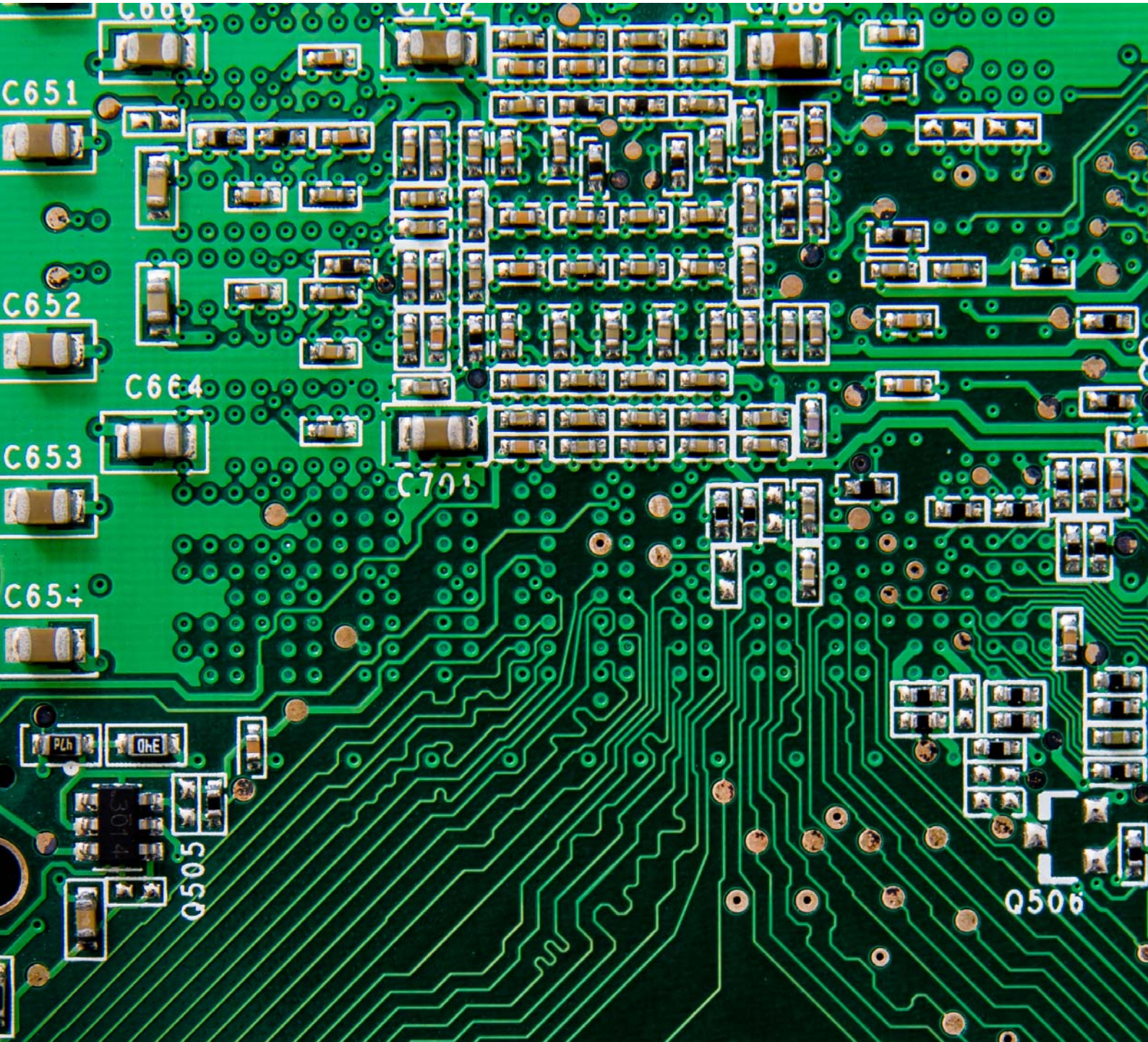


E Forum



Magazin des Departments Informations- und Elektrotechnik

Jahrgang
2013



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Kurs auf die Zukunft

Masterstudiengang

Mikroelektronische Systeme (MSc)

Weitere Infos unter:
info-haw@master.mikroelektronik.de

Mikroelektronik – Schlüsseltechnologie der Informationstechnik

Mit dem dreisemestrigen Masterstudiengang werden Sie zum Experten mit hervorragenden Berufschancen in der Automobilindustrie, Verkehrstechnik, Produktions- und Fertigungstechnik, Consumerelektronik oder Telekommunikationsindustrie.

Zwei starke Partner – ein Ziel!

Nutzen Sie das Know-how und die Kontakte von zwei Hochschulen! Sie studieren an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg und der Fachhochschule Westküste (Heide/Schleswig-Holstein).

Unser Angebot – Ihre Chance!

Unsere kostenlose Broschüre erhalten Sie hier:

*FH Westküste
Bereich Technik
Fritz-Thiedemann-Ring 20
25746 Heide*

*HAW Hamburg
Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment
Informations- und Elektrotechnik
Berliner Tor 7
20099 Hamburg*



www.master-mikroelektronik.de

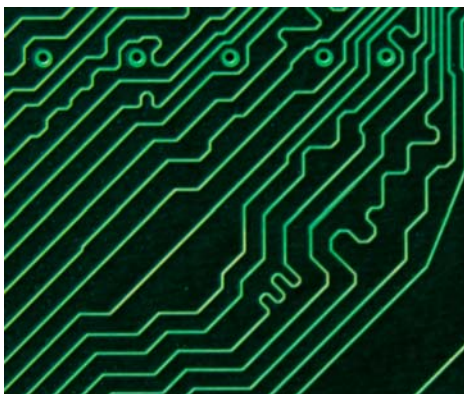
Editorial Mit Energie ins neue Semester JÖRG DAHLKEMPER, ROBERT HESS, HANS PETER KÖLZER, LUTZ LEUTELT, FLORIAN WENCK	2
Information Engineering LUTZ LEUTELT, CHRISTINE REINKING	4
Regenerative Energiesysteme und Energiemanagement – Elektro- und Informationstechnik HOLGER KAPELS	9
Master Automatisierung auf Sollkurs FLORIAN WENCK	10
Repowering der Photovoltaik-Anlage auf dem Dach des Hochhauses Berliner Tor 7 MICHAEL RÖTHER	12
Fahrzeuggatterien mit integrierten Zellsensoren MATTHIAS SCHNEIDER, VALENTIN ROSCHER, GÜNTER MÜLLER, KARL-RAGMAR RIEMSCHEIDER, JÜRGEN VOLLMER	16
Verbesserung der Bildqualität und Reduktion der Strahlendosis bei Röntgenaufnahmen von Kinderhänden und -füßen ROBERT HESS	22
Neu berufene Professoren am Department Informations- und Elektrotechnik PERSONALIA	28

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

ISSN 2196-7466

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

Titelfoto:
Andreas Ißleib



EFORUM 2013 IM NETZ:
[http://www.haw-hamburg.de/fileadmin/user_upload/
FakTI/Dokumente/EFForum_2013.pdf](http://www.haw-hamburg.de/fileadmin/user_upload/FakTI/Dokumente/EFForum_2013.pdf)

Mit Energie ins neue Semester

JÖRG DAHLKEMPER, ROBERT HESS, HANS PETER KÖLZER,
LUTZ LEUTELT, FLORIAN WENCK

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

Liebe Leserinnen und Leser,

in den Zeiten der Energiewende und der damit verbundenen Chancen und Risiken stehen wir in der Verantwortung, unsere Studierenden und unsere Organisation bestmöglich auf die veränderten Rahmenbedingungen vorzubereiten.

Diesen Rahmenbedingungen tragen wir durch eine effiziente Organisation unseres Departments, attraktive Studiengänge und die Verbesserung der Möglichkeiten für die angewandte Forschung Rechnung.

Die Vielfalt der Aufgaben der Leitung eines Departments mit 40 Professorinnen und Professoren und 20 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern haben wir seit dem Sommersemester 2013 den fünf Ressorts

- Ressourcen/Labore
- Lehrorganisation
- Qualität der Lehre/Internationales
- externe Kommunikation und
- Forschung/interne Kommunikation

zugeordnet. Jedes dieser Ressorts wird durch ein Mitglied mit den entsprechenden Erfahrungen auf diesem Gebiet verantwortet. Dieses Modell der Leitung im Team hat sich bereits in den ersten drei Monaten aus unserer Sicht bewährt. Dank der klaren Zuordnung der Verantwortungsbereiche und der Erfahrungen der einzelnen Personen auf diesen Gebieten können Entscheidungen kompetent und schnell getroffen und vor allem auch dank guter Abstimmung im Team auch aus verschiedenen Perspektiven bewertet werden. Diese Organisationsform wird durch viele Kolleginnen und Kollegen, die weitere wichtige Aufgaben wahrnehmen, unterstützt.

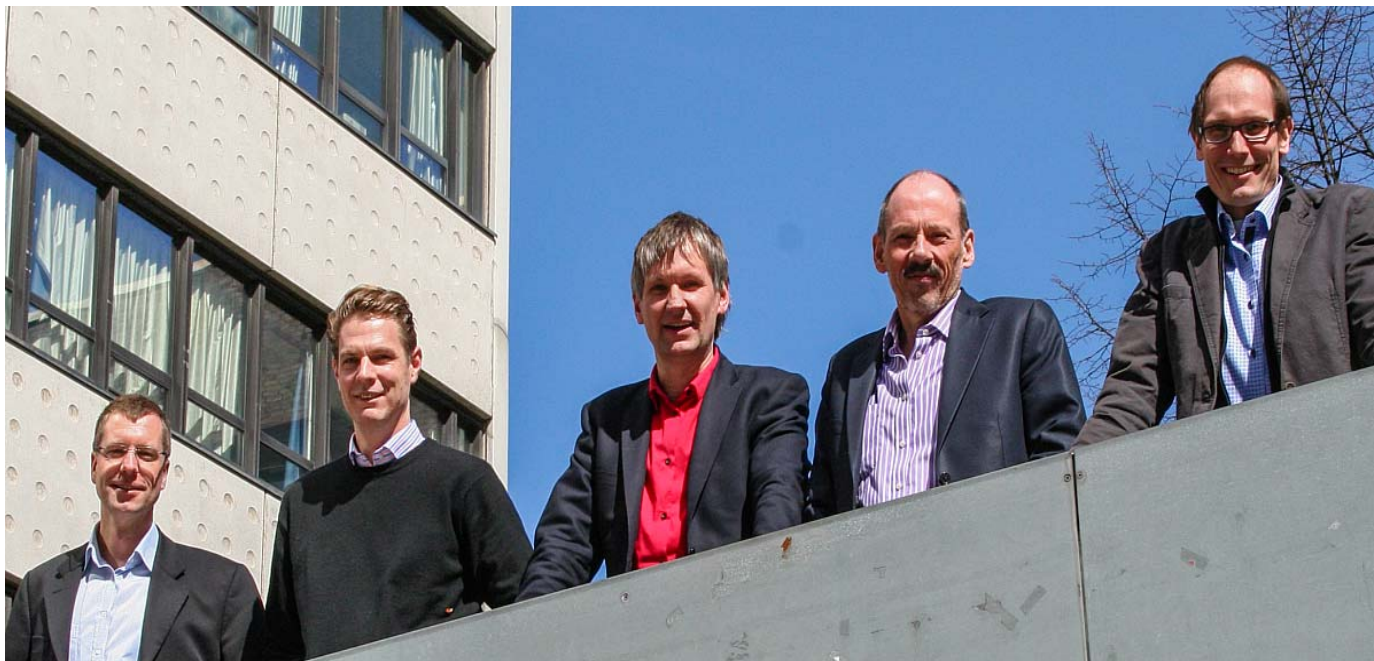
Die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in der Elektroindustrie und gerade auch in der Energiepolitik einerseits und die demographische Entwicklung andererseits führen zu einer



wachsenden Diskrepanz zwischen der Nachfrage nach Ingenieuren und der verhaltenen Nachfrage nach Studienplätzen. Dies wird in besonderem Maße in dem stetigen Wachstum der Studierenden im dualen System sichtbar. Im kommenden Studienjahr werden wir 160 Studierende in dem Studiengang Elektro- und Informationstech-

turmaßnahmen flankiert. Eine prominente davon, das Repowering der Photovoltaik-Anlage, beschreibt Kollege Röther in seinem Beitrag (S. 12).

Die Internationalisierungsstrategie der HAW Hamburg wird in unserem Department besonders durch das Engagement unserer Kollegen an der Partnerhochschu-



nik aufnehmen, davon 60 Studierende im dualen Modell. Diese Rekordzahl an dualen Studierenden ist sehr erfreulich und eine deutliche Bestätigung des Wertes dieser praxisorientierten Ausbildung für Unternehmen und Studierende. Die Zahl zeigt aber auch deutlich, dass wir unsere Möglichkeiten ausschöpfen müssen, den hohen Bedarf der Industrie an Studierenden besser zu befriedigen.

Vor diesem Hintergrund haben die zwölf Mitglieder des Studienreformausschusses den Studiengang „Regenerative Energiesysteme und Energiemanagement“ ins Leben gerufen, der erstmals im Wintersemester 2013/14 angeboten wird. Hiermit möchten wir noch mehr Studieninteressenten ansprechen, die sich für eine zukunftsorientierte Energieversorgung stark machen und damit einen Beitrag zur langfristigen Sicherung unserer Energiewirtschaft leisten wollen. Nähere Informationen dazu finden Sie im Beitrag von Kollegen Holger Kapels (S. 9). Dieses wird mit zahlreichen Infrastruk-

turen in Shanghai und durch den internationalen Studiengang Information Engineering unterstützt. Die erfreulich hohe Nachfrage in diesem internationalen Studiengang wird durch weitere Maßnahmen der Studienreform flankiert. Kollege Leutelt berichtet in dieser Ausgabe über den internationalen Studiengang (S. 4).

Um auch zukünftig unseren leistungsstarken Studierenden Perspektiven im Bereich aktueller und industrierelevanter Forschungsthemen zu bieten, bieten wir die Masterprogramme sowie vermehrt die Mitarbeit in Forschungsprojekten an. Beispielhaft berichtet Kollege Wenck über den Master Automatisierung (S. 10) und die Kollegen Riemschneider (S. 16) und Heß (S. 22) über aktuelle Forschungsthemen.

Wir wünschen Ihnen interessante neue Erkenntnisse über die vielen kleinen und großen Aktivitäten in unserem Department Informations- und Elektrotechnik.

Ihre Departmentleitung

Leitungsgremium des Departments Informations- und Elektrotechnik:
Prof. Dr.-Ing. Jörg Dahlkemper, Prof. Dr.-Ing. Florian Wenck, Prof. Dr. Robert Heß, Prof. Dr.-Ing. Hans Peter Kölzer, Prof. Dr.-Ing. Lutz Leutelt (v.l.n.r.).

Information Engineering

A prospering international Bachelor's degree programme interfacing
Computer Science and Electrical Engineering



Prof. Dr.-Ing.
LUTZ LEUTELT
E-MAIL:
lutz.leutelt@
haw-hamburg.de



CHRISTINE REINKING
M.A.
E-MAIL:
christine.reinking@
haw-hamburg.de

LUTZ LEUTELT, CHRISTINE REINKING

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

With the international Bachelor's degree programme „Information Engineering“ (IE), the Department „Information and Electrical Engineering“ at Hamburg University of Applied Sciences prepares students from all over the world for jobs in the fields of Information Technology, Electronics and Computer Science. The programme is completely taught in English which is still an exception for a BSc degree programme in the German university landscape. EFORUM talked to the Programme Coordinator Lutz Leutelt and the International Students Coordinator Christine Reinking.

EFORUM: The interest in the „Information Engineering“ programme is further growing and in winter semester 2012/13 more students enrolled than ever before. Where does the popularity come from?

Leutelt: We would be glad if we had an exact answer for this. I believe it is a mixture of several factors. We make the programme known in DAAD (editor's note: German Academic Exchange Service) publications and on its web site. We are listed in university search engines and a couple of our students were recommended to our programme by former students. Not to forget: the job opportunities for our graduates are excellent here at the moment.

Reinking: We also put our best effort into assisting in the early appli-

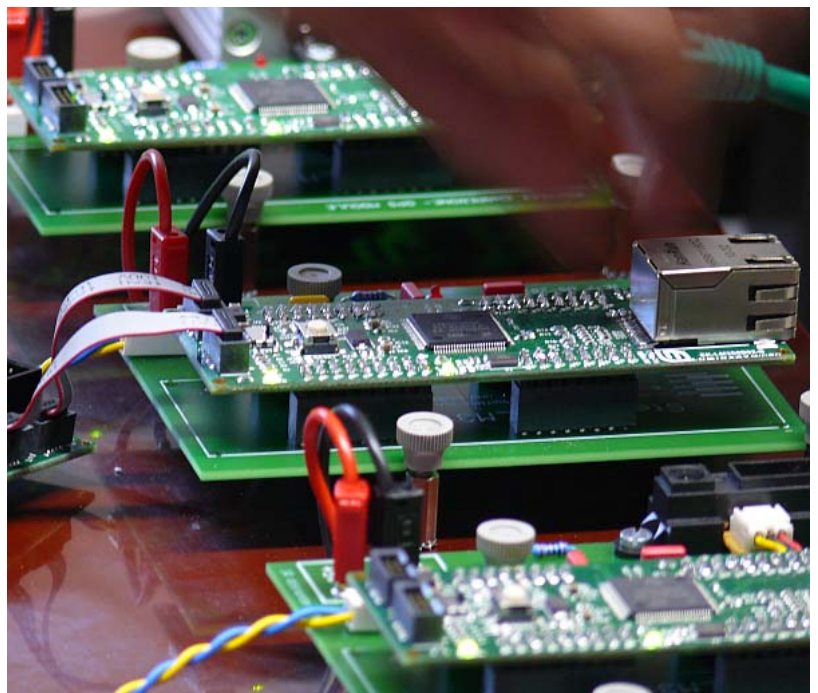
cation process. We answer hundreds of emails, phone calls and postings from prospective students each year. Via Facebook the applicants can already join a network to get all necessary information. Last but not least Hamburg is an attractive and international city.

