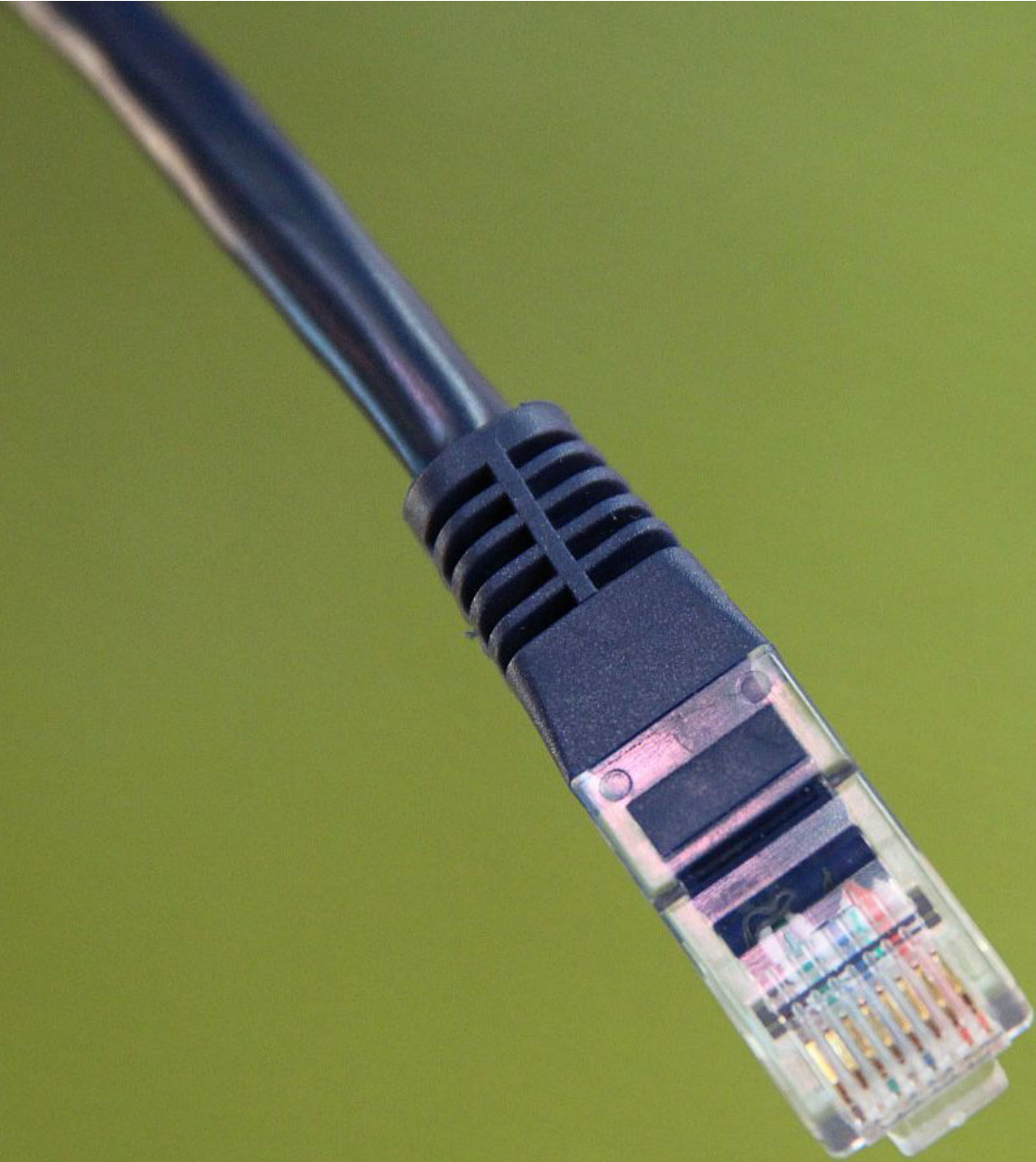


# EForum



Magazin des Departments Informations- und Elektrotechnik

Jahrgang  
2012



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# Inhalt

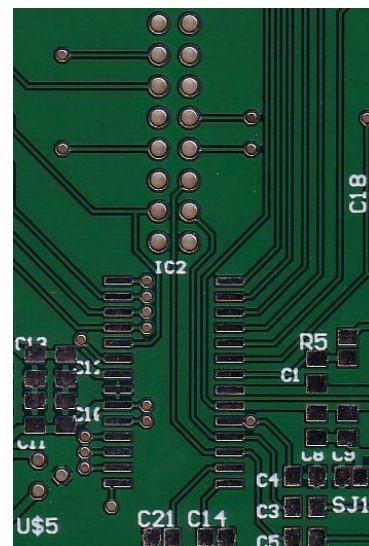
Editorial FRANZ SCHUBERT	1
Graduiertenkolleg gemeinsam mit der Universität Hamburg KARL-RAGMAR RIEMSCHEIDER, PAUL SCHERER, WOLFGANG WINKLER	2
Entwicklung von Mobilitätstechnologien für das Jahr 2020 RASMUS RETTIG	6
Sprecherlokalisierung im Raum mittels Mikrofonarrays KOLJA PIKORA, ULRICH SAUVAGERD	10
The eesteCube TOBIAS WULF	16
Neu berufene Professoren am Department Informations- und Elektrotechnik PERSONALIA	18
Beste Abschlussarbeit mit VDI-Preis prämiert KARL-RAGMAR RIEMSCHEIDER	19
Blended Learning für Vorkurse KARIN LANDENFELD, MARTIN GÖBBELS, ANTONIA HINTZE, UTE PRIEBE, LUBOV VASSILEVSKAYA	20

**IMPRESSUM**  
Hochschule für  
Angewandte  
Wissenschaften  
Hamburg  
Fakultät Technik und  
Informatik  
Department  
Informations- und  
Elektrotechnik  
Berliner Tor 7  
20099 Hamburg

**REDAKTION:**  
Prof. Dr.-Ing.  
Ulf Claussen  
**E-MAIL:**  
Ulf.Claussen@  
haw-hamburg.de

**Titelfoto:**  
Ulf Claussen

EFORUM 2012 IM NETZ:  
[http://www.haw-hamburg.de/fileadmin/user\\_upload/FakTI/Dokumente/EForum\\_2012.pdf](http://www.haw-hamburg.de/fileadmin/user_upload/FakTI/Dokumente/EForum_2012.pdf)



# Neue Wege gehen

Die komplette Umstellung unserer Studienangebote auf die internationalen zweistufigen Abschlüsse Bachelor und Master im Wintersemester 2006/07 wurde an unserem Department erfolgreich durchgeführt. Nun steht die Reakkreditierung der Studiengänge an und wir müssen nicht nur die in den letzten Jahren gewonnenen Erfahrungen mit unserem Studienangebot, sondern auch die äußeren Umstände in den Prozess mit einbeziehen. Diese sind leider nicht sehr positiv. Während die Zahl der Studienanfänger in der Informations- und Elektrotechnik im Verlauf der letzten Jahre an den Universitäten und Fachhochschulen in Deutschland rückläufig war, zieht der Bedarf an Ingenieuren der Informations- und Elektrotechnik in der Industrie immer weiter an. Hält diese Entwicklung an, werden jährlich bundesweit ca. 8.000 Absolventen der Elektrotechnik den Fachkräftebedarf der deutschen Wirtschaft kaum decken können.

Schon seit einigen Jahren sind die Bewerberzahlen für unsere Studiengänge nur noch gerade so hoch, dass wir das Studienplatzangebot gerade decken können. Die Zeiten einer Vorauswahl durch einen Numerus Clausus sind Vergangenheit. Eine Folge davon ist eine hohe Abbruchquote in den Anfangssemestern, so dass die politische Vorgabe der Absolventenzahl nicht erreicht wird. Die Hochschule hat darauf reagiert und uns auferlegt, in Zukunft weniger Studienplätze anzubieten. Die negativen Konsequenzen sind natürlich eine Reduzierung von Personal und Finanzmitteln.

Für uns stellt sich nun die schwierige Aufgabe, mit reduzierten Ressourcen das Studium attraktiver zu gestalten, um mehr junge Menschen für dieses Studium zu begeistern. Ein wesentlicher Bestandteil ist die Schaffung eines eigenständigen Studiengangs im Bereich der innovativen Energiesysteme, der als „Zugpferd“ dienen soll. Weiterhin versuchen wir,

- durch eine Erhöhung der Anzahl der Forschungs- und Entwicklungsprojekte,
- durch die Schaffung von Promotionsmöglichkeiten,
- durch Kooperationen mit ausländischen Universitäten,
- durch eine engere Bindung an die Industrie (z.B. durch duale Studienangebote) und
- durch departmentübergreifende Studiengänge

die Attraktivität unseres Departments zu steigern. In dieser Ausgabe von **EForum** finden Sie einige Beispiele für die entsprechenden Aktivitäten des Departments Informations- und Elektrotechnik der HAW Hamburg.

Ich wünsche unserem Department eine positive Entwicklung und Ihnen, liebe Leserinnen und Lesern dieses Magazins eine interessante Lektüre. Für Anregungen und Kritik zu dieser Ausgabe sind wir Ihnen dankbar.



Prof. Dr.-Ing.  
Franz Schubert,  
Leiter des Departments  
Informations- und  
Elektrotechnik

# Graduiertenkolleg gemeinsam mit der Universität Hamburg



**Prof. Dr.-Ing. KARL-RAGMAR RIEMSCHNEIDER**  
E-MAIL: Karl-Ragmar.Riemschneider@haw-hamburg.de



**Prof. Dr. PAUL SCHERER**  
E-MAIL: Paul.Scherer@haw-hamburg.de



**Prof. Dr. WOLFGANG WINKLER**  
E-MAIL: W.Winkler@rzbz.haw-hamburg.de

Anfang 2012 hat die Forschungs- und Wissenschaftsstiftung Hamburg über einen Förderantrag positiv entschieden, den fünf Professoren der Universität Hamburg und drei Professoren der HAW gemeinsam gestellt hatten. Es geht um die Schlüsselthemen Energiespeicherung und intelligente Vernetzung von Verbrauchern. Zusammen können sie nun ein kooperatives Graduiertenkolleg aufbauen, in dem die Doktorandinnen und Doktoranden ihrer Arbeitsgruppen zusammen forschen und gezielt auf Ihre Promotion hinarbeiten können.

Das Kolleg trägt die Bezeichnung „Collaborative Graduate School Key Technologies for Sustainable Energy Systems in Smart Grids“. EForum fragt die Professoren Riemschneider, Scherer und Winkler der HAW nach Details und Hintergründen.

**EForum:** Was ist eine „Graduate school“?

**Scherer:** In einfachem Deutsch ist es eine „Doktorandenschule“, ein kleines Zentrum innerhalb der Hochschule mit Rahmenprogramm für die Doktorandinnen und Doktoranden. Es wird auch häufig Graduiertenkolleg genannt. Es wird jetzt in Verbindung mit der Universität in Gang gesetzt. Dazu gehören Weiterbildungsveranstaltungen, aber auch Pflichtveranstaltungen sowie die regelmäßige Präsentation der Fortschritte. Höhepunkt ist die jährliche „Summer School“.

**EForum:** Was ist das Besondere und das Neue an diesem Graduiertenkolleg?

**Riemschneider:** Dass wir unseren Antrag für die Graduiertenschule gefördert bekommen, ist eine sichtbare Anerkennung für die Forschungsarbeit an der Universität ebenso wie bei uns an der HAW.

Etwas genauer hingeschaut, ist es ebenso eine Anerkennung für unsere HAW-Masterausbildung. Unsere Master arbeiten als Doktorandinnen und Doktoranden gleichberechtigt mit der Universität zusammen. Die Partner sind dort Arbeitsgruppen, die auf renommierte Grundlagenforschung zurückblicken.

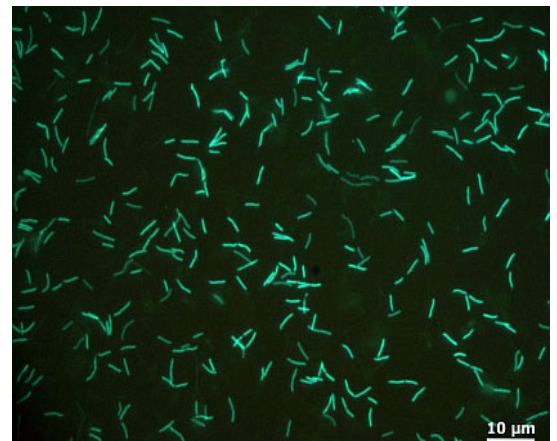
**Scherer:** Wir sind in diesem kooperativen Kolleg zum ersten Mal in der Geschichte der HAW Hamburg direkte Partner einer deutschen Universität. Unsere Professoren sind da-

her auch Gutachter und Betreuer der Doktorarbeiten. Bei einer Promotion mit einer Universität ohne diesen kooperativen Status waren oder sind wir quasi nur Gäste.

**EForum:** Welchen konkreten Forschungsthemen soll sich das Kolleg widmen?

**Scherer:** Bei uns am Standort Bergedorf der HAW geht es um die Fuzzy-Feedbackregelung der Biogasproduktion. Mit diesem Regelungsverfahren in Verbund mit einem Gasspeicher werden die Mikroorganismen insbesondere dann zum „Gas geben“ gebracht, wenn ein hoher Bedarf an Energie besteht.

**Winkler:** Am Berliner Tor im Department Maschinenbau arbeitet eine Arbeitsgruppe an neu-



Methanbildende Bakterien in einem Bioreaktor

en Flow-Batterien. Bei Flow-Batterien können sehr große Energiemengen kostengünstig in Flüssigkeitstanks gelagert werden. Aus diesen Tanks werden flüssige Elektroden durch die eigentliche Batterie hindurch gepumpt. Das ist verwandt mit der Brennstoffzelle, jedoch als Prozess umkehrbar wie beim Akkumulator.

**Riemschneider:** Die Arbeitsgruppe in der Elektrotechnik hat sich die Entwicklung von Sensoren zum Ziel gesetzt, die einen langen, sicheren und effizienten Betrieb der neuen Batterien erlauben. Wenn sich unser Ansatz umsetzen lässt, werden die Sensoren später als elektronische Chips realisiert, die drahtlos ihre Messwerte direkt aus dem Inneren der Batteriezellen senden.

Die Arbeitsgruppen der Universität forschen an der Chemie und Physik der zukünftigen Batterien. Es geht um in Nanotechnologie strukturierte Oberflächen, Ionen-durchlässige Membranen sowie um optimal arbeitende Elektroden und Elektrolyten.

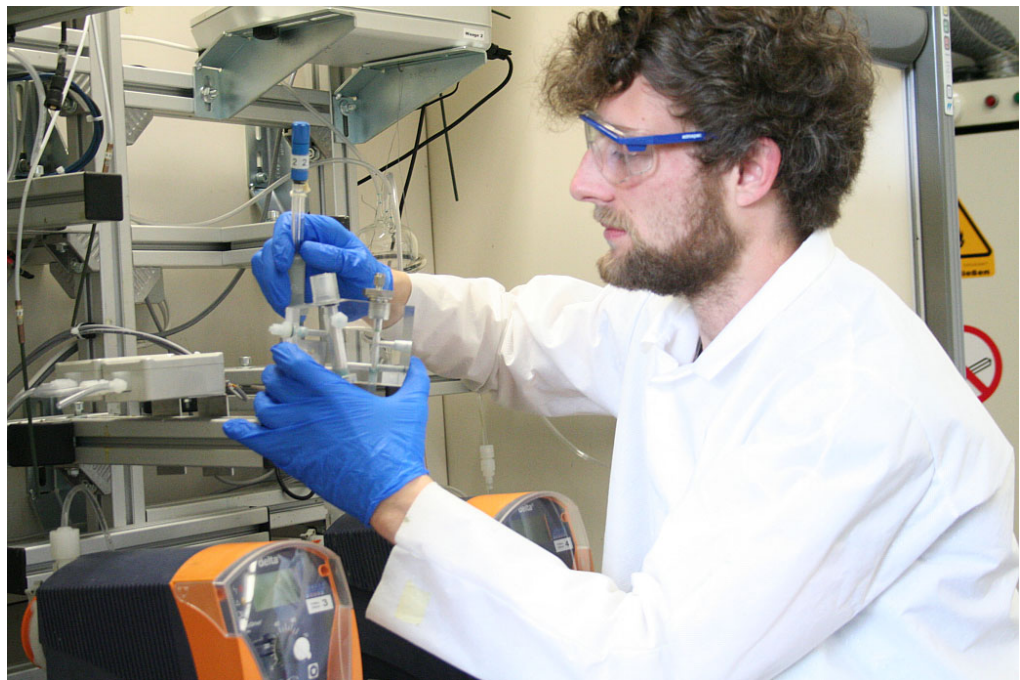
**EForum:** Erneuerbare Energie ist zur Zeit ein viel diskutiertes Thema. Jeder denkt an Windräder und Sonnenkollektoren. Wieso sind aber gerade die genannten Themen eine Schlüsseltechnologie dafür?

