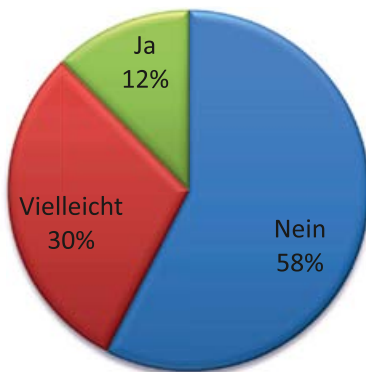


Abbildung 14: Anteil der Firmen mit Expansionsplänen (Basis: 86 Antworten)

Zeithorizont der Planung

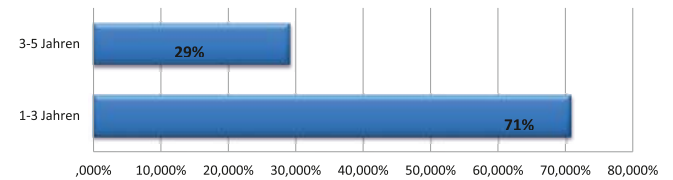


Abbildung 15: Zeithorizont der Expansionspläne (prozentual)

7) Standortkriterien

Hier werden einige der Standortfaktoren, die für jede unternehmerische Entscheidung von Bedeutung sind, abgefragt. Die Antworten können einerseits als Aufforderung verstanden werden, gute Bedingungen, z. B. das Verkehrsnetz, weiter auszubauen. Andererseits können sie im Rahmen eines Standortmarketings als Argumentationshilfe für die Ansiedlung neuer Unternehmen, für ein Engagement von Investoren und für Schulungen und regionsbindende Maßnahmen für Mitarbeiter verwendet werden.

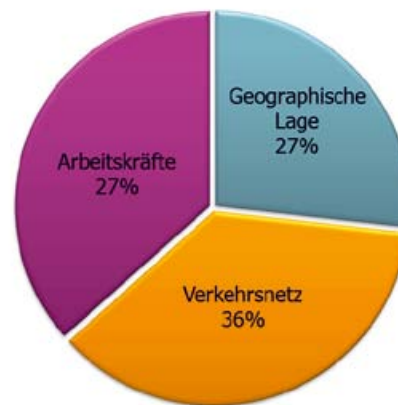


Abbildung 16: Kriterien für die Ansiedlung/Verbleib in der Region

8) Kritische Erfolgsfaktoren

Es wurden in einer offenen Frage (ohne vorgegebene Auswahlantwort) verschiedenste Probleme abgefragt, die für die Unternehmen wichtig sind. Auf dieser Basis können Maßnahmen erarbeitet werden, es kann von verantwortlichen Stellen frühzeitig auf Probleme reagiert oder diese können durch entsprechende Gegenmaßnahmen teilweise oder gänzlich eliminiert werden.

- Größte Bedrohungen aus Sicht der Logistik in der nächsten Zeit

<ul style="list-style-type: none"> – Entvölkerung – Mangel an aus-/vorgebildeten, flexiblen Arbeitskräften – Zunahme der osteuropäischen Anbieter – Kostendruck – Steuern – Spritkosten – Frachtnebenkosten (Maut, Energiezuschläge) – Steigende Energiekosten – Gewerbesteuererhöhung – Gehälter der Arbeitnehmer – Mindestlohndiskussion – Massive Einschränkungen der Lkw-Fahrzeiten – Ständige Änderungen des Emissionsschutzgesetzes – Wirtschaftskrise – Starke Schwankungen im Logistikmarkt – „Wiederaufbau“ von Grenzen 	<ul style="list-style-type: none"> – Nähe zum Kunden – Nähe zum Lieferanten – Verschiebung der Produktionsschwerpunkte – Abwanderung der Industrie – Outsourcing – Logistikdienstleister in nahen Grenzgebieten – Materialverknappung – Rohstoffversorgung mit Ton – Mangelnder Ausbau bzw. Anschluss des Verkehrsnetzes – Tunnelanierung in Regensburg – Zu viel Verkehr – Zu geringe Ladekapazität von Lkws, speziell im tschechischen Grenzgebiet – Zu wenige Aufträge in unserer Region, daher viel auswärtige Arbeit – Zu später Ressourcenausbau im eigenen Haus – Expansionsfähigkeit
--	---

Abbildung 17: Bedrohungen für die Logistik in den nächsten Jahren

9) Datenbank: Kompetenzatlas „Logistikwirtschaft“

Zur Darstellung der Ergebnisse der Befragung wurde eine Datenbank Kompetenzatlas „Logistikwirtschaft“ programmiert. Die Ergebnisse wurden eingelesen und stehen Interessierten zu vielfältigen Auswertungen zur Verfügung.

10) SWOT-Analyse auf Basis der Befragung

SWOT-ANALYSE		Interne Analyse	
		Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
Externe Analyse	Chancen (Opportunities)	Strategische Zielsetzung für S-O	Strategische Zielsetzung für W-O
		Direkte Ansprache der ansässigen Firmen zwecks Förderung und Entwicklungsmaßnahmen	Kenntnis der starken Konkurrenz auf CZ-Seite
		Vermarktung der guten Verkehrsinfrastruktur	Tor zum Osten bzw. Tor zum Westen vermarkten
		Aggressiveres Marketing des Standortes bei (Logistik-)Konzernen	Klare Positionierung als Standort mit u. a. hervorragendem, logistischem Umfeld
		Herausstellen der motivierten, standorttreuen Mitarbeiter	Region: Klein, aber fein und lebenswert
		Herausstreichen der hohen Lebensqualität bei niedrigen Lebenshaltungskosten	Gemeinschaftlicher Auftritt der Region
	Gefahren (Threats)	Strategische Zielsetzung für S-T	Strategische Zielsetzung für W-T
		Verbesserung der Rahmenbedingungen für ansässige Unternehmen	Verbesserung des Bildungsniveaus auf allen Ebenen
		Gemeinschaftliche Aktion aller Städte und Landkreise zur Stärkung der Unternehmen in der Region und Schaffung neuer Arbeitsplätze	Förderung der HAW als Motor für Bildung und Forschung in der Region
		Mittelfristige Positionierung als Logistikdrehscheibe mit besonderem Leistungsangebot	Ausbau des WTC als Brücke zur Industrie, Bindung der hoch qualifizierten Studenten an die Region
		Ansprache von Unternehmen mit relevanter Logistik mit hochwertigen Arbeitsplätzen	Attraktivität der Gegend für potenzielle, externe, junge Mitarbeiter schaffen und kommunizieren
		Ansiedlung von externen Unternehmen aktiv unterstützen	Positionierung der Region als flexibel und innovativ

Abbildung 18: SWOT-Analyse auf Basis der Ergebnisse

Gefahren

- Elektrifizierung der Bahnstrecke für die Unternehmen mit relevanter Logistik in der Region nicht wichtig
- Degradierung zur Durchgangsstation auf dem Weg irgendwohin
- austauschbare Umladestation für Container ohne eigenes Profil
- einfache, gering bezahlte Arbeitsplätze
- Dienstleister mit auf der Basis von Zeitarbeitsfirmen
- Billiglohngebiet

Empfehlungen

- Unterstützung der KMU durch persönliche Gespräche, Workshops, Abfrage der Probleme etc.
- Schaffung von Arbeitsplätzen in den KMU
- Stärkung innovativer und leistungsfähiger Unternehmen
- Stärkung der Forschung
- Positionierung als leistungsfähige, zukunftssträchtige Logistikkreisläufe und aktive Vermarktung
- Ansprache von innovativen, leistungsfähigen Logistikunternehmen mit Zukunftskonzepten
- Förderung der Ansiedlung von attraktiven, gut bezahlten Arbeitsplätzen mit Logistikbezug

III. Zusammenfassung

In den untersuchten Städten und Landkreisen gibt es ca. 200 Unternehmen, die sich direkt mit Logistik beschäftigen oder über einen größeren Logistikbereich verfügen. Viele Unternehmen sind der Industrie und dem Handel zuzuordnen. Regional sind die meisten Betriebe im Landkreis Schwandorf angesiedelt. Ein Großteil dieser ist in Familienbesitz und als GmbH oder GmbH & Co. KG gemeldet. Die Mitarbeiterzahl hat ihr Maximum bei 50–99 Beschäftigten. Meistens arbeiten bis zu 10 % davon in der Logistik. Die Beauftragung von Dienstleistern für logistische Abwicklung würde etwa die Hälfte der Unternehmen in Betracht ziehen, während nur wenige Unternehmen diese an Dritte anbieten oder anbieten wollen.

Transporte werden vorzugsweise mit Lkw durchgeführt, daran würden auch nur sehr wenige Unternehmen bei deutlich verbesserten Rahmenbedingungen durch die Bahn etwas ändern wollen.

Ein logistisches Zentrum wäre für einen Teil der Unternehmen, vor allem große Unternehmen mit der Kernkompetenz im Bereich der Produktion, von Interesse. Allerdings stellt sich hier die Frage der geografischen Lage, da diese Firmen über den ganzen Untersuchungsraum verteilt sind. Dabei wird vor allem eine gemeinsam genutzte Infrastruktur und selten ein HUB oder GVZ gewünscht.

Einige Firmen planen in den nächsten Jahren sicher oder eventuell zu expandieren.

Kriterien für die Ansiedlung in der Region sind zuallererst das gute Verkehrsnetz und dann die Arbeitskräfte und die geographische Lage.

Neben allgemeinen wirtschaftlichen Gefahren wie Kostendruck, Betriebsverlagerungen wurden von den Unternehmen der Mangel an aus- und vorgebildeten, flexiblen Arbeitskräften und die Abwanderung von qualifizierten Arbeitskräften genannt.

Im Rahmen der SWOT-Analyse wurden u.a. die Unterstützung und Förderung der angesiedelten Unternehmen herausgestellt und die Notwendigkeit der landkreis- und städteübergreifenden, klaren Positionierung der nördlichen Oberpfalz als zukunftsweisender Standort mit sehr guten Rahmenbedingungen im Bereich Logistik und Personal.



Die Welt der **Logistik-Automation** wartet auf Sie!

Technik die begeistert und Innovationen die bewegen - dafür steht WITRON seit 40 Jahren als einer der international führenden Anbieter von hocheffizienten, automatisierten Logistiksystemen. Unsere gut ausgebildeten Ingenieure und Fachkräfte sind ein wichtiger Garant unseres Erfolgs, die eigene Ausbildung ein Teil unserer Firmenphilosophie.

Schon während des Studiums bieten wir Ihnen vielfältige Möglichkeiten, Ihr Wissen und Können in der beruflichen Praxis unter Beweis zu stellen. Insbesondere für natur- und ingenieurwissenschaftlich interessierte Bewerber/-innen haben wir eine Vielzahl interessanter Aufgabenstellungen.

Testen Sie Ihre Neigungen im Rahmen eines Praktikums oder einer Abschlussarbeit an unserem Hauptgeschäftssitz in Parkstein bei Weiden/OPF, oder starten Ihre berufliche Karriere als Direkteinsteiger/-in in unserem Hause.

Alle Infos hierzu finden Sie auf unserer Internetseite:
www.witron-karriere.de

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!

WITRON
Logistik + Informatik GmbH
Personalabteilung, z.H. Silvia Bauer,
Neustädter Str. 21, 92711 Parkstein
Tel 09602 - 600 4134, karriere@witron.de



IV. Quellenangaben

- ¹ http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/nuts_nomenclature/introduction
- ² <http://www.ihk-regensburg.de/page/boersen>
- ³ <http://www.sslczech.cz/>
- ⁴ TOP 100 in European Transport and Logistics Services – 2011/2012, Peter Klaus, Christian Kille, Martin Schwemmer, Stuttgart: Fraunhofer-Verlag, 2011
- ⁵ <http://tschechien.ahk.de/mitglieder/mitgliederverzeichnis/>
- ⁶ http://www.ctpark.eu/data/files/ctp_brochure.pdf
- ⁷ <http://www.tschechien-kontakt.de/>
- ⁸ <http://www.spcr.cz/en/about-us/confederation-of-industry-of-the-czech-republic>
- ⁹ <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/Content75/KlassifikationWZo8,templateId=renderPrint.psml>



Prof. Dr.-Ing. Stephanie Abels-Schlosser

Hochschule Amberg-Weiden
Abteilung Weiden
Fakultät Betriebswirtschaft

Studierende im Fachbereich Betriebswirtschaft mit Schwerpunkt Logistik haben unter der Leitung von Frau Prof. Abels-Schlosser das Projekt mitbearbeitet.

Der Kreditklemmen- indikator

**Prof. Dr. Horst Rottmann und
Mitautor Prof. Dr. Timo Wollmershäuser**

Erscheinungsdatum: 27.12.2010

Titel: Der Kreditklemmenindikator

Autoren: Horst Rottmann und Timo Wollmershäuser

Schlagnote: Kreditklemme, Umfragen, Bankenkrise, Vertrauenskrise, Angebotsschock, Nachfrageschock

JEL-Klassifizierung: C23, E44, E51, G21

Nach der Finanzkrise gab es vielerorts Befürchtungen, dass Deutschland in eine Kreditklemme gerät. Doch bereits die Definition einer Kreditklemme bereitet Schwierigkeiten. Die Autoren entwickeln anhand einfacher Umfragedaten einen Kreditklemmenindikator, der sich insbesondere über seine hohe Aktualität auszeichnet.

Seit Beginn der Finanzkrise im Jahr 2007 und besonders seit ihrem vorläufigen Höhepunkt Ende 2008 wird sowohl in der Wissenschaft als auch in der Wirtschaftspresse lebhaft darüber diskutiert, ob Deutschland in eine Kreditklemme gerät. Infolge der Subprime-Krise erlitten viele deutsche Banken in den Jahren 2008 und 2009 aufgrund von Wertberichtigungen enorme Verluste. Dies belastete die Eigenkapitalbasis der Banken. Die Befürchtung bestand nun darin, dass die Banken ihre Bilanzsummen verkürzen, indem sie ihre Kreditvergabe einschränken (Deleveraging), um die regulatorischen Eigenkapitalvorschriften (Basel II) einhalten zu können. Zudem kam es während dieser Zeit zu einer Vertrauenskrise der Banken untereinander, sodass die Geldmärkte austrockneten und einige Banken in enorme Liquiditätsnöte kamen.

Im internationalen Vergleich nehmen Bankkredite in Deutschland einen großen Anteil bei der externen Unternehmensfinanzierung ein. In der Tat ging die jährliche Wachstumsrate des ausstehenden Kreditvolumens der Banken an nichtfinanzielle Unternehmen von mehr als 10 Prozent Ende 2008 auf -3,3 Prozent Anfang 2010 zurück.

Allerdings ist nicht jeder Rückgang der Kreditvergabeaktivität der Banken eine Kreditklemme. Zum einen kann in einer konjunkturellen Schwächephase statt des Angebots auch die Nachfrage nach Krediten sinken. Zum anderen kann eine Einschränkung des Kreditangebots auch allein auf konjunkturelle Faktoren zurückgeführt werden. Deshalb definieren einige Ökonomen eine Kreditklemme als einen signifikanten Rückgang des Kreditangebots, der sich auch in deutlich verschärften Kreditkonditionen äußern kann. Dementsprechend liegt für die Bundesbank eine Kreditklemme vor, wenn das Kreditangebot der Banken so stark eingeschränkt wird, dass durch diese Einschränkung ein maßgebliches konjunkturelles Risiko begründet wird (vgl. Deutsche Bundesbank, 2009, S. 22).

Definitionsunterschiede

Bei der empirischen Umsetzung dieser Definition werden häufig makroökonomische Daten wie die Kreditentwicklung, das BIP und die Ausrüstungsinvestitionen verwendet. Bei den makroökonomischen Ansätzen ergibt sich das schwerwiegende Problem, dass zu jedem Zeitpunkt nicht das Kreditangebot, sondern nur das sich am Markt aufgrund von Angebot und Nachfrage ergebende Kreditvolumen beobachtbar ist. Mithilfe von Instrumentenvariablenschätzern wird daher versucht, Angebots- von Nachfrageschocks zu trennen. Dazu müssen sowohl für die Angebots- als auch die Nachfragefunktion geeignete separate Instrumente zur Verfügung stehen, was bei der empirischen Umsetzung häufig zu Problemen führt. Alternativ definiert Sinn (2010) eine Kreditklemme nicht über eine Veränderung des Kreditvolumens, sondern als eine Situation, bei der die Marktzinsen von den Zinsen der Zentralbank wegdriften, weil die Banken die von der Zentralbank bereitgestellte Liquidität mangels Eigenkapital (Solvenzkrise) nicht in vollem Umfang an die Kreditnehmer weiterleiten können. Diese Definition ist aber zu stark auf die Situation der Finanzkrise beschränkt und kann nicht als allgemeine Definition einer Kreditklemme dienen, da sich ein Auseinanderdriften dieser Zinsen auch beispielsweise bei steigenden langfristigen Inflationserwartungen ergeben kann.

Linksverschiebung der Kreditangebotskurve als Charakteristikum

Ausgangspunkt für unsere Untersuchung ist deshalb die Definition von Bernanke und Lown (1991): „We define a bank credit crunch as a significant leftward shift in the supply curve for loans, holding constant both the safe real interest rate and the quality of potential borrowers.“ Es geht also um Linksverschiebungen der Kreditangebotskurve, die nicht durch eine Veränderung des sicheren Realzinses oder einer Verschlechterung der Bonität der potenziellen Kreditnehmer begründet ist.

Um dies empirisch umzusetzen, verwenden wir Mikrodaten des ifo-Instituts. Im Rahmen des ifo-Konjunkturtests werden seit Juni 2003 im halbjährlichen Abstand und seit November 2008 im monatlichen Abstand etwa 2.500 Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes nach ihrem Urteil über die derzeitige Bereitschaft der Banken, Kredite an Unternehmen zu vergeben, befragt. Die möglichen Antworten sind „entgegenkommend“, „normal“, „restriktiv“. Diese Antworten werden als eine Beschreibung des Kreditangebotsverhaltens der Banken aus Sicht des jeweiligen Unternehmens interpretiert.

Unternehmen mit geringerer Bonität werden schwerer einen neuen Kredit bekommen als solche mit höherer Bonität. Deswegen werden wahrscheinlich auch Unternehmen mit einer geringeren Bonität das Kreditangebotsverhalten der Banken restriktiver beurteilen. Daraus darf aber nicht geschlussfolgert werden, dass eine Kreditklemme vorliegt. Aus diesem Grund ist es wichtig, bei den Angaben der Unternehmen zum Kreditangebotsverhalten der Banken mögliche Bonitätsveränderungen der Kreditnehmer zu berücksichtigen.

Untersuchungsschritte

Dazu verwenden wir in einem ersten Schritt die Angaben der Unternehmen über ihre Geschäftslage („gut“, „zufriedenstellend“ oder „schlecht“) und Geschäftserwartungen in den nächsten sechs Monaten („besser“, „gleichbleibend“ oder „schlechter“), die ebenfalls monatlich im Rahmen des ifo-Konjunkturtests erhoben werden. Mithilfe von Paneldatenmodellen für diskrete abhängige Variablen (Logitmodelle) schätzen wir die Wahrscheinlichkeit, dass ein Unternehmen das Kreditangebotsverhalten der Banken als restriktiv betrachtet. Bei diesen Schätzungen kontrollieren wir für die Bonität der Unternehmen, indem wir neben den beiden Unternehmensvariablen Geschäftslage und Geschäftserwartungen auch das Geschäftsklima der jeweiligen Branche, zu der das Unternehmen gehört, berücksichtigen. Diese Schätzungen liefern als Ergebnis einen über die Zeit variierenden Indikator, der anzeigt, wie restriktiv das um die Qualität der Unternehmen bereinigte Kreditangebotsverhalten der Banken im jeweiligen Monat ist. Die Schätzungen werden mit verschiedenen Paneldatenmodellen (mit und ohne Berücksichtigung nicht beobachtbarer Unternehmensheterogenität sowie mit Instrumentenvariablen-schätzern für eine mögliche Endogenität

von Geschäftslage und Geschäftserwartungen) durchgeführt. Die Ergebnisse erweisen sich als äußerst robust bei Verwendung der verschiedenen Schätzverfahren.

Die Kreditklemmendefinition von Bernanke und Lown verlangt aber, neben der Berücksichtigung der Bonität der potenziellen Kreditnehmer auch noch Veränderungen des sicheren Realzinses zu berücksichtigen. Steigt beispielsweise der sichere Realzins, so werden Banken aufgrund der höheren Opportunitätskosten auch die Kreditvergabe an unsichere Unternehmen einschränken. Deswegen wird in einem zweiten Schritt der Indikator mithilfe von Regressionsverfahren um Veränderungen des sicheren Realzinses bereinigt. Als Zinssatz verwenden wir hierzu einen von der Europäischen Zentralbank berechneten Realzins für 10-jährige Anleihen, die von Staaten des Euroraums mit höchster Bonität (AAA) begeben wurde.

Der Kreditklemmenindikator

Die Entwicklung des Indikators ist in der folgenden Abbildung wiedergegeben. Der Indikator zeigt Kreditangebotschocks, die nicht auf eine Veränderung der Bonität der Kreditnehmer oder des sicheren Realzinses zurückzuführen sind. Der Indikator kann nicht absolut, sondern nur relativ in dem Sinne interpretiert werden, dass mit zunehmendem Indikatorwert die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Kreditklemme steigt. Es zeigen sich auf den ersten Blick recht überraschende Ergebnisse. Das Kreditangebotsverhalten der Banken war in der konjunkturellen Schwächephase der Jahre 2003/2004 deutlich restriktiver als während der gesamten Finanzkrise (den höchsten Wert während der Finanzkrise erreicht der Kreditklemmenindikator Ende 2009). Obwohl die Banken im Jahr 2009 stark unter Druck gerieten, war die Wahrscheinlichkeit für eine Kreditklemme in den Jahren 2003/2004 deutlich höher. Seit Beginn des Jahres 2010 fällt der Indikator wieder und zeigt damit an, dass sich die Fremdfinanzierungsmöglichkeiten der Unternehmen verbessern. Wahrscheinlich haben die massiven Unterstützungen des Bankensektors durch den Staat seit Herbst 2008 (Sonderfonds Finanzmarktstabilisierung) und die expansive Geldpolitik der EZB ein deutlicheres Ansteigen des Indikators und damit eine wesentlich stärkere Einschränkung des Kreditangebots verhindert.

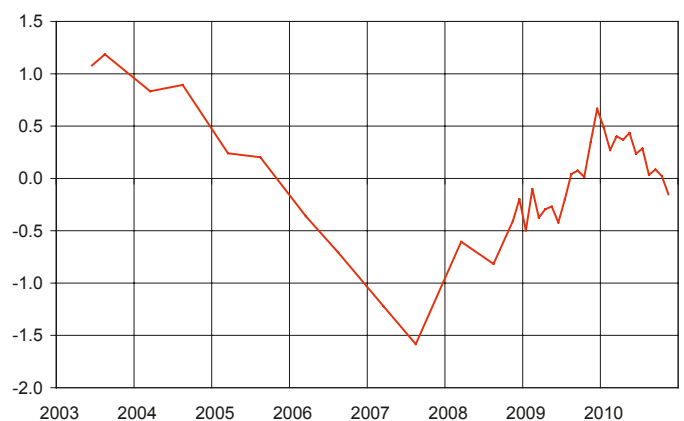


Abbildung: Kreditklemmenindikator

Häufig wird die Vermutung geäußert, dass kleine und mittlere Unternehmen häufiger von Finanzierungsrestriktionen betroffen sind, da diese – im Gegensatz zu den großen Unternehmen – keinen alternativen Zugang zu einer externen Finanzierung über den Kapitalmarkt haben und somit stärker von Bankkrediten abhängig sind. Während diese Vermutung durch getrennte Berechnungen des Kreditklemmenindikators für kleine und große Unternehmen für die Zeit bis 2008 bestätigt wird, so ist die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Kreditklemme bei den kleinen Unternehmen in den Jahren 2008 bis 2010 deutlich geringer als bei den großen Unternehmen. Eine mögliche Erklärung für diese Entwicklung sind die unterschiedlichen Hausbankbeziehungen der kleinen und großen Unternehmen. Während der Finanzkrise kamen vor allem die Landesbanken und auch einige private Geschäftsbanken in massive Schwierigkeiten und mussten ihre Bilanz stark kürzen, um die Eigenkapitalvorschriften gemäß der Bankenregulierung einhalten zu können. Da die Landesbanken und privaten Geschäftsbanken vor allem Hausbanken für große Unternehmen sind, ist das Ergebnis nicht weiter verwunderlich. Schätzungen des Kreditklemmenindikators getrennt nach dem Bankentyp (Landesbanken, private Geschäftsbanken, Sparkassen, Genossenschaftsbanken, sonstige Institute), zu dem das jeweilige Unternehmen seine wesentlichen Geschäftsbeziehungen pflegt, bestätigen diesen Zusammenhang.

Vorteile des Indikators

Ein großer Vorteil des Kreditklemmenindikators ist seine hohe Aktualität, da er allein auf Angaben des ifo-Konjunkturtests und zeitnah verfügbaren Kapitalmarktzinsen beruht. Darüber hinaus kann das Problem der Identifikation von angebots- und nachfrageseitigen Determinanten der Situation am Kreditmarkt umgangen werden, da ausschließlich Informationen der Kreditangebotsseite ausgewertet werden. Weitere Details über die verwendeten Schätzmethoden und theoretischen Hintergründe zur Konstruktion des Kreditklemmenindikators finden Sie in folgender Veröffentlichung:

Horst Rottmann & Timo Wollmershäuser (2013): A micro data approach to the identification of credit crunches, *Applied Economics*, 45:17, 2423-2441

http://www.ifo.de/portal/page/portal/DocBase_Content/WP/DB_cesifowp/cesifowp_2010/o8_CESIFO_WORKING_PAPERS_AUGUST_2010/cesifo1_wp3159.pdf

Literatur

Ben S. Bernanke und Cara S. Lown (1991), The Credit Crunch, in: *Brookings Papers on Economic Activity*, Jg. 1991, Nr. 2, S. 205 – 247.

Deutsche Bundesbank (2009), Die Entwicklung der Kredite an den privaten Sektor in Deutschland während der globalen Finanzkrise, in: *Monatsbericht* September 2009, S. 17 – 36.

H.-W. Sinn (2010), *Casino Capitalism*: Oxford University Press.



Prof. Dr. Horst Rottmann
Fakultät Betriebswirtschaft
Der Kreditklemmenindikator

Currency Movements Within and Outside a Currency Union: The case of Germany and the euro area¹

Prof. Dr. Franz Seitz

Mitautoren Nikolaus Bartzsch und Prof. Dr. Gerhard Rösl

November 2011

Abstract

In this paper, we analyze the volume of euro banknotes issued by Germany within the euro area with several seasonal methods. We draw a distinction between movements within Germany, circulation outside Germany but within the euro area and demand from non-euro-area countries. Our approach suggests that only about 20 % of euro notes issued by Germany are used for transactions in Germany. The rest is hoarded (10 %), circulates in other euro area countries (25 %) or is held outside the euro area (45 %).

German Abstract

In dem vorliegenden Papier analysieren wir die Emissionen von Euro-Banknoten durch die Deutsche Bundesbank anhand verschiedener saisonaler Ansätze. Wir unterscheiden zwischen der Nachfrage aus Deutschland, der Haltung in anderen Euro-Ländern und Umlauf außerhalb des Eurowährungsgebiets. Es stellt sich heraus, dass nur ca. 20 % der emittierten Banknoten für Transaktionszwecke in Deutschland gebraucht werden. Der Rest wird aus unterschiedlichen Gründen gehortet (10 %), läuft in anderen EWU-Ländern um (25 %) oder wird außerhalb des Euro-Raums gehalten.

Keywords: Banknotes, euro, foreign demand, hoarding, transaction balances

JEL: E41, E42, E58

*“Where did all the money go?,
Where did all the cash flow?”
(Neil Young, 2011)*

1 Introduction

In principle, all euro-area national central banks, but not the European Central Bank, issue euro banknotes. Following the introduction of euro cash at the start of 2002, the volume of banknotes issued by the Deutsche Bundesbank increased from an initial € 73 billion to € 367 billion at the end of 2010. Figure 1 shows that the volume of these „German“ euro banknotes outstanding has grown much faster than could have been expected on the basis of earlier growth rates for D-Mark currency. Moreover, for each of the seven euro denominations (euro 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500), the Bundesbank's share in the net issuance is higher than its share in the capital of the European Central Bank (ECB) of about 27 %. The latter is calculated according to the euro countries' population and GDP shares.

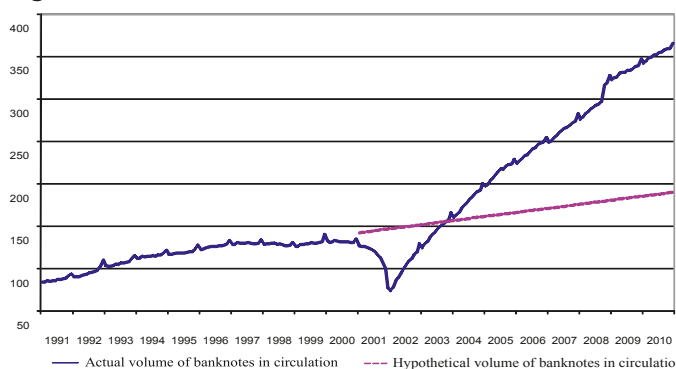
These developments cannot be explained solely by an increased holding of transaction balances in cash as German private consumption since the introduction of euro cash in 2002 was weak and there was a steady decline in the percentage of cash payments in German retail sales (EHI Retail Institute 2010). The huge surge is therefore likely to be due to domestic hoarding and especially to foreign demand for euro banknotes. This foreign demand may originate from other euro area countries or from non-euro area countries.

In addition to helping to explain the increase in circulation, determining the volume of Bundesbank-issued euro banknotes in circulation outside Germany (and in hoards) is important for a number of other reasons. First, banknotes in circulation outside Germany have no impact on domestic demand, or at least a much smaller impact than those circulating in Germany. This has to be taken into account when analyzing the development of monetary aggregates. Second, foreign demand for banknotes influences the central banks' money market management. The value of banknotes outstanding is the largest autonomous liquidity factor and is also relatively

difficult to forecast. Third, banknotes in circulation outside Germany are not returned to the Bundesbank for processing as quickly as domestic transaction balances in cash. This is relevant when measuring the Bundesbank's participation in cash processing (Deutsche Bundesbank 2011). Fourth, foreign demand also has an impact on the Bundesbank's monetary income (before it is reallocated within the Eurosystem). As, with the exception of the liabilities item „banknotes in circulation“, all items that are included in the calculation of monetary income are generally remunerated at the (average) interest rate for the Eurosystem's main refinancing operations, monetary income broadly corresponds to the seigniorage from banknotes in circulation (Rösl & Schäfer 2000). Fifth, during the latest financial market crisis, currency demand in Germany increased dramatically after the insolvency of Lehman Brothers (Deutsche Bundesbank 2009). As future crisis cannot be ruled out, a further buffer for such an unexpected surge in banknote demand is required for logistical reasons. Sixth, currently, there is an intensive discussion of the settlement of cross-border payment flows in the euro area, the so-called TARGET2 balances (see Sinn & Wollmershäuser 2011; Bindseil & König 2011).³ Especially, the related large claims of the Deutsche Bundesbank against the Eurosystem are a point of criticism. However, it might be argued that the German issue of banknotes which exceeds its capital share and which constitute liabilities against the Eurosystem, have to be subtracted from the TARGET2 claims to get the net position of Germany. And last, but not least, euro banknotes held outside the euro area are an indication of the role of the euro as an international reserve currency.

As in other countries, there are no statistics that directly record the volume of cash in circulation outside Germany. There are, however other primary statistics (e.g., on net shipments of currency abroad) and surveys on cash from which inferences might be drawn. These have proven to provide only lower boundaries on the actual foreign holdings (see, e.g., Seitz 1995; Porter & Judson 1996). Therefore, one usually has to rely on indirect methods which make use of the different characteristics of domestic and foreign demand or particular events, such as the euro cash changeover.³ In this paper, we concentrate on several variants of the so-called seasonal method. It makes use of different seasonal patterns of domestic and foreign demand. The different variants not only allow to derive results on the two different foreign sources (intra euro area outside Germany and extra euro area), but also on transaction balances and the amount of hoarding in Germany.

Figure 1: German banknotes in circulation in € billion



Note: The actual volume of banknotes in circulation in the period from January 1991 to December 2001 corresponds to the volume of D-Mark banknotes outstanding and, as of the introduction of euro cash in January 2002, the volume of Bundesbank-issued euro banknotes outstanding. For the purpose of simplicity, the volume of D-Mark banknotes outstanding in the period from January 1991 to December 2000 extrapolated using its linear trend is taken as the hypothetical volume of banknotes in circulation since January 2001.

The majority of studies on foreign demand for cash examine the US dollar and the Hong Kong dollar.⁴ According to analyses conducted by the Federal Reserve, 60 % to 70 % of the US currency stock is held outside the US (Porter & Judson 1996; Anderson & Rasche 2000; US Treasury Department 2006).⁵ Foreign demand as a percentage of the total volume of Hong Kong dollar currency in circulation in 2009 is estimated to be similarly high at between 50% and 70 %. This figure has grown considerably over time (Leung et al. 2010).

There are only very few studies on foreign demand for cash in Europe. Seitz (1995) uses various estimation approaches and concludes that in the mid-1990s 30 % to 40 % of the total volume of DM cash was in circulation outside Germany.⁶ Fischer et al. (2004) estimate that between 8 % and 13 % of the total volume of outstanding euro legacy currencies in 2000 was circulating abroad. As yet, however, there are no detailed papers that examine the (total) foreign demand for euro cash either for the euro area as a whole or for individual euro-area countries. Deutsche Bundesbank (2009, pp. 49 – 51) uses the total known volume of euro banknotes shipped by banks from Germany to non-euro-area countries and an additional blanket amount for probable positive net exports of euro banknotes via other channels (eg tourism or money sent home by foreign workers) to estimate that foreign demand outside the euro area at the end of 2008 had accounted for between 25 % and 35 % of the total demand for Bundesbank-issued euro banknotes. The ECB (2011, p. 31) states that „taking into account a range of different estimates suggests that around 20 % – 25 % (potentially a figure closer to the upper end of the range) of euro currency was circulating outside the euro area at the end of 2010“. However, it does not specify these „different estimates“ in more detail. Since 2007 the

Austrian central bank has conducted a semi-annual survey on the foreign holdings of euro cash in central, eastern and south-eastern Europe. According to this survey, in 2008, households in these countries held approximately € 12 billion in euro cash (Scheiber & Stix 2009). The present paper on developments in Germany since the euro cash changeover until the end of 2009 thus fills a gap in the research. This is all the more important, as it derives estimates for foreign demand from both non-euro-area countries and other euro-area countries.⁷ As a by-product, we will also obtain domestic transaction balances and the amount of cash hoarded.

The paper is structured as follows. Section 2 describes the seasonal method. The results of three variants of it are presented in section 3. Section 4 concludes and summarizes.

2 The seasonal method

The general problem can be formulated as follows (Feige 1997, p 184):⁸

The shares β_1 and β_2 of two subpopulations C_1 and C_2 , which together produce the total population C , are to be estimated. Let X_1 and X_2 denote the observed and recorded characteristics of subpopulations C_1 and C_2 . The average feature X is then a weighted average of both characteristics, with the weights being the unknown shares β_1 and β_2 .

$$(1) \quad X = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$

As $\beta_1 = 1 - \beta_2$, the shares can be estimated by means of the observed and measured properties.

$$(2) \quad \beta_1 = \frac{X - X_2}{X_1 - X_2}$$

$$\beta_2 = \frac{X_1 - X}{X_1 - X_2}$$

A sensible solution to this problem exists if the characteristics of the two parts X_1 and X_2 differ ($X_1 \neq X_2$) and the calculated shares are between 0 and 1. Therefore, to implement this approach for our purpose of the calculation of German banknotes held abroad, the characteristics of the banknotes in circulation outside Germany (X^a) must differ sufficiently from those of the banknotes outstanding in Germany (X^d) so that the foreign share can be identified by observing the overall behaviour. In our case, the distinguishing feature is the seasonal pattern of banknotes. At the same time, information is required about how the demand for banknotes would have developed if there had been no foreign demand.

Table 1: Seasonality tests

	Net shipments	German banknote issuance
PAC(12)	0.014 (202.46)	0.478 (68.58)
PAC(24)	-0.044 (270.92)	0.052 (88.29)

Notes: Monthly observations from January 2002 to December 2009. The net shipments display an upward trend. They have therefore been trend-adjusted using a Hodrick-Prescott filter ($\lambda=14,400$). Banknote issuance: logarithmic difference. PAC(x): partial autocorrelation coefficient for lag x, followed by the value of the Ljung-Box Q-statistic in brackets.
Source: Authors' own calculations

The seasonal method was first applied by Sumner (1990) to the calculation of domestic hoardings. Porter & Judson (1996) as well as Seitz (1995) and Fischer et al (2004) then adopted the approach for calculating foreign cash holdings. The fundamental assumption of this approach is that foreign demand for German euro banknotes has little or no seasonality, as the growth of foreign holdings (above all those in non-euro-area countries) has little to do with domestic seasonal developments.⁹ This depends more on the international reputation of the euro and unstable developments in the destination countries. Hence, foreign and domestic demand differ in terms of the seasonal component and the total volume in circulation displays a dampened seasonal factor. No precise information is available on the foreign holdings of banknotes issued in Germany (these are to be determined). However, analysing the official (net) banknote shipments from Germany to non-euro-area countries provides initial indications of whether the above assumption is justified. As Table 1 shows, these net shipments display no significant autocorrelation at the seasonal frequencies 12 and 24. By contrast, the seasonal autocorrelations of cumulated German net issuance of banknotes are highly significant, particularly for the standard seasonal frequency 12.¹⁰

The underlying seasonal model assumes that the time series of German banknote issuance consists of three terms: a trend component T_t , a seasonal term S_t and an irregular or noise component. These are multiplicatively interlinked (multiplicative seasonal model). Attributing the noise term to the trend for simplicity and taking into account that German banknotes are also held abroad (a) yields the following equation (where t represents the time index and d stands for Germany)¹¹

$$(3) \quad T_t S_t = T_t^d S_t^d + T_t^a S_t^a$$

Let β_t denote the fraction of the overall trend held domestically and, consequently, $(1-\beta_t)$ the share held abroad:

$$(4) \quad T_t S_t = \beta_t T_t S_t^d + (1 - \beta_t) T_t S_t^a \quad \text{or}$$

$$(4') \quad S_t = \beta_t S_t^d + (1 - \beta_t) S_t^a.$$

(4') is a concrete example of the general equation (1), with the seasonal component taking on the role of the measured characteristic X . Assuming that the foreign share does not vary seasonally (see comments on Table 1 above), ie $S^a = I \forall t$, (4') can be simplified further to

$$(5) \quad S_t = \beta_t S_t^d + (1 - \beta_t) I.$$

Given values for the seasonal terms S and S^d yields an equation for the unknown value β_t , the share of banknotes held domestically:

$$(6) \quad \beta_t = \frac{S_t - I}{S_t^d - I}.$$

The foreign share, in turn, is $(1 - \beta_t)$. S_t corresponds to the seasonal component of total German cumulated net banknote issuance and can be calculated using standard seasonal adjustment methods (eg X12-ARIMA, Tramo-Seats). By contrast, S^d , the seasonal term for the share of banknotes circulating in Germany, is unknown. It must be estimated and various methods for this are presented below. However, equation (6) does not always produce meaningful results. If, for example, there is no seasonal influence in any given period, ie $S_t = S_t^d = I$, β_t tends to infinity, or any value of β is compatible with equation (6). If the seasonality of all outstanding banknotes is not less pronounced in all periods than that of the banknotes held domestically, problems can occur, too. This method thus produces plausible results for some, but not for all frequencies.

Therefore, further modifications are needed to allow for these eventualities and to enable this method to be implemented. Fairly accurate estimation results can often be obtained only for a certain frequency within a given year (see also Porter & Judson 1995, p 19 f). We therefore take into account the fact that seasonal fluctuations are usually greatest around Christmas owing to domestic transactions. For example, in the case of German banknote issuance, the seasonal high is in December, while there is a seasonal low in February (in this case, there is accordingly a two-month frequency). In order to factor this into the equation, we replace the time index t by m, j , where m denotes the m th month and j stands for the j th year. If equation (5) for February is subtracted from the corresponding equation for the preceding December, the domestic share β_j reads as:

$$(7) \quad \beta_j = \frac{S_{dec,j} - S_{feb,j+1}}{S_{dec,j}^d - S_{feb,j+1}^d}.$$

Now, what is the best way of modelling S^d , the unknown domestic part in equation (7)? We try three variants which might proxy the seasonal component of the euro banknotes held in Germany.¹²

These include

- a) Selection of a reference country,
- b) consideration of a transactions variable,
- c) analysis of banks' vault cash.

Options a and b have so far been used most frequently in the literature when calculating the foreign share (Seitz 1995; Porter & Judson 1995; Fischer et al. 2004). Since all three variants include different assumptions and hypotheses concerning what share of domestic and foreign demand is captured, the calculated β will also assume differing values.¹³

3 Results

3.1 A reference country

The idea behind selecting a reference country is to find a country that is similar to Germany in its use of banknotes, except for foreign demand. We would then insert this country's seasonal factor of banknote issuance for S^d in equation (7). After careful consideration, we decided on France as our reference country.¹⁴ There are several reasons in favour of this:

- France is a euro-area country. Thus, it has the same denominational structure.
- The standard of living in France is similar to that in Germany.
- The *overall* cashless payments behaviour of non-banks relative to cash transactions in the two countries is not too dissimilar. Furthermore, the geographical density of ATMs, the number of transactions or withdrawals by debit card, and the number of transactions at POS terminals is comparable (for more details, see Bank for International Settlements, 2009).
- The size of the shadow economy, in which most transactions are settled in cash, is similar in both countries (Feld & Schneider 2010; Thießen 2010).
- There should not be a major difference in hoarding behaviour in the two countries (see, for instance, the estimates in Boeschoten 1992, ch 4).
- Since the start of EMU, there has been a high degree of synchronisation of the business cycles and also, in particular, of private consumption expenditure between Germany and France (Aguar-Conraria & Soares 2011; Gayer 2007). The seasonal component of transaction demand should therefore be comparable.

Moreover, there are indications that in the case of small denominations, which usually have high seasonality, not only Germany but also France within the euro area is a net exporter of banknotes to other euro-area countries. To this extent, France and Germany could be treated similarly with regard to migration within the euro area as an initial approximation.¹⁵

If we now assume that none of the banknotes issued by France go to non-euro-area countries (this is indicated, for example, by the fact that since the start of EMU in 2002 until the end of our sample in 2009 the official shipments are carried out almost entirely by German banks, see Figure 2), we have found in France a reference country that is rather similar to Germany in its use of euro banknotes, except the demand from non-euro-area countries. Accordingly, using this approach, we identify the share of German euro banknotes in these countries. Therefore, β is the corresponding share in circulation in Germany and in other euro-area countries. The calculated holdings should at all events be higher than the cumulated official net shipments, as these can be regarded as a benchmark providing a lower bound for actual foreign demand from non-euro-area countries.

Figure 2: Official net shipments outside the euro area, total and Germany (€ billion)

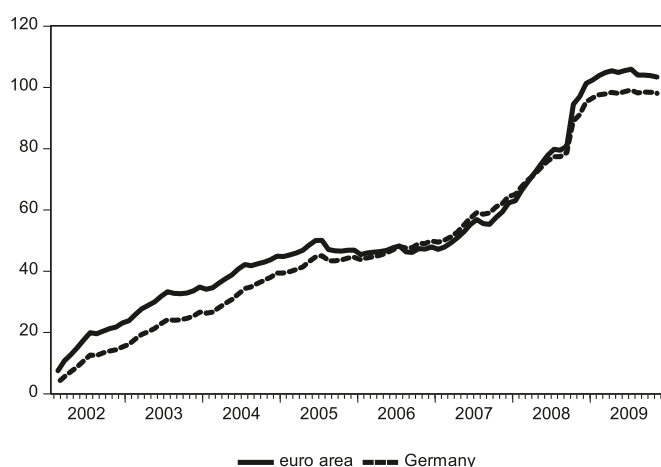
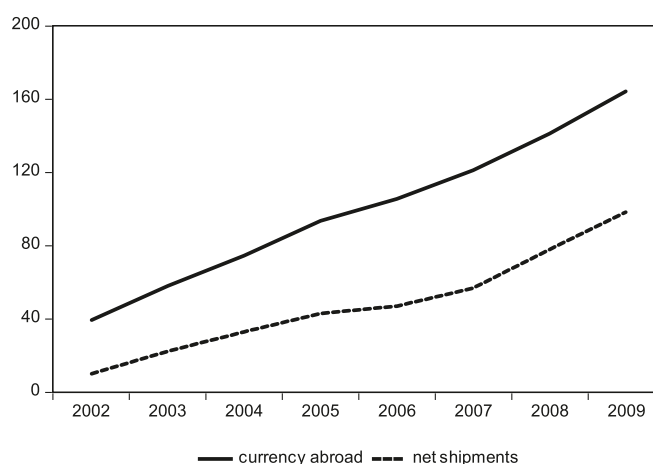


Figure 3 presents the results of this approach together with the cumulated net shipments. It is obvious that the calculated volume of euro banknotes abroad is significantly higher than the cumulated net shipments. The movements over time are rather similar. Accordingly, the volume of German euro banknotes outside the euro area amounted to around € 160 billion at the end of 2009.

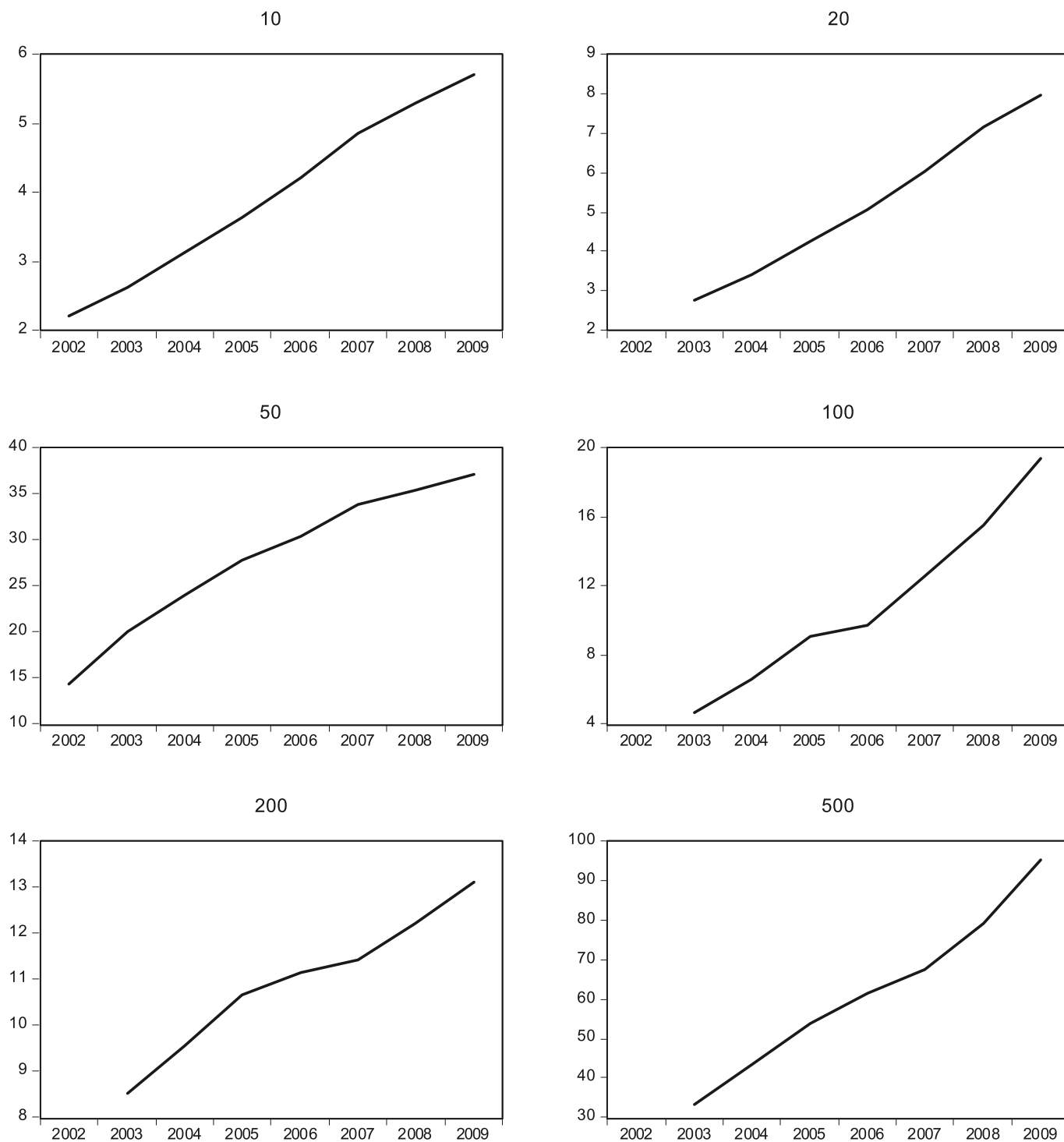
This approach can also be applied to individual denominations, as is done in Figure 4. The € 5 banknote is not included, as only an additive seasonal component could be calculated for this denomination. Nevertheless, this is hardly likely to have distorted the results, as this denomination is not likely to be used much in non-euro-area countries. The approach had to be modified when applied to individual denominations as the seasonal lows and highs were no longer continuously in February and December. The sum of the calculated holdings of individual denominations at the end of 2009 (around € 175 billion) roughly corresponds to the figure when the approach is applied to the total volume of banknotes in circulation (see Figure 2: € 160 billion). In terms of value, the € 500 banknote is found most frequently outside Germany, followed by the € 50 banknote. An increase for all denominations since 2002 can be observed. This increase appears to be declining in the case of € 50 banknotes, but accelerating for € 100 banknotes.

Figure 3: Total volume of German banknotes in non-euro-area countries: calculated on the basis of the reference country France (€ billion)



Sources: Deutsche Bundesbank and authors' own calculations.

Figure 4: German banknotes in non-euro-area countries: individual denominations calculated on the basis of the reference country France (€ billion)



Source: Authors' own calculations.

3.2 Seasonal of a transactions variable

A further option is to compare the seasonal variation of German euro banknotes in circulation with the seasonal variation of a transactions variable.¹⁶ Private consumption (including subcategories) or retail sales in Germany could, for example, be used for this purpose. Since cash is used in Germany for hoarding *and* transactions, the seasonal of the transactions variable should be reflected in the seasonal of the volume of banknotes in circulation in Germany. This method would therefore not only record the non-euro-area countries' share, but also migration within the euro area and hoarding balances in Germany. To take hoardings into account, the approach can be modified to incorporate the domestic income elasticity (transactions elasticity) of the demand for banknotes, η , which, inter alia, captures the level of hoardings. Equation (7) can thus be rewritten as

$$(7') \quad \beta_j = \frac{S_{dec,j} - S_{feb,j+1}}{S_{dec,j}^d - S_{feb,j+1}^d} = \frac{S_{dec,j} - S_{feb,j+1}}{\eta \cdot \Delta S(tr)}$$

where $\Delta S(tr)$ is the difference between the seasonal highs and lows of the transactions variable.

First, the value of the elasticity, η , is required for a scenario with no foreign demand. To obtain this, a banknote demand function for France during the period prior to the euro cash changeover is estimated. France is again an appropriate reference country as, during the time when both Germany and France had their national currencies, there were no major differences between the two with regard to *domestic* banknote demand behaviour. Moreover, domestic migration was not a problem before 2002, the D-Mark was not in circulation in France, and foreign demand for French francs was negligible (Seitz 1995, footnote 1). An estimate of a (long-term) banknote demand function for France from the first quarter of 1985 to the fourth quarter of 2001 produced an income elasticity which does not deviate significantly from one.¹⁷

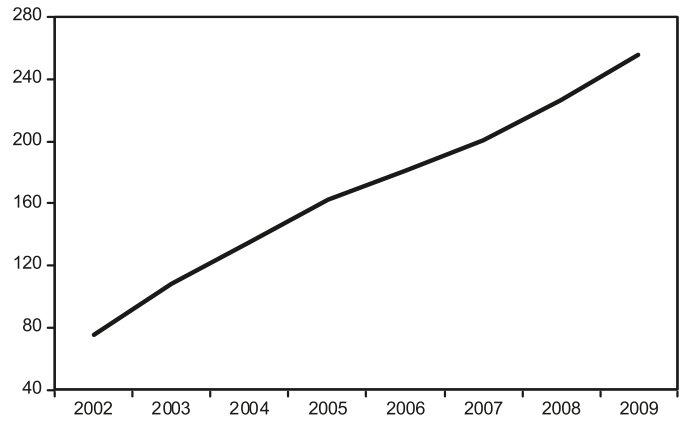
Real private consumption and retail sales can be used as transactions variables in Germany. As the data quality of private consumption is significantly better, we present the results only for this case. However, this makes it necessary to switch to quarterly data (q). Equation (7') can thus be rewritten as

$$(7'') \quad \beta_j = \frac{S_{q4,j} - S_{q1,j+1}}{\eta \cdot \Delta_{q4,j,q1,j+1} S(tr)}$$

The resulting time series of euro banknotes circulating outside Germany is shown in Figure 5. As mentioned above, this approach captures the total volume of euro banknotes outside Germany (intra euro area and extra euro area). Once again, this results in an increasing volume since 2002, which reached approximately € 250 billion

at the end of 2009. Combined with the result of the first subsection, € 90 billion remains for the cumulated net export of German banknotes to other euro-area countries. Therefore, at the end of 2009, around € 100 billion was available in Germany for hoarding and transaction purposes.

Figure 5: German euro banknotes abroad: seasonal component of a transactions variable (€ billion)



Source: Authors' own calculations

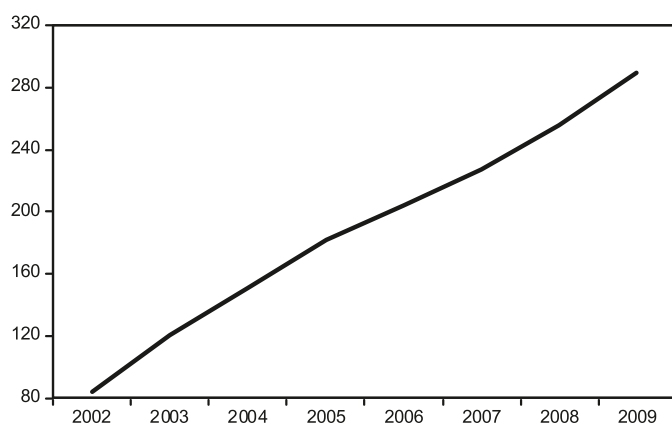
3.3 Analysis of banks' vault cash

The third possibility makes use of the seasonal pattern of vault cash in Germany (see also Porter & Judson 1995, subsection 4.2.3). Banks incur opportunity costs for cash balances held. They therefore keep them to a minimum and those held stem almost exclusively from regular domestic transactions (Allen 1998). Domestic hoarding and foreign demand have virtually no impact on banks' cash balances.

The seasonal component of vault cash should therefore be more pronounced than that of German banknotes in circulation. The German share in total euro-area cash balances also provides an indirect indication of the importance of domestic transactions for the development of vault cash. In 2009 this was, at 28 %, almost identical to Germany's capital share of 27 % in the (fully paid-up) capital of the ECB.

Implementing equation (7) yields the results shown in Figure 6. Accordingly, the sum of euro banknotes outside Germany and domestic hoardings amounted to just under € 290 billion at the end of 2009. If this is combined with the results from the other two subsections, this means that around € 40 billion was hoarded. The residual of € 60 billion can then only be accounted for by transaction demand from households and enterprises in Germany.

