



# LEHRE UND FORSCHUNG

## 2016

Trier University  
of Applied Sciences

H O C H  
S C H U L E  
T R I E R



**LEHRE  
UND  
FORSCHUNG**  
2016



## VORWORT

*Forschungsbericht  
der Hochschule Trier 2016*

## LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

die Hochschule Trier steht mit ihren drei Standorten Trier, Birkenfeld und Idar-Oberstein, ihren rund 8.000 Studierenden, 173 ProfessorInnen und 112 wissenschaftlichen MitarbeiterInnen für eine breit gefächerte, anwendungsorientierte Lehre und innovative Forschung und Entwicklung. Mit ihren Forschungsprojekten trägt sie erheblich zu den regionalen Entwicklungs- und Innovationsprozessen in den drei Forschungsschwerpunkten „Angewandtes Stoffstrommanagement“, „Intelligente Technologien für nachhaltige Entwicklung“ und „Life Sciences“ bei.

Das Jahr 2016 war von zahlreichen erfolgreichen Kooperationen der Hochschule Trier mit Akteuren der Region und der Großregion geprägt: Zusammen mit den Stadtwerken Trier denkt die Hochschule im Projekt DenkWerkEnergie über die Optimierung der regionalen und überregionalen Energieversorgung nach. Studierende der Hochschule sind ein Grundstein dieser Zusammenarbeit, über die Sie in diesem Forschungsbericht spannende Details erfahren werden. Zum 30-jährigen Jubiläum der Fachrichtung Edelstein und Schmuck erarbeiteten Studierende, Absolventinnen und Absolventen der Hochschule mit dem Stadtmuseum Simeonstift in Trier eine sehenswerte Jubiläumsausstellung, die außergewöhnliche Schmuckkreationen in Szene setzte. Gemeinsam mit der Universität Trier konnte im interdisziplinären Austausch der Fächer „Alte Geschichte“ und „Maschinenbau“ ganz praxisnah das Modell eines römischen Lastschiffs moseltauglich gemacht werden. Und während des IoT-Hackathon setzten SchülerInnen aus ganz Rheinland-Pfalz am Umwelt-Campus Birkenfeld ihre kreativen Ideen in zahlreiche Anwendungen um.



Im Jahr 2016 konnte auch die Zusammenarbeit der Hochschule Trier mit Partnern aus der Großregion gestärkt werden. Viele ForscherInnen engagieren sich mit französischen, luxemburgischen und belgischen Partnern in Interreg-Projekten, die vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung gefördert werden. Das 2016 am Umwelt-Campus in Birkenfeld gestartete Projekt Greater Green, das die Umwelttechnik und ihre Vernetzung in der Großregion ausbauen wird, ist eines von mehreren Beispielen für gelungene grenzüberschreitende Kooperation.

Wir sind dankbar und stolz, dass unsere Studierenden und unsere ForscherInnen durch ihr Engagement im Jahr 2016 bedeutende und vielfältige Forschungserfolge erzielen konnten. Sie konnten dabei auf eine intensive Zusammenarbeit mit der Wirtschaft, den Kommunen und Städten, Schulen, Forschungseinrichtungen und Verbänden zählen. Diesen Partnern und unseren Förderern in Stiftungen, Verbänden und Hochschulfreundeskreisen gilt unser Dank für ihre umfassende Unterstützung, die sie in diese Kooperationen eingebracht haben.

Diese Vielfalt in Forschung, Entwicklung und regionaler Kooperation ist nur dank der herausragenden Arbeit von Professoren, Mitarbeitern und Studierenden möglich, die jederzeit tatkräftig von unseren Partnern in Politik und Verwaltung, in Wirtschaft und Handwerk sowie unsren Förderern in Stiftungen, Unternehmen und unseren Hochschulfreundeskreisen unterstützt werden. Ihnen allen gelten unser Dank und unsere Hochachtung!

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Norbert Kuhn'.