**Riemschneider:** Viele Menschen bewegt, woher die Energie der Zukunft stammt. Aber es ist genauso entscheidend, dass wir sie genau dann und dort verfügbar haben, wann und wo wir sie brauchen. So wie wir es heute ganz selbstverständlich vom „Strom aus der Steckdose“ gewohnt sind.

Die Herausforderungen heißen intelligente Energie-Verteilung, die vernetzte Steuerung der Energie-Verbraucher und auch die Energie-Speicherung, kurz „smart grid“. Eine allumfassende Patentlösung sehe ich nicht, sondern erstmal die Anstrengungen vieler Fachgebiete.

**Scherer:** Die Windenergie wird zukünftig dominierend als Quelle der Stromproduktion sein. Ich sehe aber auch die Bioenergie ganz vorn beim bundesweiten Energiemix der erneuerbaren Energien.

**EForum:** Wie passen die Grundlagenthemen aus der Chemie und der Oberflächen-Physik der Universität und die



Simon Ressel bei der Arbeit an seinem Promotionsthema *Flow-Batterien* am Institut für Energiesysteme und Brennstoffzellentechnik (Prof. W. Winkler)

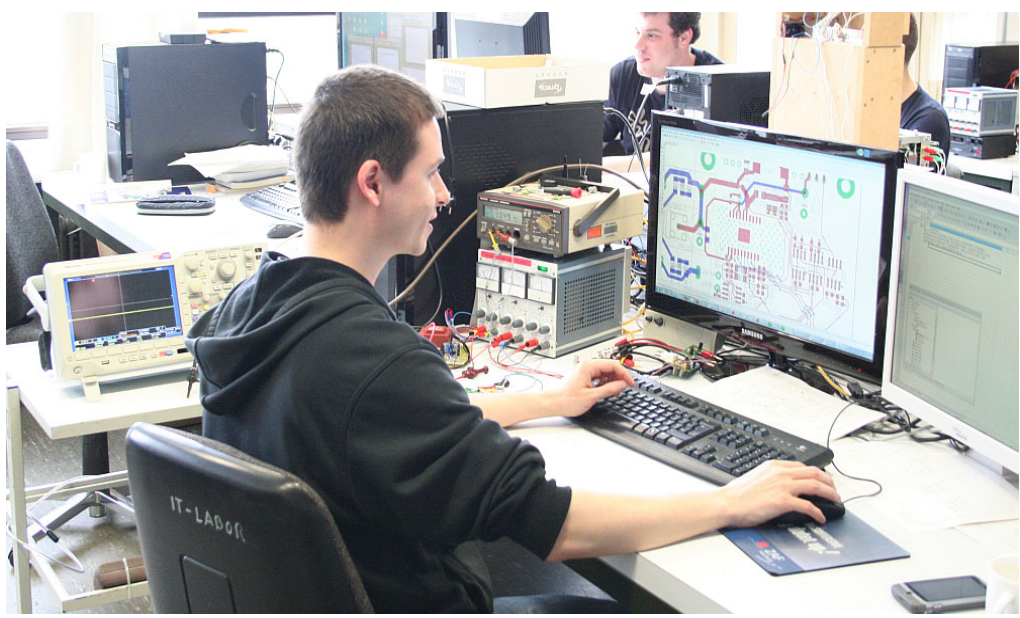
Ingenieurthemen der HAW zusammen?

**Scherer:** Das ist der besondere, smarte Reiz dieses Kollegs und eine Herausforderung zugleich. Man lernt voneinander, und man versteht einander besser. Dazu gehören offen denkende Partner, welche zweifelsohne die Kollegen der Uni darstellen. Es war nicht einfach, diese Synergie im Förderantrag darzulegen. Wir arbeiten nicht an der gleichen Fragestellung, wohl aber am gleichen Rahmenthema.

**Winkler:** Moderne Methoden der Energiespeicherung erfordern ein enges Zusammenwirken der Experten in der Thermodynamik, der Physikalischen Chemie und der Elektrotechnik. Mit nur einer klassischen Disziplin findet man keine integrale Lösung.

**EForum:** Wer darf sich als Doktorand bewerben? Wie werden die Kandidaten ausgewählt? Ist ein Masterabschluss von der HAW dafür anerkannt oder muss noch ein halbes Che-

Tobias Steinmann bearbeitet das Platinenlayout für den Batterie-Zellspannungsgenerator (Bachelorarbeit Prof. K.-R. Riemschneider)





Im Forschungslabor Biogas Engineering der HAW Hamburg, Standort Bergedorf (Prof. Paul Scherer)

miestudium dazu kommen?

**Scherer:** Alle mit einem passenden Master- oder Diplomabschluss (Diplom-Ingenieur, Diplomchemiker oder -physiker) dürfen sich bewerben, aber keine Bachelor. Wir betreuen unsere Arbeiten autonom. Die Promotionsgutach-



ter sind entscheidend, nicht der ganze Fachbereich Chemie. Also extra Chemiekenntnisse sind daher nicht nötig.

**EForum:** Wie ist das Promotionsverfahren organisiert und wer vergibt am Ende die Dokortitel?

**Scherer:** Der Promotionsausschuss und die Promotionsordnung kommen von der Uni. Auch

ist die Uni für die Koordination zuständig.

**Riemschneider:** Die Gutachter der Doktorarbeiten sind Professoren der Universität und der HAW. Geplant ist, das jeweils als „Betreuer-Duo“ zu organisieren, bei dem einer der Leiter der Arbeitsgruppe ist, in der die fachliche Arbeit erfolgt.

**EForum:** 2008 hatte die damalige Regierungskoalition in Hamburg der HAW die Promotionsbefugnis als Modellversuch versprochen. Dazu ist es nicht gekommen. Sind kooperative Graduiertenkollegs eine Ersatzlösung dafür?

**Winkler:** Das ist ein politisches Thema. Vergeblich wurde auf eine mutige Hochschulpolitik gewartet, dann haben wir es einfach einmal auf der wissenschaftlichen Ebene gelöst.

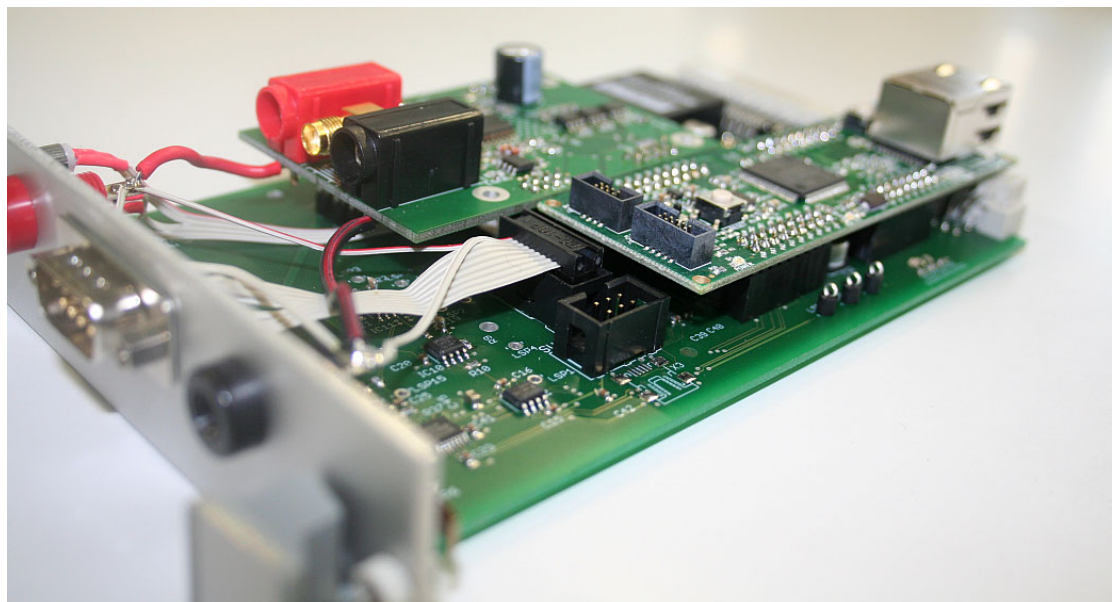
**EForum:** Eine Promotion dauert einige Jahre. Wovon soll ein Doktorand oder eine Doktorandin leben? Was wird im Rahmen des Kollegs finanziert?

**Winkler:** Von der Stiftung werden Promotionsstipendien vergeben, mit denen man genauso viel bekommt wie ein wissenschaftlicher Mitarbeiter im öffentlichen Dienst. Man kann davon gut leben und sich voll auf die Forschung und eigene Qualifikation konzentrieren.

**EForum:** Acht Professoren aus acht Instituten vergeben acht verschiedene Themen. Forschung ist heute aber Teamarbeit. Ist das nicht ein Widerspruch?

**Scherer:** Meine persönliche Meinung hierzu: Forschung war noch nie richtig Teamarbeit. Sie ist immer sehr individuell und speziell, sonst wäre es keine hochwertige Forschung sondern Entwicklung. Entwicklungen gehen nicht ohne eine gute Teamarbeit über die Bühne.

Das Team des Doktoranden ist die Arbeitsgruppe des Betreuers, nicht die der Promotionsschule. Dort lernt der Doktorand auch Teamarbeit und gleichzeitig selbständiges Arbeiten. Wir machen angewandte Forschung, bei der der letzte



Freiprogrammierbarer Zellspannungsgenerator. Ergebnis der Bachelorarbeit von Fabian Schwartau (Arbeitsgruppe Prof. K. R. Riemschneider)



Biogasanlage in  
Algermissen bei  
Hannover mit einer  
Leistung von 600 kW el.

Schritt der industriellen Serienreife aber noch fehlt.

**Riemschneider:** Zündende Ideen sind individuell, ebenso wie eine Doktorarbeit selbstverständlich nur eine einzelne Person schreibt. Aber das alles kommt nicht ohne kreatives, qualifiziertes Umfeld und kritische Diskussion zu-



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences

stande. Das Validieren und Umsetzen der Ideen kann eigentlich immer nur ein Team leisten. Das Arbeitsteam hier der Doktorandinnen und Doktoranden ist die Arbeitsgruppe der Projekte. Das größere Diskussteam ist das Graduiertenkolleg mit seinen Veranstaltungen, Fachleuten und Gastwissenschaftlern.

**Winkler:** Ein gutes Team gibt hilfreiche Unterstützung und kritisches Feedback, das ist die ideale Qualitätssicherung der Arbeiten.

**EForum:** In ein paar Jahren gibt es sicherlich Forschungsergebnisse und einige Dokortitel. Was haben aber die vielen anderen Studierenden der Universität und der HAW davon?

**Scherer:** Ein gutes Renommee ist für alle an der HAW „Gold“ wert. Mit „Gold“ meine ich eine Medaille für

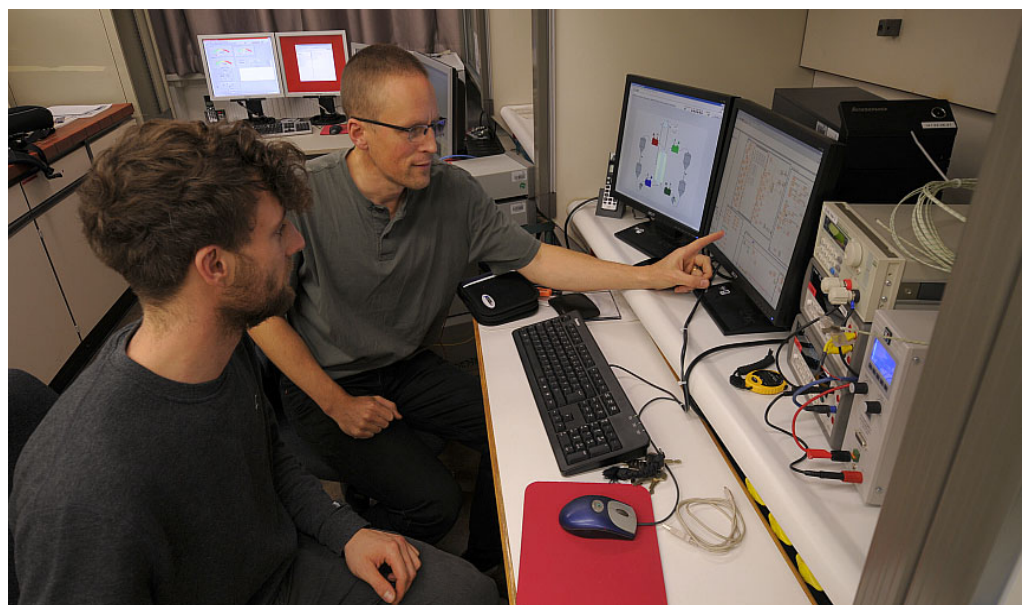
Spitzenleistungen aber auch einen materiellen Wert, etwa am Arbeitsmarkt.

**Riemschneider:** Jeder Studienabschluss profitiert vom Ruf der Einrichtung, die ihn vergribt, wobei die Frage des Rufs im Ausland noch eine viel stärkere Tradition hat. Der Arbeitsmarkt von morgen wird wohl auch in dieser Hinsicht global.

Ich sehe aber auch unmittelbaren Nutzen für alle Studierenden, die Ihre Abschlussarbeiten in den Arbeitsgruppen schreiben. Sie bekommen dort engagierte Betreuung und arbeiten an ganz aktuellen Themen, die ihre zur Zeit ohnehin guten Berufschancen noch einmal potenzieren.

**Winkler:** Nicht zuletzt wird auch die Lehre davon profitieren, wenn dort aktuelles Wissen – zum Beispiel aus der Batterieforschung – einfließen kann. Außerdem empfinde ich es als eine lohnende Sache, ein ganz kleines Stück an einer wirklichen Zukunftsfrage mitzuarbeiten. □

Alexander von Stryk  
(rechts) erforscht die  
besten Substanzen für  
flüssige Batterieelektroden  
von Flow-Batterien.



# (Auto) Mobilität 2020: Entwicklung von Mobilitätstechnologien für das Jahr 2020

RASMUS RETTIG

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Technik und Informatik  
Department Informations- und Elektrotechnik

Prof. Dr.  
RASMUS RETTIG  
E-MAIL:  
Rasmus.Rettig@  
haw-hamburg.de

## Zusammenfassung

Die deutsche Autoindustrie als bedeutendster Industriezweig in Deutschland steht vor großen Veränderungen: Der Heimatmarkt verliert an Bedeutung, neue Antriebstechnologien erfordern radikale technische Änderungen, die Führungsposition in Forschung und Entwicklung wird im internationalen Wettbewerb in Frage gestellt. Welche Schwerpunkte in Lehre und Forschung an der HAW können helfen, diesen Herausforderungen zu begegnen?

## Wirtschaftliche Bedeutung und Wandel

Die Automobilindustrie ist mit einem Gesamtumsatz von mehr als 30 Mrd. Euro der umsatzstärkste Industriezweig in Deutschland und liegt mit über 700.000 Erwerbstätigen auf Platz 2 nach Mitarbeitern [1]. Insbesondere im Bereich der Automobilhersteller und ihrer direkten Zulieferer, der sogenannten Tier-1 Zulieferer, besteht eine hohe Konzentration. Diese Mega-Unternehmen sind attraktive Arbeitgeber, da die Unternehmen solide finanziert sind und attraktive Löhne und Gehälter bieten. Gleichzeitig zeichnet sich die Elektroindustrie in Deutschland als wichtiger Treiber von Innovationen aus [2].