Figure 6: German euro banknotes outside Germany and hoardings of German euro banknotes in Germany: seasonal component of vault cash (€ billion)



Source: Authors' own calculations

4 Summary and conclusion

This paper has endeavoured to use a seasonal method to determine foreign demand for euro banknotes issued in Germany. It has been found that, at the end of 2009, around 70 % of the cumulated net issuance was held outside Germany (approx € 250 billion). Of this, the lion's share, 45 % (roughly € 160 billion) was in non-euro-area countries, with the remainder, 25 %, in other euro-area countries.¹⁸ This also means that only a relatively small share – approximately € 100 billion or 30 % – was used for transaction purposes and hoarding in Germany. Our estimates suggest that banknotes hoarded in Germany amount to € 40 billion. Consequently, around € 60 billion were used in Germany for transaction purposes. This is the equivalent of around € 700 *per capita* and is lower than in former D-Mark times (Seitz 2007).

According to estimates by the ECB (2011, p. 31), between 20 % and 25 % of *all* euro banknotes issued by the

Eurosystem are in non-euro-area countries. At the end of 2009, this was equivalent to somewhere between € 160 billion and € 200 billion. Therefore, at least 80 % of these banknotes are likely to have come from German origin. This is also in line with statistics on the shipments of banknotes via banks to non-euro-area countries, which put (cumulated) net shipments from Germany at the end of 2009 at 95 % of total net shipments.

As demonstrated by Seitz & Setzer (2009), the statistical-econometric quality can be raised and the economic interpretation of cash demand functions for Germany can be made easier if arguments for foreign demand are incorporated. Given the results and the figures derived in this paper, this comes as no surprise. Aksoy & Piskorski (2005; 2006) have determined for the US that the indicator properties of narrow monetary aggregates with regard to cyclical and price developments can be improved considerably by taking foreign demand into account. Whether this is also the case for Germany or the euro area as a whole should be the subject of future research. As figure 1 shows, German banknote issuance has increased at a significantly faster pace since the euro cash changeover. Although we do not know how banknote issuance would have developed without monetary union, one key question is why foreign demand for euro banknotes is primarily met by Germany. There are of course a number of historical reasons (Deutsche Bundesbank 2009), such as Germany's strong involvement in the global market for currency dealing as early as in the D-Mark era as well as its geographical location at the heart of Europe. Furthermore, Germans are keen travellers. All of the main holiday destinations (Austria, Italy, Spain, France) are within the euro area and Germany has a negative foreign travel account with these countries. However, a detailed examination of the potential causes would extend far beyond the scope of this paper.

References

- Aguiar-Conraria, L., Soares, M.J. (2011), Business Cycle Synchronization and the Euro: A wavelet analysis, *Journal of Macroeconomics*, 33, pp 477-489.
- Aksoy, Y. & T. Piskorski (2005), US Domestic Currency in Forecast Error Variance Decompositions of Inflation and Output, *Economics Letters*, 86, pp 265-271.
- Aksoy, Y. & T. Piskorski (2006), U.S. Domestic Money, Inflation and Output, *Journal of Monetary Economics*, 53, pp 183-197.
- Allen, D.S. (1998), How Closely Do Banks Manage Vault Cash, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 80(4), pp 43-54.
- Anderson, R.G. & R.H. Rasche (2000), The Domestic Adjusted Monetary Base, *Federal Reserve Bank of St. Louis Working Paper 2000-002A*.
- Bank for International Settlements (2009), *Statistics on Payment and Settlement Systems in Selected Countries*, CPSS Publication No. 88, December.
- Bartzsch, N., G. Rösl & F. Seitz (2011a), Foreign Demand for Euro Banknotes Issued in Germany: Estimation Using Direct Approaches, *Deutsche Bundesbank Discussion Paper, Series 1, 20/2011*.
- Bartzsch, N., G. Rösl & F. Seitz (2011b), Foreign Demand for Euro Banknotes Issued in Germany: Estimation Using Indirect Approaches, *Deutsche Bundesbank Discussion Paper, Series 1, 21/2011*.

- Bindseil, U. & P.J. König (2011), The Economics of TARGET2 Balances, SFB 649 Discussion Paper 2011-035, June.
- Boeschoten, W.C. (1992), Currency Use and Payments Patterns, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Deutsche Bundesbank (2009), The Development and Determinants of Euro Currency in Circulation in Germany, Monthly Report, June, pp 45-58.
- Deutsche Bundesbank (2011), The Banknote Cycle and Banknote Recycling in Germany, Monthly Report, January, pp 17-27.
- Doyle, B.M. (2000), 'Here, Dollars, Dollars...' – Estimating Currency Demand and Worldwide Currency Substitution, Board of Governors of the Federal Reserve System, International Finance Discussion Papers 657, January.
- European Central Bank (2011), The International Role of the Euro, July.
- EHI Retail Institute (2010), Kartengestützte Zahlungssysteme im Einzelhandel, Cologne.
- Feige, E.L. (1997), Revised Estimates of the Underground Economy: Implications for US Currency Held Abroad, MPRA Discussion Paper 13805.
- Feige, E.L. (2003), The Dynamics of Currency Substitution, Asset Substitution and De facto Dollarization and Euroization in Transition Countries, *Comparative Economic Studies*, 45, pp 358-383.
- Feige, E.L. (2009), New Estimates of Overseas U.S. Currency Holdings, the Underground Economy and the "Tax Gap", MPRA Discussion Paper 19564, December.
- Feld, L.P. & F. Schneider (2010), Survey on the Shadow Economy and Undeclared Earnings in OECD Countries, *German Economic Review*, 11, pp 109-149.
- Fischer, B., P. Köhler & F. Seitz (2004), The Demand for Euro Area Currencies: Past, Present and Future, European Central Bank Working Paper 330, April.
- Gayer, C. (2007), A Fresh Look at Business Cycle Synchronisation in the Euro Area, European Economy, Economic Papers, No. 287, September.
- Haughton, J. (1995), Adding Mystery to the Case of the Missing Currency, *Quarterly Review of Economics and Finance*, 35, pp. 595-602.
- Judson, R.A. & R.D. Porter (2004), Currency Demand by Federal Reserve Cash Office: What do we know?, *Journal of Economics and Business*, 56, pp 273-285.
- Leung, F., P. Ng & S. Chan, (2010), Analysing External Demand for the Hong Kong-Dollar Currency, Hong Kong Monetary Authority Working Paper 07/2010, September.
- Porter, R.D., Judson, R. (1995), The Location of U.S. Currency: How much is abroad?, Board of Governors of the Federal Reserve System, October.
- Porter, R.D. & R.A. Judson (1996), The Location of U.S. Currency: How much is abroad?, *Federal Reserve Bulletin*, 82 (10), pp 883-903.
- Rösl, G. & W. Schäfer (2000), A Conceptual Approach to the Creation and Allocation of Central Bank Profits in the Euro Area, *Kredit und Kapital*, 33, pp 39-61.
- Scheiber, T. & H. Stix (2009), Euroization in Central, Eastern and Southeastern Europe – New Evidence On Its Extent and Some Evidence On Its Causes, Oesterreichische Nationalbank Working Paper 159, November.
- Schneeberger, D. & G. Süß (2007), Austria's Experience with Euro Migration since the Cash Changeover, Monetary Policy & the Economy, Q1/07, pp 136-146.
- Seitz, F. (1995), The Circulation of Deutsche Mark Abroad, Discussion Paper 1/95, Economic Research Group of the Deutsche Bundesbank, May.
- Seitz, F. (2007), A Simple Way to Capture Transaction Balances, *Economics Letters*, 95, pp. 230-233.
- Seitz, F. & R. Setzer (2009), The Demand for German Banknotes: Structural Modelling and Forecasting, Deutsche Bundesbank, mimeo, April.
- Sinn, H.-W. & T. Wollmershäuser (2011), Target Loans, Current Account Balances and Capital Flows: The ECB's Rescue Facility, CESifo Working Paper No. 3500, June.
- Sumner, S.B. (1990), The Transactions and Hoarding Demand for Currency, *Quarterly Review of Economics and Business*, 30, pp 75-89.
- Thießen, U. (2010), The Shadow Economy in International Comparison: Options for Economic Policy Derived from an OECD Panel Analysis, DIW Discussion Paper 1031, July.
- United States Treasury Department (2006), The Use and Counterfeiting of United States Currency Abroad, Part 3, September.

Anmerkungen

- ¹ We wish to thank B Fischer, E Gladisch, H Herrmann, K-H Tödter, H Wörlen and the participants of seminars at the Deutsche Bundesbank and the Oesterreichische Nationalbank for their valuable comments. In particular, we would like to thank S Arz for his contributions. The opinions expressed in this paper represent those of the authors and do not necessarily reflect the views of the Deutsche Bundesbank.
- ² TARGET2 stands for „Trans-European Automated Real-time Gross settlement Express Transfer system“. All national central banks in the euro area are connected to TARGET2. There are no constraints on the size of their balances vis-à-vis the European Central Bank that emerge from the cross-border flow of interbank payment flows. As a result of payment flows between the Federal Reserve districts in the US, surpluses or deficits also emerge in interdistrict balances. These balances enter the Interdistrict Settlement Accounts, which are settled once a year.
- ³ See on an overview of different direct and indirect approaches Feige (1997). An application to Germany (with extensions) can be found in Bartzsch et al (2011a, 2011b).
- ⁴ For countries importing foreign cash, see Feige (2003).
- ⁵ However, estimates in literature fluctuate between 20 % and 70 % (Feige 2009). A critique of the argument that most of the „missing“ US dollar currency is probably abroad may be found in Haughton (1995).
- ⁶ Doyle (2000) uses econometric methods and even arrives at a figure of almost 70 %. However, this figure contradicts empirical evidence of banknotes returned following the introduction of euro cash.
- ⁷ Analyses of cash movements within a currency area are relatively rare. For a country-specific perspective within the euro area, see Schneeberger & Süß (2007). For the situation in the United States, see Judson & Porter (2004).
- ⁸ Initially, we do not distinguish between demand for German euro banknotes from other euro area countries and that from non-euro-area countries.
- ⁹ Nevertheless, seasonal influences are likely in the case of small denominations used for foreign travel, especially within the euro area (see also Bartzsch et al. (2011a), ch. 3.1). However, the share of foreign demand affected by this is likely to be fairly limited in relation to the total value of banknotes circulating outside Germany.
- ¹⁰ These results apply similarly to the United States and the US dollar, see Porter & Judson (1995).
- ¹¹ Explicitly incorporating the irregular component is not likely to have any impact on the general results; see also Porter & Judson (1995), subsection 3.1.8.
- ¹² For an alternative, see Seitz (1995), p 29.
- ¹³ Another option would be to analyse the seasonal structure of German coin issuance. However, as this is quite dampened (reasons: losses, collectors, hoarded coins) and shows two only weakly marked seasonal highs (Christmas and the holiday period), the seasonal method does not produce any plausible results in this case.
- ¹⁴ In the case of then US dollar, usually Canada is taken as the reference country, see, e.g., Porter and Judson (1996).
- ¹⁵ Unlike Germany and France, it can be seen that time and time again Austria, Belgium and Spain are net importers of individual banknote denominations. This can be derived from the negative cumulated net issuances of these countries. See also Bartzsch et al. (2011a), section 3.2.
- ¹⁶ Different variants of this method may be found in Seitz (1995), subsection 2.2.3, Fischer et al. (2004), subsection 5.1.1c, and Porter & Judson (1995), subsection 3.1.7.
- ¹⁷ Real private consumption, an interest rate variable and the consumer price index are included in the nominal estimate.
- ¹⁸ The share of 45 % outside the euro area corresponds well with the estimated figure of 30 % to 40 % of D-Mark banknotes in circulation outside Germany before the euro cash introduction (Seitz 1995)



Nikolaus Bartzsch
Deutsche Bundesbank
Cash Department
Wilhelm-Epstein-Str. 14
D-60431 Frankfurt
Germany
nikolaus.bartzsch@bundesbank.de



Gerhard Rösl
University of Applied Sciences
Regensburg
Seybothstrasse 2
D-93053 Regensburg
Germany
gerhard.roesl@hs-regensburg.de



Franz Seitz
University of Applied Sciences
Weiden and WSB Poznan
Hetzenrichter Weg 15
D-92637 Weiden
Germany
f.seitz@haw-aw.de

Highly Automated Driving for Intelligent Transport (HAVEit)



Prof. Dr.-Ing. Alfred Höß, M. Eng. Heike Lepke

Hochautomatisiertes Fahren – ein Grundpfeiler zur Erhöhung von Verkehrssicherheit und Komfort sowie zur Optimierung von Kraftstoffverbrauch und Emissionen

1 Einleitung

Autofahren hat sich über die letzten 100 Jahre hinweg signifikant verändert. In den Anfangszeiten bedeutete das Starten des Motors, Lenken ja sogar das Schalten der Gänge harte physisch anspruchsvolle Arbeit. Auch umfangreiches technisches Know-how war erforderlich, um bei häufigen Pannen (etwa dem Flickeln eines Reifens nach dem Überfahren eines verlorenen Hufnagels) den Wagen wieder flott zu bekommen.

In modernen Fahrzeugen ist zwar das Fahren nicht mehr physisch herausfordernd und Pannen sind sehr selten, allerdings stellt jetzt der Verkehr selbst die Herausforderung dar: Nicht zuletzt durch die immense Zunahme der Verkehrsdichte steigt die mentale Belastung beim Fahren immer mehr an, der gesamte Verkehrsfluss muss erfasst und interpretiert werden, Verkehrszeichen müssen wahrgenommen und alle Verkehrsregeln eingehalten werden. So verwundet es nicht, dass es einerseits Situationen gibt, in denen Fahrer eher überfordert werden (z. B. auf schmalen Spuren im Bereich von Baustellen oder anderen Engstellen), während in anderen Szenarien, etwa bei längeren, monotonen Fahrten die Fahraufgabe mitunter langweilig wird. In solchen Abschnitten steigt die Tendenz, sich mit anderen Sachen zu beschäftigen.

Genau hier setzt das europäische Forschungsprojekt HAVEit an: Wir sehen zunehmende Automatisierung als eine Maßnahme, die Belastung des Fahrers zu minimieren, speziell dann, wenn der Fahrer über einen längeren Zeitraum hinweg mit derselben Aufgabe befasst ist, z. B. bei dichtem Verkehr auf der Autobahn, speziell bei Stop-and-Go und im Stau. Psychologen sprechen hier von mentaler Unterbelastung. Die Stärken des Menschen liegen darin,

Vorgänge und Systeme zu überwachen, Szenarien zu interpretieren, Schlüsse zu ziehen und Entscheidungen zu treffen. Zu den Schwächen des Menschen zählen lang andauernde, eher monotone Vorgänge. Hier kämpfen wir mit Ablenkung und Unaufmerksamkeit, die Konzentration sinkt, gleichzeitig steigt die Wahrscheinlichkeit, etwas zu übersehen oder falsch zu reagieren¹.

Gegenüber dem „Sensorsystem“ des Menschen und der „Signalverarbeitung“ im Gehirn sind heute verfügbare Umfeldsensoren (basierend auf Kamera, Infrarot-Laser oder Radar) in der Leistungsfähigkeit noch sehr limitiert. Jedoch sind die im Projekt entwickelten Systeme aus vernetzten Sensoren zwischenzeitlich so leistungsfähig, dass selbst in mentalen Überlastsituationen, etwa dem o. g. Ein- und Durchfahren einer Autobahnbaustelle wertvolle Unterstützung geboten werden kann^{2,3,4}. Die entscheidende Stärke der Sensornetze in hochautomatisierten Fahrzeugen liegt darin, dass sie immer gleich aufmerksam sind, egal wie lange die Fahrt dauert.

Daher liegt es nahe, die Stärken beider Player – des Menschen und des Co-Systems (Automatisierung) – zu kombinieren, um damit die Schwächen zu beseitigen oder zumindest zu mindern. Im Gegensatz zu anderen Forschungsprojekten, etwa dem PATH-Projekt in den USA⁵ oder dem CYBERCARS-Projekt der EU,⁶ zielt HAVEit weder auf Automatisierung auf Sonderfahrspuren (PATH) noch auf voll autonomes Fahren ohne Fahrer (CYBERCARS). Die Entwicklungen in HAVEit erfolgen unter zwei Randbedingungen: Erstens müssen die Entwicklungen sowohl für PKW als auch für Nutzfahrzeuge im ganz normalen Straßenverkehr nutzbar sein (sogenannter „mixed Mode“, d. h. gleichzeitige Präsenz von ausgerüsteten und nicht ausgerüsteten Fahrzeugen). Zweitens wird beim HAVEit-Ansatz der Fahrer nicht aus der Regelschleife genommen: Er wird durch sein System zwar unterstützt (im hochautomatisierten Mode erfolgt die Längs- und Querrichtung des Fahrzeugs automatisch), er muss das System aber überwachen und bleibt in der Verantwortung für sein Fahrzeug. Der Fahrer hat jederzeit die Möglichkeit, die automatischen Eingriffe zu überstimmen.

Den zuvor genannten Stärken und Schwächen entsprechend, lässt sich mit diesem Ansatz das Optimum an Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Gesamtsystems Fahrer /Co-System (Automatisierung) erzielen, ferner erfüllt der Ansatz rechtliche Aspekte (Vienna Convention: Übereinkommen über den Straßenverkehr“, abgeschlossen in Wien am 8.11.1968⁷⁾).

Die Ergebnisse des von der Europäischen Union geförderten, 3¹/₂ Jahre dauernden Projekts HAVEit wurden vom interdisziplinär aufgestellten Konsortium beim Final Event in Borås, Schweden, am 20. & 21. Juni 2011 präsentiert. Mehr als 270 Gäste konnten die entwickelten Versuchsfahrzeuge auf dem Volvo Proving Ground in Hällered live erleben. Am Projekt waren 17 europäische Partner (Bild 1) aus 6 Ländern beteiligt, darunter zwei Fahrzeughersteller, zwei Automobilzulieferer, verschiedene kleinere Zulieferer sowie Forschungseinrichtungen und Hochschulen, u. a. die HAW, Fakultät Elektro- und Informationstechnik.



Bild 1: HAVEit Konsortium

Nachfolgend werden die technischen Ziele und die wichtigsten im Projekt erreichten Ergebnisse kurz zusammengefasst. Nachdem die Projektbeteiligung der Hochschule Amberg-Weiden sich vorwiegend auf einen Versuchsträger konzentrierte, wird dieser näher erläutert und anschließend auf unsere Arbeiten eingegangen. Der Artikel schließt mit einigen Anmerkungen zu weiterführenden Forschungsaspekten.

2 Technische Zielsetzung

Hochautomatisierte Fahrzeuge können die Hauptaufgaben beim Fahren übernehmen: Navigation, Pfad- und Trajektorienplanung inkl. deren Umsetzung über Lenken (laterale Automation) und Geschwindigkeitsregelung (longitudinale Automatisierung durch Beschleunigen/Bremsen). Als das Projekt HAVEit gestartet wurde, waren auf dem Markt bereits einige Stand-Alone-Fahrerassistenz-Systeme verfügbar, z. B. adaptive Fahrgeschwindigkeitsregelung (ACC), Lane Departure Warning (LDW) oder Lane Change Assistance (LCA). Gegenüber dem damaligen Stand der Technik sollte HAVEit in mehreren Punkten Fortschritte erreichen:

- Entwicklung einer geeigneten Systemarchitektur für alle Versuchsfahrzeuge mit dem Ziel einheitlicher Schnittstellen, um Funktionsmodule auf einfache Weise austauschen und neue einbinden zu können.

- Erzielung eines harmonisierten Verständnisses über das optimale Zusammenwirken von Fahrer und Co-System (Automatisierung) im sogenannten Joint System. Dies schließt ein gemeinsames Verständnis für die situationsabhängig optimalen Automatisierungslevel und die Kriterien für Übergänge zwischen diesen ein.
- Schließlich sollten diese Querschnittsentwicklungen in die Entwicklung innovativer hochautomatisierter Fahrzeugfunktionen einfließen. Zum Aufzeigen der Skalierbarkeit der Ergebnisse wurde Wert darauf gelegt, die Funktionen in Pkw, Lkw und einem Bus zu demonstrieren.

3 Erreichte Ergebnisse

3.1 Systemarchitektur

Um möglichst viele Synergieeffekte zwischen den entwickelten Fahrzeugfunktionen zu erhalten, wurde gemeinsam eine neue Systemarchitektur entwickelt und in allen Demonstratorfahrzeugen umgesetzt. Die in Bild 2 illustrierte Architektur besitzt vier Ebenen:

- Perception Layer:* Der Perception Layer dient zur Umfelderkennung. Über ein Netzwerk von Umfoldsensoren (Kamera, Radar, Infrarot) und Fahrzeugsensoren wird mittels Datenfusion ein Modell der Fahrzeugumgebung generiert und an den Command Layer übertragen.
- Human-Machine-Interface zur Einbindung des Fahrers:* Wie in der Einleitung erläutert, ist der Fahrer zentraler Bestandteil der hochautomatisierten Systeme. Er überwacht das System und wird seinerseits vom System überwacht. Dazu muss er ständig „im Loop“ bleiben und wissen, in welchem Automatisierungslevel sich sein System befindet. Das optimale Zusammenwirken von Fahrer und Automatisierung im so genannten Joint System (s. rot gestrichelte Linie in Bild 2) ist deswegen ein ganz wesentlicher Aspekt. Mittels umfangreicher Probandenstudien wurde das für hoch-automatisierte Fahrzeuge geeignete HMI (Human Machine Interface) entwickelt, optimiert und in den Versuchsträgern umgesetzt.
- Command Layer:* Im Command Layer steckt die eigentliche Intelligenz des Systems: Neben dem Umfeldmodell erhält diese Ebene die Informationen über alle HMI-Elemente (Human Machine Interface) und die Ergebnisse der Fahrerbeobachtung. Aus diesen Informationen ermittelt die „Mode Selection and Arbitration“-Unit den situationsabhängig optimalen Automatisierungslevel, der sogenannte Copilot errechnet und bewertet die möglichen Fahrmanöver und Trajektorien. Aus diesen Ergebnissen wird der „Motion Control Vector“ ermittelt und geeignetes Feedback zum Fahrer (haptisch, akustisch und visuell) generiert.

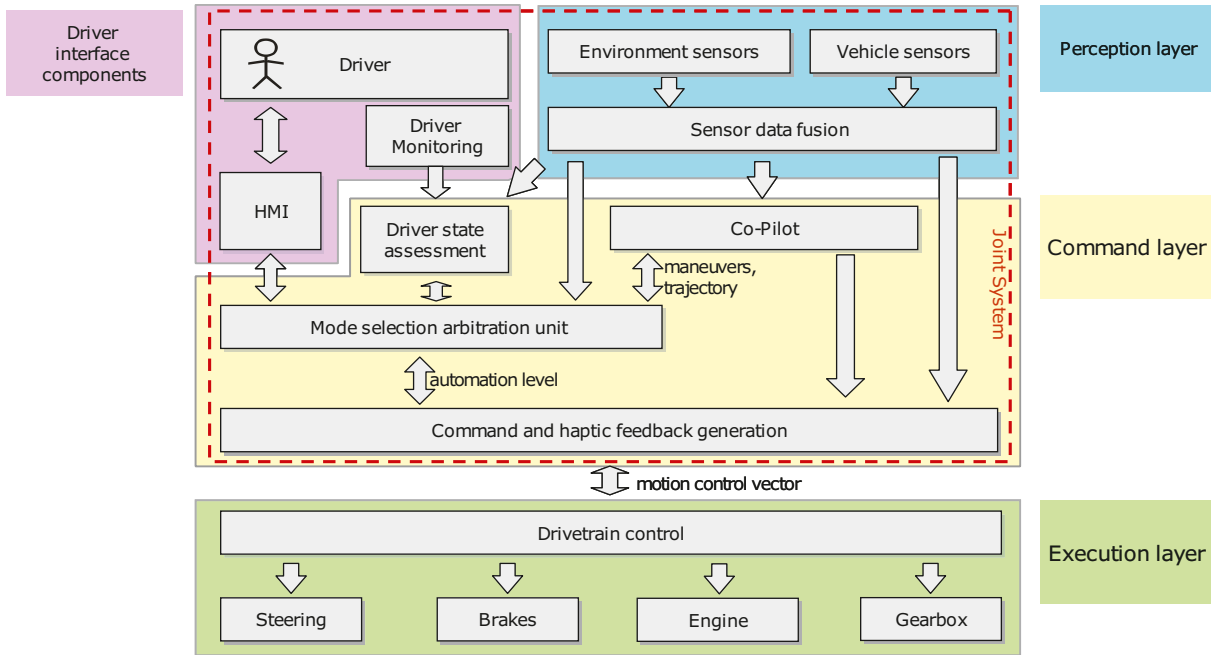


Bild 2: HAVEit-Systemarchitektur

d) *Execution Layer*: Der Execution Layer setzt den Motion Control Vector um. Neben der eigentlichen Fahrzeugregelung umfasst diese Ebene die Aktoren des Fahrzeugs: Lenkung, Bremsen, Motormanagement und Getriebe.

3.2 Joint System Fahrer/ Co-System (Automatisierung)

a) Automatisierungsstufen

Für das Zusammenwirken von Fahrer und Automatisierung als „Joint System“ wurde ein holistischer Ansatz entwickelt, in den Simulatoren und Versuchsfahrzeugen umgesetzt und erfolgreich validiert. Der Ansatz basiert auf unterschiedlichen Automatisierungsstufen (Bild 3) und ermöglicht die nahtlose Einbindung bereits existierender Fahrerassistenzsysteme in das HAVEit-System.



Bild 3: HAVEit-Automatisierungsstufen

HAVEit fokussiert sich auf die in Bild 3 blau umrandeten Automatisierungsmodi: Im Level „Driver only“ steuert der Fahrer sein Fahrzeug komplett selbst, er kann dabei von Systemen wie etwa Lane Departure Warning, Lane Keeping Assistant oder Bremsassistent „assistiert“ werden. Der Modus „Semi-automated“ beinhaltet die Automatisierung in longitudinaler Richtung. Hier übernimmt beispielsweise ein Full-Speed-Range-ACC in weiten Bereichen das Beschleunigen und Bremsen. Schließlich kommt im

hochautomatisierten Modus das selbstständige Lenken des Fahrzeugs hinzu. In z. B. Stop&Go Situationen kann man die Hände vom Lenkrad nehmen (Hands-off). Neben diesen Automatisierungsstufen wurden noch die Zustände Emergency Mode und Minimum-Risk-Manöver definiert und realisiert.

Unabhängig von der Wahl des gerade eingestellten Automatisierungslevels kann der Fahrer das System zu jedem Zeitpunkt übersteuern. Er ist daher immer für das Fahrzeug verantwortlich, muss dazu sein Co-System überwachen. Um sicherzustellen, dass der Fahrer im Loop bleibt, wird er mit einer im Instrument-Cluster verbauten Kamera beobachtet. Sieht der Fahrer etwa im hochautomatisierten Modus über mehrere Sekunden auf die Zeitung auf dem Beifahrersitz, bekommt er zunächst eine Aufforderung, auf die Straße zu sehen. Wenn er dieser nicht folgt, werden ihm durch Reduzieren des Automatisierungslevels Fahraufgaben zurückgegeben. Analog dazu wird der hochautomatisierte Modus gesperrt, wenn die Fahrer-Zustandserfassung zu hohe Müdigkeitswerte erkennt.

b) Co-Pilot

Neben der Automatisierungsstufe muss die optimale Trajektorie ermittelt werden. Dies erfolgt in zwei Schritten: Zunächst werden alle potenziellen Manöver berechnet. Hierfür gibt es 9 Möglichkeiten: In lateraler Richtung kann auf die linke Spur gewechselt werden, man kann auf der Spur bleiben oder auf die rechte Fahrspur wechseln. In longitudinaler Richtung kann beschleunigt, die Geschwindigkeit beibehalten oder abgebremst werden. Die 9 Manöver werden in Bild 4 (links) durch Pfeile symbolisiert. Für jedes Manöver erfolgt eine Gewichtung unterschiedlicher Kriterien, als Ergebnis entsteht ein sogenanntes Valenzial, welches jeweils im Pfeil dargestellt ist. Im vorliegenden Fall wäre somit das Wechseln auf die linke Spur und Be-

schleunigen am geeignetsten (Valenzial 1.00). Die schwarz gekennzeichneten Pfeile in Bild 4 links symbolisieren, dass diese Manöver ungeeignet sind, z. B. wegen der Gefahr von Kollisionen mit anderen Fahrzeugen. Im zweiten Schritt erfolgt die Feinplanung der Trajektorie, entlang der sich das Fahrzeug über der Zeit bewegen soll.

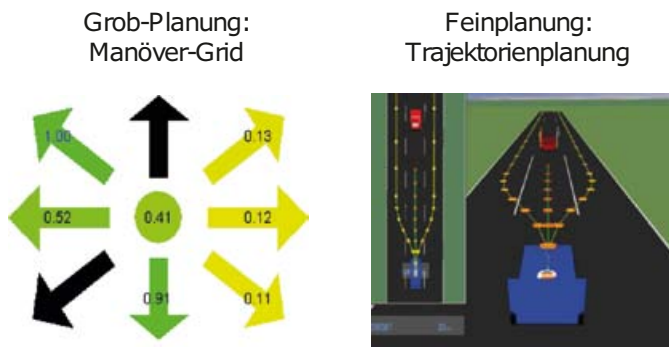


Bild 4: HAVEit-Trajektorienplanung

Links: Manöver-Grid

Rechts: Trajektorienplanung (Partial Motion Planner)

3.3 Hochautomatisierte Fahrzeugfunktionen

Mithilfe der Ergebnisse zur Fahrzeugarchitektur und zum Joint System wurden 7 innovative Fahrzeuganwendungen entwickelt und validiert (Bild 5). Diese können grob in zwei Gruppen eingeteilt werden:

- a) Vier Fahrzeuge wurden mit Funktionen für innovative Sicherheits-, Komfort- und Umweltfreundlichkeit ausgerüstet. Der Umweltaspekt wird v. a. durch den Hybrid-Stadtbus (AGD = Active Green Driving) adressiert, in dem die HAVEit-Technologien für umweltfreundliches Fahren, Kraftstoffeinsparung und für Fahrerhinweise genutzt werden. Die drei anderen Fahrzeuge stellen Sicherheits- und Komfort-Features in den Vordergrund: Die ARC-Funktion (Automated Assistance in Roadworks and Congestion) ist in der Lage, hochautomatisiert im Hands-off-Betrieb durch eine Autobahnbaustelle zu fahren. Der AQuA-Lkw (Automated Queue Assistant) folgt einem vorausfahrenden Fahrzeug automatisch, hands-off bei niedrigen Geschwindigkeiten, Hands-on bei höheren. Der Temporary Auto-Pilot (TAP) ist in der Lage hochautomatisiert bis zu Geschwindigkeiten von 130 km/h zu fahren.
- b) Die anderen drei Fahrzeuge dienen der Validierung wichtiger Migrationsschritte bei der Einführung neuer Aktoren und Sicherheitstechnologien für hochautomatisierte Fahrzeuge: Der Joint System Demonstrator (JSD) diente einerseits als Testfahrzeug bei der Entwicklung und Validierung des unter Punkt 3.2 beschriebenen Joint System. Zur möglichst flexiblen Generierung von haptischem Feedback an den Fahrer wurde das System mit Steer-by-Wire ausgerüstet (bei dieser elektrischen Lenkung ist die sonst starre Verbindung zwischen Lenkrad und Lenkung aufgetrennt). Mithilfe völlig neuer Bremsaktoren erzielt der Brake-by-Wire

Truck (BbW) besonders bei niedrigen Reibwerten im Vergleich zu konventionellen pneumatischen Bremsen einen um etwa 15 % kürzeren Bremsweg. Schließlich diente der Architecture Migration Demonstrator (AMD) zum Nachweis, dass die entwickelten Funktionen bereits mit heute verfügbaren Automotive-Steuergeräten dargestellt werden können.



BbW	AGD	AQuA	ARC	AMD	TAP	JSD
-----	-----	------	-----	-----	-----	-----

Bild 5: HAVEit Demonstratorfahrzeuge auf dem Volvo Proving Ground in Hällered, Schweden

Für detaillierte Informationen zu den Ergebnissen des Projekts HAVEit wird auf den bereits publizierten Abschlussbericht⁸ verwiesen. Ferner liefert eine Reihe veröffentlichter Videos (s. Links in⁹) einen anschaulichen Überblick über das Projekt und die entwickelten hochautomatisierten Fahrzeugapplikationen.

4 Baustellen- und Stauassistent (ARC – Automated Assistance in Roadworks and Congestion)

4.1 Beschreibung allgemein

Laut Umfragen der Expertenorganisation DEKRA mit mehr als 1700 Teilnehmern bedeutet das Fahren im Bereich von Baustellen (s. Bild 6) für viele Fahrer mehr als nur eine besondere Herausforderung: 46 % der Fahrerinnen und Fahrer fühlen sich häufig unsicher, 17 % empfinden sogar gelegentlich richtige Angst, 42 % meiden die linke Spur generell. Als Ursachen wurden genannt: Mehrere, z. T. auch fehlende Fahrspurmarkierungen, andere Fahrzeuge, Baustellenbegrenzungen, wenig Platz, v. a. in seitlicher Richtung. Die Fahrer wünschen sich hier Unterstützung, aber heute auf dem Markt befindliche Assistenzsysteme können dies nicht leisten.

Das übergeordnete Ziel in HAVEit ist es, technische Systeme und Lösungen zu entwickeln, die die Sicherheit und Effizienz von Fahrzeugen im Straßenverkehr verbessern. Continental Teves entwickelte dazu einen Baustellen- und Stauassistenten (ARC – Automated Assistance in Roadworks and Congestion).



Bild 6: Typisches Baustellenszenario

ARC ist eine Anwendung, die den Fahrer auf Autobahnen und ähnlichen Straßen und insbesondere innerhalb von Baustellen mit verschiedenen Automatisierungsgraden unterstützt. Das Fahrzeug wird dazu in Baustellen in Geschwindigkeitsbereichen von 0 bis 80 km/h längs- und quergeregelt. Die Automatisierungsgrade umfassen alle Bereiche von Assisted driving bis Highly-Automated und auch automatisierte Vollbremsung.

Insbesondere durch die automatisierte Querregelung des ARC wird es möglich, dass das Fahrzeug „hands-off“ sicher durch eine Baustelle geleitet wird. Dieser und alle anderen relevanten Anwendungsfälle wurden integriert und erfolgreich getestet.

Aufgrund der komplexen Baustellenszenarien muss das hochautomatisierte Fahrzeug ein besonders leistungsfähiges Sensornetzwerk besitzen. Wie in Bild 7 illustriert, werden deswegen neben einer Frontkamera noch Radare mit unterschiedlichen Reichweiten eingesetzt und alle Daten fusioniert. Bei der Entwicklung des Sensornetzwerks wurde eine Aufteilung in den Front- und vorderen Seitenbereich des Fahrzeugs (die Algorithmen wurden durch Continental selbst entwickelt) und in den seitlichen und hinteren Fahrzeugbereich (die Entwicklung der Algorithmen für dieses Radarnetzwerk erfolgte durch die Hochschule Amberg-Weiden) vorgenommen.

Baustellen- und Stauassistent
Umfeldsensoren

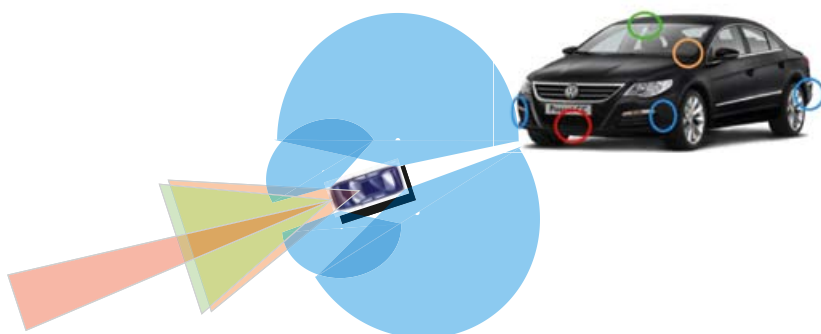


Bild 7: Umfelderfassungssystem

Zur Entwicklung und Erprobung der Algorithmen im praktischen Betrieb stellte uns Fa. Continental leihweise ein Versuchsfahrzeug zur Verfügung (Bild 8). Nach der Optimierung der Algorithmen des Radarnetzwerks und des daraus abgeleiteten Warnkonzepts für den sogenannten „Virtual-Wall-Algorithmus“ von Continental erfolgten der Transfer und die Integration der Ergebnisse in den Continental-Versuchsträger. Die Funktionalität des Baustellen- und Stau-Assistenten wurde bei der Abschlusspräsentation in Schweden für die Besucher erfahrbar.



Bild 8: Entwicklungsfahrzeug an der HAW

Der Spurhalteassistent wurde durch die Kombination von zwei Systemen realisiert. Der Lane Centering Assist (LCA) hält das Fahrzeug sanft in der Spur ($<2.5 \text{ Nm}$), der Virtual-Wall-Algorithmus hingegen schiebt das Fahrzeug definiert in die Spur zurück, indem er ein Drehmoment am Lenkrad überlagert ($<4 \text{ Nm}$). Der Fahrer empfindet das wie eine virtuelle Wand, an die er sich anlehnen könnte.

4.2 Architektur

Bild 9 zeigt einen Ausschnitt der Software Module des ARC-Demonstrators. Die Fahrspurerkennung läuft direkt auf der Kamera (Continental CSF200). Die Radarsensoren besitzen eine Objekterkennung, die auf der Radar-Hardware implementiert ist. Die Objekte der Radarsensoren werden wiederum fusioniert.

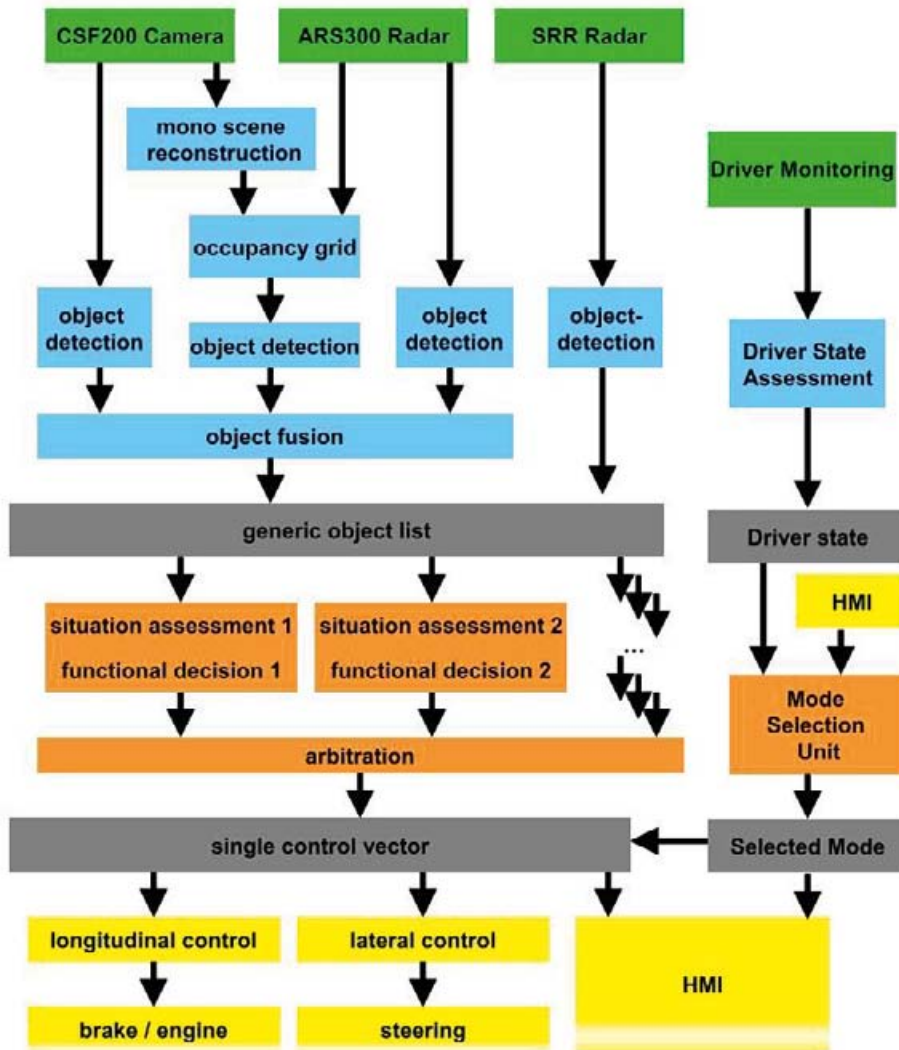


Bild 9: Ausschnitt aus den ARC-Software-Modulen mit Fahrerüberwachung und Mode Selection und Arbitration

Die Rohdaten der Radarsensoren und der Kamera werden darüber hinaus verwendet, um Leitplanken oder Leitbaken zu erkennen. Hieraus wird ein 3-D-Modell der Umgebung gewonnen. Dieses 3-D-Modell liefert schließlich die Daten für die Virtual Wall.

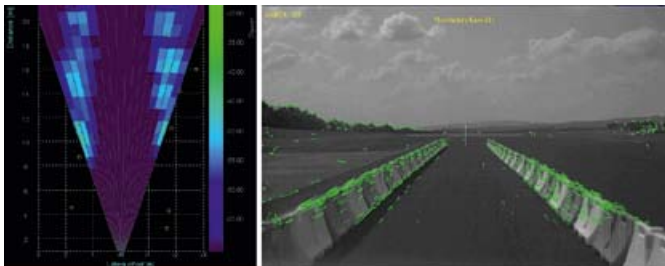


Bild 10: Gewinnung eines 3-D-Modells aus Kamera und Radarrohdaten.

4.3 Arbeiten der Hochschule Amberg-Weiden

Datenfusion der Hecksensoren (Rear Sensor Data fusion)

Die Fusion der Heck-Radar-Sensoren ist eine Teilentwicklung für den ARC-Demonstrator, die in Zusammenarbeit von Continental Teves AG & Co. oHG (Frankfurt) und der Hochschule Amberg-Weiden unter anderem im Rahmen einer Bachelor-Arbeit durchgeführt wurde¹⁰.

Die Fusion der rückwärtigen Sensoren verbindet Daten von Radarsensoren mit verschiedenen Reichweiten und unterschiedlichem zeitlichen Verhalten. Diese Fusion wurde auf einer Echtzeitplattform VPU (Versatile Processing Unit) umgesetzt. Die Heck-Sensoren bestehen aus einem Fernbereichsradar (LRR: Long Range Radar Sensor, ARS300) und zwei Nahbereichsradaren (BSD: Blind Spot Detection). Über diese Sensoren werden getrackte Objekte geliefert, die auf der VPU fusioniert werden. Bei der VPU handelt es

sich um ein Automotive-Steuergerät mit zwei Mikrokontrollern (32-Bit-RISC-Prozessor, 160 MHz, Renesas mit je zwei CAN-I/Os, Controller Area Network).

Die Steuergeräte laufen unter dem Automotive-Echtzeitbetriebssystem OSEK. Auf jedem der Prozessoren läuft ein eigenes Echtzeitbetriebssystem. Um maximalen Nutzen von den zwei Prozessoren zu erhalten, ist eine Aufteilung auf beide Prozessoren möglich. Der Datenaustausch findet über eine serielle Schnittstelle statt (IPC-Inter Processor Communication). In Bild 11 sind die IPC- und CAN-Schnittstellen der zwei VPU-Prozessoren und die Vernetzung der Sensoren dargestellt.

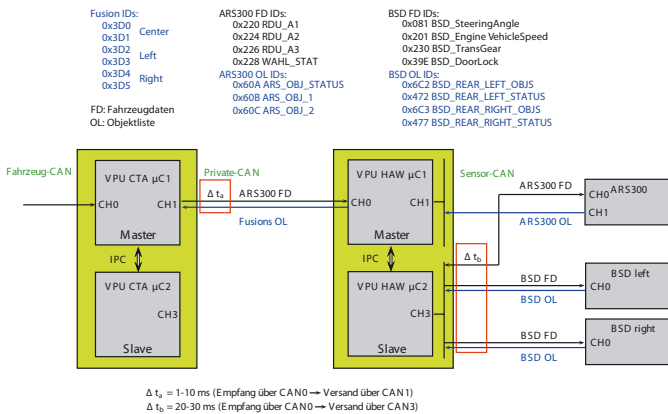


Bild 11: Darstellung der IPC-/CAN-Schnittstellen der zwei VPU-Prozessoren und Vernetzung des Sensornetzwerkes, sowie die CAN-Vernetzung im Versuchsträger (FD: Fahrzeugdaten, OL: Objektliste)

Ziel dieser Fusion ist die Kombination von allen Sensorobjekten, die von den einzelnen Sensoren empfangen werden. Das Ergebnis ist eine Objektliste, bei der die Objekte überlappender Bereiche zusammengeführt sind. Dadurch wird die Auswahl von Objekten für das Fahrerassistenzsystem vereinfacht und der Datenoverhead reduziert.

Die hybride Fusion wird in zwei Schritten durchgeführt. Der erste Schritt ist eine Fusion mittels logischer Verknüpfung, der zweite Schritt eine Fusion nach dem Sorted-Neighborhood-Verfahren¹¹, die sehr schnell berechnet werden kann. Der Overhead, den ein Kalman-Filter erzeugt, wäre im Vergleich dazu zu groß und für eine Track-to-Track-Verarbeitung nicht angemessen.

Mittels der logischen Verknüpfung (Logical Templating) wird die Clusterung von Objekten erzielt. Dabei wird analysiert, ob sich ein Objekt in einem bestimmten Bereich befindet oder nicht. Bild 12 zeigt den Fusionsbereich. Für eine Vorfusion der BSD-Sensoren werden die überlappenden Bereiche des linken und rechten Sensors innerhalb der cyanfarbigen Linie geprüft. Im zweiten Schritt werden die Objekte des ARS300 und der BSD-Sensoren (roter Bereich) nach dem gleichen Verfahren gefiltert.

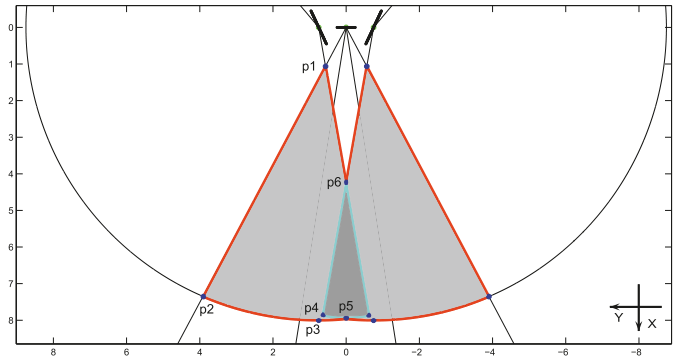


Bild 12: Überlappungsbereich der Heck-Sensoren am Versuchsfahrzeug

Im Anschluss erfolgt eine Verarbeitung der Objekte mit dem Sorted-Neighbourhood-Verfahren. Um den Verarbeitungsaufwand so gering wie möglich zu halten, wird die Sortierung in einem Durchlauf erledigt. Dies ist möglich, da die Qualität der getrackten Objekte, die von den Sensoren geliefert werden, sehr hoch ist. Der Sortierungsschlüssel ist über die Eigenschaften des Suchfensters definiert. Abhängig von der Größe des Suchfensters findet der Algorithmus mehr oder weniger Objekte innerhalb des Fensters. In unserem Fall orientieren sich die Fenstergrößen an den Toleranzzellen der Radarsensoren. Wird ein Nachbar gefunden, wird dieser in eine Duplikatliste aufgenommen, anderenfalls kann das Objekt direkt übernommen werden. Der letzte Schritt verbindet die Duplikate über Mittelwertberechnung von Position und Geschwindigkeit.

Die Abarbeitung erfolgt parallel auf den beiden Prozessoren der VPU. Dabei werden auch die verschiedenen Datenformate der Sensoren angepasst und der Zeitversatz (siehe Bild 13) durch die IPC-Kommunikation und die unterschiedlichen Latenzzeiten der Sensoren einberechnet. Der in Bild 14 dargestellte parallele Programmablauf wird innerhalb eines Zeitslots durchlaufen. Die Zeitslots wiederholen sich zyklisch.

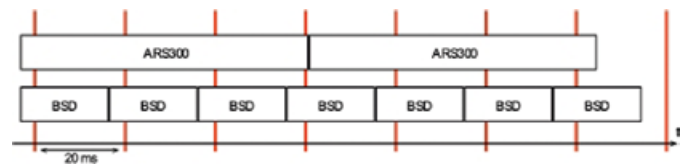


Bild 13: Zyklischer Zeitversatz der ARS300- und BSD-Daten über CAN

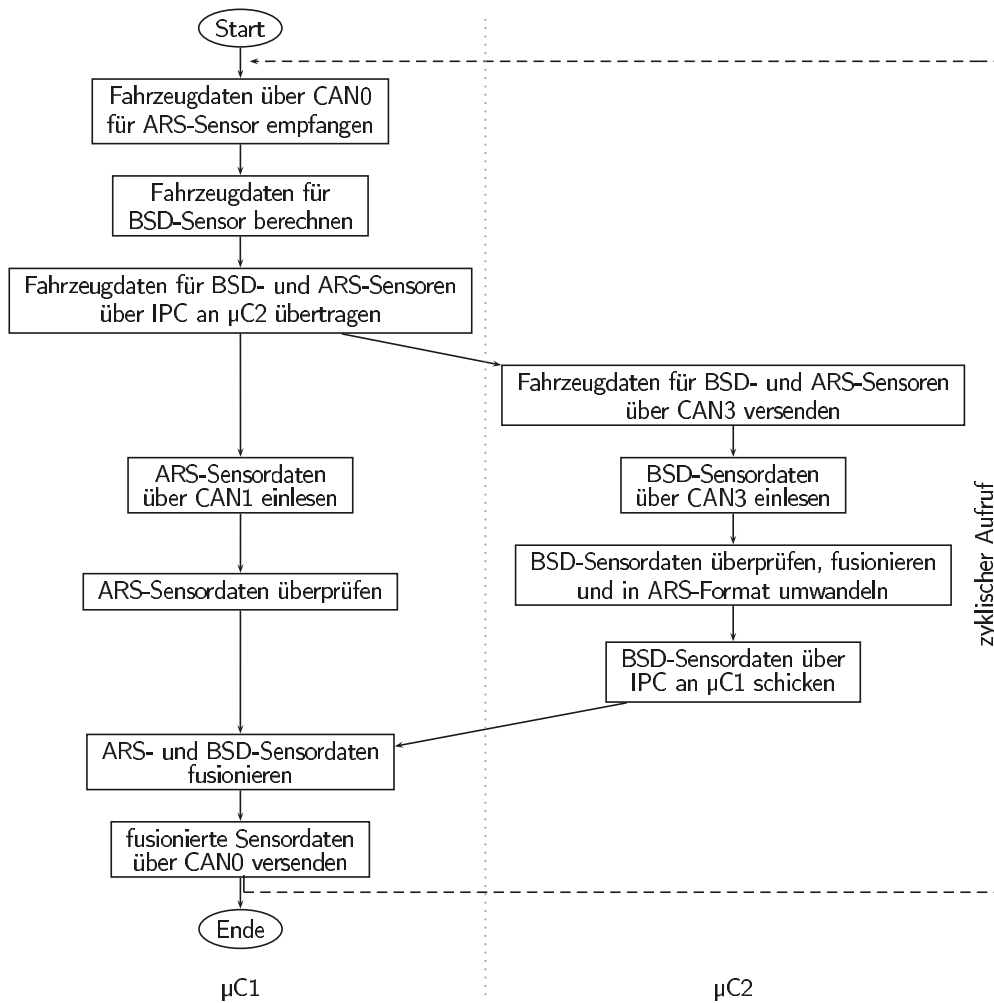


Bild 14: Programmablauf der Fusion: Einfache Übersicht des Ablaufs der zyklischen Verarbeitung. Der Aufruf erfolgt in jedem Slot. Zu sehen ist die parallele Verarbeitung auf beiden Prozessoren.

Das Framework des Steuergerätes arbeitet nach dem Round-Robin-Verfahren, welches den Prozessen nacheinander für einen kurzen Zeitraum Zugang zu den benötigten Ressourcen gewährt¹². Dieses Framework wird zyklisch alle 40 ms aufgerufen und unterteilt den 40-ms-Zyklus in 4 Slots zu je 10 ms. Der erste Task, der in jedem Slot aufgerufen wird, dient dem Synchronisieren der beiden Betriebssysteme auf den Prozessoren, dann erst wird der Datenverkehr freigegeben. Die Verarbeitung erfolgt im Anschluss entsprechend Bild 15.

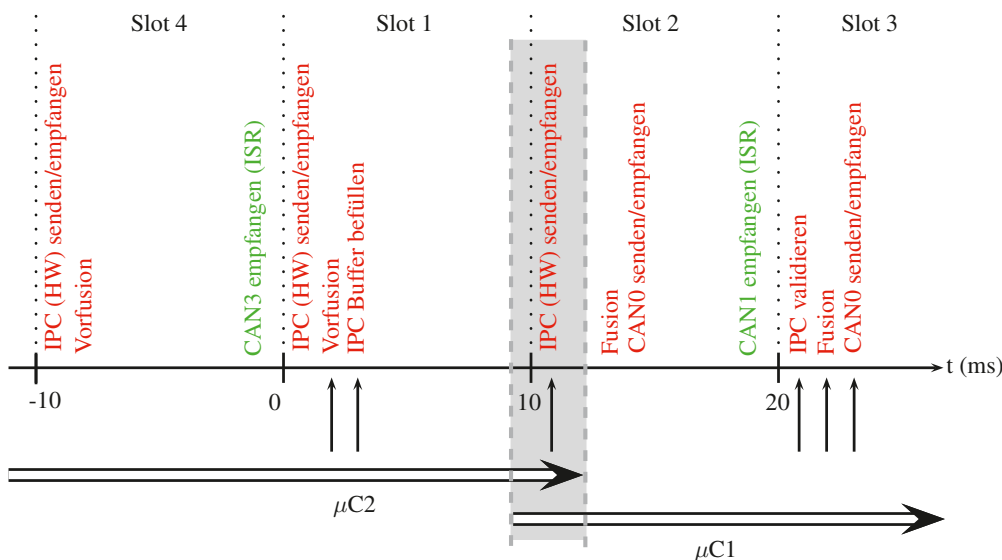


Bild 15: Zeitliche Abfolge der Fusion

Die Forderung, eine möglichst verzögerungsfreie Verarbeitung zu entwickeln, wurde erfüllt. Jedoch erzeugt jedes System, welches die Daten durchlaufen müssen, eine Verzögerung in der Laufzeit. Im vorliegenden Fall ist die Verzögerung vernachlässigbar gering: Sie ist etwa so groß wie der Versandzyklus der fusionierten Objekte.

Lane Change Assist (LCA) mit Blind-Spot-Überwachung

Um das Hands-off-Fahren im hochautomatisierten Modus zu realisieren, wurden verschiedene zusätzliche Sicherheitsfunktionen entwickelt. Die Funktionen, die im Demonstrator verfügbar sind, sind:

- Lane Departure Warning (LDW)
- Virtual Wall (vWall) mit Heading Control
- Lane Keeping Assistance System (LKAS)
- Lane Change Assist (LCA) mit Blind-Spot-Überwachung
- Emergency Brake Assist (EBA) mit Abstandswarnung
- Full Speed Range ACC Stop-and-go, Reaktion auf vorausfahrende Fahrzeuge, statische Fahrzeuge, Geschwindigkeitsbegrenzungen durch Verkehrszeichen, Kurven und enge Fahrspuren

An der HAW wurde in Zusammenarbeit mit Continental Teves der Algorithmus für den Lane Change Assist entwickelt. Der Fahrer benötigt in den eingangs genannten Fahr-situationen Unterstützung vom Fahrerassistenzsystem. Potenziell gefährliche Objekte, die sich von hinten annähern oder sich z. B. seitlich in einem schlecht einseharen Winkel befinden, werden leicht übersehen. Deshalb ist zum einen die Beobachtung des rückwärtigen Fahrzeugbereichs notwendig, zum andern muss erkannt werden, ob das eigene Fahrzeug die Fahrspur wechselt und es dadurch zu einer Kollision mit einem anderen Fahrzeug kommen könnte. Diese Erkennung muss noch vor dem eigentlichen Fahrspurwechsel erfolgen, damit dieser gegebenenfalls verhindert werden kann. Dazu werden zusätzlich die Fahrspur und das Fahrverhalten des Fahrzeugs überwacht.