*Prof. Dr. Norbert Kuhn*

*Präsident*

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gisela Sparmann'.

*Prof. Dr. Gisela Sparmann*

*Vizepräsidentin Forschung*

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Andreas Künkler'.

*Prof. Dr. Andreas Künkler*

*Vizepräsident Lehre*

## INHALTSVERZEICHNIS

### HOCHSCHULE KOMPAKT

Hochschule in Zahlen	6
Organigramm	8
Aktuelles Studienangebot	9
Hochschuleinrichtungen	12

### BERICHTE AUS FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

#### HAUPTCAMPUS

CO <sub>2</sub> -Reduzierung in Otto-Motoren durch die direkte Benzin-Wasser-Einspritzung	20
Einfluss eines Sicherheits-Rückhaltesystems auf Fahrzeuginsassen	24
Analyse und Entwicklung von telematik-basierten Lösungen für Kraftfahrzeuge	28
proTRon Evolution - Ein hocheffizientes Elektrofahrzeug für den Nahverkehr	31
Entwicklung und Fertigung eines Großformat 3D-Drucksystems	37
Virtual, Augmented und Mixed Reality in Lehre, Forschung und industriellen Anwendungen	41
Trierer Forscher entdecken unerwartete Seiten römischer Lastschiffe	47
Inbetriebnahme eines neuen CNC-Drehbearbeitungszentrums	50
Handelsübliche Rasierklingen im Werkstofftest	54

Weiterentwicklung und Optimierung des Interferoskops 4.0	61
Ausgewählte Arbeitsschutz-Projekte Das breite Tätigkeitsspektrum eines Sicherheitsingenieurs	64
Problemorientiertes Lernen mit Remotely Controlled Laboratories	67
Maschinenbau unterstützt den Sport: Mit Wirkungsgradoptimierung zum Weltrekord	72
Vom Abfall zum Wirkstoff - Traubentrester als Wirkstoffquelle	76
Minorkomponenten in KaKaobutter kleine Menge, große Wirkung	78
DenkWerk: Energie	82
Ein einfaches Verfahren zur Trinkwasser-desinfektion in Entwicklungsländern	85
Cooler Tattoos – Hot Chemistry in Body	89
Systematisches Problemlösen nach der SPOC-Methode	92
Zukunftssicherung durch Innovationsmanagement	97
Das Verbraucherstreitbeilegungsgesetz	101
Auswirkungen der Regulierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen auf die Produktionsprogrammplanung der Automobilindustrie	104
Fachbereich Wirtschaft baut International Business aus	110

## UMWELT-CAMPUS BIRKENFELD

LIFE-IP ZENAPA Zero Emission Nature Protection Areas	114	Korrelation zwischen Wissenschaft, Kunst, Design und Architektur Ganzheitlich lehren und lernen im „FreedomBus“	168
Kinderklimaschutzkonferenz Rheinland-Pfalz	120	Kunst und Genuss verbinden Kunstwerke aus Nahrungsmitteln	175
Umwelt-Campus entwickelt Nachhaltigkeitsstrategien	122	Edelsteine im Schmuck zwischen Bling-Bling und Kunst	178
International Summer School IT-Fundamentals of National Park Monitoring	125	Frei Otto - Denken in Modellen Tagesexkursion in das Zentrum für Kunst und Medien, Karlsruhe	184
IoT Hackathon 2016 - Das Internet der Dinge anfassbar machen	129	<b>Firmenkontaktmesse</b>	<b>188</b>
Vergangenes digital sichtbar machen - Virtual Reality und Augmented Reality im geschichtlichen Kontext	131	<b>Deutschlandstipendium</b>	<b>189</b>
Umweltforschungsplan: Sustainable Software Design	135	<b>Prämierte Abschlussarbeiten 2016</b>	<b>190</b>
Entwicklung einer Web-Anwendung zur Ertragsoptimierung von Photovoltaikanlagen - UCB PVapp	139	<b>Institute, Kompetenzzentren und Forschungsschwerpunkte</b>	<b>200</b>
		<b>Publikationen</b>	<b>202</b>
		<b>Impressum</b>	<b>210</b>