EFORUM: How „international“ is the programme really – or is it just a programme for German students in English?

Reinking: We have a good mixture of students from all continents and there is no domi-

How everything started

The „Information Engineering“ programme started in 1999. It was the first accredited Bachelor programme at HAW Hamburg and one of the few offered in English language at that time. While in the first years the majority of students were Chinese from our partner university in Shanghai, today students from over 30 countries study „Information Engineering“ as degree-seeking or exchange students.



nating group among the current 29 nationalities in this programme. That makes it really international.

Leutelt: Actually, the opposite is true: we would be glad if more German students saw the advantages of an international programme and not only the extra effort of studying in a foreign language.

EFORUM: What are the advantages?

Leutelt: English is the language no. 1 when it comes to working in the field of engineering. To study technology in English from the beginning is a clear advantage. In addition, the daily interaction with an international environment gives a broad intercultural understanding.

EFORUM: What makes the curriculum so extraordinary?

Leutelt: The mixture of IT, computer science and electronics related subjects is not that extraordinary – and makes sense. Engineers graduating from the IE programme understand both the software and the hardware aspects of nowadays technology. To give an example, we currently see a high demand for graduates in the embedded systems industry. The overall system cannot be completely understood without good knowledge and skills in programming, operating systems and software engineering on the one hand, the properties and design methodologies of digital and analog electronics on the other. It is later an individual decision where our graduates see their focus.

EFORUM: What makes an international programme different to others?



„The HAW Hamburg is the best thing that ever happened to me. It was my first choice since I decided to study engineering abroad. Before I was nervous to come so far from home. But I am glad I made that step.

The reason of my choice fell upon HAW as its courses are well structured and give you knowledge of both hardware and software. Professors are always willing to help you here.

Apart from studies life in Hamburg is also very good. Specially travelling in Hamburg is very easy.

Naveed Anwar, Pakistan (IE4)

Reinking: I asked some IE-students the very same question and they all agreed in one thing: studying together with so many different nationalities is an experience no one wants to miss. Not only does it prepare for a future job in an international environment, but also „shapes and strengthens“ the self-development. Many life-long (transcontinental) friendships start in the first semester of IE... I don't think any other programme offers the opportunity to build up a personal network with people from almost 30 different nations!

Leutelt: Everyone involved puts extra effort in this programme: during the application process, in the lecture or when consulting or supporting IE students – very often not only in academic matters. With the international students we get a lot of dynamic and „freshness“ into our department – something I would not want

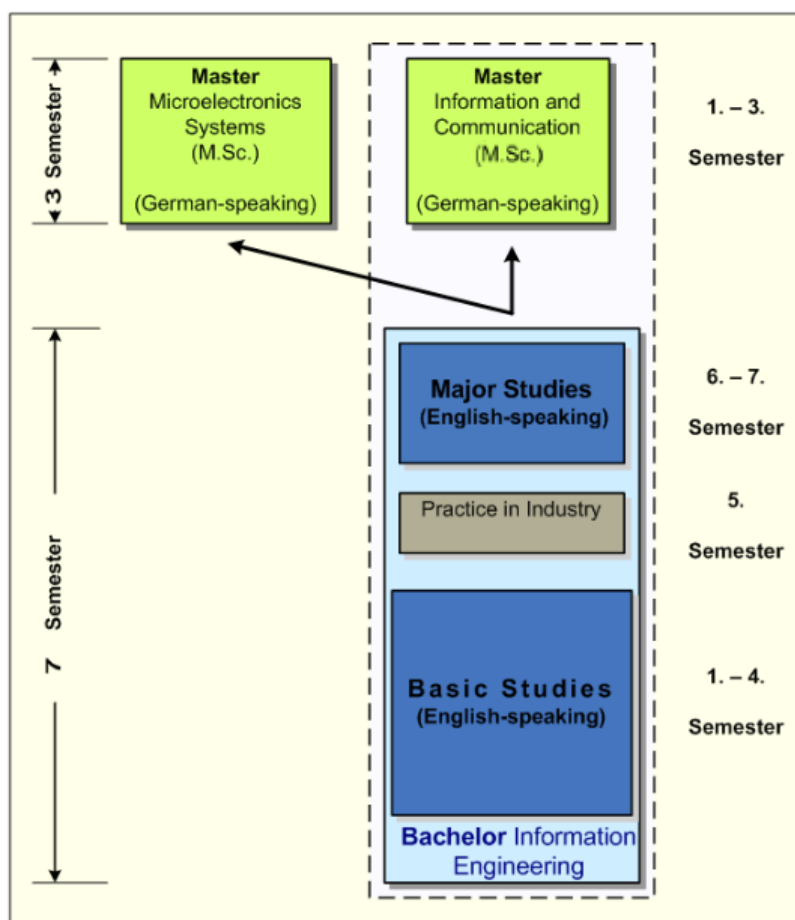
„I choose IE because when I was looking for an English course in Germany I found this, furthermore it is a technical course and I think I'm good in this major.

About „weBuddy“: It is completely supportive, especially Christine Reinking, she always answers our question as soon as possible, and she is full of energy!

My buddy (Hans David) is one of the best buddies in this group...

Hamburg: Big and nice city (I really like the „Hafen“) but unfortunately finding a place to live is quite difficult!!!

Bahar Youseffi, Iran (IE2)



„To be honest about the reason why I chose to attend HAW University for bachelor’s degree in information engineering is: it welcomed me though I have no technical background. The most important requirement for this course is your thirst for technical knowledge. Therefore, this is a golden prospect for those students who are from other educational background but want to pursue their further study in this technical field.



After joining this university, I realized it has a lot to offer than what I have just mentioned above, a very friendly atmosphere, Manageable student numbers, well equipped labs, guarantee individual supervision, tutorial classes which make us easier to learn in our own pace. All the lecturers and teachers are the experts of their chosen fields. This program provides not only technical skills but also the soft skills needed to make it in business today.

As this is an international program, you will definitely have chance to meet students from different community, opportunity to learn languages. Furthermore, the University provides very good care and guidance to overseas students to settle academically and socially. At last but not the least what I want to consider is its location. This University is set in a very beautiful and convenient part of Hamburg city. I am so grateful that I received the opportunity to attend this university."

Pratima Tamrakar, Nepal (IE2)

to go without.

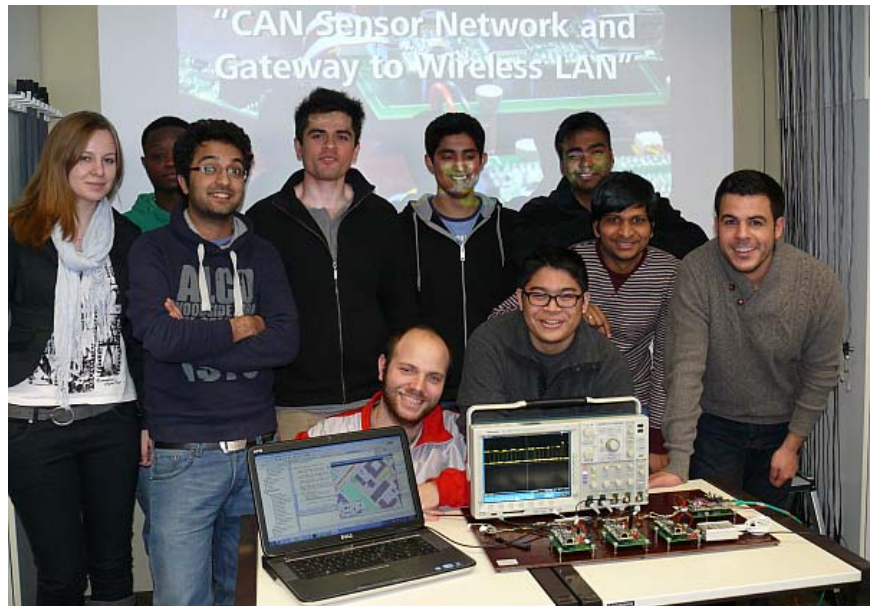
EFORUM: What are the typical problems of international students arriving here?

Reinking: Unfortunately some of the first-semester-students do not arrive in time, due to the long waiting period for a visa. This causes problems when trying to catch up with the missed study contents. Moreover the housing situation in Hamburg is not the best. Last but not least the language barrier sometimes prevents students from actively participating in student and social life.

But HAW Hamburg aims to reduce some of these problems with different measures:

- ❑ A „Buddy-programme“ called „weBuddy“ [1], where students from higher semesters support the newcomers.
- ❑ A „tandem service“ [2] offers the opportunity to improve language abilities.

- ❑ The „International Studies Project“ [3] supports international students with work groups and specialist tutors.



EFORUM: Starting WS 2013/14 the curriculum is changing. What are the changes?

Leutelt: The profile of the programme remains the same. We reduced the number of modules while increasing the credit points for most modules. We hope that this measure helps students better focus on each subject. We added



„I’ve chosen HAW because it offers a great course of „Information Engineering“ which is combination of computer science and electrical engineering, and that is what I am interested in, moreover in English.

I very much appreciate how HAW helps students concerning any questions and problems by „weBuddy“ project, and especially our coordinator Christine Reinking. I also like that HAW has many projects apart from studies.

Hamburg has special charm because of the Elbe, canals, flea markets, Schanze, Blankenese and many more. People here are very pleasant and some of them are my good friends now. And actually I like the weather here... Moin Moin!"

Dmitry Zimin, Russia (IE2)

„I decided to study the Information Engineering course because it is a course which deals with Electronics and Software Programming. This course has a lot of opportunities in the fields of Avionics, Automotive and Shipping Industries, Telecommunications.

The main advantage of studying Information Engineering is that the students get in touch with the equipment in the laboratories and the course is in English which makes it more international. I definitely do not regret studying Information Engineering in the HAW since I learned a lot about new technologies and also because it opened me the doors to the Aviation industry where I am actually working.

With respect to the Information Engineering staff, I will say they have been always helpful and ready to assist any of us in any situation that occurred. They are reliable and trustful.

Regarding Hamburg, I will say that it is a beautiful city where students can both study and have fun at the same time. There are very nice shopping centers, cinemas, shops, pubs where we can really have fun. But the weather in Hamburg is not that nice. It is sometimes very cold...“

Cedric Yanze, Kamerun (IE6)



new subjects like „intercultural competences“ and a mentoring programme to support the students during the first year.

EFORUM:

Thank you for this interview.

□

Web links:

- [1] weBuddy Programme
<http://www.haw-hamburg.de/en/international/internationale-studierende/international-und-interkulturell/peer2peer/webuddy.html>,
<https://www.facebook.com/weBuddy.haw.hamburg>

- [2] Tandem Service
<http://www.haw-hamburg.de/en/international/internationale-studierende/international-und-interkulturell/peer2peer/tandem-service.html>

- [3] International Studies Project
<http://www.haw-hamburg.de/en/international/internationale-studierende/international-und-interkulturell/peer2peer/projekt-studium-international.html>



„My goal coming to Hamburg was to have an education that would open me doors to an international career; I already had an idea about what I wanted to study. The challenge was to find the program that would match my expectations. So I looked around and found out the IE program at the HAW Hamburg. The interesting thing about HAW Hamburg is that professors are always open to questions and ready to help students, they make it easy for the motivated student to learn. I would also acknowledge the involvement of the international coordinators in visa related issues for international students (shout out to Ms Reinking...) and the effort the university put into welcome newcomers.“

David Gassa Nyami, Kamerun (IE4)





Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences



Neuer Studiengang: Regenerative Energiesysteme und Energiemanagement

Wir entwickeln Zukunft

An der Schnittstelle von Technik, Informatik, Wirtschaft und Gesellschaft bilden wir auf hohem Niveau praxisnah aus. Anwendungsorientierte Forschung fließt direkt in die Lehre ein. In dem neuen Studiengang bilden wir Ingenieurinnen und Ingenieure aus, die die Zukunft der Energieversorgung aktiv gestalten wollen und regenerative Energiesysteme projektieren, planen, erstellen und betreiben können.

Der Studiengang umfasst inhaltlich folgende Themenfelder:

- Mathematik und Physik
- Elektrotechnik und Elektronik
- Energieverteilung
- Energiewirtschaft und -logistik
- Energieeffizienz
- Regenerative Energietechnik

TI Fakultät Technik und Informatik

- Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau
- Informations- und Elektrotechnik
- Informatik
- Maschinenbau und Produktion

www.haw-hamburg.de/ti

Neuer Bachelor-Studiengang an der Fakultät Technik und Informatik

Regenerative Energiesysteme und Energiemanagement – Elektro- und Informationstechnik

HOLGER KAPELS
Studiengangskoordinator

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



Prof. Dr.-Ing.
HOLGER KAPELS
E-MAIL:
holger.kapels@
haw-hamburg.de

Zum Wintersemester 2013/14 startet der neue Studiengang *Regenerative Energiesysteme*

und *Energiemanagement – Elektro- und Informationstechnik* mit den Themenschwerpunkten Windenergie, Photovoltaik, Wasserkraft, Biomasse, Kraft-Wärme-Kopplung und Speichertechnologien wie Power-to-gas. Die Integrationsfächer und das Praxissemester im fünften Semester ermöglichen, erlerntes Wissen bereits früh praktisch anwenden zu können.

Die fachbezogenen Vertiefungen im sechsten und siebten Semester vermitteln fundiertes Wissen zur effizienten Energieverteilung und -nutzung regenerativer Energien, smart grids und zur Energiewirtschaft. Individuelle Schwerpunkte können in Wahlpflichtfächern gelegt werden.

Der Studienabschluss ist in hohem Maße berufsqualifizierend. Die zwölfwöchige Bachelorarbeit wird meist in sehr enger Kooperation mit der Industrie durchgeführt und erleichtert den Übergang in den Beruf.

Der Studiengang *Regenerative Energiesysteme und Energiemanagement – Elektro- und Informationstechnik* kann auch als duales Studium mit integrierten berufspraktischen Anteilen in der Industrie absolviert werden (praxisintegrierte Studienvariante). □

Information

<http://www.haw-hamburg.de/ti-res.html>

und *Energiemanagement – Elektro- und Informationstechnik*. Mit diesem Studiengang erweitert das Department sein Studienangebot um den Bereich der regenerativen Energien.

Die angehenden Ingenieurinnen und Ingenieure lernen die Zukunft der Energieversorgung aktiv zu gestalten und in verschiedenen Bereichen der Projektierung, Planung, Erstellung und dem Betrieb von regenerativen Energiesystemen zu arbeiten. Sie können auch die Nutzung der vorhandenen Energie analysieren, bewerten und optimieren und so die Energieeffizienz von Anlagen und Stromverbrauchern erhöhen.

Das Studium besteht aus einem siebensemestrigen, anwendungs- und praxisorientierten Bachelorstudium mit intensiver Betreuung und hohem Laboranteil und schließt mit dem Abschluss Bachelor of Science ab. Der optimale Studieneinstieg wird durch Vorkurse und Orientierungseinheiten zu Beginn des Studiums unterstützt. Eine hohe individuelle Betreuung unterstützt den Studiererfolg.

In den ersten vier Semestern werden die mathematisch-naturwissenschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Grundlagen vermittelt. Ergänzt werden diese Grundlagen bereits ab dem ersten Semester durch spezifische Vorlesungen der regenerativen



Regenerative
Energiegewinnung im
Friedrich-Wilhelm-
Lübke-Koog/Schleswig-
Holstein



**Prof. Dr.-Ing.
FLORIAN WENCK**
E-MAIL:
florian.wenck@
haw-hamburg.de

Master Automatisierung auf Sollkurs


FLORIAN WENCK

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

Automatisierungstechnik ist ein vielschichtiges, interdisziplinäres Gebiet der Ingenieurwissenschaften, dessen Anwendungen sich in nahezu sämtlichen Bereichen einer modernen Industriegesellschaft wiederfinden. Studierende mit automatisierungstechnischer Ausbildung sind derzeit überaus gefragt. Der demografische Wandel und der vieldiskutierte Mangel an Fachkräften sorgen zusätzlich dafür, dass Absolventinnen und Absolventen dieser Disziplin auch zukünftig gute Aussichten auf dem nationalen und internationalen Arbeitsmarkt haben.

Nicht zufällig ist daher der Schwerpunkt „Automatisierungstechnik“ seit Jahren die meistgewählte Vertiefungsrichtung innerhalb des Bachelorstudiengangs am Department Informations- und Elektrotechnik. Aber auch Studierende anderer Hochschulen und benachbarter Studiengänge, zum Beispiel der Mechatronik, entscheiden sich für automatisierungs-

... freue mich schon ...



Im Sommersemester 2013 fanden die Lehrveranstaltungen des Masterstudiengangs Automatisierung erstmals gemeinsam mit Studierenden des 1. und 2. Semesters statt. Des Weiteren hatten sich in diesem Semester Absolventen der HAW und anderer Hochschulen sowie Absolventen verschiedener Studienrichtungen (Automatisierungstechnik, Energietechnik und Mechatronik) zusammengefunden. Diese bunte Mischung führte in der von mir angebotenen Lehrveranstaltung „Antriebstechnik für mobile Systeme“ zu aktiven Diskussionen technischer Sachverhalte aus verschiedensten Blickwinkel. Im Labor ergänzten sich die unterschiedlichen Kenntnisse der Studierenden in beeindruckender Weise. Ich bin mit dem so aufgestellten Masterstudiengang sehr zufrieden und freue mich schon auf die nächsten Runden.