Aus diesen Beobachtungen resultieren optische und akustische Warnungen für den Fahrer und aktive Lenkeingriffe in das Fahrverhalten des Fahrzeugs. Der Lenkeingriff wird durch den vWall (virtual Wall)-Algorithmus gesteuert, die Überwachung der Fahrspur, des Fahrzeugs und der umgebenden Objekte übernimmt nun der LCA.

Erkennen von potenziell gefährlichen Objekten (Blind-Spot-Überwachung)

Das Radar-Sensorcluster, das sich am Heck des Fahrzeugs befindet, ist für die Detektion von Objekten zuständig. Die Sensoren ermitteln den Abstand von Objekten und deren relative Geschwindigkeit zum eigenen Fahrzeug. Anhand von bestimmten Kriterien werden die erkannten und fusionierten Objekte in „gefährliche“ und „ungefährliche“ eingestuft.

Ein Kriterium hierfür stellt die benötigte negative Beschleunigung dar, die ein sich annäherndes Fahrzeug benötigt, um bei einem Spurwechsel des eigenen Fahrzeugs zum Stillstand zu kommen, damit eine Kollision verhindert werden kann. Diese wird aus der relativen Geschwindigkeit des sich annähernden Objekts und dem Abstand zum eigenen Fahrzeug berechnet. Weiterhin maßgebend sind die Positionen der einzelnen Objekte. Wird ein Objekt in einem bestimmten Gefahrenbereich auf der linken oder rechten Spur erkannt, wird das Objekt als „gefährlich“ markiert (Bild 16). Die Objektposition wird entsprechend dem Zeitversatz, der durch die Verzögerung der Objekterkennung und den Datentransfer bis zur Verarbeitung zustande kommt, und der gemessenen Geschwindigkeit der Objekte korrigiert.

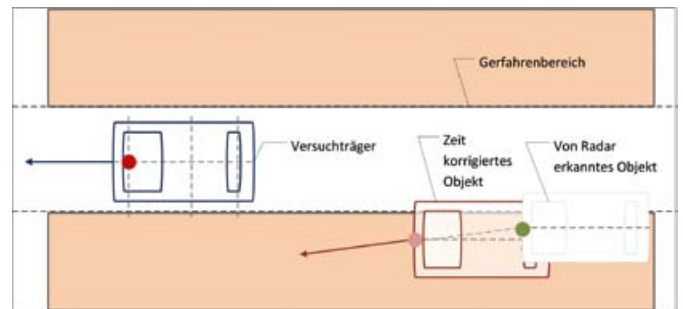


Bild 16: Gefahrenbereich um das eigene Fahrzeug

Eine im Demonstrator eingebaute Fahrspurkamera (CSF200) liefert die nach vorne sichtbare Fahrspur in Form einer parametrisierter Klothoide. Diese Klothoide wird dazu verwendet, die Fahrspur in den rückwärtigen Bereich fortzuführen (Bild 17), um eine genauere Lokalisation der umgebenden Fahrzeuge zu gewährleisten und festzustellen, auf welcher Fahrspur sich die anderen Objekte befinden.

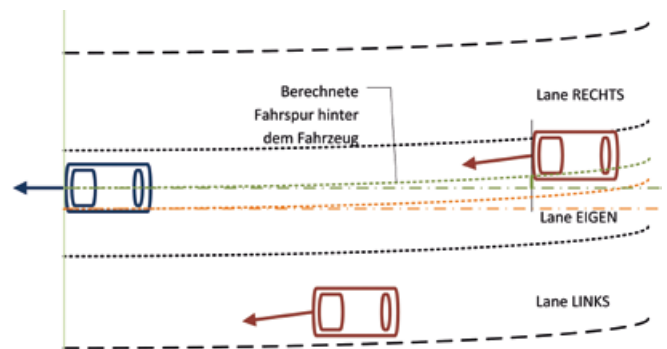


Bild 17: Aus Klothoide der Fahrspurkamera berechnete Fahrspur für den rückwärtigen Fahrzeugbereich

Um eine rechtzeitige Vorhersage des Fahrspurwechsels zu erreichen, muss eine innerhalb weniger Messungen durchführbare Berechnung erfolgen. Die Schwierigkeit besteht u. a. darin, verschiedene Fahrmanöver von einem eigentlichen Fahrspurwechsel abzugrenzen. Betrachtet man lediglich den Abstand zur Fahrspur (siehe Bild 18), der durch die Fahrspurkamera geliefert wird, so wird der Fahrspurwechsel entweder zu spät erkannt, also erst, wenn er bereits durchgeführt wird, oder der Fahrspurwechsel wird fälschlicherweise signalisiert.

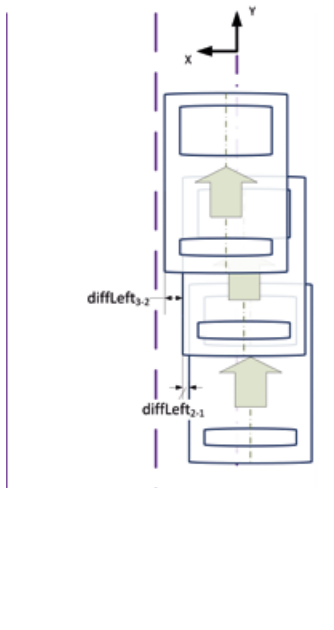


Bild 18: Beobachten der Fahrbewegung

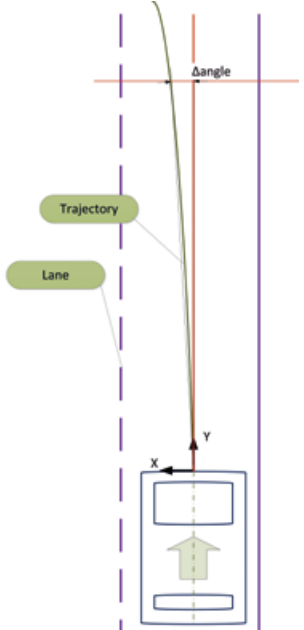


Bild 19: Winkel Fahrspur – Fahrbewegung

Eine weitere Möglichkeit ist der Vergleich der Fahrspur mit der Trajektorie des eigenen Fahrzeugs. Die Trajektorie ist die angedachte zukünftige Fahrbewegung des Fahrzeugs unter Berücksichtigung von verschiedenen Parametern, die aus dem Fahrzeugumfeld stammen. Damit die Trajektorie in Echtzeit berechnet werden kann, wird ein vereinfachtes Verfahren verwendet, das eine Fahrbewegung aus dem Lenkwinkel und der Winkelrate des Lenkrads berechnet¹³.

In einem variablen Abstand, abhängig von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs, wird dann der Winkel zwischen Trajektorie und Fahrspur verglichen (Bild 19). Der Quotient aus diesem Wert und dem Abstand zur Fahrspur wird dann als Eingangsparameter für die Vorhersage eines Fahrspurwechsels verwendet. Bild 20 zeigt den zeitlichen Verlauf eines Fahrspurwechsels nach links. Bei Sekunde 8,4 wird

der Fahrspurwechsel erkannt, das Fahrzeug hat zu dem Zeitpunkt noch einen Abstand von 80 cm zur linken Fahrspur. In Abbildung 21 ist der kombinierte Wert aus dem Winkelunterschied zwischen Trajektorie und Fahrspur und dem Abstand zur Fahrspur während des Wechsels dargestellt. Der Wert steigt signifikant an, wenn ein Wechsel bevorsteht. Nach Erreichen der anderen Fahrspur oder Zurückfahren auf die eigene Fahrspur wird der Fahrspurwechsel als beendet betrachtet.

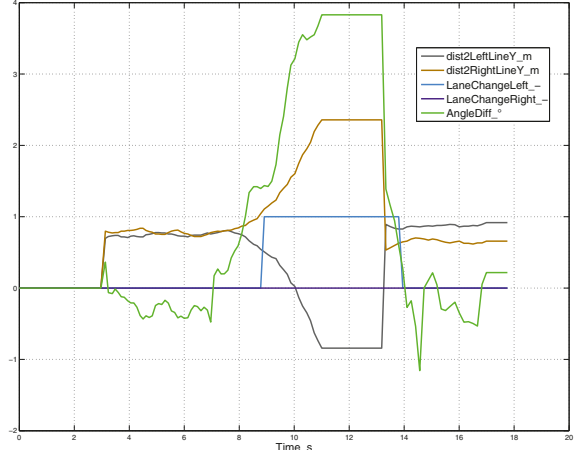


Bild 20: Abstand Fahrzeug zur Fahrspur

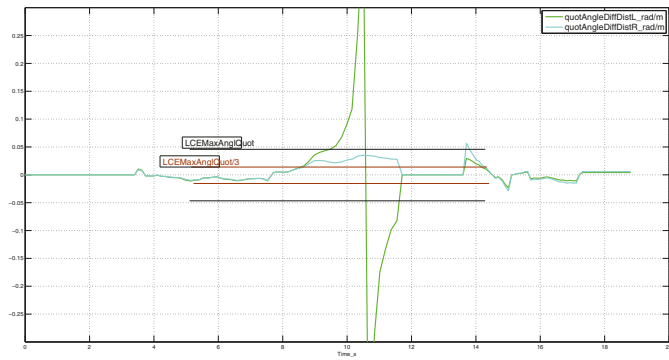


Bild 21: ΔWinkel/Abstand während Fahrspurwechsel

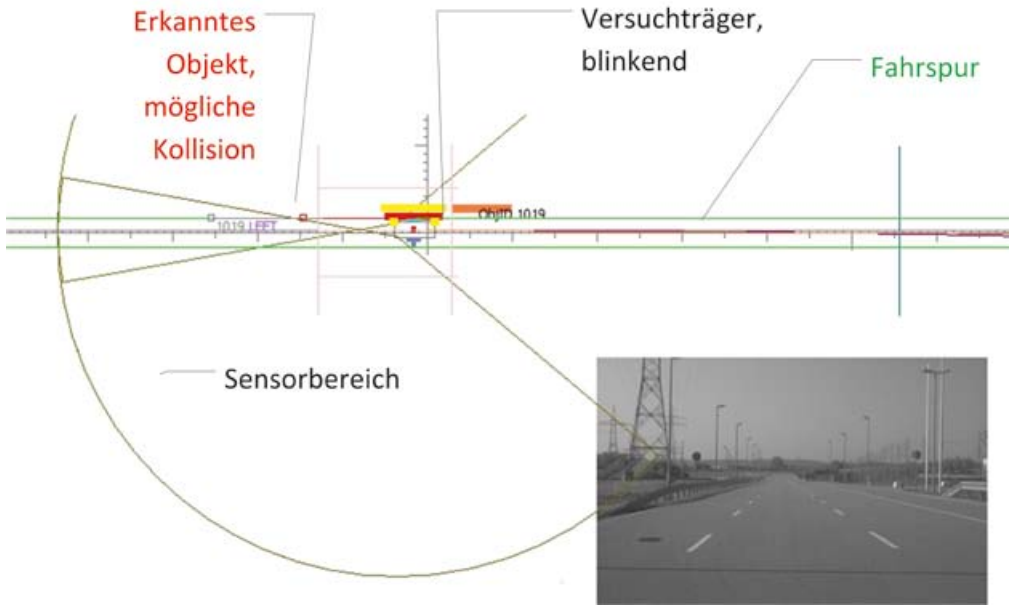


Bild 22: Objekt nähert sich von hinten auf der linken Fahrspur an

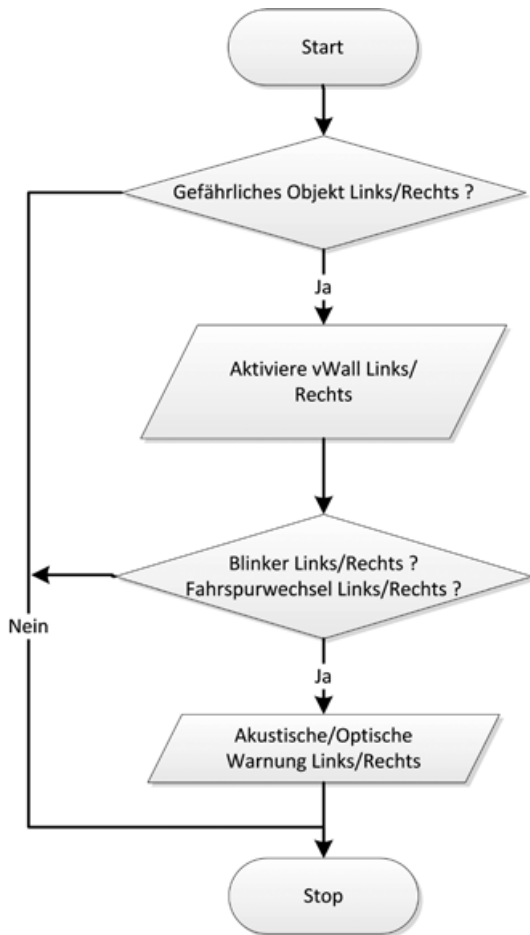


Bild 23: LCA-Ablauf

Der Lane Change Assistant (LCA) arbeitet wie in Bild 23 veranschaulicht. Die Radarsensoren erkennen Objekte im rückwärtigen Bereich, die als potenziell gefährlich bzw. ungefährlich eingestuft werden. Gibt es solche Objekte, wird die vWall aktiviert. Diese reguliert die Fahrbewegung mit einem Lenkeingriff, d. h., das Fahrzeug wird daran gehindert, die Fahrspur zu überfahren. Es ist aber möglich, diese Einschränkung zu „überlenken“, die Entscheidung (Fahrspurwechsel ja/nein) bleibt letztendlich beim Fahrer selbst. Wird bei einem erkannten gefährlichen Objekt der Blinker gesetzt, um einen Fahrspurwechsel anzudeuten, werden zusätzliche akustische und optische Warnungen ausgegeben.

5 Ausblick

Straßenverkehr und persönliche Mobilität in ihrer heutigen Form erreichen zunehmend ihre Grenzen. Die Gründe hierfür sind vielfältig, sie beginnen bei der inakzeptabel hohen Anzahl von Verkehrstoten und Schwerverletzten und reichen über die zunehmende Verknappung von Rohöl bis zur erforderlichen Reduktion der Emissionen und der benötigten Fläche für die Verkehrsinfrastruktur. Die HAVEit-Demonstratoren zeigen einen geeigneten Ansatz, der uns der Vision einer nachhaltigen, sicheren und umweltverträglichen Mobilität ein Stück näher bringt.

Indem HAVEit die Grundlagen für eine Reihe von hochautomatisierten Fahrzeugfunktionen geschaffen hat, wurde das Projekt zu einem wichtigen Meilenstein für die zukünftige Mobilität im Straßenverkehr. Mit der Markteinführung der ersten für Pkw, Lkw und Busse erforschten hochautomatisierten Funktionen wird bereits in fünf Jahren gerechnet.

Die in HAVEit entwickelte modulare und skalierbare Fahrzeugarchitektur ist in idealer Weise für Erweiterungen geeignet. Während HAVEit sich wesentlich auf On-Board-Umfeldsensorik stützte, und damit auf einen Umfelderkennungs- und Vorausschaubereich bis etwa 180 m vor das Fahrzeug, besteht eine Weiterentwicklungsmöglichkeit, den Vorausschaubereich mittels kooperativer Technologien (Fahrzeug-Fahrzeug- und Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation) zu erweitern. Hierdurch sind erhebliche Vorteile im Hinblick auf Strategie-, Manöver- und Trajektorienplanung zu erwarten, vorausgesetzt, die von außerhalb des Fahrzeugs empfangenen Daten besitzen ausreichende Integrität und ihre Übertragung ist sicher. Das zweite große Potenzial besteht in der Entwicklung weiterer hochautomatisierter Fahrzeugfunktionen und der Erschließung weiterer Einsatzbereiche bis hin zu einer Assistenz im Stadtverkehr.

Referenzen

- ¹ Hoeger, R.; Amditis A., Kunert M.; Hoess, A.; Flemisch, F.; Krueger, H.-P.; Bartels, A.; Beutner, A. (2008): Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport: HAVEit Approach; ITS World Congress, NY, USA
- ² S. Lüke, M. Wintermantel, T. Raste und P. Rieth: Ein neuartiges Fernbereichsradar und dessen Anwendung zur Lenkunterstützung in Ausweichsituationen, Automatisierungs-, Assistenzsysteme und eingebettete Systeme für Transportmittel AAET, Braunschweig, 2009
- ³ S. Lüke, M. Darms, M. Komar, D. Waldbauer: Ein Assistenzsystem zur Unterstützung des Fahrers in Baustellen. 11. Braunschweiger Symposium AAET 2010
- ⁴ Matthias Strauss, Frank Flemisch, "Designing human computer interfaces for Highly Automated Vehicles: Issues under consideration in the EU-project HAVEit", HCI Congress 2011, 9-14 July 2011, Orlando, Florida, USA
- ⁵ PATH (Partners for Advanced Transportation Technology) Project: <http://www.path.berkeley.edu/>
- ⁶ CYBERCARS Project: www.cybercars.org
- ⁷ Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr: http://www.admin.ch/ch/d/sr/o_741_10/index.html
- ⁸ HAVEit, Deliverable D61.1, Final Report, published: http://haveit-eu.org/LH2Uploads/ItemsContent/24/HAVEit_212154_D61.1_Final_Report_Published.pdf
- ⁹ HAVEit Videos von Demonstratorfahrzeugen und Final Event: <http://www.haveit-eu.org/displayITM1.asp?ITMID=105&LANG=EN>
- ¹⁰ S. Wawersig, Echtzeit Multisensorfusion von Nah- und Fernbereichsradaren, Bachelor Thesis, University of Applied Sciences Amberg-Weiden, 2010
- ¹¹ M. A. Hernández, S. J. Stolfo: The Merge/Purge Problem for Large Databases. Technischer Bericht, Technischer Bericht, Department of Computer Science, Columbia University New York, 1995.
- ¹² Reif, K.: Automobilelektronik: Eine Einführung für Ingenieure. Vieweg + Teubner, 3. Auflage, 2009.
- ¹³ H. Lepke, Documentation Lane Change Assist, University of Applied Sciences Amberg-Weiden, 2012



M. Eng. Heike Lepke
Fakultät Elektro- und Informationstechnik,
Amberg



Prof. Dr.-Ing. Alfred Höß
Fakultät Elektro- und Informationstechnik,
Amberg

world of cabling systems

BORDNETZE | KOMponentEN | ENGINEERING

17 STANDORTE WELTWEIT
6.200 MITARBEITER

PRAKTIKUM & STUDIUM
ABSOLVENTEN
PROFESSIONALS

HABEN SIE NOCH VIEL VOR?
WIR AUCH!

Wir entwickeln die Technik für die Fahrzeuge von morgen.
Arbeiten Sie mit an unserem Erfolg - wir bieten anspruchsvolle Herausforderungen und individuelle
Karrieremöglichkeiten in den Bereichen Entwicklung, Technik, Qualität, Logistik und EDV.

Nexans autoelectric GmbH | Vohenstraußer Straße 20 | D-92685 Floß | Aktuelle Stellenangebote unter: www.autoelectric.de

Praxistaugliche interaktive Informations- visualisierungen im Web

Prof. Dr. rer. nat. Dieter Meiller

Zusammenfassung

Ziel des Projektes: Eine neu zu entwickelnde Software soll Beziehungen in webbasierten sozialen Netzwerken visualisieren und analysieren. Die Herausforderung dabei: Die Darstellung soll auf allen Plattformen ohne den Einsatz zusätzlicher Plugins funktionieren, auch auf älteren Systemen. Die entstandene Softwarebibliothek ist bereits in einem großen Portal im Einsatz, im Siemens Technoweb.

1 Ausgangssituation

Die Informationsvisualisierung ist ein etabliertes Forschungsgebiet der Informatik, bereits seit den 1980er-Jahren wurden Informationsvisualisierungen für interaktives Information Retrieval von Ben Shneiderman entworfen, beispielsweise der „Film-Finder“, ein Werkzeug zum Durchsuchen einer Film-Datenbank. (Card et. al.1999)



Prof. Dr. rer. nat. Dieter Meiller

Studiengangsbetreuer und Studienfachberater
Bachelor Medienproduktion und Medientechnik
<http://www.haw-aw.de/meiller>
Hochschule für angewandte Wissenschaften
Amberg-Weiden (HAW-AW)

Seitdem wurden zahlreiche Informationsvisualisierungstechniken entworfen, neue Techniken wie beispielsweise zur Visualisierung von Graphen werden in regelmäßigen Abständen bei Konferenzen vorgestellt. (Purchase 1996) Jedoch kann man feststellen, dass diese Techniken nur wenig im Alltag angekommen sind. Abgesehen von wenigen Anwendungen für Spezialisten findet man gerade im Web so gut wie keine visuelle Unterstützung bei der Suche in Informationsbeständen. Die großen Web-Portale, die eine Suchfunktion anbieten, gehen kein Risiko ein und zeigen die Ergebnisse traditionell in Listenform an, vermutlich aus Angst, die Nutzer ansonsten abzuschrecken.

Hier wird die Chance vertan, bessere Ergebnisse bei der Suche zu erzielen. Zwar ist der Nutzen von Informationsvisualisierungen immer noch umstritten; allerdings könnte es von enormem Vorteil für die Anwender sein, wenn man die Suchfunktionen kognitiv effizienter gestalten würde, sowohl was Benutzerfreundlichkeit als auch was die Wirtschaftlichkeit angeht.

Technoweb

Soziale Netzwerke werden immer mehr als Schlüsseltechnologie identifiziert. Große Konzerne haben dies bereits erkannt und ihre eigenen Netzwerke etabliert. Technoweb ist ein solches soziales Netzwerk für Entwickler bei Siemens, das seit März 2010 unternehmensweit im Intranet verfügbar ist. (Mörl et al. 2011) Man strebt eine Zahl von 40 000 Anwendern an.

Die Nutzer dieses Portals können sich damit auf die Suche nach fachlich relevanten Netzwerken¹ begeben, um Synergieeffekte nutzen zu können. So könnte es sein, dass Entwickler, die vor einem Problem stehen, jemanden an einem anderen Standort suchen, der dafür bereits eine Lösung entwickelt hat. Relevanten Gruppen kann man „folgen“ oder beitreten. Das Potenzial ist enorm.

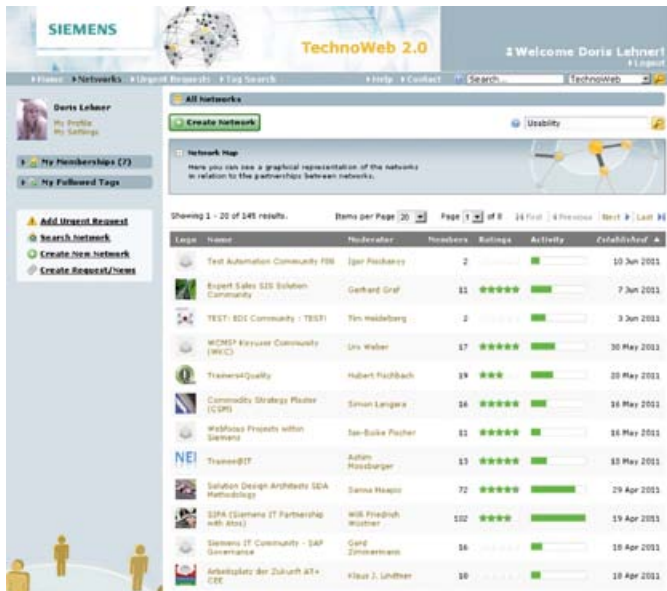


Abbildung 1: Netzwerkansicht als Liste im Technoweb

2 Problematik

Im Zuge der Entwicklung einer neuen Version des Technoweb wurde darüber nachgedacht, wie man die Suche in diesem Netzwerk besser gestalten kann.

Die Suche nach Partnernetzwerken ist bisher schwierig: Die Suchfunktion liefert für jeden Suchbegriff eine mehrseitige Liste. Und man muss die Ergebnisse einzeln bewerten.

Es entstand der Wunsch, die Netzwerke zusätzlich zur Liste visuell als Graph darzustellen und interaktiv mit Filterfunktionen manipulieren zu können.

Stefan Sagmeister meint: „Die Ausführung einer Idee ist wichtiger als die Idee selbst.“² (Sagmeister 2011)

Zwar sind, wie erwähnt, Informationsvisualisierungen zur Unterstützung von Information Retrieval bereits seit längerem Gegenstand der Forschung. Zudem gibt es gut funktionierende Werkzeuge in diesem Bereich (Card et al. 1999). Bei Siemens stellte sich jedoch ein spezielles Problem:

Im Gegensatz zu den meisten bisherigen Lösungen dieser Art kann man keine einheitliche Plattform für die Ausführung der Visualisierungssoftware voraussetzen, da Siemens ein weltweiter Konzern ist und sich in einigen Standorten eine veraltete Software-Infrastruktur erhalten hat. Die Anforderung an das Technoweb ist aber, dass es ausnahmslos überall funktionieren soll.

Im Detail: Technoweb ist eine webbasierte Plattform, die im Intranet mit Web-Browsern aufgerufen wird. Siemensweit wird als Haupt-Plattform der Internet-Explorer (IE) eingesetzt, jedoch nicht nur die neueren Versionen, auch alte Versionen wie der IE 6 als älteste Variante. Zusätzlich kann zur Unterstützung einer verbesserten interaktiven Grafik-Darstellung kein Plugin als Grundvoraussetzung angenommen werden. Zwar sind zum Teil Installationen von verschiedenen Plugins wie Adobe Flash, Java oder Silverlight vorhanden, aber man kann nicht von einer flächendeckenden Verbreitung dieser Plugins ausgehen. Auch neue-

re Browser mit einer fortschrittlichen Grafik-Unterstützung mittels HTML-5 sind nicht überall verfügbar. Leider bietet der HTML-4 Standard und Javascript, die auf allen dieser Browser als kleinster gemeinsamer Nenner verfügbar sind, nicht die grafischen Möglichkeiten, die benötigt werden. So kann man damit keine freien Linien zeichnen, wie es für die Darstellung von Kanten in Graphen nötig ist.



Abbildung 2: Nicht verfügbare Technologien und ein spezielles Problem

3 Kooperationen

Mit der Entwicklung der Visualisierung wurden Meiller-Medien beauftragt. Das Ergebnis der Arbeit sollte ein Open-Source-Framework zur Graphenvisualisierung sein. Unterstützt wurde die Entwicklung von der Firma Bluefire-Medien, die für diese Software eine grafische Benutzeroberfläche zur Steuerung von Filterfunktionen entwerfen sollte. Die Hochschule Amberg-Weiden sollte die Arbeiten unterstützen und ein Software-Modul zur Überführung von Quelldaten in eine Graph-Datenstruktur implementieren. Die von der Hochschule Amberg-Weiden und von Bluefire-Medien durchgeführten Forschungsdienstleistungen wurden von Bayern-Innovativ GmbH gefördert.

4 Technologie

4.1 Vektorgrafiken

Da keine der oben genannten Technologien plattformübergreifend zur Darstellung bereitsteht, musste für jeden eingesetzten Browser separat eine Möglichkeit zur Zeichnung von Linien oder Vektorgrafiken gefunden werden. Die meisten Browser, leider nicht der IE, unterstützen Scalable Vector Graphics (SVG), ein vom World Wide Web Consortium (W3C) empfohlener Grafik-Standard (W3C 2001). Glücklicherweise gibt es auch beim IE ab der Version 6 die Möglichkeit, Vektorgrafiken zu zeichnen: Die Technologie von Microsoft heißt Vector Markup Language (VML). Die Spezifikation von VML wurde dem W3C zur Standardisierung übergeben (Microsoft 1998), allerdings wurde dieser zugunsten von SVG abgelehnt. Jedoch gibt es seit dieser Zeit VML für den IE. Um nicht mit zwei unterschiedlichen Zeichenmethoden operieren zu müssen, wurde noch eine Grafikbibliothek benötigt, die diese zwei Vektorgrafik-Ansätze abstrahiert. Eine Bibliothek, die dies leistet, ist die Javascript-Bibliothek Raphaël (Baranovskiy 2011).

4.2 Layout

Zur Darstellung des Netzwerk-Graphs³ wurde nach einem Algorithmus gesucht, der eine möglichst klare und lesbare Visualisierung erzeugt, allerdings ohne großen Re-

chenaufwand. Dieser sollte kein starres Layout erzeugen: Dem Benutzer soll trotzdem eine interaktive Arbeitsweise möglich sein. Zusätzlich wäre es wünschenswert, wenn man das Layout mithilfe von bestimmten Werten verändern kann, sodass während der Testphase leicht visuelle Anpassungen vorgenommen werden können (Meiller 2010, 90). Auch die Gewichtung für die Durchführung des Mappings der Daten beim Retrieval sollte angepasst werden können. Eine Trennung von Layout und Darstellung nach dem Modell von Meiller (Meiller 2010, 75) sollte dies ermöglichen. Hierbei werden im Layout die Regeln für den Aufbau der Darstellungen spezifiziert. Für den Entwurf von Graph-Zeichnungen ohne den Kontext einer praxisbezogenen Applikation wäre diese Trennung vermutlich weniger notwendig, jedoch wurde durch diese Arbeit nochmals deutlich, dass eine solche Trennung für den anwendungsbezogenen Einsatz von Graph-Zeichnungen sehr sinnvoll ist. Für den eigentlichen Vorgang der „Optimierung“ der ästhetischen Darstellungs-Kriterien fiel die Wahl auf den Feder-Kraft-Algorithmus (Spring-Embedder) von Peter Eades (Eades 1984). Dieser zeichnet die Knoten und Kanten, indem er physikalische Kräfte simuliert: Kanten wirken wie Federn, die verbundene Knoten zusammenziehen, bis sie eine natürliche Länge erreicht haben (Formel 2). Knoten üben eine abstoßende Kraft aufeinander aus (Formel 1). In den Formeln bezeichnen die Variablen p_u und p_v die Positionsvektoren zweier Knoten. Der Parameter c_p kontrolliert die Stärke der Feder, l bezeichnet deren natürliche Länge.

$$(1) \quad f_{rep}(p_u, p_v) = \frac{c_p}{\|p_v - p_u\|^2} * \overrightarrow{p_u p_v}$$

$$(2) \quad f_{spring}(p_u, p_v) = co * \log \frac{\|p_v - p_u\|^2}{l} * \overrightarrow{p_v p_u}$$

Andere Methoden, die eine flexiblere Kontrolle der ästhetischen Eigenschaften⁴ des Layouts ermöglicht hätten, schieden aufgrund der im Folgenden genauer beschriebenen Performanceprobleme aus: So konnte wegen der langen Laufzeit kein genetischer Algorithmus eingesetzt werden. Der Spring-Embedder ermöglicht dagegen eine kontinuierliche Verbesserung der Darstellung, ohne den Browser für längere Zeit mit Berechnungen zu beanspruchen.

4.3 Performance

Der Einsatz von Frameworks verursacht oft Performance-Probleme. Dadurch können verschachtelte Methodenaufrufe entstehen, wodurch die Anzahl der aufgerufenen Anweisungen unkontrollierbar groß wird. So brach der IE 6 bei ersten Versuchen die Ausführung oft aus nicht nachvollziehbaren Gründen ab. Standardmäßig liegt die Abbruch-Grenze beim IE bei 5 Millionen Anweisungen (Zachas 2010, 109). Diese Zahl erscheint zwar groß, allerdings kann man mit verketteten Methodenaufrufen, bedingt durch den Einsatz von Bibliotheken, schnell an diese

Grenze stoßen.⁵ Bei dem eingesetzten Spring-Embedder Algorithmus, der die Abstoßungskräfte jedes einzelnen Knotens bezüglich aller anderen Knoten berechnet, musste darauf besonders geachtet werden.

Um diese Probleme in den Griff zu bekommen, lag besonderes Augenmerk auf dem Laufzeitverhalten des Javascript-Codes. Dafür war es vor allem wichtig, das Verhalten der verschiedenen Varianten des IE zu kontrollieren. Tests ergaben, dass sich der IE 6 von der Javascript-Performance in unserem Fall kaum vom IE 7 unterschied. So konnten die IE Developer Tools des IE 9 zum Debugging eingesetzt werden (Zachas 2010, 188), da es bei dieser Version des IE möglich ist, zwischen verschiedenen Varianten des IE zu wechseln, bis hinunter zur Version 7. Der eingebaute Performance-Profiler machte es möglich, ineffiziente Code-Teile zu entdecken und zu optimieren.

Ansonsten wurde versucht, den Code durch einen durchgängigen Stil möglichst einfach zu halten. Dabei wurden die Vorschläge von Douglas Crockford beachtet. (Crockford 2008)

5 Architektur und Realisierung

Die erwähnte Trennung von Layout und Optimierung wurde in der Software-Architektur abgebildet (s. Abbildung 3). Die Software wurde in folgende Module eingeteilt:

- PlexoS
- PlexoS_Raphaël
- Technovis_Graph

PlexoS ist das Basis-Framework zur Graph-Visualisierung und Layout-Optimierung. Es orientiert sich am erwähnten Modell und besteht aus zwei voneinander getrennten Teilen: Der grundlegenden Beschreibung des Layouts inklusive der Graph-Struktur sowie der Optimierung der Darstellung. (Meiller 2010, 75)

PlexoS_Raphael ist ein Plugin für das Rendern der Grafiken mit Raphaël (SVG & VML), es ist im Modell dem Layout zugeordnet. Dieses ist von der externen Bibliothek „raphael.js“ abhängig.

Dank der konzeptionellen Trennung wären weitere Plugins zur Darstellung denkbar, beispielsweise die Zeichnung der Grafiken mit den neuen Möglichkeiten von HTML-5. Technovis_Graph ist die Spezialisierung des Layouts für Technoweb und implementiert den Stil der Darstellung gemäß den Wünschen des Kunden. Diese Komponente ist schließlich im Haupt-Script auf dem Client eingebunden.

Dort werden die darzustellenden Daten vom Server angefordert: Tatsächlich bestehende Partnerschaften zwischen den Netzwerken werden dann schwarz dargestellt. Andere, indirekte Ähnlichkeiten zwischen den Netzwerken werden ebenso als Kanten visualisiert, allerdings grau. Ausgewertet werden dabei die Stärken der Überlappungen bei den

Mitgliedern sowie bei den angegebenen Schlagworten (Tags). Je ähnlicher sich die Netzwerke sind, desto dicker werden auch hier die Kanten gezeichnet (s. Abbildung 6).

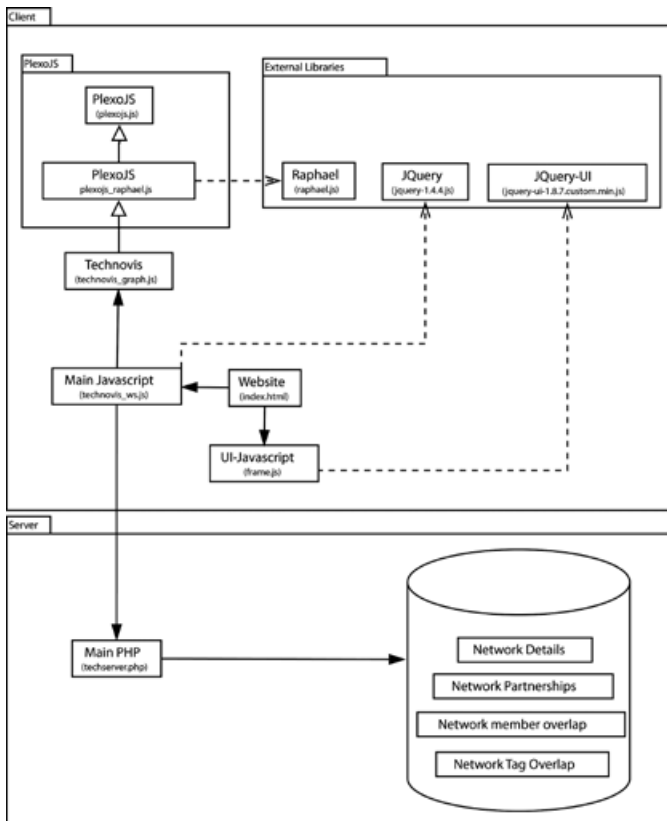


Abbildung 3: Architektur von Technovis

Die Kommunikation mit dem Server erfolgt in zwei Stufen (s. Abbildung 4). Nach einer Suche werden zuerst die gefundenen Knoten eingefügt. Bei Klick auf einen Knoten werden die zu diesem Knoten verwandten Netzwerke vom Server angefordert. Die Kanten werden in einem zweiten Schritt nachgeladen. So muss der Benutzer keine langen Wartezeiten in Kauf nehmen und bekommt unmittelbare Rückmeldungen, wie es von direktmanipulativen Systemen gefordert wird (Plaisant et al. 1987, 234).

Für den Prototypen wurde die Suchfunktion wie folgt implementiert: Bei der initialen Suche durch die Eingabe des Suchbegriffs wird ein einfaches boolsches Retrieval (Fuhr 2011, 48) durchgeführt. Alle namentlich ähnlichen Netzwerke werden in die Ergebnismenge eingefügt. Die Experten bei Siemens konnten bei den Tests zusätzlich entscheiden, ob auch alle Tags nach dem Suchbegriff durchsucht werden sollen, oder ob dadurch die Ergebnismenge nicht zu groß wird (Abbildung 5).

Klicks auf eingefügte Netzwerk-Knoten lösen eine weitere Suche aus. Jedoch werden hier auch indirekte verwandte Netzwerke eingefügt: Bei n durchsuchten Knoten N_i werden diejenigen eingefügt, bei denen mindestens ein Vergleichskriterium s_{ij} gleich oder größer als einer von m Schwellenwerten t_j ist (Formel 3). Man könnte dieses Vorgehen als Schwellwert-Retrieval⁶ bezeichnen.

Für eine Verfeinerung der Suche bei der Implementierung wäre Folgendes vorstellbar: Die Einordnung der Tags in eine Taxonomie, sodass man über- oder untergeordnete Kategorien finden könnte.

Auch eine Art Relevance-Feedback (Fuhr 2011, 53) wäre vorstellbar: Personen, die sich für Netzwerk X interessieren, interessieren sich vielleicht auch für Netzwerk Y . So könnte man Vorschläge anhand ähnlicher Interessen anbieten.

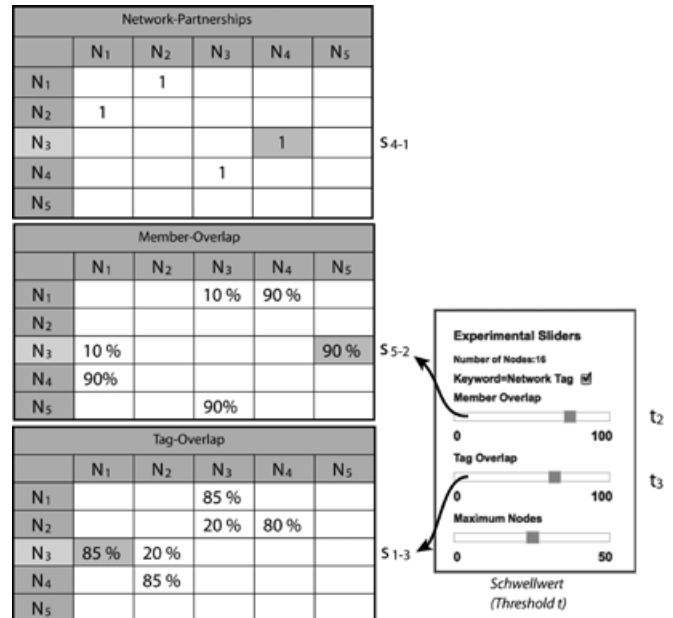


Abbildung 4: Experimentelle Einstellungsmöglichkeiten (Beispiel: N₃ ausgewählt, m=3 Vergleichskriterien (Similarity s), n=5 Netzwerke)

$$(3) \bigcup_{i=1}^n \left(\left(\bigvee_{j=1}^m (s_{ij} \geq t_j) \right), i \right)$$

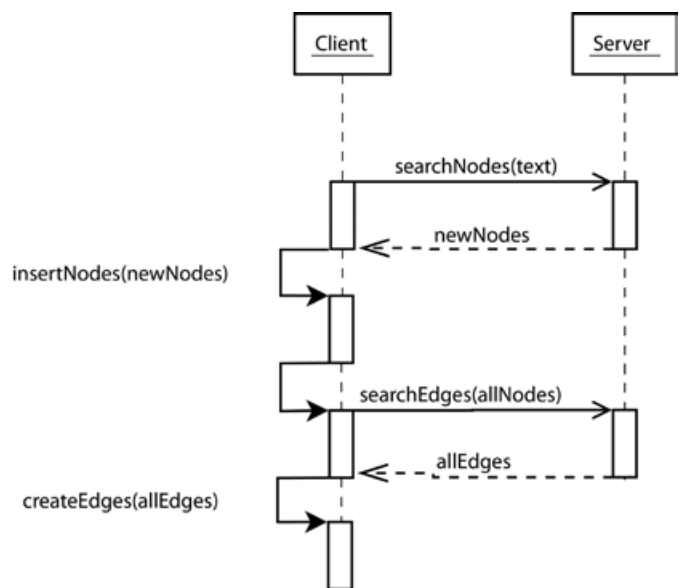


Abbildung 5: Kommunikation bei Technovis

Während der Entwicklung war der Kunde aufgrund der konzeptionellen Trennung des Layouts in der Architektur in der Lage, bei formativen Evaluierungen experimentell

das gewünschte Aussehen und Verhalten des Layouts zu ermitteln. Die Längen der Kanten im entspannten Zustand und die Abstoßungskräfte der Knoten wurden mehrfach überarbeitet.⁷ Auch das Aussehen einzelner Objekte – wie die Strichstärken und Farben der Knoten und Kanten – konnte so in Zusammenarbeit mit der Usability-Abteilung des Kunden verbessert werden. Die Kriterien für das Retrieval konnten, wie erwähnt, ebenso experimentell ermittelt werden, da diese leicht anhand von Reglern, die den Testern zur Verfügung standen, verändert werden konnten (Abbildung 4). Es wurde bei diesen Evaluierungen festgestellt, dass eine zu große Zahl an Knoten eher ungünstig für die Suche ist. Als sinnvoll wurde die Anzeige von 30, maximal 45 Knoten erachtet. Schließlich sollen einzelne Knoten identifiziert werden, nicht die Analyse der Struktur des gesamten Graphen ist wichtig.

6 Technovis-Bedienung

In Abbildung 6 sieht man die gesamte Nutzeroberfläche des Prototypen. Im mittleren Bereich kann man von der Listenansicht durch Klick auf den Reiter „Network View“ auf die Graph-Visualisierungsansicht wechseln. Die Suche nach den Netzwerken kann über eine klassische Suchmaske ausgelöst werden. Die gefundenen Elemente werden dann in die Zeichenfläche darunter eingefügt. Am rechten Rand befinden sich Werkzeuge zum Filtern: Slider, mit deren Hilfe man Minimal- und Maximalwerte für die Bewertung, die Aktivität und die Anzahl der Mitglieder der Netzwerkknoten angeben kann. Knoten, deren Werte außerhalb des eingestellten Bereichs liegen, werden ausgeblendet. Darunter befindet sich eine Liste aller Tags der dargestellten Knoten. Man kann die dazugehörigen Knoten durch Deaktivieren von Tags ausblenden. Die Visualisierung ist ebenso interaktiv: Durch Ziehen mit der Maus kann man die Anordnung der Knoten verändern. Ein Klick auf einen Knoten öffnet ein schwebendes Fenster mit Detailinformationen. Dort befindet sich auch ein Link zur jeweiligen Netzwerk-Homepage.

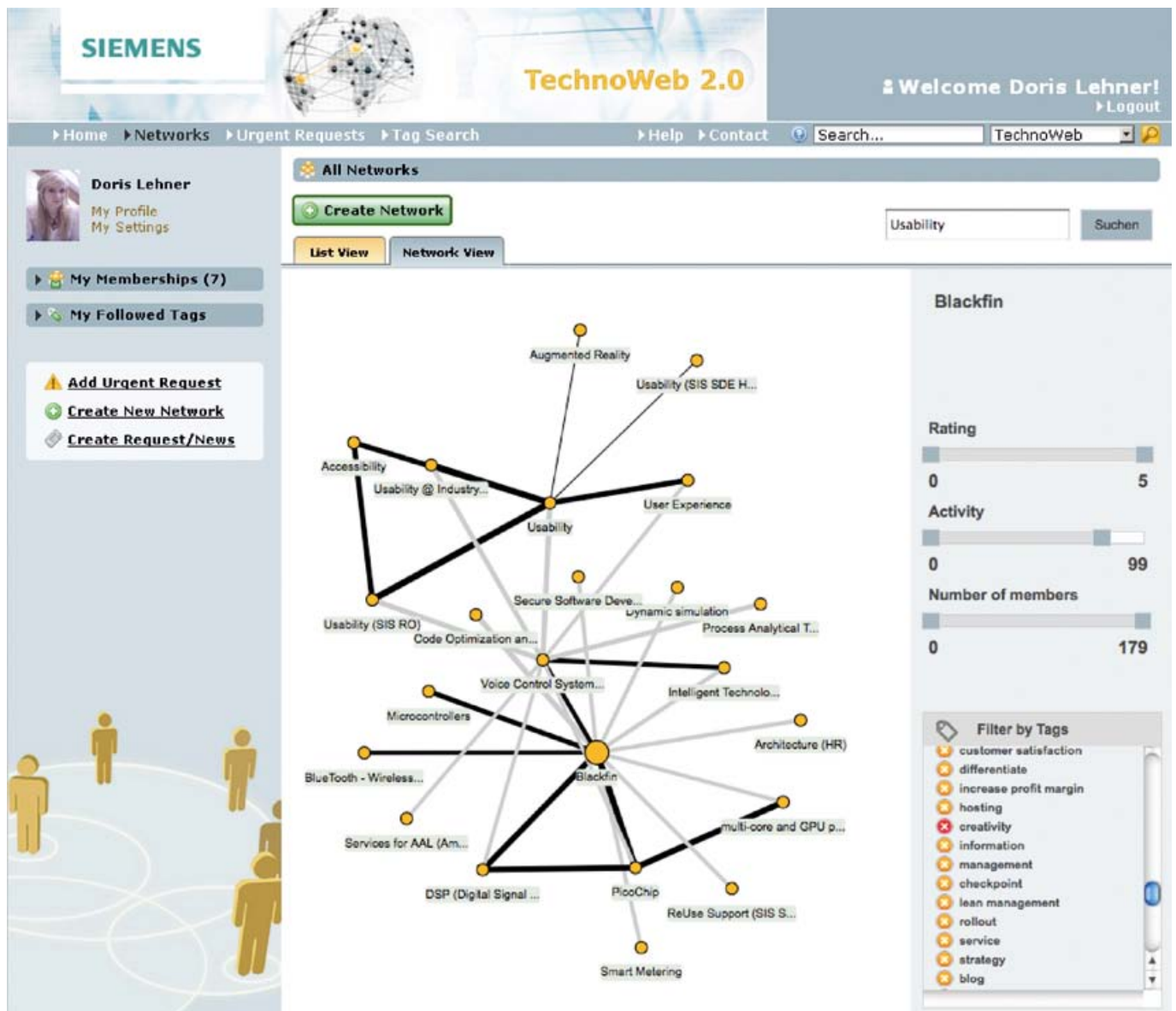


Abbildung 6: Ansicht des Prototyps

7 Zusammenfassung und Ausblick

Seit Ende September 2011 ist die neuartige Visualisierung als Beta-Version im Live-Betrieb im Einsatz. Nach nur einem Monat arbeiteten bereits 18 000 Benutzer mit der entwickelten Software, jede Woche kommen seither ungefähr 200 Neuanmeldungen hinzu. Bis zum Ende des Geschäftsjahres 2012 rechnet man mit 30 000 Nutzern. Diese verwenden aufgrund der bei Siemens eingesetzten Software zum Großteil den IE. Über einen Feedback-Button kann man Rückmeldungen geben, wobei es bisher nur positives Feedback gab.⁸ Zusammenfassend kann man sagen, dass die Realisierung einer interaktiven Informationsvisualisierung für den täglichen Einsatz in einem großen sozialen Netzwerk gelungen ist. Die erarbeitete Technologie soll als Klassenbibliothek bei weiteren Anwendungen zum Einsatz kommen, so bereits geschehen beim Projekt PlexoBib (Stephan 2011), einem Projekt der Hochschule Amberg-Weiden in Kooperation mit

dem Literaturarchiv Sulzbach-Rosenberg. Hierbei handelt es sich um eine Visualisierung von historischen Briefwechseln von Walter Höllerer als soziales Netzwerk. Zusätzlich soll eine Open-Source-Projekt-Webseite entstehen, auf der interessierte Entwickler Zugriff auf die Software-Bibliothek bekommen und diese für eigene Entwicklungen einsetzen können.

Danksagung

Für die reibungslose Zusammenarbeit bei Siemens bedanke ich mich herzlich bei Fabrizio De Pasquale, Thomas Mayerdorfer, Mario Hailing, Thomas Lackner, Stanislav Mores und Michael Heiss. Den studentischen Hilfskräften Armin Härtl und Matthias Ferstl danke ich für ihre Mühen. Jens Drabek von Bluefire-Medien danke ich für seinen Beitrag zum Interface. Harald Hofberger danke ich für seine wertvollen Anregungen.

Literaturverzeichnis

- Baranovskiy, D. (2011). *Raphaël—JavaScript Library*. Abgerufen am 19. 10. 2011 von <http://raphaeljs.com>
- Card, S., Mackinlay, J. & Shneiderman, B. (1999). *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Crockford, D. (2008). *Javascript: The Good Parts*. Sebastopol, CA: O'Reilly.
- Eades, P. (1984). A heuristic for graph drawing. *Congressus Numerantium*, 42, S. 149-160.
- Fuhr, N. (2011). *Einführung in Information Retrieval – Skriptum zur Vorlesung im SS 11*. Abgerufen am 26. 10. 2011 von http://www.is.informatik.uni-duisburg.de/courses/ir_ss11/folien/skript_1-6.pdf
- Mörl, S., Heiss, M. & Richter, A. (2011). Siemens: Wissensvernetzung mit TechnoWeb 2.0. *Schriftenreihe zu Enterprise 2.0 – Fallstudien*. 09. München/St. Gallen/Koblenz/Frankfurt: Stefan Smolnik.
- Meiller, D. (2010). *Zur ästhetischen Visualisierung von Information – Die Zeit der Graphen*. Mathematik und Informatik. Hagen: FernUniversität in Hagen.
- Microsoft (1998). *Vector Markup Language (VML)*. Abgerufen am 19. 10. 2011 von <http://www.w3.org/TR/NOTE-VML>
- Plaisant, C. & Shneiderman, B. (1987). *Designing the User Interface*. Boston: Pearson, Addison-Wesley.
- Purchase, H. e. (1996). Graph Drawing. *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin / Heidelberg: Springer.
- Sagmeister, S. (2011). Gutes Design kann Menschen glücklich machen. *Die Seele der Dinge – Ein Designheft, Süddeutsche Zeitung Magazin*, 39, S. 52.
- Stephan, V. (2011). *PlexoBib Beta*. (Hochschule Amberg-Weiden) Abgerufen am 26. 10. 2011 von <http://plexobib.de>
- W3C (2001). *Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition)*. Abgerufen am 19. 10. 2011 von <http://www.w3.org/TR/SVG>
- Zachas, N. C. (2010). *High Performance Javascript*. Sebastopol, CA: O'Reilly.

Fußnoten

- ¹ Der Name Netzwerk steht beim Technoweb für eine Entwicklergruppe; Technoweb ist also ein soziales Netzwerk von vernetzten Entwickler-Netzwerken.
- ² Beispiele sind Google und das iPhone.
- ³ Graphen sind Mengen von Knoten und Kanten.
- ⁴ So beispielsweise die Anzahl der Kantenkreuzungen.
- ⁵ Beispielsweise überschreiten dreifach verschachtelte Schleifen mit je 200 Durchläufen diese Grenze.
- ⁶ Vgl. Fuzzy-Retrieval (Fuhr 2011, 50)
- ⁷ Parameter c_p und l in den Formeln 1, 2
- ⁸ Die Informationen stammen von Thomas Mayerdorfer (Siemens AG Österreich, Corporate Technology CT)

Ressourceneffizienz – ein Gebot der Stunde in der angewandten Forschung auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft

Prof. Dr.-Ing. Franz Bischof

Immer öfter hört man Warnungen, dass die Menschheit seit Langem über ihre Verhältnisse leben würde. Man spricht nicht selten von einem Raubbau an unseren Ressourcen, der scheinbar in vielen Regionen dieser Welt unter dem Zwang des Strebens nach besseren Lebensverhältnissen und den Erfordernissen zur Versorgung der Menschen mit Nahrung und Energie voranschreitet. Der Anteil der Stadtbevölkerung auf der Erde wird bis zum Jahr 2030 voraussichtlich auf ca. 60 % steigen und im Jahr 2050 rund 70 % erreicht haben; in absoluten Zahlen bedeutet das eine Verdoppelung der Stadtbevölkerung zwischen 2005 und 2050 von etwa 3 auf ungefähr 6 Milliarden Menschen. Unter diesen Bedingungen entstehen bereits heute enorme Herausforderungen für die Versorgung der Menschen mit Energie, Wasser und Nahrung sowie die Entsorgung von Abwasser und Abfall. Auch die Endlichkeit der Ressourcen zwingt zu neuen Denkansätzen und Handlungsweisen: sie so sparsam und umweltschonend wie möglich zu gewinnen, sinnvoll zu nutzen und sie mehrfach zu verwenden, damit sie auch für zukünftige Generationen noch zur Verfügung stehen.

Ressourceneffizienz wird damit zu einer Kernaufgabe moderner Volkswirtschaften und zum Bestandteil einer zukunftsgerichteten Ingenieurausbildung werden müssen. Das Labor für Angepasste Wassertechnologien nimmt sich seit Langem dieser Aufgabenstellung in Lehre und angewandter Forschung an, da Wasser, wie kaum eine andere Ressource, sowohl unverzichtbares Lebenselixier darstellt wie auch wichtige Ressourcen beinhaltet und nach der Nutzung eine große Menge an Energie erfordert, um es in modernen Kläranlagen wieder zu reinigen.

Auch wenn wir „den Blauen Planeten“ bevölkern: Die für den Menschen nutzbare Ressource Wasser zum Leben und zum Wirtschaften ist mit nur 0,3 % in Bezug auf die

vorhandene Wassermenge nur minimal. Laut Aussagen von UN-Generalsekretär Ban Ki-moon anlässlich des Weltwassertags 2011 stieg die Zahl der Stadtbewohner, denen zu Hause oder in direkter Umgebung ein Zugang zu Trinkwasser fehlt, um 114 Millionen und erreicht mittlerweile eine Gesamtzahl von mehr als 800 Millionen. Wasser ist weltweit betrachtet also zu einem knappen und kostbaren Gut geworden, auch wenn es scheinbar in Deutschland keinen Mangel gibt. Erhöhte sich jedoch der weltweite Wasserverbrauch in den zurückliegenden 30 Jahren bereits um circa 42 %, so wird eine nochmalige Steigerung um knapp 20 % innerhalb der nächsten 15 Jahre erwartet¹. Man wird daher neben der sparsamen Verwendung dringender denn je nach neuen Möglichkeiten suchen müssen, um zusätzliches Trinkwasser mit energieeffizienten Verfahren bereitzustellen. Und selbst Abwasser, auch wenn es in den Augen vieler Menschen nur mit unangenehmen Gerüchen in Verbindung gesetzt wird, stellt eine überaus wertvolle Ressource dar. Darin sind Wärme, Energie und Nährstoffe enthalten. Auch Abwasser selbst kann nach einer entsprechenden Aufbereitung für vielfache Nutzungen, wo keine Trinkwasserqualität erforderlich ist, wieder verwendet werden.