## CAMPUS GESTALTUNG

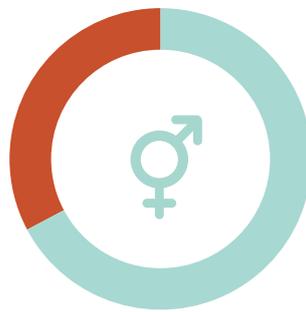
Kraftflussoptimierte Verbindungen im Ingenieurholzbau	146
Meditationsraum für den Umwelt-Campus Birkenfeld	151
„tresta“. Material- und Produktentwicklung – Kreislauffähigkeit von Traubenpressrückständen	155
reMake – Schmuck im Museum	160

# 7.874

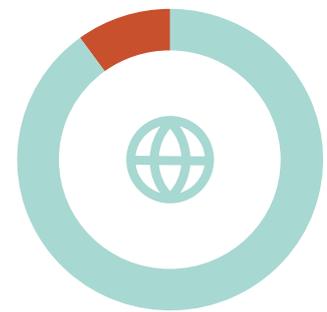
Studierende an  
der Hochschule Trier



5.372  
Standort Trier  
2.452  
Standort Birkenfeld  
50  
Standort  
Idar-Oberstein



5.272  
männliche  
Studierende  
2.602  
weibliche  
Studierende



7.078  
inländische  
Studierende  
796  
ausländische  
Studierende

Stand: 31.12.2016



# 54

Bachelorstudiengänge

# 34

Masterstudiengänge

davon

# 10

Duale Studiengänge

davon

# 3

Weiterbildende Studiengänge

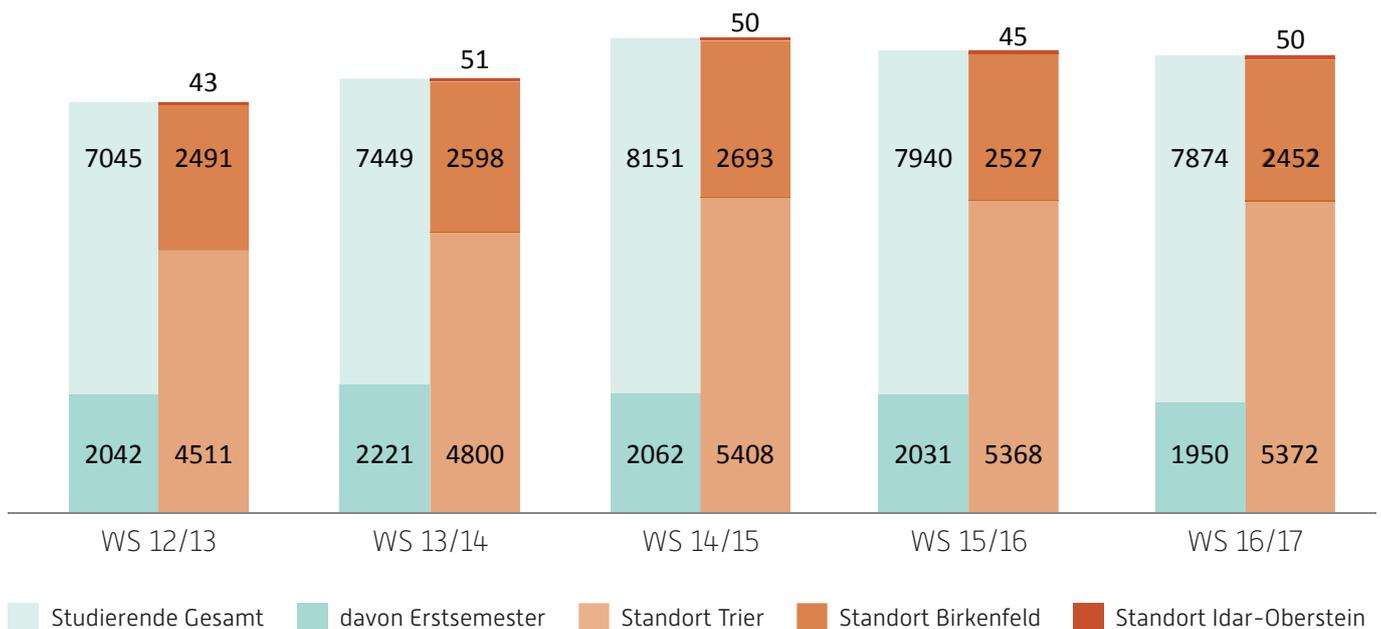
über

# 300

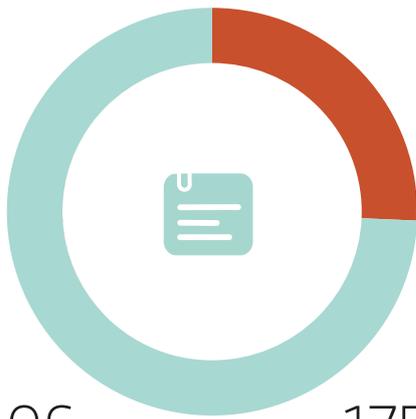
Partnerhochschulen weltweit

Stand: 25.02.2016

## Verteilung der Studierenden



Stand: 31.12.2016

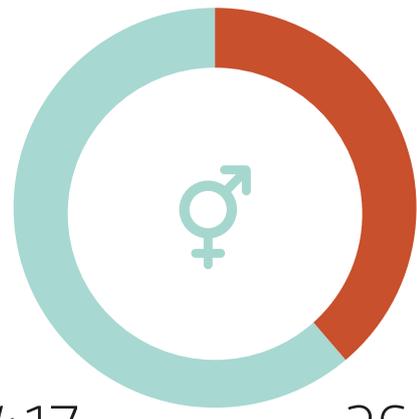