Michael Röther, Prof. Dr.-Ing., Lehrender

technische Vertiefungen im Bachelorstudium.

Diesen Studierenden wird seit dem Wintersemester 2010/11 mit dem Master Automatisierung an der HAW-Hamburg die Möglichkeit gegeben, sich zielführend auf diesem Gebiet weiterzubilden, um optimal auf automatisierungstechnische Fach- und Führungspositionen in Industrie und Wissenschaft vorbereitet zu sein. Die Möglichkeit einer anschließenden weiterführenden wissenschaftlichen Ausbildung im Rahmen einer Promotion besteht. Aufgrund der erfolgreichen Anlaufphase wird der Master Automatisierung seit 2013 jeweils zum Sommer- und Wintersemester angeboten. Der Studiengang ist kapazitiv auf 14 Studierende ausgelegt. Dadurch wird ein enges Betreuungsverhältnis zwischen

Lehrveranstaltungs-
module im Master
Automatisierung

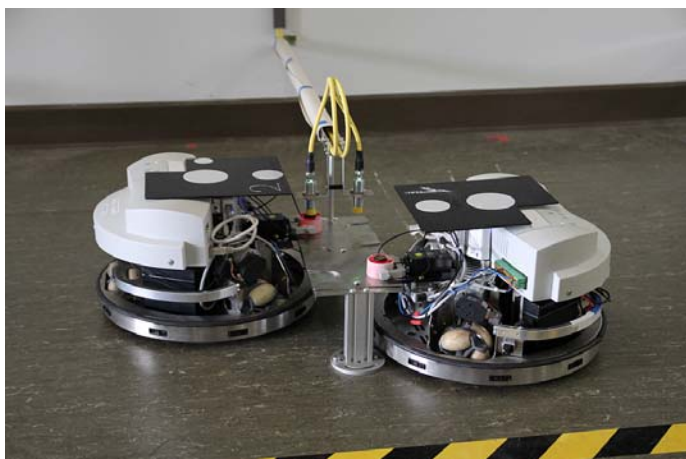
Modul	Wintersemester	Sommersemester
Antriebstechnik für mobile Systeme		X
Dezentrale Energieversorgung		X
Betriebssysteme und Echtzeitprogrammierung		X
Wahlpflichtmodul 1		X
Verbundprojekt (Teil 1, 2. Hälfte SoSe)		X
Nichtlineare Regelung	X	
Mehrgrößenregelung	X	
Embedded Control	X	
Wahlpflichtmodul 2	X	
Seminar Autonome Systeme (WiSe oder SoSe, je nach Studienbeginn)	X	X
Verbundprojekt (Teil 2, erste Hälfte WiSe)	X	
Masterarbeit (WiSe oder SoSe, je nach Studienbeginn)	X	X

technische Fach- und Führungspositionen in Industrie und Wissenschaft vorbereitet zu sein. Die Möglichkeit einer anschließenden weiterführenden wissenschaftlichen Ausbildung im Rahmen einer Promotion besteht. Aufgrund der erfolgreichen Anlaufphase wird der Master Automatisierung seit 2013 jeweils zum Sommer- und Wintersemester angeboten. Der Studiengang ist kapazitiv auf 14 Studierende ausgelegt. Dadurch wird ein enges Betreuungsverhältnis zwischen

Studierenden und Lehrenden ermöglicht.

Der Master ist als dreisemestriger Studiengang aufgebaut, wobei die ersten beiden Semester die Lehrveranstaltungsmodulare beinhalten und das dritte Semester die Erstellung der Masterarbeit vorsieht. Schwerpunkte des Studiums sind die vertiefende und weiterführende Behandlung regelungstechnischer, energietechnischer und informationstechnischer Thematiken aus dem Bereich der Automatisierungstechnik. Diese Pflichtinhalte werden durch zwei Wahlpflichtmodule ergänzt. Jedes Lehrveranstaltungsmodul beinhaltet, wie an der HAW-Hamburg üblich, auch ein Laborpraktikum. Eine Auswahl an Lehrveranstaltungen findet in englischer Sprache statt.

Die in den Lehrveranstaltungsmodulen erarbeiteten Inhalte und Methoden werden parallel im Rahmen eines Verbundprojekts



Zwei mobile Roboter kommunizieren miteinander bei der Lösung einer Handhabungsaufgabe

industrieller Größenordnung praktisch angewendet. Das Verbundprojekt beinhaltet das gemeinsame Lösen einer komplexen Automatisierungsaufgabe aus dem Gebiet der autonomen Systeme und ist als Kernelement des Studiengangs angelegt.

Die sechsmonatige Masterarbeit kann an der HAW-Hamburg oder in der Industrie durchgeführt werden. Sie bietet den Studierenden die Möglichkeit, eine komplexe technisch-wissenschaftliche Problemstellung aus der Automatisierungstechnik zu bearbeiten, zu lösen und zu dokumentieren. Das Studium schließt mit einem Masterkolloquium ab, die Absolventinnen und Absolventen erhalten dann den Abschluss Master of Sci-



Theorie- und Praxiskenntnisse und keine Wiederholung aus dem Bachelorstudium. Ich finde, dass die meisten Dozenten ihre Vorlesungen sehr interessant und neuartig gestaltet haben. Besonders ereignisvoll fand ich das Verbundprojekt, wo man in mehreren Teams gemeinsam einen Fertigungsprozess Schritt für Schritt bis zum erfolgreichen Ende entwickelt hat. Die entscheidende Rolle für den Berufseinstieg hat die Erfahrung aus meiner Masterthesis gespielt, wo ich meine Stärken im Bereich elektrische Antriebe und Leistungselektronik weiter ausbauen konnte, auf die ich in meinem Job täglich zurückgreife.

Dimitri Weiß, M.Eng., Absolvent 2012

... Anspruch an die Vorlesungen ...

Ich arbeite seit einem Jahr bei der Firma SAM Electronics in Hamburg als Entwicklungsingenieur im Bereich Antriebe und Speziaisysteme und bin gerade an einem Neubau-Projekt eines Forschungsschiffs beteiligt. Zu meinen Aufgaben gehören Auslegung, Simulation und Automatisierung von elektrischen Anlagen.

Die Entscheidung für das Masterstudium ist mir damals leicht gefallen, da ich nach dem Abschluss unbedingt im Entwicklungsbereich anfangen wollte. Dementsprechend war auch mein Anspruch an die Vorlesungen – mehr neue

ence (M.Sc.) (ab Studienbeginn WiSe 2013/14). Die ersten Absolventenjahrgänge zeigen, dass sie durch das Masterstudium Automatisierung sehr zielführend auf ihr Berufsleben vorbereitet wurden.

Der Studiengang wurde zum Wintersemester 2010/11 mit 8 Studierenden bei jährlicher Aufnahme gestartet. Derzeit belegen 17 Studierende das erste und zweite Semester. Weitere 8 Studierende stehen kurz vor der Fertigstellung ihrer Masterarbeiten.

Die nächste Bewerbungsphase für den Studienbeginn im Wintersemester 2013/14 beginnt am 15. Juni 2013. Die Beteiligten sind zuversichtlich, dass das Interesse am Studiengang und der Zulauf von der HAW-Hamburg, aber auch von anderen

Hochschulen weiterhin ansteigt und so der Master Automatisierung seinem Sollkurs weiter folgen wird. □

... Highlight Verbundprojekt ...



Im Bachelor vertiefte ich bereits die Fachrichtung Automatisierung. Das Interesse und der Wunsch, mein Wissen in dieser Richtung zu vergrößern, brachte mich folglich zum Master Automatisierung. Zurzeit absolviere ich das zweite Mastersemester und bin mit meiner Semestergruppe in der finalen Phase des Verbundprojekts. Das Verbundprojekt ist für mich ein Highlight des Studiengangs, die Studenten können hier Inhalte in verschiedenen Gruppen anwenden. Das Zusammenführen der erarbeiteten Aufgaben zu einem funktionierenden Prozess stellt dabei eine spannende Herausforderung dar. Des Weiteren gefällt mir insbesondere auch die Möglichkeit, Wahlpflichtfächer mit Inhalten aus den verschiedenen Masterstudiengängen und aktuellen Forschungsgebieten zu wählen.

Nadine Gohert, B.Eng., Studentin im 2. Semester



Prof. Dr.-Ing.
MICHAEL RÖTHER
E-MAIL:
michael.roether@
haw-hamburg.de

Neues Outdoor-Testfeld für Studierende: Repowering der Photovoltaik- Anlage auf dem Dach des Hochhauses Berliner Tor 7

MICHAEL RÖTHER

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

Die HAW Hamburg will nachhaltige Lösungen für die Energieprobleme der Gesellschaft entwickeln. Sämtliche Aktivitäten auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz sind im eigens dafür gegründeten Competence Center CC4E (Competence Center Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz, <http://www.haw-hamburg.de/cc4e.html>) gebündelt.

Das Department Informations- und Elektrotechnik innerhalb der Fakultät Technik und Informatik der HAW Hamburg bietet u.a. im Bachelorstudiengang *Elektro- und Informationstechnik* mit Studienschwerpunkt Energietechnik eine umfassende Ausbildung der Studierenden auf den Gebieten der elektrischen und regenerativen Energietechnik an. Darüber hinaus startet im Wintersemester 2013/14 der neue Bachelorstudiengang *Regenerative Energiesysteme und Energiemanagement – Elektro- und Informationstechnik*, der sich besonders den energie- und informationstechnischen Bereichen der regenerativen Energien widmet. Eine umfas-

sende Praxisorientierung in Lehre, Studium und innovativer, anwendungsnaher Forschung auf dem Gebiet der regenerativen Energien ist dabei unerlässlich. Hierzu bieten sich beispielsweise Photovoltaik- (PV-) Anlagen an.

Aus diesem Grunde sollte die im Jahr 1989 installierte, aber nicht mehr betriebsbereite PV-Anlage auf dem Dach des Gebäudes Berliner Tor 7 des Departments Informations- und Elektrotechnik abgebaut und durch eine neue, leistungsfähigere PV-Anlage ersetzt werden („Repowering“). Die neue PV-Anlage soll den Studierenden als Outdoor-Testfeld zur Verfügung stehen und es ihnen ermöglichen, die bisher lediglich im kleinen Leistungsbereich und unter Laborbedingungen durchgeführten Untersuchungen zu PV-Systemen unter praxisnahen Umgebungsbedingungen zu absolvieren. Die neue PV-Anlage wurde im Rahmen von zwei Bachelorarbeiten [1], [2] geplant und errichtet und ging am 11.01.2013 in Betrieb.

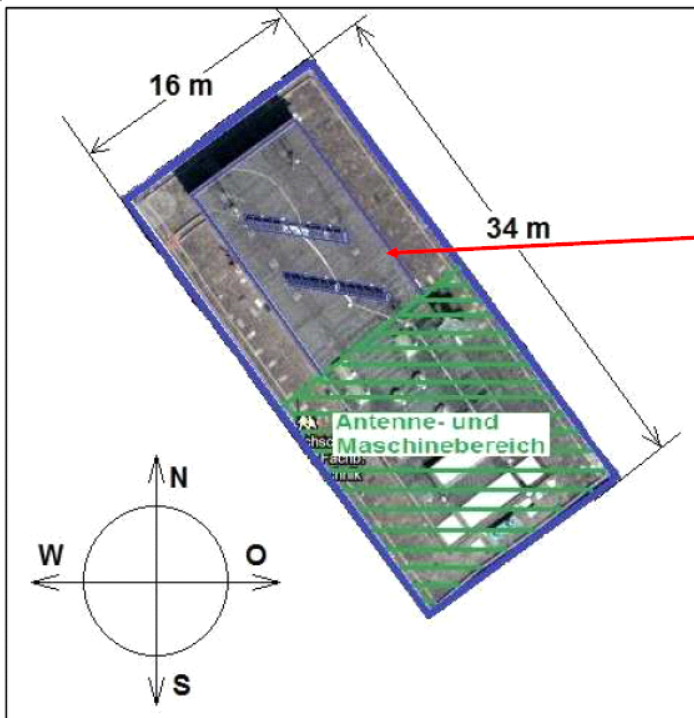
Im Rahmen der Bachelorthesis [1] wurde die Altanlage analysiert und mögliche Repowering-

Konzepte auf Basis leistungsfähigerer PV-Module erarbeitet. Um den Ansprüchen eines Outdoor-Testfeldes gerecht zu werden, wurden umfangreiche Messeinrichtungen zur Erfassung relevanter Umgebungsdaten (Bestrahlungsstärke und -spektrum, Temperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung, Luftfeuchtigkeit, Himmelsbild) und Betriebsdaten (Ströme, Spannungen und Leistungen auf der Gleich- und Wechselstromseite, U-I-Kennlinie, Energieertrag) projektiert.

Im Rahmen der Bache-



Bild 1:
Erneuerte PV-Anlage auf
dem Dach des Hochhaus-
es Berliner Tor 7
mit Blick auf die
Außenalster



lorthesis [2] erfolgte die Verfeinerung des Repowering-Konzepts sowie insbesondere eine detaillierte Ausführungsplanung unter Berücksichtigung anerkannter Regeln der Technik. Hierbei dienten die RAL-GZ 966 Prüf- und Gütebestimmungen des Deutschen Instituts für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. als Leitfaden. Die Überwachung der Demontage der Altanlage, der Installation der Neuanlage sowie deren Inbetriebnahme gehörten ebenso zum Aufgabenpaket. Außerdem wurden große Teile der in [1] projektierten Messeinrichtungen beschafft.

Standortbeschreibung

Das Dach des Gebäudes Berliner Tor 7 befindet sich auf dem 14. Stock in exponierter Lage, so dass keine Abschattungseffekte von umliegenden Gebäuden auftreten. Es ist als Flachdach mit umlaufender Attika ausgebildet und bietet somit sicheren Zugang auch bei widrigen Witterungsbedingungen. Bild 2 zeigt den Standort mit Blick auf die PV-Anlage. Die Anlage ist nach Süden ausgerichtet.

PV-Module

Die Altanlage bestand aus 48 monokristallinen

PV-Modulen SM 55 der Siemens AG mit einer Nennleistung von jeweils 55 Wp (Watt peak). 24 PV-Module waren gemeinsam auf einer Unterkonstruktion montiert und bildeten jeweils einen PV-Generator mit einer Nennleistung von 1,32 kWp, der die elektrische Energie über einen Wechselrichter ins Hausnetz einspeiste (Strangwechselrichterkonzept).

Vorgabe für die Neuanlage war, dass die vorhandenen zwei Aufständungen weiter genutzt werden. Die neue PV-Anlage umfasst 14 monokristalline PV-Module M250-60 GET AK 240 Wp der Solarwatt AG mit einer Nennleistung von jeweils 240 Wp. 7 PV-Module sind gemeinsam auf einer Unterkonstruktion montiert und bilden jeweils einen PV-Generator mit einer Nennleistung von 1,68 kWp.

Die wichtigsten technischen Daten der Alt- und der Neuanlage sind in Tabelle 1 gegenübergestellt.

Bild 2:
Standort Berliner Tor 7 mit Blick auf die PV-Anlage mit zwei Aufständungen

Tabelle 1:
Technische Daten der Alt- und der Neuanlage

	Altanlage	Neuanlage
PV-Modul:	SM 55 Siemens AG	M250-60 GET AK 240 Wp Solarwatt AG
Zelltechnologie	Monokristallines Silizium	
Zellwirkungsgrad	12,9 %	14,4 %
Nennleistung	55 Wp	240 Wp
Nennspannung	17,4 V	29,5 V
Nennstrom	3,16 A	8,15 A
Leerlaufspannung	21,7 V	36,7 V
Kurzschlussstrom	3,4 A	8,76 A
Abmessungen (L x B)	1,29 m x 0,33 m	1,68 m x 0,99 m
Gewicht	5,5 kg	24 kg
PV-Generator:		
Anzahl an PV-Modulen	24	7
Nennleistung	1,32 kWp	1,68 kWp
Anzahl an PV-Generatoren	2 (2 Stränge)	

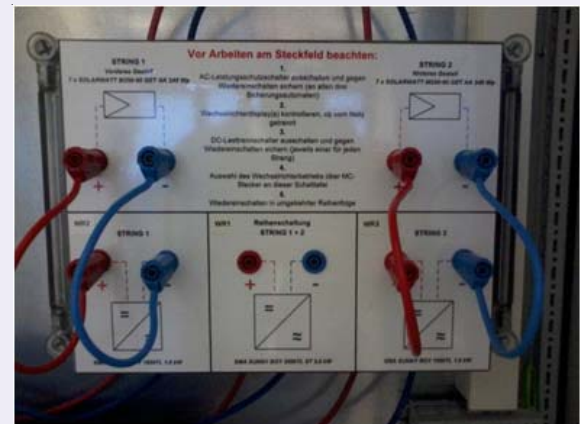
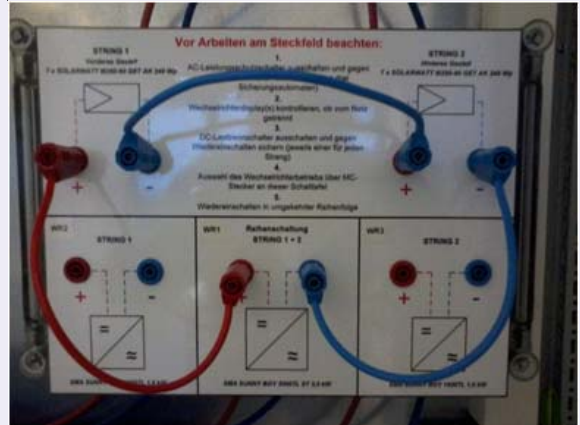


Bild 3a (links):
Schaltschrank mit
Netzwechselrichter
Oben:
Zentralwechselrichter
Unten:
Strangwechselrichter

Bild 3b (rechts):
Steckfeld
Oben:
Zentralwechselrichter-
betrieb
Unten:
Strangwechselrichter-
betrieb

Wechselrichter der
Typen Sunny Boy 3000TL
Single Tracker (Zentral-
wechselrichter,
Ausgangsleistung 3 kVA)
und Sunny Boy 1600TL
(Strangwechselrichter,
Ausgangsleistung
1,6 kVA) der SMA Solar
Technology AG speisen
die Energie ins 230 V-
Haus-Wechselspan-
nungsnetz ein.