Im Labor Angepasste Wassertechnologien beschäftigt man sich mit einer Vielzahl dieser Herausforderungen und zu meist in gemeinsamen Forschungsprojekten mit Industriepartnern arbeitet man beispielsweise daran, mit modernen Membranverfahren Abwasser aus einer Brauerei aufzubereiten mit dem Ziel, interne Wasserkreisläufe zu schließen, Wärme aus dem Abwasserkanal wirtschaftlich zu nutzen oder Biogas aus kommunalem Abwasser in speziell dafür entwickelten Reaktoren zu produzieren. Nachfolgend sollen zwei Forschungsthemen vorgestellt werden, die sich dem Thema der Ressourceneffizienz in besonderer Weise widmen. Zum einen geht es um einen relativ neuartigen Weg der Herstellung von Trinkwasser, zum anderen um die Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser.

KULTUR

GESELLSCHAFT

ÖKOLOGIE

TECHNIK



Für ein lebendiges Bayern.

www.eon-bayern.com

e.on | Bayern

Solare Membrandestillation

Zurzeit stellt die Umkehrosmose das weltweit am häufigsten eingesetzte Membranverfahren bei der Produktion von Trinkwasser aus Salzwasser dar. Hierbei wird das salzhaltige Wasser mit Drücken von 55 bis 80 bar durch eine semipermeable Membran gepresst, wobei nur die Wassermoleküle die Membran passieren können. Der dabei erforderliche Energieaufwand beträgt ca. 5Wh pro Liter produzierten Trinkwassers. Die Membrandestillation stellt ein alternatives Verfahren zur Meerwasserentsalzung dar und weil der osmotische Druck keinen Einfluss auf den Prozess hat, kann dieses Verfahren auch bei hohen Salzkonzentrationen verwendet werden. Als ein weiterer Vorteil gilt der weitaus geringere Energieeinsatz, mit dem Trinkwasser produziert werden kann. Es handelt sich bei dem Verfahren prinzipiell um einen thermisch getriebenen Prozess, bei dem zwei Flüssigkeiten unterschiedlicher Temperatur durch eine mikroporöse Membran getrennt sind. Die treibende Kraft bei diesem Verfahren ist das Dampfdruckgefälle, das aus dem Temperaturunterschied zwischen der Trinkwasser- und der Salzwasserseite herührt. Somit entsteht bei Wahl der geeigneten Membran ein Stofftransport von der warmen zur kalten Seite.

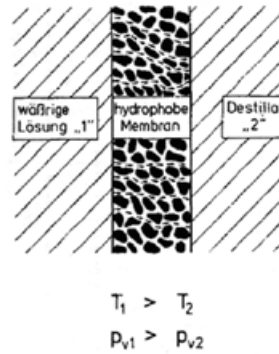


Abbildung 1: Prinzip der Membrandestillation [2]

Der Prozess der Membrandestillation kann in drei Schritten unterteilt werden: Im ersten wird ein Teil der Lösung in die Gasphase übergeführt, indem der Lösung Wärme zugeführt wird (destillativer Verfahrensschritt). Im zweiten Schritt erfolgt der Transport der verdunsteten Komponente durch das Porensystem der Membran (Diffusion). Schritt 3 ist die Kondensation der Gasphase auf der Destillatseite. Die verwendeten Membranen müssen besondere Eigenschaften erfüllen: Als wichtigste gilt die Nichtbenetzbarkeit der Membranoberfläche, was durch sogenannte hydrophobe Membranen erreicht wird. Diese Eigenschaft



Abbildung 2: Energieautarke Membrandestillation zur Produktion von Trinkwasser aus salzhaltigem Wasser

ist verantwortlich dafür, dass nur Dampf die Membran durchdringen kann, der auf der anderen Seite der Membran wieder als Destillat kondensiert.

Die Zuführung der Wärme, die Voraussetzung für das Funktionieren des Verfahrens ist, erfolgte im Rahmen der Projektarbeiten durch einen Solarkollektor und auch die Energie zum Betrieb notwendiger Pumpen wird auf regenerative Weise mithilfe eines Solarmoduls bereitgestellt. Abbildung 2 zeigt den im Rahmen einer studentischen Projektarbeit aufgebauten Versuchsstand, der energieautark die Produktion von Trinkwasser aus Salzwasser demonstriert und eine weitestgehende Schonung von Ressourcen ermöglicht.

Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser

Einerseits gibt es Probleme mit zu viel Phosphor im Ablauf von Kläranlagen, denn dieser führt in stehenden und langsam fließenden Gewässern zu übermäßiger Algenentwicklung, dem „Umkippen“ von Seen und Fischsterben.

Auf der anderen Seite sind die Phosphorreserven begrenzt und stellen ein immer knapper werdendes Gut dar. Wenn Erdöl ausgeht, kann die Welt auf andere Energieträger ausweichen. Mit Phosphor verhält es sich anders. Es ist ein lebensnotwendiges Nährelement für Pflanzen und Tiere und lässt sich durch nichts ersetzen. Auch Düngemittel ohne Phosphor sind deshalb nicht denkbar. Wegen der allmählichen Erschöpfung der bekannten und erschlossenen Phosphaterzlagertstätten, ausgehend von verschiedenen Szenarien, wird eine Verfügbarkeit von noch ca. 50 – 150 Jahren angegeben, und wegen dem in Schwellen- und Entwicklungsländern wie China, Brasilien und Indien steigenden Phosphorbedarf ist die Phosphorrückgewinnung auch aus Abwasser zu einem wichtigen Thema geworden und in den letzten Jahren zunehmend ins wissenschaftliche Blickfeld gerückt.

Neben der Anwendung der Magnesium-Ammonium-Phosphat-Fällung aus dem Ablauf von Biogasreaktoren sowie aus hochkonzentriertem häuslichem Abwasser wurden im Labor angepasste Wassertechnologien weitere Erfahrungen im Rahmen von Projekten gesammelt, um direkt aus einem Abwasserstrom heraus Phosphatverbindungen rückzugewinnen zu können:

Ganz nah bei Ihnen



Stadtwerke Weiden

Für eine gute Partnerschaft



Ihr Gasversorger

Ihr Wasserversorger

Ihr Abwasserentsorger

Ihr Freizeitgestalter

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

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 13-970 www.stadtwerke-weiden.de

» Reinklicken und

Ihre Kommune

mobil erleben «







Sie finden uns unter:

www.cityapp.de




Städt. Wasser- und Fernwärmeversorgung Schwandorf

92421 Schwandorf - Uferstr. 12 - Tel.: 09431/743710 - Fax: 09431/743737

Bei Fragen zum "Trinkwasser" oder zur "Fernwärme" - rufen Sie uns an!

Weitere Informationen finden Sie im Internet unter www.swf-sad.de

Adsorption von Phosphor an anorganische Trägermaterialien

Bei Adsorptionsverfahren erfolgt eine Bindung an der Oberfläche von Feststoffen. Es gibt eine Vielzahl von Materialien, die eingesetzt werden können. Zu diesen gehören spezielle Lehm Böden, Schiefer, Aktivtonerde, eisenhaltige Reststoffe, sowie Eisenoxidhydrat (z. B. Goethit, Lepidokrokit, Hämatit)³. Im Rahmen eines Forschungsprojekts mit einem Industriepartner wurden mit dem Ziel, den Ablauf von Kleinkläranlagen zu behandeln und dadurch eine Rückgewinnung von Phosphor herbeizuführen, zwei Filtermaterialien untersucht: Halbgebrannter Dolomit sowie ein granulierter Zeolith, der als Hauptbestandteil Klinoptilolith $[(Na_2, K_2, Ca, Mg)_4 Al_8 Si_{28} O_{72} \cdot 24H_2O]$ besitzt. Eine prinzipielle Eignung konnte nachgewiesen werden, nachdem diese Ausgangsmaterialien einer zusätzlichen Behandlung unterzogen wurden.

Elektrophosphatfällung

Bei der Elektrophosphatfällung handelt es sich um eine Elektrolyse im Abwasser mit angreifbarer Anode. Dies bedeutet, dass die Anode aus einem Metall besteht, das bei Anlegen einer äußeren Spannung an die Anode als Pluspol sowie die Kathode als Minuspol mit positiver Ladung in Lösung geht. Die Ursache für dieses Verhalten liegt darin, dass der Zusammenhalt der Metallatome im Metallatom-

gitter durch deren delokalisierte Elektronen an der Elektrodenoberfläche aufgehoben wird. Somit erhält man eine relativ einfach zu handhabende Fällmitteldosierung für die Phosphatfällung aus Abwasser. Die Untersuchungen im Rahmen einer Diplomarbeit erfolgten mit Magnesium, Aluminium und Eisen als Anodenmaterial und zeigten sehr gute Ergebnisse und das Potenzial eines wirtschaftlichen Verfahrens.



Abbildung 3: Versuchsstand im Labormaßstab zur Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser durch Einsatz einer Magnesiumelektrode

Literatur:

- ¹ <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info/wah20/1-2.htm>
- ² Schneider, Van Gassel: Membrandestillation, Chem.-Ing.-Tech. 56 (1984) Nr. 7, S. 514–521
- ³ Friedrich, R.: Weitergehende Abwasserreinigung in kleinen Kläranlagen, R. Koch (Hrsg.): BTU Cottbus 2002 S. 74–76



Prof. Dr.-Ing. Franz Bischof
Hochschule Amberg-Weiden,
Fakultät Maschinenbau/Umwelttechnik,
Labor Angepasste Wassertechnologien

Ausbau der Aktivitäten im Bereich der Zerspanung und Koordinaten- messtechnik

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Blöchl

Der anhaltende Wettbewerbsdruck in Verbindung mit dem sich abzeichnenden Facharbeitermangel zwingt zur Nutzung aller Verbesserungspotenziale. Die gestiegene Produktivität durch neue Werkzeuge führt auf der anderen Seite zu kürzeren Prozesszeiten. In den letzten 100 Jahren hat sich die erreichbare Schnittgeschwindigkeit in der Stahlzerspanung beinahe um den Faktor 100 erhöht [Weck 2005]! Die Zerspanungstechnik stellt dabei ein Querschnittsthema durch fast alle Industriezweige dar. Ca. 70 % aller in Deutschland hergestellten Werkzeugmaschinen sind Zerspanungsmaschinen [VDW2011]. Die aktuelle Entwicklung im Bereich der Zerspanungstechnik ist im Wesentlichen geprägt von folgenden zukünftigen Anforderungen:

1. Höhere Genauigkeitsanforderungen (Abmaße und Oberfläche)
2. Neue Materialien:
 - a) Leichtbau (CFK, Magnesium, Titan, ...)
 - b) Hartbearbeitung (Gehärtete Stähle, Keramiken, Glas, ...)
3. Mikrozerspanung
4. Performancesteigerung
5. Flexibilitätssteigerung (Rüsto Optimierung etc.)
6. Automatisierung
7. Effizienzsteigerung durch immer komplexere Maschinen

Neben der wirtschaftlichen Bearbeitung der Bauteile kommt der Qualitätssicherung und hier in besonderem Maße der flexiblen Koordinatenmesstechnik eine Schlüsselrolle für die Sicherstellung der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit insbesondere der deutschen Industrie zu.

Themenfelder und abgestuftes Vorgehen

Beim Ausbau der Aktivitäten in der Zerspanung und Koordinatenmesstechnik stand neben der Anwendungsnähe die Zukunftsgewandtheit und die Machbarkeit im Vordergrund. Zur Sicherstellung der Bearbeitungsgenauigkeit ist die Beherrschung der thermischen Effekte von entscheidender Bedeutung, und das sowohl auf der Seite der Werkzeugmaschinen als auch auf der Seite des Werkstückes und der Werkzeuge.

Um den Effekt zu demonstrieren, dient der in Abbildung 1 dargestellte Versuchsstand, der aus 5 Rohren und 5 digitalen Messuhren besteht. Wenn beispielsweise das Rohr aus PVC-C mit der bloßen Hand eine Minute lang umfasst wird, kann bei einer Umgebungstemperatur von 20 Grad Celsius problemlos eine thermisch bedingte Längenänderung des Rohres von $4/100$ mm gemessen werden. Ein zukunftsorientiertes Labor für Produktionstechnik sollte daher über eine Temperierung verfügen.

Siehe Abbildung 1

Längenänderungs-Zeit-Diagramm: Alle Materialien

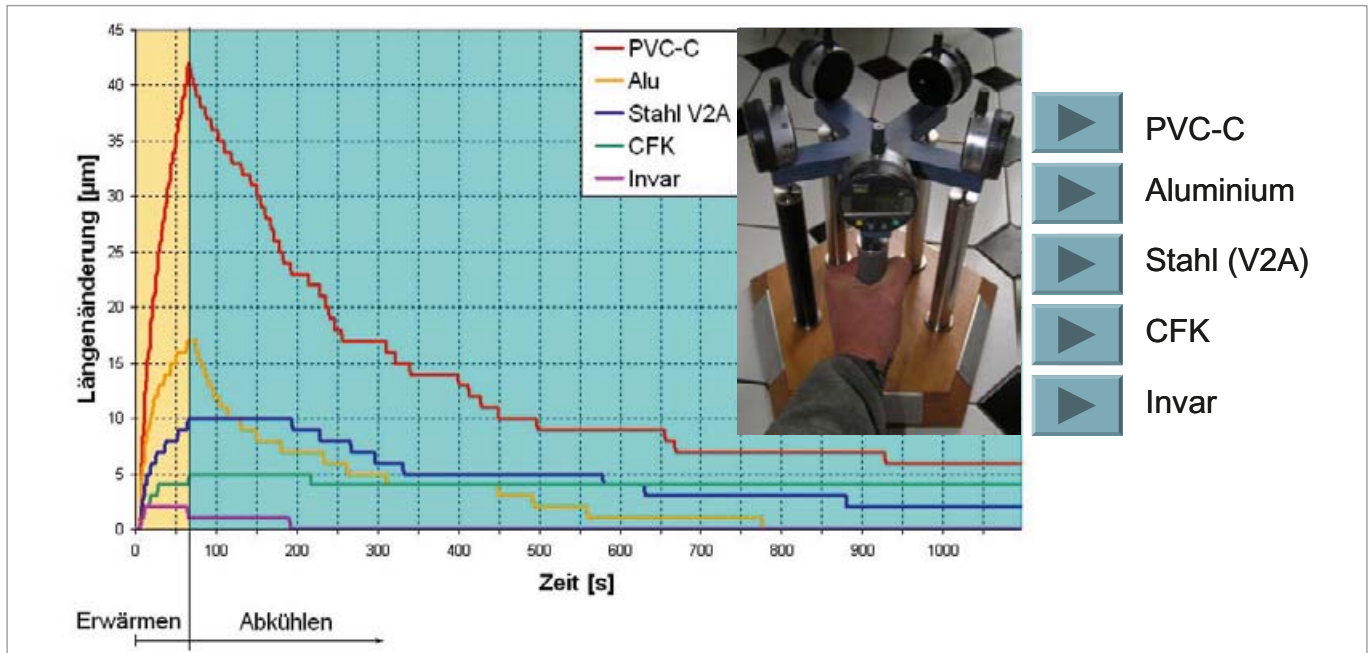


Abbildung 1: Bedeutung der Wärme für die Fertigungsgenauigkeit

Ein Themenschwerpunkt, der an Hochschulen für angewandte Wissenschaften immer wichtiger wird, ist die anwendungsnahe Forschung. Dazu ist eine maschinen- und gerätetechnische Ausstattung auf dem vordersten Stand der Technik zwingend erforderlich, um für Kooperationspartner aus der Industrie interessant zu sein.

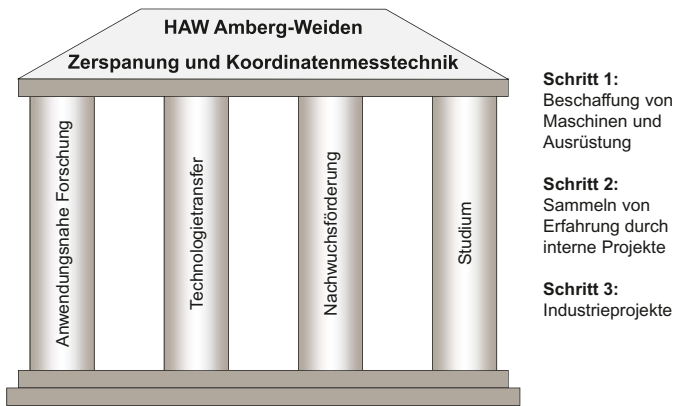


Abbildung 2: Themenschwerpunkte und Vorgehen im Ausbau der Labore

Ein weiteres Feld stellt der effiziente Know-how-Transfer dar. Die Zeitspanne, die verstreicht, bis Innovationen in den Betrieben umgesetzt werden, ist in der Praxis zu groß. Neben den technischen Belangen wird die Beachtung des demografischen Faktors immer wichtiger. Zusätzlich zu der Erstausbildung junger Menschen gewinnt die Weiterbildung der Mitarbeiter in den Betrieben einen immer größeren Stellenwert. Die Technikbegeisterung junger Menschen muss vor dem Hintergrund eines enger werdenden Arbeitsmarktes gefördert werden.

Ausbau der Labore

Um eine für Industriebetriebe interessante Unterstützung bei der Prozessoptimierung sowie der Optimierung und systematischen Untersuchung von Zerspanungswerkzeugen zu bieten, wurden das Amberger Werkzeugmaschinenlabor aufgerüstet und neue Laborflächen am Technologiecampus in Cham gestaltet und bezogen.

Ausbau des Amberger Werkzeugmaschinenlabors

Der Schwerpunkt im Amberger Werkzeugmaschinenlabor war der Ersatz der DMU 50T durch ein 5-Achs-Bearbeitungszentrum vom Typ Grob G350. Die wesentlichen Vorteile der neuen Maschine liegen in dem horizontalen Maschinenkonzept, das einen freien Fall der Späne weg von Werkstück, Spannmittel und Werkzeug ermöglicht. Durch die einseitige Aufhängung des Maschinentisches bleibt dabei die Bearbeitungsstelle sichtbar.

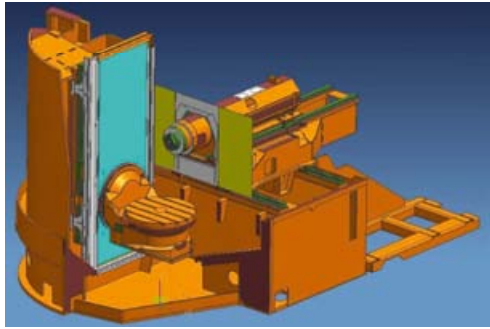
Siehe Abbildung 3

Ein weiterer wesentlicher Vorteil liegt in der kräftigen Spindel, die auf der einen Seite eine hohe Drehzahl bietet und auf der anderen Seite ein hohes Drehmoment bereitstellt. Dies steigert die Flexibilität der Anlage. Zur Kühlung stehen innere und externe Kühlmittelzuführung zur Verfügung. Die Anlage soll durch ein CFK Paket nachgerüstet werden, um die Zerspanung innovativer Leichtbauwerkstoffe zu ermöglichen.

Fräszentrum Grob G350 – Amberg



Bild: Grob



Technische Daten:

- **Arbeitswege** in X-/Y-/Z-Achse (mm)
600 / 770 / 805
 - A-Achse 240 Grad; B-Achse 360 Grad
 - **Geschwindigkeiten (max.)**
in X-/Y-/Z-Achse (m/min): 65 / 42 / 90
 - **Beschleunigungen (max.)** in X-/Y-/Z-Achse (m/s²) 7
 - Spindel: HF Spindel 30.000 1/min.
 - Leistung Hauptspindel: 53 kW
 - Werkzeugschnittstelle HSK 63
 - 40-fach Werkzeugwechsler
 - IKZ: Druck/Fördervolumen der Hochdruckpumpe (22,5 bar) 23 l/min
 - Minimalmengenschmierung umschaltbar
 - Kratzerbandförderer
 - CFK-Paket
 - Maschinengewicht: 14 Tonnen
 - Messtaster: M&H
 - Werkzeugmessung: Blum LaserControl
- Inbetriebnahme:** 01/2012

Abbildung 3: 5-Achs-Bearbeitungszentrum Grob G350

Konzeption und Aufbau der Labore für Werkzeugmaschinen und Koordinatenmesstechnik am TC Cham

Am Technologiecampus in Cham, der von der Hochschule Deggendorf betrieben wird, hat die Hochschule Amberg-Weiden die Aufgabe, den Bereich Zerspanung und Koordinatenmesstechnik voranzutreiben und drei temperierte Labore auszustatten. Dies eröffnet in der Präzisionsbearbeitung Möglichkeiten, die den vorderen Stand der Technik markieren.

Im Zoller-Labor werden neben der Schneideneinstellung auch die Themen Komplettmessung von Zerspanungswerkzeugen und die rechnergestützte Werkzeugorganisation aufgegriffen.

Siehe Abbildung 5

Für das Zerspanungsverhalten ist neben der Geometrie des Werkzeuges die Oberfläche und die Schneidkantenpräparation von entscheidender Bedeutung. Mit dem Messgerät der Fa. Zoller sollen diese Merkmale geprüft und Verschleiß am Werkzeug gemessen werden können.
Siehe Abbildung 6

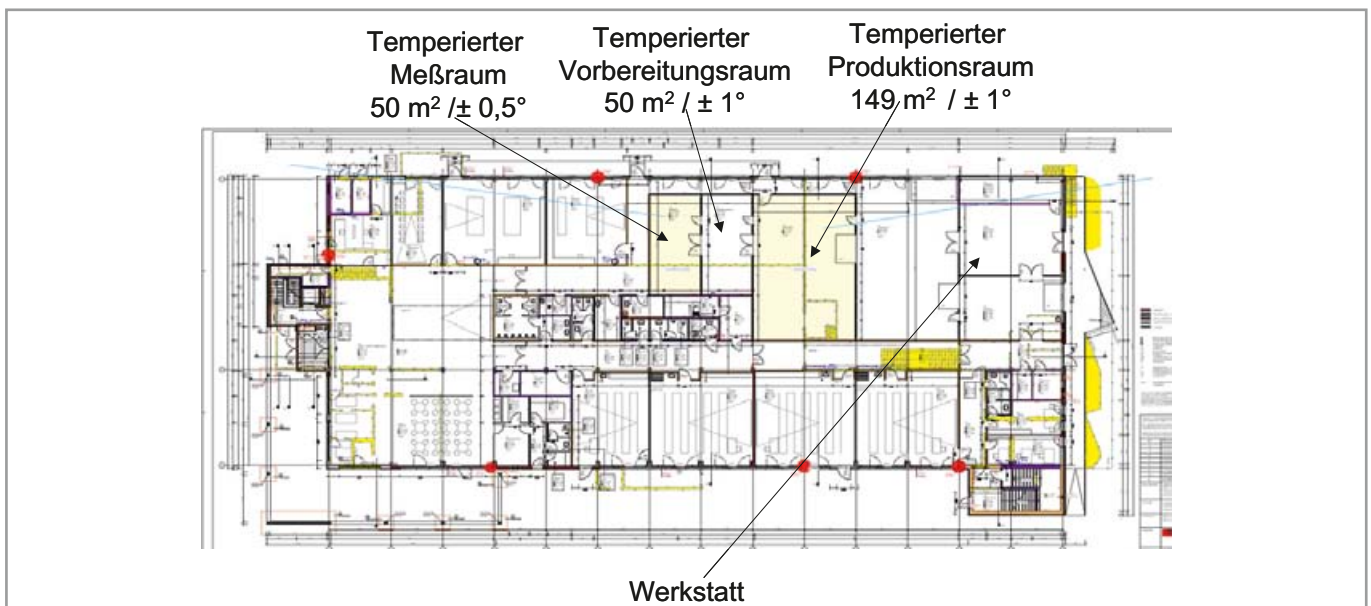


Abbildung 4: Temperierte Labore am TC Cham für Zerspanung und Koordinatenmesstechnik

Zoller Genius 3 mikro



Ziel:

Komplettmessung von Werkzeugen
und Dokumentation

Messbare Werkzeugmerkmale:

Kontur, Radien, Winkel, Abstände, Verschleiß,

Sensoren:

Durch- und Aufrichtbeleuchtung
Schwenkbare telezentrische CCD-Kamera

Messbereiche:

in Z: 600 mm
In X: 175 mm
In Y: 100 mm
D : 340 mm

Wiederholgenauigkeit: 2 µm

Highlights:

5-Achs CNC-Steuerung
Vollautomatische Messabläufe
Elektronik und Software „Pilot 3“

Inbetriebnahme: 2012

Abbildung 5: CNC-gesteuertes Messgerät zur Komplettmessung von Zerspanungswerkzeugen (Bilder: Fa. Zoller)



Technische Daten:

Arbeitsraum X, Y, Z: 450 mm, 600 mm, 330 mm
Eilganggeschwindigkeiten: 30 m/min.
Beschleunigung: 8 m/s²
Hauptspindel:
– Drehzahl: 42.000 1/min,
– Drehmoment: 16 Nm,
– Spindelleistung: 30 kW
Werkzeugschnittstelle: HSK 40E
Werkzeugmagazin: 65 Plätze
Span-zu-Span-Zeit: 4,5s
Auflösung Wegmesssystem: 0,1 µm
Steuerung: Heidenhain iTNC 530
Maschinengewicht: 8,5 t, Inbetriebnahme: 05/2012

Abbildung 6: 5-Achs-Bearbeitungszentrum für die HSC-Bearbeitung Hermle C22U

Das 5-Achs-Bearbeitungszentrum dient zur HSC-Bearbeitung, insbesondere von filigranen Konturen. Die regionale Weiterbildung von Mitarbeitern im Bereich des 5-Achs-FräSENS wird ein weiterer Anwendungsschwerpunkt sein.



Arbeitsbereich: 615 mm

Hauptspindel, Gegenspindel

– Spindeldurchlass (mm): 65
– Spindelkopf ISO 702 / 1 Größe 140 mm
– Spannfutterdurchmesser
mm 140/160
– Drehzahl min⁻¹: 5000
– Leistung bei 100%/40% ED
kW 20/27
– Drehmoment bei 100%/ 40% ED
Nm 105/145

Gegenspindelschlitten X Z

– Schlittenweg mm: 150 600
– Eilgang m/min: 25 50

Revolverschlitten 1-3 X Z Y B-Korrekturachse

– Schlittenweg mm: 110 360 70 ± 1°
– Eilgang m/min: 25 50 12

Werkzeugrevolver 1, 2 und 3

– Anzahl Stationen/davon angetrieben: 12/12
– Werkzeugsystem DIN 69880 25 x 48
– Werkzeugantrieb Drehzahl
min⁻¹ 6000
– Werkzeugantrieb Leistung bei
25% ED kW 8
– Werkzeugantrieb Drehmoment bei 25% ED
Nm 16

Werkstückabholeinrichtung

Masse ca. kg 6500

Alter: 6 Jahre – Generalüberholt 2012

Abbildung 7: Drehzentrum für die Lösung komplexer Bearbeitungsaufgaben

Das Drehzentrum wird in Projekten eingesetzt, in denen die Bearbeitung und die Verlagerung zusätzlicher Fertigungsschritte, wie beispielsweise der Montage, in eine Produktionsmaschine demonstriert werden soll. Ein wesentlicher Beweggrund liegt in immer leistungsfähigeren Zerspanungswerkzeugen, durch deren Einsatz sich die Bearbeitungszeit des Bauteils immer weiter reduziert. Wenn es gelingt, beispielsweise personalkostenintensive Montagevorgänge in die Maschine zu verlagern und automatisiert durchführen zu lassen, so kann das einen Grund darstellen, um die

Fertigung von Produkten an einem Hochlohnstandort zu halten und nicht ins Ausland zu verlieren.

Das Konzept wird abgerundet durch ein Präzisionskoordinatenmessgerät, das eine Messunsicherheit von weniger als $1\mu\text{m}$ bietet. Die goldene Regel der Messtechnik lautet: Die Messunsicherheit sollte bei etwa $1/10$ der Fertigungstoleranz liegen. Das bedeutet, dass zur Sicherstellung der Fertigungstoleranz von $1/100\text{ mm}$ eine Messunsicherheit von ca. $1/1000\text{ mm}$ erforderlich ist.



Technische Daten:

Arbeitsraum:

X: 1200mm
Y: 1000mm
Z: 700mm

Messunsicherheit:

$$MPE_E = ab\ 0,6 + L/800$$

LSP-S2 Messkopf

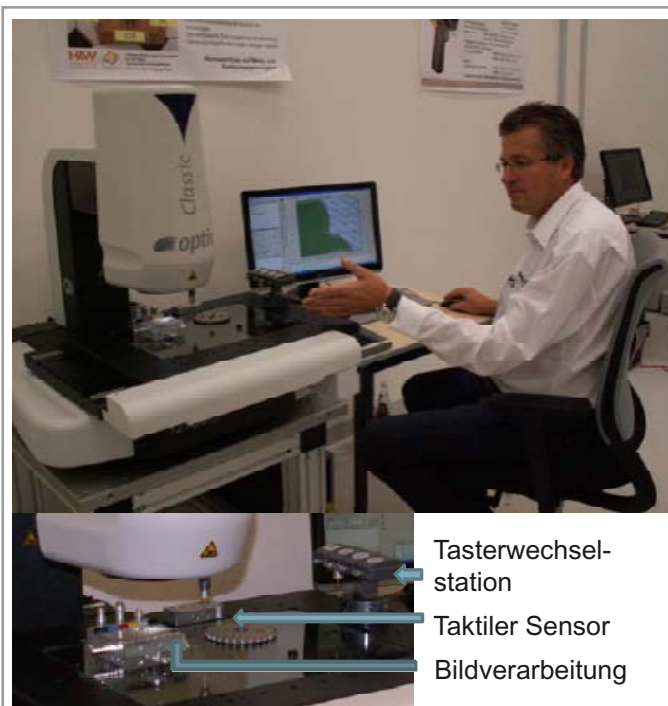
Tasterverlängerung bis 800 mm und 1000g

Tasterwechselstation mit 5 Positionen

Status:

Messgerät ist in Betrieb seit 08/2012
Anwenderschulung fehlt noch

Abbildung 8: Präzisionsmessgerät Leitz PMM-C 12.10.7



Technische Daten:

Arbeitsraum:

X: 300mm
Y: 200mm
Z: 150mm

- Tischgerät
- Gewicht 170 kg
- Visionsensor mit hochauflösende CCD-Farbkamera
- CNC-Motorzoom
- Auflicht, Durchlicht und Mehrsegment-Ringlicht
- Mess-Software PC-DMIS Vision
- Schaltender Taster
- Wechselmagazine für Tastereinsatzmodule mit 4 Modulpositione

Inbetriebnahme: 08/2012

Anwenderschulung fehlt noch

Abbildung 9: Multisensor Koordinatenmessgerät: OPTIV Classic 321 GL tp

Daneben wurde ein Multisensorkoordinatenmessgerät beschafft. Das Gerät ist neben einer hochauflösenden Farb-CCD Kamera auch mit einem schaltenden taktilen Sensor und einer Tasterwechselstation ausgestattet.

Das Konzept wird abgerundet durch ein Präzisionskoordinatenmessgerät, das eine Messunsicherheit von weniger als $1\mu\text{m}$ bietet. Daneben ist die Beschaffung eines optischen Oberflächen- und Profilmessgerätes geplant.

Technologietransfer

Neben der gerätetechnischen Ausstattung und deren Einsatz in der anwendungsnahen Forschung kommt aufgrund des zunehmenden Facharbeitermangels dem Technologietransfer zur Verbesserung der Produktionsprozesse und dem Know-how-Transfer zur Schulung der Mitarbeiter in den Unternehmen eine zunehmende Bedeutung zu. Um Letzterem gerecht zu werden, werden Workshops und regelmäßige Werkzeugseminare durchgeführt. Abgerundet wird das Programm durch ein zertifiziertes Kursprogramm im Bereich der Koordinatenmesstechnik und durch Spezialkurse im Bereich des 5-Achs-FräSENS.

Die Prozessverbesserung in den Betrieben wird im Rahmen des Innovationsnetzwerkes Zerspanungstechnik Bayern vorangetrieben.

Workshops

Im jährlichen Abstand werden Workshops durchgeführt, bei denen an der Hochschule Amberg-Weiden in Kooperation mit Industriebetrieben erarbeitete Lösungen präsentiert werden. Die nächste Veranstaltung ist im November dieses Jahres zum Thema „Kostenoptimiertes FräSEN durch neue Werkzeug-, Steuerungs- und Maschinenkonzepte“ geplant.

Koordinatenmesstechnikurse

Aktuelle Koordinatenmessgeräte verfügen über eine hervorragende Qualität. Zur Messunsicherheit tragen diese Geräte mit einem Faktor von 1 bei, während ein ungeübter Anwender bei komplexer werdenden Geräten mit dem Faktor 100 zur Messunsicherheit beitragen kann [Herde2012]. Die Vermittlung eines breiten Grundlagenwissens über die Messtechnik rückt damit immer stärker in den Fokus. Die Hochschule Amberg-Weiden war die erste Fachhochschule in Deutschland, die nach AUKOM-Standard eine herstellernerneutrale zertifizierte Ausbildung im Bereich der Koordinatenmesstechnik für die Studierenden anbieten kann. Die ersten Zertifikate wurden Mitte April 2006 an die teilnehmenden Studenten ausgehändigt. Seitdem haben weit über 100 Studenten die zertifizierte Ausbildung durchlaufen. Daneben war die Hochschule in Amberg an der Weiterentwicklung der AUKOM-Schulungsunterlagen im Rahmen eines Kooperationsprojektes beteiligt.

In Kooperation mit industriellen Anbietern von AUKOM-Kursen wird dieses Wissen auch interessierten Industriebetrieben im Rahmen eines Technologietransfers in der Region als kostenpflichtiger Kurs nahe gebracht.

Spezialkurse 5-Achs-FräSEN

Im Bereich des 5-Achs-FräSENS besteht oft die Problematik, dass die Anwender in der Industrie aus dem 3-Achs-FräSEN kommen und damit die Funktionen von modernen Werkzeugmaschinen nur sehr unzureichend ausnutzen. Beispielsweise kann beim FräSEN tiefer Taschen das Werkzeug angestellt werden. Damit kann ein kürzeres stabileres Werkzeug eingesetzt werden. Die Schnittwerte können deutlich gesteigert werden. Die Vermittlung dieses Wissens kann den Betrieben helfen, teure Investitionen in Maschinen effizienter zu nutzen. Aktuell ist ein Kursprogramm für die Industrie im Aufbau.

Oberpfälzer Werkzeugseminarreihe

Verbesserungen auf der Seite der Zerspanungswerkzeuge können am schnellsten in der Produktion einen Nutzen bringen, im Gegensatz zu Investitionen in neue Maschinen. Von entscheidender Bedeutung ist, dass die neuen Möglichkeiten, die sich durch neue Schneidstoffe, Beschichtungen und Werkzeuggeometrien eröffnen, von den Anwendern schnell und konsequent in der Praxis umgesetzt werden, um die Produktivität an kostenintensiven Werkzeugmaschinen deutlich zu steigern. Hier gibt es in der Praxis oft das Problem, dass nicht die wirtschaftlichsten Werkzeuge eingesetzt, oder durch suboptimale Zerspanungsparameter deren Fähigkeiten nicht ausgeschöpft werden.

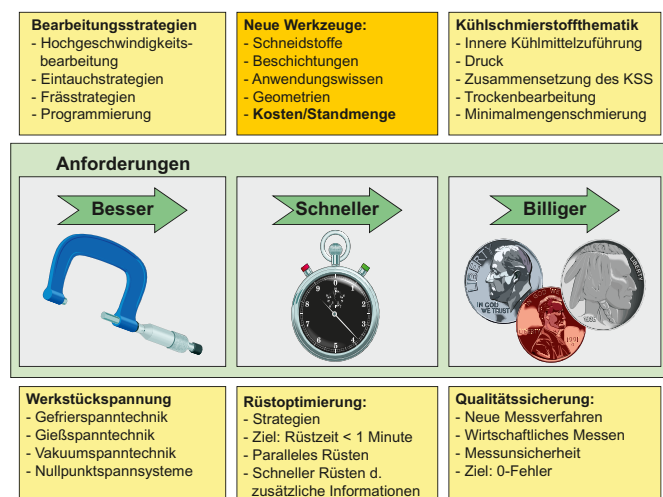


Abbildung 8: Spannungsfeld für die Zerspanung und Motivation für die Oberpfälzer Werkzeugseminare

In Kooperation mit Herstellern von Präzisionswerkzeugen wurden und werden einmal pro Quartal Halbtagsseminare in den Räumen des Technologie Campus Cham oder der HAW in Amberg durchgeführt. Anwender aus der Industrie haben die Möglichkeit, sich in diesen Seminaren umfassend über innovative Entwicklungen und Spitzen-

technologie bei Zerspanungs-, Prüf- sowie Spanntechnik zu informieren. Als Zielgruppe werden Fachkräfte und Interessierte, die sich im Bereich Zerspanung und Arbeitsvorbereitung weiterbilden möchten, angesprochen. Die Seminarteilnahme wird bewusst kostenfrei gehalten, um die Reichweite des Informationstransfers zu steigern. Dies ist in der Veranstaltung vom 26.04.2012 mit 174 Anmeldungen dokumentiert. Die Teilnehmer kommen dabei nicht nur aus Bayern. Des Weiteren ergibt die Google-Suchabfrage „Werkzeugseminar“ seit nunmehr über 12 Monaten den ersten Rang auf der Trefferliste für die Oberpfälzer Werkzeugseminare.

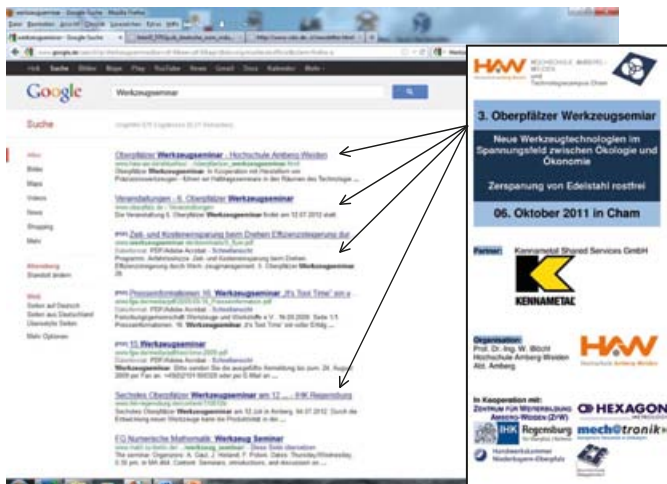


Abbildung 9: Google-Suchabfrage „Werkzeugseminar“ liefert ersten Rang in der Trefferliste für die Oberpfälzer Werkzeugseminare

Anwendungsnahe Forschung

Im Bereich der anwendungsnahe Forschung wurden oder werden Projekte im Umfeld der Maschinensimulation, der Rüstoptimierung, des gezielten und systematischen Tests von Zerspanungswerkzeugen, des Wuchtens von Werkzeugen, der Fertigungsleittechnik, der Koordinatenmesstechnik und hier speziell der Messung von Mikrostrukturen, sowie ein technologischer Benchmark zur Gewinnung von Transparenz in der Fertigung durchgeführt. Aus Geheimhaltungsgründen kann auf diese Projekte nicht näher eingegangen werden.

Innovationsnetzwerk Zerspanungstechnik Bayern

Seit der Gründung des Innovationsnetzwerkes Zerspanungstechnik Bayern, die am 14.11.2008 auf die Initiative von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Blöchl an der HAW (Hochschule für angewandte Wissenschaften (FH)) in Amberg erfolgte, treffen sich die Mitglieder des Netzwerkes regelmäßig einmal im Quartal bei wechselnden Gastgebern. Dabei werden jeweils Fachberichte über aktuelle Herausforderungen der Zerspanungstechnik von einem Netzwerkmitglied vorgetragen und anschließend diskutiert. Außerdem wurden verschiedene Arbeitskreise, wie beispielsweise ein Arbeitskreis NC-Programmierung oder ein Arbeitskreis „Technologischer Benchmark für Zerspanungswerkzeuge“

ins Leben gerufen. Daneben wurden gemeinsame Forschungsprojekte, wie beispielsweise das Projekt „Virtuelle Maschine“ gestartet, an dem sich verschiedene Mitgliedsunternehmen des Netzwerkes beteiligen. Die Entwicklung innovativer und leistungsfähiger Zerspanungswerkzeuge trägt in einem noch wesentlich stärkeren Maße als die Entwicklung neuer Werkzeugmaschinen zur Effizienz- und Qualitätssteigerung in der Produktion bei. Dazu seien folgende Thesen aufgestellt:

- Dem Zerspanungswerkzeug kommt eine entscheidende Rolle bei Wirtschaftlichkeit und Genauigkeit der Produktion zu (Schlüsseltechnologie, Multiplikatoreffekte).
- Innovationen im Bereich der Zerspanungswerkzeuge lassen sich schneller umsetzen als bei den Werkzeugmaschinen.
- Der Markt für Zerspanungswerkzeuge wächst schneller als der Markt für Werkzeugmaschinen [VDI-N2003].
- Der Markt für Zerspanungswerkzeuge ist keinen so großen Schwankungen unterworfen, im Vergleich zum Markt für Werkzeugmaschinen.



Abbildung 10: Mitgliedsunternehmen des Innovationsnetzwerkes Zerspanungstechnik Bayern

Die Ziele des Netzwerkes sind:

1. Förderung der Innovation bei der Entwicklung leistungsfähigerer Zerspanungswerkzeuge.
2. Förderung des Know-how-Transfers von den Zerspanungswerkzeugherstellern hin zu den Anwendern.
3. Förderung anwendungsspezifischer Projekte zur Umsetzung neuer Werkzeuge und Fertigungsverfahren in Zerspanungsmaschinen.
4. Förderung des Informationsaustausches zwischen den Anwendern von Zerspanungstechnik (Best Practice).

Literatur:

- [VDW2011] Verein deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW): VDW Jahresbericht 2011, Internetpublikation unter www.vdw.de/aktuelles
- [Weck2005] Weck, Manfred; Brecher, Christian: Werkzeugmaschinen Band 1: Maschinenarten und Anwendungsbereiche; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005
- [Herde2012] Herde, Markus: Notwendigkeit der Ausbildung in der Koordinatenmesstechnik bei BMW. <http://www.aukomev.de/deutsch/fachtagung.htm>, Abruf: 12.07.2012
- [VDI-N2003] West, H. B.: Werkzeugbau wächst schneller als Maschinenbau. VDI Nachrichten 48/2003
-

Porträt:



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Blöchl
Hochschule Amberg-Weiden
Fakultät Maschinenbau/Umwelttechnik
Lehrgebiete:
Fertigungstechnik, Werkzeugmaschinen, Koordinatenmesstechnik

Labore:

Laborleitung der Labore an der HAW Amberg-Weiden:

- Werkzeugmaschinen
- Verbindungstechnik

Laborleitung der Labore am Technologiecampus Cham:

- Stangl & Kulzer - Labor (Zerspanungstechnik)
- Zoller - Labor (Werkzeugmessung und -organisation)
- Hexagon Metrology – Labor (Koordinatenmesstechnik)

Forschungsschwerpunkte:

- Zerspanungstechnik
- Koordinatenmesstechnik
- Fertigungsleittechnik
- Maschinensimulation

Netzwerke:

- Initiator des Innovationsnetzwerkes Zerspanungstechnik Bayern
- Mitglied im Kompetenz-Netzwerk Mechatronik in Ostbayern

Kontaktdaten:

Kaiser-Wilhelm-Ring 23, 92224 Amberg
Amberg, Raum 157
Telefon +49 (9621) 482-3307
Fax +49 (9621) 482-4307
w.bloechl@haw-aw.de
www.haw-aw.de/bloechl

Vielfalt erleben -

bei einem international aufgestellten Weltmarktführer

Wir bieten an 29 Standorten in 11 Ländern Perspektiven für Praktika, Abschlussarbeiten und den Direkteinstieg.

S SCHERDEL

Die SCHERDELGruppe ist ein international aufgestellter Weltmarktführer im Bereich Technische Federn / Metallumformung und liefert Premiumprodukte, unter anderem für den Automobilbereich, die Medizintechnik und den Elektronikbereich.

Erfahren Sie mehr über die SCHERDELGruppe auf: www.scherdel.de



Produkte und Leistungen der SCHERDELGruppe

- Umformtechnik / Technische Federn
- Montage- und Fügetechnik
- Forschung und Entwicklung
- Werkzeug-/Maschinenbau
- Oberflächentechnik

SCHERDEL GmbH, Scherdelstr. 2, 95615 Marktredwitz, Tel: 09231/603 0, info@scherdel.com



Fraunhofer UMSICHT Sulzbach-Rosenberg ist Institutsteil des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT eins von derzeit 60 Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft, einer der führenden Organisationen für angewandte Forschung in Europa.

Die drei Abteilungen

- Energietechnik
- Kreislaufwirtschaft
- Neue Materialien

des Institutsteils Sulzbach-Rosenberg begleiten ihre Kunden von der Verfahrensidee bis zur Pilotanlage und von der Produktentwicklung bis zur Pilotproduktion. Integrierte Prozessbetrachtungen für effiziente, wirtschaftliche und nachhaltige Lösungen stehen im Mittelpunkt. Das ehemalige ATZ Entwicklungszentrum in Sulzbach-Rosenberg ist heute die größte Fraunhofer Einrichtung in der Oberpfalz.

Das Fraunhofer Centrum für Energiespeicherung (CES) wird ebenfalls am Standort errichtet. Der umfassende Systemwechsel in der Energieerzeugung erfordert neben einem Ausbau der erneuerbaren Energieträger auch den Aufbau eines leistungsfähigen Verbunds von Energiespeichern. Im Rahmen des CES forschen wir an den Themen


- Systemanalyse
- Chemische Speicher
- Thermische Speicher

Unter www.umsicht-atz-fraunhofer.de finden Sie weitere Informationen über unsere Projekte, aktuelle Stellenausschreibungen und Neuigkeiten über Fraunhofer UMSICHT Sulzbach-Rosenberg und die Fraunhofer-Gesellschaft.

Zur Unterstützung unseres Teams sind wir laufend auf der Suche nach neuen motivierten Kolleginnen und Kollegen verschiedener Fachrichtungen.

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Institutsteil Sulzbach-Rosenberg

www.umsicht-atz.fraunhofer.de
An der Maxhütte 1
92237 Sulzbach-Rosenberg

 **Fraunhofer**
UMSICHT

Constantia Hueck Folien

Big enough to dare,
small enough to care.

Constantia Flexibles ist eine global agierende Unternehmensgruppe mit europäischem Fokus, die weltweit Kunden in Branchen wie Nahrungsmittel, Getränke und Pharma professionelle Verpackungslösungen zur Verfügung stellt. In 50 Firmen von Constantia Flexibles sind derzeit ca. 5.000 Mitarbeiter beschäftigt.



Constantia Hueck Folien mit Sitz in Pirkmühle bei Weiden ist ein Unternehmen der Constantia Flexibles Gruppe.

Wir vergeben:

- Praktika und Abschlussarbeiten für Studierende des Maschinenbaus, der Druck- und Verpackungstechnik, der Chemie, der Elektrotechnik, der angewandten Informatik oder des Wirtschaftsingenieurwesens
- Einstiegsmöglichkeiten als Trainee

Informationen finden Sie auf unseren Karriereseiten unter www.constantia-hueck.com

Ihr Ansprechpartner:

Constantia Hueck Folien GmbH & Co. KG
Frau Cornelia Uschold
Pirkmühle 14-16
92712 Pirk
Cornelia.Uschold@constantia-hueck.com
www.constantia-hueck.com



mein profi
Ihr Fachmann von nebenan



www.mein-profi.de



„Wir suchen
die Ingenieure
von morgen!“



evopro systems engineering AG

Jobs in den Bereichen:
> Mechatronik
> Automatisierungstechnik
> Elektrotechnik
> Medientechnik
> Infotronik
www.evopro-ag.de/karriere.html

Regensburg | Nürnberg | Amberg | Karlsruhe | Bonn | Berlin

www.evopro-ag.de

Bau-Werte. Nachhaltig.

Werte bewahren und ausbauen.

Unsere gebaute Umwelt – Hochbauten wie Tiefbauten – ist ein bedeutender Teil unseres Volksvermögens: Werte, die es zu achten und zu erhalten gilt.

Bauen ist ein wichtiger Aspekt der Nachhaltigkeit.

Das Nachhaltigkeitsgebot verlangt, unsere Umwelt – sowohl Natur wie Bauwerke – so zu erhalten, dass unsere Nachkommen mindestens so gut leben können wie wir heute.

**Nachhaltigkeit für morgen erfordert
Bau-Investition heute!**



**BAUINDUSTRIE
BAYERN**

Bayerischer Bauindustrieverband e.V.
80331 München Oberanger 32
Postfach 100361 80077 München
Telefon +49 89 235003-0 Fax -70
info@bauindustrie-bayern.de
www.bauindustrie-bayern.de

Emissionsminderung bei pflanzenölbetriebenen Blockheizkraftwerken



Europäische Union
„Investition in die Zukunft“
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Gesundheit



Dieses Projekt wird von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit kofinanziert.

Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch
Mitautoren Raphael Lechner, M. Sc.
Andreas Schwemmer, M. Eng.
Christian Lindner, B. Eng.

1 Abstract

Im Rahmen eines zweijährigen Forschungsvorhabens an der Hochschule Amberg-Weiden wurden die limitierten Luftschadstoffemissionen (CO , NO_x , HC , Staub, Formaldehyd, Benzol) eines pflanzenölbetriebenen Blockheizkraftwerks mit modernem wirkungsgradoptimiertem Verbrennungsmotor und 240 kW elektrischer Leistung untersucht. Dabei wurde bei den Stickstoffoxidemissionen eine wesentliche Überschreitung der Grenzwerte festgestellt, während die übrigen Emissionswerte teils deutlich unter den gesetzlichen Grenzen lagen.

Zur Minderung der Stickstoffoxidemissionen wurden zunächst innermotorische Maßnahmen umgesetzt (Anpassung des Einspritzzeitpunkts), mit denen die relevanten Grenzwerte eingehalten werden können, jedoch zulasten eines deutlich erhöhten Kraftstoffverbrauchs. Als zweiter Schritt wurde daher ein SCR-System (selective catalytic reduction) in die Versuchsanlage integriert, auf den Pflanzenölbetrieb abgestimmt und im Dauerversuch erprobt. Maßgabe für das System war die Einhaltung eines Zielwerts von $500 \text{ mg/m}^3 \text{ NO}_x$ und, im Hinblick auf eine spätere Umsetzung in die Praxis, die Verwendung möglichst kostengünstiger Komponenten aus der Großserienfertigung. Mit dem SCR-System konnte im Neuzustand bei Nennlast eine NO_x -Minderungsrate von rund 90 % erzielt werden, die nach etwa 3500 Betriebsstunden jedoch auf nur noch

65 % abfiel. Die Ursache für die nachlassende Katalysatoraktivität wird in einer mechanischen Blockade der aktiven Zentren durch Ascheablagerungen vermutet. Mit einer zweiten, neuen Katalysatoreinheit konnten bis Projektende noch etwa 900 Betriebsstunden ohne nennenswertes Nachlassen der Aktivität realisiert werden.

Das Vorhaben wurde von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung kofinanziert und vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit finanziert. Die fachliche Betreuung erfolgte durch das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU).

2 Ausgangslage

Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke (BHKW) werden bereits seit den 90er-Jahren erfolgreich zur dezentralen Wärme- und Strombereitstellung in Insel- und Netzparallelbetrieb eingesetzt. Neben dem hohen Gesamtwirkungsgrad durch die kombinierte Nutzung von Strom und Motorabwärme sind v. a. die ökologischen Vorteile von Pflanzenölen von Bedeutung, die auch den Einsatz in sensiblen Gebieten, wie z. B. dem Alpenraum, ermöglichen. Der überwiegende Teil der ab 2004 neu installierten Pflanzenöl-BHKWs bewegt sich im elektrischen Leistungsbereich bis etwa 400 kW, mit einer Feuerungswärmeleistung knapp unter 1 MW. Damit unterliegen diese Anlagen nicht den Emissionsgrenzwerten der aktuellen TA Luft vom 24. Juli 2002, die in der Regel erst ab einer Feuerungswärmeleistung von 1 MW vorgegeben sind. Die in den BHKW-Anlagen eingesetzten Motoren sind daher üblicherweise nicht abgasoptimiert, sondern auf maximalen Wirkungsgrad ausgelegt. Maßnahmen zur Emissionsminderung beschränken sich meist auf Oxidationskatalysatoren,

während Rußpartikelfilter oder Entstickungskatalysatoren im Normalfall nicht eingesetzt werden. Daher können sich in der Praxis die Emissionsmassenströme, insbesondere an Stickoxiden (NO/NO_2), auf bedenklich hohe Werte summieren. Von besonderer Bedeutung ist diese Problematik in Anbetracht der EU-Richtlinie 1999/30/EG, die zum Schutz der menschlichen Gesundheit ab dem Jahr 2005 die PM_{10} -Konzentration auf einen 24-Stundenmittelwert von $50 \mu g/m^3$ und ab 2010 die NO_2 -Immission auf einen 1-Stundenmittelwert von $200 \mu g/m^3$ begrenzt.

Im Rahmen des Monitorings zur Wirkung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Stromerzeugung aus Biomasse geht das Deutsche BiomasseForschungsZentrum für das Jahr 2007 von einem Bestand von bundesweit etwa 2700 betriebenen Pflanzenöl-BHKW-Anlagen aus [7], für das Jahr 2010 noch von etwa 1400 Anlagen mit einer kumulierten elektrischen Gesamtleistung von 295 MW [8]. Neuere Daten hierzu liegen noch nicht vor. Nach aktuellem EEG 2012 erhalten Anlagen zur Stromerzeugung aus flüssiger Biomasse keine Förderung [9], sodass von weiter sinkenden Anlagenzahlen ausgegangen werden kann. Dennoch können bestehende Pflanzenöl-BHKW nach geltender Rechtslage noch eine beträchtliche Zeit weiterbetrieben werden und spielen daher aus Sicht des Immissionsschutzes weiterhin eine Rolle. So haben z. B. die letzten im Jahr 2011 in Betrieb genommenen Anlagen noch bis 2032 Anspruch auf Förderung nach dem EEG.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen zu den Emissionen pflanzenölbetriebener Blockheizkraftwerke beschränken sich größtenteils auf kleinere Anlagen mit Kammermotoren und ältere direkteinspritzende Motoren mit Reiheneinspritzpumpen [2][3][15]. Für moderne Motoren mit Hochdruckeinspritzsystemen (z. B. Pumpe-Düse-System) liegen bislang v. a. Untersuchungsergebnisse für mobile Anwendungen, wie Pkw und Landmaschinen, vor (siehe z. B. [6][16]), aber kaum für BHKW-Motoren. Hinzu kommt, dass diese Motoren aus wirtschaftlichen Gründen in der Regel nicht mit kaltgepresstem Rapsöl, sondern mit kostengünstigeren großtechnisch hergestellten Pflanzenölen (wie z. B. Palmöl und Sojaöl) betrieben werden, was Auswirkungen auf die Abgaszusammensetzung haben kann, wie vergleichende Untersuchungen zu den Emissionen verschiedener Pflanzenöle zeigen [1][2][5]. Die bisherigen Untersuchungen an pflanzenölbetriebenen Motoren zeigen gegenüber dem Heizöl- bzw. Dieselbetrieb i. A. eine Abnahme der CO-, HC- und Partikel-Emissionen bei gleichzeitiger Zunahme der NO_x -Emissionen [2][14]. Zur Emissionsminderung werden bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen bislang meist lediglich Oxidationskatalysatoren eingesetzt, die den Ausstoß von CO und HC sowie die Geruchsbelastung durch die Abgase [4] deutlich mindern. Mit Oxidationskatalysatoren können die Grenzwerte der TA Luft für CO und HC (Leitkomponente Formaldehyd) in der Regel eingehalten werden [15], nicht jedoch die Grenzwerte für die Stickstoffoxidemissionen. Die Bedingungen für niedrige NO_x -Emissionen (niedrige Verbrennungstemperaturen) stehen im Zielkonflikt zu den

Bedingungen für die Rußoxidation, sodass insbesondere moderne Motoren mit niedrigem Partikelaustritt hohe NO_x -Emissionen aufweisen. Noch verschärft wird diese Problematik durch die kraftstoffbedingt höheren NO_x -Emissionen im Pflanzenölbetrieb.