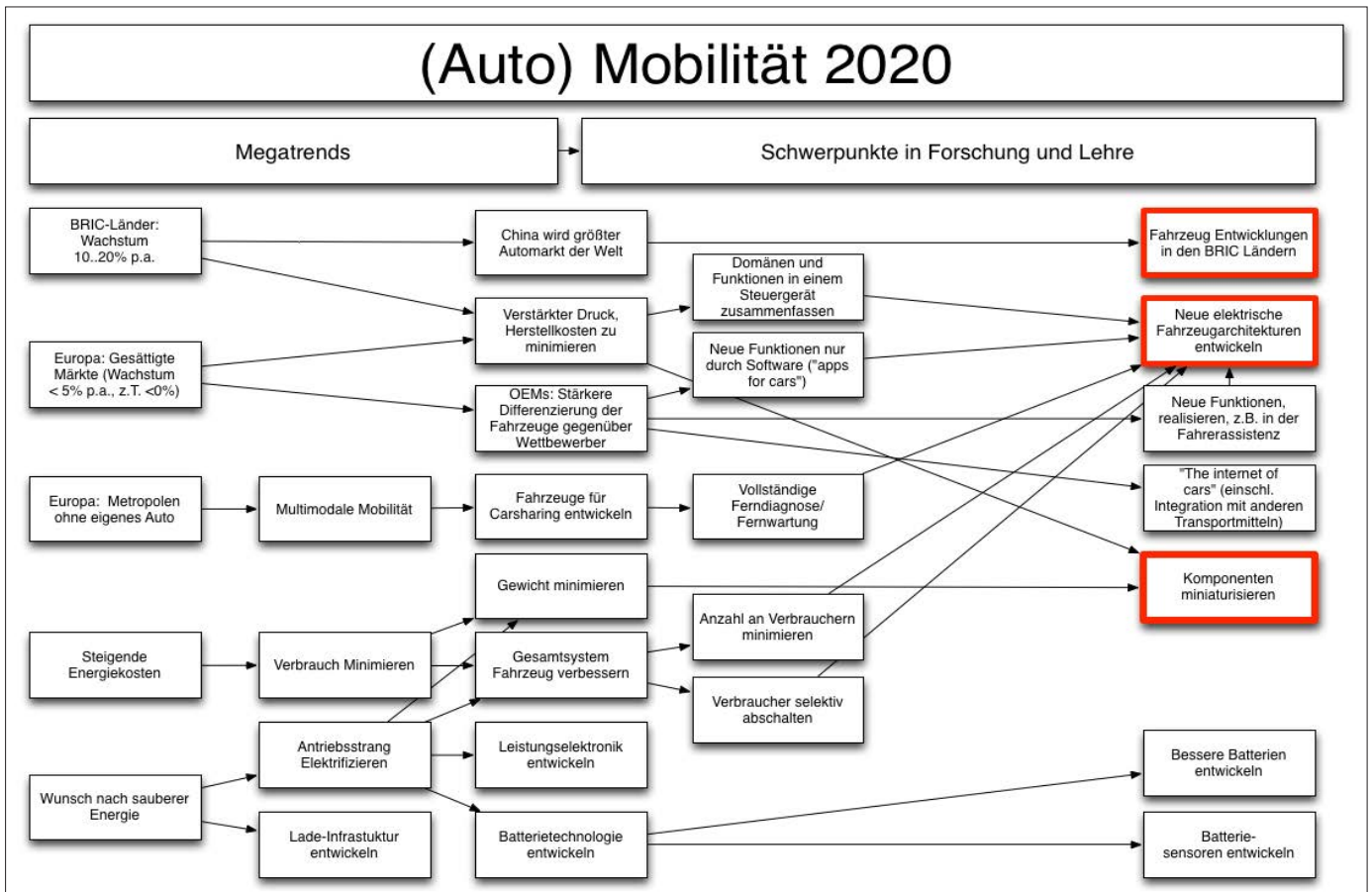
Die Automobilindustrie steht vor großen Veränderungen: Betrachtet man die Anzahl produzierter Fahrzeuge im Jahr 2012, so stellt man fest, dass der Markt in Deutschland wie in den meisten europäischen Ländern nicht wächst: Das Automobil als Ausdruck von Freiheit und Aufschwung ist in Anbetracht kilometerlanger Staus wenig glaubwürdig. Auch die „Freude am Fahren“ mit „Vorsprung durch Technik“ erscheint in großen Städten wie Berlin, Frankfurt oder Hamburg häufig wenig erstrebenswert. In europäischen Metropolen gibt es einen spürbaren Wechsel zu anderen Verkehrsträgern, multimodaler Transport ohne das eigene Automobil wird zunehmend genutzt. Erwartungsgemäß stagniert der Umsatz der Fahrzeughersteller in Europa nahezu. Ganz anders verhält es sich in den Märkten außerhalb Europas: Allen voran Asien mit dem chinesischen Markt an der Spitze zeigt Wachstumsraten zwischen 15% und 22% pro Jahr [3].

Die Kundenanforderungen an Funktionen im Automobil sind – neben weltweit gültigen technischen Standards z. B. für die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – regionsspezifisch. Die Entwicklung eines Produkts fernab des Zielmarktes birgt signifikante Risiken. So entspricht die Straßenführung in Indien – neben dem dort üblichen, flexibel interpretierten Linksverkehr – in keiner Weise der in Deutschland, und ein Fahrerassistenzsystem zur Warnung vor Löchern in der Straße würde erheblich mehr Kunden finden als in Deutschland. Eine Entwicklung einer neuen Funktion in Deutschland für einen Zielmarkt wie China oder Indien ist daher nur in enger Kooperation und mit Mitarbeitern möglich, die beide Kulturen kennen und sich darin bewegen können.

## Finanzielle Förderung und politische Rahmenbedingungen

Länder wie die USA, China, Korea, Japan und Frankreich investieren stark in die Elektromobilität, um die Führung in diesem Bereich zu übernehmen. In Deutschland wurde die „Nationale Plattform Elektromobilität“ [4] initiiert, Hamburg hat sich im Rahmen des Regierungsprogramms Elektromobilität als „Schaufenster Elektromobilität“ beworben. Die Mitglieder bearbeiten neben technischen Fragestellungen auch das Thema „Nachwuchs und Qualifizierung“, an welchem wir als HAW Hamburg Anteil haben könnten. Hierbei sei zu bedenken gegeben, dass der Verbrennungsmotor im Antriebsstrang seit vielen Jahren über andere Entwicklungsbereiche im Automobil dominiert hat und ein Umbruch zu einem elektrifizierten Antriebsstrang deutlich andere Qualifikationen der Mitarbeiter erfordert, als heute in diesen Bereichen vorhanden.





## Megacities und multimodaler Transport

In den großen Metropolen Europas wie Paris, London, Amsterdam und Hamburg finden sich zunehmend Menschen, die auf das eigene Auto komplett verzichten, weil es keine Vorteile gegenüber anderen Verkehrsträgern kombiniert mit Carsharing bietet. Daher wird Carsharing als neues Geschäftsmodell durch die Automobilindustrie unterstützt, wie die Gründung von Car2Go 2008 durch die Daimler AG zeigt. Dieser Trend erhöht den Druck auf die Automobilhersteller, sich von Ihren Wettbewerbern zu differenzieren: Dies erfolgt beispielsweise durch den Preis des Fahrzeugs (Dacia) oder durch technische Innovation (BMW, Audi).

## Technische Aspekte

Weltweit betrachtet erwartet man eine Verdoppelung der Kraftfahrzeuge von heute ca. 1 Mrd. auf etwa 2 Mrd. bis 2030. Verkehrsbedingte Emissionen in Ballungsgebieten werden zunehmen und die Lebensqualität einschränken. Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs und der (wenigstens teilweise) Verzicht auf Verbrennungsmotoren bietet hier Potenzial für erhebliche Verbesserungen. Eine vollständige Elektrifizierung bedeutet aber auch die Einrichtung einer Infrastruktur zum Laden der Fahrzeuge sowie aufgrund langer Ladezeiten eine deutlich bessere Planung von Routen.

Ein Fahrzeug ohne Verbrennungsmotor erzeugt weitere technische Herausforderungen: Während elektrische Energie im Fahrzeug bislang vergleichsweise einfach verfügbar war wird die Batterie als einziger Energiespeicher des Fahrzeugs das begrenzend Element. Jeder elektrische Verbraucher reduziert die Reichweite. Im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen wird Energiemanagement sehr viel bedeutender. Hieraus resultiert das Erfordernis, das Fahrzeug als Gesamtsystem zu verbessern. Hier zeigt sich eine Schwäche heutiger Entwicklungsorganisationen in Großunternehmen, die typisch nach Domänen getrennt arbeitet: Die Lösung dieser Aufgabe erfordert domänenübergreifendes Denken und Umsetzen. Eine Einzeloptimierung reicht nicht aus, um erfolgreich zu sein.

**Beiträge der HAW Hamburg, Fakultät Technik und Informatik in Lehre und Forschung**

## Entwicklung für und mit anderen Regionen

Die Entwicklung von Produkten in weltweiter Kooperation muss geübt werden, besonders für einen Zielmarkt, der deutlich anderen Gesetzmäßigkeiten gehorcht, als der lokale. Auf diese Herausforderung treffen alle international agierenden Unternehmen und adressieren dieses Gebiet spätestens im Rahmen ihrer Entwicklung von Führungskräften.

Bild 1: Übersicht der wichtigsten Trends in der Automobilindustrie als Treiber für ausgewählte Entwicklungsaktivitäten.

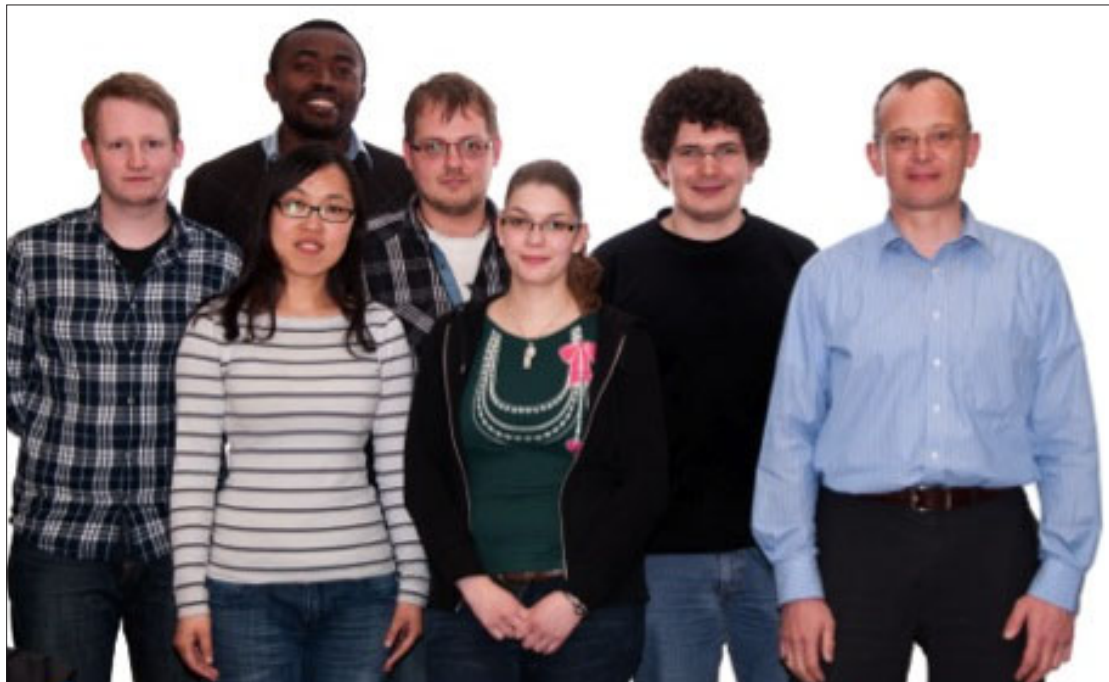


Bild 2: International besetztes Entwicklungsteam für die HAW.boombox.

Hier bietet die Stadt Hamburg aufgrund ihrer internationalen Ausrichtung als eine der größten Hafenstädte Europas und besonders die HAW-Hamburg mit ihren internationalen Studiengängen, ein ideales Lernfeld auch für Studenten aus Deutschland, die sich hier schon während des Studiums eine internationale Qualifikation aneignen können.

Als Beispiel sei an dieser Stelle ein international zusammengesetztes studentisches Projektteam genannt: Das HAW.boombox-Team mit Beteiligung von Studierenden aus drei Nationen mit den Studienrichtungen Information Engineering sowie der Elektrotechnik befindet sich in der Antragsphase.

### **Innovative elektrische Fahrzeugarchitekturen (in Zusammenarbeit mit F. Korf und T. Steinbach)**

Die Professoren F. Korf und T. Schmidt aus der technischen Informatik untersuchen seit 2008 den Einsatz von Real-Time-Ethernet für Anwendungen im Automobil. Gemeinsam mit dem Autor wurden Szenarien für die Weiterentwicklung automobiler Netzwerke bis hin zum flachen Real-Time-Ethernet basierten Netzwerk entwickelt. Hierbei wurde ein Schwerpunkt gelegt auf Funktionen für den Endkunden, die durch eine flache Vernetzung erst realisierbar werden. Die flache Vernetzung mit hoher Bandbreite ermöglicht weiterhin z. B. eine vollständige (Fern-)Diagnose aller Fahrzeugkomponenten, die für Fahrzeuge im Carsharing von großer Bedeutung ist, da diese Fahrzeuge nicht an festen Orten stehen und die Nicht-Verfügbarkeit des Fahrzeugs direkt negative kommerzielle Auswirkungen für den Betreiber hat. Ein weiterer Aspekt einer flachen Fahrzeug-Vernetzung ist die Minimierung des

Energieverbrauchs von elektrischen Verbrauchern im Fahrzeug: Eine Funktion wie z. B. das halbautomatische Einparken wird häufig durch ein eigenes Steuergerät realisiert. Unter Gesichtspunkten, wie dem Energie-Verbrauch, Gewicht und Gesamtkosten wäre es günstiger, mehrere Funktionen, die nicht gleichzeitig gebraucht werden, in einer Multifunktions-Hardware unterzubringen. Speicher und Rechenleistung moderner Mehrkernprozessoren rei-

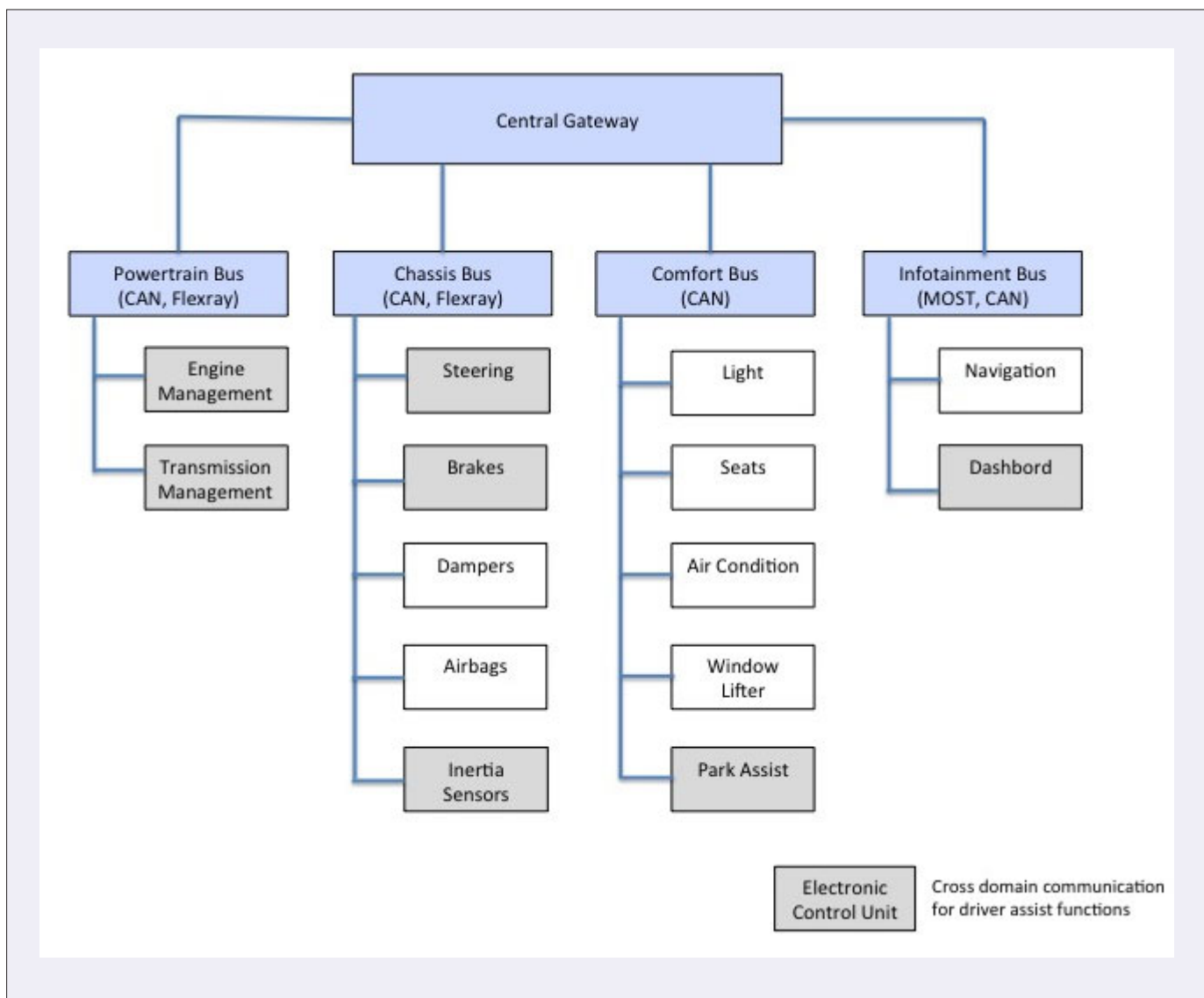
chen hierfür mehr als aus.