Vor der Montage der neuen PV-Module erfolgte eine exemplarische Überprüfung der Kennliniendaten unter Einsatz des Sonnensimulators im Technikum der HAW (Berliner Tor 11). Es handelt sich dabei um ein Simulationssystem, das die Einstrahlungsverhältnisse der Sonne nachbildet und mit dessen Hilfe sowohl solarthermische als auch photovoltaische Wandler-systeme unter realitätsnahen Einstrahlungsbedingungen vermessen werden können. Eine regelmäßige Wiederholung der Vermessung liefert Rückschlüsse auf das Degradationsverhalten (Zellalterung) der PV-Module.

Wechselrichter

Zur Umformung des von den PV-Generatoren gelieferten Gleichstroms in Wechselstrom werden sog. Wechselrichter eingesetzt. Hierzu gibt es zwei grundsätzliche Konzepte:

1. Zentralwechselrichterkonzept:
Beide PV-Generatoren speisen ihre Energie über einen gemeinsamen (zentralen) Wechselrichter ein (Bild 3a, oben).
2. Strangwechselrichterkonzept:
Jeder PV-Generator speist seine Energie über einen separaten, ihm zugeordneten Wechselrichter ein (Bild 3a, unten).

Im Hinblick auf eine praxismgerechte Ausbildung der Studierenden sollten beide Anlagenkonzepte verwirklicht werden. Die Auswahl erfolgt über ein modulares Steckfeld (Bild 3b).

Bild 4 zeigt für den am Detail interessierten

Leser den einphasigen Stromlaufplan der PV-Anlage.

Datenlogger

Zur ersten Erfassung der elektrischen Ertragsdaten ist die WebBox der SMA Solar Technology AG als Datenlogger integriert. Im Sunny Portal kann auf wichtige Anlagen- und Ertragsdaten zugegriffen werden [5].

Die PV-Anlage wird derzeit im Rahmen zweier weiterführender Bachelorarbeiten um eine umfangreiche Messdatenerfassung [3] und ein Datenmanagementsystem [4] erweitert. Diese Arbeiten sollen bis Herbst 2013 abgeschlossen sein.

Ziel ist die Erfassung aller relevanter Umgebungsdaten (Bestrahlungsstärke und -spektrum, Temperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung, Luftfeuchtigkeit, Himmelsbild) und Betriebsdaten (Ströme, Spannungen und Leistungen auf der Gleich- und Wechselstromseite, U-I-Kennlinie, Energieertrag) mit hoher Dichte über alle Betriebsjahre hinweg. Die Speicherung und Sicherung dieser Datenmengen erlaubt zielgerichtete Analysen des Verhaltens der PV-Anlage in Bezug auf das Langzeitverhalten und die Korrelationen zwischen Umgebungs- und Betriebsdaten. Somit steht den Studierenden in Laborversuchen und Projektarbeiten im Rahmen von Lehr- und Forschungsaktivitäten eine moderne PV-Anlage samt vollständiger Leistungshistorie zur Verfügung.

Danksagung

Besonderer Dank gebührt den am Wiederaufbau und an der Erweiterung im Rahmen von Bachelorarbeiten beteiligten Studierenden. Finanziert wurde die PV-Anlage größtenteils aus Investitionsmitteln des Departments Informati- ons- und Elektrotechnik, aber auch durch Spenden der Solarwatt AG (PV-Module) und des Vereins HAW Solar e.V. (Messtechnik).

Literatur

[1] Repowering einer Photovoltaik-Dachanlage, Bachelorthesis Nam Nguyen, 2010

- [2] Repowering der PV-Anlage auf dem Dach des E-Hochhauses unter Berücksichtigung der RAL Güte- und Prüfbestimmungen, Bachelorthesis Tim Lüdeke, 2013
- [3] Messdatenerfassung für die PV-Anlage auf dem Dach des E-Hochhauses, *Arbeitstitel der Bachelorthesis* Maik Ingendorf
- [4] Durchsatzoptimierter Datentransfer und Datenbereitstellung für hochfrequente Photovoltaik-Messdaten, *Arbeitstitel der Bachelorthesis* Jeremy Beier
- [5] www.sunnyportal.com/Templates/PublicPageOverview.aspx?plant=fd70d0a7-a778-4ffc-9bab-04ffb7a31da0&splang=de-DE □

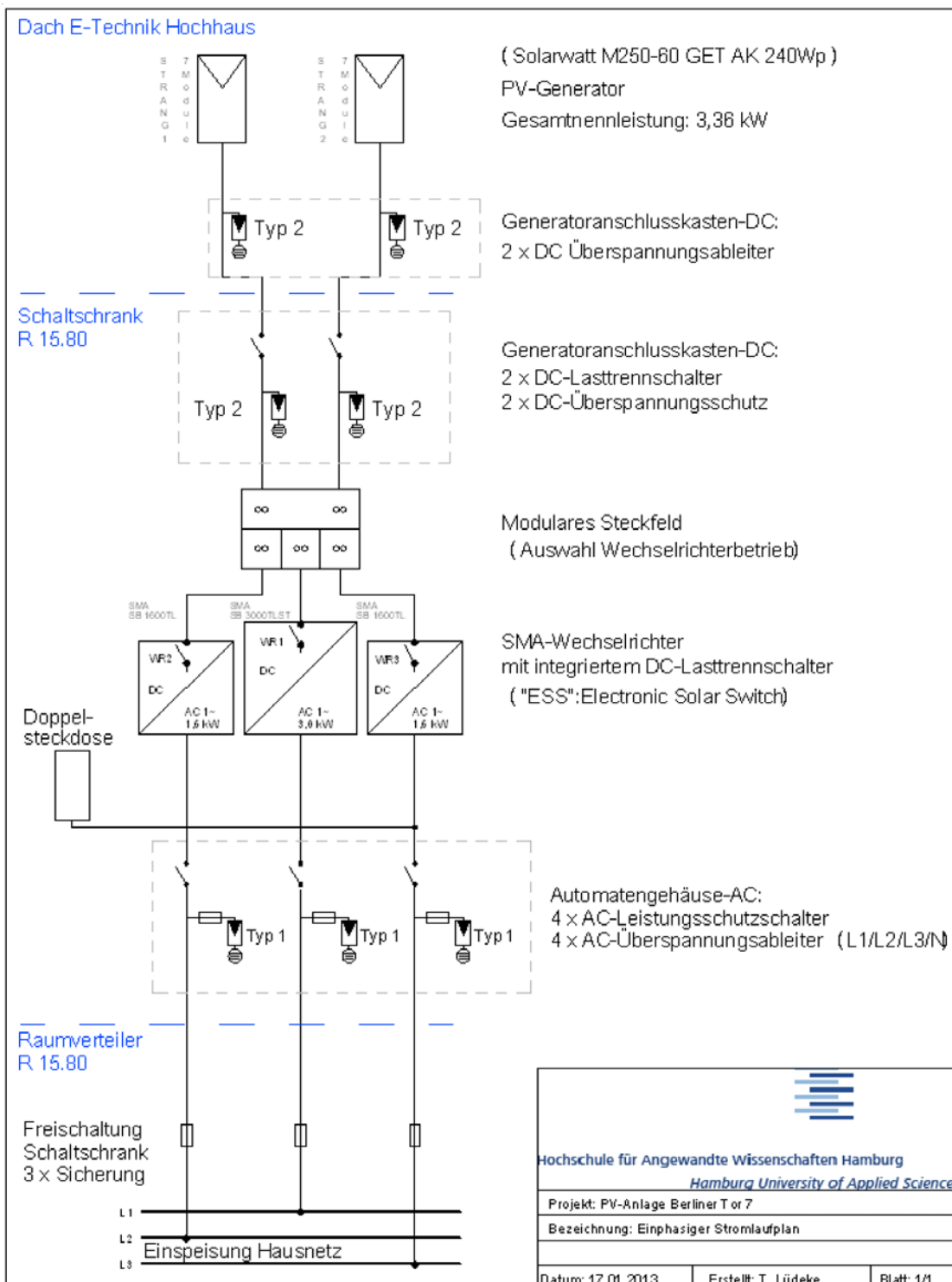


Bild 4:
Einphasiger Stromlauf-
plan der PV-Anlage



Dipl.-Ing.
MATTHIAS SCHNEIDER



Dipl.-Phys.
VALENTIN ROSCHER



Dipl.-Ing.
GÜNTER MÜLLER



Prof. Dr.-Ing.
KARL-RAGMAR
RIEMSCHNEIDER



Prof. Dr.-Ing.
JÜRGEN VOLLMER

E-MAIL:
karl-ragmar.
riemschneider@
haw-hamburg.de

Fahrzeuggatterien mit integrierten Zellensensoren

MATTHIAS SCHNEIDER, VALENTIN ROSCHER, GÜNTER MÜLLER,
KARL-RAGMAR RIEMSCHNEIDER, JÜRGEN VOLLMER
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Technik und Informatik
Department Informations- und Elektrotechnik

Zusammenfassung

Bei der Automobil-Starterbatterie und bei der Gabelstaplerbatterie wird heute die Bleibatterie als Ganzes überwacht. Will man Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit der Batteriefunktionen steigern, ist eine Einzelzellenüberwachung notwendig. Im BMBF-Projekt „BATSEN – Drahtlose Sensoren für Fahrzeug-Batterien“ wird der Einsatz von drahtlosen Sensoren *zum Einbau in* die Batteriezellen untersucht. Dabei werden Temperatur und Spannung in der Zelle gemessen und drahtlos an ein Steuergerät gesendet. Dort werden diese Daten zusammen mit einer Strommessung verarbeitet und somit Lade- und Alterungszustand der Zellen bestimmt. Im Rahmen des Projekts wurden Prototypen für Sensoren und Batterie-Management-Systeme aufgebaut. Gegenwärtig werden diese Prototypen für den Einsatz auf Starterbatterien sowie sehr großen Lithiumzellen adaptiert. Seit Kurzem wird das Projekt BATSEN durch die Graduierten Schule „Graduate School Key Technologies for Sustainable Energy Systems in Smart Grids“ verstärkt, sodass zwei Doktoranden die Batteriesensoren erforschen können.

1 Einleitung

An Autobatterien werden heute mehr Anforderungen denn je gestellt. Dazu gehört neben dem Starten des Verbrennungsmotors auch das Puffern der umfangreicher werdenden Bordelektronik und die Versorgung sicherheitskritischer Systeme, wie ABS, ESP, ASR, Lenkhilfen u.a. Dies macht eine Überwachung erstrebenswert, die frühzeitig vor einem Ausfall der Batterie warnt. Auch Traktionsbatterien in Gabelstaplern sind als große, mehrzellige Bleibatterien ausgeführt, siehe Bild 1. Hier wäre der Einsatz einer Batterieüberwachung zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ebenfalls erstrebenswert.

Vorhandene Systeme zur Überwachung dieser Batterietypen beschränken sich auf

Strom- und Spannungsmessungen an den äußeren Batteriepolen. Aus diesen Informationen werden Ladezustand (engl.: State of Charge, kurz: SoC) und Alterungszustand (engl.: State of Health, kurz: SoH) ermittelt.

Bei einer Reihenschaltung ist durch Messung an den äußeren Batterie-Polen jedoch nur eine Aussage über die mittlere Zellspannung möglich. Eine einzelne Zelle mit besonders schlechtem Lade- oder Alterungszustand kann so nicht ermittelt werden. Dies ist in Bild 2 dargestellt [12]. Auffällig ist hierbei die Zelle an Sensor 7, die besonders schwach erscheint. Von außen ist diese Abweichung der Zellspannung vom Durchschnitt nicht zu bemerken, obwohl diese Zelle bereits tiefentladen ist.

Grund für die unterschiedlichen Zustände der Zellen sind Herstellungstoleranzen und minimale Unterschiede in den Betriebsbedingungen (z.B. Temperatur). Zellen, die bereits den schädlichen Bereich der Tiefentladung erreicht haben, erleiden sukzessiv Schäden, die ihre Kapazität noch weiter verringern und letztlich die Alterung verstärken. Durch die Zellenüberwachung lassen sich Lade- und Entladeverhalten der Batterien so steuern, dass eine Überlastung der schwachen Zellen vermieden wird.

Das Problem der unterschiedlichen Zustände der Zellen wächst mit der Anzahl der Zellen in der Reihenschaltung. Gabelstapler haben bis zu 40 Zellen, Lithiumbatterien für E-Autos sogar weit über 100 Zellen.



Bild 1: Traktionsbatterie für Gabelstapler mit Versuchssensoren der Klasse 1 [12]

2 Drahtlose Zellenüberwachung

Im Rahmen des Projekts „BATSEN – Drahtlose Zelle Sensoren für Fahrzeugbatterien“ sollen die Möglichkeiten drahtloser Batteriezellenüberwachung untersucht werden. Dabei steht der wirtschaftliche und sichere Betrieb sowie die Vorhersage von Ausfällen im Mittelpunkt.

Eine Überwachung der Einzelzellen erfolgt heutzutage bereits bei Lithium-Batterien. Diese verdrahtete Messlösung bringt eine Reihe von Nachteilen mit sich, siehe Tabelle 1. Für die Messtechnik stellt die erforderliche Potentialtrennung ein Problem dar.

	Verdrahtet	Drahtlos
Aufwändige Messkabel und Stecker	notwendig	entfällt
Kompatible Konstruktion	aufwendig	möglich
Robustheit	problematisch	hoch
Potentialtrennung	kritisch	physikalisch gegeben
Modularität für unterschiedliche Zellenanzahl	gering	hoch
Chemisch beständige Werkstoffe/ Kapselung	problematisch	weniger Aufwand
Synchronisation zur Bordnetz-funktion	gut	möglich
Effektoreinbindung (Zellenausgleich)	gut	möglich
Kosten	schlecht	gut

Tabelle 1: Vergleich von verdrahteter und drahtloser Zellenüberwachung

Das Prinzip der Zellenüberwachung durch Funksensoren ist schematisch in Bild 3 dargestellt. Die Zelle Sensoren messen Spannung und Temperatur an den Batteriezellen. Die Messwerte werden als Datenpakete drahtlos an das Batteriesteuergerät übertragen. Dort werden die Daten der Zelle Sensoren empfangen, und es wird der Strom an der Batterie gemessen.

Anschließend werden mit diesen Messdaten Lade- und Alterungszustand jeder einzelnen Zelle bestimmt. Dazu sollen technologie- und typenspezifische Verfahren und Modelle zum Einsatz kommen [17]. Die verteilte Messung und Vorverarbeitung der Sensordaten sowie eine zentrale Auswertung aller Messdaten ist ein Gegenstand des Forschungsvorhabens.

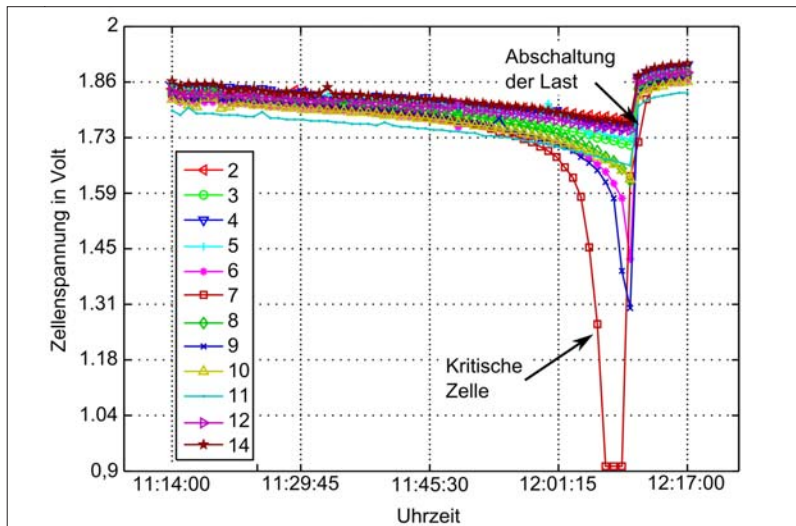


Bild 2: Verlauf der von den Zelle Sensoren erfassten Spannungen bei einer Traktionsbatterie unter Last mit einer geschwächten Zelle [12]

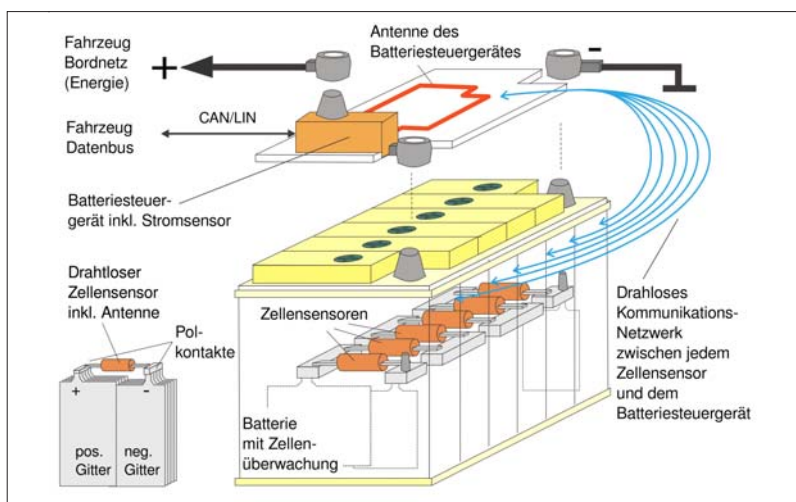
3 Aufbau der Zelle Sensoren

Abhängig von der Anwendung sollen autonome, teilautonome (synchronisierte) und zentral gesteuerte Zelle Sensoren untersucht werden.