Zur nachgeschalteten NO_x -Minderung hat sich bei Feuerungsanlagen im Kraftwerksbereich und bei größeren Stationärmotorenanlagen, die nach TA-Luft genehmigungsbedürftig sind, v. a. das SCR-Verfahren (selektive katalytische Reduktion) durchgesetzt. Bei kleineren Verbrennungsmotoranlagen konnte sich das Verfahren aufgrund der hohen Anschaffungs- und Betriebskosten, des zusätzlichen regelungstechnischen Aufwands und des fehlenden gesetzlichen Drucks bisher jedoch nicht durchsetzen, sodass hier noch vergleichsweise wenig Erfahrungen vorliegen, insbesondere im Pflanzenölbetrieb. Für die erfolgreiche Implementation der SCR-Technologie auch bei kleineren BHKWs ist es daher erforderlich, kostengünstige und einfache Systemlösungen zu entwickeln.

3 Emissionsgrenzwerte

Für Verbrennungsmotoranlagen mit Selbstzündungsmotoren mit einer Feuerungswärmeleistung von 1 MW bis 3 MW gilt nach der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) in der aktuellen Fassung von 2002 ein Grenzwert¹ von $0,3 g/m^3$ für die CO-Emissionen und $1 g/m^3$ für die NO_x -Emissionen. Die Staubemissionen sind auf $20 mg/m^3$ begrenzt, die Emissionen an organischen Stoffen auf $60 mg/m^3$ Formaldehyd [13]. Für Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung $< 1 MW$ sind in der TA Luft dagegen Emissionsbegrenzungen nicht explizit aufgeführt, es gilt jedoch u. a. § 22 des Bundesimmissionsschutzgesetzes. Daher wurden in Bayern vom Landesamt für Umwelt (LfU) hilfsweise Grenzwerte empfohlen, die in Tabelle 1 zusammengefasst sind. Die Grenzwerte beziehen sich jeweils auf einen Sauerstoffgehalt von 5 Vol-% im Abgas. Zielvorgabe des Projekts war die Einhaltung eines praxistauglichen Emissionswerts von $500 mg/m^3 NO_x$ durch innermotorische und nachgeschaltete Emissionsminderungsmaßnahmen.

Tabelle 1: Emissionsgrenzwerte für pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke $< 1 MW$ Feuerungswärmeleistung

Schadstoff	Feuerungswärmeleistung	Anforderung
Kohlenmonoxid (CO)	$< 1 MW$	$\leq 0,30 g/m^3$
Gesamtstaub	$< 1 MW$	Zielwert $20 mg/m^3$
Stickstoffoxide (NO_x)	$\geq 500 kW < 1 MW$ $< 500 kW$	$\leq 2,5 g/m^3$ $\leq 3,0 g/m^3$
Zielwert NO_x bei Abgasnachbehandlung	$< 1 MW$	$\leq 0,5 g/m^3$
Formaldehyd	$< 1 MW$	$\leq 60 mg/m^3$

4 Versuchsanlage

Als Versuchsträger für das Projekt konnte ein Pflanzenöl-BHKW-Modul des Instituts für Energietechnik an der Hochschule Amberg-Weiden genutzt werden. Das BHKW verfügt über eine elektrische Nennleistung von 220 kW zuzüglich 20 kW aus einer Abgasturbine mit eigenem Generator, bei einer Feuerungswärmeleistung von knapp 530 kW. Als Antriebsaggregat für das BHKW dient ein 6-Zylinder-Turbodieselmotor mit Ladeluftkühlung und Pumpe-Düse-Einspritzsystem. Tabelle 2 zeigt die technischen Daten der Anlage, Abbildung 1 das BHKW-Modul in der Prüfstandskabine, Abbildung 2 eine schematische Darstellung des Prozesses.

Als Versuchskraftstoffe kamen schwefelarmes Heizöl EL nach DIN 51603 (Referenzkraftstoff) sowie Rapsölvollraffinat, Sojaölvollraffinat und Palmölvollraffinat in Anlehnung an DIN 51605 (Kraftstoffe für pflanzenöлтаugliche Motoren-Rapsölkraftstoff) zum Einsatz.

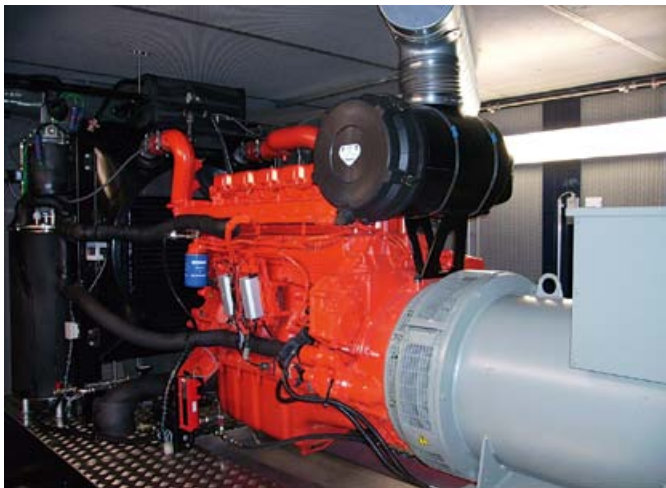


Abbildung 1: Blick in die BHKW-Prüfstandskabine

Tabelle 2: Technische Daten von Motor und Generator

BHKW	
Fabrikat	Burkhardt GmbH
Elektrische Nennleistung	240 kW (220 kW Hauptgenerator + 20 kW Abgasturbine)
Thermische Nennleistung	200 kW
Feuerungswärmeleistung	533 kW
Wirkungsgrad elektrisch/thermisch/gesamt	45 % / 37,5 % / 82,5 %
Motor	
Hersteller/Typ	Scania DC 12 54 A
Bauform	6-Zylinder-Reihenmotor
Arbeitsverfahren	4-Takt-Diesel, Abgasturboaufladung mit Ladeluftkühlung
Ventile	2 Einlass/2 Auslass
Einspritzsystem	Bosch-Pumpe-Düse
Hub/Bohrung/Hubvolumen/Verdichtung	154 mm / 127 mm / 11705 cm ³ / 18:1
Nenndrehzahl	1500 1/min
Nennleistung mechanisch	273 kW prime power (Dauerbetrieb, 10 % Überlast für 1 Stunden in 12 Stunden zulässig) 316 kW stand-by power (Maximalleistung, keine Überlast zulässig, max. 500 Stunden pro Jahr)
Generator	
Hersteller/Typ	Leroy Somer LAS 46.2 VL 12
Bauart	Luftgekühlter Synchrongenerator 400 V 50 Hz

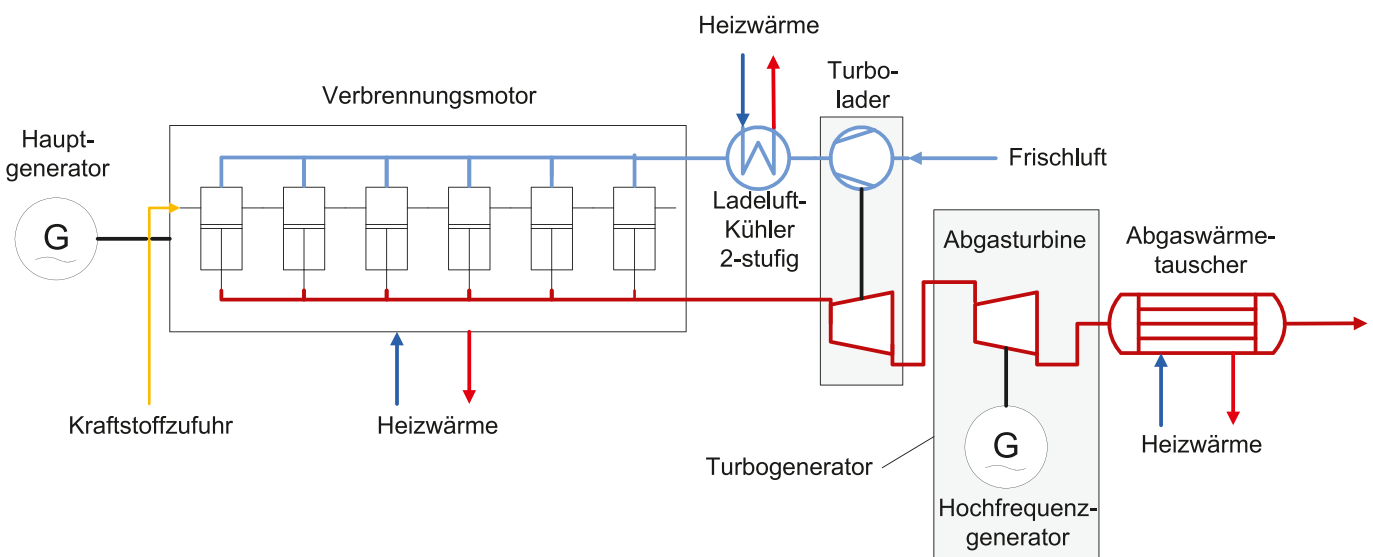


Abbildung 2: Schematische Darstellung der BHKW-Anlage mit Abgasturbine

5 Emissionen im Grundzustand

Abbildung 3 zeigt die NO_x -Emissionen in mg/m^3 nach TA Luft für die Versuchskraftstoffe Heizöl EL, Rapsölvollraffinat, Sojaölvollraffinat und Palmölvollraffinat in Abhängigkeit der eingestellten elektrischen Anlagenleistung. Die Angabe 220 kW entspricht dabei der Nennleistung der Anlage, die zusätzliche Leistung aus der Abgasturbine wurde in den Diagrammen nicht berücksichtigt. Der vom LfU empfohlene NO_x -Grenzwert von $3000 mg/m^3$ (für Feuerungswärmeleistung $< 500 kW$) bzw. $2500 mg/m^3$ (für Feuerungswärmeleistung $500 kW bis < 1 MW$) kann im Ausgangszustand der BHKW-Anlage mit keinem der untersuchten Kraftstoffe eingehalten werden. Dies ist v. a. darauf zurückzuführen, dass der Motor im Serienzustand von Scania nicht auf den Betrieb mit Pflanzenölen abgestimmt ist und daher der Einspritzzeitpunkt zu früh eingestellt ist. Es fällt auf, dass die gemessenen Emissionskonzentrationen bezogen auf 5 Vol-% O_2 (gemäß TA Luft) mit sinkender Anlagenleistung steigen. Da der Motor bei geringerer Leistung mit einem höheren Verbrennungsluftverhältnis und dementsprechend mit einem höheren Restsauerstoffgehalt im Abgas betrieben wird, erhöht sich bei Teillast der Faktor zur Umrechnung der in ppm gemessenen Rohabgaswerte. Die tatsächlich gemessenen Rohabgaswerte in ppm sinken im Teillastbetrieb, gleichzeitig steigen hingegen wegen der Umrechnung entsprechend TA Luft die auf 5 Vol-% O_2 berechneten Werte in mg/m^3 .

Beim Betrieb mit Pflanzenöl-Kraftstoffen liegen die NO_x -Emissionen im gesamten Leistungsbereich über denen des Heizölbetriebs (vgl. Abbildung 3). Erklären lässt sich dies beim verwendeten Versuchsmotor durch eine etwas schnellere Verbrennung der Pflanzenöle mit frühem Verbrennungsschwerpunkt, was zu höheren Spitzendrücken und Spitzentemperaturen führt und die NO -Bildung begünstigt. Mittels einer Brennraumindizierung (Druckverlaufsmessung im Brennraum) und daraus abgeleiteten thermodynamischen Berechnungen wurde dies im Rahmen eines vorangegangenen Projekts experimentell bestätigt [10].

In Abbildung 4 sind die Kohlenmonoxidemissionen in Abhängigkeit von Anlagenleistung und verwendetem Kraftstoff dargestellt. Kohlenmonoxid entsteht bei unvollständiger Verbrennung und ist abhängig vom Luftverhältnis sowie den Gemischbildungsparametern Drall und Einspritzung im Brennraum [12]. Der nach TA Luft vorgegebene CO -Grenzwert von $300 mg/Nm^3$ wird mit allen Kraftstoffen eingehalten. Die CO -Emissionen der Pflanzenöle liegen dabei unter denen des Heizöls, was auf eine vollständigere Verbrennung der Pflanzenöle hindeutet. Erklären lässt sich dies durch den im Pflanzenöl gebundenen Sauerstoff, der zu einer höheren Sauerstoffkonzentration im Brennraum und zu einer Verschiebung des CO/CO_2 -Gleichgewichts Richtung CO_2 führt.

Die Summe der Kohlenwasserstoffemissionen (HC) ist in Abbildung 5 dargestellt. Die HC-Emissionen bei Pflanzenölbetrieb liegen im gesamten Bereich auf niedrigem Niveau und deutlich unter denen bei Betrieb mit Heizöl. Die Variation der Leistung macht sich bei den Pflanzenölkraftstoffen nicht

spürbar bemerkbar, während beim Heizöl die HC-Emissionen im Teillastbetrieb deutlich ansteigen. Wie auch bei den CO -Emissionen lassen sich die niedrigeren HC-Werte auf den im Pflanzenöl gebundenen Sauerstoff zurückführen, der für eine vollständigere Verbrennung sorgt. Die HC-Emissionen sind nach TA Luft nicht explizit begrenzt, es existiert lediglich ein Grenzwert von $60 mg/m^3$ für die Einzelkomponente Formaldehyd und eine Begrenzung für verschiedene krebserzeugende Stoffe gemäß allgemeinem Teil der TA Luft [13]. Als Vertreter dieser Stoffklasse wurde im Rahmen des Projekts Benzol ausgewählt, das als krebserzeugender Stoff der Klasse III zugeordnet ist, für die ein Summengrenzwert von $1 mg/m^3$ gilt. Mit gemessenen Spitzenwerten von ca. $3,1 mg/m^3$ spielen jedoch im vorliegenden Fall weder die Formaldehydemissionen eine besondere Rolle noch die Benzolemissionen, die sich mit $< 0,05 mg/m^3$ an der Nachweisgrenze des Messverfahrens bewegen.

Abbildung 6 zeigt die nach VDI 2066 gravimetrisch bestimmten Staubemissionen für die unterschiedlichen Kraftstoffe (3 Einzelmessungen und Mittelwert). Alle Messungen wurden im Nennlastpunkt durchgeführt. Der Grenzwert von $20 mg/m^3$ wird bei allen Kraftstoffen eingehalten, wobei beim Betrieb mit Pflanzenölkraftstoffen die Emissionen sowohl bei den Einzelmessungen als auch im Mittel deutlich geringer sind als im Heizölbetrieb. Ein Rußfilter ist im Grundzustand der Versuchsanlage zur Einhaltung der Grenzwerte demnach nicht notwendig.

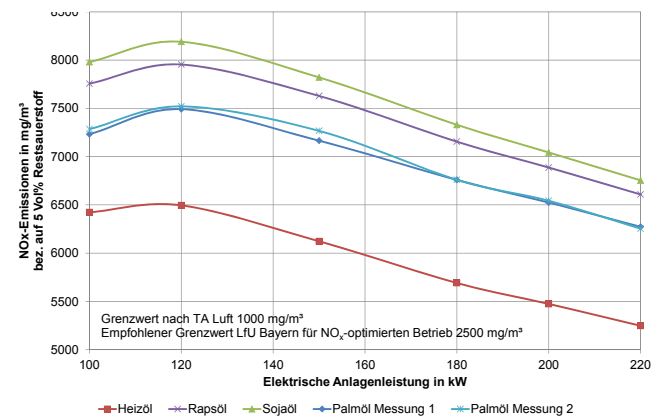


Abbildung 3: Stickstoffoxid-Emissionen unterschiedlicher Kraftstoffe in mg/m^3 bezogen auf 5 Vol-% Restsauerstoff in Abhängigkeit der elektrischen Anlagenleistung (verbrauchsoptimierte Einstellung)

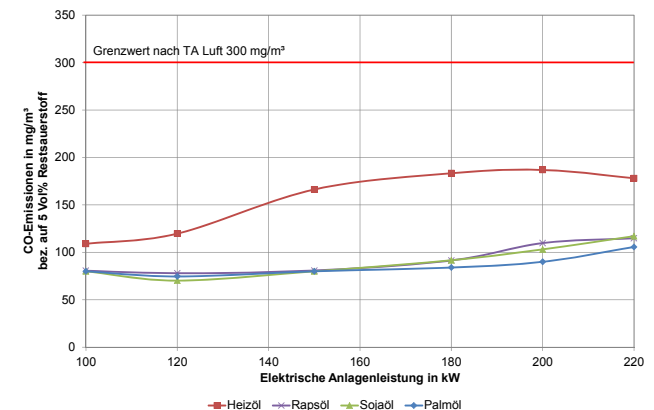


Abbildung 4: Kohlenmonoxid-Emissionen unterschiedlicher Kraftstoffe in mg/m^3 bezogen auf 5 Vol-% Restsauerstoff in Abhängigkeit der elektrischen Anlagenleistung

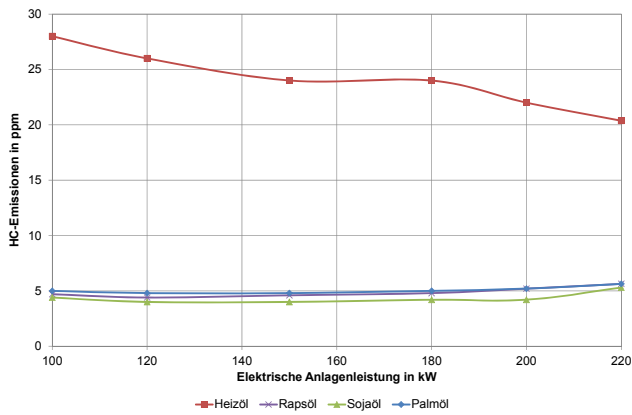


Abbildung 5: Kohlenwasserstoff-Emissionen unterschiedlicher Kraftstoffe in Abhängigkeit der Anlagenleistung in mgC/m³ bezogen auf 5 Vol-% Restsauerstoff

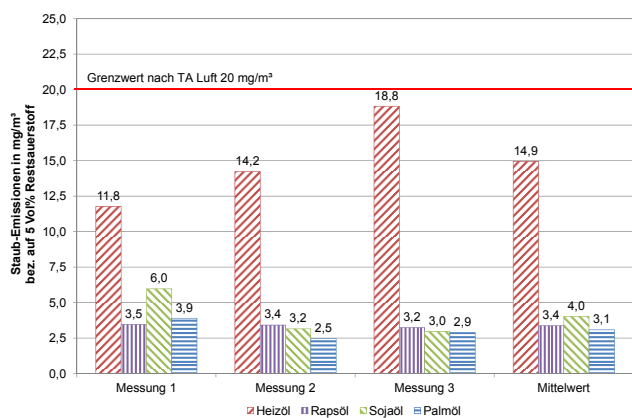


Abbildung 6: Staubemissionen unterschiedlicher Kraftstoffe in mg/m³ bezogen auf 5 Vol-% Restsauerstoff bei Anlagenennlast

6 Innermotorische NO_x-Minderung

Allen Verfahren zur innermotorischen NO_x-Minderung gemein ist, dass sie auf eine Absenkung der örtlichen Spitzentemperaturen im Brennraum abzielen, da der weitaus größte Teil der NO_x-Emissionen bei Verbrennungsmotoren auf die thermische NO-Bildung aus Luftstickstoff nach dem Zeldovich-Mechanismus zurückzuführen ist [11]. Eine Absenkung der Verbrennungsspitzen temperaturen lässt sich beispielsweise durch Verschiebung des Einspritzzeitpunkts zu späteren Kurbelwinkeln, durch Rückführung von gekühltem Abgas sowie durch Eindüsung von Wasser in den Brennraum oder durch Beimischung von Wasser zum Brennstoff (Wasser-Brennstoff-Emulsionsverfahren) erreichen. Bei dem verwendeten Versuchsträger beschränkten sich die Möglichkeiten zur innermotorischen NO_x-Minderung auf die Verschiebung des Einspritzzeitpunkts. Da jedoch mit späterem Einspritzzeitpunkt auch der Motorwirkungsgrad sinkt und die Verbrennung zunehmend schlechter wird, sind dieser Methode der NO_x-Minderung Grenzen gesetzt. Die Versuche wurden exemplarisch bei Nennlast mit Palmöl-Vollraffinat durchgeführt, für andere Kraftstoffe und Lastpunkte sind ähnliche Ergebnisse zu erwarten.

Abbildungen 7 und 8 zeigen den Verlauf von spezifischem Kraftstoffverbrauch und elektrischen Wirkungsgrad sowie von NO_x- und CO-Emissionen bei Variation des Einspritzzeitpunkts von -19 Grad Kurbelwinkel (°KW) bis -3 °KW. Als Bezugspunkt dient dabei stets der obere Totpunkt der Kolbenbewegung (OT) mit 0 °KW. Der wirkungsgradoptimale Einspritzzeitpunkt liegt für Palmöl-Vollraffinat bei etwa 15 °KW vor OT und damit 2 °KW später als in Serieneinstellung des Motors, die mit einem Einspritzzeitpunkt von -17 °KW auf den Dieselbetrieb optimiert ist. Da die NO_x-Emissionen mit Verschiebung des Einspritzzeitpunkts nach spät in Richtung OT stetig sinken, lässt sich allein durch die Anpassung des Einspritzzeitpunkts auf den Kraftstoff Palmöl (15 °KW vor OT) bereits eine NO_x-Minderung um etwa 700 mg/m³ erreichen, bei gleichbleibendem Kraftstoffverbrauch. Der optimale Einspritzzeitpunkt bezüglich der CO-Emissionen liegt hingegen bei etwa 9 °KW vor OT, während die HC-Emissionen im gesamten untersuchten Bereich weitgehend konstant bleiben.

Der CO-Grenzwert von 300 mg/m³ wird im gesamten Variationsbereich unterschritten. Der für die relevante Leistungsklasse (Feuerungswärmeleistung 500 kW bis < 1 MW) vom LfU empfohlene NO_x-Grenzwert von 2500 mg/m³ (bei Stickstoffoxidminderung durch motorische Maßnahmen) kann dagegen erst bei Einspritzzeitpunkten von 3 °KW vor OT und später sicher eingehalten werden, was bei Nennlast gegenüber der verbrauchsoptimierten Einstellung mit Einbußen von etwa 2,5 Prozentpunkten beim elektrischen Wirkungsgrad einhergeht. Dies bedeutet eine um über 5 % geringere Stromaubeute bzw. in der Praxis bei gleichbleibender elektrischer Leistung einen Kraftstoffmehrverbrauch von fast 6 %.

Der TA-Luft-Grenzwert von 1000 mg/m³ und der Zielwert des LfU von 500 mg/m³ für die sekundäre Stickstoffoxidminderung kann bei der untersuchten Anlage durch innermotorische Maßnahmen nicht erreicht werden, sondern erfordert nachgeschaltete Emissionsminderungsmaßnahmen (SCR-Katalysator).

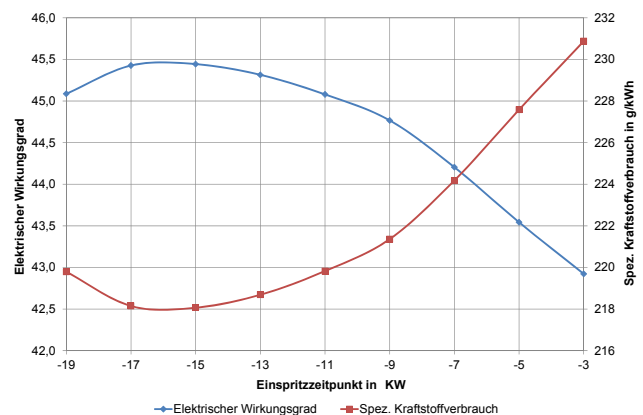


Abbildung 7: Elektrischer Wirkungsgrad und spezifischer Kraftstoffverbrauch der Versuchsanlage in Abhängigkeit des Einspritzzeitpunkts

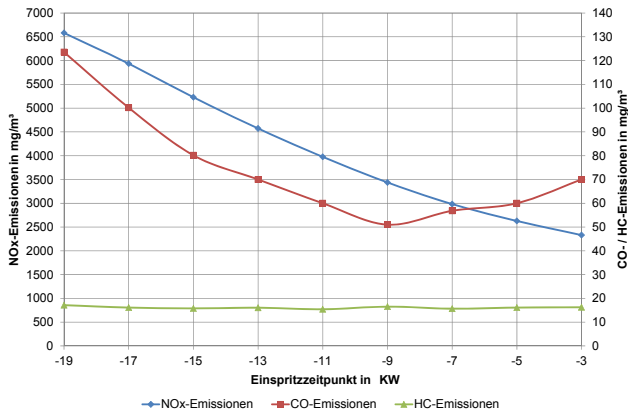
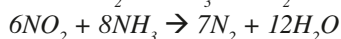


Abbildung 8: Stickstoffoxid-, Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoff-Emissionen in Abhängigkeit des Einspritzzeitpunkts, bez. auf 5 Vol-% Restsauerstoff

7 NO_x-Minderung durch sekundäre Maßnahmen

Zur sekundären NO_x-Minderung wurde ein SCR-Katalysator an den Motor adaptiert. Im Hinblick auf eine spätere Umsetzung in die Praxis war die Maßgabe hierfür, möglichst kostengünstige und leicht verfügbare Komponenten aus der Großserientechnik einzusetzen, wie sie z. B. im Bereich der Lkw-Technik oder der mobilen Baumaschinen verwendet werden. Das System sollte in der Lage sein, einen Zielwert von 500 mg/m³ NO_x zu erreichen.

Das SCR-Verfahren beruht darauf, dass Stickstoffoxide in einem geeigneten Katalysator mit Ammoniak als Reduktionsmittel zu Stickstoff und Wasser reduziert werden. Im Wesentlichen verläuft die SCR-Reaktion gemäß den folgenden Reaktionsgleichungen, wobei die ersten beiden Reaktionen zumeist überwiegen:



Als Reduktionsmittel wird bei dem hier verwendeten System wässrige Harnstofflösung mit 32,5 Vol-% verwendet, die auch unter dem Handelsnamen AdBlue bekannt ist. Das verwendete Abgasnachbehandlungssystem basiert auf einer Serienlösung aus dem Lkw-Bereich und besteht aus einer Kombination verschiedener Katalysatoren. Die wässrige Harnstofflösung wird zunächst vor einem Hydrolysekatalysator (H-Kat) ins Motorabgas eingedüst, der für die Umwandlung von Harnstoff in Ammoniak sorgt (Hydrolyse). Anschließend strömt das Ammoniak-Abgas-Gemisch in den Reduktionskatalysator, in dem die Umwandlung von NO_x in N₂ erfolgt. Der SCR-Katalysator besteht aus Keramik-Monolithen mit Vanadium-Beschichtung, der nach der Reduktionszone ausgangsseitig über eine kurze Oxidationszone verfügt, um überschüssigen Ammoniak zu oxidieren (sogenannter Sperrkatalysator zur Verhinderung von NH₃-Schlupf).

Abbildung 9 zeigt eine schematische Darstellung des Katalysatormoduls und das fertige Modul vor dem Einbau in die Versuchsanlage. Als Dosiermodul wurde eine handelsübliche magnetgetriebene Membrandosierpumpe verwendet,

die mit einer selbst entwickelten wassergekühlten Düsen-einheit kombiniert wurde. Die Steuerung und Regelung des Systems wurde mittels der grafischen Programmierumgebung LabVIEW und einem CompactRIO-System von National Instruments umgesetzt.

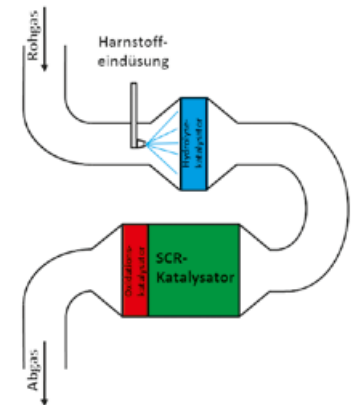


Abbildung 9: SCR-System vor dem Einbau in die Versuchsanlage (links) und schematischer Aufbau der Einheit (rechts)

8 Messergebnisse im Neuzustand des SCR-Systems

Das SCR-System wurde im Juni 2010 erstmals in Betrieb genommen und auf den BHKW-Betrieb mit Palmöl-Vollraffinat als Kraftstoff abgestimmt. Um den AdBlue-Bedarf zu begrenzen, wurde eine Kombination aus innermotorischer NO_x-Minderung durch Verschiebung des Kraftstoff-Einspritzzeitpunktes (s. o.) und Abgasnachbehandlung mittels SCR umgesetzt. Dabei wurden zunächst der AdBlue-Bedarf und die erreichbaren Minderungsraten bei Nennlast und verschiedenen Einspritzzeitpunkten bestimmt. Auf Basis der Ergebnisse wurde als praxistauglicher Kompromiss aus Motorwirkungsgrad und AdBlue-Verbrauch ein Einspritzzeitpunkt festgelegt und mit dieser Einstellung die sichere Einhaltung des NO_x-Zielwerts von 500 mg/m³ im gesamten praxisrelevanten Leistungsbereich des BHKWs überprüft.

Abbildung 10 zeigt die gemessenen NO_x-Rohabgasemissionen (umgerechnet in g/m³) vor dem Katalysator sowie den AdBlue-Bedarf und die prozentuale NO_x-Minderung zur Erreichung des Zielwerts von 500 mg/m³ NO_x für Einspritzzeitpunkte von 19 °KW bis 9 °KW vor OT. Mit Verlagerung des Einspritzzeitpunkts nach spät sinken die NO_x-Rohabgasemissionen, wodurch sich auch die AdBlue-Menge, die notwendig ist, um 500 mg/m³ zu erreichen, vermindert. Die im Diagramm dargestellte NO_x-Minderungsrate berechnet sich als Verhältnis des Emissionswerts nach Katalysator (500 mg/m³) zu dem Wert vor Katalysator und sinkt dementsprechend mit geringeren NO_x-Rohabgasemissionen. Bei einem Einspritzzeitpunkt von -19 °KW konnte der geforderte Zielwert aufgrund der hydraulischen Begrenzung der AdBlue-Menge durch das Dosiersystem nicht mehr erreicht werden, allerdings ist diese Einstellung bei dem verwendeten Versuchsmotor auch nicht praxisrelevant. Die maximal erreichbare NO_x-Minderung bei Nennlast und realistischen Einspritzzeitpunkten ab -17 °KW betrug ca. 90 %.

Für die weiteren Versuche und die Dauererprobung des SCR-Systems wurde als praxisgerechte Kompromisslösung ein Einspritzzeitpunkt von $13\text{ }^{\circ}\text{KW}$ vor OT eingestellt. In Abbildung 11 sind die bei dieser Einstellung erreichbaren minimalen NO_x -Emissionen und der dafür notwendige AdBlue-Verbrauch in Abhängigkeit von der elektrischen Leistung der Anlage dargestellt. Mit Werten von maximal ca. $350\text{ mg/m}^3\text{ NO}_x$ kann im Neuzustand des Katalysators der Zielwert von 500 mg/m^3 über den gesamten praxisrelevanten Leistungsbereich sicher eingehalten werden.

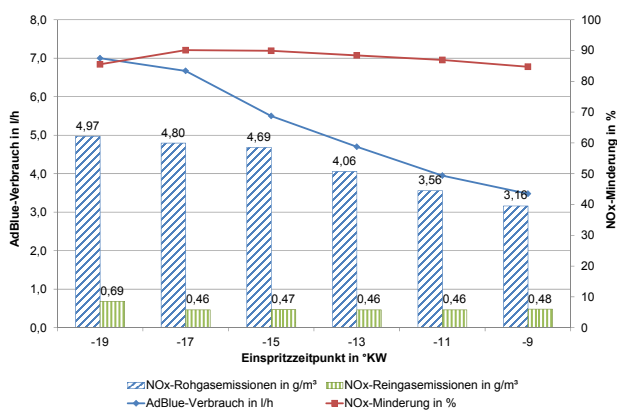


Abbildung 10: AdBlue-Verbrauch und NO_x -Minderung bei Anlagenennlast und $500\text{ mg/m}^3\text{ NO}_x$ in Abhängigkeit des Einspritzzeitpunkts

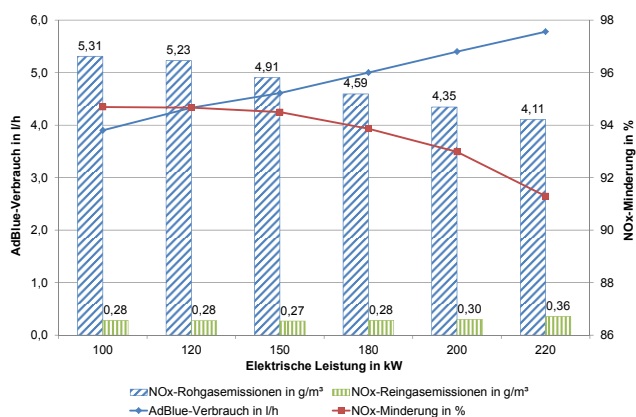


Abbildung 11: AdBlue-Verbrauch bei Einspritzung $-13\text{ }^{\circ}\text{KW}$ und maximal erreichbarer NO_x -Minderung in Abhängigkeit der elektrischen Anlagenleistung

9 Dauererprobung des SCR-Systems

Nach den Abstimmungsversuchen wurde das SCR-System zunächst wieder außer Betrieb genommen, da das Automatisierungssystem für den selbstständigen Dauerbetrieb noch nicht verfügbar war. Der Katalysator selbst wurde jedoch aufgrund des hohen Aufwands für Ein- und Ausbau im Abgassystem belassen und ohne Ad-Blue-Dosierung weiterbetrieben. Nach etwa 3450 Stunden im Betrieb mit Palmölvollraffinat wurde das Automatisierungssystem appliziert und das Dosiersystem wieder in Betrieb genommen. Dabei wurde eine deutliche Verschlechterung der

Katalysator-Aktivität gegenüber dem Ausgangszustand festgestellt. Die maximalen erreichbaren NO_x -Minderungsraten betragen nunmehr lediglich knapp 65 %. Eine Erhöhung der Dosiermenge führte zu deutlich feststellbarem Ammoniak-schlupf ohne weitere Minderung der NO_x -Emissionen, ein deutlicher Hinweis darauf, dass der Katalysator die angebotene Ammoniakmenge nicht mehr umsetzen konnte.

Eine Untersuchung des defekten Katalysators zeigte starke Ascheablagerungen auf der Eingangsseite der einzelnen Monolithen, Rußablagerungen konnten demgegenüber nicht festgestellt werden. Aufgrund der Ascheablagerungen wird eine mechanische Blockade der aktiven Zentren des Katalysators vermutet, eine detaillierte Untersuchung der Ursachen für die nachlassende Katalysatoraktivität konnte im Rahmen des Projekts jedoch nicht mehr durchgeführt werden. Dies soll Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Da die Entnahme der Katalysator-Elemente aus dem vollständig verschweißten Gehäuse nicht zerstörungsfrei möglich war, wurde für die Fortsetzung der Dauererprobung eine neue baugleiche Katalysatoreinheit eingesetzt, mit der bis Projektende noch knapp 900 Stunden im Dauerbetrieb mit Pflanzenölkraftstoff realisiert werden konnten.

Abbildung 12 zeigt die mit der neuen Einheit ermittelten NO_x -Minderungsraten bei wiederkehrenden Kontrollmessungen. Auch nach etwa 930 Betriebsstunden konnten noch maximale Umsetzraten von über 90 % erreicht werden, ein nennenswertes Nachlassen der Katalysatoraktivität konnte nicht festgestellt werden. Die etwas stärker abweichenden Ergebnisse der Eingangsmessung sind einer gegenüber den späteren Messungen geringfügig unterschiedlichen Konfiguration der Dosierdüse geschuldet. Ab der dritten Messung wurde durchgehend die gleiche Dosierdüse verwendet.

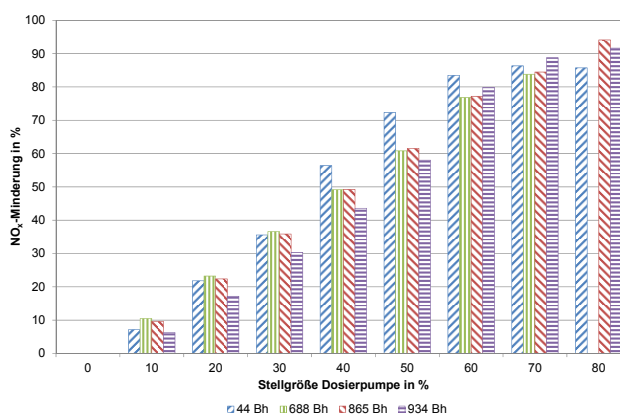


Abbildung 12: NO_x -Minderungsraten während der Dauererprobung

10 Zusammenfassung und Ausblick

Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke weisen einen hohen Gesamtwirkungsgrad sowie eine günstige CO_2 - und Primärenergiebilanz auf. Nachteil sind jedoch die mit dem dieselmotorischen Verbrennungsverfahren verbundenen Luftschadstoffemissionen, insbesondere die Stickstoffoxidemissionen. Aufgrund steigender Kraftstoffpreise und restriktiver Gesetzgebung ist die Anzahl in Betrieb befindlicher Pflanzenöl-BHKW deutlich rückläufig. Ab dem EEG 2012 wird die Stromerzeugung aus flüssiger Biomasse nicht mehr gefördert, sodass der Zubau praktisch vollständig zum Erliegen kommen dürfte. Dennoch können 2011 in Betrieb genommene Anlagen nach geltender Rechtslage noch bis 2032 in Betrieb bleiben, sodass die Emissionsproblematik, wenn auch in verringerter Form, bestehen bleibt. Ziel des Vorhabens an der HAW war es daher, zunächst eine belastbare Wissensbasis zu den Emissionen moderner pflanzenölbetriebener Blockheizkraftwerke mit Hochdruckeinspritzsystemen und wirkungsgradoptimierten Verbrennungsverfahren zu schaffen und darauf aufbauend Emissionsminderungsmaßnahmen zu entwickeln. Als Basis für die Arbeiten stand am Institut für Energietechnik der Hochschule Amberg-Weiden ein Pflanzenöl-Blockheizkraftwerk mit modernem Pumpe-Düse-Motor, Abgasturboaufladung und Nachverstromungseinheit zur Verfügung. Die Versuchsanlage war zu Beginn der Messungen auf maximalen elektrischen Wirkungsgrad ausgelegt (45 % bei Nennlast) und nicht abgasoptimiert (hohe NO_x -Emissionen von bis zu 6750 mg/m^3 bei Nennlast).

Vergleichende Emissionsmessungen mit den Kraftstoffen Heizöl-EL, Rapsölvollraffinat, Sojaölvollraffinat und Palmölvollraffinat zeigten deutlich höhere Stickstoffoxidemissionen bei Einsatz der Pflanzenölkraftstoffe, während die Kohlenmonoxid-, Kohlenwasserstoff- und Staubemissionen sanken. Vordringlicher Handlungsbedarf wurde bei den Stickstoffoxidemissionen identifiziert, die sowohl die Grenzwerte nach TA Luft als auch die hilfsweise herangezogenen empfohlenen Emissionsbegrenzungen des Bayerischen Landesamts für Umwelt deutlich überschritten. Dagegen wurden bei den CO - und Staubemissionen die Grenzwerte teils deutlich unterschritten, ebenso wie bei den Formaldehyd- und Benzolemissionen, die sich insgesamt auf sehr niedrigem Niveau bewegten.

Zur Minderung der NO_x -Emissionen wurde als primäre Maßnahme zunächst die Optimierung des Einspritzzeitpunkts umgesetzt. Durch Verschiebung des Einspritzzeitpunkts von serienmäßig eingestellten $17^\circ KW$ vor OT auf $3^\circ KW$ vor OT konnte die vom LfU empfohlene NO_x -Emissionsbegrenzung von 2500 mg/m^3 bei Nennlast eingehalten werden, allerdings auf Kosten des elektrischen Wirkungsgrads, der um 2,5 Prozentpunkte sank, was in der Praxis bei gleichbleibender elektrischer Leistung einen Kraftstoffmehrverbrauch von ca. 6 % bedeutet. Der Grenzwert nach TA Luft von 1000 mg/m^3 konnte erwartungsgemäß durch innermotorische Maßnahmen allein nicht eingehalten werden.

Daher wurde zur weitergehenden sekundären Minderung der NO_x -Emissionen ein SCR-Katalysatorsystem auf Basis kostengünstig verfügbarer Komponenten aus der Lkw-Großserientechnik an die Versuchsanlage adaptiert und im Dauerversuch erprobt. Als Reduktionsmittel wurde 32,5-prozentige Harnstofflösung (AdBlue) eingesetzt, als Kraftstoff Palmölvollraffinat. Mit der Katalysatoreinheit im Neuzustand konnten zunächst sehr gute NO_x -Minderungsraten von bis zu 91 % im Nennlastpunkt erreicht werden. Nach den Eingangsmessungen und der Abstimmung des Systems wurde der Katalysator ohne Eindosierung von Reduktionsmittel für ca. 3500 Betriebsstunden im Abgasstrang belassen. Nach diesem Zeitraum konnten lediglich noch NO_x -Minderungsraten von etwa 65 % erzielt werden. Erhöhte Reduktionsmitteldosierungen konnten weder SCR- noch Oxidationskatalysator verarbeiten und es trat Ammoniakschlupf auf.

Eine Untersuchung der Katalysatoreinheit zeigte deutliche Ascheablagerungen auf den Katalysatormonolithen, die vermutlich die aktiven Zentren mechanisch oder chemisch blockieren. Nähere Untersuchungen zur Zusammensetzung der Ablagerungen wurden im Rahmen des Projekts nicht durchgeführt, sollen aber Gegenstand weitergehender Arbeiten sein. Zur Fortsetzung der Dauernerprobung wurde eine neue Katalysatoreinheit eingebaut, die im Rahmen des Projekts noch für knapp 900 Betriebsstunden erprobt werden konnten. In diesem Zeitraum wurde keine nennenswerte Verschlechterung der Aktivität festgestellt und es konnte durchgängig NO_x -Minderungsraten von knapp über 90 % erreicht werden. Im Hinblick auf übliche BHKW-Laufzeiten von 8500 Stunden pro Jahr und mehr ist dies jedoch ein vergleichsweise kurzer Zeitraum.

Künftige Forschungsvorhaben sollten daher verstärkt auf die Dauernerprobung und Untersuchungen der Alterungsmechanismen bei Einsatz von SCR-Systemen im Pflanzenölbetrieb ausgerichtet werden. Zudem bietet sich für künftige Vorhaben v. a. für kleinere Blockheizkraftwerke die Abgasrückführung in Verbindung mit Partikelfiltersystemen als alternativer Pfad zur NO_x -Minderung an, ebenso wie die Eindüsung von Wasser oder die Verwendung von Wasser-Brennstoff-Emulsionen, was gleichzeitig auch die Partikelemissionen deutlich senken kann. Von Interesse für künftige Forschungsvorhaben ist darüber hinaus die Ausweitung der SCR-Technologie auf Gas-Diesel- bzw. Zündstrahlmotoren, wie sie z. B. bei Biogas- und Holzgasanlagen eingesetzt werden, sowie auf dieselbetriebene Dauer- und Spitzenlastaggregate.

Quellenverzeichnis

- [1] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke – Teil 1. München, 2002.
- [2] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke – Teil 2. München, 2002.
- [3] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke – Abschlussbericht. München, 2002.
- [4] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke – Leitfaden. München, 2002.
- [5] Bouché, T. et.al.: Einfluss verschiedener Pflanzenöl-Eigenschaften auf Verbrennung und Schadstoffbildung in einem direkteinspritzenden Dieselmotor. In: Motortechnische Zeitschrift MTZ 58 (1997), Nr. 3, S. 148–154.
- [6] Brautsch, M.: Wissenschaftliche Betreuung eines Flottenversuches zur Optimierung der Umweltverträglichkeit biogener Flüssigkraftstoffe in Pkw-Verbrennungsmotoren. Abschlussbericht, gefördert durch das StMUGV. Amberg, Dezember 2007.
- [7] DeutschesBiomasseForschungsZentrum (Hrsg.): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Zwischenbericht. Leipzig, März 2010.
- [8] DeutschesBiomasseForschungsZentrum (Hrsg.): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Zwischenbericht. Leipzig, März 2011.
- [9] EEG 2012: Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien in der Fassung vom 30. Juni 2011.
- [10] Lechner, R.: Verbrauchs- und Betriebsoptimierung von BHKW-Anlagen für den Einsatz in Kommunen und mittelständischen Betrieben. Abschlussbericht zum Projekt, Fkz. REV-o6o5-oo2, gefördert durch das StMWIVT, Juli 2009.
- [11] Merker, Günter P.; Schwarz, Christian: Grundlagen Verbrennungsmotoren. 4. Aufl., Vieweg+Teubner, Wiesbaden 2009.
- [12] Mollenhauer, Klaus (Hrsg.): Handbuch Dieselmotoren. Springer, Berlin, 3. Auflage, 2007.
- [13] TA Luft 2002: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft.
- [14] Thuneke, K. et.al.: Erste Ergebnisse der Emissionsmessungen an Rapsölkraftstoff-Traktoren. Juli 2006.
- [15] Thuneke, Klaus: Untersuchungen zu Abgasemissionen und zum Einsatz von Partikelfiltersystemen bei rapsölbetriebenen Blockheizkraftwerken. Dissertation TU München, 2009.
- [16] Wichmann, Volker: Konzepte und Betriebsstrategien für die Nutzung von Rapsölen in Verbrennungsmotoren für den Einsatz in Landmaschinen. Dissertation, Universität Rostock, 2008.

Fußnote

- ¹ Die TA Luft spricht in diesem Zusammenhang von Emissionswerten; zur Abgrenzung von gemessenen Emissionskonzentrationen wurde in diesem Bericht stattdessen durchgängig der Begriff Grenzwert verwendet.



Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch
Fakultät Maschinenbau/Umweltechnik



Raphael Lechner



Andreas Schwemmer



Christian Lindner

Untersuchung von mechatronischen Antrieben für die industrielle Schraubtechnik

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Frenzel

in Zusammenarbeit mit
Deprag Schulz GmbH

DEPRAG

Datum: 03. März 2011

1 Problemstellung

Industrielle Schraubgeräte sind traditionell pneumatisch betriebene Arbeitsmittel. Vorteile bei Verwendung von Druckluft sind die breite Verfügbarkeit im industriellen Umfeld sowie die Umweltverträglichkeit des Arbeitsmediums. Der wesentliche Vorteil liegt jedoch in der hohen Leistungsdichte dieser Geräte. Daher haben pneumatische Schrauber besonders im Handschraubbereich eine weite Verbreitung.

Dennoch nimmt der Marktanteil elektrisch betriebener Handschraubgeräte kontinuierlich zu. Dies resultiert zum einen daraus, dass pneumatisch betriebene Arbeitsmittel aufgrund der Kompressibilität des Arbeitsmediums höhere Anforderungen an die benötigten Regeleinrichtungen wie z. B. Drehzahl- oder Drehmomentregelkreise stellen. Neben den schlechteren Regeleigenschaften überwiegen je nach Anwendung auch andere Vorteile der elektrischen Antriebstechnik gegenüber denen der Drucklufttechnik. So werden etwa in Schraubstationen die Handschraubgeräte oft über flexible Aufhängungen an den Stationen befestigt, sodass das hohe Leistungsgewicht nur eine eher untergeordnete Rolle spielt. Ebenso ist elektrische Energie im Gegensatz zur Druckluft, deren Bereitstellung zunächst mit erheblichen Energiekosten einhergeht, in nahezu jedem Umfeld verfügbar. Auch lassen sich elektrische Schraubgeräte leicht in elektronisch gesteuerte Abläufe einbeziehen und haben oft Datenschnittstellen zur Überwachung und Diagnose.

Trotz dieser Vorteile elektrisch angetriebener Handschraubgeräte bleibt der grundsätzliche Nachteil der geringeren Leistungsdichte und damit einhergehend des größeren Gewichts bzw. Volumens bei gleicher Leistung bestehen. Daher werden in Schraubsystemen – wie im Bereich Automotive – heute überwiegend Motor-Getriebe-Kombinationen eingesetzt [1]. Neben dieser technischen Randbedingung, möglichst kompakte Schraubgeräte mit elektrischem Antrieb zu entwickeln, muss das Produkt aber zu einem preislich attraktiven Niveau angeboten werden können.

2 Herausforderungen für die industrielle Schraubtechnik

Die Herausforderungen für ein mit einem elektrischen Antrieb ausgerüstetes industrielles Handschraubgerät nach Abbildung 1 liegen im Spannungsfeld zwischen technischer Machbarkeit und kommerziellem Nutzen.

Zur Durchführung des eigentlichen Schraubvorgangs wird eine Vielzahl von Funktionen verbunden mit einem hohen Bedienkomfort gefordert. So sind beispielsweise gestufte oder stufenlose Drehzahlvorwahl, Bedienelemente für Rechts- oder Linkslauf, Andruck- oder Hebelstart sowie eine werkzeuglose Drehmomentverstellung zu deren Begrenzung vorzusehen. Auch werden häufig zusätzliche Schnittstellen wie z. B. ein Zählimpulsausgang zum Zählen der bereits durchgeführten Verschraubungen gefordert.



Abbildung 1: Industrielles Handschraubsystem mit elektrischem Antrieb

Neben hohen Anforderungen an Lebensdauer und Bedienungskomfort darf der Einsatz im rauen industriellen Umfeld keinen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit des Schraubers haben. Gleichzeitig verbunden mit der Forderung nach hoher Leistungsdichte fällt damit die Wahl zwangsweise auf elektrische Maschinen, die preislich vergleichsweise teuer sind. Deren Elektronik zum Betrieb des Antriebs ist im Vergleich zu Antrieben geringerer Leistungsdichte entsprechend umfangreich und aufwendig.

Daher wurde bei den Untersuchungen der mechatronischen Antriebe hoher Leistungsdichte ein besonderes Augenmerk auf die Ausgestaltung der Antriebselektronik gelegt, ohne dabei die kommerziellen Aspekte aus den Augen zu verlieren. Es wurde in den Studien die Strategie verfolgt, mit möglichst wenigen, weit verbreiteten und damit preisgünstigen Komponenten ein voll funktionsfähiges Konzept für mechatronische Antriebe zum Einsatz in industrielle Schraubsysteme zu finden.

3 Technik elektrischer Antriebe für Handschrauber

Preislich günstige elektrische Maschinen, die in elektrisch angetriebenen Schraubgeräten bereits als Motor eingesetzt werden, sind mit Bürsten versehene Gleichstromantriebe gemäß Abbildung 2. Allerdings hat diese Motorbauweise eine vergleichsweise geringe Leistungsdichte, verschleißt in Form von Bürstenabrieb, ist durch Funkenbildung gekennzeichnet und neigt aufgrund des Abriebs der Bürsten zur Verschmutzung. Deutlich höhere Leistungsdichten erhält man bei Einsatz

von permanenterregten Synchronmaschinen, die zum Erzielen kompakter Bauformen mit Hochenergiemagneten bestückt werden. Deren Verhalten entspricht bei Verwendung einer geeigneten Elektronik dem vergleichbarer Gleichstromantriebe, jedoch mit den Vorteilen einer deutlich höheren Leistung bei gleichem Gewicht bzw. Volumen. Zusätzlich fehlt diesen Maschinen im Vergleich zu Gleichstrommaschinen nach Abbildung 2 die nachteilige mechanische Vorrichtung mit Bürsten zur Kommutierung des Stromes. Diese wird bei Betrieb im sog. bürstenlosen Modus als bürstenlose Gleichstrommaschine (Brushless DC-Maschine, BLDC-Maschine) mithilfe einer Elektronik bestehend aus einer Signal- und einer Leistungselektronik nachgebildet.

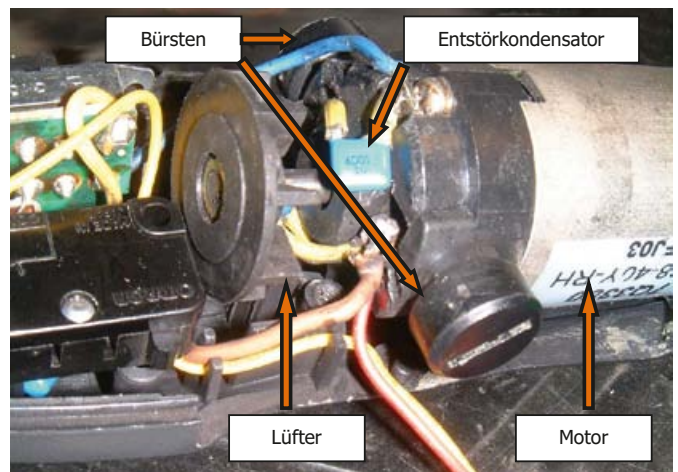


Abbildung 2: Geöffneter Handschrauber mit Gleichstromantrieb (Bürstenmotor)

4 Systemstudien mechatronischer Schraubsysteme

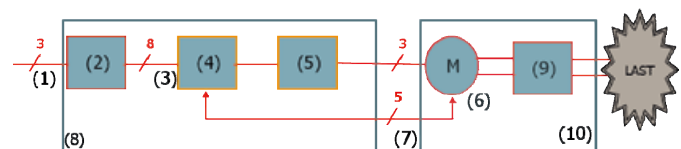


Abbildung 3: Systemübersicht eines mechatronischen Antriebs für industrielle Schraubtechnik

Nach Vorabuntersuchungen an verschiedenen Antriebskonzepten ergab sich ein Systemaufbau nach Abbildung 3, anhand dessen die folgenden Komponenten systematisch bzgl. Anforderungen, Einsatz und Preis untersucht, verglichen und ausgewertet wurden:

- Versorgungsnetz (1 x 230 V/50 Hz oder 1 x 110 V/60 Hz) (1)
- Einbaunetzteil (2)
- Versorgung (3)
- Signalelektronik (4)
- Leistungselektronik (5)
- Bürstenloser Motor (6)
- Rückführung der Sensorsignale (7)
- Gehäuse (8)
- Getriebe (9)
- Handschrauber (10)

5 Antriebselektronik mechatronischer Schraubsysteme

Als ein Ergebnis der Untersuchungen nach Abschnitt 1.4. folgt, dass eine preissensitive Lösung bei gleichzeitiger Verwendung eines BLDC-Motors eine Eigenentwicklung von Leistungs- und Signalelektronik erforderlich macht. Zwar sind im untersuchten Leistungsbereich bereits einzelne Elektroniken von verschiedenen Herstellern in Hybridbauweise verfügbar, die sowohl die Signal- als auch die Leistungselektronik in einem Baustein integrieren. Preislich sind diese Bausteine jedoch auch in größeren Stückzahlen derzeit nicht attraktiv. Damit hätten die Gesamtkosten des Schraubsystems deutlich die derzeit angesetzten maximalen Herstellkosten überschritten.

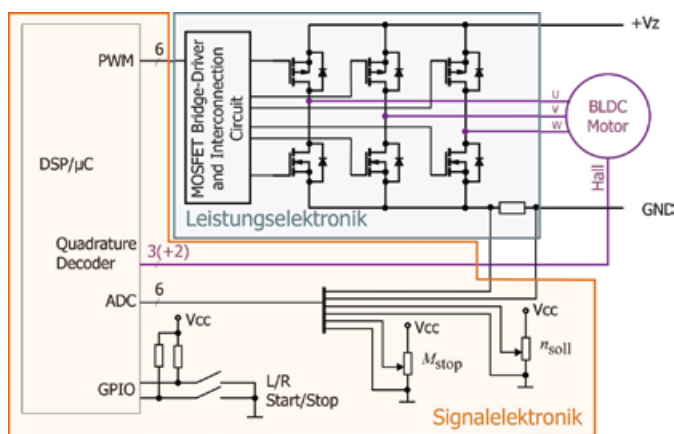


Abbildung 4: Leistungs- und Signalelektronik zum Betrieb eines BLDC-Motors (Potenzialtrennung nicht dargestellt)

Die Auswahl der Elektronik richtet sich auch nach der Art der Lageerfassung des Rotors des bürstenlosen Gleichstrommotors. Nach einem Beispiel gemäß Abbildung 4 werden vorzugsweise Motoren verwendet, die mit Hallensoren bestückt sind. Zwar sind grundsätzlich auch sensorlose Verfahren denkbar, jedoch nimmt damit die Anzahl benötigter Elektronikteile zu, da zusätzliche ggf. potentialgetrennte Bausteine zur Erfassung der induzierten Spannung Verwendung finden. Außerdem erfordert die umfangreichere Algorithmik in Form von Schätzverfahren für die Rotorlage eine höhere Rechenleistung, die in keinem Verhältnis zum Mehrpreis bei Verwendung von Hallensoren steht. Gerade bei preissensitiven Anwendungen ist damit eine Bestückung der Motoren mit Hallensoren in Kombination mit bürstenlosem Betrieb vorzuziehen, da Hallensoren vergleichsweise preisgünstig sind.