506

Mitarbeiterinnen und  
Mitarbeiter

175

Professorinnen und  
Professoren



417

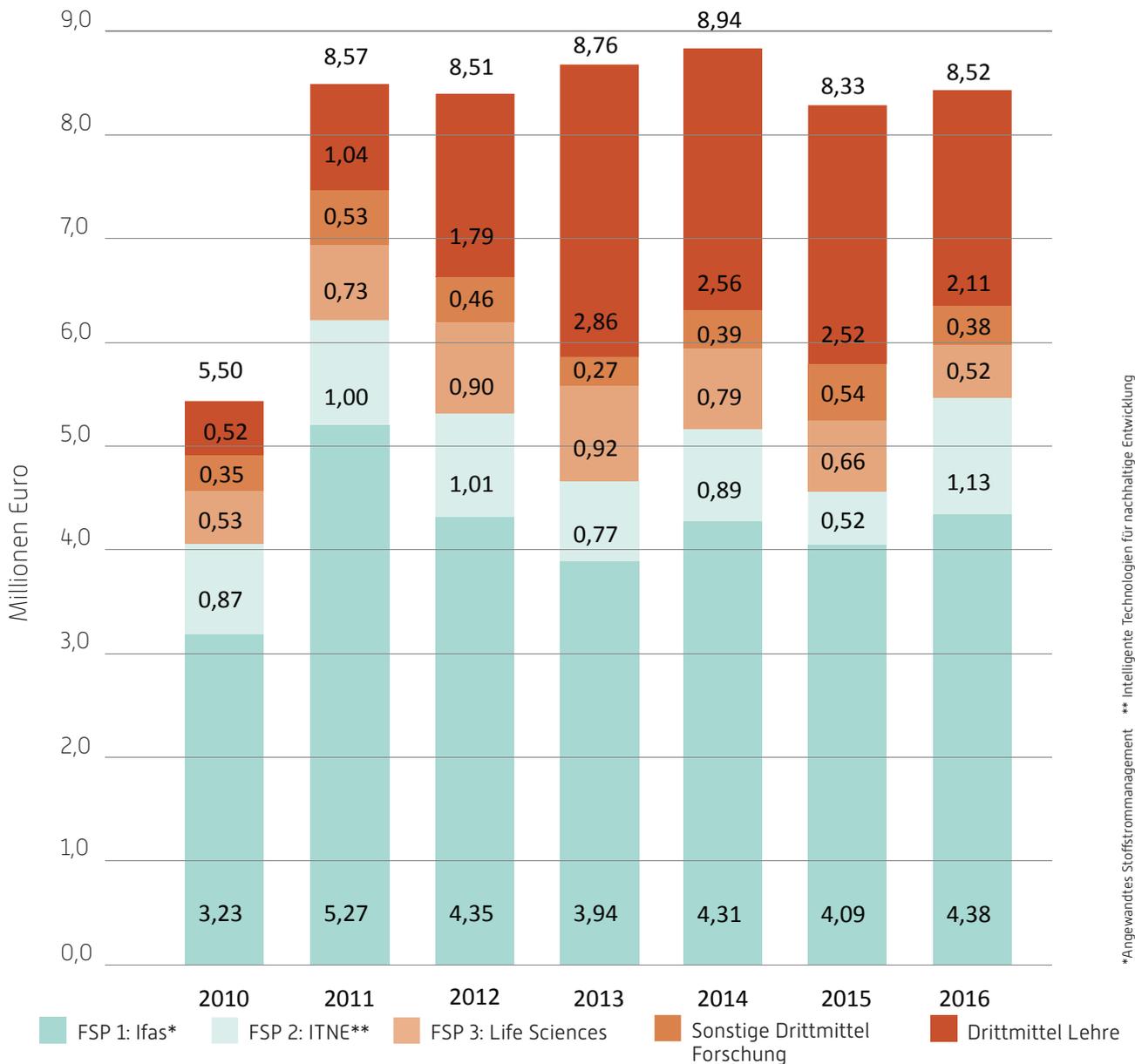
männliche  
Beschäftigte

264

weibliche  
Beschäftigte

Stand: 31.12.2016

Drittmiteleinnahmen der Hochschule:



Diese Masterstudiengänge wurden 2016 in 7 Fachbereichen angeboten:

FACHBEREICH	STUDIENGANG	ABSCHLUSS
Bauingenieurwesen, Lebensmitteltechnik, Gebäude-, Versorgungs- und Energietechnik	Bauingenieurwesen	Master of Engineering
	Energiemanagement	Master of Engineering
	Lebensmittelwirtschaft	Master of Engineering
	Netztechnik und Netzbetrieb	Master of Engineering
Gestaltung	Architektur	Master of Arts
	Edelstein- und Schmuckdesign	Master of Fine Arts
	Edelstein- und Schmuckdesign (weiterbildend)	Master of Fine Arts
	Innenarchitektur	Master of Arts
	Design 3	Master of Arts
	Design 4	Master of Arts
	Kommunikationsdesign 2	Master of Arts
Modedesign	Master of Arts	
Informatik	Informatik	Master of Science
	Informatik (weiterbildend)	Master of Science
Technik	Elektrotechnik	Master of Science
	Maschinenbau	Master of Engineering
	Wirtschaftsingenieurwesen	Master of Engineering
Umweltplanung/ Umwelttechnik	Angewandte Informatik	Master of Science
	Bio- und Prozessverfahrenstechnik	Master of Science
	Business Administration and Engineering	Master of Science
	Digitale Produktentwicklung - Maschinenbau	Master of Engineering
	Medieninformatik	Master of Science
	Umweltorientierte Energietechnik	Master of Science
Umweltwirtschaft/ Umweltrecht	Insolvenzrecht und Reorganisationsverfahren (weiterbildend)	Master of Law
	International Material Flow Management	Master of Science
	International Material Flow Management (Doppelabschluss)	Master of Engineering
	Sustainable Change - Vom Wissen zum Handeln	Master of Science
	Umwelt- und Betriebswirtschaft	Master of Arts
	Unternehmensrecht und Energierecht	Master of Law
Wirtschaft	Business Management	Master of Arts
	Wirtschaftsinformatik-Informationsmanagement	Master of Science