Funktionsklasse	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Übertragung zw. Sensor und Steuergerät	Nur Uplink, kein Downlink	Uplink u. Downlink mit Broadcast-Wake-up	Uplink u. Downlink mit Multi-cast u. adressierten Kommandos
Empfänger im Sensor	Kein Empfänger	Passiver Empfänger	Aktiver Empfänger
Wechsel des Sensor- und Messbetriebsmodus	Autonome Entscheidung	Teilautonome Entscheidung	Zentral kommandierte Entscheidung
Mess- und Netzorganisation	Ohne Synchronisation	Einfache zentrale Synchronisation	Komplexe, paarweise Synchronisation
Balancierungseffektor in der Zelle	Dezentrale Steuerbarkeit schwierig	Bedingt möglich (dezentrale Entscheidung)	Gut möglich (zentrale Entscheidung)

Tabelle 2: Übersicht Sensorklassen

Bild 3: Schematische Darstellung der drahtlosen Zellenüberwachung



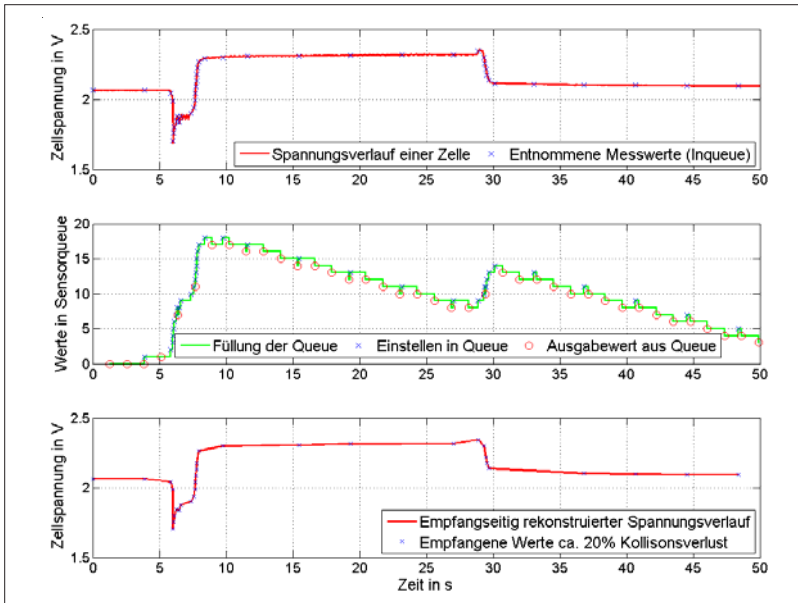


Bild 5: Beispiel der Vorverarbeitung in der Klasse 1 beim Startvorgang (Sek. 6-7) und Abschalten (Sek. 28-29) eines Verbrennungsmotors im PKW
 Oben: Verlauf der Zellenspannung am Sensor;
 Mitte: Verlauf der Füllung der Warteschlange im Sensor;
 Unten: Rekonstruierter Spannungsverlauf im Batteriesteuergerät [13].

den. Diese drei Klassen von Sensoren sind in Tabelle 2 gegenübergestellt. Gegenwärtig werden die Versuchsmuster aller Sensoren von Mikrocontrollern der MSP-Familie gesteuert. Diese besitzen einen sehr niedrigen Stromverbrauch und können über einen internen RC-Oszillator betrieben werden. Die Datenerfassung erfolgt über einen internen ADC und eine integrierte Diode, die zur Temperaturmessung verwendet wird. Für die Versorgung der Sensor-Hardware ist ein Step-Up- oder ein Step-Up-Down-Wandler auf dem Zellemsensor verbaut, sodass ein Betrieb zwischen 0,5 V und 5 V Zellspannung möglich ist. Die Funkübertragung der Messwerte (Uplink) erfolgt im ISM-Band bei 433 MHz mit OOK-Modulation.

Bild 7: Blockschaltbild eines Sensors der Klasse 2 [7]

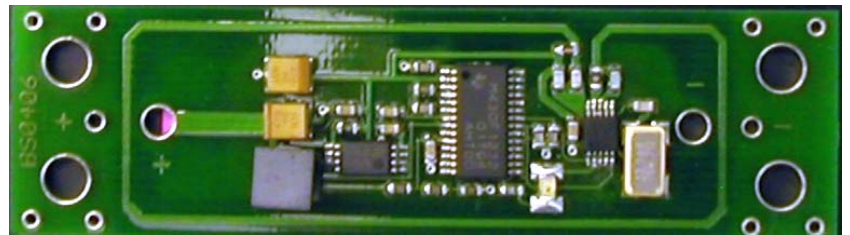
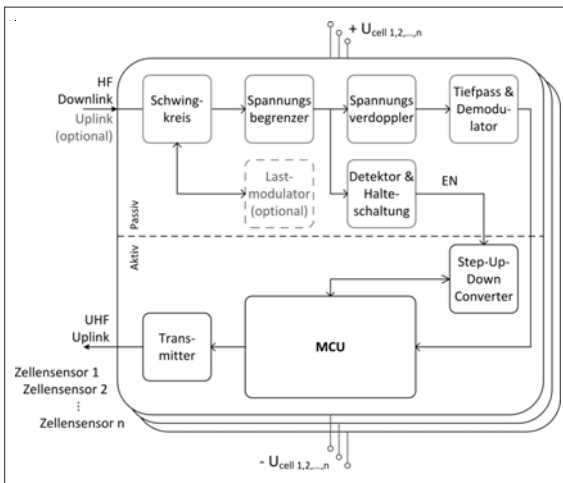


Bild 6: Bisheriges Versuchssensor-Muster der Klasse 1 für die Traktionsbatterie
 Mitte: Mikrocontroller MSP430F1232
 Rechts Transmitter 433 MHz, hier noch mit Sendequarz
 Links: Step-Up-Wandler,
 Umlaufend: Schleifenantenne auf der Platine
 Rechts und Links außen: Polanschlüsse zu den Elektrodenpolen (Plattenverbinder) der Zellen

mehr erforderlich.

Als Fernziel soll die benötigte Sensor-Hardware inklusive Analog-, Digital- und HF-Schaltungen in einen IC integriert werden.

3.1 Autonome Sensoren der Klasse 1

Ein Anwendungsgebiet dieser einfachsten Sensorklasse ist die Starterbatterie. Da diese in Massenfertigung hergestellt wird, ist der Sensor besonders kostensensitiv. Eine Empfangsschaltung wird bei dieser Klasse daher nicht integriert.

Somit ist eine Synchronisation der Funkkanalzugriffe wie auch eine sensorseitige Überprüfung des Kanals auf Belegung nicht möglich. Um die resultierenden Kollisionen zu verringern, wird mit pseudo-zufälligen Übertragungszeitpunkten und einer niedrigen durchschnittlichen Senderate gearbeitet [10]. In der Regel werden vom Sensor nur wenige Messwerte aufgenommen. Jedoch können beispielsweise beim Start des Motors, starke Spannungsschwankungen auftreten, die eine höhere Messrate nötig machen. Somit können die Messwerte nicht mehr direkt übertragen werden, sondern müssen im Sensor in einer Warteschlange (Queue) zusammen mit einem

lokalen Zeitstempel des Sensors zwischengespeichert werden.

Sobald die Messrate dann wieder unter die Senderate fällt, wird die zwischenspeichernde Warteschlange im Sensor geleert. Die übertragenen Messdaten werden im Steuergerät anhand der Zeitstempel den jeweiligen Messzeitpunkten zugeordnet, sodass das Spannungssignal des Sensors rekonstruiert werden kann. Siehe Bild 5.

Eine wichtiger Aspekt ist, dass aufgrund der ungenauen RC-Oszillatoren (typ. Fehler 1-5 %) der Sensoren die lokalen Zeitstempel der Sensoren nachträglich korrigiert werden müssen. Diese ungenauen Zeitstempel werden durch laufend ermittelte Korrekturfaktoren bis in den Bereich einiger Millisekunden genau rekonstruiert [13].

Ein Versuchsmuster dieser Sensorklasse ist in Bild 6 dargestellt.

3.2 Teilautonome Sensoren der Klasse 2

Im Rahmen einer Masterthesis [7] wurde ein Testsystem für diese Sensorklasse aufgebaut, siehe Bilder 7-9. Über den Downlink ist eine Synchronisierung der Sensoren möglich. Die übrigen Messfunktionen können somit bei allen Sensoren zeitgleich erfolgen, die Datenübertragung jedoch nacheinander.

Hierbei wird auf dem Batteriesteuergerät ein IC eines RFID-Readers, der bei 13,56 MHz arbeitet, für die Realisierung des Downlinks eingesetzt, siehe Bild 7 und Bild 8. Die entsprechende Transponder-Frontend-Schaltung auf dem Sensor ist diskret aufgebaut [2]. Die Transponder-Schaltung benötigt wie die meisten RFID-Chips keinen Versorgungsstrom, sondern wird aus der Antenne über eine Gleichrichtung gespeist. Daher wird in Anlehnung an die passiven RFID Transponder von einem passiven Empfänger gesprochen.

Der Hauptvorteil dieser Schaltung ist die Möglichkeit, den Step-Up-Down-Wandler auf dem Sensor über den Downlink-Kanal aktivieren zu können, siehe Bild 7. Dadurch kann der restliche Sensor – nicht nur der Transmitter – in Ruhephasen durch Deaktivieren des Spannungswandlers komplett von der Versorgungsspannung getrennt werden. Somit fallen nahezu keine Verluste in der Ruhephase an, obwohl der passive Empfänger ständig bereit ist.

Die nachteiligen Reichweiten- und Empfindlichkeitseinschränkungen für passive Systeme im Downlink-Kanal sind nach ersten Ergebnissen an einer Traktionsbatterie noch akzeptabel.

3.3 Zentral gesteuerte Sensoren der Klasse 3

Prototypen der Klasse 3 Sensoren wurden in einer kürzlich abgeschlossenen Bachelorarbeit [18] erstmals aufgebaut. Diese Sensoren enthalten einen vollwertigen Downlink-Empfänger für adressierte Kommandos. Dies ist Grundlage für erweiterte, zentral gesteuerte Messverfahren, sowie für Ladungsbalancierung zwischen den Zellen. Diese Sensoren sind vor allem für große Lithium-Batterien vorgesehen.

Ein aktiver Empfänger verbraucht relativ viel Energie. Um dennoch einen niedrigen Verbrauch im Ruhezustand zu erreichen wurde ein passiver Wakeupempfänger auf Basis einer Diodenempfängerschaltung implementiert. Dieses ermöglicht ein Aktivieren der Sensoren aus einem energieeffizienten Schlafzustand. Eine weitere laufende Arbeit beschäftigt sich aktuell mit der Weiterentwicklung dieser Sensoren.

3.4 Effektor für Ladungsbalancierung

Der Ladungszustand von ‚schwachen‘ und ‚gesunden‘ Zellen kann durch einen vom Controller im Sensor geschalteten Nebenstrom-

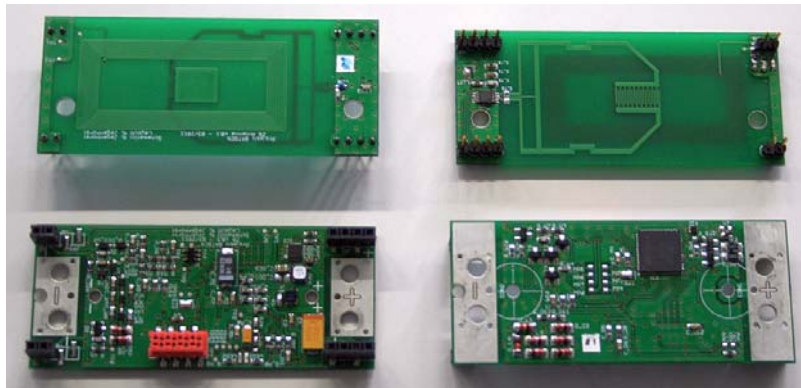


Bild 8: Zwei Sensoren der Klasse 2:

- a: Oberseite der Antennenplatte mit gedruckter 13,56 MHz Spulenantenne für den Downlink,
- b: Unterseite der Antennenplatte mit 433 MHz Antenne für den Uplink,
- c: Ober- und Unterseite der Sensorplatte mit Controller, Step-Up/Down-Versorgung und als SMD diskret aufgebautes Transponder-Frontend für den passiven Down-Link-Empfang [7].

pfad, siehe Bild 11, in gewissem Umfang angeglichen (balanciert) werden, was die Schädigung der ‚schwachen‘ Zellen vermindert.

Im Zellenensor wird vom Controller ein MOSFET-Schalter betätigt, um als lokaler Effektor einen Strom für diesen Strompfad zwischen beiden Polanschlüssen zusätzlich ein- oder auszuschalten. In den Ruhe- und Ladephasen steht viel Zeit für den Zellenausgleich zur Verfügung, so dass nur ein begrenzter Strom verwendet werden kann und keine Leistungselektronik benötigt wird.

Die Steuerung der zellenweisen ‚Stromumleitung‘ benötigt u.a. ein passendes Entscheidungsmodell. Dazu besteht Forschungsbedarf im Rahmen des Vorhabens. Allgemein gibt es sehr wenig Vorerfahrung oder Beispiele für die Verwendung von Effektorfunktionen im Rahmen von drahtlosen Sensornetzen.

Eine Reihe von Zellenausgleichsverfahren werden für die modernsten Lithium-Batteriemonitoring-IC beworben. Diese arbeiten jedoch stets mit drahtgebundener Kommunikation. Dabei treten die vorgenannten Nachteile auf.

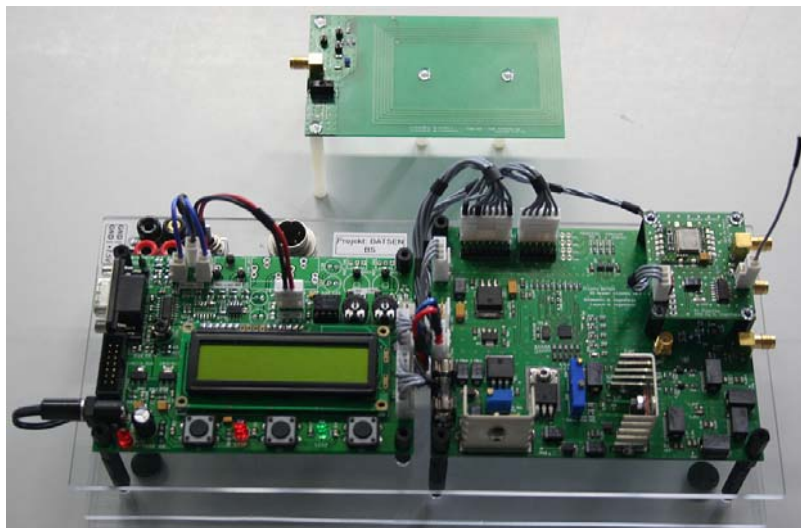
4 Systemeinbindung

4.1 Sensor-Kalibrierung und Erprobung

Die mit den Zellenensoren erfassten Spannungen müssen bis in den Millivolt-Bereich genau erfasst werden, da bei modernen Batterie-

Bild 9: Zentrale Einheit für System der Klasse 2:

- a: Batteriesteuergerät mit Datenloggerfunktion;
- b: 13,56 MHz Transmitterschaltung für Downlink,
- c: 433 MHz Receiverschaltung für Uplink,
- d: 13,56 MHz Spulenantenne zur Montage auf der Batterie [7].



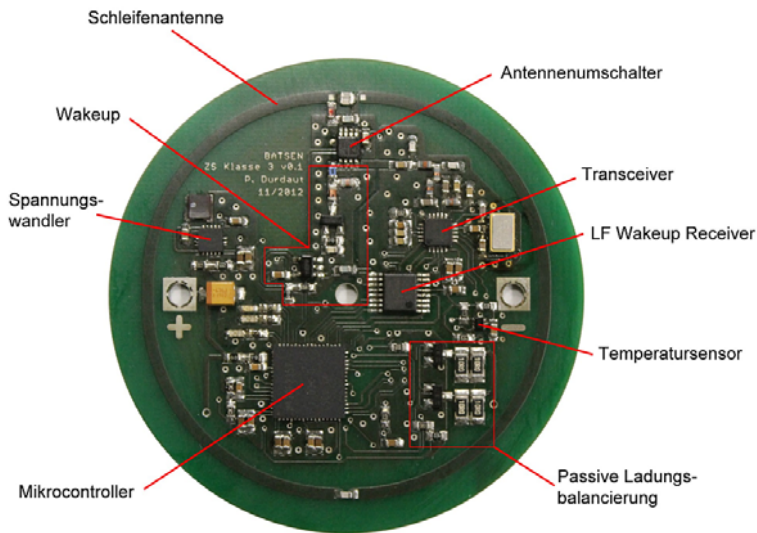


Bild 10: Prototyp eines Klasse 3 Sensors [18]

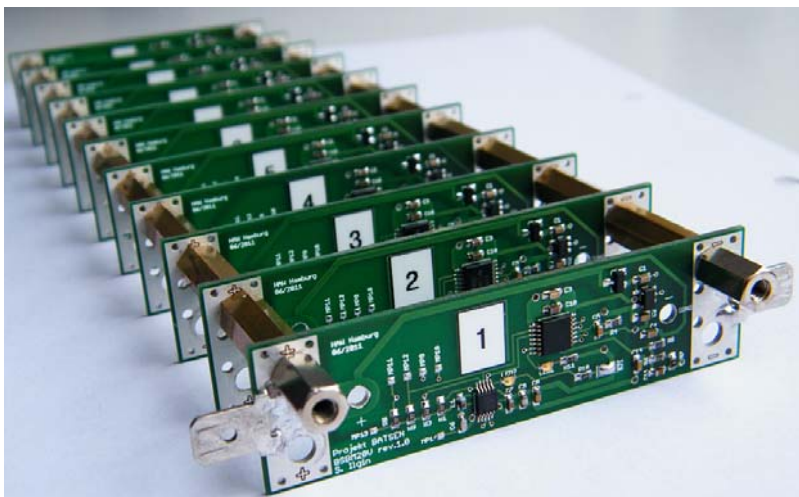
technologien die Spannungskurve bei Ladung bzw. Entladung sehr flach verläuft. Außerdem sind passende Temperaturbereiche sicherzustellen. Es muss dennoch eine Temperaturinformation bis unter ein Grad genau bestimmbar sein.