Nach Betrachtung verschiedener Prozessoren wurde für die **Signalelektronik** ein Prozessor mit folgenden Eigenschaften ausgewählt:

- Ein zentraler Prozessorbaustein
- Haupteinsatz des Prozessors sind Motorapplikationen
- Verfügbarkeit einer ganzen Prozessorfamilie mit verschiedener Peripherie
- Geringe Obsoleszenzgefahr

- Mischung aus DSP (hohe Rechenleistung) und μC (hohe Funktionalität)
- PWM-Generator mit div. Funktionen (fault in, deadtime generator, ...)
- Hall-/Encoderinterface
- On-board simultaneous AD-Wandler
- On-board Flash/RAM-Speicher
- CAN-Controller, RS232, JTAG, SPI
- In-circuit debugger
- Entwicklungsumgebung (frei) verfügbar

In der **Leistungselektronik** können grundsätzlich verschiedene Leistungsschalter verwendet werden. Jedoch haben elektronische Leistungsschalter in der IGBT-Bauweise (Insulated Gate Bipolar Transistor) bei kleineren Leistungen den Nachteil, dass diese im Vergleich zu FET-Schaltern (Field-Effect-Transistor) eine höhere Steuerspannung zum Einschalten benötigen. Auch spielt beim Einsatz in industriellen Schraubgeräten die höhere Stromtragfähigkeit eines IGBT im Vergleich zum FET eine eher untergeordnete Rolle.

Diskrete Leistungsschalter sind zum Aufbau der Brückenschaltung einem fertigen Elektronikmodul vorzuziehen, da bei Aufbau mit einzelnen FET die Anzahl an Anbietern ungleich größer ist. Damit sinken die Anschaffungspreise und man läuft nicht Gefahr, in Abhängigkeit von speziellen Anbietern zu geraten. Auch kann damit leicht eine Kombination aus n-Channel MOSFET für den unteren Transistor und einem p-Channel-MOSFET für den oberen Transistor realisiert werden. Im Vergleich zu fertigen Modulen, die zumeist aus einem FET-Typ bestehen, kann damit auf eine Bootstrap-Schaltung für die oben liegenden Transistoren verzichtet und damit der Preis des Gesamtsystems weiter reduziert und die Zuverlässigkeit erhöht werden.

Daher wurden bei Entwurf der Leistungselektronik folgende Eigenschaften berücksichtigt:

- 3-Phasen-MOSFET-Brücke
- Diskrete Leistungsschalter
- Kombination aus p-Channel und n-Channel-MOSFET
- Keine Bootstrap-Schaltung o. ä. notwendig
- Keine Abhängigkeit von speziellen Anbietern

Zur Erfassung und Begrenzung des Drehmoments ist eine Strommessung zumindest im Zwischenkreis erforderlich. Aus den verschiedenen möglichen Verfahren wurde eine Messung mit Strommesswiderstand ausgewählt. Gerade bei niedrigeren Zwischenkreisspannungen V_z bieten Messwiderstände eine sichere, zuverlässige und vor allem preisgünstige Methode, den Strom zu erfassen.

6 Ergebnisse

Bei preissensitiven Anwendungen in der industriellen Schraubtechnik müssen bürstenlose Antriebe nicht a priori ausgeschlossen werden. Die durchgeführten Untersuchungen an mechatronischen Antrieben für die industrielle Schraubtechnik haben gezeigt, dass auch bei hochwertigen Antrieben Einsparungen in den Herstellkosten bei vertretbaren Leistungseinbußen realisierbar sind. Diese Einsparungen gehen jedoch eng einher mit dem Systemkonzept und den dieses Konzept realisierenden Komponenten.

Als preisgünstigste Lösung für einen höherwertigen Antrieb ergab sich eine Realisierung mit einem mit Hallensoren bestückten BLDC-Motor. Die auf den Antriebsmotor abgestimmte Leistungs- und Signalelektronik muss bei diesem Konzept im Rahmen einer Eigenentwicklung selbst aufgebaut und programmiert werden. Die restlichen, nicht systemrelevanten Teile werden als Zukaufteile von externen Zulieferern bezogen.

Durch die Eigenentwicklung wird sichergestellt, dass zum einen die Kernkompetenz im Bereich der Antriebstechnik für mechatronische Schraubsysteme langfristig beim Hersteller von Schraubsystemen bleibt. Zum anderen wird mit dem beschriebenen Konzept eine Elektronik aufgebaut, die als Basisplattform zukünftig auch für hochwertige Antriebe nach Abbildung 5 geeignet ist. Dies führt zur Verwendung von kommunalen Bauteilen und damit weiteren

Einsparungen im Herstellungsprozess.

Neben der hohen Flexibilität gemeinsam genutzter Komponenten stellt das Konzept zudem sicher, dass durch den Eigenentwicklungsanteil in den sensitiven Bereichen Signal- und Leistungselektronik langfristig eine hohe Wertschöpfung für den Hersteller entsteht. Dies geht einher mit einer hohen Unabhängigkeit von einzelnen Zulieferern in Kombination mit geringen Herstellkosten zukünftiger Schraubsysteme.



Quelle: Deprag

Abbildung 5: Hochwertiges industrielles Schraubsystem mit permanentem Synchronmotor

Literatur

- [1] Frenzel B. et al.: Electromobility concept for racing cars based on lithium-ion batteries and supercapacitors, Journal of Power Sources, Elsevier (2010)



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



Als internationales Unternehmen ist die DEPRAG zuverlässiger Partner der Industrie in den Bereichen Elektrotechnik, Automobilzulieferer, Maschinenbau und Telekommunikation. Aus der Position einer weltweit geschätzten Familienfirma entwickeln und fertigen wir in Amberg hochqualitative Produkte der Schraubtechnik, Druckluftmotoren und -werkzeuge sowie komplette Montageanlagen.

Für Studenten und Absolventen der Fachbereiche Maschinenbau, Elektro- und Informationstechnik, BWL und Wirtschaftsingenieurwesen bieten wir attraktive:

- Vor- und Grundpraktika
- Praxissemester
- Studienarbeiten
- Abschlussarbeiten
- Stellen für den Berufseinstieg

DEPRAG SCHULZ GMBH u. CO. • Carl-Schulz-Platz 1 • 92224 Amberg • www.deprag.com
Tel. 09621 371-0 • Fax 09621 371-120 • info@deprag.de

Computertomographie in der Produktentwicklung

Prof. Dr. Franz Magerl

1 Einführung

Die Computertomographie – ein sogenanntes Schnittbildverfahren – ist ein wichtiges Verfahren in der zerstörungsfreien Prüfung. Es wurde in den 70er-Jahren für medizinische Anwendungen entwickelt und Ende der 80er-Jahre für industrielle Zwecke erstmals eingesetzt. Inzwischen hat sich die Computertomographie in der Werkstoffprüfung etabliert und im Bereich der Messtechnik bewährt. Nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen wird die Erfindung der Computertomographie als größte Innovation in der Radiologie betrachtet. Für die Entwicklung der Computertomographie wurde G. N. Hounsfield und A. M. Cormack 1979 der Nobelpreis verliehen. Heute ist die Computertomographie das wichtigste zerstörungsfreie Prüfverfahren. Es liefert eine große Anzahl von nicht überlappenden Schnittbildern des zu untersuchenden Körpers mit einem besseren Kontrast als die konventionellen Röntgenaufnahmen. Zusätzlich ermöglicht es die anschaulichere Visualisierung der zu untersuchenden Region, welche durch ein alternatives Verfahren nicht zufriedenstellend dargestellt werden könnte.

2 Verfahren

Durch konventionelle Röntgenuntersuchungen werden zweidimensionale Durchstrahlungsaufnahmen generiert. Der Röntgenstrahl geht durch das zu untersuchende Objekt und trifft auf einen dahinter liegenden Detektor, der einen proportionalen elektrischen Stromfluss in Abhängigkeit der erzeugten Photonen liefert. Dieses Signal wird dann von der Auswerteelektronik entsprechend umgesetzt. Die Röntgenaufnahme liefert ein Bild in Abhängigkeit von der Materialdichte und der Materialdicke der zu untersuchenden Probe. Bereiche hoher Materialdichte absorbieren eine größere Röntgenenergie als Bereiche mit geringerer Dichte. Dementsprechend werden Bilder mit einer unterschiedlichen Helligkeit und Kontrast generiert, die direkt zur Bauteildichte und -dicke korrelieren. Inte-

ressante zu untersuchende Bauteilbereiche, die hintereinanderliegen, werden gleichzeitig aufgenommen und dargestellt. Dementsprechend können spezifische und interessante Bereiche durch Bereiche mit hoher Materialdichte ausgeblendet (überlagert) werden. Für eine große Anzahl von Anwendungen, wie z. B. Gussteilinspektion, Halbleiterschichten, elektromechanische Bauteile und verschiedene Sensortypen, können zweidimensionale Röntgenaufnahmen für Standardauswertung ausreichend sein. Die klassische Röntgenuntersuchung ist schneller als eine CT-Untersuchung, es zeigt jedoch Schwächen, wenn sich überlappende oder hintereinanderliegende Bereiche im Detail untersucht werden sollen. Ein Detail mit einer geringeren Dichte wird durch einen Bereich mit höherer Dichte ausgeblendet und ist deswegen schwer zu erkennen. Ebenfalls können bestimmte Risse bei einer ungünstigen Anordnung der Rissufer mit einer Aufnahme schwer detektiert werden.

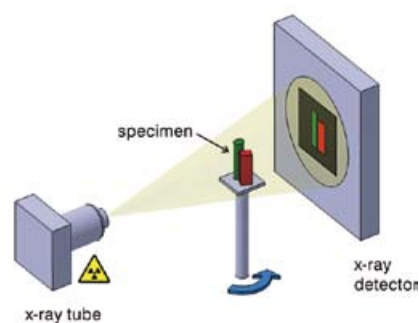


Bild 1: Funktionsprinzip der Computertomographie

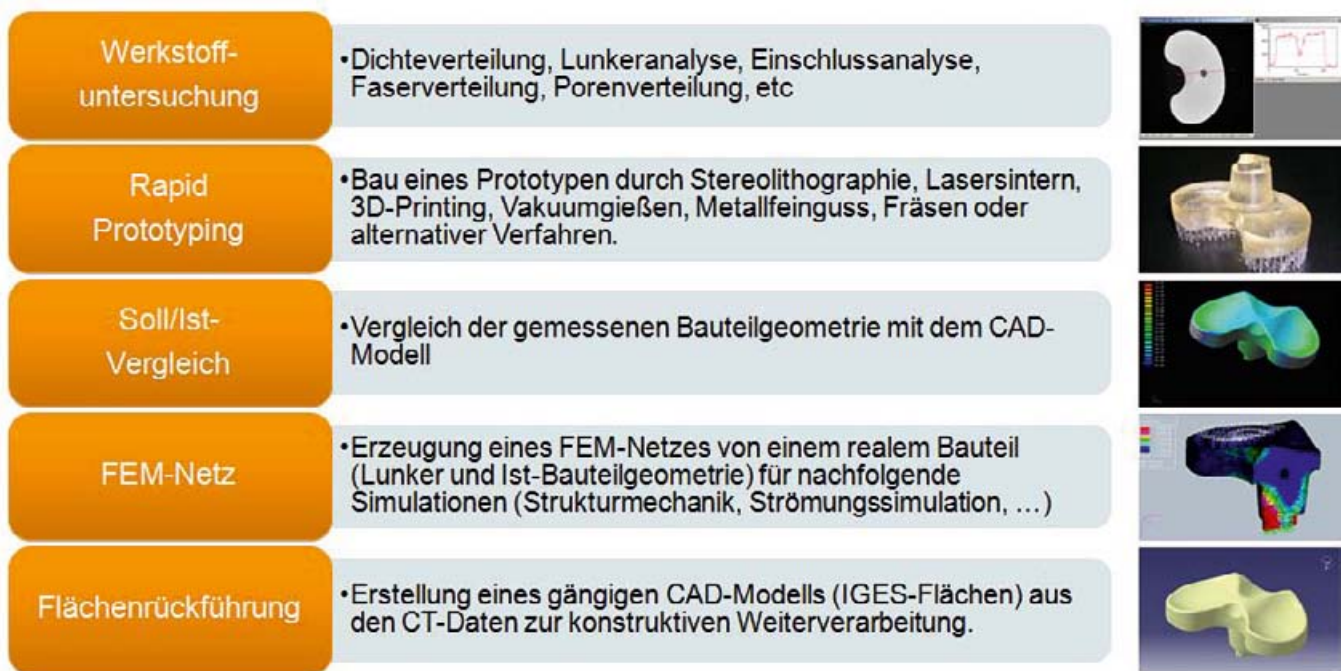


Bild 2: Einsatzmöglichkeiten der Computertomographie in der Produktentwicklung

3 Ziel des Projektes

Die regionale Industriestruktur wird durch die Zulieferer der Automobil-, Medizintechnik- und Logistikindustrie geprägt. Diese regionalen Unternehmen (KMU) werden als Partner für Entwicklungsprojekte bei ihren Kunden nur noch akzeptiert, wenn sie mit den aktuellsten Entwicklungsmethoden vertraut sind und auf diesem Gebiet entsprechende Kompetenz nachweisen können. Neben den anspruchsvollen Soft- und Hardwareanforderungen und einer konformen Entwicklungsmethodik müssen die betroffenen Unternehmen (KMU) mit den Methoden der virtuellen Produktentwicklung, des Rapid Prototyping und des Reverse Engineering vertraut sein.

Als innovatives Verfahren in der Entwicklungsprozesskette hat die Computertomographie überwiegend bei den Großunternehmen Einzug gehalten. Die Computertomographie (CT) stellt – bei einem gezielten Einsatz – im Produktentwicklungsprozess ein notwendiges und wichtiges Werkzeug dar. Es ist z. B. das dominierende Verfahren, wenn von einem vorhandenen Bauteil die 3-D-Daten generiert werden müssen. Die erzeugten Voxel-Daten können entweder unmittelbar zur Werkstoffuntersuchung verwendet oder aber nach der Umwandlung in ein STL-Format für zahlreiche weitere Applikationen benutzt werden. Dadurch ist es möglich, aus den CT-Daten über die diversen Rapid-Prototyping-Verfahren den kompletten Reverse-Engineering-Prozess abzubilden.

Insbesondere die Daten für eine komfortable Möglichkeit zur Bauteilvermessung zu verwenden, werden hohe Erwartungen seitens der Industrie gesetzt. Deshalb soll dieser Aspekt in dem Projekt besonders hinsichtlich seines Nutzens und der Praxistauglichkeit analysiert werden.

4 Weiterbildung

Im Rahmen des Projektes wurden die Verantwortlichen der Partnerunternehmen geschult. Dazu wurden Workshops in kleinen Gruppen veranstaltet, in denen die Teilnehmer die Grundkenntnisse des Strahlenschutzes, die physikalischen Grundlagen, aber auch die Anlagenbedienung erlernten. So konnten die Teilnehmer selbstständig unter Aufsicht entsprechende Messungen und Auswertungen durchführen. Basierend auf den gesammelten Erfahrungen, wurde ein Schwerpunkt auf die Bewertung der Einsetzbarkeit der Computertomographie gelegt, damit die Untersuchungen zielgerichtet durchgeführt werden konnten. Dieser Personenkreis soll als Multiplikator die Möglichkeiten und Grenzen der CT-Technologie in ihrem Umfeld verbreiten. Selbstverständlich wurden die Potenziale der Computertomographie im Rahmen von Vorlesungen und Praktika den Studierenden vorgestellt.

5 Marktanalyse zur industriellen Computertomographie

Im Zuge der Erstbeschaffung der Computertomographieanlage wurde bereits eine Kurzübersicht bezüglich der am Markt verfügbaren Computertomographen und der entsprechenden Auswertesoftwarepakete erstellt. Im Rahmen der Projektdauer wurden diese Kenntnisse durch eine umfassende Marktanalyse ergänzt und zusammengefasst. Dabei zeigte sich die große Dynamik der letzten Jahre, die sich in der Weiterentwicklung der Anlagen widerspiegelt und dem Markteintritt von etablierten Messmaschinenherstellern. Insbesondere die Auswertesoftware ist wesentlich schneller, leistungsfähiger und benutzerfreundlicher geworden. Infolge der noch geringen Marktdiffusion liegen die Preise für industrielle Computertomographen im Bereich von 150.000 Euro bis 750000 Euro.

Hersteller	Produktname	Abbildung	Röntgenröhre		Detektorauflösung [Pixel]	Messbereich [mm x mm]	Objektgewicht [kg]	Prüfraum Objektgröße [mm]	Objektdurchmesser [mm]	Gesamtmasse [Kg]
			Spannung [kV]	Leistung [W]						
MacroScience	Micro		60		1024 x 1024					
MacroScience	CT 300		90 / 130		2048 x 2048		2	150	150	1500
MacroScience	CT 350		160				1	50	50	1500
MacroScience	CT 500		160 / 225				10	150	150	4500
MacroScience	CT 600		225	1800						
Nikon Metrology	XT H 225		25 - 225	60 or 225		250 x 330				
Nikon Metrology	XT H 225 / 320 LC		225 / 320							
Nikon Metrology	XT H 450 LC		450							
Nordson DAGE	XD7500NT950HP		40 - 160	10	1,3 MP CCD / 2,0 MP CCD			444	508	
Nordson DAGE	XD7900NT950HP		40 - 160	10	1,3 MP CCD / 2,0 MP CCD			617	939	

Bild 3: Auszug aus der rollierenden Marktanalyse für industrielle Computertomographie

6 Parameterstudien

Trotz der vorhandenen Erfahrung durch die Analyse von unterschiedlichsten Bauteilen und Werkstoffklassen ist es immer wieder notwendig, die Einstellparameter für eine spezifische Untersuchung anzupassen. Während im medizinischen Umfeld die Parameter seitens des Lieferanten der Computertomographieanlagen bereits voreingestellt sind und nicht verändert werden dürfen, müssen für industrielle Anwendungen die Einstellparameter aufgabenspezifisch ausgewählt werden. Es wurden für typische Bauteile umfangreiche Messungen mit verschiedenen Parameter-einstellungen durchgeführt und deren Ergebnisse bewertet. Die optimalen Einstellungen wurden dann für weitere Untersuchungen verwendet bzw. sie dienen zur Empfehlung für die Projektpartner. Es zeigte sich aber auch, dass durch die verbesserte Software, die voreingestellten Parameter bereits sehr gute Ergebnisse liefern.

7 Benchmark von industriellen Mikro-Computertomographieanlagen zur Vermessung der Bauteilgeometrie

Kritiken und Vorbehalten zum Trotz hat sich herausgestellt, dass sich ein CT – neben der Möglichkeit Fehlstellen zu detektieren – ebenfalls zur Vermessung von Bauteilen eignet. Demzufolge wurde eine umfangreiche Benchmarkanalyse mit den wichtigsten auf dem Markt verfügbaren Computertomographiesystemen durchgeführt. Bei der Musterteilvermessung durch die einzelnen Hersteller hat ein direkter Vergleich der Messergebnisse gezeigt, dass sich diese nur sehr geringfügig von Modell zu Modell unterscheiden – unabhängig von den extremen Unterschieden der CT-Anschaffungskosten. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, einen „Sieger“ unter den einzelnen CT-Systemen zu benennen. Vielmehr müssen Anschaffungskosten, Kompatibilität der Softwarepakete, Service und Wartung in eine Entscheidung mit einbezogen werden. Anders als zuerst angenommen, ergeben sich die Unterschiede in den Ergebnissen nicht durch die eingesetzte Hardware der einzelnen CT-Hersteller, sondern vielmehr durch den Anwender, durch dessen Ausbildung und Motivation, deren Grundkenntnisse bei der Ausrichtung des Bauteils und der Abarbeitung des Messplanes.

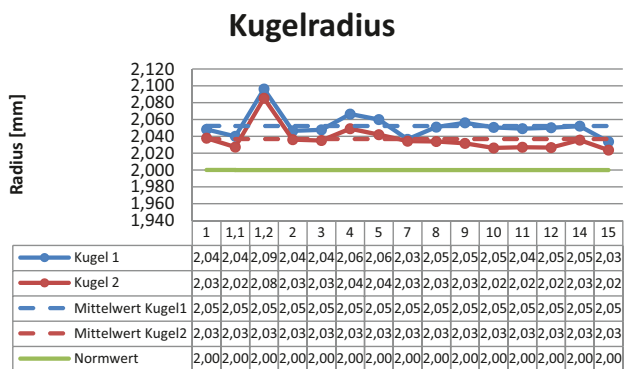


Bild 4: Kalibriernormal vermessen mit unterschiedlichen Parameter-einstellungen

8 Beispiele durchgeführter Analysen

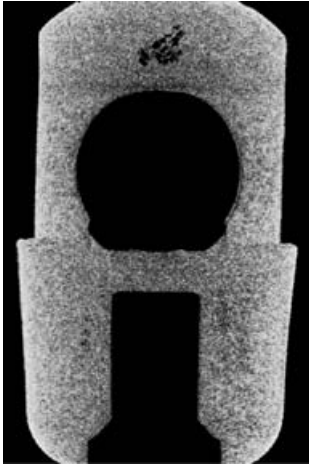
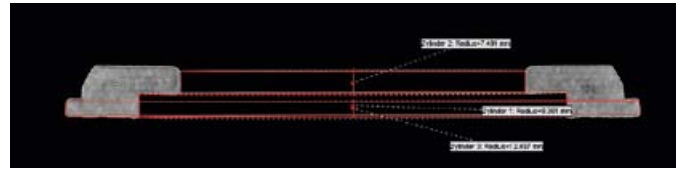


Bild 5: 3-D- und 2-D-Schnitt eines Kunststoffbauteils mit Fehlstellen (Poren und Materialinhomogenitäten)



	Durchmesser	Zylindrizität	Koaxialität zu Z2
Zylinder 1	18,60 mm	0,093 mm	0,027 mm
Zylinder 2	14,98 mm	0,103 mm	
Zylinder 3	24,91 mm	0,084 mm	0,013 mm

Bild 8: CT-Aufnahme mit Darstellung der Abmessungen

9 Ergebnis

Im Rahmen des Projektes konnten umfangreiche Kenntnisse über die Anwendung und das Potenzial der CT-Technologie gewonnen werden. Diese Erfahrungen wurden an die Partnerunternehmen und unsere Studierenden weitervermittelt. Insbesondere im Bereich der Fehleranalyse konnten einige Erfolge erzielt werden. Dadurch konnten im Vorfeld Fehler ausgeschlossen und die Qualität verbessert werden, wodurch unkalkulierbare Folgekosten eingespart wurden. Die Partnerunternehmen konnten somit ihr ausgeprägtes Qualitätsbewusstsein ihren Kunden gegenüber verdeutlichen.

Ebenso konnte aufgezeigt werden, dass das CT als Messgerät geeignet ist und in speziellen Bereichen der konventionellen Messtechnik überlegen ist. Durch die Teilnahme an diversen Workshops und Tagungen bzw. mit dem engen Kontakt zur Fraunhofer-Gesellschaft wurde nicht nur der gegenwärtige Stand erfasst, sondern auch der zukünftige Weg der Computertomographie aufgezeigt.

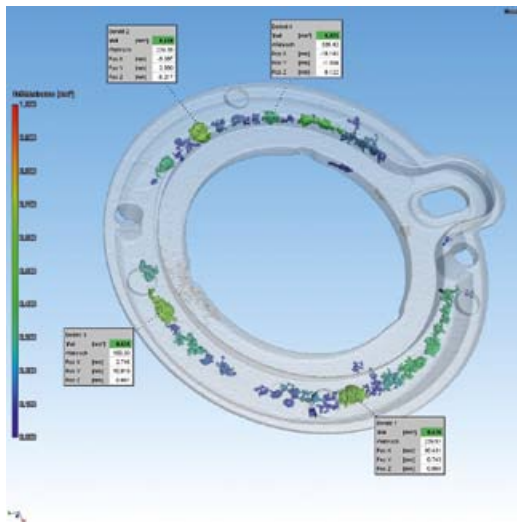


Bild 6: Darstellung eines Kunststoffringes mit den Positionen und der Größe der Fehlstellen

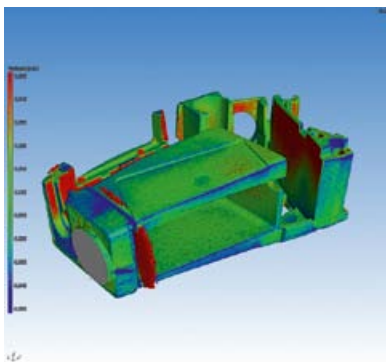


Bild 7: Soll/Ist-Vergleich zwischen CAD-Modell und CT-Messdaten



Prof. Dr. Franz Magerl

Planung und Umsetzung einer Deutsch-Indonesischen Konferenz, mit dem Ziel der Initiierung von Forschungsprojekten im Bereich Energieeffizienz und erneuerbare Energien

Professor Dr.-Ing. Magnus Jaeger

**Bericht Forschungsfreisemester
1/2 Forschungsfreisemester, Sommersemester 2010**

1 Hintergrund

Seit dem Sommer 2006 besteht zwischen der Hochschule Amberg-Weiden, über den Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen, eine Forschungszusammenarbeit mit den Hochschulen in Jakarta und Salatiga. Schwerpunkte der Forschungsarbeiten sind die Bereiche Energie, Energieeffizienz, Erneuerbare Energien, Wasseraufbereitung sowie das Management von Infrastruktur.

Seit dem Jahr 2006 waren mehrfach Studenten aus Weiden zu praktischen Forschungsarbeiten in Indonesien. Seit dem Wintersemester 2009 ist aufgrund dieser engen Zusammenarbeit bereits ein indonesischer Student im Masterstudiengang Internationales Unternehmens- und Technologiemanagement eingeschrieben. Indonesien, hier insbesondere auch die Provinz Riau, ist derzeit gekennzeichnet durch erhebliche Mengen an fossilen Energieträgern auf der einen Seite und andererseits durch eine erhebliche Unterversorgung in der Anbindung der Bevölkerung an eine Netzinfrastruktur. Derzeit haben, bezogen auf den Staat Indonesien, etwa 50 % der Bevölkerung keinen oder nur unzureichenden Zugang zu Elektrizität. Hier ist seitens der Regierung vorgesehen, diesen Missstand bis zum Jahr 2020 weitgehend abzustellen. Im Bereich Energie-Infrastruktur besteht damit ein erheblicher Nachrüstungsbedarf. Dieser Bedarf an leitungsgebundener Energie soll zu großen Teilen auch durch die Nutzung regenerativer Energie gedeckt werden. Seitens der Hochschule sowie auch der Stadt Weiden ist beabsichtigt, die in den vergangenen Jahren aufgebauten bestehenden guten Kontakte in diese stark wachsende Region weiter auszubauen.

2 Zielsetzung

Planung und Durchführung einer Deutsch-Indonesischen Konferenz im Jahr 2010, am Hochschulstandort Weiden, unter Einbeziehung der Stadt Weiden sowie regionaler Unternehmen auf dem Gebiet erneuerbarer Energien, mit dem Schwerpunkt Photovoltaik.

Beabsichtigt ist mit der Durchführung der Konferenz, die an der Hochschule in Weiden bereits bestehenden Forschungsaktivitäten auf den Gebieten nachwachsende Rohstoffe (HECO-Cooking Stove) sowie Photovoltaik-Hybridanlagen weiterzuentwickeln, insbesondere durch die Gewinnung von privaten und öffentlichen Fördergeldern. Mittels der Konferenz sollen die Entscheidungsträger aus Indonesien vom Nutzen einer Zusammenarbeit mit der Stadt Weiden und der Hochschule in Weiden überzeugt werden, um dann im Anschluss konkrete Projekte in der Provinz Riau zu initiieren, insbesondere zunächst Aktivitäten zur Umsetzung des Projektes HECO Cooking Stove und Einsatzmöglichkeiten für Photovoltaik-Hybridanlagen.

Für die Durchführung der Deutsch-Indonesischen Konferenz sind die benötigten Finanzmittel durch Akquisition bei den zukünftig beteiligten Unternehmen zu beschaffen.

3 Konferenz in Weiden

3.1 Programmpunkte

Die Schwerpunkte der Konferenz liegen nach Abstimmung mit der indonesischen Regierungsdelegation aus der Provinz Riau auf den Gebieten

- Energiekonzept der Stadt Weiden (Umsetzungsstrategie in den Bereichen Energieeffizienz sowie erneuerbare Energien)
- Stadtwerke der Stadt Weiden (regionaler Dienstleister für die Bereiche Gas, Wasser, Abwasser und Elektrizität)
- Photovoltaik in der zentralen und dezentralen Anwendung (Möglichkeiten der preiswerten Bereitstellung von elektrischer Energie)

- HECO Cooking Stove (Kochsystem auf Basis von biogenen Festbrennstoffen)
- Photovoltaik-Modul-Fertigung (mittelfristige Zielsetzung bei der Versorgung mit Photovoltaik-Modulen ist die Eigenfertigung)
- Nachhaltige Waldwirtschaft (seitens der indonesischen Regierung wurde bei meiner Präsentation im August 2009 signalisiert, dass das Thema Nachhaltigkeit in der Waldwirtschaft auf großes Interesse stoßen wird)

Ausgearbeitetes Programm der Veranstaltung siehe Anlage.

3.2 Unternehmen mit Lieferinteresse

Die als Sponsoren benannten Unternehmen mit Lieferinteresse konnten aufgrund längerer persönlicher Zusammenarbeit überzeugt werden, sich an der Veranstaltung finanziell zu beteiligen.

Anfragen bei Firmen mit potenziellem Lieferinteresse

- Siemens
- EON
- Sparkasse und Volksbank

waren hinsichtlich einer finanziellen Beteiligung erfolglos.

3.3 Einbezogene Unternehmen

Die nachfolgend genannten Unternehmen wurden in den Programmablauf mit einbezogen, da hier ein hohes Interesse an einer Beteiligung bestand:

- Hermos AG: Anlagenbauunternehmen im Bereich Umwelttechnik und Gebäudeausrüstung; das Interesse liegt in der Lieferung von Anlagensteuerungen für beispielsweise Anlagen zur Fertigung von Photovoltaik-Modulen oder auch einfach der Ausrüstung von Büro- oder Verwaltungsgebäuden;
- ISA GmbH: Lieferung von Photovoltaik-Anlagen;
- Reis-Robotics: Das Unternehmen aus Obernburg steht für die Lieferung von Ausrüstung zur Fertigung von Photovoltaik-Modulen;
- Solvoltaik GmbH & Co. KG: Lieferung von Anlagen im Bereich Photovoltaik, insbesondere Photovoltaik-Hybrid-Anlagen für die energetische Versorgung im ländlichen Raum
- Stadtwerke Weiden: Beteiligt sich mittel- und langfristig gerne an Schulungsmaßnahmen, wenn es um den Aufbau von Stadtwerken in Indonesien gehen sollte;
- Mercedes Widmann: Steht für die Lieferung hochwertiger Limousinen zu Verfügung;
- Maria-Seltmann-Stiftung: beteiligt sich an Maßnahmen, die dem internationalen Wissensaustausch dienen.

Den Unternehmen, die die Veranstaltung finanziell unterstützt haben, wurden exklusive Informationen zu den Investitionsmöglichkeiten in Riau zu Verfügung gestellt.

4 Weitere Forschungsaktivitäten

4.1 Projektanträge beim BMBF

Mit dem 30. September wurden beim BMBF Projektanträge im Rahmen Mobilitätsprogramm eingereicht (s. Anlage), um die weitere Projektzusammenarbeit mit den indonesischen Partnern zu fördern. Insbesondere geht es um die Vertiefung der Aktivitäten im Bereich Photovoltaik-Hybrid-Systeme und die Brikettierung im Hinblick auf die Brennstoffaufbereitung für das System HECO Cooking-Stove.

4.2 Internationale Zusammenarbeit

Im Hinblick auf eine Projektförderung über europäische Institutionen wird seit dem Mai des Jahres der Kontakt zu der Karel de Grote Hogeschool, Antwerpen, gesucht. Hinsichtlich der Hochschulgröße und der internationalen Projekte erscheint diese Hochschule ein geeigneter Partner für die weitere Projektentwicklung zu sein. Für das Frühjahr 2011 ist geplant, die Projektzusammenarbeit zunächst über die Betreuung eines Masterstudenten zu beginnen. Der Masterstudent wird seine Arbeit teilweise in Weiden und in Indonesien anfertigen.

Für das Jahr 2011 ist dann geplant, mit den erfolgten Vorarbeiten einen größeren Projektantrag mit deutschem Industriepartner und den internationalen Partnern zu stellen. Es wird auch zumindest eine der vier Partneruniversitäten in Indonesien

- University of Indonesia, Jakarta; Faculty of Technology
- Islamic University Indonesia, Jakarta; Economic Faculty
- UIN Suska University of Riau; Faculty of Science and Technology
- Kristen University, Salatiga, Faculty of Technology mit einbezogen.

5 Zusammenfassung

Die Konferenz konnte erfolgreich durchgeführt werden. Insbesondere bei den beteiligten Industriepartnern und der indonesischen Delegation wurde die Veranstaltung äußerst positiv bewertet.

Auch aufgrund der sehr positiven Presse in Indonesien wird derzeit (10./11. November 2010) eine Tagung in Pekanbaru ausgerichtet, die das Ziel hat, die in Weiden angestoßenen Entwicklungen in Pekanbaru und der Provinz Riau aufzunehmen.



Prof. Dr.-Ing. Magnus Jäger
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen

Funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT) – Visualisierung von Schmerz

Prof. Dr. Ralf Ringler, Prof. Dr. Clemens Forster

Introduction

Pain is a stressful experience which leads to changes in the activity of the autonomic nervous system. But also stress itself induces autonomic responses. From this it is difficult to show which responses are pain related and which are stress related. Then again, a stressful task can destruct from pain and reduce the pain experience. This study combined pain and stress to study the effects on autonomic reflexes, pain rating and cortical responses during each task alone and during simultaneous execution. For pain the cold pressure (CP) was used during which a hand or a foot was immersed into ice water. This manoeuvre evokes deep and dull pain accompanied by cardiovascular and other autonomic reflexes. The CP is a well-established clinical test of the cardiovascular system and the blood pressure regulation. Stress was induced by a stroop task which is naming the print colour of a written colour name. These tasks were presented either alone or simultaneously. A modified version was used to study central pain processing with and without mental stress which is known to decrease the pain perception in humans.

The intention of that study was to monitor the pain experience with and without distraction and to analyze corresponding changes in the cortical processing of pain and autonomic reflexes.

Materials and methods

11 healthy volunteers (6 male, 5 female, mean age 23.7 ± 2.3 y) participated on this study. CP was done by submerging the right foot into ice water. During the first experiment psychophysical data (heart rate, blood pressure and rating) were recorded. In the second experiment fMRI was assessed using a block design (30 axial slices, $TR=3$ sec). Each stimulus, including CP, lasted 30s and was followed by a baseline of 30s. Mental stress was induced by a false color stroop task. An “easy” stroop

task with no false colors served as control. Four different stimuli (St1-St4) were applied. St1: stroop, St2: CP, St3: easy stroop, St4: CP & stroop. Each stimulus was repeated 4 times during the experimental course. During St1, St3 and baseline periods the right foot was placed in “warm” water at $10-12^{\circ}\text{C}$ ($50-54^{\circ}\text{F}$). During St2 and St4 the right foot was submerged into ice water of 0°C (32°F). After each CP stimulus the subject rated the painful stimuli on a scale from 0 (no pain) to 5 (strong pain). St1 and St3 were shown over the mirror which was placed at the head coil of the MRI scanner. MRI and fMRI data were acquired on a Siemens Magnetom Espree 1.5 Tesla scanner and analyzed using BrainVoyager QX 2.3.

Results

The stroop task significantly reduced the pain perception (mean pain rating: St2: 3.3, St4: 2.8). Blood pressure which was continuously recorded during the psychophysical session increased during the painful stimuli St2 and St3.

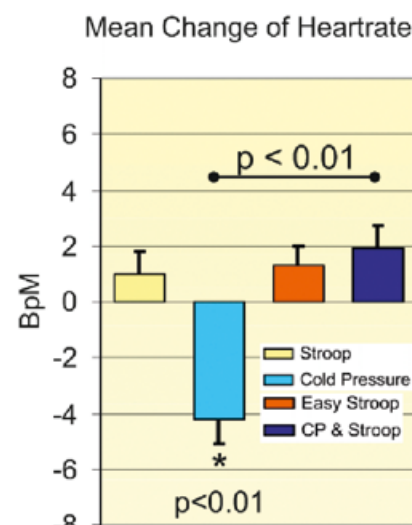


Figure 1: During Stroop, Easy Stroop and CP with Stroop the heart rate slightly increased (not significant) while during each CP the heart rate significantly decreased.

fMRI showed activations of pain specific areas such as anterior cingulate cortex (ACC), insular cortex (IC), S1 and S2 areas. Contrast analysis showed that in most areas the BOLD signal was reduced during St4 as compared to St2. However, the left insula showed an increased BOLD activation during St4 as compared with St2.



Figure 2: Combination of pain and stroop leads to bilateral activations of S2 and posterior parts of the insula. The visual and cognitive part of stroop task leads to activation in the lingual gyrus and occipital lobe - primary visual cortex V1.

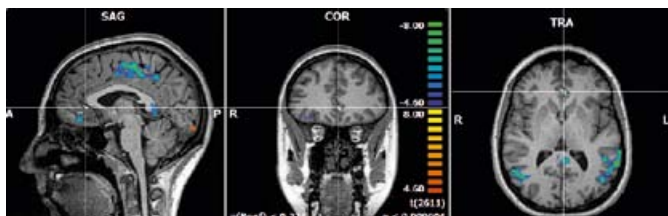


Figure 3: During the painful stimuli typical pain related areas like the cingulate gyrus (anterior and posterior), the left insula and temporal lobe are activated.

Conclusion

Mental stress as it is induced by a stroop task significantly reduces the pain perception. This psychophysical observation corresponds to findings of the fMRI study which shows altered pain processing in pain specific brain areas.

Keyword(s): FMRI PAIN STRESS COLD-PRESSURE-TEST

Literaturhinweis

Erschienen in: 382.06/QQ31. 2011 Neuroscience Meeting Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience, 2011. Online. R. RINGLER¹, P. V. D. KEYLEN², K. DETMAR³, R. LOOSE³, C. FORSTER²;

¹Univ. of Appl. Sci. Amberg-Weiden, Weiden, Germany;

²Inst. of Physiol. 1, Univ. of Erlangen, Erlangen, Germany;

³Radiology, Clin. Ctr. of Nuremberg, Nuremberg, Germany

Mental stress of a stroop task leads to reduced pain during a cold pressure test - a psychophysics and fMRI study



Prof. Dr. Ralf Ringler
Hochschule Amberg-Weiden
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Medizintechnik / Medizinische Physik
r.ringler@haw-aw.de
Foto: Homepage HAW



Prof. Dr. Clemens Forster
Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Institut für Physiologie und Pathophysiologie
forster@physiologie1.uni-erlangen.de
Foto: Homepage www.physiologie1.uni-erlangen.de

Strategische Motive und praktische Erfahrungen eines mittelständischen Bauinstallationsunternehmens bei einem Markteintritt in den Vereinigten Arabischen Emiraten (VAE)

Prof. Dr. Frank Schäfer

Vorwort

Neben Marco Polo und Zheng He lässt sich Ibn Battuta als einer der größten Entdecker des ausgehenden Mittelalters bezeichnen. Geboren in Tanger bereiste er ab dem Jahr 1325 die islamische Welt über einen Zeitraum von 30 Jahren. Seine Tour führte ihn über eine Gesamtdistanz von über 120.000 km durch die gesamte islamische Welt der damaligen Zeit. Dabei ging sein Weg durch Nordafrika, die heutige Türkei, den mittleren Osten bis nach Indien, auf die Malediven und über Indonesien bis nach China. Die islamische Welt war zur damaligen Zeit führend in Wissenschaft, Mathematik, Architektur und unter der hier speziell interessierenden betriebswirtschaftlichen Perspektive auch im internationalen Handel. [vgl. Aslan, S. 31] Zusammenfassen lässt sich die damalige Bedeutung mit folgendem Zitat: "The world that Ibn Battuta experienced in his travels nearly 700 years ago was as globalized as the world we live in today." [Aslan, S. 29]

Betrachten wir die Gegenwart, so hat sich die Globalisierung in heutiger Ausprägung fundamental verändert: Impulse der westlichen Kultur, allen voran aus Europa und aus den USA, haben die „heutige Globalisierung“ initialisiert.

Die arabische Welt dagegen präsentiert sich heute teilweise starr in autoritären, teils mittelalterlich anmutenden Strukturen gefangen und wirtschaftlich häufig wenig erfolgreich. Soziale Spannungen entladen sich aktuell in verschiedenen arabischen Ländern, häufig durch die Perspektivlosigkeit und hohe Arbeitslosigkeit gerade der jüngeren Generationen getrieben. Die regierenden Regime, die nach einer Bewahrung ihrer Machtposition streben, sehen eine internationale Vernetzung wegen des damit verbundenen Imports weltoffener, „westlicher“ liberaler Denk- und Handlungsweisen kritisch. Sie neigen in der Folge dazu, sich stärker abzuschotten, was z. B. auch internationalen wirtschaftlichen Handelsbeziehungen abträglich ist.

Ausnahmen bilden arabische Staaten, die hohe Mittelzuflüsse aus der Ausbeutung ihrer Rohstoffreserven generieren können und damit ihrer Bevölkerung hinreichenden Wohlstand angedeihen lassen können.

Eine besondere Ausnahme bilden die Vereinigten Arabischen Emirate und unter diesen besonders Dubai, die sich vergleichsweise weltoffen geben und mit hoher wirtschaftlicher Prosperität und fantastisch anmutenden Bauinvestitionen international beeindruckend.

Gelingt hier ein ökonomisches „Erfolgsrezept“ unter Bezugnahme auf die arababischen oder islamischen Paradigmen und Weltanschauungen? Entsteht hier mithilfe der Sharia als Rechtsrahmen eine moderne Wirtschaftsordnung?

Nahost-Experten merken dazu kritisch an, dass es der Einfluss der westlichen Kultur sei, der einen Haupterfolgswert darstellt: „There is nothing particularly Arab or Islamic about the Dubai success story. The majority of economic activity takes place outside Islamic law; most business is based on Western legal principles, not Sharia's. Dubai is not an example of an Islamic economy catching up to the West. It's a case of a Muslim country growing rich by coping the economic principles of the West." [Schuman, S. 53]

Diese Betrachtung zeigt den großen Anteil, den westliche Denk- und Arbeitsweisen sowie unternehmerische Aktivitäten an der Entwicklung der Vereinigten Emirate in der Rückschau hatten.

Dies verdeutlicht ergänzend auch der Umfang deutscher Exporte in die Vereinigten Emirate (Bezugsgröße: 2009): Von ca. 20 Mrd. € Gesamtexportvolumen in die Region Mittlerer Osten und Nordafrika (VAE, Saudi-Arabien, Ägypten, Tunesien, Marokko, Iran) entfielen über 6 Mrd. € auf die Vereinigten Emirate, welche damit mit Abstand den wichtigsten Handelspartner für Deutschland in dieser Region darstellen. [Hassel, S. 14] Im Jahr 2010 war der Handel mit den VAE deutlich wachsend und erreichte knapp 7,6 Mrd. € [Statistisches Bundesamt, zit. nach Schwarzer, S. 105] Vor diesem Hintergrund beschäftigt sich die nachfolgende Analyse mit den Optionen und konkreten Erfahrungen eines Markteintritts in den VAE durch die SES GmbH, Schnaitten-

bach. SES gehört zu den wachstumsstarken Elektrotechnik-Unternehmen in der nördlichen Oberpfalz und ist mehrfacher Preisträger von „Bayerns Best 50“. Der Verfasser dankt dem geschäftsführenden Gesellschafter, Herrn Dipl.-Ing. Manfred Graf, für die Möglichkeit dieser Analyse.

1 Motivation für einen Eintritt in einen Auslandsmarkt

1.1 Begrenzte Wachstumsperspektiven im Inland

Galt die Bauwirtschaft in Deutschland über viele Jahrzehnte als „Konjunkturlokomotive“, so schwächte sich die Bauaktivität nach dem Investitionsboom in den Jahren nach der deutschen Wiedervereinigung im Inland deutlich ab. [vgl. dazu Schäfer, S. 46]. Waren im Jahr 2000 in der Bauwirtschaft Deutschlands noch ca. 1,65 Mio. beschäftigt, so sank deren Zahl bis zum Jahr 2008 auf ca. 1,14 Mio. [DIW, S. 9] Bezogen auf das Bauvolumen wechselten sich je nach Segment wachsende mit schrumpfenden Jahren ab. Das Volumen der Bauleistung im Segment residential construction wuchs von 2002 bis 2008 in jeweiligen Preisen lediglich von 136 auf 148 Mrd. €, während das non-residential Segment von 66,5 auf 74 Mrd. € anstieg. [DIW, S. 6f] Die beschränkten Wachstumsperspektiven führen zu einer hohen Wettbewerbsintensität im Inland, so dass Unternehmen dieser Branche zunehmend über Wachstumsperspektiven außerhalb Deutschlands nachdenken.

Dies wird unterstützt durch das hohe Image, welches deutsche Leistungen auf internationalen Märkten besitzen. Dies gilt beispielsweise für Planungsleistungen, Projektmanagement sowie für Produkte/Marktleistungen im Bereich Umwelttechnik oder Anlagen zur regenerativen Energieerzeugung. Diese internationale Orientierung zeigen heute z. B. bereits die Homepages mittelständischer Unternehmen auf den ersten Blick: www.s-e-s.info (Elektrotechnik), www.ago.ag (Kraftwerke Regenerative Energie, Anlagenbau), www.zwt.de (Kläranlagen), www.durosol.eu (Solartechnik)

1.2 Risikodiversifikation

Die Baukonjunktur bewegt sich traditionell stark zyklisch mit der allgemeinen konjunkturellen Entwicklung, wobei die Schwankungsraten in den Branchenzahlen die Schwankungen des Bruttoinlandsproduktes häufig deutlich übertreffen. [vgl. Schäfer, S. 46f] Für die Unternehmen der Bauwirtschaft resultieren daraus häufig Herausforderungen hinsichtlich einer gleichmäßigen Kapazitätsauslastung. So ist auch in den letzten Jahren eine zyklische Baukonjunktur mit mehrjährigen Schwächephasen in Deutschland, z. B. zwischen 2002 und 2006, beobachtbar.

Diese Rahmenbedingung lässt eine Geschäftsaktivität auf internationalen Märkten, die einer eigenen Konjunkturdynamik unterliegen, unter der Perspektive der Risikodiversifikation plausibel erscheinen.

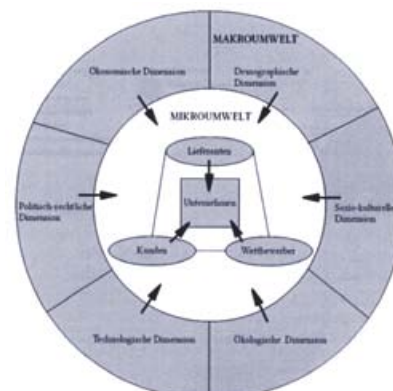
1.3 Managementqualifikation und strategische Perspektive

Noch Ende der Achtziger-Jahre des letzten Jahrhunderts stellte eine internationale Geschäftsaktivität für deutsche Bauunternehmen zwar eine theoretische Option dar, die Praxis zeigte aber einen sehr geringen Internationalisierungsgrad. So betrug die Exportquote im Bauhauptgewerbe im Jahr 1989 lediglich 2,5 %. [vgl. Schäfer, S. 48] Aktiv im Ausland waren dabei die wenigen Großunternehmen wie z. B. Hochtief oder Bilfinger & Berger, die mittelständischen Unternehmen betrieben dagegen ein häufig auf den regionalen Markt beschränktes Geschäft. Heute findet sich vielfach eine andere Managementperspektive vor. Die Führungskräfte auch mittelständischer Unternehmen sind heute häufig akademisch qualifiziert, verfügen über Fremdsprachenkenntnisse und können oft auf persönliche Auslandserfahrungen rekurrieren. Auch hat die Europäische Union mit beispielsweise europaweiten Ausschreibungen von Bauleistungen eine massive Veränderung der Rahmenbedingungen in Richtung einer faktisch möglichen Internationalisierung geschaffen. Viele Unternehmen in der Bauwirtschaft betrachten die Potenziale einer Internationalisierung dabei differenziert in Relation zum eigenen nationalen Geschäft. Meist geht es bei der Umsetzung von Auslandsgeschäften weniger um die physische Leistungserbringung vor Ort mit eigenem Personal, sondern vielmehr um die Vermarktung von im Inland erworbenem Know-how, z. B. im Planungsbereich oder im Projektmanagement. Gegebenenfalls wird dies ergänzt durch den Zukauf der körperlichen Wertschöpfung im Land durch Einschaltung jeweils verfügbarer nationaler Subunternehmer.

2 Motivation für einen Markteintritt in den VAE

2.1 Überblick über Umweltanalyse in den VAE (externe Analyse)

Die folgende Abbildung zeigt die klassische Struktur für die ganzheitliche Analyse internationaler Märkte. Die Betrachtung gliedert sich in die generelle Strukturen erfassende Makroanalyse und in die branchen- und aufgabenspezifische Erfassung der Mikroumwelt. Folgende Abbildung zeigt typische Analysefelder im Überblick. [vgl. Hungenberg]



Die Vereinigten Arabischen Emirate liegen im Persischen Golf und bestehen aus mehreren Emiraten, die einen Staatenbund bilden. Deren Hauptstadt ist Abu Dhabi. Die direkten Nachbarn bilden Saudi-Arabien und Oman. Besonders erwähnenswert ist von diesen Emiraten Dubai, das durch repräsentative Infrastruktur und Bauaktivität auffällt. Prägend ist ferner eine für die arabische Welt vergleichsweise kulturelle Offenheit, welche dieses Emirat gerade auch für Ausländer attraktiv macht.

So ist beispielsweise das ähnlich wohlhabende Saudi-Arabien wegen seiner fundamental religiös geprägten Vorschriften zum gesellschaftlichen Leben sowohl bei liberal ausgerichteten Saudis als auch bei „westlichen“ Ausländern als Standort deutlich weniger beliebt. [vgl. Baker]

Beispiele für weltweit bekannte Bauprojekte in Dubai bilden das 7-Sterne-Hotel Burj al Arab, die Emirates Mall mit der Skihalle „Ski Dubai“, die künstlich aufgeschütteten Halbinseln im Persischen Golf (z. B. Palm Jumeirah) sowie besonders der Burj Khalifa, das mit 163 Stockwerken derzeit höchste Gebäude der Welt.

Von großer ökonomischer Bedeutung für den Handel ist der im Süden Dubais gelegene Hafen Jebel Ali, welcher der größte des Nahen Ostens ist.

Die VAE verfügen über die siebtgrößten Erdölreserven der Welt und gehören mit einem Pro-Kopf- Bruttoinlandsprodukt von \$ 55.081 (2009) zu den sehr wohlhabenden Ländern der Welt. Die Hochrechnungen bzw. Projektionen für 2010 und 2011 zeigen ein starkes Wachstum: \$ 59.716 (2010), \$ 69.872 (2011) [vgl. IMF]

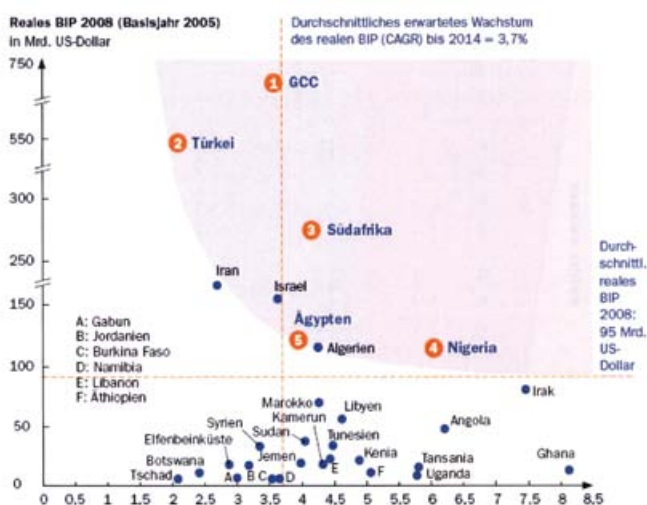
Betrachtet man Wachstumsrate und Größe des Bruttoinlandsproduktes gemeinsam, so gehören die VAE zu den bedeutenden Wirtschaftsnationen im gesamten Bereich Mittlerer Osten und Afrika. Folgende Abbildung verdeutlicht dies für den Golf-Kooperationsrat (GCC), den die VAE zusammen mit Saudi-Arabien, Katar, Bahrain, Kuwait und Oman bilden: [vgl. Mc Kinsey, zit. nach FIRLA]

Von den gegenwärtig insgesamt ca. 4,8 Mio. Einwohnern der VAE leben jeweils ca. 1,6 Mio. in Dubai und Abu Dhabi. Die Einwohner Dubais gliedern sich in ca. 200.000 Einheimische, der große Rest sind Ausländer, die typischerweise und mehrheitlich auf der Basis befristeter Arbeitsvisa im Land leben. [vgl. Schuman, S. 53] Nach Schätzungen bilden indische Wanderarbeiter mit ca. 1,1 Mio. und pakistanische Arbeiter mit ca. 750.000 Personen die größten Anteile. Diese sind häufig als angelernte Arbeiter in der Bauwirtschaft eingesetzt. Akademisch qualifizierte Spezialisten kommen dagegen überwiegend aus den USA und aus Europa und sind mit entsprechenden „Ex-Patriot-Incentive-Paketen“ häufig sehr gut bezahlt und untergebracht.

Das durchschnittliche jährliche Bevölkerungswachstum von z. B. ca. 20 % in Dubai machen gerade im Baubereich auch zukünftig kräftige Investitionsprogramme erforderlich.

Das von der geografischen Erstreckung größte Emirat bildet Abu Dhabi. Da in Abu Dhabi die größten Rohstoffvorräte, auch in Form von Erdgas liegen, besitzt Abu Dhabi beträchtliche Finanzmittel für die Realisierung weiterer Entwicklungsprojekte. Abu Dhabi bildet die Finanzquelle auch für die anderen Emirate, die im Rahmen einer Art von „Länderfinanzausgleich“ von den Rohstoffeinnahmen von Abu Dhabi profitieren.

Folgende Landkarte zeigt die Emirate im Überblick:



Die folgenden beiden Abbildungen zeigen „Ski Dubai“, eine Skihalle, die im Wüstenklima für alpine Eindrücke sorgt. Die Anlage ist an die Emirates Mall angegliedert, die auch zahlreiche Restaurantbetriebe aufweist, teils mit Blick auf die Skipiste. Ski Dubai ist ein typisches Beispiel für den häufig anzutreffenden Gigantismus, der weltweite Aufmerksamkeit auf Dubai lenken soll.