Eine leistungsfähige, flache Vernetzung würde es ermöglichen, Funktionen flexibel an genau der Stelle auszuführen, an welcher Rechenzeit verfügbar ist und damit den Gesamtenergieverbrauch minimieren. Innovative Netzwerkarchitekturen ermöglichen diese Art von revolutionärer Innovation und können damit die Wettbewerbsfähigkeit unserer Automobilindustrie und der damit verbundenen Arbeitsplätze nachhaltig sichern.

### **Miniaturisierung von Komponenten (in Zusammenarbeit mit K.-R. Riemschneider)**

Ein weitere technische Innovation, die ihren Beitrag zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit liefern kann, ist die Miniaturisierung von Komponenten, wie z. B. Sensoren. Einerseits ermöglicht sie Reduktion von Material, Gewicht und Kosten. Andererseits erlaubt sie auch den Einsatz von Sensoren an Positionen, die vorher nicht zugänglich waren und trägt zur Minimierung des Gesamtgewichtes bei. Kombiniert man die Entwicklung von Sensoren mit einer flachen Vernetzung des Fahrzeugs so werden zwei weitere wichtige Aspekte offensichtlich: Die Standardisierung von Schnittstellen als physikalische Verbindung zwischen dem Sensor und dem flachen Netzwerk und die Eigenüberwachung des Sensors, die besonders bei verteilten Funktionen im Fahrzeug richtige Sensorinformationen sicherstellen muss.

Als Beispiel sei hier das (halb-)automatische Einparken eines Fahrzeugs genannt, welches erstmals neue Anforderungen an Drehzahlsensoren am Rad stellt: Bei der hochpräzisen Positionierung eines Fahrzeugs in einer Parklücke kommt es ganz wesentlich darauf an, jede noch



so langsame Bewegung der Räder präzise zu messen. Drehzahlsensoren, die für höhere Geschwindigkeiten, wie sie für Fahrdynamiksysteme benötigt werden, entwickelt wurden, werden also für Funktionen eingesetzt, die hochpräzise Radpositionen benötigen. Stehen diese nicht zur Verfügung, so ist eine Rückmeldung des Sensors erforderlich.

## Fazit

Mobilität ist ein modernes Grundbedürfnis, die Automobilindustrie eine der wichtigsten Industrien in Deutschland. Ihre Wettbewerbsfähigkeit ist für die Erhaltung von Arbeitsplätzen von großer Bedeutung.

Wir können hierzu wichtige Beiträge in Lehre und Forschung leisten: Internationale Ausrichtung der Lehre sowie Forschung auf Themen, die zu Sprunginnovationen führen können. Über die Nutzung im Automobil hinaus können technische Lösungen auch in anderen Verkehrsträgern eingesetzt werden und deren Energieeffizienz ebenso nachhaltig steigern.

Last but not least verbessern wir mit diesen Beiträgen die Ausgangsposition unserer Studie-

renden nach Abschluss des Studiums im Wettbewerb um einen Arbeitsplatz.

## Quellen

- [1] Statistisches Bundesamt Monatsbericht September 2011: <https://www.destatis.de/DE/Startseite.html>
- [2] ZVEI Benchmarking Juli 2011: <http://www.zvei.org/Publikationen/Die%20Elektroindustrie%20im%20Branchenvergleich%20Juli%202011.pdf>
- [3] Daimler AG: Einladung zur ordentlichen Hauptversammlung am 4.4.2012
- [4] Nationale Plattform Elektromobilität: Zwischenbericht November 2011 <http://www.bmu.de/verkehr/elektromobilitaet/doc/44795.php>

Bild 3: Vernetzung eines Automobils nach dem Stand der Technik. Die grau dargestellten Bereiche betreffen die Kommunikation über Domängengrenzen, wie sie für Fahrerassistenzsysteme wie z. B. (halb-)automatische Einparksystemen gebraucht wird.

# Sprecherlokalisierung im Raum mittels Mikrofonarrays

KOLJA PIKORA, ULRICH SAUVAGERD

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Technik und Informatik  
Department Informations- und Elektrotechnik



M. Eng. KOLJA PIKORA  
E-MAIL:  
kolja-pikora@  
ovi.com



Prof. Dr.-Ing.  
ULRICH SAUVAGERD  
E-MAIL:  
sauvagerd@etech.  
haw-hamburg.de

## Zusammenfassung

Grundlage dieses Artikels ist eine Masterarbeit, die Kolja Pikora im Rahmen des Masterstudiengangs Informations- und Kommunikationstechnik unter dem Titel „Korrelationsalgorithmen zur Sprecherlokalisierung mittels DSP-basiertem Echtzeitsystem und Mikrofonarray“ erstellt und veröffentlicht hat [1]. Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Algorithmen zur Lokalisierung von Audioquellen mittels Mikrofonarray auf einem Digitalen Signalprozessor (DSP) implementiert. Die Implementierung erfolgte auf einem TI DSP C6713, die Aufbereitung und das Management der Rohdaten wurde mit einer Codec Tochterplatine PCM3003 durchgeführt.

Motivation für diese Arbeit ist das Forschungsprojekt MERIT [2], in dem ein Roboter durch Sprachkommandos gesteuert wird. Durch Anwendung eines Mikrofonarrays soll es darüber hinaus auch möglich sein, die Richtung zu erkennen, aus der gesprochen wird.

Da die Sprachkommandos durch andere Geräusche gestört werden, wird zusätzlich eine Geräuschunterdrückung implementiert. Diese erfordert, dass die Position des Sprechers erkannt und die Mikrofonarraysignale in Nullphasenlage geschoben werden. Dies wurde in dieser Arbeit mit einer variablen Phasenverschiebung der Signale gegeneinander realisiert. Die Realisierung des Gesamtprojekts auf vier DSPs erfordert hohe Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit des Algorithmus.

Im vorliegenden Artikel wird zunächst auf die Anforderungen eingegangen, die durch die Art der Anwendung und den Aufbau des Gesamtprojekts eingehalten werden müssen. Im Folgenden wird die Simulation in MATLAB beschrieben, die zur Einstellung von Umgebungsparametern durchgeführt wurde. Dabei wurde die Umgebung auf dem DSP weitestgehend simuliert. Nach der Erläuterung der Implementierung werden am Ende Testergebnisse vorgestellt, die in schalldichter sowie in realer Umgebung aufgenommen wurden. Als Quellsignale diente weißes Rauschen sowie reale Sprachsignale, die über Lautsprecher ausgegeben wurden, um eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

## Einleitung

Der Mensch ist in der Lage, mit Hilfe seines Gehörs eine beliebige Geräuschquelle mit hoher Präzision zu lokalisieren. Dabei hilft die Anordnung der Ohren, da der Schall von einem Ohr zum anderen eine gewisse Laufzeit benötigt. Diese Laufzeit kann mathematisch in einer Phasenverschiebung der Signale am Ohr formuliert werden. Dabei können auch kleinste Phasenänderungen mit einer hohen Genauigkeit wahrgenommen werden, wozu neben der eigentlichen Gehirnleistung auch der innere Aufbau des Ohres dient. Mit Hilfe zweier Mikrofone können die Ohren des Menschen grob modelliert werden. Somit gelingt der Übergang von der Natur zur Technik und damit auch in die digitale Welt. Werden zwei oder besser mehrere Mikrofone auf einen Roboter montiert, so können geeignete

Algorithmen diesem Roboter nach geeigneter Geräuschunterdrückung Sprachkommandos wie „links“, „rechts“ sowie Informationen über die Einfallsrichtung des Schalls liefern, um sich beispielsweise beim Kommando „komm zu mir“ in die Richtung des Sprechers zu bewegen.

Der Ansatz mittels Mikrofonarray die Einfallsrichtung von Schall zu erkennen, wurde in der vorliegenden Arbeit verfolgt, um einem Roboter das „Verständnis“ von Worten zu erleichtern.

Die Motivation für diese Arbeit liefert eine Masterarbeit [3] sowie ein Artikel aus dem EForum 2010, [4]. Die Erkennung von Worten ist dort stark von der Qualität der Aufnahme abhängig. Wird direkt in das Mikrofon gesprochen, liegt die Erkennungsrate der Worte bei etwa 95%. Entfernt man sich jedoch vom Mikrofon, sinkt die Erkennungsrate dramatisch. Aus diesem

Grund wurde der eigentlichen Worterkennung ein Griffith-Jim-Beamformer (GJBF) vorangestellt, der dazu dient, Störgeräusche in den Signalen zu minimieren. Dazu nutzt der GJBF Signale mehrere Mikrofone eines Mikrofonarrays, die jedoch unverzögert vorliegen müssen, damit die Stör- und nicht die Nutzsignale gedämpft werden (vgl. Bild 1 [5]). Bild 1 zeigt, dass der GJBF als D-Typ alle Geräusche ausblendet, die außerhalb von  $\pm 20^\circ$  relativ zur Arraymitte vorliegen.

Unverzögerte Signale implizieren ein Signal, das direkt vor dem Mikrofonarray ausgegeben wird (bei  $0^\circ$  relativ zur Arraymitte). In einem Gespräch zwischen zwei Personen ist es selten der Fall, dass man direkt voreinander steht und frontal zum anderen spricht (was den  $0^\circ$  entsprechen würde).

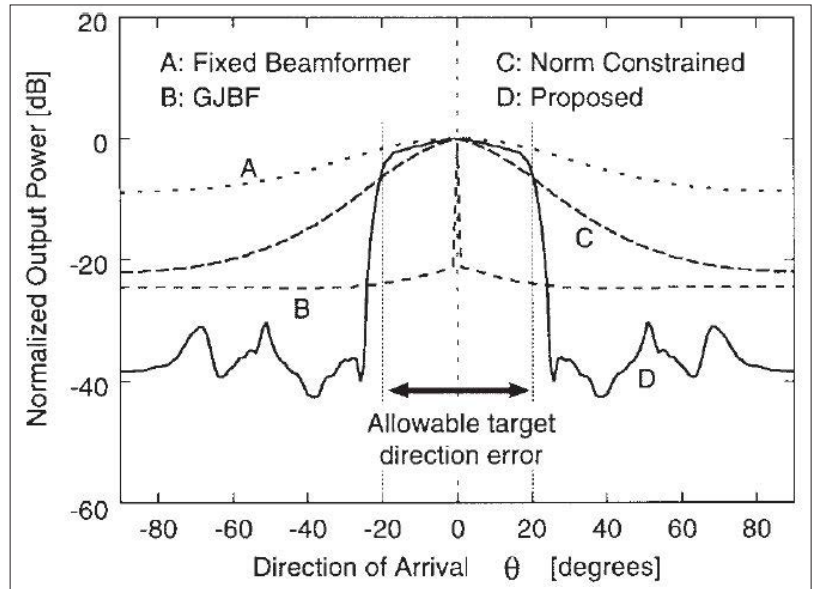


Bild 2: Zylindrisches Mikrofonarray aus 8 Mikrofonkapseln, die in Schaumstoff sitzen

Deshalb soll es hier ebenfalls eine Anforderung sein, dem Roboter aus möglichst allen Richtungen Befehle geben zu können. An dieser Stelle hilft die oben erläuterte Idee, anhand der Erkennung von Phasenverschiebungen Informationen über die Richtung des einfallenden Schalls zu erhalten.

Diese Information kann anschließend dazu genutzt werden, die Signale durch eine variable Phasenverschiebung der Signale gegeneinander in eine Verzögerung von  $0^\circ$  zu schieben.

Für das Forschungsprojekt MERIT [2] wird eine Kaskade aus vier DSPs aufgebaut, auf denen jeweils die Richtungserkennung, der GJBF, die Spracherkennung sowie ein Mikrofonequalizer implementiert ist (vgl. Abb.3 [2]). Ein einzelner DSP würde die Rechenleistung aller vier DSPs nicht in Echtzeit realisieren können. Die vorliegende Arbeit ist auf dem zweiten DSP anzusiedeln.



### Cocktailparty-Effekt

Eines der Hauptprobleme bei jeder Art von Richtungserkennung mit Mikrofonarrays ist der sog. Cocktailparty-Effekt. Dieser tritt auf, sobald sich das Array in einer verhallten Umgebung befindet. Neben Reflektionen von Wänden und Dämpfungen durch die Wellenausbreitung an sich stören auch Nebengeräusche wie Lüftungsanlagen und Gemurmel von Menschen. Die Mikrofonensignale werden im schlimmsten Fall so sehr gestört, dass eine Richtungserkennung nur schwer möglich ist. Hinzu kommt, dass die menschliche Sprache von Pausen und Betonungen geprägt ist und dadurch im Gegensatz zu weißem Rauschen, welches als grobes Modell von Sprache angenommen werden kann, keineswegs kontinuierlich ist. Des Weiteren ergibt sich neben der hohen Anforderung an die Genauigkeit der Richtungserkennung auch das Problem der Echtzeitfähigkeit. Der Algorithmus für die Richtungserkennung muss die Daten unverzögert an den GJBF weiterreichen, damit zwischen gesprochenem Wort und Reaktion des Roboters keine Latenzzeit entsteht. Außerdem dürfen keine Sprachschnipsel verloren gehen, weil sonst die Spracherkennung auf dem letzten DSP nicht mehr gewährleistet wäre. Mit geeigneten Algorithmen können diese Anforderungen erfüllt werden.

### Auf der Suche nach der Quelle

Es gibt im Wesentlichen zwei Ansätze, eine Quelle mittels Mikrofonarray zu lokalisieren. So

Bild 1: Normalisierte Ausgangsdämpfung eines GJBF. Zielsetzend ist der D-Typ, der im Optimalfall alles außerhalb von  $\pm 20^\circ$  ausblendet [5]

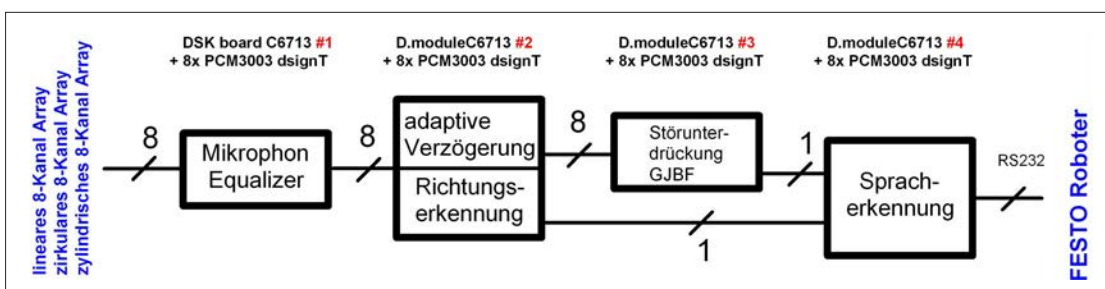


Bild 3: Skizze des Gesamtsystems. Die hier erläuterte Arbeit ist auf dem zweiten DSP von links anzusiedeln.

Abtastrate (kHz)	Winkelauflösung (°)
8	59.0370
16	25.3883
24	16.6087
48	8.2167
96	4.0978

Bild 4: Winkelauflösung in Abhängigkeit von der Abtastrate

können die Laufzeitunterschiede zwischen den Mikrofonensignalen z. B. durch einen Abgleich in einer Kovarianzmatrix ermittelt werden. Dieser Ansatz wird in Algorithmen zur räumlichen Suche mittels Beamformer verfolgt. Eine weitere Möglichkeit ist es, in Subraum-basierten Verfahren Rausch- von Signalunterraum zu trennen und die Richtungsinformationen aus den Eigenvektoren des Rauschraums zu extrahieren. Zweitgenannte Verfahren wie z. B. der MUSIC-Algorithmus haben eine hohe Winkelgenauigkeit, sind allerdings auch sehr komplex und daher hinsichtlich der Echtzeitanforderung nur bedingt auf einem DSP zu implementieren. Aus diesem Grund werden für diese Arbeit zwei Verfahren der Beamforming Techniken verwendet:

1. die Spatial Linear Prediction (SLP) und
2. die Methode des Multichannel Cross Correlation Coefficient (MCCC).

Beide basieren auf der Erkennung von Redundanz zwischen den Mikrofonen und benötigen mehr als zwei Mikrofone für die Richtungserkennung. Der Aufbau des Mikrofonarrays kann beliebig gewählt werden und wird hinsichtlich der Anforderung, den Roboter von überall steuern zu können, als zylindrisch gewählt (vgl. Bild 2). Für die Verifikation der Algorithmen wird auch ein lineares Array verwendet. Mit einer Anzahl von acht Mikrofonen hält sich zum einen der Rechenaufwand in Grenzen, zum anderen wird der Genauigkeit Genüge getan, da gilt: Je mehr Mikrofone genutzt werden, desto höher ist die Lokalisierungsgenauigkeit. Die Mikrofone werden in einem Abstand von ca. 5 cm angeordnet, wodurch räumliche Alias-Effekte verhindert werden. Grundlage der Dimensionierung des Abstands ist eine für die Sprachverständlichkeit ausreichend hohe maximale Frequenz von 3.4 kHz.