Auf dem Controllerchip steht hierfür nur eine einfache integrierte Diode zur Verfügung, deren nicht kompensierte Messwerte um einige Grad streuen. Es ist eine wichtige Teilaufgabe, die Sensoren über individuell parameterisierte Korrekturfunktionen, die im Sensor-Controller berechnet werden, zu kalibrieren. Grundlage dafür sind die umfangreiche Datenerfassung und die Regressionsrechnungen über Spannungen und Temperaturen.

Versuchsarbeiten zur Spannungs- und Temperaturkalibration erfolgen im Rahmen des Projekts [4], siehe Bild 13.

Für reproduzierbare Messwerte zur Sensorentwicklung wurde im Rahmen von zwei Bachelorarbeiten ein Zellspannungssimulator aufgebaut [15] [16].

Bild 12: Parallelschaltung von Zellensensoren zur Kalibrierung im Temperaturschrank. Diese neuen Sensoren sind bereits ohne Quarz für Controller und Sender aufgebaut [4].



4.2 Teil von Battery-Management-Lösungen

In den letzten Jahren sind Lösungen zum elektronischen Batteriemangement von vielen Firmen initiiert worden.

Einige Automobilhersteller haben die „elektronische Batterieklemme“ bereits in Serie eingeführt, welche die Strom- und Spannungsüberwachung der Gesamtbatterie vornimmt. Die Kombination mit diesen bestehenden Lösungen wird nicht ausgeschlossen, sondern sogar erwartet.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Forschungsprojekt BATSEN werden die verschiedenen Realisierungsmöglichkeiten für drahtlose Zellensensoren von Fahrzeugbatterien untersucht. Die gewählte Kommunikationsstruktur soll unterschiedliche Betriebszustände (Hochstrom- und Betriebsladung bzw. Entla-

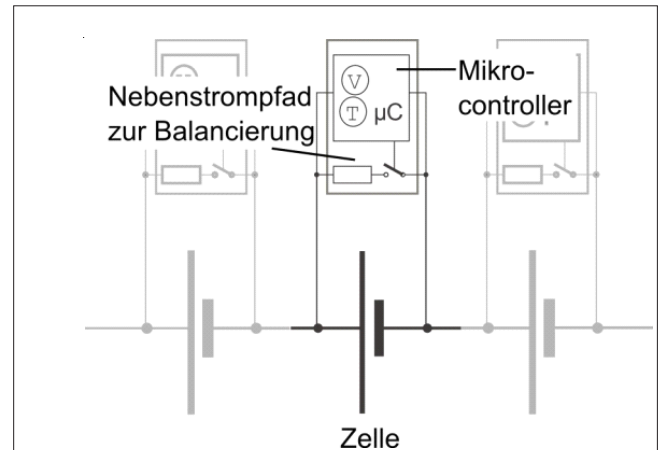


Bild 11: Blockschaltbild des Sensor-Effektors zur Zellenbalancierung mit zeitweise schaltbarem Nebenstrompfad, gesteuert durch den Sensorcontroller

dung sowie Ruhezustände) der Batterie berücksichtigen.

Ziel ist es, dabei ein flexibles und trotzdem aufwandsgünstiges System für alle Aspekte der Hardware, der Kommunikation und der Softwarestruktur zu finden.

Schwerpunkte weiterer Arbeiten sind:

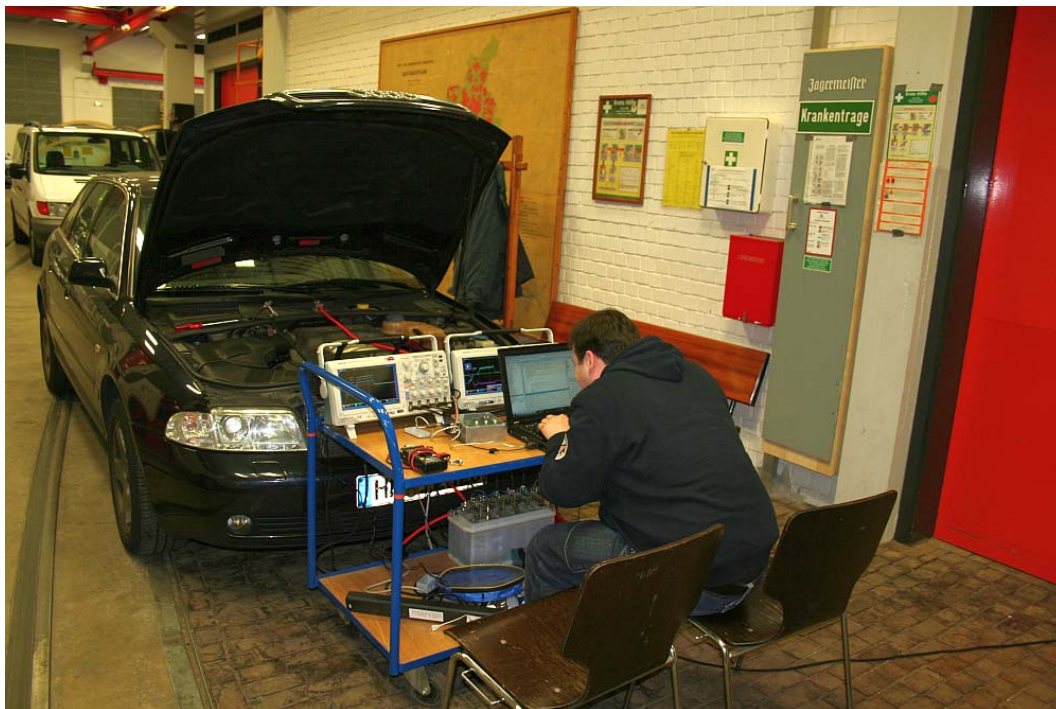
- die mikroelektronische Realisierung und die breite Erprobung mit verschiedenen Batterietechnologien,
- Erweiterung der physikalischen Messgrößen des Sensors in Zusammenarbeit mit der Graduiertenschule [21] und in Kooperation mit der Uni Hamburg,
- Konstruktive Aspekte, wie Zellen-Integration und säurefeste Kapselung,
- Anwendungserprobung im konventionellen Fahrzeug, Gabelstapler und Elektro-Automobil,
- Untersuchung weiterer Anwendungsmöglichkeiten bei Flugzeuggbatterien und stationären Energiespeichern.

Dank

Das Vorhaben BAT-SEN wird vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) gefördert (FKZ 17001X10) und von den Unternehmen Volkswagen AG, Bertrandt AG, Still GmbH, OMT GmbH, Fey Electronic GmbH und Coilcraft Ltd. unterstützt.

Referenzen und Abschlussarbeiten

- [1] T. Eger; Entwicklung von Hard- und Software eines Reader für drahtlose Sensorik m. Resonanzabgleich; Diplomarbeit 2008
- [2] A. Gisch, Erprobungsreihen zur Batteriesensorik am Gabelstapler im Praxisssemester bei Fa. Still GmbH, HAW Hamburg 2011
- [3] K. Finkenzeller; RFID Handbuch; 5. Auflage, Hansa-Verlag, 2008
- [4] S. Ilgin; Drahtlose Sensoren für Batteriemodule – Konzeption und Kalibrierung; Bachelorthesis 2011
- [5] S. Ilgin, N. Jegenhorst, R. Kube, S. Püttjer, K.-R. Riemschneider, M. Schneider, J. Vollmer Zellenweiser Messbetrieb, Vorverarbeitung und drahtlose Kommunikation bei Fahrzeugbatterien, 10. GI/ITG KuVS Fachgespräch Sensornetze, Paderborn 2011
- [6] A. Hoops, Drahtlose Batteriesensorik und Batterietest im Praxisssemester bei Fa. Still GmbH, 2010
- [7] N. Jegenhorst; Entwicklung eines Zellenensors für Fahrzeugbatterien mit bidirektionaler drahtloser Kommunikation; Masterthesis 2011
- [8] T. Krannich; Experimentalsystem für einen Sensor-Controller mit drahtloser Energie- und Datenübertragung; Diplomarbeit 2008
- [9] T. Krannich, S. Plaschke, K.-R. Riemschneider, J. Vollmer; Drahtlose Sensoren für Batteriezellen – ein Diskussionsbeitrag aus Sicht einer Anwendung; 8. GI/ITG KuVS Fachgespräch Sensornetze, Hamburg-Harburg 2009
- [10] R. Kube; Drahtloses Sensornetzwerk für Fahrzeugbatterien – Kanal, Antennen und Fehlerraten; Masterthesis, 2011
- [11] D. Linden, T. B. Reddy; Handbook of Batteries; 3. Auflage, McGraw-Hill, 2002



- [12] S. Plaschke; Experimentalsystem für drahtlose Batteriesensorik; Diplomarbeit 2008
- [13] S. Püttjer; Diagnosefunktion für Automobil-Starterbatterien; Diplomarbeit 2011
- [14] K.-R. Riemschneider; Wireless Battery Management System; Pat. Appl. WO2004/047215A1, US020060152190A1, EP000001573851A1
- [15] T. Steinmann; Hard- und Softwareentwicklung für einen Controller-gesteuerten, vernetzten Zellspannungsgenerator; Bachelorarbeit 2012
- [16] F. Schwartau; Vielkanaliger Controller-gesteuerter Zellspannungsgenerator zur Kalibrierung und zum Test von Batteriesensoren; Bachelorarbeit 2012
- [17] Y. Li; Analyse der State-of-Charge-Bestimmung einer Starterbatterie mit Einzelzellenerfassung; Masterarbeit 012
- [18] P. Durdaut; Zellenensor für Fahrzeugbatterien mit Kommunikation und Wakeup-Funktion im ISM-Band bei 434 MHz; Bachelorarbeit 2013
- [19] L. Hillermann; Starterbatterie in Lithium-Eisen-Phosphat-Technologie - parallele Zellenmodule mit Überwachungs- und Leistungselektronik; Diplomarbeit 2012
- [20] R. Loschwitz; Überwachungs-, Zellenbalancierungs- und Leistungselektronik für eine Starterbatterie in Lithium-Eisen-Phosphat-Technologie; Bachelorarbeit 2013
- [21] Graduiertenschule Graduate School Key Technologies for Sustainable Energy Systems in Smart Grids; www.chemie.uni-hamburg.de/gsmartgrids/

Bild 13: Parallele Messung mit Zellenensoren und konventioneller Messtechnik an einer mit Zellenanschlüssen modifizierten und extern angeschlossenen Starterbatterie (unten) [13]



Prof. Dr.
Robert Heß
E-MAIL:
robert.hess@
haw-hamburg.de

Verbesserung der Bildqualität und Reduktion der Strahlendosis bei Röntgenaufnahmen von Kinderhänden und -füßen

Robert Heß

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

Zusammenfassung

Ziel: Verbesserung der Bildqualität, bzw. Reduktion der Patientendosis bei digitalen zweidimensionalen Röntgenaufnahmen von Kinderhänden und -füßen durch Variation der Röntgenröhrenspannung und der Vorfilterung [1].

Vorgehensweise: Mittels eines Phantoms, welches die Absorptionseigenschaften von Kinderhänden und -Füßen simuliert, wurden das Kontrast-Rausch-Verhältnis (CNR) als Maß für die Bildqualität und die damit verknüpfte mittlere Energiedosis (\bar{D}) als Maß für die Patientendosis für Röhrenspannungen von 40 bis 66 kV mit und ohne Zusatzfilter von 0,1mm Cu/1mm Al bestimmt.

Ergebnisse: Das vorteilhafteste Verhältnis von CNR und Dosis ergab sich für die niedrigste untersuchte Röhrenspannung (40 kV) und ohne Zusatzfilterung. Im Vergleich zu Aufnahmen bei 57 kV mit Vorfilterung konnte die mittlere Energiedosis bei Beibehaltung des CNR um über 50 % gesenkt werden.

Schlussfolgerung: Durch Verwendung niedrigerer Röhrenspannungen erscheint für die digitale Radiographie von Kinderhänden und -füßen eine weitergehende Optimierung von CNR und Dosis möglich. Die Relevanz der Ergebnisse für klinische Anwendungen muss weiter überprüft werden.

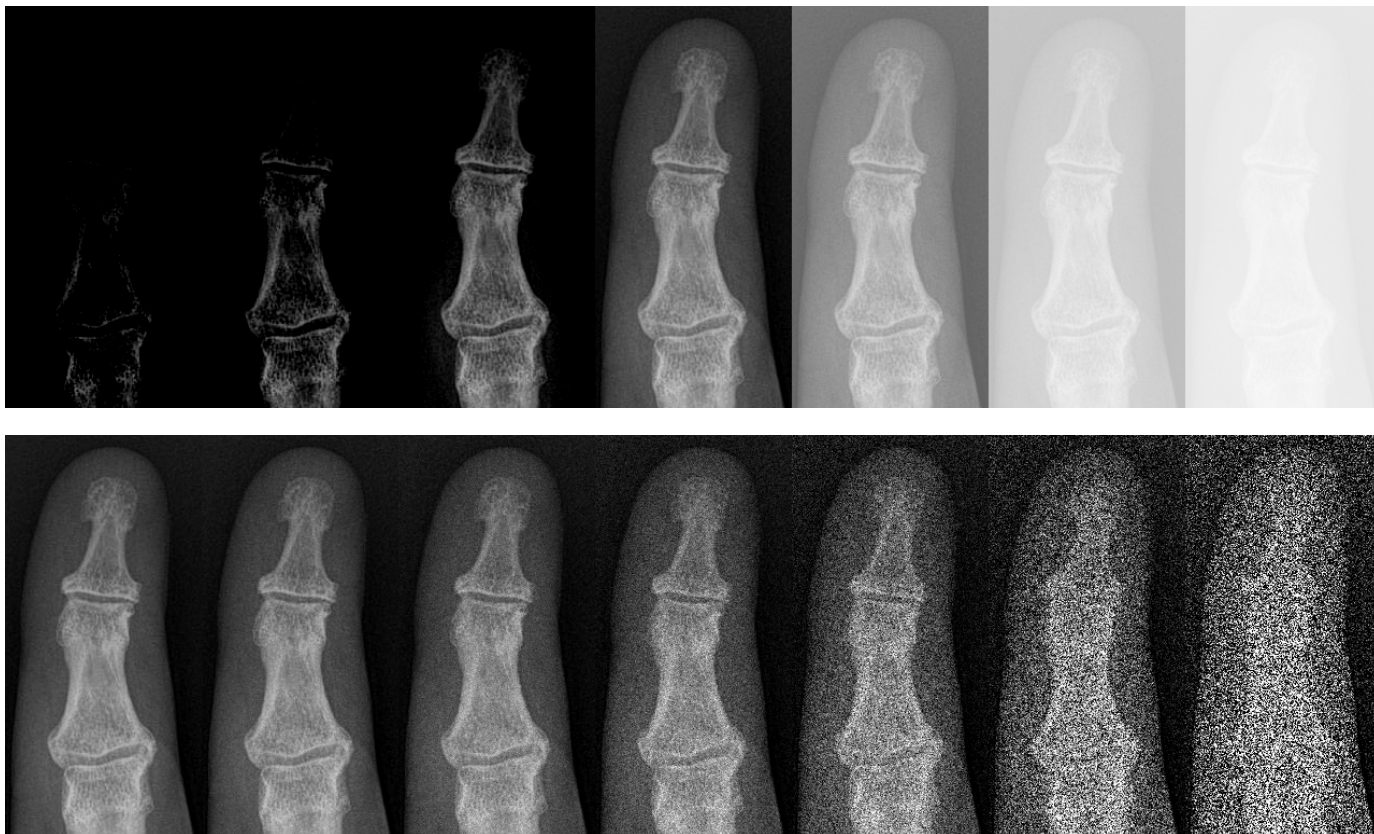
Abb. 1:
Digitales Röntgensystem, an dem die Studie durchgeführt wurde.



1 Einleitung

Röntgenaufnahmen in der Kinderradiologie bergen spezielle Herausforderungen: Auf der einen Seite erzeugt der noch nicht ausgereifte Körperbau von Kindern nur begrenzten Kontrast in Röntgenaufnahmen. Auf der anderen Seite sind Kinder empfindlicher gegenüber Röntgenstrahlen, da sich ihre Zellen schneller vermehren und sie eine höhere Lebenserwartung haben [2].

Da die Bildqualität eines Röntgenbildes unmittelbar mit der Strahlendosis für den Patienten zusammenhängt, muss bei der Wahl der Aufnahmeparameter nach dem ALARA-Prinzip (*As Low As Reasonably Achievable*, zu Deutsch: *so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar*) vorgegangen werden. Das meint, die Dosis sollte so niedrig gewählt werden, dass eine Diagnose gerade noch



sichergestellt werden kann [3,4].