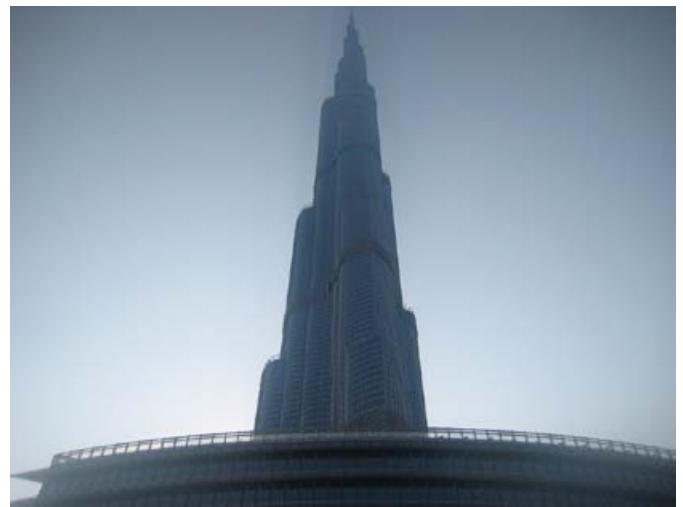
Hinweis: Alle in dieser Arbeit gezeigten fotografischen Aufnahmen sind eigene Fotos des Verfassers.



Die folgende Abbildung zeigt eine Villensiedlung auf Palm Jumeirah, einer künstlichen Halbinsel in Gestalt einer Palme. Im Bild die Perspektive auf zwei „Palmenwedel“ mit dem Meereinschnitt dazwischen. Palm Jumeirah wurde vor der Finanzkrise von 2008 fertiggestellt. Die Villen bildeten auch Spekulationsobjekte, deren Wert in den letzten Jahren stark gelitten hat.

In der praktischen Nutzung erweist sich die Wasserqualität zwischen den Halbinseln kritisch, da zu wenig Wasseraustausch stattfindet. Ein nächstes ähnliches Projekt, genannt „the world“, wurde wegen der Finanz- und Wirtschaftskrise bislang nicht mehr fertiggestellt. Ein Teil der dort aufgeschütteten künstlichen Inseln sind inzwischen wieder im Meer versunken. Die Nachhaltigkeit einiger Projekte ist somit kritisch zu betrachten.

Die folgende Abbildung zeigt den Burj Khalifa in Dubai, der während der Finanz- und Wirtschaftskrise mit der finanziellen Hilfe von Abu Dhabi fertiggestellt wurde. In der Folge wurde das prestigeträchtige Gebäude, welches ursprünglich „Burj Dubai“ heißen sollte, nach dem Herrscher von Abu Dhabi, Scheich Khalifa, benannt.

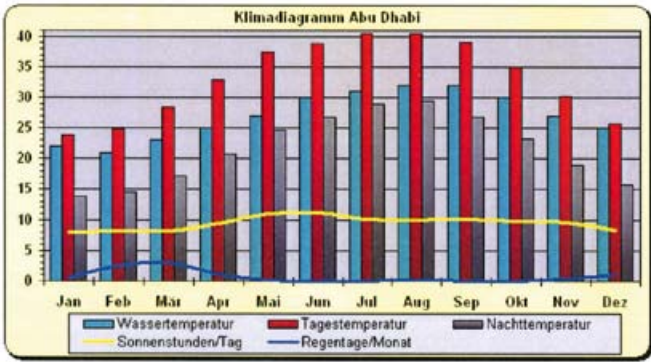


Die hier gezeigte Abbildung präsentiert ein weiteres städtebauliches Entwicklungsprojekt, den Bereich Dubai Marina. Im Vordergrund sind die Villensiedlungen auf Palm Jumeirah sichtbar.



Klimatisch präsentieren sich die Emirate mit einem ausgeprägt unwirtlichen Klima, welches durch hohe Temperaturen einerseits und ausgeprägten Niederschlags- und Wassermangel andererseits gekennzeichnet ist. Das Land ist überwiegend von trockener Sandwüste bedeckt. So sind Sommertemperaturen weit über 40 Grad am Tag und 35 Grad in der Nacht sowie mehrere niederschlagsfreie

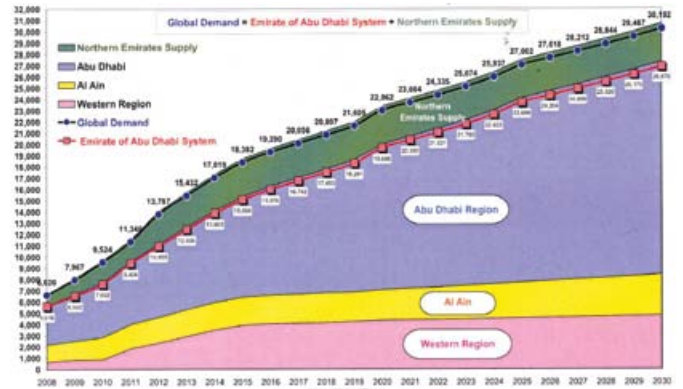
Monate zu verzeichnen. Folgendes Diagramm zeigt dies im Überblick. [vgl. Sonnauer]



Die klimatische Situation hat unterschiedliche Auswirkungen auf die Infrastruktur:

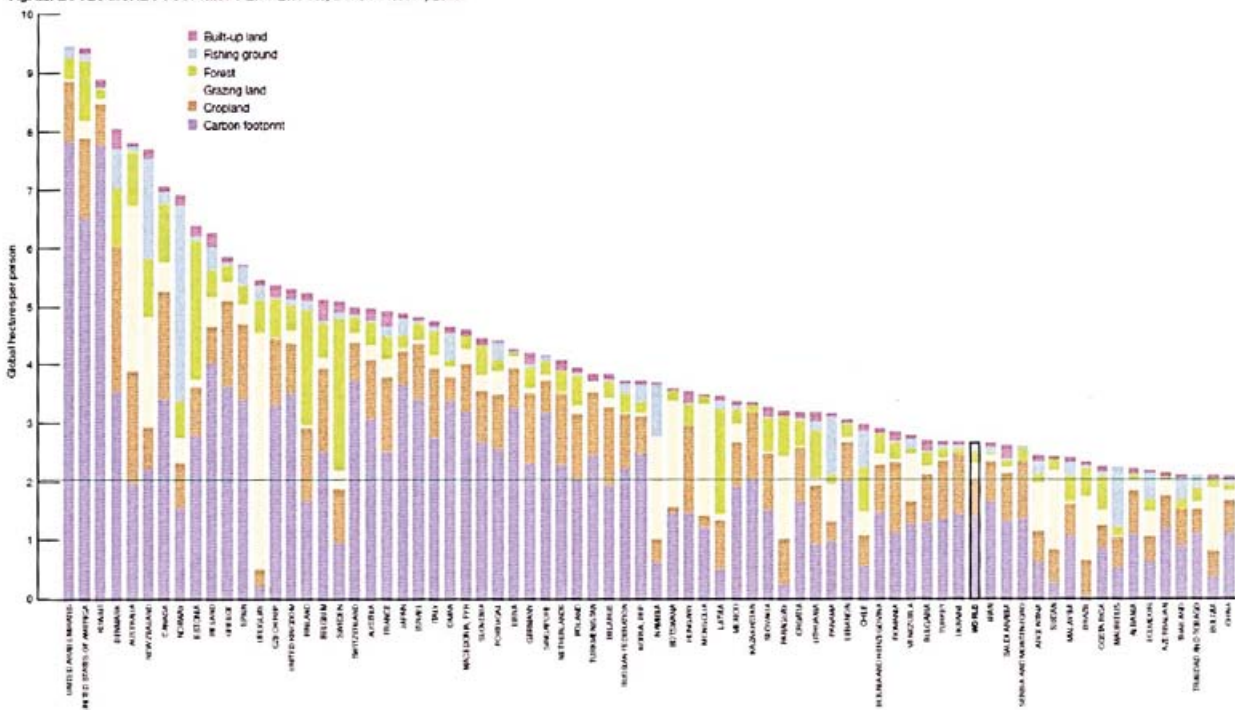
Das in den entwickelten Bereichen der Emirate sichtbare „grüne Ambiente“ ist ausschließlich durch künstliche Bewässerung möglich. Das erforderliche Wasser muss dazu energieintensiv mittels Meerwasserentsalzungsanlagen gewonnen und in Bewässerungssysteme gepumpt werden. Die hohen Temperaturen erfordern eine komplette Klimatisierung der öffentlichen und privaten Gebäude. Da die traditionelle regionale Architektur mit kleinen Fenstern und natürlicher Verschattung durch einen Baustil mit großzügig verglasten Spiegelfassaden und gläsernen Dachkuppeln abgelöst wurde, ist dafür ein beträchtlicher Energieeinsatz erforderlich.

Folgende Abbildung zeigt den stark wachsenden Energiebedarf an elektrischem Strom in den nächsten Jahren. [vgl. ADW] Mit dem erforderlichen Ausbau der Energieerzeugung ergeben sich auch spezifische Potenziale für diverse Bauleistungen.



Der Energieaufwand z. B. für die Aufbereitung des benötigten Wassers sowie für die allgegenwärtige Gebäudeklimatisierung führt in Verbindung mit einem insgesamt noch niedrigen Umweltbewusstsein zu beträchtlichen Energieverbräuchen. Diese Tendenz wird durch extrem niedrige Energiepreise unterstützt. So kostet elektrischer Strom teilweise umgerechnet je nach Tarif lediglich 4 Cent je KW/h. Die Tankfüllung Benzin eines Kleinwagens ist beispielsweise preiswerter als ein abendliches Bier im Hotel, wie ein Gesprächspartner vor Ort scherzhaft feststellte. Hinsichtlich eines effizienten Energieeinsatzes belegen die VAE in einem internationalen Vergleich zum „ökologischen Footprint“ noch vor den USA den letzten Platz, wie folgende Abbildung verdeutlicht: [vgl. WWF]

Fig. 22: ECOLOGICAL FOOTPRINT PER PERSON, BY COUNTRY, 2005



Die hohen Temperaturen und das regenarme Klima bedeuten auf der anderen Seite für den Tourismus Erfolgspotenziale. Der Ausbau der touristischen Infrastruktur gehört zu einer der Strategien der VAE, um neben dem Öl- und Gasexport weitere Einnahmepotenziale zu erschließen. Auch hier liegen beträchtliche Potenziale für die Bauwirtschaft. Die Emirate verfolgen diesen Weg einer touristischen Erschließung des Landes mit Nachdruck, denn hier liegt einer der Ansatzpunkte, um die starke Abhängigkeit der Volkswirtschaft von Öl- und Gasexporten zu reduzieren. Die folgenden Abbildungen beziehen sich auf einen Neubau der Accor-Hotelgruppe, präzise das neue Novotel in Dubai. Die sichtbare schwarze Beschichtung des Betons stellt eine Brandschutzmaßnahme dar. Die direkte Montage der Spiegelglasfenster auf die Betonfassade ohne separate Wärmedämmschicht zeigt den niedrigen Standard hinsichtlich der Energieeffizienz der Neubauten.



In den folgenden beiden Bildern sind sogenannte Rückstellproben zum Nachweis der Betonqualität sichtbar. Da die tragende Struktur dieses Hochhauses aus Stahlbeton besteht, sind entsprechende Maßnahmen zur Qualitätssicherung erforderlich. Die Vorgehensweise entspricht internationalen Standards.

Die Infrastruktur im Land präsentiert sich bereits heute sehr gut ausgebaut. Neben leistungsfähigen internationalen Flughäfen in Dubai und Abu Dhabi, großen Häfen für den Seefrachtumschlag zeigen sich auch die Straßen bestens ausgebaut. Folgende Abbildung zeigt die Scheich Zayed Road, eine 8-spurige Autobahn, die in Dubai als Stadtautobahn fungiert und bis ins ca. knapp 200 km entfernte Abu Dhabi durch die Wüste gebaut ist. Die Autobahn ist bei Nacht über die Gesamtdistanz mit Straßenbeleuchtungen versehen. Die Straße ist nach Scheich Zayed bin Sultan Al Nahyan, dem ersten Präsidenten der VAE, benannt.



Diese Autobahn bildet eine wichtige Verkehrsachse zwischen Dubai und Abu Dhabi, die rege befahren wird. Bedingt durch die gegenwärtig bessere wirtschaftliche Situation in Abu Dhabi befinden sich viele der aktuell großen städtebaulichen Entwicklungsprojekte derzeit in Abu Dhabi. Abu Dhabi hat ein Investitionsvolumen von 100 Mrd. US-\$ für die nächsten Jahre definiert und möchte Industrieansiedlungen und Wohnraum für angeblich ca. 1 Mio. neue Einwohner schaffen.

Im Luxushotel Abu Dhabi Palace kann in einer Dauer-ausstellung jedermann den entsprechenden Masterplan betrachten. Um gerade für internationale Fachkräfte und Gäste attraktiv zu sein, wird neben einem Opernhaus auch ein Guggenheim-Museum errichtet. Die entsprechende Design-Studie des renommierten Architekten Frank Gehry zeigt folgende Abbildung:



Bedingt durch die vielen Neubauprojekte in den letzten 20 Jahren in der Stadt Dubai entstanden am südöstlichen Stadtrand von Dubai zahlreiche Wohnquartiere für die insbesondere aus Indien, Pakistan und Bangladesch stammenden Wanderarbeiter. Wegen der Vielzahl der entsprechenden Arbeiter handelt es sich hier um einen eigenen Stadtteil mit eigenen Einkaufsmöglichkeiten etc. Bedingt durch die unterschiedlichen religiösen Orientierungen werden besonders Inder und Pakistanis getrennt untergebracht. Folgende Abbildung zeigt beispielhaft ein solches Wohnheim, in welchem sich typischerweise mehrere Wanderarbeiter ein Zimmer teilen:



Wegen dieser gut ausgebauten Infrastruktur für die Wanderarbeiter und das gegebene Straßennetz wohnen gegenwärtig viele Wanderarbeiter in Dubai und werden mit Bussen täglich auf die Baustellen in Abu Dhabi transportiert.

Aus westlicher Perspektive betrachtet ist das Leben der Wanderarbeiter in der Bauwirtschaft hart und der Verdienst mit ca. 150 – 250 € monatlich für einen einfachen Arbeiter niedrig. Arbeiten in der Bauwirtschaft bedeuten typischerweise Arbeit im Außenbereich. Z. B. Betonierarbeiten im Hochsommer bei über 40 Grad Außentemperatur in der prallen Sonne durchführen zu müssen, ist nachvollziehbar körperlich extrem belastend. Im Vergleich zu der teils trostlosen Lage in den Herkunftsländern wird die Si-

tuation in der Eigenwahrnehmung der Betroffenen jedoch wesentlich positiver eingeschätzt.

Die quantitative Verfügbarkeit operativer Arbeiter vor Ort kann insgesamt als hinreichend bezeichnet werden. Folgende Abbildung zeigt das Verpflegungszelt für die einfachen Bauarbeiter an der Baustelle der Emirates-Towers in Dubai.

Von der Decke hängt in Beuteln die mitgebrachte Brotzeit der Arbeiter, offenbar um diese vor Ungeziefer zu schützen.



Der Arbeitsschutz für die Bauarbeiter besitzt eine vergleichsweise hohe Bedeutung. So darf sich auf den Baustellen niemand ohne Bauhelm, Schutzschuhe und angelegte Warnweste aufhalten. Die folgende Abbildung zeigt eine Tafel mit zahlreichen Sicherheitsvorschriften, z. B. für den Brandfall oder für den Umgang mit Baustellenaufzügen.



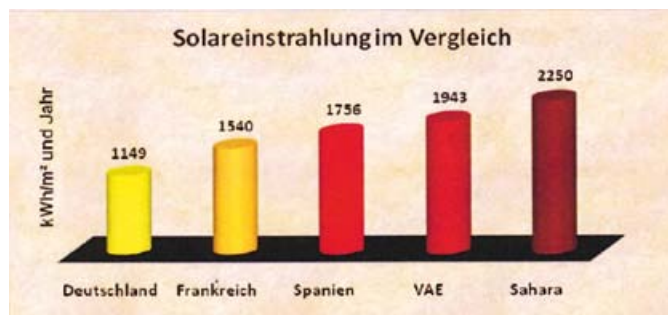
Wie bereits erwähnt kommen qualifizierte Spezialisten mehrheitlich aus Europa, den USA und anderen hoch entwickelten Ländern. Diese Kräfte fungieren häufig als Führungskräfte für die Planungsprozesse und die operative Bauleitung. Die bereits dargestellten Baustellen und Entwicklungsprojekte könnten ohne deren Qualifikation durchweg nicht realisiert werden. Die einheimische Bevölkerung mit akademischer Qualifizierung ist dafür zahlenmäßig viel zu gering. Wie hinter vorgehaltener Hand von europäischen Fachkräften berichtet wird, sei die Weiterqualifizierung und der Know-how Transfer an die einheimische Bevölkerung in staatlich finanzierten Entwicklungsprojekten regelmäßig vorgesehen. In der praktischen Umsetzung auffällig wäre jedoch das begrenzte Qualifikations- und häufig noch niedrigere Motivationsniveau dem

jeweiligen Projekt zugewiesener einheimischer Kräfte, die an „echter Arbeit“ nicht wirklich interessiert seien. Die führende Klasse scheint diese Situation augenscheinlich zu tolerieren.

Für die hier betrachteten Bauinstallationsleistungen ergeben sich neben Potenzialen für Gebäude und dazugehörige Infrastruktur für gewerbliche, öffentliche und private Zielgruppen auch Möglichkeiten im Bereich der lokalen Energieerzeugung elektrischen Stroms, dessen Verteilung sowie der Erhöhung der Energieeffizienz.

Wie bereits angesprochen stellt der effiziente Einsatz von Energie eine aktuelle Schwäche dar, die durch niedrige Energiekosten gegenwärtig operativ nicht sehr auffällig ist. Die Führung des Landes erkennt diese Situation und beginnt mit ersten Projekten sich z. B. auch Themen der regenerativen Energierzeugung zu öffnen.

Dies erscheint z. B. mit Blick auf solare Stromerzeugung mittels Fotovoltaiktechnik sehr plausibel, da eine im internationalen Vergleich hervorragende Sonneneinstrahlung im Land gegeben ist. Folgendes Chart zeigt dies in einem Vergleich mit ausgewählten Ländern: [vgl. Sonnauer]



Technisch kritisch präsentieren sich jedoch der niedrigere Wirkungsgrad der Solarpaneele bei den gegebenen hohen Außentemperaturen sowie die Verschmutzung der Module durch Sandablagerungen.

Die Regierung von Abu Dhabi hat gleichsam als Leuchtturmprojekt die Modellstadt „Masdar City“ als Stadtteil mit ausschließlich regenerativer Energieversorgung definiert. Das betreffende Areal befindet sich gegenwärtig noch in einer schrittweisen Entwicklung, die folgende Abbildung zeigt als Animation den geplanten Zielzustand.



Der aktuelle optische Eindruck des prestigewirksam zwischen Formel-1-Rennstrecke und neuem internationalem Großflughafen von Abu Dhabi gelegenen Geländes präsentiert sich dagegen noch bescheiden, der Projektfortschritt erscheint eher langsam. Dies ist auch ein Spiegelbild für die Basis- und Überzeugungsarbeit, die mit Blick auf regenerative Energiequellen im Land noch zu leisten ist.

Die Know-how Träger für die regenerative Energietechnik kommen typischerweise aus dem Ausland, besonders auch deutsche Spezialisten sind in diesem Bereich als Vorreiter anzutreffen. Gerade deutschen Unternehmen wird in diesem Bereich Kompetenz und Glaubwürdigkeit beigemessen. So engagiert sich z. B. Siemens neuerdings verstärkt im Projekt Masdar City.

Folgende Tabelle zeigt im Überblick zusammenfassend wesentliche Merkmale für die Markteinschätzung unter Berücksichtigung der bauwirtschaftlichen Perspektive sowie ergänzend unter Berücksichtigung der eben angesprochenen Potenziale im Bereich regenerative Energieerzeugung. [Vgl. dazu FIRLA]

Positive Faktoren	Negative Faktoren
Kontinuierliches wirtschaftliches Wachstum	Noch starke Abhängigkeit vom Öl
Stark wachsende Bevölkerung → weiterhin hohe zukünftige Nachfrage	Vertrauen in Markt durch Auswirkungen der Wirtschaftskrise teilweise stark gesunken
Hohe Kaufkraft der Bevölkerung	Wechselkursschwankungen
Enorme Finanzkraft Abu Dhabis und hohe Investitionen in Bausektor	Kaum vorhandenes Umweltbewusstsein
Sehr gut ausgebaute Infrastruktur und strategische Lage für weitere Markterschließung	Mangel an lokalen qualifizierten Arbeitskräften
Viele billige Arbeitskräfte aus Asien	Starke Abhängigkeit von ausländischen Arbeitskräften
Relativ stabiler politisch-rechtlicher Rahmen	Keine einheitliche nationale Gesetzgebung
Unterstützung der Forschung für Energieeffizienz und Einleitung einer Gesetzgebung zur Nachhaltigkeit	Energie- und Umweltpolitik noch in der Anfangsphase und sehr langsame Fortschritt

2.2 Überblick über interne Analyse der vorhandenen Ressourcen und Potentiale

Das betrachtete Unternehmen ist ein größerer mittelständischer Bauinstallationsbetrieb mit dreistelliger Mitarbeiterzahl und besteht seit über 10 Jahren.

Im vorhandenen Geschäftsmodell werden mit eigenen Mitarbeitern für Projektkalkulation, Projektmanagement und operativer Leistungserbringung in überwiegend äußerer Baustellenfertigung Aufträge großenteils für gewerbliche Kunden erbracht. Ein weiteres Geschäftsfeld bildet die Vermarktung, Planung und Ausführung von regenerativen Energieerzeugungsanlagen. Insgesamt handelt es sich häufig um größere Projekte mit Einzelauftragsgrößen bis in den höheren einstelligen Millionenbereich. Es bestehen somit Erfahrungen mit größeren, komplexen Projektstruktu-

ren. Die Aufträge werden mittels Direktvertrieb aus dem vorhandenen Kundennetzwerk, über Generalunternehmer oder über Ausschreibungen gewonnen.

Es bestehen Referenzen im Auslandsgeschäft in diversen europäischen Märkten, der Auslandsgeschäftsanteil ist bereits in der Ausgangslage nennenswert.

Die Geschäftsleitung verfügt bereits aus der Historie über Erfahrung im internationalen Geschäft und es besteht aus dieser Zeit ein gewisses Beziehungsnetzwerk.

Auf operativer Führungsebene sind die Projektmanager und operativen Bauleiter erfahren im nationalen Geschäft, während es keine auslandserfahrenen Bauleiter mit passenden Fremdsprachen gibt.

Auch sind die operativen Fach- und Führungskräfte vollständig im nationalen Geschäft eingesetzt und hoch ausgelastet.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durchaus verwendbares Basis-know-how für ein Projektgeschäft auf Auslandsmärkten vorhanden ist, jedoch keine ausreichenden personellen Kapazitäten und keine marktspezifischen Erfahrungen für ein Geschäft in den VAE vorliegen.

Das Geschäftsmodell in den VAE wird daher ausgelegt mit vor Ort anzuwerbenden operativen Führungskräften (Bauleitern) sowie entsprechenden Montagearbeitern.

Für den Aufbau eines Auslandsmarktes sind ferner finanzwirtschaftliche Potenziale zu analysieren. Diese bilden eine Erfolgsvoraussetzung. Im Rahmen eines Business Plans sind die Kapitalbedarfe zu definieren, die eine finanzwirtschaftliche Vorleistung bedeuten. In diesem Fall bilden Kosten der Unternehmensgründung, laufende Betriebs-, Raum- und Personalkosten während der Projektakquisephase sowie Projektvorfinanzierungen für die Erstprojekte die relevanten Bezugsobjekte. Hier sind nationale Besonderheiten zu berücksichtigen. So ist beispielsweise bei einer Unternehmensgründung eine entsprechende Büroadresse für einen Zeitraum von einem Jahr nachzuweisen. In der Praxis bedeutet dies häufig geeignete Räumlichkeiten für ein Jahr anzumieten und die Miete für das Gesamtjahr vorab zu bezahlen. Entsprechende Finanzmittel sind von Anfang an einzuplanen. Da eine Kapitalbeschaffung vor Ort für ein Start-up-Unternehmen umständlich zu organisieren ist, wurde eine Darlehensfinanzierung über die Muttergesellschaft in Deutschland präferiert.

2.3 SWOT-Analyse

Die folgende SWOT-Analyse stellt die relevanten Sachverhalte in einem differenzierten Bild zusammenfassend dar. [vgl. dazu auch Firla]

<p>Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> → langjährige Erfahrung → gute strategische Partner → breites Dienstleistungsportfolio → hohe Qualität der Produkte → sehr gute Referenzen in Deutschland 	<p>Weaknesses</p> <ul style="list-style-type: none"> → kaum Erfahrung mit den Rahmenbedingungen in den VAE → noch keine klare Strategie für Markterschließung/keine Referenzen in VAE → sehr wenige Ingenieure → noch kein eigenes Personal für Montage in den VAE
<p>Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> → Strategische Lage in MENA-Region → Stabile politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen → hohe Nachfrage aufgrund der stark wachsenden Bevölkerung → Billigarbeitskräfte aus Asien → steigender Klimatisierungsbedarf → hohe Einsparpotenziale möglich → Kapazitätsmangel im Stromnetz soll beseitigt werden → günstige klimatische Verhältnisse für Nutzung von Solarstrahlung → geplante Investitionen in Bau- und Umweltsektor 	<p>Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> → Vertrauen in den Markt durch Krise gesunken → starke Abhängigkeit von ausländischen Arbeitskräften → keine einheitliche Gesetzgebung → Umweltgesetze erst in Entwicklung → kaum Umweltbewusstsein innerhalb der Bevölkerung → stark subventionierter Strompreis → hohe Abhängigkeit vom Öl hemmt Energieeffizienz → ausgeprägtes Investor-Nutzer-Dilemma → Zielrendite der Investoren hoch → hohe, wachsende Wettbewerbsintensität

3 Praktische Erfahrungen

3.1 Vorbereitende Maßnahmen – Gründung Tochterunternehmen

Geschäftsaktivitäten in den Emiraten erfordern grundsätzlich eine Unternehmensgründung. Wird lediglich ein Handelsgeschäft im Sinne reiner Warenlieferungen nach den VAE angestrebt, ist eine sogenannte trading licence erforderlich. Sollen auch Montageleistungen bzw. körperliche Wertschöpfung im Land stattfinden, sind weitergehende, themenbezogene Lizenzen erforderlich. Um diese zu erhalten, müssen Fachkompetenz und Referenzen nachgewiesen werden. Die Lizenzen sind wiederum Voraussetzung, um Arbeitsvisa für Mitarbeiter erhalten zu können. Unternehmensgründungen können in den VAE ausschließlich zusammen mit einem lokalen Partner durchgeführt werden, der mindestens 51 % der Geschäftsanteile halten muss. [vgl. www VAE] In der Praxis wird dies häufig mit sogenannten lokalen „Sponsoren“ umgesetzt. D. h., der Sponsor tritt eher passiv nur mit seinem Namen auf, um der Formalie bei der Unternehmensgründung zu entsprechen, steht ansonsten aber völlig im Hintergrund. Er ist dann weder an unternehmerischen Entscheidungsprozessen, der Finanzierung des Unternehmens oder am Gewinn

beteiligt. Für seine „Hilfestellung“ erhält der Sponsor typischerweise ein (überschaubares) „Honorar“ als jährliche Pauschalzahlung. Häufig fungieren solche passiven Sponsoren für mehrere Unternehmen gleichzeitig in dieser Rolle.

Neben diesen völlig passiven Sponsoren gibt es auch ein etwas aktiveres System, in welchem der Sponsor über sein vorhandenes lokales Netzwerk z. B. bei der Vermarktung der Leistungen des betreffenden Unternehmens unterstützt. Logischerweise erhält er hierfür eine separate, häufig erfolgsabhängige Vergütung.

Dieses Modell wurde von dem betrachteten Unternehmen gewählt. Es wurde eine Tochterfirma sowohl mit Handelslizenz als auch mit Verarbeitungslizenz gegründet. Der Sponsor unterstützt bei der Erstakquise von Generalunternehmern bzw. Hauptauftragnehmern, die geeignete Subunternehmeraufträge zu vergeben haben.

Betriebswirtschaftlich beachtenswert ist der Zeitbedarf, der für die Klärung rechtlicher Rahmenbedingungen, die Suche geeigneter Partner und die Umsetzung der Gründungsformalitäten erforderlich ist.

3.2 Aufbau interner Strukturen

Der Aufbau interner Strukturen beginnt mit der Installation eines lokal zuständigen Kernteams, welches für die praktische Konzeption und Umsetzung der Markteintrittsstrategie, die Einrichtung eines Geschäftsbetriebs und die Auftragsakquise zuständig sind.

Zunächst wurde im Betrachtungsunternehmen versucht, über eine nur zeitweise Anwesenheit des Top-Managements aus Deutschland in Dubai und die Einstellung eines arabischen Geschäftsführers vor Ort diese Aufgaben zu bewältigen. Kulturelle Unterschiede im Managementverständnis, aus deutscher Perspektive Defizite in fachlichen Themen und die weite Entfernung zwischen Deutschland und den VAE haben dieses Modell nur bedingt erfolgreich werden lassen. Es stellte sich heraus, dass ein permanentes „deutsches“ Management vor Ort erforderlich ist, um entsprechende Wirksamkeit und Kontrollierbarkeit der lokalen Handlungen sicherzustellen. Auch ist eine permanente Präsenz unerlässlich, um die massive Marktintransparenz in einer Kultur der ausgeprägten Pflege des persönlichen Prestiges, der (häufig verdeckten) Einwirkung herrschender Familien im Hintergrund von Entscheidungen sowie der Erwartung von „Gegenleistungen“ im Umfeld von Auftragsvergaben angemessen zu berücksichtigen. In einem Land dynamischer Entwicklung treten auf den Märkten einerseits seriöse Unternehmen auf, andererseits aber auch inkompetente „Glücksritter“ unterschiedlichster Nationalitäten, die mit oft manipulierten Referenzlisten und geschönten Kompetenznachweisen aufwarten. Die Beurteilung und Einschätzung potenzieller Geschäftspartner ist vor dem Hintergrund kultureller und sprachlicher Unterschiede anspruchsvoll und sollte in besonderer Tiefe durch entsprechend qualifiziertes Managementpersonal durchgeführt werden.

Entsendet man „deutsche“ Mitarbeiter auf höherem Qualifikationsniveau, stellt sich häufig der begrenzte zeitliche Planungshorizont der betreffenden Personen als Herausforderung heraus. Die Lebensumstände, z. B. klimatischer und kultureller Art unterscheiden sich deutlich von Deutschland, auch leiden private Beziehungen in der Heimat durch die weite Entfernung. Der Verfasser konnte in persönlichen Gesprächen mit Europäern vor Ort sowie in der Beobachtung der faktischen Fluktuation erkennen, dass oft nur eine zeitlich begrenzte Bereitschaft zu einer Aktivität in den VAE besteht. Diese Tatsache steht langfristigen Strategien, z. B. hinsichtlich des Aufbaus eines persönlichen Beziehungsnetzwerkes vor Ort, ernsthaft im Weg. Die Personalpolitik und die Gestaltung der Anreizsysteme sollte diesem Umstand Rechnung tragen. Im Gegensatz zu der nachhaltigen Besetzung der Führungspositionen stellt sich die Gewinnung geeigneter Kräfte auf operativem Level eher einfach dar. Wie oben ausgeführt, besteht ein großer Pool an operativen Kräften, die motiviert und zu überschaubaren Lohnkosten gewonnen werden können. Zu beachten ist jedoch eine klare Arbeitseinteilung und operative Überwachung durch Know-how-Träger bzw. das Management, da die operativen Kräfte weit weniger eigenverantwortlich agieren, als man dies von deutschen Facharbeitern kennt. Auch liegt das Qualifikationsprofil teilweise deutlich unter dem in Zentraleuropa bekannten Niveau.

3.3 Auftragsakquise

Nach Einrichtung der erforderlichen Strukturen stellt die Auftragsgewinnung die nächste zentrale Aufgabe dar. Viele der größeren Bauprojekte werden durch staatliche Stellen, durch staatliche Investitionsgesellschaften oder im Zusammenhang mit der einheimischen herrschenden Klasse initiiert und finanziert. Häufig wird in der Praxis eine hohe Intransparenz erlebt, wer der eigentliche Auftraggeber ist, was die Marktbearbeitung erschwert. Oft werden Auftraggeber durch fachkundige Berater nach außen vertreten. Ein praktisches Problem liegt darin, dass neben selbst ernannten Beratern, auch bei tatsächlichen Beratern der wirkliche Verantwortungs- bzw. Einflussbereich in der Außenwirkung oft deutlich übertrieben dargestellt wird.

Wegen der Qualifizierungsdefizite der einheimischen Auftraggeber besteht ferner eine Tendenz, Bauvorhaben komplett an Generalunternehmer (z. B. Firma Nakheel) [vgl. www.nakheel.com] zu vergeben, die ihrerseits Teilaufträge an ein Netz von Subunternehmern mit mehreren Hierarchieebenen weitervergeben.

Generell ist die Chance als vor Ort unbekanntes Unternehmen Aufträge zu gewinnen in der Ausgangslage zunächst gering. Wegen der angesprochenen Intransparenz der Märkte und Marktteilnehmer besteht ein ausgeprägtes Vertrauensproblem gegenüber „neuen“ Lieferanten aus Sicht der Auftraggeber (Out-Supplier-Problematik). Bei den

Auftraggebern besteht häufig die Sorge, dass unbekannte Unternehmen nicht über die Qualifikation und Zuverlässigkeit verfügen, die sie behaupten zu besitzen. Siehe dazu auch obige Kommentare zu „Glücksrittern“. Im gegebenen Fall erwiesen sich die Kontakte des einheimischen Sponsors und der damit gegebene Vertrauensvorschuss gegenüber einem (Haupt-)Subunternehmer hilfreich, um erste Unteraufträge zu gewinnen. Über die damit erarbeiteten ersten Referenzen in den VAE gelingt die Gewinnung von Folgeprojekten leichter. Der Weg, Aufträge direkt über die angesprochenen „Berater“ einheimischer Auftraggeber zu gewinnen, hat sich dagegen als nicht erfolgreich herausgestellt.

3.4 Auftragsumsetzung

Bei der Auftragsumsetzung sind neben im jeweiligen Einzelfall verlangten internationalen Normen und örtlichen Vorschriften auch lokale Besonderheiten zu berücksichtigen, die zu einer im Vergleich zu den europäischen Märkten unterschiedlichen Auftragsdurchführung führen können. Hier gilt es, regionale Besonderheiten zu erkennen und zu berücksichtigen.

Eine Ursache liegt in dem bereits erwähnten deutlich niedrigeren Lohnniveau der Arbeiter. Dadurch motiviert werden teilweise Aufgaben deutlich arbeitsintensiver umgesetzt, als dies in Zentraleuropa organisiert würde, wo die Minimierung der Arbeitsstunden zur Kostenoptimierung von Bauvorhaben im Mittelpunkt steht. Dies gilt es bei Planung und Umsetzung zu berücksichtigen.

Folgende Abbildungen zeigen dies an einem Beispiel für die Unterkonstruktion einer Trockenbauwandbekleidung. Die betreffende Baustelle sind die „Emirates Towers“ der Fluglinie „emirates“:



Obige Abbildung zeigt ein aus Dachlatten zusammengenageltes Gitter, welches an die Betonwand gedübelt wurde. Es dient in den Hohlräumen als Installationsebene und wird im nächsten Schritt mit Gipskartonplatten verkleidet. Um die Resistenz der Konstruktion z. B. gegen Feuchtigkeit zu erhöhen, wurde das Holzgitter vom pakistanischen Arbeiter komplett mit weißer Lackfarbe im Montagezustand angestrichen. Dies ist eine sehr arbeitsaufwendige Lösung, die nur bei den niedrigen Lohnkosten vertretbar erscheint. Im Gegenzug werden hier die sonst üblichen verzinkten Metallprofile eingespart, die vom Material teurer sind, sich aber schneller verarbeiten lassen.

Die folgende Aufnahme zeigt im linken Bildbereich eine vorgefertigte Holzkonstruktion für eine Vorwandinstallation im Bad, für die hinsichtlich der Arbeitsintensität Ähnliches gilt.



4 Zusammenfassung und Fazit

Die VAE bilden einen wichtigen Exportmarkt in Middle East für europäische Unternehmen. Die großen bereits getätigten Investitionen in den Emiraten und die beträchtlichen Zukunftspotenziale des Landes bei gleichzeitig (noch) relativ hoher politischer Stabilität lassen die VAE attraktiv für eine Auslandsgeschäftstätigkeit erscheinen. Dies gilt gerade auch für deutsche Unternehmen, wenn Sie auch über Know-how im Bereich Umwelt- und Energietechnik

verfügen, wo zukünftig besondere Chancen erwartet werden. In der Umsetzung stellen sich zahlreiche Herausforderungen, die einen erfolgreichen Markteintritt deutlich komplexer erscheinen lassen als z. B. eine Geschäftserweiterung innerhalb der EU. Es besteht aufgrund diverser Markteintrittsbarrieren, von welchen einzelne beispielhaft thematisiert wurden, eine

reale Misserfolgswahrscheinlichkeit. Die Bearbeitung eines solchen Markterschließungsprojektes erfordert für einen erfolgreichen Verlauf daher einen hohen (Top-) Management, Einsatz, eine detaillierte Analyse der Randbedingungen und Spielregeln in der betreffenden Branche, eine enge Kontrolle der Aktivitäten vor Ort sowie hinreichende finanzielle Mittel für die Anlaufphase.

Quellenverzeichnis

- [ADW]: www.adwec.ae; Abu Dhabi Water & Electricity Company, Electricity & Water Demand forecast 2009 – 2030), aufgerufen 23.12.2009
- [Aslan]: Aslan, R.: World Wanderer – Ibn Battuta chronicled the medieval era's great globalizing force: Islam; Time Magazine, Vol. 178, Nr. 5 2011, S. 28-31.
- [Baker]: Baker, A.: In Pursuit of Romance; Time Magazine, Vol. 178, Nr. 5 2011, S. 54-59.
- [DIW]: DIW Berlin: Construction Industry in Germany: Production Structure and Employment; August 2009, Berlin
- [Hassel]: Hassel, F.: Noch heißt es „Durchhalten“ – Die wichtigsten Handelspartner in Nordafrika und im Nahen Osten, Die Welt, 2.2.2011, S. 14.
- [Hungenberg]: Hungenberg, H.: Strategisches Management in Unternehmen: Ziele, Prozesse, Verfahren, Wiesbaden 2004.
- [IMF]: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2011/01/weodata/weorept.aspx?sy=2009&ey=2016&scsm=1&ssd=1&sort=country&ds=.&br=1&pr1.x=33&pr1.y=10&c=612%2C682%2C419%2C686%2C611%2C449%2C469%2C453%2C429%2C456%2C433%2C732%2C439%2C463%2C443%2C744%2C446%2C466%2C672%2C474&s=NGDPDPC&grp=o&a=>; aufgerufen am 10.9.2011
- [Firla]: Firla, D.: Energieeffiziente Gebäudeklimatisierung und -automation in den VAE, unveröffentlichte Diplomarbeit HAW Amberg Weiden, 2010.
- [Schäfer]: Schäfer, F.: Elemente einer strategischen Unternehmensführung in der Bauwirtschaft, München 1993.
- [Schuman]: Schuman, M.: The Making of an Emirate; Time Magazine, Vol. 178, Nr. 5 2011, S. 52-53.
- [Schwarzer]: Schwarzer, U.: Hoffnungsträger Arabien: Auf der Kippe; Manager Magazin, 41. Jg., Nr. 7 2011, S. 104–108.
- [Sonnauer]: Sonnauer, Ph.: Marktpotentialanalyse der Photovoltaik in den VAE und Einstiegsperspektiven für das Unternehmen SES, unveröffentlichte Diplomarbeit HAW Amberg Weiden, 2010.
- [WWF]: WWF World Wide Fund for Nature (Hrsg.): Living Planet Report 2008, Gland 2008
- [www.VAE]: www.wikipedia.de: Vereinigte Arabische Emirate; aufgerufen 10.8.2011



Prof. Dr. Frank Schäfer
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen

Netzwerke für internationale After-Sales-Services im Maschinen- und Anlagenbau

Prof. Dr. Hong Tao

Kurzbeschreibung

Ziel: Die gewachsene Bedeutung der Serviceleistungen für die Volkswirtschaften schlägt sich für Deutschland noch nicht in den Exportzahlenwerten angemessen nieder. Die Ursachen hierfür liegen auch in organisatorischen Problemen, die bei der Bildung von Netzwerken für den Export dieser Serviceleistungen entstehen können. Speziell im After-Sales-Service-Geschäft des Maschinen- und Anlagenbaus sind Hauptproblemstellungen der Netzwerkbildungen zu diskutieren.

Vorgehensweise: Nach einer einleitenden Darstellung der insbesondere für deutsche Mittelständler des Maschinen- und Anlagenbaus bestehenden Herausforderung zum Bestehen im internationalen Wettbewerb beim Export von Serviceleistungen werden Netzwerkstrukturen für die Bereiche Entwicklung, Produktion, Montage/Demontage, Logistik und Schulung speziell des After-Sales-Service-Geschäftes diskutiert. Voraussetzungen und Barrieren für den Erfolg der Netzwerkarbeit können hierbei definiert und erläutert werden, wie Standardisierung, Digitalisierung, Rechtsschutz, Service-Kompetenz und Nachhaltigkeit; Standardisierung, Digitalisierung und Service-Kompetenz.

Ergebnis: Die Möglichkeiten zur erfolgreichen Unterstützung mittelständischer Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus beim Export von After-Sales-Service-Leistungen durch geeignete Netzwerkaktivitäten werden inklusive beispielhafter Voraussetzungen und Barrieren diskutiert. Hierbei werden Aufbau, Funktionieren und Kontrollbedarf von Netzwerken dargestellt.

1 Einführung

Die gewachsene große Zahl leistungsstarker Wettbewerber im internationalen Marktgeschehen wirkt sich aktuell auch im Maschinen- und Anlagenbau besonders im Bereich des Dienstleistungssektors aus, sind es doch die im Service vorhandenen Wachstumspotenziale, die erhöhte Anstrengungen des Anbieters lohnenswert machen. Im After-Sales-Service ergeben sich Kundenansprüche im Hinblick auf hohe Flexibilität und Schnelligkeit bei Anlagenstillständen oder -störungen, auf maximale Verfügbarkeit dieser Anlagen und höchsten technischen Standard bei der permanent erwarteten Modernisierung, die vor allem aus dem steigenden Wert der in höchstem Grade automatisierten Anlagen und der dadurch erforderlichen und möglichen Rund-um-die-Uhr-Anlagen-Laufzeit resultieren.

Die aktuellen kundenseitigen Bedingungen schließen zu den bisher im Vordergrund stehenden Reparatur-Aufgaben auch Service-Anforderungen nach Nachhaltigkeit, Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz, Schadensfrüherkennung und technisch perfekten Reparatur-, Montage- und Demontagelösungen ein. Diesem Wandel ist auch im internationalen Servicegeschäft Rechnung zu tragen.

Die Hersteller erreichen die gewünschte Kundenzufriedenheit und die damit verbundenen eigenen Geschäftserfolge durch erhebliche eigene Anstrengungen in der innovativen Entwicklung und Konstruktion ihrer Anlagen unter Berücksichtigung der erforderlichen After-Sales-Service-Leistungen, durch Aufbau und Nutzung zweckdienlicher Netzwerke und durch optimale Kooperation innerhalb dieser Netzwerke, in denen Standardisierung und Digitalisierung entsprechend dem State of the Art selbstverständliche Bestandteile sind.

Es sind vor allem Mittelständler, die auf Netzwerke angewiesen sind, wenn sie im internationalen Wettbewerb als Maschinen-Hersteller bestehen wollen. Es geht hierbei sowohl um die Schnelligkeit im Havariefall einer Anlage als auch um die Erledigung von mit ausreichend zeitlichem

Vorlauf geplanten Laborarbeiten zur Analyse, zum Test oder sonstigen Prüfarbeiten. Die erforderlichen Kompetenzen und Kapazitäten kann ein Mittelständler auf gar keinen Fall in dem Umfang vorhalten, wie es ein internationales Geschäftsengagement erforderlich macht. Zusätzlich sind es die Risiken des Know-how-Verlustes, die bei Geschäfts-Kooperationen oft genug als Piraterie-Effekt erhebliche Schäden verursachen. Diese Produktpiraterie im Ersatzteilwesen droht vor allem im Auslandsgeschäft, besonders drastisch in Niedriglohnländern mit gutem technischem Standard.

Üblicherweise versteht man unter After-Sales-Service die Aufgabe zur Instandhaltung einer Anlage nach Lieferung durch den Hersteller und Übergabe an den Betreiber. Die After-Sales-Leistung beginnt nach der Inbetriebnahme der Anlage gemäß den Vereinbarungen des Kaufvertrages im Rahmen einer zeitlich und inhaltlich begrenzten Garantieleistung des Herstellers und geht anschließend – falls ein Service-Vertrag zwischen Hersteller und Betreiber geschlossen wurde – in den vertraglich vereinbarten Instandhaltungs-Rhythmus über, mit den erforderlichen Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsarbeiten inklusive Ersatzteillieferungen. Ist kein entsprechender Service-Vertrag zwischen Betreiber und Hersteller geschlossen worden, liegt die Instandhaltungs-Aufgabenerfüllungszuständigkeit voll beim Betreiber.

Die Integration des Service-Prozesses in den kunden-seitigen Produktionsprozess erfordert Transparenz und Eindeutigkeit, wie sie z. B. mit dem Blue-Print-Verfahren zur Leistungsabgrenzung zwischen Kunden und Serviceanbietern auf der Basis eines Pflichtenheftes erzielt werden können; diese Leistungsabgrenzung ist Vertragsbasis für die zu vereinbarenden Serviceleistungen nach Art, Termin und Kosten.

Die vom Kunden benötigten Dienstleistungskompetenzen sind als Service-Schlüsselqualifikationen zu benennen und ebenfalls Vertragsbasis.

Gehört zur Servicekompetenz die Durchführung von Prüf- und Testarbeiten, für die spezielle Laboreinrichtungen benötigt werden, ist vom Dienstleister vertragsgemäß ein entsprechendes Labor vorzuhalten. Die erforderliche Hard- und Software ist ebenfalls Vertragsgegenstand.

2 Netzwerkstrukturen

Aus einer durch den Verkauf einer Anlage begründeten geschäftlichen Beziehung zwischen Hersteller und Betreiber und der entstehenden Partnerschaft kann sich – z. B. durch Einbeziehung ortsansässiger Lieferanten oder durch gemeinsame Kooperation mit einem als Dienstleister einbezogenen ortsansässigen wissenschaftlich-technischen Institut – ein Netzwerk entwickeln, das diese Beziehungen zwischen mindestens drei Partnern durch vertrauensvolle Zusammenarbeit bei gemeinsam abgewickelten Geschäfts-

prozessen manifestiert. Diese Netzwerkkooperation kann kurz-, mittel- oder langfristig sein, ist aber wegen des Win-win-Nutzens meist auf längere Dauer angelegt. Traditionelle Netzwerkpartner sind die in der Lieferkette verbundenen Hersteller, Kunden, Dienstleister und Händler.

Bei erfolgreicher Entwicklung der Geschäfte, also stetigem Verkauf weiterer Anlagen, wächst auch der Bedarf an After-Sales-Services, sodass allein schon zur Kundenbetreuung und damit zur Absicherung des künftigen Geschäftserfolges eine festere Etablierung im jeweiligen Ausland sinnvoll wird: Die Gründung einer Tochtergesellschaft bzw. eines Zweigunternehmens ist die Folge, natürlich als Teil des ebenfalls im Wachsen begriffenen Netzwerks. Durch dieses Zweigunternehmen/Tochtergesellschaft können sowohl die Aufgaben des nationalen Vertriebs als auch Teile der Produktion und der Serviceleistungen ausgeführt werden. Das wachsende Geschäft zieht den Service-Ausbau im Ausland nach sich, der vor allem den Klein- und Mittelständlern erhebliche Probleme beschert.

Die Integration in ortsansässige Cluster – meist aus arbeitsmarktpolitischen Gründen behördlich gestützt – ist ein nächster Schritt zum „Einwachsen“ in den lokalen Markt und zur Erkennung der Möglichkeiten zur Kooperation mit Zulieferern im Fertigungs- und Dienstleistungssektor. Cluster – Firmengruppen mit gleichen oder ähnlichen Interessen, meist branchenorientiert – können gemeinsame Transport- und Lagerstrukturen nutzen oder z. B. Institute zur Entwicklung von Standards gemeinsam betreiben. Diese Cluster können regional und überregional wirken.

Ergeben sich Erkenntnisse, dass ortsansässige Wettbewerber Angebotspaletten vermarkten, die zu den eigenen Leistungen als vermarktungsfähige Ergänzung eingeschätzt werden, kann die Bildung von Allianzen zu weiteren Markterfolgen führen. Allianzen belassen die Netzwerkpartner in absoluter Selbstständigkeit, begründen aber Kooperationen, die eine Imageverbesserung für die beteiligten Netzwerkpartner am Markt bewirken. Diese oft strategischen Allianzen bewirken auch intensiven Transfer von technischem Wissen und organisatorischen Informationen sowie Einbringung der jeweiligen eigenen Netzwerkstrukturen in die Allianz und bieten damit besondere Anreize für Kunden zur Sicherstellung bester Leistungsangebote. Eine Allianz könnte so die Kernkompetenzen der Partner auch im OEM-Service zum Vorteil der Kunden und der Service-Anbieter verbinden. Hierzu sind marktbezogene Vereinbarungen zur Aufgabenverteilung im Service-Markt erforderlich, die in aufgabenorientierten Netzwerkstrukturen etabliert werden; diese Netzwerkstruktur kann auch zwischen OEM-Herstellern und deren Lieferanten wirksam werden.

In Produktvarianten eines oder mehrerer Hersteller können gleiche oder ähnliche Produktelemente – Teile, Baugruppen, Systemkomponenten – als Standardisierungsplattform ausgebaut werden, mit Kostenvorteilen für Kunden

und Hersteller. Diese Plattformen können auch Ersatzteile und Instandhaltungsabläufe einbeziehen – z. B. die Strukturierung großer und kleiner Revisionen –, wodurch Flexibilität und Schnelligkeit zum Kundenvorteil verbessert werden können.

Gründung und Inanspruchnahme von Joint Ventures und Franchising-Unternehmen fördern den Bereich des Local Content, wodurch – bei relativ geringem finanziellem Engagement des Herstellers – zusätzliche Kapazitäten für After-Sales-Services zur Verfügung stehen. Joint Ventures und Franchising-Unternehmen sind als Netzwerkpartner eine kostengünstige und in hohem Grade selbstständige Ergänzung eines Netzwerkes für Aktivitäten auf ausländischen Märkten.

Die Einbeziehung von Kunden in bestehende Netzwerke des Herstellers und von Herstellern in die bestehenden Netzwerke des Kunden über ein industrielles Betreibermodell entspricht häufig der gegenseitigen Interessen- und Bedarfslage. Hierbei ist der Hersteller vertragsgemäß über einen eingegrenzten Zeitraum für das Betreiben der gelieferten Anlage zuständig. Das schließt alle erforderlichen Services, auch die Aufgaben der Instandhaltung, ein. Bei Übergabe der Anlage an den Kunden ist damit das einwandfreie Funktionieren erprobt und das Wissen hierfür an die bleibende Betreiber-Mannschaft transferiert. Im unten stehenden Bild werden die Begriffe und Varianten von Betreibermodellen dargestellt und definiert:

„Typologie industrieller Betreibermodelle“:

(n. Garrel, Dengler (Magdeburg)/ZWF 2010, S. 74)

Modell	Projektphase		
	Entwicklung/Planung/Ausführung	Betrieb	Abwicklung
BOO Build Operate Own	Entwicklung, Planung und Realisierung durch den Projektträger	Planungsobjekt ist Eigentum des Projektträgers	Keine Übertragung an Auftraggeber nach der Betriebsphase
ROO Refurbish Operate Own	Bestehende Anlagen werden in das Betreibermodell überführt, Planungsobjekt muss durch Projektträger saniert werden	siehe oben	siehe oben
BOT Build Operate Transfer	Entwicklung, Planung und Realisierung durch den Projektträger	befristeter Betrieb durch den Projektträger	Übertragung des Planungsobjektes
BOST Build Operate Subsidize Transfer	Laufende Ausgaben können nicht aus dem Betrieb des Projektes erwirtschaftet werden	Auftraggeber subventioniert den Betrieb	Übertragung des Planungsobjektes
FBOT Finance Build Operate Transfer	Entwicklung, Planung und Realisierung durch den Projektträger	Planungsobjekt im Besitz des Projektträgers	Übertragung des Planungsobjektes

3 Internationale industrielle Serviceleistungen

Im Gegensatz zum hohen Anteil von Dienstleistungen am Weltbruttosozialprodukt beträgt der Handel mit Dienstleistungen nur ca. 20 % des Welthandels. Nach Angaben der WTO belegt Deutschland mit 7,6 % (230 Mrd. US-\$) den zweiten Platz hinter den USA. Auch der Anteil am deutschen Gesamtexport beträgt nur ca. 20 %. Gründe für diesen niedrigen Exportanteil liegen u. a. in den häufig auf den ausländischen Wachstumsmärkten existierenden Kostenvorteilen einheimischer Wettbewerber – z. B. niedrigeres Lohn-Niveau – und deren Möglichkeit zur Nutzung des vor Ort vorhandenen Know-hows und der besseren Kenntnis der Infrastruktur. Als Hauptursache für die relativ geringe Bedeutung von Dienstleistungen im Außenhandel wird jedoch oft der Mangel an dienstleistungsspezifischen Standards und Normen genannt. Daher könnte die Entwicklung solcher Standards den Handel mit Dienstleistungen und damit die Internationalisierung deutscher Dienstleistungsangebote fördern.

Da in Deutschland eine volkswirtschaftliche Umstellung von der Industrienation zur Dienstleistungs nation längst vollzogen ist und der Anteil der Dienstleistungen an der volkswirtschaftlichen Leistung mehr als 80 % beträgt, ist das Export-Potenzial im Dienstleistungssektor hoch. Der Hauptanteil der Dienstleistungen entsteht in Verknüpfung mit der Industrie; die deutsche Industrie gehört zu den Top-Champions der Export-Nationen für industrielle Güter und hat somit große Chancen, das „neue“ Potenzial des Exports industrieller Dienstleistungen zu nutzen. Serviceleistungen der Industrieanlagen sind oft derart hochtechnologieintensiv, dass ihr Umfang nur noch mit mehreren im Netzwerk verbundenen Partnern und dem dadurch integrierten speziellen Gesamtwissen möglich ist. Diese Leistungen sind immer kundenorientiert (Customizing), sodass intensive Kontakte zwischen Herstellern und Kunden erforderlich sind, was sich nur bei langfristiger Zusammenarbeit rechnet. Aufgrund der Wissensintensität sind solche Leistungen auf dem internationalen Markt nur eingeschränkt verfügbar.

Voraussetzung zum After-Sales-Geschäftserfolg im Ausland ist die Überwindung der Hürden, die sich in vielfältiger Hinsicht durch die gesellschaftlichen, kulturellen Gegebenheiten des Ziellandes ergeben. Es sind die sprachlichen, die mentalen, oft auch die religiösen Unterschiede, die Unterschiede in der Ausbildung, den Besonderheiten des staatlichen Einflusses, der Bewertung besonderer Traditionen, die als Hürden im geschäftlichen Umgang sichtbar werden. Auch politische und wirtschaftliche Umstände können Einfluss auf das Funktionieren eines das Ausland einbeziehenden Netzwerkes haben. Längere Lern- und Anpassungsprozesse sind beim Aufbau internationaler Kooperationen auch im Dienstleistungsgeschäft als zeitlich nur schwer kalkulierbare Phasen zu berücksichtigen; hierzu gehören auch Verständigungen über technische Basisdaten, wie z. B. die Definition und Bestimmung

von Werkstoffen und Qualitätsdaten, die Wahrnehmung der Qualität usw. Soziale Verhaltensweisen müssen ebenfalls beachtet werden und betreffen so wesentliche Dinge des Geschäftsalltags wie Verhandlungsstil, Erwartungen hinsichtlich Zeit und Erfolg, Marktbedingungen, Verhaltenscodes, Geschäftspraktiken und Marktbedingungen. Ziel beim Netzwerkaufbau ist der Abbau der kulturellen Distanz, der Aufbau von Vertrauen und der Glaube an die gegenseitige Verlässlichkeit.