Der Herleitung der Algorithmen wird ein Signalmodell zugrunde gelegt, in dem die Einfallsrichtung als Zeitverzögerung formuliert ist. In der SLP wird gezeigt [6], dass durch Variation eines Schätzwinkels, was der Suche nach der Quelle entspricht, der Prädiktionsfehler zwischen Referenzmikrofon und den anderen Mikrofonen genau dann null wird, wenn der Schätzwinkel dem Schalleinfallswinkel entspricht. Durch Rauschen und Störgeräusche kann der Fehler lediglich minimiert werden. Unter Betrachtung des mittleren quadratischen Fehlers wird eine Verbindung zur Kovarianzmatrix aller Mikrofonensignale hergestellt. Es ergibt sich an dieser Stelle die Besonderheit, dass die SLP nur dann funktioniert, wenn Rauschen und Störgeräusche vorhanden sind, die Kovarianzmatrix also regulär ist. Nichtvorhandensein von Störungen führt dazu, dass eine Definitionslücke auftritt, die Matrix also singular wird, wenn der Einfallswinkel dem Schätzwinkel entspricht.

kel dem Schätzwinkel entspricht.

In der MCCC wird die Kovarianzmatrix direkt aus allen Mikrofonensignalen aufgestellt und über eine Betrachtung des Korrelationskoeffizienten gezeigt [6], dass das Minimum aller Determinanten der Kovarianzmatrix, die für jeden Schätzwinkel berechnet wird, gleich dem Einfallswinkel ist. Auch hier zeigt sich, dass das Vorhandensein von Störgeräuschen grundlegend für die ordnungsgemäße Funktion der MCCC ist.

Das Ergebnis beider Algorithmen ist ein Schätzwinkel, der mit einer gewissen Messunsicherheit dem Einfallswinkel des Nutzsignals entspricht. Ist das Nutzsignal zu stark überlagert mit Reflektionen und weiteren Störsignalen, so können die Algorithmen den Einfallswinkel nicht mehr korrekt bestimmen.

## Hauptproblem: Abtastrate

Vor der Implementierung auf dem DSP soll eine Simulation mit MATLAB dabei helfen, Programmparameter einzustellen und die Genauigkeit der Algorithmen zu überprüfen. Die Simulation in MATLAB ist zwar noch nicht echtzeitkritisch, trotzdem ist die Einhaltung der Echtzeitfähigkeit schon bei der Auswahl geeigneter Funktionen zum Umsetzen der mathematischen Theorie zentral.

Es zeigt sich vor allem, dass die Abtastrate eine maßgebliche Einflussgröße ist. Sie hat Auswirkung sowohl auf die Winkelauflösung, die Datenmenge auf dem DSP und die Verzögerung zwischen den Mikrofonen als auch auf die verfügbaren Taktschritte auf dem DSP. Eine hohe Abtastrate gewährleistet eine hohe Winkelauflösung (vgl. Bild 4), führt aber dazu, dass weniger Zeit für den Algorithmus auf dem DSP vorhanden ist.

Außerdem müssten mehr Daten verarbeitet werden, um die Signale zwischen dem Referenz- und N-ten Mikrofon abgleichen zu können. Um sowohl die Vorteile einer hohen, als auch einer niedrigen Abtastrate nutzen zu können, oder den Algorithmus auch in einem System nutzen zu können, das mit einer niedrigen Abtastrate arbeitet, wurde ein Polyphasenfilter als Interpolationsfilter implementiert. Dieses bietet die Möglichkeit, die niedrig abgetasteten Eingangsdaten auf eine hohe Abtastrate zu interpolieren. Sowohl in der Simulation als auch auf dem DSP wird später eine Abtastrate von 48 kHz verwendet.

Ein weiteres Problem liefert die Berechnung der Kovarianzmatrizen, die für jeden Schätzwinkel neu berechnet werden müssen. Sie errechnen sich aus einer Faltung aller Mikrofonensignale untereinander, was im Zeitbereich nicht in Echtzeit zu realisieren wäre. Über eine Umsetzung der Faltung im Frequenzbereich werden die Matrizen effektiver berechnet. Dies bedeutet, dass bei acht Mikrofonen nicht weniger als

44 FFTs berechnet werden müssen. Unter Verwendung einer handoptimierten FFT Routine auf dem DSP kann die Echtzeitfähigkeit unter diesen Voraussetzungen jedoch gewährleistet werden.

Weitere Parameter des Programms sind:

- Die Signallänge, die im Algorithmus verarbeitet wird, davon abhängig
- die Länge der FFT, die auf die Größe des Mikrofonarrays angepasst werden muss,
- die Länge der Verzögerungskette, die am Ausgang des Algorithmus steht und die Daten auf eine Verzögerung von quasi  $0^\circ$  schiebt,
- die Anzahl der Mikrofone, die unter anderem die Genauigkeit beeinflussen
- sowie die Ordnung eines Medianfilters, der fehlerhafte Berechnungen erkennen soll.

Unter optimaler Einstellung dieser Parameter zeigt sich, dass die MCCC weitaus genauere Ergebnisse liefert als die SLP. Dies ist auf die um eine höhere Ordnung der Kovarianzmatrix zurückzuführen. Wie in Bild 5 zu erkennen ist, ist das Minimum der MCCC stärker ausgeprägt, was auf eine größere Robustheit gegenüber Störungen schließen lässt.

In Anbetracht der Tatsache, dass die SLP durch die Matrixinversion außerdem eine gewisse Inkonsistenz besitzen kann, werden zwar beide Algorithmen auf dem DSP realisiert, jedoch in Hinsicht auf die Stabilitätsanforderungen nur die MCCC verwendet. Desweiteren zeigt sich, dass eine hohe FFT-Länge eine bessere Winkelerkennung bei Sprachquellen mit sich bringt, was durch die Korrelation von mehr Daten entsteht. Im Hinblick auf den Speicherplatz, der später in der Implementierung zur Verfügung steht, ist die Länge der FFT jedoch begrenzt und wird auf maximal 256 festgelegt.

## Gegenläufigkeit von Zeit und Speicher

Es zeigte sich, dass die zur Verfügung stehenden Taktschritte und der vorhandene Speicherplatz gegenläufig sind. Dies ist auch auf die Hardware des DSP und dessen Umgebung zurückzuführen. Das Hardwaresystem ist aufzuteilen in

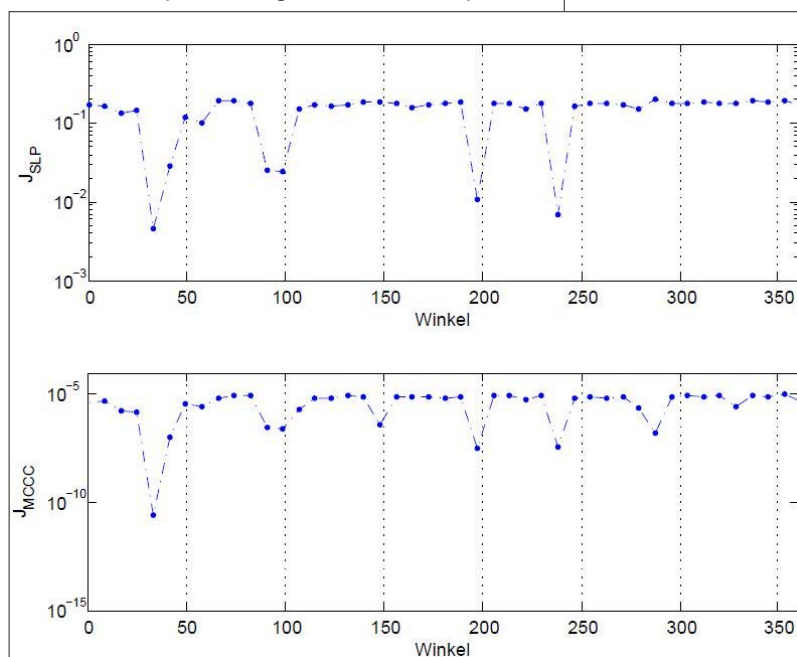
- ein Mikrofonarray, dessen Signaldaten über eine Verstärkerplatine auf die
- Audiocodec Tochterkarte PCM3003 gegeben werden und dort von der
- Signalprozessorplatine D.Module.C6713 für die Verarbeitung abgeholt werden.

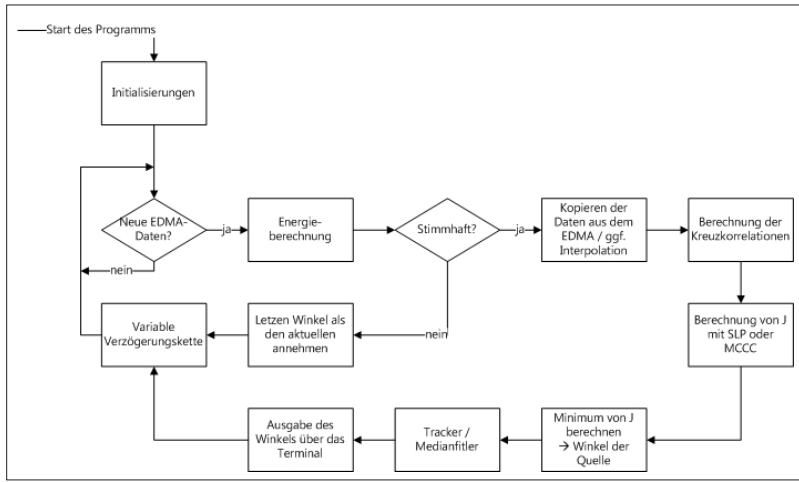
Die Schnittstelle zwischen Codec und DSP bilden zwei McBSP (Multi-channel Buffered Serial Port), die jeweils die Daten zweier Audiokanäle empfangen. Um die ADC-Kanäle so schnell wie möglich in den DSP einzulesen und so Echtzeitfähigkeit zu garantieren, wird ein EDMA (Enhanced Data Memory Access) ge-

nutzt. Die Nutzung eines EDMA hebt die eigentliche Signalverarbeitung komplett von der Aufnahme der Daten ab, da keine Interrupts die Verarbeitung stören. Dies jedoch impliziert, dass die Gefahr besteht, alte Daten im EDMA mit neuen zu überschreiben, bevor sie im Algorithmus genutzt wurden. Das wäre im Hinblick auf die Anwendung fatal, da in einem solchen Fall Sprachdaten überschrieben und später in der Spracherkennung nicht mehr genutzt werden könnten. Somit muss die Verarbeitung der Daten mindestens so schnell vonstatten gehen, wie der EDMA und damit auch der Codec die Daten aufnimmt.

Unter Verwendung einer Ping-Pong-Technik im EDMA ergibt sich mit 48kHz und einer Datenlänge von 128 Abtastwerten zum Beispiel eine Gesamtzeit von nur 2.67 ms, die für den gesamten Ablauf zur Verfügung stehen. Unter Berücksichtigung der Stationaritätseigenschaften von Sprache kann diese zur Verfügung stehende Rechenzeit ausreichend vergrößert werden, jedoch ergibt sich das Problem, dass der Speicher auf dem DSP ggf. nicht mehr ausreicht, um alle Daten zwischenspeichern. Zwar verfügt das verwendete DSP-Board mit einem TI TMS320C6713 DSP über ein SBSRAM, dieses arbeitet aber nur mit einer geringeren als der normalen Taktfrequenz des Prozessors und ist damit für diese Anwendung nur bedingt brauchbar. Neben den enormen Datenmengen muss außerdem der gesamte Code in den Flashspeicher des DSP passen. Hinzu kommt, dass eine Optimierung des Codes durch den optimierenden Compiler der Entwicklungsplattform Code Composer Studio wegen der begrenzten Anzahl an Taktschritten, die zur Verfügung stehen, unumgänglich ist. Daraus resultiert allerdings ein noch höherer Speicherbedarf, weil auf Kosten von Speicherplatz bei der Optimierung Taktschritte eingespart werden. Die Leistungsfähigkeit dieser Codeoptimierung auf höchster Optimie-

Bild 5: Vergleich zwischen der Fehlerfunktion  $J$  von SLP und MCCC





**Bild 6: Gesamtablauf des Algorithmus auf dem DSP**

rungsstufe zeigt der Vergleich der benötigten Takt Schritte bei einer Multiplikation einer 7x7 Matrix mit einem 1x7 Vektor in nebenstehender Tabelle. Werden die Matrizen größer, steigt auch

die Einsparung. Bei Optimierung aller Funktionen zeigt sich eine Einsparung im kompletten Algorithmus von 86%.

Das Blockschaltbild in Bild 6 zeigt den Gesamtablauf des Algorithmus.

C Routine	3252 Takt Schritte
Assembler Routine (nicht vollständig handoptimiert)	718 Takt Schritte
Compiler-optimierte C Routine	551 Takt Schritte

**Tabelle: Vergleich der Anzahl der Takt Schritte, die für eine Multiplikation einer 7x7 Matrix mit einem 1x7 Vektor benötigt wird.**

Nach einer Initialisierung des EDMA und der weiteren Programmmodule startet der Algorithmus, indem auf neue Audiodaten gewartet wird. Sind diese vorhanden, entscheidet eine Energieberechnung darüber, ob die Daten stimmlos oder stimmhaft sind. Da mehr Daten aufgenommen werden, als der Algorithmus verwendet (s. oben), muss in der Energieberechnung ein Abschnitt der aufgenommenen Daten gesucht werden, der stimmhaft ist. Nur wenn kein Abschnitt gefunden wird, werden die Daten als stimmlos eingestuft. Ansonsten wird der Winkel mittels MCCC oder SLP berechnet und die Daten am Schluss in einer variablen Verzögerungskette an den DAC oder die nächste DSP Stufe (s. Bild 3) gegeben. Die Verzögerungskette arbeitet ohne Kopie von Daten, was auf einem DSP zu viel Zeit in Anspruch nehmen würde. Vielmehr werden Zeiger nach jeder Winkeländerung umgelenkt und so die Bewegung des Sprechers simuliert.

Für die Berechnung der fouriertransformierten Signale wird eine handoptimierte Routine von Texas Instruments verwendet, welche, mehrfach aufgerufen, die Berechnung der 44 FFTs für acht Mikrofone in Echtzeit gewährleistet. Eine Alternative zur Verwendung einer Verzögerungskette besteht darin, die komplexen Spektralabtwerte der mittels FFT berechneten Korrelation zusätzlich im Frequenzbereich nach der FFT vor der IFFT mit einem komplexen Drehfaktor so zu multiplizieren, dass dadurch ebenfalls die gewünschte Phasenverschiebung, also eine Verzögerung der Signale gegeneinander, erreicht werden kann. Dieser Implementierungsschritt steht zurzeit noch aus.

## Profiling und Testergebnisse

Eine letzte Möglichkeit, während und am Ende der Entwicklung Einstellungen an Parametern und Code zu vollziehen, bietet das sogenannte *Profiling*. Dort werden die Takt Schritte gezählt, die tatsächlich benötigt werden, um eine Funktion zu durchlaufen. Ein Vergleich zwischen SLP und MCCC zeigt, dass die SLP aufgrund der aufwändigen Matrixinversion doppelt so viele Takt Schritte benötigt, um den Winkel zu errechnen. Neben der Inkonsistenz und der geringeren Genauigkeit ist dies das dritte Kriterium, das für die die MCCC spricht. Als weitere Erkenntnisse des Profilings sind zu nennen:

- Eine Interpolation ist zu vermeiden, da mindestens doppelt so viele Takt Schritte wie für die einfache Kopie aufgewendet werden müssen,
- die Anzahl der Daten, die vom EDMA aufgenommen werden, muss größer sein als die Datenmenge, die im Algorithmus analysiert wird und
- es macht keinen Unterschied, ob ein zylindrisches, oder lineares Array verwendet wird, solange die Datenmenge im zylindrischen halbiert wird.

Der letzte Punkt ergibt sich logischerweise aus dem doppelt so großen Winkelbereich der mit dem zylindrischen Array nach der Quelle abgesehen werden muss. Nach einer endgültigen Einstellung der Parameter arbeitet der DSP mit einer Abtastrate von 48kHz und entnimmt jeweils 128 Daten aus dem EDMA. Dieser selbst puffert 900 Abtastwerte, es wird also nur knapp ein Siebtel der aufgenommenen Daten analysiert.

Anhand des Winkelbereichs eines linearen Mikrofonarrays wird der Bereich ermittelt, in dem die MCCC eine Sprachquelle detektieren kann. Bild 7 zeigt, dass der mittlere quadratische Fehler bis zu einem Winkel von  $\pm 60^\circ$  nicht die  $\pm 20^\circ$  Grenze überschreitet, die aus den Ausblendeigenschaften des GJBF als maximal zulässiger Fehler definiert werden kann.