Stand: 31.12.2016

Diese Bachelorstudiengänge wurden 2016 in 7 Fachbereichen angeboten:

FACHBEREICH	STUDIENGANG	ABSCHLUSS
Bauingenieurwesen, Lebensmitteltechnik, Gebäude-, Versorgungs- und Energietechnik	Bauingenieurwesen	Bachelor of Engineering
	Bauingenieurwesen (mit Praxissemester)	Bachelor of Engineering
	Energietechnik - Regenerative und Effiziente Energiesysteme	Bachelor of Engineering
	Lebensmitteltechnik	Bachelor of Engineering
Gestaltung	Technische Gebäudeausrüstung und Versorgungstechnik	Bachelor of Engineering
	Architektur	Bachelor of Arts
	Edelstein- und Schmuckdesign Modedesign	Bachelor of Fine Arts
	Innenarchitektur	Bachelor of Arts
	Intermedia Design B6	Bachelor of Arts
	Intermedia Design B7	Bachelor of Arts
	Kommunikationsdesign 6	Bachelor of Arts
	Kommunikationsdesign 7	Bachelor of Arts
Kommunikationsdesign 7	Bachelor of Arts	
Informatik	Modedesign	Bachelor of Arts
	Ergotherapie (Dual)	Bachelor of Science
	Informatik	Bachelor of Science
	Informatik - Digitale Medien und Spiele	Bachelor of Science
	Informatik - Sichere und mobile Systeme	Bachelor of Science
	Logopädie (Dual)	Bachelor of Science
	Medizininformatik	Bachelor of Science
Physiotherapie - Technik und Therapie (Dual)	Bachelor of Science	
Technik	Elektrotechnik	Bachelor of Engineering
	Elektrotechnik (Dual)	Bachelor of Engineering
	Maschinenbau	Bachelor of Engineering
	Maschinenbau (Dual)	Bachelor of Engineering
	Medizintechnik	Bachelor of Science
	Sicherheitsingenieurwesen	Bachelor of Engineering
	Wirtschaftsingenieurwesen	Bachelor of Engineering
	Wirtschaftsingenieurwesen (Dual)	Bachelor of Engineering
Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik	Bachelor of Science	
Umweltplanung/ Umwelttechnik	Angewandte Informatik	Bachelor of Science
	Bio-, Umwelt- und Prozess-Verfahrenstechnik	Bachelor of Engineering
	Bio- und Pharmatechnik	Bachelor of Science
	Bio- und Pharmatechnik (Dual)	Bachelor of Science
	Maschinenbau - Produktentwicklung und technische Planung	Bachelor of Engineering
	Medieninformatik	Bachelor of Science
	Physikingenieurwesen	Bachelor of Engineering
	Produktionstechnologie (Dual)	Bachelor of Engineering
	Umwelt- und Wirtschaftsinformatik	Bachelor of Science

FACHBEREICH	STUDIENGANG	ABSCHLUSS
	Wirtschaftsingenieurwesen / Umweltplanung Erneuerbare Energien	Bachelor of Science Bachelor of Science
Umweltwirtschaft/ Umweltrecht	Nachhaltige Ressourcenwirtschaft (Dual) Umwelt- und Betriebswirtschaft Wirtschafts- und Umweltrecht	Bachelor of Arts Bachelor of Arts Bachelor of Laws
Wirtschaft	Betriebswirtschaft Betriebswirtschaft (Dual) International Business (Englisch, Französisch, Spanisch) Wirtschaftsinformatik Wirtschaftsinformatik (Dual)	Bachelor of Arts Bachelor of Arts Bachelor of Arts Bachelor of Science Bachelor of Science