Durch Standardisierung wird auch die transparente Kommunikation in Netzwerken und damit die Bildung internationaler Netzwerke gefördert. Eine weitere Förderung liegt in der Beseitigung der Barrieren beim vertrauenswürdigem Informationsaustausch über „sichere“ Schnittstellen im internationalen digitalen Datenverkehr.

Es ist nicht nur der Transfer von Wissen, der nach wie vor seine Bedeutung hat, der auch als Serviceleistung Bedeutung hat, sondern es sind die konkreten Serviceleistungen im After-Sales-Geschäft zur Instandhaltung, zur Sicherstellung der Qualität, der Sicherheit und des Umweltschutzes in der Produktion, die Planung von Fabrikanlagen, das Facility-Management, die Erstellung von Ver- und Entsorgungskonzepten, die Organisation von Plattformstrukturen inklusive der Zielsetzung zur Standardisierung, die in den Export drängen. Grundlage hierfür bieten die erfolgreichen Zulieferaktivitäten klein- und mittelständischer deutscher Firmen im Schlepptau großer Unternehmen des Maschinenbaus, der Elektrotechnik, der Medizintechnik und der Chemie.

4 Netzwerkgeeignete After-Sales-Serviceleistungen im Maschinen- und Anlagenbau

Die konstruktive Gestaltung der Funktionen von Maschinen und Anlagen berücksichtigt nach dem Toyoda-Ansatz auch die Aspekte der Instandhaltung. Weiterentwicklungen der maschinellen Einrichtungen werden direkt von den Erfahrungen der Betreiber – auch im Rahmen der Instandhaltung – beeinflusst. Der Anstoß zu innovativen Veränderungen kommt also auch aus dem Instandhaltungsbereich. Insbesondere weist so z. B. eine relevante Häufung von Defekten und Ausfällen bestimmter Baugruppen ggf. auf die Notwendigkeit von konstruktiven Veränderungen hin. Bringt eine Schadensanalyse zutage, dass ein Fertigungsfehler Ursache registrierter Schäden ist, wird das Konsequenzen für die Änderung von Fertigungsmethode bzw. -ablauf, vielleicht auch des Qualitätsmanagements, haben. Werden bei Nutzung der Anlage Montagefehler erkannt – beispielsweise nicht ausreichende Vorspannungen im Schraubenschaft von Schraubenverbindungen – sind veränderte Methoden zur Kontrolle der vorgeschriebenen Zustände festzulegen. Auch Logistikmethoden beeinflussen die Zuverlässigkeit von Maschinen und Anlagen: Dauer der Transporte, Sicherheit gegen Know-how-Diebstahl während des Transportes, Erledigung von Formalitäten im Zollbereich, Erstellung von Transportprotokollen usw.

Das Wissen zur Bedienung und zur Instandhaltung von Maschinen und Anlagen wird vom Hersteller als Serviceleistung angeboten und ist entscheidend für den erfolgreichen Anlagenbetrieb. Revolvierende Personalqualifizierung – der Mitarbeiter des Herstellers, des Betreibers oder /und von Netzwerkpartnern – ist bzgl. Organisation, Durchführung, Zertifizierung der Teilnehmer und der inhaltlichen Gestaltung von wesentlichem Einfluss auf den Markterfolg des Herstellers.

Der mittelständische Hersteller startet üblicherweise seine internationalen Aktivitäten mit Erfolgen im Vertrieb, die sich durch Beteiligung an internationalen Messen und sonstigen Marketingaktivitäten ergeben. Das Geschäft ist interessant, aber wegen der Ausweitung des bisherigen Geschäftsvolumens und der kapazitiven Ansprüche an die eigene Leistungsfähigkeit und der neuen Problemstellungen im Auslandsgeschäft – z.B. Sprachbarrieren, rechtliche Bedingungen, Mentalitäten – kaum oder nicht zu bewältigen. Hier bieten sich Lösungen und Wege an, die Netzwerkpartnerschaften einbeziehen.

Erste Schritte des Mittelständlers führen hierbei zu den inländischen IHKs mit ihren Informationsangeboten über ausländische Kontaktangebote, speziell aus den regionalen Cluster-Strukturen der Wirtschaft, in denen durch Erfahrungsaustausch und Kooperation auch für den Dienstleistungsbereich Nutzen gezogen werden kann.

Geschäftsbeziehungen können auch direkt über die deutschen Außenhandelskammern im jeweiligen Land angeknüpft werden, ebenso die Kontakte zu den ausländischen Behörden; die AHKs arbeiten eng mit den Deutschen Botschaften zusammen. – Nach ersten Verkaufserfolgen ergeben sich Möglichkeiten zu den ersten After-Sales-Verträgen, die dem Kunden die Sicherheit und das Vertrauen in die Zuverlässigkeit der Funktionserfüllung der gekauften Anlagen geben können und dem Hersteller eine Marketingplattform im Ausland bieten können.

Wie im heimischen Cluster gilt es auch im Ausland, geeignete Plattformen für Kooperationen zu finden, die den aktuellen und künftigen Geschäftserfolg absichern können.

Als „geeignet“ sind insbesondere Kooperationen mit Engineering-Unternehmen und ihren Experten zu bezeichnen, die auf einem hohen Wissenslevel stehen und imagefördernd wirken können. Auch die über diese Engineering-Branche entstehenden Kontakte zu brancheninternen, ortsansässigen Unternehmen bieten herausragende Möglichkeiten zum Auf- und Ausbau eigener Netzwerke.

Diese Experten-Kontakte sollten bereits im Heimatland dadurch angebahnt werden, dass die „zu Hause“ vorhandenen Kooperationen gemeinsam in das gewünschte Ausland ausgeweitet werden. Das geht vor allem über die gemeinsame Durchführung von Projekten. Durch diese Aktionen wird das Unternehmen im Ausland bekannt und

erhält Anknüpfungspunkte für die gewünschten eigenen geschäftlichen Aktivitäten.

Im Wertschöpfungsbereich der After-Sales-Services bieten sich bei erfolgreicher Geschäftsentwicklung fünf netzwerkfähige Bausteine im Maschinen- und Anlagenbau an: Entwicklung, Produktion, Montage/Demontage, Logistik, Personal-Qualifizierung.

4.1 Entwicklung

Hierzu gehören die Ideen-Generierung, die laufende Verbesserung KVP, die Integration von technischen Änderungen, Analysen und Tests im Erprobungs-Labor, die Konstruktion, die Werkstoffprüfung, der Modellbau, die Simulation, die Vorrichtung-/Werkzeugentwicklung und der Prototypenbau.

Wird ein Produkt in der Gesamtheit neu entwickelt, gehört auch die Ersatzteil-Definition und die Sicherstellung machbarer Ein- und Ausbau-Abläufe dazu.

Bei Änderungen gilt Entsprechendes.

4.2 Produktion

In der Produktion von Ersatzteilen oder Baugruppen bzw. Komponenten zur Modernisierung vertraglich zu betreuender Anlagen oder auch zur Erledigung von Wartungs-, Inspektions- oder Instandsetzungsarbeiten an diesen Anlagen gehören die erforderlichen Vorrichtungen und Werkzeuge, die Planungsarbeiten der Arbeitsvorbereitung (Methoden/Zeit), die Teile-Fertigung, die Sicherstellung der festgelegten Qualität und die Arbeiten zum KVP-Prozess in der Produktion zu dem zu leistenden Aufgabenspektrum.

4.3 Montage/Demontage

Der After-Sales-Service startet im Bereich des Kunden mit der Baustellen-Leitplanung inklusive der Ablaufplanung für die Anlagen-Montage, die Inbetriebnahme, Übergabe an Betreiber, Erstellung und Übergabe des Maschinen-Handbuchs, Teileregistratur für Ausbau und Einbau von Ersatzteilen, Teile-Identifikation, Stückliste für Rücklieferung ausgebauter Teile (inklusive Schrott) an den Hersteller.

4.4 Logistik

Die Logistik-Aufgaben erstrecken sich von der Lieferstücklisten-Erstellung, der Transport-Organisation, der Übergabe der Logistik-Papiere an die zuständigen „Frachtführer“ (wie beim Gefahrgut), dem Transport-Protokoll, dem Transport bis zur Anlieferung beim Betreiber.

4.5 Personalqualifizierung im Netzwerk

Zur Bedienung und Instandhaltung gelieferter Anlagen sind Schulungen der ausführenden Fachleute und Train-

the-Trainer-Maßnahmen erforderlich, über die manualorientiert die erforderliche Fachkompetenz vermittelt wird. Organisation und Durchführung der Qualifizierungsmaßnahmen, Zertifikats-Verleihung an geprüfte Fachleute und laufendes Wissensmanagement können in Kooperation mit fachkompetenten Partnern vorteilhaft durchgeführt werden. Das gegenseitige Kennenlernen der Netzwerkpartner gehört in die Anfangsphase der Kooperation, die mit besonderer Sorgfalt durchgeführt werden sollte. Standorte, Kompetenzen, Werk-Standards, hierarchische Strukturen, informelles Funktionieren, Organisationsstrukturen bei der Auftragsabwicklung, letztlich auch die Unternehmensleitlinien sind in persönlichen Kontakten jeweils vor Ort in Erfahrung zu bringen und als Teil der wachsenden Vertrauensbasis anzusehen.

Nach Erfüllung dieser Grundvoraussetzungen, ggf. auch im Simultaneous Engineering, kann die im Netzwerk vereinbarte und organisierte Schulungsmaßnahme begonnen werden. Die Programmentwicklung geeigneter Seminarunterlagen, die gesamte Seminarorganisation bis hin zum Training-on-the-Job beim Betreiber ist pädagogisch, inhaltlich und organisatorisch in Verbindung mit Experten des Netzwerk-Engineering-Bereiches und ggf. Weiterbildungsinstituten optimal zu gestalten.

Ähnlich der Schweißer-Fachausbildung sind auch im After-Sales-Service revolvierende Schulungen mit jeweils zeitlich begrenzt gültigen, abschließend erteilten Zertifikaten durchzuführen. Die Erteilung und die Inanspruchnahme der Zertifikate erfolgt im Netzwerkrahmen der Beteiligten und unterstützt die Zielsetzung zur Qualität der Dienstleistung und zur wirtschaftlichen und pirateriegeschützten Ausführung der Serviceleistung.

Als internationales Netzwerkemuster und -beispiel wird unter (4.6) die Kooperation der Deutschen Lufthansa AG mit der Air China in dem Gemeinschaftsunternehmen AMECO Beijing dargestellt:

4.6 Netzwerk-Beispiel: Tochterfirma der Lufthansa: AMECO in Peking

Mit 5.600 Mitarbeitern ist Ameco Beijing der größte Anbieter für die technische Betreuung von Flugzeugen in China. Das Unternehmen mit Sitz in Peking wurde 1989 als Gemeinschaftsunternehmen zwischen Air China (60 Prozent) und Lufthansa (40 Prozent) gegründet. Als sogenanntes MRO-Unternehmen (Maintenance, Repair und Overhaul) kümmert sich Ameco Beijing um die Instandhaltung, Reparatur und Überholung von Flugzeugen, ihren Triebwerken und Komponenten.

Zu den Kunden von Ameco Beijing zählen neben Air China über 30 chinesische und rund 40 internationale Fluggesellschaften. Das Unternehmen, das nahezu alle modernen

Boeing- und Airbus-Verkehrsflugzeuge betreut, übernimmt die Überholung der Flugzeugtypen Boeing 737, 747, 767, 777 und Airbus A330/A340. Viele Airlines vertrauen dem Betrieb ihre Flugzeuge im Rahmen von langfristigen Verträgen an. Im Jahr 2005 hatten Ameco Beijing und die Fluggesellschaft United Airlines einen Vertrag über weitere Überholungen der 777-Flotte abgeschlossen. Im Jahr 2009 feierte Ameco Beijing beispielsweise die fünfzigste Flugzeugüberholung einer Boeing 777 von United Airlines.

Nicht nur die Überholung von Flugzeugen, sondern auch die Instandhaltung der Triebwerke von Rolls-Royce, Pratt & Whitney und CFM International gehören zum Serviceportfolio des Unternehmens. Darüber hinaus bietet Ameco Beijing für knapp 10.000 Komponenten Reparatur- und Überholungsdienste an. Dazu gehören Fahrwerke, Reifen und Bremsen ebenso wie hydraulische, pneumatische und mechanische Komponenten, die Flugzeugelektronik (Avionik) und elektrische Systeme. Die Lackierung von Flugzeugen sowie Ingenieurleistungen (Engineering) und die Aus- und Weiterbildung runden die Angebotspalette des MRO-Unternehmens ab.

Ameco Beijing war das erste Unternehmen in der chinesischen Luftfahrtindustrie, das nach der Qualitätsmanagementnorm ISO 9002 zertifiziert wurde. Zulassungen durch die chinesische CAAC (Civil Aviation Administration of China), die amerikanische FAA (Federal Aviation Administration) und die europäische EASA (European Aviation Safety Agency) sowie durch 18 weitere nationale Luftfahrtbehörden gewährleisten die Qualität des Instandhaltungsunternehmens.

Ameco Beijing ist Teil des internationalen Netzwerks der Lufthansa Technik für die Überholung von Mittelstrecken- und Langstreckenflugzeugen. Zu den insgesamt zehn Standorten in Europa und Asien gehören auch Hamburg, Berlin Schönefeld, Shannon Aerospace in Irland, Lufthansa Technik Budapest, die Tochterunternehmen in Malta und Sofia, Bulgarien, Lufthansa Technik Maintenance International in Frankfurt, Lufthansa Technik Switzerland und Lufthansa Technik Philippines in Manila. Innerhalb des Netzwerks bietet Lufthansa Technik eine große Bandbreite von Überholungsleistungen an – von kleineren Checks über Modifikationen bis hin zum D-Check, der Grundüberholung eines Verkehrsflugzeugs.

5 Arten von Dienstleistungs-Netzwerken

Einerseits sind die Risiken, im internationalen Wettbewerb den Anschluss an die komplexe Entwicklung der Märkte und durch die häufig rasante technische Entwicklung wegen der Möglichkeit des Kompetenzverlustes Marktanteile zu verlieren, Treiber der Entwicklung von Netzwerken, andererseits sind Ängste gerechtfertigt, im Rahmen von Netzwerkaktivitäten mehr eigene Kompetenzen einzubringen als hinzuzugewinnen und dadurch konkurrenzfähige Verluste zu erleiden; außerdem besteht das Risiko einer

gegenseitigen Abhängigkeit der Netzwerkpartner, was als Plus für das Netzwerk ganze gewertet wird, aber nur bedingt positiv für den einzelnen Netzwerker ist.

Netzwerkmerkmale ergeben sich aus den betroffenen Branchen, den individuellen Netzwerkpartnern und ihrer jeweiligen Zahl, den beteiligten geografisch bedingten Ressourcen und politischen Gegebenheiten, dem Grad der Immaterialität, der Anzahl der vorhandenen und der potenziellen Kunden, dem erforderlichen Kommunikationsaufwand zwischen Anbietern und Kunden und den von Willensbildung und Willensdurchsetzung sowie Arbeitsintensität geprägten Prozessen.

Die kostenseitige Wettbewerbsfähigkeit lässt sich häufig nur durch den Aufbau von Near- bzw. Offshoring-Produktionsstandorten sicherstellen, die aufgrund von Local Content- oder anderen rechtlichen Bestimmungen nicht selten zusammen mit lokalen Partnern betrieben werden müssen.

Wie in jedem Netzwerk übernehmen die Knoten auch in Produktionsnetzwerken eine von drei komplementären Rollen: Business-Units, bei denen es sich um flexible unternehmerische Produktionseinheiten handelt, die sich mit ihren Produkten an eine netzwerkexterne Kundenschaft wenden; Provider-Unit, die Abstimmung der Produktionsprozesse auf der Basis von Stücklisten und Ablaufplänen übernehmen; die Provider-Units, die Inputs und Dienstleistungen an netzwerkinterne Kunden liefern, d. h. sowohl an die flexiblen Produktionseinheiten als auch an das Koordinationszentrum.

Kooperation innerhalb von Netzwerken sorgt primär für eine höhere Wertschöpfung. Demgegenüber betrifft Konkurrenz die Wertschöpfungsverteilung, etwa im Zusammenhang mit der Ermittlung von Verrechnungspreisen.

Für Produktionsnetzwerke, die eine Befristung und Orientierung an eine konkrete Zielerreichung binden, bieten sich projektorientierte Netzwerke und virtuelle Unternehmen als Kooperationsform an. Dieses Netzwerk zeichnet sich vor allem durch die Kooperation von KMU aus, die auf diesem Weg versuchen, durch Neukombination ihrer Kernkompetenzen neue Produkt-Markt-Kombinationen zu bedienen. Die notwendige Konfiguration der Kooperation erfordert eine systematische Betrachtung der strukturellen, technischen und methodischen Anforderungen in projektorientierten Produktionsnetzwerken.

Für die strukturelle Gestaltung der organisatorischen Beziehung sind folgende Anforderungen zu beachten:

- Einfache Erweiterung des Netzes, Wahrung der unternehmerischen Selbstständigkeit
- Jedes Unternehmen muss in der Lage sein, die Leistung seiner Kompetenz im Netzwerk anzubieten.
- Die Leistungen müssen die benötigten Qualitätsstandards einhalten.

- Die von Netzwerk abgerufene Leistung muss kostenrechnerisch einzeln abgerechnet werden.
- Das Unternehmen muss in der Lage sein, sich mit den anderen Partnern abzustimmen und die notwendigen Kommunikationsmittel zu verwenden.
- Die Leistungserbringung und deren Abwicklung muss planbar sein.
- Die Aufnahme und Abbildung des Kompetenzprofils ist eine große Herausforderung für die Struktur des Netzes.
- Die Kernkompetenzen müssen identifizierbar und klassifizierbar sein.

Netzwerke werden nicht nur zwischen sich in Geschäftsfeldern ergänzenden Partnern, sondern auch zwischen Wettbewerbern und zwischen branchenfremden Unternehmen aufgebaut. Der Aufbau von Netzwerken unter Beteiligung von Dienstleistern, Anlagenbetreibern und Herstellern zielt auf die Steigerung von Effektivität und Flexibilität der After-Sales-Geschäftsprozesse für die beteiligten Netzwerkpartner.

6 Netzwerk-Voraussetzungen und -Barrieren

6.1 Leistungsabgrenzungen durch das Blue-Print-Verfahren

Voraussetzung zur Kooperation in internationalen Netzwerken ist auch die Leistungsabgrenzung der Netzwerkpartner untereinander und gegenüber Kunden. Das Blue-Print-Verfahren liefert durch die funktionserfüllende Modellierung des Dienstleistungsprozesses unter besonderer Berücksichtigung der Kundensicht hierfür hervorragende Möglichkeiten: Es werden alle Teilaktivitäten abgebildet und den verschiedenen Aktivitätsebenen zugeordnet. Dadurch wird u. a. die Erkennung von Optimierungspotenzialen und die Durchführung von Zeit- und Kostenkalkulationen ermöglicht.

6.2 Standardisierung

6.2.1 Standardisierungsziele

Als Standardisierungsziele in der international „netzwerkenden“ Instandhaltung sollen neben der Software folgende Ergebnisse stehen:

- Referenzmodelle für die standardisierte Abwicklung von Dienstleistungen
- Standardisierte Beschreibung des Dokumentenaustauschs bei Dienstleistungsprozessen
- Standardisierte, elektronische Beschreibung der ausgetauschten Daten (Dokumente) in einem standardisierten elektronischen Format
- Standardisierte und klassifizierte Beschreibung von Dienstleistungen im Bereich der industriellen Instandhaltung mit neu entwickelten Beschreibungen (z. B. von eCI@ss).

Es können wesentliche Kosteneinsparungen sowie eine deutlich verbesserte Zusammenarbeit zwischen der Groß-Industrie und ihren kleinen und mittelständischen Lieferanten erwartet werden.

Durch die standardisierte Beschreibung von internen und externen Leistungen sowie die Bereitstellung von Referenzmodellen entsteht mehr Effizienz. Es werden Kosteneinsparungen durch einen schlankeren und einheitlichen Geschäftsprozess für die Beschaffung industrieller Instandhaltungen erreicht, sowohl auf Kunden- als auch auf Lieferantenseite.

Der Instandhaltungsbereich ist einer der umsatzstärksten Industriezweige in Deutschland. So stieg der direkte Instandhaltungsaufwand zwischen 1995 und 2005 von 140 auf 225 Milliarden Euro. Schumacher, zugleich Vorstand des eCl@ss e.V.: „Für die Auftraggeber hat eBusInstand noch einen weiteren Vorteil: Sie erhalten eine bessere Vergleichbarkeit und Transparenz von Leistungen im Unternehmen und zwischen unterschiedlichen Standorten. Außerdem ergibt sich eine Lösung, auf deren Basis mehr Informationen für Entscheidungsprozesse bereitgestellt werden können. Ein schlanker, standardisierter Prozess zwischen Lieferant und Kunde, durch den Reibungsverluste reduziert werden, soll die Auswahl und Einbindung von Lieferanten attraktiver machen. Sowohl Kunden als auch Lieferanten werden von den Ergebnissen profitieren.“

6.2.2 Normung als Basis internationaler industrieller Standardisierung bei der Qualitätssicherung

Vereinbarungen über Normen erfolgen im nationalen und internationalen Kontext in einem langfristigen Prozess. In der technischen Anwendung erprobte Daten werden in Fachausschüssen der zuständigen Branchen-Gremien definiert, den Anwendern zur Erprobung vorgeschlagen und schließlich mit rechtlicher „Absegnung“ als Mindest-Standards festgelegt, mit Geltung für geschäftliche Verträge. Diese Normung betrifft auch die Erbringung von Serviceleistungen.

So ist z. B. die Darstellung in technischen Zeichnungen, mit Bemaßungen, Strichstärken und Stricharten, mit Längeneinheiten, Bearbeitungs- und Toleranzangaben usw. national und international genormt. Darüber hinaus haben internationale Branchen-Regelungen brancheninterne Qualitätskriterien definiert, die z. B. im internationalen Netz der Automobilindustrie dafür sorgen, dass zertifizierte Betriebe unabhängig vom Standort in die Lieferketten der Fahrzeugtechnik integriert werden können.

6.3 Digitalisierung

6.3.1 Software und Services

2005 startete in Brüssel die NETWORKED EUROPEAN SOFTWARE AND SERVICES INITIATIVE (NESSI), in der sich

ca. 300 europäische Firmen in Abstimmung mit der Europäischen Kommission der Aufgabe verschrieben haben, eine europaweit gültige Technology Platform zur Unterstützung des Wandels zur serviceorientierten Wirtschaft zu schaffen. Datenbanken und Schnittstellen und die in der Internet- und Intranet-Kommunikation erforderlichen Sicherheitsstandards zum Datenschutz sind in dieses Konzept eingeschlossen, nach dem eServices als Open Source angeboten werden.

6.3.2 Teile-Identifikation

Vom Hersteller an den Betreiber zu liefernde Ersatzteile werden stücklistenorientiert definiert und auf ihrem Wege bis zum Einbau in die Anlage durch die Stücklisten-Teilenummer identifiziert. In der Logistikkette werden von Frachtführern und Lagerleitern Frachtprotokolle bzw. Inventurlisten geführt, in denen diese Identifikation genutzt wird. Beim Einbau in die Anlage wird die Teileübergabe im Anlagenhandbuch ebenfalls dokumentiert. Eingeschlagene Nummern oder eingelassene RFID-Chips unterstützen diese notwendige Kontrolle der eindeutigen Identifikationsmöglichkeit von Bauteilen.

6.3.3 Zugangskontrolle zur Anlage

Nur geschultes, geprüftes und zertifiziertes Personal erhält die Möglichkeit, Zugang zur Anlage zu haben; qualifizierte Personen werden zu diesem Zweck mit der DMC-Identifikation ausgestattet.

Beschreibung der DMC (Digital Maintenance Card): Es handelt sich um eine Karte mit Chip und Magnetstreifen, die Informationen enthält und systematisch in Kommunikation mit anderer elektronischer Software und Hardware austauscht und speichert, die das technische und organisatorische Management von Maschinen und Anlagen von der Inbetriebnahme bis zur Desinvestition betreffen. Ähnlich der für den Gesundheitssektor geplanten Gesundheitskarte wird durch diese Karte im Rahmen einer technischen Analyse der jeweils aktuelle Anlagenstatus definiert und erreicht. Schwerpunkte sind hierbei die Aufgaben

- Technische Beschreibung
- Bedienungsanleitung
- Instandhaltungsplanung
- Instandhaltungsdokumentation
- Identifikation autorisierter Handhabung (Zertifikat)
- M-Grid (maintenance grid)

Für diese fünf im Folgenden kurz erläuterten Aufgabengebiete sind alle erforderlichen maschinen- und personenbezogenen Datensätze auf dem Chip der DMC gespeichert; der Magnetstreifen enthält Daten zur Sicherung der individuellen Nutzungsberechtigung, z. B. über den Mikro-Authentifizierungscode X509v3 bzw. OSCP (Online Certificate Status Protocol) einer PKI (Public Key Infrastructure). Über eine spezielle Software kann die DMC an jeder technisch

entsprechend ausgestatteten Produktionsanlage bzw. -maschine, an jedem Laptop oder PC, ggf. auch an einem speziellen DMC-Gerät genutzt bzw. bedient werden.

Durch die Anwendung der DMC ergeben sich folgende Vorteile: Jeder Betriebsleiter, Meister, Maschinenbediener und -instandhalter kann die in seiner Verfügbarkeit befindliche Karte zur eigenen Information über den Status einer Maschine/Anlage, zur Speicherung der von ihm zu verantwortenden und erledigten Aktivitäten sowie relevanter additiver Sachinformationen nutzen. Das betrifft sowohl z. B. den technischen Verfügbarkeitsgrad, die zu verwendenden Öle und Fette, die Demontage- und Montageanleitung beim Austausch von Maschinenteilen als auch z. B. die Definition des Lagerortes oder Lieferanten von Ersatzteilen, die Bedienungsanleitung beim „Anfahren“ der Anlage nach einem Stillstand oder die Statistik über die Entwicklung der Instandhaltungskosten oder Stillstandszeiten. All diese Daten sind bisher losgelöst von der Maschine in jeweils separaten Schritten zu erarbeiten und stehen durch die DMC nun mit einem Blick zur Verfügung, mit unmittelbarer Auswirkung auf die Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit.

Das Aufgabengebiet „Technische Beschreibung“ umfasst alle Zeichnungen und Stücklisten der Anlage, inklusive der Angaben der systemorientierten Nummern für Teile und Baugruppen sowie des jeweiligen Änderungszustandes aller Stamm- und Strukturdaten. Die Ersatzteilliste ist Bestandteil der Technischen Beschreibung.

Die „Bedienungsanleitung“ stellt die Funktionen der einzelnen Baugruppen und die erforderlichen Aktivitäten des Maschinenbedieners beim Anfahren der Anlage, beim Normalbetrieb und beim Stillsetzen der Anlage dar. Auch die Überwachungsaufgaben des Maschinenbedieners sind dargestellt, im Falle der Automatisierung dieser Überwachung ist das Funktionieren der automatisierten Überwachung Bestandteil des Manuals.

In der „Instandhaltungsplanung“ werden alle Maßnahmen zur Wartung, Inspektion und Instandsetzung in ihrer zeitlichen, am aktuellen Datum orientierten Reihenfolge und in ihrem technischen Aufwand – Anzahl und Qualifikation der Instandhaltungsmitarbeiter, Bereitstellung von Ersatzteilen, Werkzeugen und Vorrichtungen, Dauer der Maßnahme und ggf. Dauer des Anlagenstillstands – dargestellt und sind damit eine der wesentlichen Grundlagen für die Produktion und die mit ihr verbundene „Total Productive Maintenance“.

Die „Instandhaltungsdokumentation“ liefert Aussagen über die im gesamten Lebenslauf der Anlage angefallenen Kosten der Instandhaltung, die Zahl aller gefahrenen Betriebsstunden, Ersatzteil-Lagerorte und -Lieferanten, Schmierölmengen und Schmierölfabrikate, Stromverbrauch, Standortdefinition im betriebsinternen Kataster usw.

Die Funktion „Identifikation autorisierter Handhabung (Zertifikat)“ stellt sicher, dass nur geschulte, mit einem speziellen System-Zertifikat für den hier benötigten qualitativ hochstehenden industriellen Service ausgestattete Personen die TPM-Maschinenkarte benutzen können (dieses Zertifikat ist nur in einem besonderen Lehrgang zu erwerben: die Durchführung dieses Lehrgangs sichert die Kompetenz des eingesetzten Personals und damit den maximalen Grad der Anlagen-Effektivität und macht die DMC zu einem begehrten und unentbehrlichen Bestandteil moderner Betriebsführung); beim Einsatz von Ersatzteilen wird durch eindeutige Identifizierung der defekten und der zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit einer Maschine oder Anlage neu einzubauenden Ersatzteile sowie durch die zugehörige Journal-Dokumentation – z. B. über RFID und ein Maschinenhandbuch – zusätzlich für optimale Qualität der Serviceleistungen gesorgt.

Die Funktion „M-Grid“ (maintenance grid) ermöglicht den Zugriff zu relevanten Instandhaltungsdaten und entsprechender Software für autorisierte Personen, unabhängig vom Einsatzort der Personen und Standort der Anlagen.

Das DMC-Lese- und Kommunikations-Gerät [DMC-Supervisor-Pad-System = DMC-SPS] ermöglicht die Kommunikation im jeweils definierten Netzbetrieb; eine Kombination – z. B. über eine USB-Schnittstelle oder blue-tooth – mit einem PC bzw. Laptop ist möglich. – Bei Anwendung des DMC-SPS zur Registrierung und Identifikation neu einzubauender Ersatzteile über RFID ist das DMC-SPS als RFID-Empfänger einsetzbar.

6.3.4 Condition Monitoring & Control

Die zustandsorientierte Überwachung (condition monitoring) bietet für Maschinenbetreiber, über den gesamten Lebenszyklus gesehen, hohe Kosteneinsparpotenziale. Daten von oft bereits vorhandenen Sensoren und Automatisierungslösungen geben dabei rechtzeitig Aufschluss über den auftretenden Verschleiß und verringern so Kosten durch eine ggf. ausgelöste zustandsorientierte Wartung. Ein effizientes Condition Monitoring liefert in Echtzeit die kritischen Verschleißwerte und hilft damit, ungeplante Ausfälle weitestgehend zu vermeiden.

Gängige Sensortechnologien sind Schwingungsdiagnosen, Stromaufnahmemessung, Thermografie, Ölverbrauchs- und -verschmutzungsmessung, Elektroniküberwachung, Lagerüberwachung. Sensoren werden mobil oder stationär, online oder offline eingesetzt.

6.4 Piraterie

6.4.1 Teileschutz

Auch im After-Sales-Service gibt es den „Wettbewerb“ mit Know-how-Diebstahl, der vor allem die Lieferung minderwertiger Ersatzteile und die Erbringung von scheinbar perfekten Manpower-Serviceleistungen betrifft.

Gegenmaßnahmen zum Teileschutz können neben lückenlosen Kontrollen in den Logistikketten – auch durch Einsatz der RFID-Technik – insbesondere Vereinbarungen zwischen Hersteller und Betreiber über die Verwendung von Zertifikaten für Teile und Know-how-Träger sein. Der Betreiber sichert sich hierdurch die Aufrechterhaltung von Garantien und den Erhalt maximaler Qualität; der Hersteller erreicht durch diese Maßnahme erhöhte Kundenzufriedenheit und Kundenbindung.

Innovationen des Herstellers „stören“ die „Wettbewerbs“-Eingriffe der Piraten und sind damit ebenfalls sehr gut zu ihrer Bekämpfung geeignet.

6.4.2 Wissensschutz und Wissenstransfer

Internationaler Gewerblicher Rechtsschutz für die eigenen Produkte ist ein professioneller Schutz vor Piraterie, da hier die gesamte internationale Justiz und Polizei zur Durchsetzung dieses Schutzes genutzt werden kann.

Bei Forcierung Know-how-gestützter Produktänderungen, verbunden mit speziellen Schulungen des Betreiberpersonals, erhöht sich der Imitationsschutz zusätzlich.

Zugangskontrollen zu geschützten Anlagen (s. (6.3.3)) und revolvierende Schulung zugelassener Experten (Zertifikat) erhöht die Wirksamkeit des Wissensschutzes.

Das anlagen- bzw. komponentenspezifische Wissen kann in Zustandswissen, Ersatzerfahrungswissen und Systemwissen unterteilt werden. Zum relevanten Zustandswissen zählen Betriebs-, Mess-, Diagnose- sowie Befunddaten. Das Zustandswissen bildet zusammen mit Erfahrung und Systemzusammenhängen den Schlüssel zu einem effizienten Anlagenservice. Das Einsatzwissen schlägt sich in Kenntnissen des Teile-Verschleißes, Ausfallverhaltens sowie häufig aufgetretenen Fehlern und den damit verknüpften Ursachen nieder. Damit kann eine Prognose der Restlebensdauer einer Anlage vorgenommen werden. Das Systemwissen bezeichnet strukturelles Wissen über die Anlage bzgl. Aufbau und ihre Funktionszusammenhänge. Die einzelnen Komponenten sind mit ihren Bauteilen, Funktionen, spezifischen Vorschriften, grundlegenden Eigenschaften sowie ihrer Einordnung in die Anlagenhierarchie eindeutig zu beschreiben. Das Wissen ist wesentlich zur Beurteilung möglicher Ausfallfolgen. Zur Planung und Durchführung von Service-Maßnahmen ist auch Wissen über die optimalen Verfahrensweisen,

Methoden und Strategien sowie über prinzipielle Störungsursachen notwendig. Das Wissen wird unterteilt in technische Fähigkeiten der Mitarbeiter, Planungswissen über Zeitbedarf, einzuhaltende Vorschriften und Kosten und technologisches Wissen. Zusätzlich: das Wissen über Geschäftsbeziehungen sowie Kunden.

Problemstellungen beim Wissensschutz und -transfer ergeben sich aus folgenden Gründen:

- Fehlende Wissens-Planung und Kontrolle der Qualität der Informationen.
- Fehlende Informations-Integration: Das Wissen ist verteilt auf eigenes und fremdes Servicepersonal, interne Mitarbeiter in verschiedenen Abteilungen und verschiedenen Serviceleistungsträgern von unterschiedlichen Firmen.
- Kooperationsprobleme: Austausch zwischen Betreibern, Herstellern, und Dienstleistern sind grundsätzliche Probleme, welche sich insbesondere aus den Geschäfts- und Konkurrenzbeziehungen ergeben. Hinzu kommen Problemstellungen beim anlagenübergreifenden Austausch, bei der Auswertung von Störungs- und Instandhaltungsberichten und -Dokumentation und deren Zugänglichkeit zur Informationsbereitstellung.
- Dokumentationsprobleme, Standardisierungsprobleme und Integrationsprobleme im Tagesgeschäft.

6.5 Service-Kompetenz

Viele Praktiker nutzen den Service externer Experten und Laboratorien, da sie aufgrund der nicht ausreichenden Größe bzw. Spezialisierung ihres Betriebes aus wirtschaftlichen Erwägungen keine derartigen eigenen Ressourcen zur Verfügung haben. Auch in der Startphase eines Produktes ist die Nutzung externer Serviceleistungen sinnvoll. Der Prozess der Einbindung externer Serviceleistungen ist allerdings nur mit äußerster Sorgfalt durchzuführen, da hier sensible Daten innovativer Entwicklungen zu managen sind und daher höchste Korruptionsgefahr bestehen kann. Bei Nutzung elektronischer Formate zum Datentransfer müssen besondere Datenschutz-Methoden eingesetzt werden, um die Schnittstellen zwischen Intranet und Internet „Hacker“-sicher zu gestalten, z. B. über ein geeignetes MI-MOSA (Machinery Information Management Open Systems Alliance).

6.5.2 Schlüsselqualifikationen für Serviceleistungen

Eine Vielzahl von Qualifikationen der im Service eingesetzten Fachleute sind für Image und Geschäftserfolg von Hersteller und Betreiber von Anlagen eine Grundvoraussetzung.

Schwerpunkte liegen hier sowohl auf dem sicheren Umgang mit Key Performance OEE-Analysen inklusive Expertensystemen als auch mit der Condition Monitoring Technik samt Störfallanalyse und Trouble Shooting.

6.6 LABOR-Hardware zur Erbringung industrieller Serviceleistungen

Die Einrichtung eines Labors für den Einsatz im Bereich des industriellen Services orientiert sich an den Erfordernissen der Industriebetriebe, die im Rahmen der Serviceleistungen und der zugehörigen Arbeitsgebiete entsprechend den lokalen und internationalen Standards unterstützt werden sollen.

Gängige Arbeitsgebiete sind u. a. Methoden zur prognostischen Schadenserkennung an einem zu definierenden Störort, z. B. durch Sonographie und Thermographie, oder zur Analyse von Möglichkeiten zur Implementierung von geeigneten Sensoren, zur Durchführung von Kaltverfestigungs- oder anderen Verschleißanalysen sowie zur akkreditierten Übernahme von Qualitätskontrolle mit zertifizierten Längenmessgeräten und zertifiziertem Personal.

Die Vorhaltung der erforderlichen Werkzeuge, des erforderlichen Personals und die revolvierende Zertifizierung und Akkreditierung gehören zu den vom Kunden erwarteten Service-Kompetenzen, die der Hersteller selbst vor Ort vorhalten oder im Rahmen seines Netzwerkes anbieten muss.

6.6 Nachhaltigkeit

Instandhaltung hat einen sich in der Zukunft verstärkenden Einfluss auf die Erfüllung der Forderungen nach Nachhaltigkeit. Das Konzept zur Verlängerung der Lebensdauer von Maschinen und Anlagen und zur Maximierung ihrer Betriebszuverlässigkeit bei minimalen Kosten sind die Hauptanliegen der Instandhaltung und machen ihren nicht wegzudenkenden Anteil an der Wettbewerbsfähigkeit der Anlagenhersteller aus. Hinzu kommen die aktuellen Forderungen nach Minimierung des CO₂-Ausstoßes im Lebenszyklus einer Anlage. Technisch hoch entwickelte Anlagen weisen leider einen hohen CO₂-Ausstoß auf, angefangen bei der Fertigung der Anlagenteile bis zum Einsatz als fertiges Produkt. Die Instandhaltung kann im Rahmen der Forderung nach industrieller Nachhaltigkeit wesentliche Aufgaben erfüllen, sowohl durch Vermeidung unnötigen Ersatzteilaustauschs als auch durch Unterstützung einer effizienten Produktion (Holmberg et al. 2010).

7 Zusammenfassung und Fazit

Die Möglichkeiten zur erfolgreichen Unterstützung mittelständischer Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus beim Export von After-Sales-Service-Leistungen durch geeignete Netzwerkaktivitäten werden inklusive beispielhafter Voraussetzungen und Barrieren diskutiert. Schwerpunkt-Beispiele sind digitale Verfahrensweisen zur Sicherstellung der Qualität netzwerkgestützter Serviceleistungen, die hierbei erforderlichen Kompetenzen und Schlüsselqualifikationen, Laborausstattungs-Hardware sowie eine praktizierte, internationale Kooperation.

Die Potenziale im Bezug auf eine engere und bessere Zusammenarbeit von Anlagenherstellern, Betreibern und Dienstleistern sind bekannt. Die Zusammenarbeit innerhalb von Unternehmen wird noch zu oft aufgrund rein ökonomischer und fachlicher Gesichtspunkte erschwert. Die Bündelung der Beschaffungsprozesse über wenige Händler und das Internet koppelt nicht nur die Instandhaltung vom Hersteller ab, sondern führt darüber hinaus oft zur Beschaffung nicht instandhaltungsgerechter technischer Objekte.

Das erfolgreiche Management der technischen Anlagen über ihren gesamten Lebenszyklus wird im Kontext steigender Anlagenkomplexität, erweiterter Tätigkeitsfelder für die Instandhaltung (z. B. Sicherheits- und Umweltschutzaufgaben), steigender Abhängigkeiten (z. B. niedrigere Ersatzteilbestände, weltweite Beschaffung, Einfluss der Instandhaltung auf die Gesamtkosten, den Ressourceneinsatz, die Erfüllung gesetzlicher Vorschriften) und zunehmender internationaler Unternehmenskooperationen und -aktivitäten zu einem immer wichtigeren Erfolgsfaktor für die Unternehmen.


Die Betreiber fordern kundenorientierte und kundennutzengerechte Dienstleistungsangebote und Geschäftsmodelle und stellen hohe Anforderungen an die Zusammenarbeit.



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



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.foerdereverein-haw-weiden.de

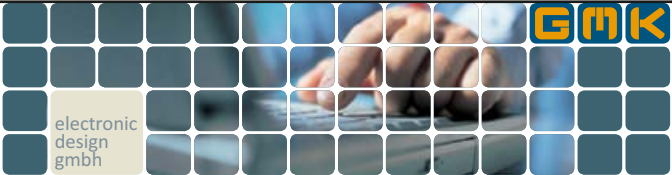
Die partnerschaftliche Zusammenarbeit sollte Hersteller, Sublieferanten, Betreiber und Dienstleister umfassen. Sie müssen ein Netzwerk schaffen, um anderen Unternehmen als ein starker Partner gegenüberzutreten. Das Netzwerk hilft, erhebliche Potenziale zu erschließen, z. B. Mengeneffekte bei Beschaffungen, aber auch Kompetenzeffekte durch erstmalig mögliche vollständige Nutzung aller verfügbaren Daten und Informationen zu einer Anlage, einem Prozess oder einer Dienstleistung.

Ein erster Schritt könnte das gemeinsame Engagement und die gemeinsame Erarbeitung von weltweiten Standards zur Instandhaltung, benötigten Basisdaten und -informationen (z. B. erkannte Schwachstellen und deren Beseitigung) sowie der Austausch dieser Informationen (Feedback to Design, Feedback to Customer) sein.

Eine herausfordernde Aufgabenstellung ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung eines oder mehrerer Organisationsformen für Geschäftsmodelle, welche die partnerschaftliche Zusammenarbeit regeln, die unterschiedlichen Formen der Zusammenarbeit beschreiben und den Aufbau der zugehörigen Organisation unterstützen.

Literaturverzeichnis

1. Abele, E.; Kuske, P.; Renger, U.; Lang, H.; Pruschek, P.; Pulawski, R.: Plagiatschutz durch Total Cost of Ownership. ZWF 105 (2010) 3, Hanser, München, S. 231–236
2. Besenfelder, C., Liesebach, T.: Supply Chain Planing – Strukturelle, technische und methodische Anforderungen an die Konfiguration projektorientierter Produktionsnetzwerke, ZWF Jahrg. 106 (2011) 12, S. 939
3. Bruhn/Strauss: Dienstleistungsnetzwerke, Dienstleistungsmanagement Jahrbuch 2003, Vgl. Gabler, 2003
4. Denkena, B.; Pruschek, P. u.a.: Lebenszykluskostenreduzierung durch zustandsorientierte Instandhaltung. ZWF 104 (2009) 6, Hanser, München, S. 498–502
5. Deutsche Forschungsgemeinschaft; Geräusch- und Schwingungsvorgänge an Maschinen. VCH 1993
6. Effizienz-Agentur NRW: 3. EFA-Kongress am 8. September 2004 in Düsseldorf zum Thema „Nachhaltiges Wirtschaften für grenzenlosen Erfolg“
7. Fackler, I.: Drucklufteffizienz heißt Systemkosten senken. Produktion Nr. 46, 2005.
8. Fleisch, E. Strassner, M.: Ubiquitous Computing in der Flugzeugwartung. März 2004. Internetadresse: www.m-lab.ch. Stand: 29.12.2005
9. Forum Vision Instandhaltung e.V. (FVI): 1. Informationstag des FVI zum Thema „RFID in der Instandhaltung“ am 17. November 2005 in Dortmund
10. Hauff, V.: Unsere gemeinsame Zukunft – Brundtlandbericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven, 1987



electronic design gmbh

finger_spitzen_lösungen

GMK www.gmk-electronic-design.de



Nabaltec

Für unsere Unternehmensbereiche Technische Keramik und Funktionale Füllstoffe suchen wir laufend Praktikanten (m/w) der Studiengänge Chemie, Verfahrens- oder Werkstofftechnik, Maschinenbau oder Kunststofftechnik

Für nähere Informationen besuchen Sie unsere Homepage oder kontaktieren Sie uns:

Nabaltec AG
 Personalwesen
 Frau Glaser Telefon: 09431 53-242
 Postfach 18 60 E-Mail: Personalwesen@nabaltec.de
 92409 Schwandorf <http://www.nabaltec.de>



11. Holmberg, Kenneth, et al.; E-maintenance; Springer; London; 2010
12. Jach, Ch.; Hrauda, G.: Ökologische Dienstleistungen – Markt der Zukunft. Wien: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Juni 2000
13. Kuhn, A.; Schuh, G.; Stahl, B.: „Nachhaltige Instandhaltung“ – Trends, Potentiale und Handlungsfelder Nachhaltiger Instandhaltung; Frankfurt am Main, VDMA, 2006
14. Lay, G.; Schröter, M.; Mit Service zu neuen Geschäftsmodellen – ökonomische Potenziale identifizieren. In: Barkawi, K.; Baader, A; Montanus, S. (Hrsg.): Erfolgreich mit After-Sales-Services
15. Lay, G.; Dreher, C.; Michler, Th.: Teleservice in Deutschland. Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung, Nr. 6. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, 1997
16. Lewandowski, K.: Volkswirtschaftliche Bewertung der Instandhaltung in Deutschland. In: Werner, G.-W. (Hrsg.): Instandhaltung – Rationeller Einsatz neuer Instandhaltungstechniken. Augsburg: WEKA Fachverlag für Technische Führungskräfte, 1999–2006
17. Lörcher, M.; Meuche, Th.: Ein System reicht völlig: Die Verschmelzung von Umweltschutz, Arbeitssicherheit und Qualität in einem Managementsystem. In: umis 1996–2000 – Umweltmanagement-Internet-Service
18. Männel, W.: Kennzahlen und Kennzahlensysteme für das Instandhaltungscontrolling. Lauf a. d. Pegnitz 2001.
19. Niemeier, F.: Prozesszustandsorientierte Verfügbarkeitslenkung von Produktionsanlagen. In: Redeker, G. (Hrsg.): Hannoversche Berichte zum Qualitätsmanagement, Band 7. Shaker Verlag. Aachen, 2001
20. Oelsnitz, D.: Kooperation: Entwicklung und Verknüpfung von Kernkompetenzen, Gabler Vlg., Wiesbaden 2005, S. 183–210
21. Reiss, M.: Kooperkurrente Produktionsnetzwerke, ZWD Jahrg. 105 (2010) 12, S. 1096
22. Schuh, G.; Kampker, A.; Franzkoch, B.; Wemhöner, N.: Intelligent Maintenance – Potenziale zustandsorientierter Instandhaltung. Abschlussbericht. Aachen, 2005
23. Sieber, P. (1998): Virtuelle Unternehmen in der IT-Branche. Die Wechselwirkung zwischen Internet-Nutzung, Strategie und Organisation, Bern
24. Straub, W.: Instandhaltung der Infrastrukturanlagen. In: Plastics. Now, (2004) Heft 11, S. 30–32. Zürich: STV-Verlags AG, 2004
25. Sydow, J. (1992): Strategische Netzwerke. Evolution und Organisation, Wiesbaden
26. VDI-Gesellschaft; VDI-Berichte 1630: Schwingung in Antrieben. VDI Verlag GmbH 2001.
27. Warnecke, H.-J.: Die Bedeutung der Funktion Instandhaltung. In: Warnecke, H.-J. (Hrsg.): Handbuch Instandhaltung. Bd. 1
28. Wiendahl, H. P., Betreiber-Modelle – Ein Absatz zur Verfügbarkeitssteigerung komplexer Produktionsanlagen. ZWF 96 (2001) 6, Hanser, München, S. 324–327
29. Wiethoff, H.: Öko-Controlling in der Instandhaltung – Schaffung einer Informationsbasis für umweltgerechtes Handeln durch Umweltkennzahlen. In: CONTROLLING, Heft 2, März/April 1996, S. 102-109.
30. Zahn, E.; Stanik, M.: Wachstumspotentiale kleiner und mittlerer Dienstleister; Mit Dienstleistungsnetzwerken zu Full Service Leistungen. IHK Region Stuttgart, Stuttgart 2002



Prof. Dr. Hong Tao
 Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
 Hochschule Amberg-Weiden
 Wintersemester 2011/12

Wissen teilen – Fortschritt leben



» Reinklicken und

Ihre Kommune

mobil erleben «



Sie finden uns unter:

www.cityapp.de

RAUM FÜR **DEINE** ZUKUNFT!



F.EE bietet in den Bereichen **Elektrotechnik, Maschinenbau und Informatik** die Möglichkeit, in Form von **Praktika, Bachelor-/Masterarbeiten** oder auch einer **Festanstellung** Ideen Wirklichkeit werden zu lassen.

Weitere Infos und aktuelle Jobangebote unter

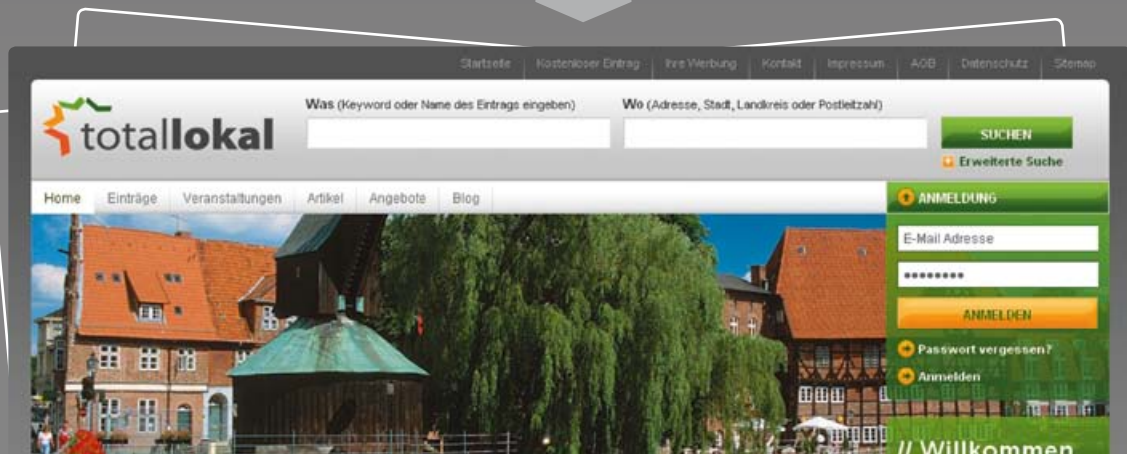
www.fee.de/jobs



F.EE GmbH | Udo Starck | Personalabteilung | In der Seugn 10 | 92431 Neunburg v. W. | bewerbung@fee.de | www.fee.de



Reinklicken und
Ihre **Kommune** mobil erleben
www.total-lokal.de





Da steckt mehr dahinter!

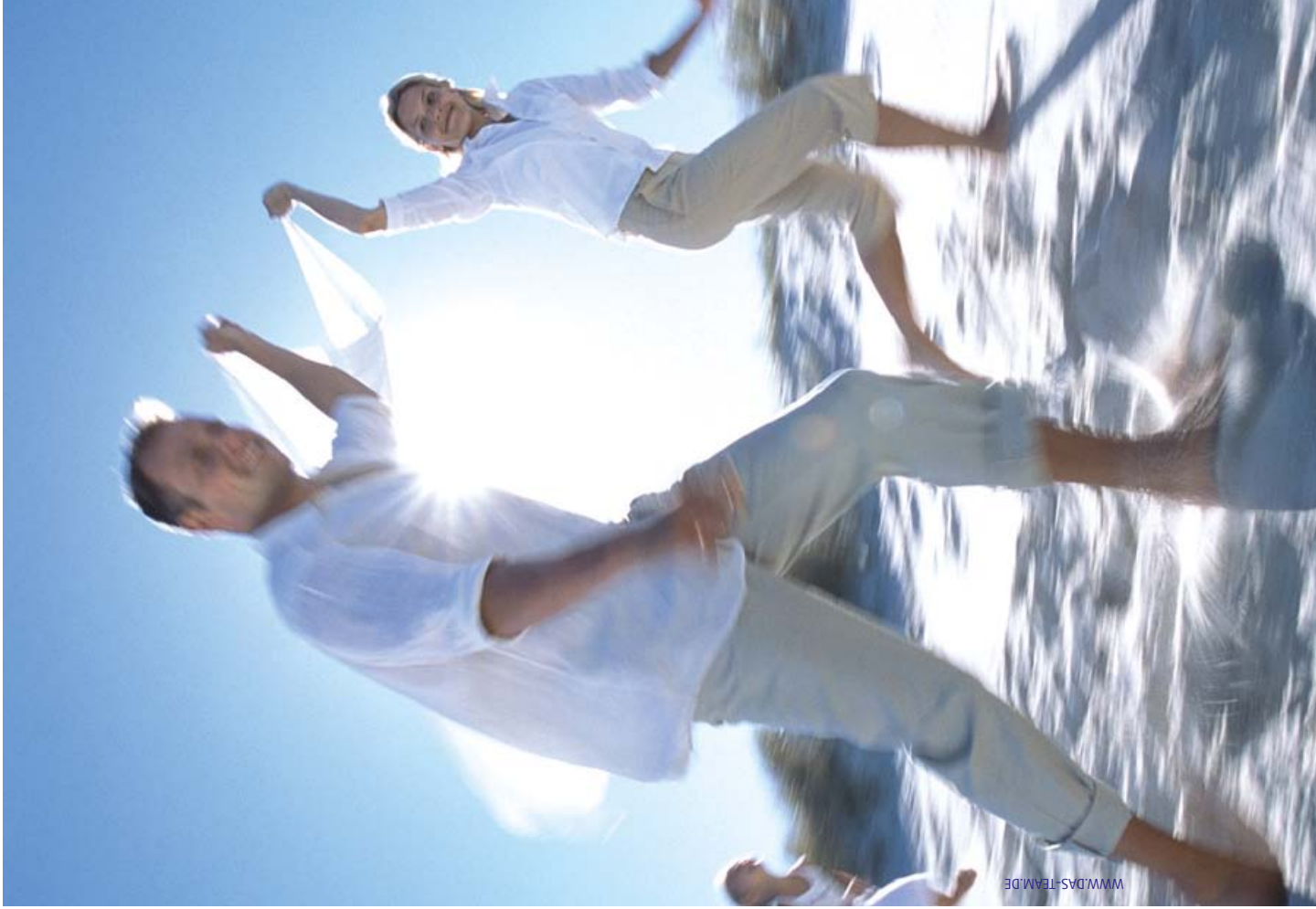
Entdecken Sie bei uns eine der spannendsten Herausforderungen der Zukunft: den Umbau der Energiewirtschaft. Wir, die N-ERGIE mit Sitz in Nürnberg, sind nicht nur der führende Regionalversorger für Strom, Erdgas, Wasser, Wärme und Energie-Dienstleistungen – wir zählen auch zu den Top Ten im deutschen Strommarkt. Dabei sind wir stets ganz nah am Kunden. Nähe bestimmt auch das Miteinander der Menschen, die bei uns arbeiten. Als eigenständige Größe in der Energiebranche bieten wir Studierenden die Chance, gemeinsam mit erfahrenen Praktikern an aktuellen Herausforderungen und Zukunftsthemen zu arbeiten.

Dabei können Sie sich auf eine intensive Betreuung und anspruchsvolle Aufgaben verlassen, die Ihren Marktwert steigern.

Es reizt Sie, den Wandel in einer dynamischen Branche voranzubringen? Dann gestalten Sie mit uns den Energiemarkt der Zukunft: www.n-ergie.de/karriere



Spürbar näher.



WWW.DAS-TEAM.DE



Energie, Wissen, Innovation

HAW
Hochschule Amberg-Weiden
für angewandte Wissenschaften
University of Applied Sciences (FH)



STADTWERKE AMBERG

STROM GAS WÄRME WASSER BÄDER

hand in hand, servicestark
und vor der tür