In realer Umgebung ist der Fehler höher als im reflexionsarmen Schallmessraum der HAW Hamburg, da dort die Reflektionen das Signal stören. Die höheren Streuungen auf der rechten Seite resultieren aus der Nähe der Wand, die lediglich einen Meter vom Array entfernt war. Dies zeigt, wie sensibel die MCCC auf Reflektionen reagiert.

Der Einfluss des Cocktailparty-Effekts wird durch zwei Rauschsignale simuliert, die aus unterschiedlichen Richtungen vor dem Mikrofonarray abgespielt werden. Wie in Bild 8 zu sehen, richtet sich der Beamformer immer nach dem lautesten Signal aus, wobei stets ein gewisser Lautstärkeunterschied zwischen den Signalquellen vorhanden sein muss. Weiter ist zu erkennen, dass der Wechsel des Winkels nicht immer direkt vollzogen wird. Vielmehr kann es eine



Übergangszeit geben, in welcher der Winkel hin und her springt (vgl. z.B. Sekunde 25,5). Dieses kann mit einem Medianfilter abgestellt werden.

Tests mit echten Sprachsignalen zeigen, dass auch das Zusammenspiel mit dem GJBF funktioniert. Am Ausgang des GJBF war demnach immer das lautere Signal zu hören, während das leisere Sprachsignal so weit gedämpft war, dass es entweder vollständig im Rauschen verschwand oder beim Verstehen des lauteren Signals nicht störte.

### Fazit

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Richterkennung anhand von Signalen, die mit einem Mikrofonarray aufgenommen wurden, auf einem Digitalen Signalprozessor implementiert. Verwendet wurden zwei Algorithmen aus der räumlichen Suche mittels Beamformer, welche den Winkel mit unterschiedlichen Eigenschaften ermitteln. Es hat sich gezeigt, dass die MCCC (Multichannel Cross Correlation Coefficients) besser geeignet ist als die SLP (Spatial Linear Prediction), da diese den Winkel zum einen langsamer, zum anderen ungenauer annähert und außerdem eine Instabilität durch die Matrixinversion aufweist.

Die Ergebnisse zeigen weiter, dass auch eine gewisse Robustheit gegenüber den in jeder realen Umgebung vorhandenen Grundgeräuschen (Cocktailparty-Effekt) besteht.

Eine Unabhängigkeit zwischen Aufnahme und Verarbeitung der Daten wird mit Hilfe einer Codec-DSP Hardwarestruktur realisiert, die einen EDMA (Enhanced Data Memory Access) nutzt. Auf dem DSP ist der Datenfluss in Echtzeit realisiert. Die Daten werden am Ende des Algorithmus verzögert und somit gegeneinander genau so phasenverschoben, dass der Eindruck entsteht, der Sprecher würde stets direkt bei 0° vor dem Mikrofonarray stehen.

Digitale Signalprozessoren, insbesondere das verwendete DSP-Board mit dem TI TMS320C6713, sind darauf ausgelegt, Audiodaten in Echtzeit zu verarbeiten. Trotzdem war es eine Herausforderung, die Echtzeitanforderung mit dem vorhandenen Speicherplatz auf dem DSP zu vereinen. Durch geeignete, platzsparend programmierte Funktionen und unter Verwendung eines optimierenden Compilers gelingt es, die Daten in einem vorgegebenen Zeitfenster zu verarbeiten. Unter Berücksichtigung der signaltheoretischen Eigenschaften von Sprache können Umgebungsparameter an die Anforderungen des Gesamtsystems angepasst werden.

Tests mit realen Sprachsignalen haben bewiesen, dass das Zusammenspiel mit dem GJBF funktioniert und die Signale in Nullphasenlage geschoben werden. Die Vorarbeit für eine funktionierende Spracherkennung wurde somit geliefert.

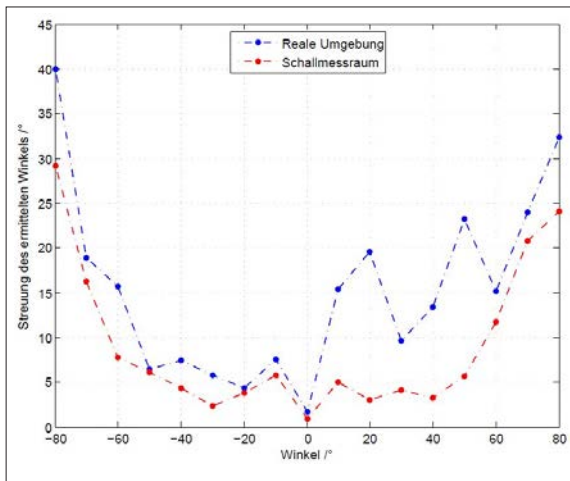
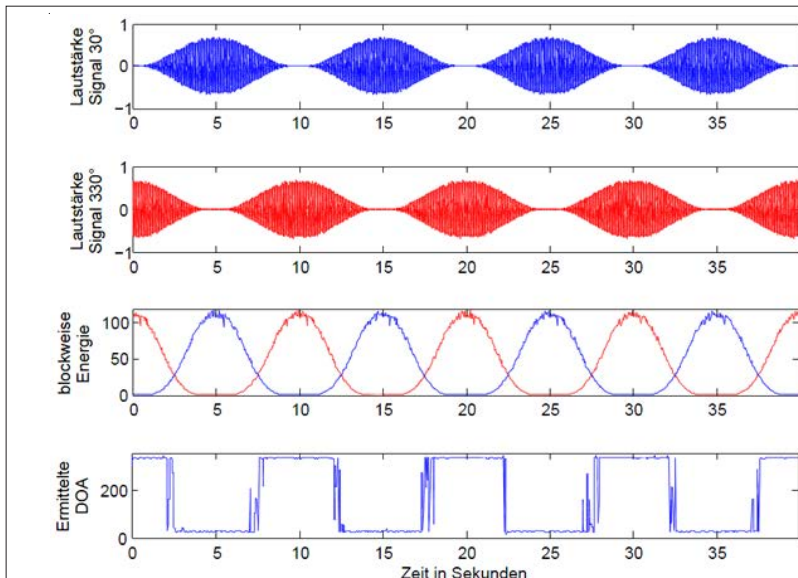


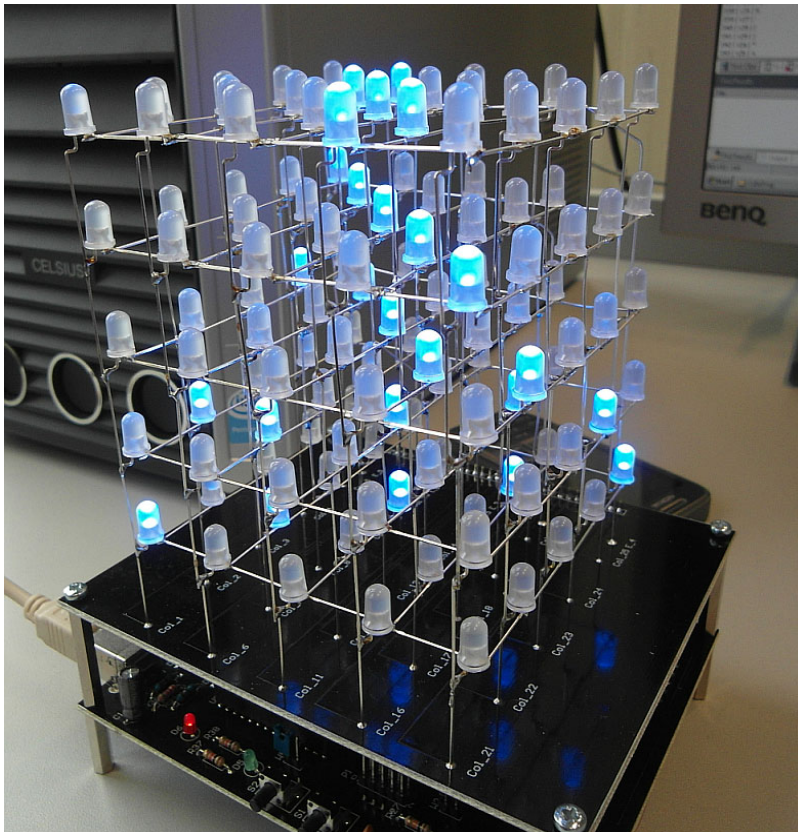
Bild 7: Mittlerer quadratischer Fehler des angenäherten Winkels

### Literatur

- [1] PIKORA, Kolja: Korrelationsalgorithmen zur Sprecherlokalisierung mittels DSP-basiertem Echtzeitsystem und Mikrofonarray. Masterarbeit im Studiengang Informations- und Kommunikationstechnik, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, September 2011
- [2] KOELZER; SAUVAGERD: MERIT Forschungsbericht 2010/2011, Sept. 2011
- [3] KLAUKIN, Christoph: Entwicklung und Realisierung eines Systems für die automatische Spracherkennung mit einem erweiterten TI DSP Modul zur Robotersteuerung, Master-Thesis, 2010
- [4] C. KLAUKIN, U.SAUVAGERD: Ein Roboter lernt hören, EForum 2010, Seite 8-13
- [5] BRANDSTEIN, Michael ; WARD, Darren: Microphone Arrays Signal Processing Techniques and Applications. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2001.
- [6] BENESTY, Jacob; CHEN, Jingdong; HUANG, Yiteng: Microphone Array Signal Processing. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- [7] [www.dsigt.de](http://www.dsigt.de) D.Modul - Familie, D.Module.C6713 und D.Module.PCM3003 Produktbeschreibungen

Bild 8: Simulation des Cocktailparty-Effekts durch zwei Rauschquellen mit sinusförmiger Lautstärkeänderung





Der eesteCube: Animiertes Leuchtobjekt aus 125 blauen LEDs

Im Februar diesen Jahres hatten engagierte Studenten der HAW Hamburg, unter dem Banner des lokalen Studentenvereins EESTEC, zu einem Event der Extraklasse geladen. Vom 27. Februar bis zum 05. März 2012 versammelten sie Studierende der Elektrotechnik und Informatik aus den verschiedensten Teilen Europas, um zusammen eine Schnittstelle für internationalen Austausch von Kultur und Know-How zu schaffen.

## EESTEC

Die Electrical Engineering Students' European Association, kurz EESTEC, ist eine nicht-politische, non-profit Organisation von und für Studierende der Elektrotechnik, Informationstechnik und Informatik.

Ziele sind der Aufbau von internationalen Kontakten und der Austausch von Ideen nicht nur zwischen den Studierenden, sondern auch zwischen Studierenden und Unternehmen überall in Europa. Gegründet 1986 in Eindhoven (NL) besteht EESTEC heute aus über 45 Local Committees (LCs) in 28 Ländern und 53 Hochschulen Europas. Europaweit werden durch EESTEC verschiedene Aktivitäten organisiert:

- ❑ Exchanges
- ❑ Workshops
- ❑ Kongresse
- ❑ EESTEC Chairpersons' Meeting

Die Workshops sind dabei wichtigstes Standbein von EESTEC. Während der meist einwöchigen Seminare werden Vorträge von Partnern aus Industrie und Universitäten präsentiert, sowie einzelne Themen in Arbeitsgruppen bearbeitet. Die Workshops sind für die Studierenden bis auf die An- und Abreise kostenlos.

# The eesteCube

Internationales Treffen von Studierenden der Elektrotechnik und Informatik

TOBIAS WULF  
Hochschule für  
Angewandte Wissen-  
schaften Hamburg  
Fakultät  
Technik und Informatik  
Department  
Informations- und  
Elektrotechnik  
Email: Wulf.Tobias@  
haw-hamburg.de



## LED Würfel und Nachhaltigkeit

Dafür haben die jungen „EESTECer“ ein Programm aus akademischen, kulturellen und perspektivischen Elementen zusammengestellt. Der akademische Teil der Workshop-Woche beinhaltete 2 Bereiche: Die Programmierung eines eigens dafür entworfenen und gebauten 5x5x5 LED Würfels und den Versuch, die Teilnehmer für den Begriff der Nachhaltigkeit in der Industrie zu sensibilisieren.

Nach der Ankunft und einem herzlichen Empfang der Teilnehmer leitete Herr Prof. Leutelt den Workshop mit einem innovativen Vorlesungsblock („Microcontroller in a nutshell“) ein. Die Vorlesung bestach mit gut strukturiertem, kompaktem Aufbau und interaktiven Elementen und war somit eine glänzende Vorbereitung für die Teilnehmer auf die auf sie zukommende Laborarbeit. Die praktische Arbeit im Labor war der Hauptbestandteil des Events. Nach anfänglicher Gewöhnung an die Controllerfamilie (Atmega32)



Kreatives Arbeiten im Labor



Offener Dialog am Kaminabend:  
Networking zwischen Hamburger Unternehmen und  
Workshopteilnehmern

und das Arbeitsumfeld kannten die kreativen Studenten keine Grenzen mehr und programmierten anspruchsvolle Animationen in C.

Im Punkto Nachhaltigkeit wurde eine Vortragsreihe zusammen mit der Firma Siemens gestaltet. Die Studenten bekamen einen breitgefächerten, interessanten Einblick in die Green Business Sparte des Weltunternehmens. Es wurde über die Bereiche E-Mobility, Waste-Heat-Recovery, Windkraftanlagen und Green Building Technologies referiert.

In Verbindung zum letzten Punkt besuchte die Gruppe von Studierenden den Umwelterlebnispark Gut Karlshöhe, um dort einen praktischen Einblick in klimafreundliche Energieversorgungstechnologien zu gewinnen.

## Kaminabend und Sightseeing

Ein besonderes Highlight war der Kaminabend, zu dem Vertreter der Firmen Siemens und Still sowie der B.A.U.M. e.V. (Bundesdeutscher Arbeitskreis für Umweltbewusstes Management) eingeladen waren, um mit den Teilnehmern des Workshops über Nachhaltigkeit allgemein und speziell in den Strukturen der beteiligten Unternehmen zu diskutieren. Dabei wurde überleitend die Gelegenheit genutzt, einen Dialog zu eröffnen, in dem der Berufseinstieg für Jungingenieure näher beleuchtet wurde, so-



Werksrundgang bei der Firma Still



EESTEC in 28 Ländern  
mit 53 Hochschulen in  
Europa

dass ein Gefühl für die Anforderungen und Aufgaben in diesem Bereich geschaffen werden konnte. Nebenbei wurde sogar der eine oder andere Praktikumsplatz vermittelt.

Die Professoren Dahlkemper und Sauvagerd vervollständigten das Programm mit einer Information über die Studienmöglichkeiten an der HAW und hilfreichen Tipps für das spätere Berufsleben als Ingenieur oder Informatiker.

Der Workshop bot den Studenten zusätzlich noch einen Besuch im Living Place der HAW, sowie wie einen Werksrundgang bei der Firma Still.

Wie auf allen internationalen EESTEC Events üblich wurde auch hier eine sogenannte „International Night“ veranstaltet. Der Sinn dieses Abends liegt im kulinarischen Austausch zwischen den Teilnehmernationen. Jeder Teilnehmer serviert bei diesem abwechslungsreichen Buffet landestypische Speisen und Getränke.

Eine City Rallye mit Sightseeing durch ganz Hamburg und eine abschließende Hafentour rundeten den Event perfekt ab.

**eeStec**

ELECTRICAL ENGINEERING STUDENTS'  
EUROPEAN ASSOCIATION

## EESTEC, Local Committee Hamburg

Seit 2004 gibt es das Local Committee (LC) Hamburg der EESTEC. Bisher wurden an der HAW zwei Workshops organisiert und erfolgreich durchgeführt.

Hamburg mit seinen zur Zeit 16 Mitgliedern ist – verglichen mit anderen LCs in Europa – zwar noch recht klein. Vielleicht gerade deshalb sind die Aktiven aber äußerst engagiert, den Geist und die Ideen von EESTEC in die HAW zu tragen und zu stärken.

Etwa die Hälfte der Mitglieder aus Hamburg hatte bereits die Möglichkeit, neben dem Studium eigene Erfahrungen mit EESTEC im Ausland zu sammeln und sie mit Begeisterung weiter zu geben.

## Neu berufene Professoren am Department Informations- und Elektrotechnik

### Prof. Dr. Robert Heß



wurde zum Wintersemester 2011/2012 auf die Professur *Angewandte Mathematik und Physik* im Department Informations- und Elektrotechnik berufen.