Stand: 31.12.2016

# BESONDERE EINRICHTUNGEN DER HOCHSCHULE TRIER

## CAREER-SERVICE

Als Zusammenschluss von Hochschule Trier und Agentur für Arbeit Trier ist es das gemeinsame Ziel des Career-Service, Studierende und Absolventen\*innen beim Übergang vom Studium in den Beruf zu unterstützen. Studierenden und Absolventen\*innen wird durch Beratungen und Veranstaltungen ein umfangreicher kostenloser Service rund um das Thema Beruf und Karriere angeboten. Neben der persönlichen Beratung und den qualifizierenden Angeboten aus dem Portfolio der Agentur für Arbeit, bietet der Career-Service darüber hinaus zertifizierte Veranstaltungen zu den Kategorien Soft Skills, Gründung, Bewerbung und Internationales.

Als Kooperationspartner der Firmenkontaktmessen bietet er regionalen, nationalen und internationalen Unternehmen die Möglichkeit Praktika, Abschlussarbeiten und Jobs auf der Karriereplattform zu platzieren. Er unterstützt die Unternehmen bei der Suche nach zukünftigen Nachwuchs- und Fachkräften. Als Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft kann schon frühzeitig ein persönlicher Kontakt zu Studierenden und Absolventen\*innen hergestellt werden.

Die drei Säulen des Career-Services sind:

- Zuhören: Qualifizierende Beratungsangebote der Agentur für Arbeit
- Organisieren: Zertifizierte Veranstaltungen zu fächerübergreifenden Schlüsselkompetenzen
- Zusammenführen: Vermittlung von Unternehmenskontakten durch Kooperationen, das Karrierenetzwerk und die Firmenkontaktmessen

Weitere Informationen sowie aktuelle Stellenangebote, Praktika und Abschlussarbeiten gibt es auf der Homepage:

[www.career-service.hochschule-trier.de](http://www.career-service.hochschule-trier.de)

## GLEICHSTELLUNGSBÜRO

Das Gleichstellungsbüro unter der Leitung der Zentralen Gleichstellungsbeauftragten, Frau Prof. Dr. Rita Spatz, ist für die Umsetzung von Gleichstellungsmaßnahmen an der Hochschule Trier verantwortlich. Einige Maßnahmen werden durch Zielvereinbarungen mit verschiedenen Institutionen definiert, finanziert und evaluiert. Dazu gehören unter anderem das Audit, familiengerechte Hochschule, die Charta „Familie in der Hochschule“, das Professorinnenprogramm des Bundes sowie der Hochschulpakt-III.

Ziel der Maßnahmen ist u.a. die Erhöhung des Anteils von Studentinnen und Absolventinnen der Hochschule mittels verschiedener Mentoring-Programme (pepperMINT und Ada Lovelace für Schülerinnen). Außerdem werden Coachings und Seminare zur Unterstützung bei Karriereplanung und Persönlichkeitsentwicklung, Frauenvorlesungen in MINT-Fächern, Stipendienberatungen und Beratungen für Promovendinnen und Promotionsinteressentinnen angeboten.

Das Gleichstellungsbüro organisiert die Angebote der Hochschule am jährlich stattfindenden Girls' und Boys' Day, an dem Schülerinnen die Gelegenheit haben, MINT-orientierte Studiengänge kennen zu lernen und Schüler einen Einblick in Berufe erhalten, die sie in ihrer Berufswahl vorher vielleicht noch nicht in Betracht gezogen hatten.