Die hier gezeigte Studie beschäftigt sich mit den in der Radiologie dünnsten Objekten, den Händen und Füßen von kleinen Kindern. Ziel ist es, durch geeignete Einstellung der Aufnahmeparameter die Bildqualität bei gleichbleibender Dosis zu maximieren. Das gewonnene Datenmaterial kann auch verwendet werden, um die minimale Dosis bei gleichbleibender Bildqualität zu ermitteln. Es geht darum, das beste Verhältnis zwischen Bildqualität und Dosis zu ermitteln. Als Parameter stehen bei der Röntgenaufnahme folgende Größen zur Verfügung:

1. Spannung, mit der die Röntgenröhre betrieben wird (gemessen in kV)
2. Vorfilter zwischen Röntgenröhre und Patient (z.B. 1 mm Al + 0,1 mm Cu)
3. Strom, mit dem die Röntgenröhre betrieben wird (gemessen in mA)
4. Dauer der Aufnahme (gemessen in ms)

Da sich Röhrenstrom und Dauer der Aufnahme in gleicher Weise auf Bildqualität und Dosis auswirken, werden sie meist zum Strom-Zeit-Produkt zusammengefasst und es wird kurz vom mAs-Wert gespro-

chen. Optimierungsgrößen sind die Röhrenspannung und die Vorfilterung. Der mAs-Wert wird in dieser Studie so angepasst, dass sich für den Patienten eine gewünschte Dosis ergibt, bzw. sich eine erwartete Bildqualität einstellt.

Bei konventionellen Filmaufnahmen muss die Dosis am Bildempfänger einen vorgegebenen Wert erreichen. Wird dieser Wert nicht erreicht, so ist das Bild über- oder unterbelichtet, siehe Abbildung 2. Bei digitalen Systemen kann eine Über- oder Unterbelichtung über einen weiten Bereich in der Bildverarbeitung kompensiert werden. Was bleibt ist der sich ändernde Rauscheindruck, siehe Abbildung 3. Dieser zusätzliche Freiheitsgrad bei digitalen Systemen soll in dieser Studie ausgenutzt werden.

Abb. 2: Analoge Röntgenaufnahme eines Fingers mit nach rechts abnehmender Dosis.

Abb. 3: Digitale Röntgenaufnahme eines Fingers mit nach rechts abnehmender Dosis.

Abb. 4: Schematischer Messaufbau für die Phantomstudie.

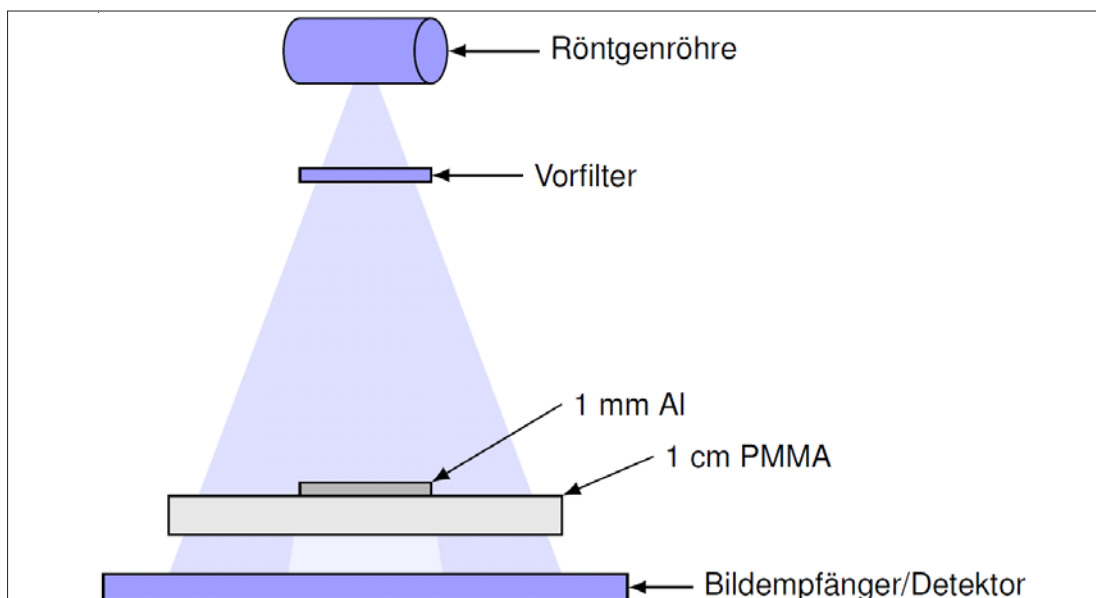
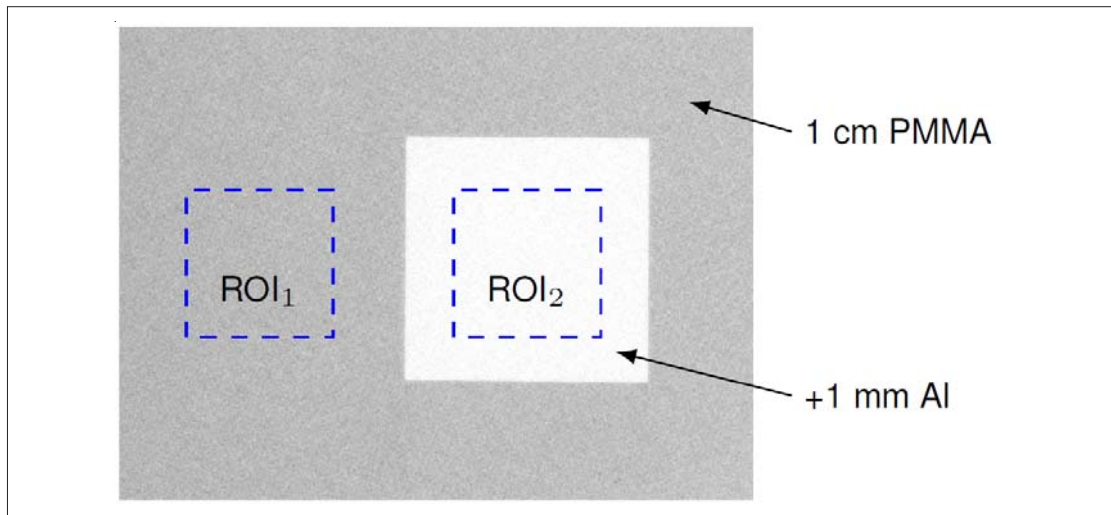


Abb. 5: Regions of interest (ROI) zur Messung des Kontrast-Rausch-Verhältnisses, CNR.



Die Optimierung soll an einem Phantom mit 10 mm PMMA (Plexiglas) und 1 mm Aluminium als Entsprechung für Weichteilgewebe und Knochen durchgeführt werden, siehe Abbildung 4. Dies ermöglicht systematisch unterschiedlichste Parameter an einem Objekt zu untersuchen, was an einem Menschen aufgrund der Strahlenbelastung nicht möglich ist.

Die Optimierung von Röhrenspannung und Vorfilterung wurde bereits mehrfach bearbeitet. Die Maximierung von Bildqualität zu Patientendosis wurde dabei nur selten betrachtet. Hervorzuheben ist eine Monte-Carlo-basierte Simulationsstudie, bei der deutlich niedrigere Spannungswerte als derzeit üblich propagiert werden [5]. Eine ähnliche Studie zu der hier beschriebenen wurde im Bereich Kinderkardiologie durchgeführt [6].

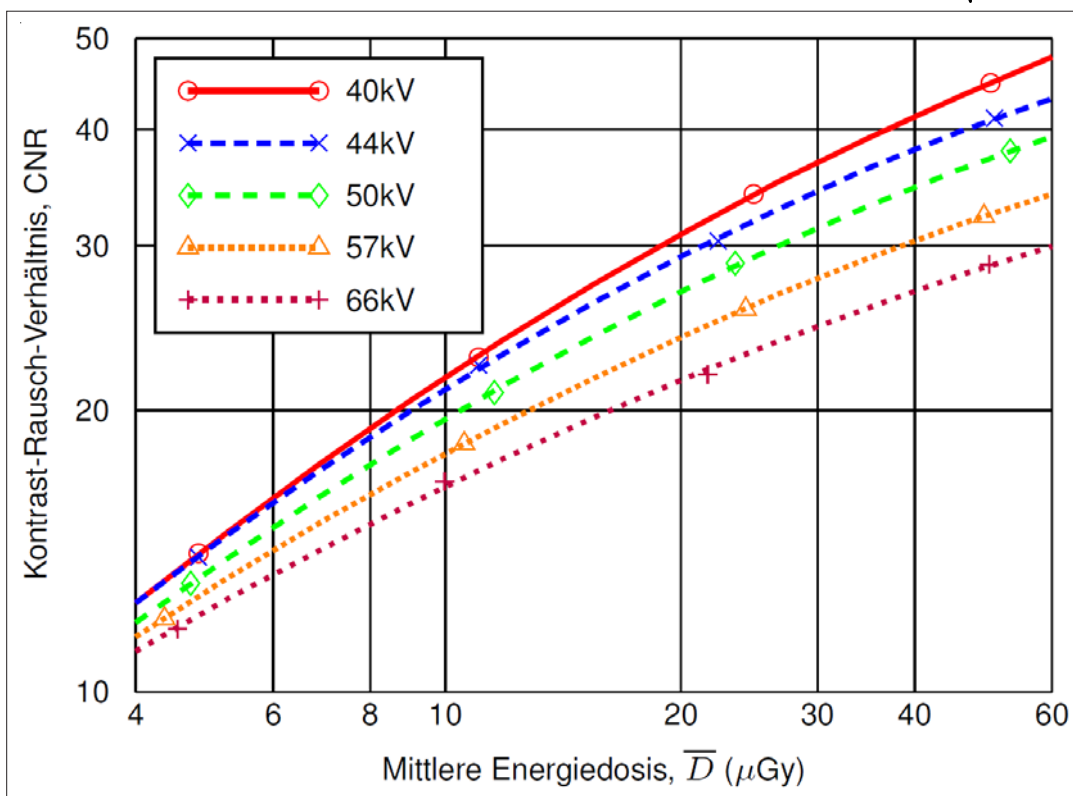
2 Material und Methodik

Die Phantomstudie wurde an einem *Digital Diagnost 2.1* der Firma Philips durchgeführt. Zwischen Röntgenröhre und Phantom wurde optional ein Vorfilter bestehend aus 1 mm Aluminium und 0,1 mm Kupfer eingefügt, siehe Abbildung 4. Wie in der Radiologie üblich wurde für dünne Objekte das Streustrahlenraster, eine Platte mit feinen Blei-Lamellen zur Reduktion von Röntgenstreustrahlen, vor dem Detektor entfernt.

Als Maß für die Bildqualität diente das Kontrast-Rausch-Verhältnis (engl. *contrast noise ratio*, CNR): In zwei Regionen (engl. *region of interest*, ROI), siehe Abbildung 5, wurde der mittlere Pixelwert (PV_1 und PV_2) und die Standardabweichung von diesem Mittelwert (SD_1 und SD_2) gemessen. Das CNR ergibt sich damit

$$\text{zu CNR} = \frac{PV_1 - PV_2}{\sqrt{\frac{1}{2}(SD_1 + SD_2)^2}}$$

Abb. 6: Gemessenes CNR als Funktion der mittleren Energiedosis im Phantom für verschiedene Röhrenspannungen ohne Vorfilter. Die Linien zeigen die Ausgleichskurven zu den Messungen.



Die hier betrachteten Röntgenaufnahmen werden insgesamt mit einer vergleichbar geringen Dosis durchgeführt, so dass keine primären (deterministischen) Strahlenschäden auftreten. Von daher werden hier nur sekundäre (stochastische) Risiken betrachtet. Das weit verbreitete Maß für stochastische Risiken durch Strahlenbelastung ist die *effektive Dosis* D_{eff} . Sie bezieht einen Qualitätsfaktor Q für die Art der Strahlung und Gewebe-Wichtungsfaktoren w_T für die Organe in die Abschätzung des Risikos ein. Technisch lässt sich die effektive

Dosis nicht direkt messen und kann nur über Umrechnungstabellen oder geeignete Programme abgeschätzt werden.

Da sich innerhalb dieser Studie der Qualitätsfaktor der Strahlung nicht ändert (für Röntgenstrahlung = 1) und das betrachtete Organ (Hand und Fuß) einen einheitlichen Gewebe-Wichtungsfaktor hat, ergibt sich zwischen der effektiven Dosis und mittleren Energiedosis ein fester Faktor. Da in dieser Studie nicht die absolute Strahlenbelastung, sondern nur die Reduktion der Strahlenbelastung von Interesse war, wurde hier mit der einfacher zu messenden mittleren Energiedosis gearbeitet.

Zur Bestimmung der mittleren Energiedosis wurde zunächst die Eintrittsdosis vor dem Phantom mit einem kalibrierten Dosimeter gemessen. Mittels einer Monte-Carlo Simulation wurde die Verteilung der absorbierten Energie im betrachteten Objekt berechnet und darüber die mittlere absorbierte Energie und die mittlere Energiedosis bestimmt.

Für jede gewählte Röhrenspannung wurden jeweils vier Messungen mit und ohne Vorfilter mit unterschiedlichen mAs-Werten durchgeführt,

so dass ein Energiedosisbereich von etwa 5 bis 50 μGy abgedeckt wurde. Für jeden Messpunkt wurde aus dem erstellten Bild der CNR-Wert ermittelt. Für die vier Energiedosiswerte einer Röhrenspannung wurden die CNR-Werte durch eine Ausgleichskurve (Polynom zweiten Grades) auf einer doppelt logarithmischen Skala genähert, so dass für beliebige Dosen von 5 bis 50 μGy die dazugehörigen CNR-Werte bestimmt werden konnten.

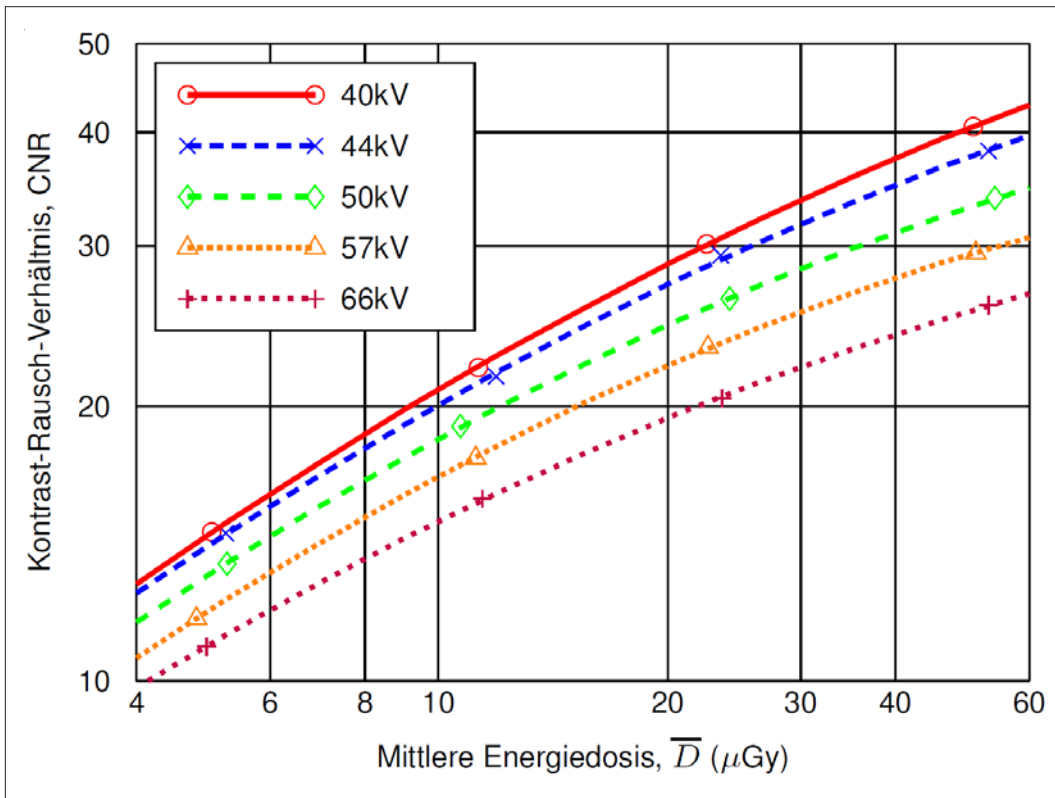


Abb. 7: Gemessenes CNR als Funktion der mittleren Energiedosis im Phantom für verschiedene Röhrenspannungen mit 0,1mm Cu/1mm Al Vorfilter. Die Linien zeigen die Ausgleichskurven zu den Messungen.