Prof. Heß studierte an der HAW Hamburg, damals noch Fachhochschule Hamburg, Elektrotechnik mit Schwerpunkt Datentechnik. Angeregt durch seine Diplomarbeit im Bereich Strahlenphysik erwarb er im Anschluss an der Surrey University in Guildford/UK einen Master of Science mit dem Themenschwerpunkt *Strahlenphysik und Strahlenschutz*. Seine Dissertation zum Thema *Electron Transport Modelling in X-ray Tubes* schrieb er an der Surrey University in Kollaboration mit dem Philips Forschungslabor in Hamburg.

Während seiner 13 ½ jährigen Berufserfahrung bei Philips Healthcare arbeitete er zunächst 4 Jahre im Bereich Entwicklung von medizini-

schen Röntgenröhren. Dort führte er initiativ diverse Experimente für eine neue Generation von Röntgenröhren durch, die heute als weltweit führendes Produkt ihrer Klasse produziert werden.

Danach wechselte er in die Entwicklungsabteilung für diagnostische Röntgensysteme. Nachdem er dort zunächst diverse Vorentwicklungsversuche angeregt und durchgeführt hat, war er für die Stärkung von Innovation in der gesamten Fabrik verantwortlich. In den letzten zwei Jahren war er Ansprechpartner für Bildqualität in der digitalen und analogen Röntgendiagnostik.

Im Rahmen seiner letzten Tätigkeit beschäftigte er sich mit der Verbesserung der Bildqualität bei minimaler Patientendosis in der Kinderradiologie – ein Themengebiet, dem er sich neben seinen Vorlesungen auch weiterhin widmet.

Prof. Heß ist verheiratet und hat einen 14-jährigen Sohn. In seiner Freizeit spielt er gerne E-Bass und klassische Gitarre und engagiert sich in seiner Kirchengemeinde. □

### Prof. Dr. Rasmus Rettig



wurde zum Wintersemester 2011/2012 auf eine Professur *Grundlagen der Elektrotechnik* berufen.

Er studierte Physik an der Universität Hamburg und erforschte die Oberflächen von Silizium und Germanium mit Rastertunnelmikroskopie im Ultrahochvakuum. Im Anschluss daran promovierte er über Unordnung in Halbleiterheterostrukturen an der Philipps-Universität Marburg und entwickelte u. a. ein neuartiges Verfahren zur Analyse der Rauigkeit von Grenzschichten in Quantentopfstrukturen.

1998 startete er als Trainee im Bereich Central Research bei der Robert Bosch GmbH in Stuttgart und arbeitete u. a. an optischen Gassensoren für Brandmelder sowie der Verbesserung von Halbleiterprozessen für die Herstellung mikromechanischer Inertialsensoren. Er wechselte als Gruppenleiter in die Ent-

wicklung von Sensoren im Bereich Chassis Systems und übernahm in der Folge die Abteilungsleitung der Kundenschnittstelle Qualität weltweit für Fahrdynamik- und Bremssysteme. 2006 wurde er Qualitätsleiter der Elektronikfertigung in Ciudad Juárez, Mexiko. Nach der Rückkehr nach Deutschland entwickelte und vermarktete er als Abteilungsleiter für Product Line Management and Application neuartige, integrierte Schaltungen für Motorsteuerung (einschließlich der Elektrifizierung des Antriebsstrangs), Airbag sowie Netzwerke im Automobil. Vor seiner Berufung 2011 war er als leitender Angestellter verantwortlich für die Systementwicklung von Park- und Manövriersystemen mit über 200 Entwicklungsingenieuren in Leonberg, Budapest und Bangalore.

Seine Schwerpunkte an der HAW Hamburg liegen im Bereich der Ausbildung in den Grundlagen der Elektrotechnik sowie Sensorik. □

# Beste Abschlussarbeit mit VDI-Preis prämiert

KARL-RAGMAR RIEMSCHNEIDER

Der jährlich für die besten Abschlussarbeiten in Hamburg verliehene VDI-Preis ging in diesem Frühjahr auch an die HAW: Dipl.-Ing. (FH) Christian Schörmer hat ihn in das Department Informations- und Elektrotechnik geholt. Es sind in diesem Jahr drei erste Preise vom Auswahlgremium des VDI verliehen worden. Neben dem Preis für Christian Schörmer ging ein Preis an die TU Harburg und ein weiterer an die Nordakademie Elmshorn.

Christian Schörmer hat im letzten Jahr eine hausinterne Diplomarbeit im Forschungsprojekt *ESZ-ABS – Experimentelle digitale Signalverarbeitung und Zustandserkennung für ABS-Sensoren* angefertigt.

Mit seinem Studienschwerpunkt Automatisierungstechnik hat er sich auf ein Feld gewagt, das viele Aspekte weit über den Tellerrand dieser Spezialisierung berührt. Er hat es in seiner Arbeit geschafft, ganz besonders kreative und geschickte Lösungen zu finden. Dabei ging er meistens Wege, die es davor nicht gab.

Das Motto war: „Was nicht zu bezahlen ist, wird einfach neu erfunden. Was nicht selbst zu bauen ist, wird clever bei Partnern organisiert. Ideenreiche Klasse statt teure Masse der Standardlösungen.“

Das war es, dem auch die Experten der Industrie ihre Anerkennung zollten. Sein Trick war, immer ein optimales Modul für jede der gegensätzlichen Anforderungen bereit zu haben.

Die von ihm konzipierten Module waren kostengünstiger, einfach und technisch besser passend als der zunächst spezifizierte „Alleskönner“. In diesem Sinn ist der von ihm entwickelte Messplatz eigentlich ein Modul-Baukasten aus Mechanik, Antrieben, Steuerelektronik und Software geworden. Für jede Messaufgabe wird er beinahe so einfach wie aus Lego-Bausteinen zusammengesetzt.

Ganz wichtig war für ihn die produktive Stimmung im „ABS-Team“, das aus dem wissenschaftlichen Mitarbeiter Martin Krey und vier anderen Studenten bestand, die parallel an ihren Abschlussarbeiten im Forschungsprojekt arbeiteten. Der Sports- und Unternehmungsgeist des Teams reichte durchaus weit über die Projektarbeit hinaus.

Nach Abschluss der Diplomarbeit begann Christian Schörmer beim Chiphersteller NXP direkt als Development Engineer in Hamburg-Lokstedt. Der Weg in die Halbleiterindustrie ist sicherlich nicht ganz typisch für einen Absolventen der Vertiefung Automatisierung: Für Christian Schörmer war auch dies kein Hindernis. Eingefahrene Wege sind einfach nicht „sein Ding“.

Sicherlich war auch die Industrie-Zusammenarbeit im Rahmen des Forschungsprojekts ein dicker Pluspunkt in seiner Bewerbungsmappe. Schließlich kam eine ganze Abordnung von erfahrenen Ingenieuren zu seinem Kolloquium. Heute erfindet er die nächste Generation ABS-Sensor und vor allem die notwendige Messtechnik, die diese Bremsen-Sensoren zu den zuverlässigsten mikroelektronischen Bauelementen überhaupt machen. □



Preisträger  
Dipl.-Ing. (FH)  
Christian Schörmer

Christian Schörmer  
(3.v.l.), Mitglieder des  
"ABS-Teams" und  
Betreuer





**Prof. Dr.-Ing.  
KARIN  
LANDENFELD**  
E-MAIL:  
karin.landenfeld@  
haw-hamburg.de

# Blended Learning für Vorkurse

Ein Projekt zur Verbesserung des Übergangs von der Schule in die Hochschule durch Online-Lernmodule

KARIN LANDENFELD

Department Informations- und Elektrotechnik

MARTIN GÖBBELS, ANTONIA HINTZE, UTE PRIEBE, LUBOV VASSILEVSKAYA

Projektteam Blended Learning für Vorkurse

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Technik und Informatik

## Einleitung

Im Projekt *Blended Learning für Vorkurse* der Fakultät Technik und Informatik (TI) werden innerhalb von fünf Jahren Vorkurse in den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) entwickelt, die den Studierenden den Einstieg ins Studium erleichtern sollen. Das Besondere an diesem Projekt ist die Kombination von Präsenz- und Onlinemodulen, mit der die Studienanfängerinnen und -anfänger umfassend und individuell bei der Aufarbeitung ihrer fachlichen Lücken in grundlegenden Fächern unterstützt werden. In die Konzeption der Vorkurse fließen sowohl Erfahrungen von Lehrenden als auch von Studierenden ein.

## Die Hürden zum Studienbeginn

Zu den größten Schwierigkeiten zu Beginn eines Ingenieur- oder Informatikstudiums gehören bei den meisten Studienanfängerinnen und -anfängern lückenhafte Vorkenntnisse in Mathematik und naturwissenschaftlichen Fächern, die sie eigentlich in der Schule erworben haben sollten. Aber so unterschiedlich die Lehrpläne in den verschiedenen Bundesländern und Schulformen sind, so heterogen sind auch die Kenntnisse der zukünftigen Studierenden. Außerdem liegt bei einigen Studienanfängern zwischen Schulabschluss und Studienbeginn ein längerer Zeitraum, z.B. auf Grund von Berufsausbildung, Berufstätigkeit oder Auslandsaufenthalten. Deshalb wurden in vielen Studiengängen Vorkurse eingerichtet, um den Übergang zwischen Schule und Hochschule zu erleichtern. Vorrangig handelt es sich dabei um mathematische Vorkurse; aber auch Programmier- oder Konstruktions-

kurse (Technisches Zeichnen) haben den Weg in den Studienalltag gefunden.

Dennoch zeigen Evaluationen, wie beispielsweise die Studiengangsanalysen der HAW Hamburg, dass fehlende oder lückenhafte Grundkenntnisse immer noch mit zu den größten Hürden in den ersten Semestern des Studiums zählen. So äußert ein beträchtlicher Anteil der Studierenden an der Fakultät Technik und Informatik in den Befragungen zur Studiengangsanalyse, dass ihre Vorkenntnisse in den Bereichen Mathematik, Physik, Chemie, Elektrotechnik und Programmierung nicht ausreichend waren.

Diese Ergebnisse haben allen Departments der Fakultät TI die Probleme am Studienbeginn deutlich vor Augen geführt. Mit Hilfe des hier beschriebenen Projekts *Blended Learning für Vorkurse* möchten die Departments diesen Problemen begegnen und den Studienanfängern die Möglichkeit geben, ihre Lücken in einzelnen Fächern vor Studienbeginn zu schließen.



**Martin Göbbels**  
E-MAIL:  
martin.goebbels@  
haw-hamburg.de



**Antonia Hintze**  
E-MAIL:  
antonia.hintze@  
haw-hamburg.de

## E-Learning

Der Begriff E-Learning bezeichnet ganz allgemein das Lernen mit elektronischen Hilfsmitteln. Lernmodule, in die Materialien wie Texte oder Multimedia-Inhalte (z.B. Filme, Audiodateien, Animationen, Simulationen) eingebunden werden, können von den Studierenden zum Beispiel über eine E-Learning-Plattform erreicht werden. Hierfür wird an der HAW Hamburg Moodle („EMIL“) als zentrale E-Learning-Plattform verwendet. Zunehmend werden auch Smartphone- oder Tablet-Apps zum E-Learning genutzt.

Lernprogramme können auch offline zur Verfügung stehen oder auf Datenträgern wie CDs/DVDs vertrieben werden. Synonym zum E-Learning werden häufig Begriffe wie CBT (Computer Based Training) oder WBT (Web Based Training) verwendet.

## Das Projekt *Blended Learning für Vorkurse*

Das Projekt *Blended Learning für Vorkurse – Verbesserung des Übergangs von der Schule in die Hochschule durch Online-Lernmodule* ist ein gemeinsames Projekt der vier Departments an der Fakultät TI der HAW Hamburg. Es ist Teil des HAW-weiten Projekts *Lehre lotsen – Dialogorientierte Qualitätsentwicklung für Studium und Lehre*, welches von der HAW Hamburg im Rahmen des Programms *Qualitätspakt Lehre* (kurz: Q-Pakt) des Bundes und der Länder beantragt und genehmigt wurde. Das Gesamtprojekt *Lehre lotsen* besteht aus insgesamt acht Teilprojekten, von denen vier in den Fakultäten und weitere vier in zentralen Bereichen der HAW angesiedelt sind. Finanziert wird es mit Sondermitteln des Bundes und der Länder zur Verbesserung der Studienbedingungen bei einer fünfjährigen Laufzeit vom 1.9.2011 bis zum 31.8.2016.

### Online vs. Präsenz?

Die Grundidee des Projekts besteht darin, die Defizite der Studienanfänger in den Fächern Mathematik, Physik, Programmierung, Elektrotechnik und Chemie möglichst individuell und umfassend vor Beginn des Studiums auszugleichen, um den Studierenden einen erfolgreichen Start ins Studium zu erleichtern. Dabei sollen in einem Blended Learning-Konzept neben Präsenzveranstaltungen vor und zu Studienbeginn auch Onlinemodule genutzt werden. Durch die Einbindung von Onlinemodulen ergeben sich neue Möglichkeiten, die mit reiner Präsenzlehre nicht zur Verfügung stehen. Zum einen sind das organisatorische Vorteile:

- **Zeit- und Ortsunabhängigkeit der Kurse:** Studierende können sich zu jeder Zeit und

## Blended Learning

Blended Learning bezeichnet die Kombination verschiedener Lehr- und Lernformen. Meist ist damit die Verknüpfung von E-Learning-Materialien, die im Selbststudium durchgearbeitet werden, mit der betreuten Präsenzlehre gemeint. Wie bei einem „blended Whisky“ verschiedene Sorten Whisky vermischt werden, um ein bestimmtes Geschmackserlebnis zu kreieren, werden beim Blended Learning verschiedene Lehrformen genutzt, um deren jeweilige Vorteile nutzen zu können.

an jedem Ort mit den Inhalten der Vorkurse beschäftigen, auch wenn sie noch nicht in Hamburg leben, oder vielleicht noch ihrem Beruf nachgehen oder dabei sind, eine Ausbildung zu beenden.

- **Größerer Zeitrahmen:** Studierende können sich bereits während der Bewerbungsphase mit den Inhalten befassen und haben damit mehr Zeit zum Auffrischen ihrer Kenntnisse.
- **Studienfachspezifisches Arbeiten:** Studierende müssen nur die Themen bearbeiten, die für ihr Studienfach relevant sind und können durch fachspezifische Beispiele und Fragestellungen zusätzlich motiviert werden.
- **Modularer Aufbau:** Studierende müssen sich nur mit Themen (Modulen) befassen, in denen sie Defizite haben, anstatt den kompletten Schulstoff noch einmal durcharbeiten zu müssen.
- **Kenntnis-/Fähigkeits- und Fertigkeitsspezifisches Arbeiten:** Entsprechend den Vorkenntnissen können die Studierenden die Themen mit unterschiedlicher Intensität bearbeiten: „Muss ich mich in das Thema völlig neu einarbeiten, oder benötige ich nur ein paar Übungsaufgaben zur Auffrischung?“
- **Individualisierbarkeit des Lerntempos:** Studierende können die Module in ihrer eigenen Lerngeschwindigkeit bearbeiten.

Zum anderen sind es die Vorteile, die durch die Nutzung elektronischer Hilfsmittel und des Internets entstehen:

- Einbindung von **unterschiedlichen Medien** wie z.B. Videos, Animationen, Applets etc. zur Vermittlung und Veranschaulichung der Inhalte und zur Motivation.
- Bereitstellen von **Übungsaufgaben**, die durch eingabeabhängige **Lösungshinweise** ergänzt werden können, um Fertigkeiten zu üben und zu festigen.
- Nutzung von **Tests** zur Selbstkontrolle, die automatisiert korrigiert werden und damit ein schnelles **Feedback** über den persönlichen Fortschritt geben können (Bild 1).



**Ute Priebe**  
E-MAIL:  
ute.priebe@haw-hamburg.de



**Dr. Lubov Vassilevskaya**  
E-MAIL:  
lubov.vassilevskaya@haw-hamburg.de

**Aufgabe:**  
Bestimmen Sie die Lösungen der Gleichung  $5x - 2x^2 = 0$ .

**Ihre Antwort:**  
x =  und x =

x = 0 ist richtig! ✓  
x = 5 ist leider falsch. ✗

**Lösungshinweis 1**

Faktorisieren: Klammern Sie auf der linken Seite der Gleichung den gemeinsamen Faktor 2x aus:

$$2x(2,5 + x) = 0$$

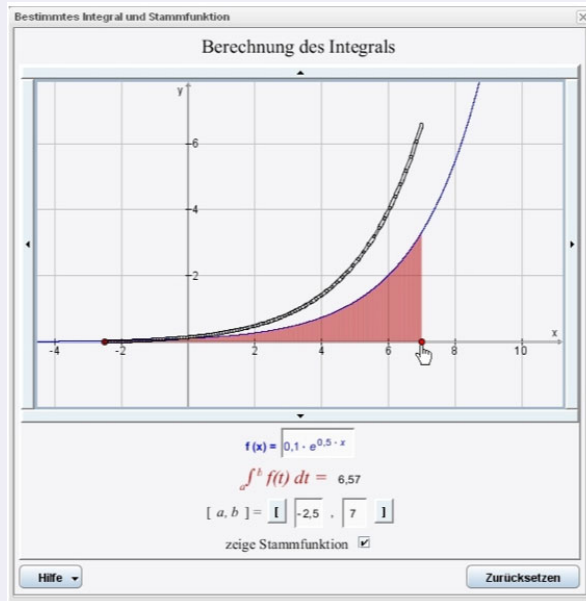
[Lösungshinweis 2](#)  
[Lösungshinweis 3](#)

Bild 1: Online-Aufgabenbeispiel. Für Übungsaufgaben ist es bei fehlerhaften Eingaben sinnvoll, den Studierenden Lösungshinweise anzubieten.

## Applets – Mathematik (fast) zum Anfassen

Mit Applets, also kleinen Computerprogrammen, die normalerweise im Webbrowser ausgeführt werden, ergeben sich eine Vielzahl an Interaktionsmöglichkeiten für Benutzer. Im Fall mathematischer Applets können sie sich zum Beispiel Funktionen und ihre speziellen Eigenschaften (u.a. Steigung der Tangente, Fläche unterhalb des Funktionsgraphen, etc.) anzeigen lassen und diese direkt durch Verändern von Parametern manipulieren (z.B. Ändern von Integrationsgrenzen, s. Bild).

Andere Applets dienen der Veranschaulichung von Rechenwegen (z.B. bei der Matrizenmultiplikation) oder der graphischen Darstellung mathematischer Sachverhalte (z.B. Sinusfunktion im Einheitskreis). Denkbar sind auch Applets, in denen individualisierte Übungsaufgaben generiert werden, die während des Lösens kleine Tipps oder Hilfestellungen anbieten. Damit die Studierenden das Applet auch aktiv nutzen, sollte man sich in einem erläuternden Text und in Aufgaben direkt auf das Applet beziehen oder seine Verwendung sogar in einem Video kurz vorstellen.



Bei diesem Applet können sowohl die zu integrierende Funktion als auch die Integrationsgrenzen verändert werden. Die Stammfunktion verdeutlicht hier den Zuwachs der Fläche unter dem Funktionsgraphen.

auch die Kommunikation zwischen den Studierenden kann mit Hilfe von Diskussionsforen und sozialen Netzwerken bereits vor den Präsenzveranstaltungen initiiert werden.

Mit Hilfe des Blended Learning-Ansatzes können die Studierenden ihre Probleme also gezielter und individueller angehen.

## Das Projektteam

Für die Konzeption und Umsetzung der Kurse, sowohl online als auch in Präsenzform, sind im Projektteam fachliche und fachdidaktische Kompetenzen

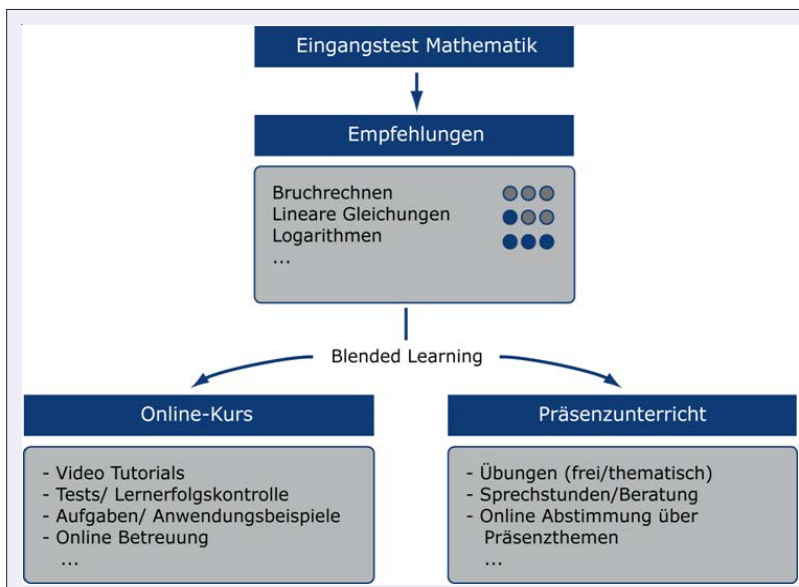
sowie Erfahrungen in der Konzeption und Umsetzung von E-Learning-Szenarien vorhanden. Das Team, das derzeit aus vier Personen besteht, verfügt über umfangreiche Erfahrungen in der Lehre, insbesondere an der Schnittstelle von der Schule zur Hochschule, über Kenntnisse in Lernpsychologie und Softwareergonomie sowie über langjährige Erfahrungen in der Produktion von elektronischen und nichtelektronischen Lernmaterialien.

Das Projekt wird gemeinsam von der Fakultät und den Departments gelenkt. Die Projektleitung liegt bei der Prodekanin Lehre, Prof. Dr.-Ing. Karin Landefeld. Begleitet wird das Projekt von einem Lenkungskreis, in dem Mitglieder aus allen beteiligten Departments mitwirken.

Durch die Nutzung eines Blended Learning-Konzepts können die Schwachstellen von reinen Onlinemodulen umgangen werden. In den Präsenzveranstaltungen können sich die Studierenden bereits vor dem offiziellen Beginn des Studiums kennenlernen, die ersten Lerngruppen bilden und allgemeine Probleme in der Studieneingangsphase vor Ort gemeinsam lösen. Der direkte Kontakt zu einem Dozenten oder einer Dozentin bietet Raum für Fragen und vermittelt das Gefühl des Wahrgenommenwerdens und Eingebundenseins in die Hochschule.

Eine zusätzliche Onlinebetreuung mittels Chat und Fragestunden ermöglicht eine zeitnahe Lösung von auftretenden Problemen. Aber

Bild 2: Das Grobkonzept eines Vorkurses, hier am Beispiel Mathematik, umfasst Online- und Präsenzanteile.



## Die Onlinemodule

Auch wenn es später zu weiteren Fächern Vorkurse geben soll, wird als erstes an einem Blended Learning-Vorkurs für Mathematik gearbeitet. Zum einen ist hier der Bedarf der Studierenden am größten, wie die Studiengangsanalysen und erste Gespräche mit den Lehrenden zeigen. Zum anderen werden an allen Departments der Fakultät TI bereits mathematische Vorkurse angeboten, so dass man auf diesen Erfahrungen aufbauen kann. Konkret könnte die Onlinekomponente für einen Mathematikvorkurs wie folgt aussehen:

- Studieninteressierte und frisch zugelassene Studierende absolvieren zunächst online einen **Einstufungstest** zur Ermittlung der vor-



handenen Kenntnisse. Darin werden studienrelevante Themen der Schulmathematik in verschiedenen Schwierigkeitsstufen abgefragt.

- Die **Auswertung des Tests** erfolgt online.
- Mit Hilfe der Ergebnisse werden **studiengangsspezifische Empfehlungen zum Bearbeiten einzelner Module** generiert (Bild 2).

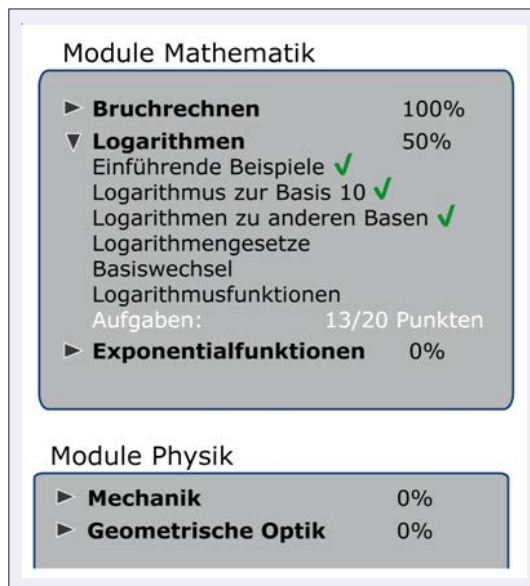
Beispielsweise könnte das Ergebnis des Eingangstests für einen zukünftigen Informations- und Elektrotechnik-Studenten zeigen, dass sich dieser noch einmal mit den trigonometrischen Funktionen und dem Logarithmus auseinandersetzen sollte, während für die Differenzialrechnung ein paar Übungsaufgaben zur Auffrischung genügen. Dementsprechend müssen die Onlinemodule so konzipiert sein, dass von den theoretischen Grundlagen bis hin zu anwendungsorientierten Übungsaufgaben in einem Thema alle Zwischenstufen enthalten sind. Die unterschiedlichen Themenbereiche werden mit Unterstützung von z.B. Animationen, Applets und Videotutorials vermittelt und durch Übungsaufgaben gefestigt.

Am Ende jedes Themenbereichs wird ein Abschlusstest zeigen, ob die Inhalte verstanden wurden oder vielleicht noch ein paar Aufgaben bearbeitet werden sollten. So erhält der Studienanfänger ein Feedback, mit dem er/sie den eigenen Lernerfolg kontrollieren kann (Bild 3).

Für Fragen oder Probleme, die beim Durcharbeiten der Module auftauchen, kann sich der oder die Studierende über ein Forum oder ein soziales Netzwerk an zukünftige Kommilitoninnen oder Kommilitonen wenden oder in Sprech-

stunden und Präsenzveranstaltungen direkt an die Vorkurslehrernden der HAW herantreten.

Das Beispiel für den Mathematikvorkurs zeigt exemplarisch die Struktur der Vorkurse. Alle Vorkurse werden einem gemeinsamen Ansatz folgen, in dem Aufbau und Art der verwendeten Komponenten, wie z.B. Tests, Aufgaben, Videos, Visualisierungen, Animationen und Applets, so wie das Design fast identisch sind (Bild 4).



**Bild 3:** Der individuelle Bearbeitungsfortschritt für empfohlene Onlinemodule kann jederzeit eingeblendet werden.

### Schritte zur Umsetzung

Während der Projektlaufzeit werden fünf verschiedene Vorkurse entwickelt. Für jeden fachlichen Vorkurs bedeutet das:

- Aufnahme der notwendigen Kenntnisse der Studienanfänger mit Hilfe der Informationen aus den studiengangsspezifischen Modulhandbüchern und Befragungen der Fachdozent und Fachdozentinnen,
- Analyse der konkreten Probleme der Studienanfänger durch Einstiegstests zu Studienbeginn, durch Befragungen der Studierenden nach dem 1. Semester und Befragungen der Fachdozenten, sowie mittels Informations-

### Videos? Die gibt's doch schon ewig!

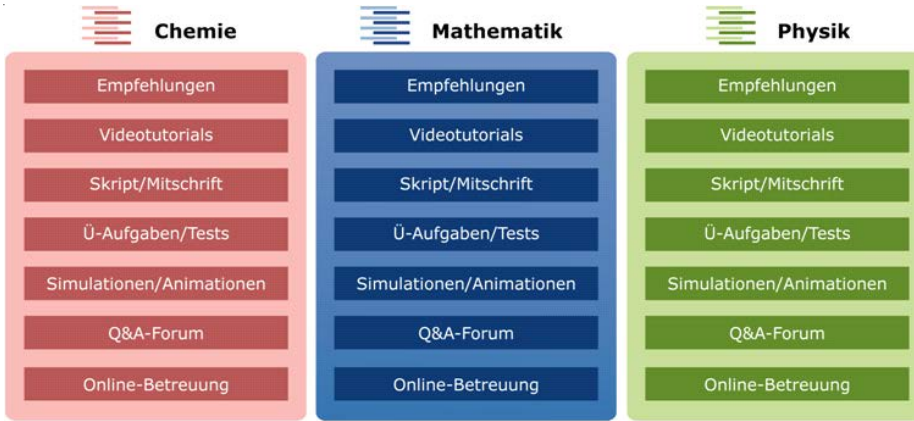
Zu den modernen Möglichkeiten des E-Learnings gehört die Nutzung von Videos. Auch wenn Lehrfilme schon seit einigen Jahrzehnten ihren Weg zu den Lernenden finden, gibt es doch heute auf Grund neuer technischer Möglichkeiten und anscheinend unbegrenzter Speicherkapazitäten eine enorme Variationsbreite:

- An immer mehr Hochschulen werden den Studierenden Vorlesungsmitschnitte zur Verfügung gestellt, um bei vollen Stundenplänen trotzdem keine Vorlesung mehr zu verpassen, und vor Klausuren und Prüfungen die Inhalte gezielt wiederholen zu können.
- Im Nachhilfebereich überwiegen hingegen kürzere Übungsvideos, in denen manchmal nur ein abgefilmtes Whiteboard zu sehen ist, an dem eine Übungsaufgabe vorgerechnet und erklärt wird.
- Mittels Lehrvideos können bestimmte Tätigkeiten im Labor oder Praktikum erläutert werden, in Animationen kann die Funktionsweise von Geräteteilen verdeutlicht werden.
- Sogenannte Screencasts, bei denen als Erweiterung des Screenshots die Aktivitäten auf dem Bildschirm quasi gefilmt werden und häufig mit Audiokommentaren unterlegt sind, werden gern im IT-Bereich verwendet (in Programmierkursen oder bei Softwareschulungen).



Grundlegende Inhalte und Beispielaufgaben können sich die Studierenden mit Hilfe von kurzen Videotutorials erarbeiten.

Egal welche Form von Lehrvideos man nutzt – für das „aktive Lernen“ ist die Kombination mit kleinen Zwischenübungen und anderen Interaktionen immens wichtig.



**Bild 4:** Die Module für verschiedene Fächer können später durch eine ähnliche Struktur und das gleiche Layout wiedererkannt werden.

austausch mit anderen HAW-eigenen Einrichtungen (z.B. Zentrale Studienberatung, Team Studieneinstieg (TSE), Orientierungseinheiten (OE), Fachschaftsrate (FSR)).

Konkret wurde im Bereich Mathematik zu Beginn des Sommersemesters 2012 zunächst in allen Mathematikvorkursen der Fakultät TI ein mathematischer Einstiegstest durchgeführt. In

- Entwicklung und technische Realisierung des Einstufungstests und der Module,
- Entwicklung und Durchführung der Präsenzveranstaltungen und der Onlinebetreuung.

Da es bereits einige Hochschulen im deutschsprachigen Raum gibt, die Onlinevorkurse anbieten (meist in Mathematik), wird auch nach Kooperationsmöglichkeiten gesucht.

thematiktest, die zu Beginn der Vorkurse durchgeführt wurden, zeigen insbesondere Probleme mit den Themen Logarithmen, Gleichungen, Vektoren und Funktionen, wie in Bild 5 für den gemeinsamen Vorkurs der Departments Informations-/Elektrotechnik und Informatik ersichtlich ist. Die breite Streuung der Ergebnisse zeigt aber auch, dass die Schwierigkeiten individuell sehr verschieden sind.

Im Anschluss an diese Analysen folgen dann für die verschiedenen Vorkurse:

**Bild 5:** Nach Themen aufgeschlüsselte Ergebnisse der Einstiegstests von Studienanfängerinnen und -anfängern zu Beginn der mathematischen Vorkurse im März 2012 in den Departments Informations-/Elektrotechnik und Informatik. Dargestellt sind die relativen Mittelwerte der im jeweiligen Themengebiet erreichten Punkte;  $n = 117$ , Mittelwerte = blaue Balken, Standardabweichung = schwarze Linien (Darstellung teilweise abgeschnitten).



**Bild 6:** So funktioniert das Blended Learning-Konzept: Nach der Arbeit zu Hause mit den Onlinemodulen (linkes Bild) wird an der Hochschule gemeinsam geübt und diskutiert (rechtes Bild).

ähnlicher Form wurde dieser Einstiegstest zu Vorlesungsbeginn mit allen Studienanfängern und -anfängerinnen wiederholt. Anhand der Testergebnisse sind Rückschlüsse darauf möglich, in welchen Themengebieten die größten Schwierigkeiten bestehen. Erste Auswertungen der Ma-

### Zusammenfassung und Ausblick

Vor allem für zukünftige Studierende ist es wünschenswert, dass die zu entwickelnden Vorkurse den Einstieg ins Studium erleichtern; aber auch höheren Semestern kann ein Blick in die Grundkenntnisse manchmal ganz gut tun. Die eng an die Bedürfnisse der Studierenden angepasste Konstruktion der Kurse führt hoffentlich zu einer regen Teilnahme und messbaren Erfolgen. Natürlich wird dies in den kommenden Jahren durch laufende Evaluationen gesichert. Auch wenn die Studienanfänger/innen mit sehr heterogenen Vorkenntnissen in das Studium starten, sollte durch die Vorkurse eine gemeinsame Basis geschaffen werden, die allen ein erfolgreiches Studium ermöglicht. Sicher können die Hürden für die Studierenden damit nicht vollständig beseitigt werden – aber sie können zumindest verringert werden. □