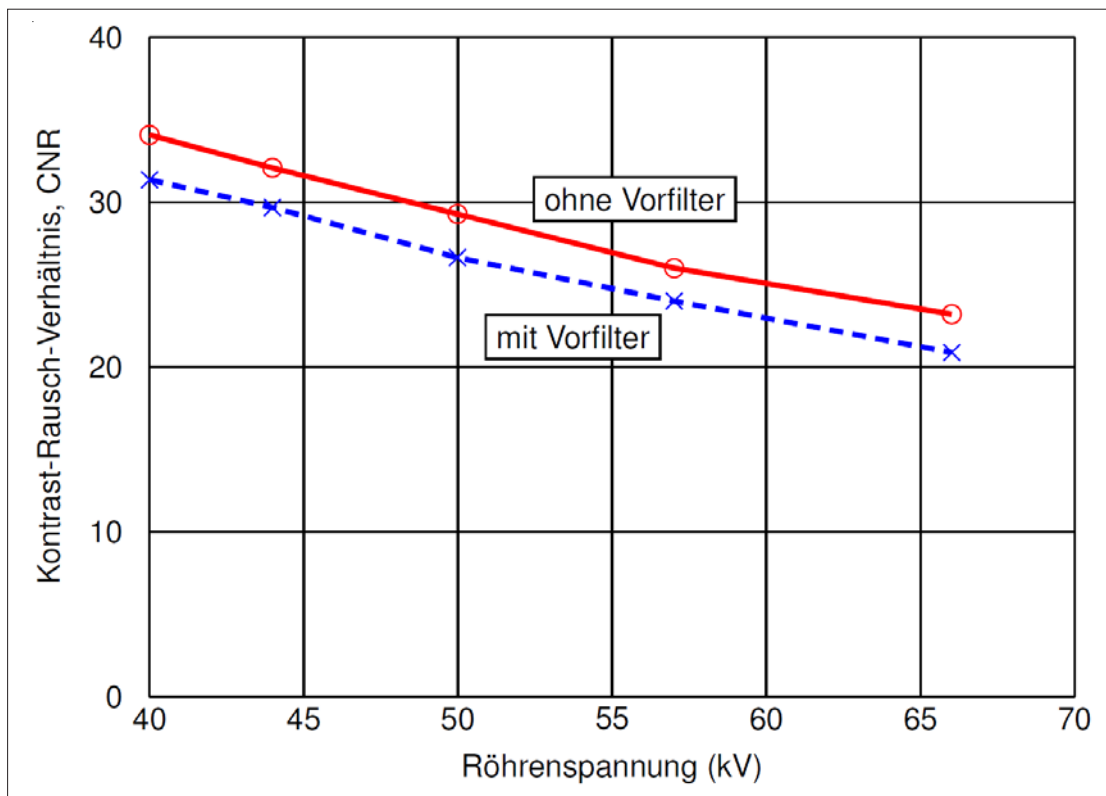


Abb. 8: CNR als Funktion der Röhrenspannung bei einer mittleren Energiedosis von 25 μGy .



Abb. 9: Zwei vergleichbare Röntgenaufnahmen bei gleicher Energiedosis ohne Vorfilter mit 50 kV (links) und mit 40 kV Röhrenspannung (rechts).

3 Ergebnisse

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen die Messungen des CNR ohne und mit 0,1mm Cu/1mm Al Vorfilter für verschiedene Röhrenspannungen.

4 Diskussion

Die in den Abbildungen 6 und 7 dargestellten Ergebnisse können unterschiedlich interpretiert werden: Abbildung 8 zeigt Daten mit Fokus auf Maximierung der Bildqualität bei konstanter Energiedosis. Es werden die CNR-Werte für eine mittlere Energiedosis von $\bar{D} = 25 \mu\text{Gy}$ gezeigt.

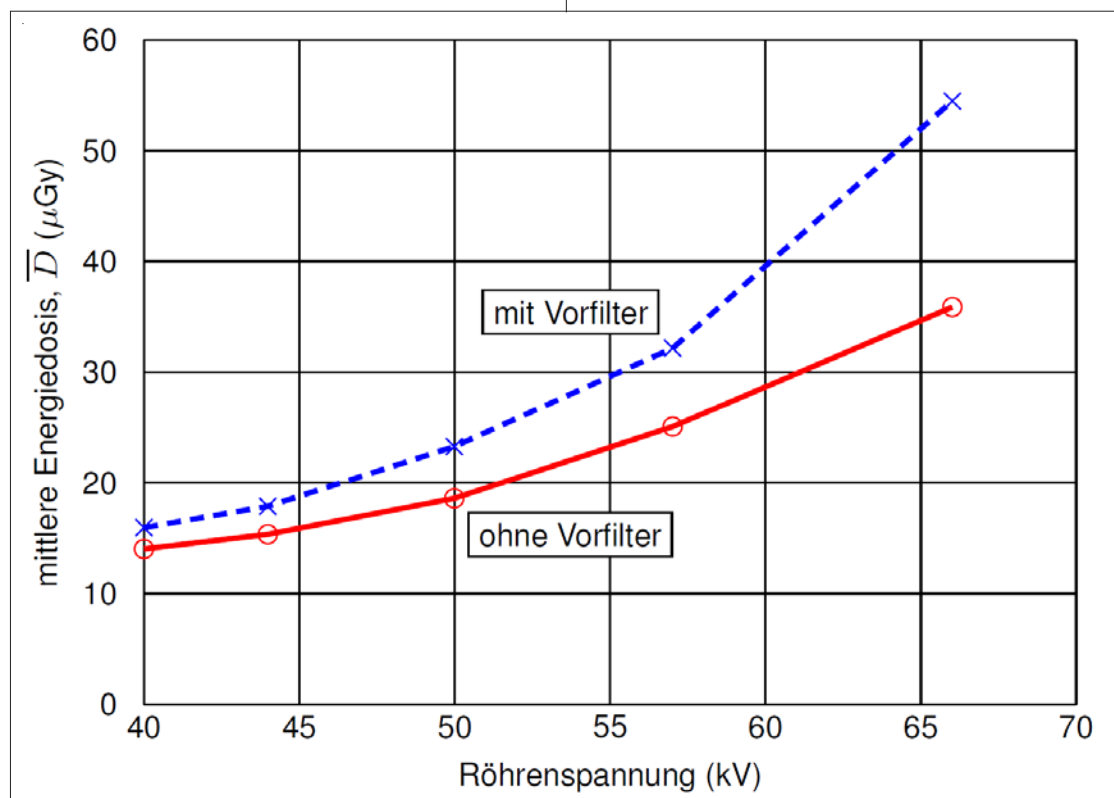


Abb. 10: Mittlere Energiedosis als Funktion der Röhrenspannung bei einem konstanten CNR-Wert von 26.

Der maximale CNR-Wert findet sich bei einer Röhrenspannung von 40 kV ohne Vorfilter. Es wird deutlich, dass der Vorfilter hier zu einem Nachteil von ca. 10% führt. Ausgehend von der heute häufig verwendeten Röhrenspannung von 57 kV mit einem 0,1 mm Cu/1 mm Al Vorfilter zeigen diese Daten ein Potenzial von über 40% CNR-Zunahme auf. Abbildung 9 zeigt zwei vergleichbare Röntgenbilder von Kinderhänden, wobei rechts die Röhrenspannung von 50 auf 40 kV gesenkt wurde. Beide Bilder wurden bei gleicher mittlerer Energiedosis und ohne Vorfilter aufgenommen. Für den Laien scheint sich die Bildqualität kaum zu unterscheiden. Der Radiologe erkennt aber im rechten Bild deutlich mehr Details als im linken Bild.

Abbildung 10 zeigt die Daten mit Blick auf die Minimierung der mittleren Energiedosis. Es wird die mittlere Energiedosis als Funktion der Röhrenspannung bei einem konstanten CNR von 26 dargestellt.

Auch hier wird deutlich, dass die optimalen Parameter 40 kV ohne Vorfilter sind. Das Entfernen des Vorfilters führt zu einer Dosisreduktion von ca. 20%. Ausgehend von 57 kV mit 0,1 mm Cu/1 mm Al Vorfilter ergibt sich zum optimalen Punkt ein Einsparungspotenzial für die mittlere Energiedosis von über 50%!

Der Verlauf der Kurven legt nahe, dass eine weitere Reduktion zu einer weiteren Verbesserung des Verhältnisses Bildqualität zu mittlerer Energiedosis führt. Aus der bereits zitierten Monte-Carlo Studie [5] wird deutlich, dass bei geringeren Röhrenspannungen ein Maximum zu finden ist und es darunter zu einer Abnahme der Bildqualität kommt. Da das verwendete System wie alle Systeme dieser Art keine Spannungen unter 40 kV zulässt, konnten die Messungen zu niedrigeren Werten nicht erweitert werden.

5 Schlussfolgerungen

Digitale Röntgensysteme bieten eine erweiterte Optimierungsmöglichkeit zur Maximierung der Bildqualität, bzw. zur Minimierung der Strahlenbelastung. Diese Studie zeigt ein allgemeines Vorgehen für die Optimierung der Aufnahmeparameter.

Für einen speziellen Fall konnte gezeigt werden, dass 50% Dosisreduktion bei gleicher Bildqualität möglich ist. Für die Phantomstudie wurde bei 40 kV ohne Vorfilterung das beste Verhältnis von Bildqualität zu Strahlenbelastung ermittelt.

Die Optimierung kann sowohl zur Steigerung der Bildqualität bei gleicher Dosis als auch zur Dosisersparung bei gleicher Bildqualität genutzt werden. Eine klinische Evaluierung ist erforderlich. □

6 Referenzen

- [1] Hess R, Neitzel U.: *Optimizing Image Quality and Dose for Digital Radiography of Distal Pediatric Extremities Using the Contrast-to-Noise Ratio.*
Fortschr Röntgenstr 2012; 184: 643–649
- [2] Stephan G, Schneider K, Panzer W et al: *Enhanced yield of chromosome aberrations after CT examinations in paediatric patients.*
Int J Rad Biol 2007; 83:281-287
- [3] ICRP Publication 73: *Radiological protection and safety in medicine.*
Ann ICRP 26(2) 1996
- [4] ICRP Publication 103: *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.*
Ann ICRP 37(2-4) 2007
- [5] Tapiovaara MJ, Sandborg M, Dance DR: *A search for improved technique factors in paediatric fluoroscopy.*
Phys Med Biol 1999; 44:537–559
- [6] Gislason AJ, Davies AG, Cowen AR: *Dose optimization in pediatric cardiac x-ray imaging.*
Med Phys 2010; 37:5258-5269



Personalia

Neu berufene Professoren am Department Informations- und Elektrotechnik

Prof. Dr.-Ing. Jens Ginzel



E-MAIL:
jens.ginzel@
haw-hamburg.de

wechselte zum Wintersemester 2012/2013 auf die Professur Grundlagen der Elektrotechnik und Leistungselektronik. Er studierte Informatik an der Universität Hamburg mit dem Schwerpunkt Technische Informatik.

Danach schloss sich eine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Laboratorium für Fertigungstechnik der Universität der Bundeswehr Hamburg an. Hier entwickelte er eine Forschungsanlage für die funkenersive Senkbearbeitung. In seiner Promotion beschäftigte er sich mit der Regelung und Optimierung des funkenersiven Senkprozesses.

Nach der Promotion wechselte er zur Linde AG in den Bereich Fördertechnik. Hier war er verantwortlich für die Entwicklung von Frequenzum-

richtern, die als Gleichteile in den batteriebetriebenen Flurförderzeugen der Konzerngesellschaften eingesetzt wurden.

Im Jahr 2006 wurde er an die Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes für das Lehrgebiet mechatronische Systeme berufen.

Schließlich wechselte er 2007 an die HAW Hamburg, wo er zunächst die Lehrgebiete Informatik und Elektronik an der Fakultät Design, Medien und Information im Department Medientechnik vertrat. Seine Interessenschwerpunkte liegen im Bereich der Antriebstechnik und Leistungselektronik für batteriebetriebene Fahrzeuge. □



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Fakultät Technik und Informatik

Department Informations- und Elektrotechnik

Prof. Dr. Björn Lange

E-MAIL:
bjoerningo.lange@
haw-hamburg.de

wurde zum Wintersemester 2012/2013 auf die Professur „Grundlagen der Elektrotechnik“ im Department Informations- und Elektrotechnik berufen.

Er studierte Physik an den Universitäten Freiburg und Göttingen, wo er zunächst im Bereich Strömungsakustik die Einsatzmöglichkeiten adaptiver Digitalfilter zur aktiven Schalldämmung in schnellen Rohrströmungen untersuchte. Im Anschluss arbeitete er drei Jahre am Medizinischen Laserzentrum Lübeck auf dem Gebiet der kohärenten Optik und verbesserte dort unter anderem Verstärker für blitzlampengepumpte Festkörperlaser. Schwerpunkt seiner Promotion an der Universität Lübeck, die die Untersuchung von schnellen Kinetiken in der Proteindenaturierung zum Ziel hat-

te, war die Entwicklung geeigneter Anregungs- und Messverfahren für die zeit-aufgelöste Spektroskopie im Mikrosekunden-Bereich.

Seine zehnjährige Industrietätigkeit bei der Dräger Safety AG begann er im Bereich Sensorentwicklung, wo er sich zunächst mit explosionsgeschützten optischen Sensoren für brennbare Gase beschäftigte. Als Projektmanager für den Bereich Diagnostik entwickelte er anschließend ein auf Immunoassays basierendes Drogentestsystem, das heute weltweit bei Straßenverkehrskontrollen der Polizei eingesetzt wird.

In den letzten drei Jahren lag sein Schwerpunkt im Bereich Vorentwicklung auf Studien zur Erkennung von Flammenmustern in Videosignalen von Infrarotkameras.

Prof. Lange ist verheiratet und hat drei Kinder. In seiner Freizeit segelt und restauriert er einen klassischen Jollenkreuzer. □



Prof. Dr. Stefan Lehmann

wurde zum Wintersemester 2012/ 2013 auf eine Professur *Grundlagen der Elektrotechnik* berufen.

Im Anschluss an sein Elektrotechnik-Studium an der Technischen Universität Darmstadt (damals TH Darmstadt) trat er eine Forschungsposition am Fraunhofer Center for Research in Computer Graphics (CRCG), RI, USA an und beschäftigte sich u.a. mit der Entwicklung innovativer Digital Image und Audio Watermarking Verfahren. Desweiteren engagierte er sich als Adjunct Professor an der Rhode Island School of Design (RISD). Nach seiner Rückkehr an das Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD) in Darmstadt forschte er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Visualisierung und Virtuelle Realität u.a. auf dem Gebiet Augmented Reality. Gleichzeitig leitete er das im Auftrag des Deutschen Wetterdienstes (DWD) durchgeführte JavaMAP Projekt zur Wettervisualisierung und beteiligte sich aktiv an der Lehre (TH Darmstadt).



den Gebieten Computer Vision sowie Digital

Ende 2002 wechselte er nach Australien, wo er zunächst an der University of Queensland auf

Bild- und Signalverarbeitung promovierte und als Tutorial Assistant tätig war. In seiner Dissertation *Structure and Motion without Correspondences* entwickelte er neuartige Verfahren zur direkten Gewinnung von Struktur- und Bewegungsparametern von 3D Szenen aus Fourier- und Radontransformationsebenen. Nach einer Industrietätigkeit bei Filtronic Pty Ltd (microwave engineering, 3D body scanner, UAV collision avoidance) nahm er 2008 eine Forschungsposition am regierungsgeförderten Institut NICTA (National ICT Australia) an und leitete die Entwicklung eines Modells zur rechnergestützten Simulation des Verhaltens von Fluglotsen. In seiner zusätzlichen Rolle als Convenor der NICTA Big Picture Seminarserie veranstaltete er regelmäßig öffentliche Gastseminare mit prominenten Rednern (u.a. Senatorin Kate Lundy, GNU Initiator Richard Stallman) und arbeitete hierbei eng mit führenden Vertretern des Queensland State Government, der führenden Universitäten in Queensland und der Industrie, zusammen. Außerdem lehrte er als Honorary Lecturer an der University of Queensland. Im August 2009 wurde ihm der IEEE Senior Member Status verliehen. □



E-MAIL:
stefan.lehmann@
haw-hamburg.de

Prof. Dr.-Ing. Jochen Maaß

wurde zum Wintersemester 2012/13 auf eine Professur Automatisierungstechnik berufen.

Nach einer Ausbildung zum Industrieelektroniker beim Marinearsenal in Wilhelmshaven studierte Prof. Maaß an der TU Braunschweig Elektrotechnik mit der Vertiefung Meß-, Regel- und Automatisierungstechnik. Schwerpunkte als Studierender waren die Entwicklung von Hard- und Software für Robotersteuerungen sowie die elektromagnetische Verträglichkeit in solchen Systemen.

Während seiner 5-jährigen Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sonderfor-

schungsbereich 562 "Robotersysteme für Handhabung und Montage" an der TU Braunschweig koordinierte er die Entwicklung einer Steuerungsinfrastruktur für parallelkinematische Roboter. Dies erlaubte sowohl eine Vertiefung in das Management und die Qualitätssicherung von Steuerungssoftware als auch das Gewinnen von praktischer Erfahrung im Aufbau von Prototypsystemen.

Nach seiner Promotion im Maschinenbau für das Erarbeiten und Erproben angepasster Algorithmen und Softwaretechniken für Parallelroboter beschäftigte sich Herr Maaß mit dem Steuerungsdesign für das Betreiben von Zugdrachenantrieben bei der Firma SkySails GmbH in Hamburg. Dort war er vor seiner Berufung auf die Professur als Leiter der Softwareentwicklung für mehr als 3 Jahre verantwortlich für Motion Control, die Automatisierung diverser mechatronischer Teilsysteme sowie für die Bedienung des Gesamtsystems aus schiffsgebundenen und fliegenden Komponenten.

Seine Freizeit verbringt Prof. Maaß gerne segelnd auf dem Wasser, am liebsten mit einem Surfbrett. □

E-MAIL:
jochen.maass1@
haw-hamburg.de





Die Welt ist automatisiert!

Masterstudiengang Automatisierung

***Automatisierungstechnik -
Schlüsseltechnologie in Industrie und
Energieversorgung***

*Automatisierungstechnik steigert in Industrie
und Energieversorgung Effizienz und Nachhaltig-
keit, bei verstärkter Berücksichtigung von
Umweltaspekten.*

*Methodenkenntnisse, systemisches Denken
und Anwendung modernster Werkzeuge – wir
vermitteln Ihnen praxisnah die fachlichen und
methodischen Kompetenzen zur Lösung
anspruchsvoller Aufgaben.*

Start: Sommer- und Wintersemester

Unsere kostenlose Broschüre erhalten Sie hier:

HAW Hamburg
Fakultät Technik und Informatik
Dept. Informations- und Elektrotechnik
Berliner Tor 7
20099 Hamburg