Um Hochschulangehörigen die Vereinbarkeit von Studium bzw. Beruf und Familie zu erleichtern, bietet die Hochschule in den Ferien umfassende Betreuungsangebote sowie ganzjährig Randzeiten- und Notfallbetreuung für Kinder an.

Der Familienservice berät in persönlichen Gesprächen bei Fragen rund um die Themen finanzielle Unterstützungsmöglichkeiten, Rechte und Pflichten studierender oder berufstätiger Eltern, Kinderbetreuung und die Pflege von Angehörigen.

[www.hochschule-trier.de/go/gsb](http://www.hochschule-trier.de/go/gsb)



## GRÜNDUNGSBÜRO TRIER

Damit aus einer Idee tatsächlich eine erfolversprechende Existenzgründung werden kann, bietet das gemeinsame Gründungsbüro der Hochschule und Universität Trier Unterstützung für Studierende, Mitarbeiter\*innen und Alumni an. Ziel ist es, für das Thema Gründung zu sensibilisieren und Interesse für diese Alternative zum Angestelltenverhältnis zu wecken. Dabei soll insbesondere das in den Abschluss- oder Seminararbeiten schlummernde Potenzial von Forschungsergebnissen optimal verwertet werden. Das Gründungsbüro dient dabei als erste Anlaufstelle für Fragen rund um das Thema akademische Gründung.

Ein regelmäßiges Angebot an Informations- und Fortbildungsveranstaltungen bietet einen ersten Einblick in das Abenteuer Gründung und dient der Ideengenerierung, dem Ideenaustausch und der persönlichen Weiterentwicklung. Ist die Idee gefunden, bieten wir eine individuell auf die Gründerperson zugeschnittene Beratung an. Zur aktiven Weiterentwicklung der Gründungsidee führen wir im Rahmen einer Betreuung eine Potenzialanalyse durch und analysieren die Stärken und Schwächen einer Geschäftsidee bis hin zum ausgereiften Businessplan. Ein weiterer Baustein der Beratung ist die Eruiierung möglicher Fördermittel.

Das Innovations- und Gründerzentrum Region Trier, früher Technologiezentrum Trier, an dem die Hochschule und die Universität gleichberechtigt beteiligt sind und die gemeinsame Geschäftsleitung bilden, bietet Gründern und jungen Unternehmen mit wissensbasierten, innovativen und kreativen Konzepten attraktive Geschäftsräume zu günstigen Konditionen. Mit hochwertiger Ausstattung, moderner Kommunikationstechnik, einem Co-Working-Space und dem Komfort eines zentralen Sekretariats erhalten Gründer alles, was sie für einen erfolgreichen Start benötigen.

[www.gruenden-trier.de](http://www.gruenden-trier.de)

## HOCHSCHULDIDAKTIK / E-LEARNING-KOORDINATION

Ein besonderes Anliegen der Hochschule Trier ist die stetige Verbesserung der Qualität der Lehre.

Im Bereich der Hochschuldidaktik werden neue und innovative Lehr- und Lernformen vermittelt und der fachliche und didaktische Austausch unter den Lehrenden gefördert. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf studierendenzentrierten Lehr- und Lernformen – wie beispielsweise dem Problembasierten Lernen oder dem Forschenden Lernen. Zweistündige Kurz-Workshops, sogenannte Shortys, ergänzen das Workshop-Programm und bieten die Möglichkeit, sich neue Impulse für die Lehre geben zu lassen. Während die eintägigen Workshops auf breiterer Ebene Theorievermittlung, Konzeption und Praxis im Blick haben, werden bei den „Shortys“ kleinere Methoden oder Tools vermittelt, mit denen sich die Lehre anreichern lässt. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der Einzelberatung zu hochschuldidaktischen Fragen, z.B. bezüglich der (Neu-) Gestaltung einer Lehrveranstaltung, Einsatz aktivierender Lehrmethoden, Beratungstechniken für die Studienberatung u.v.m. Diese Maßnahmen werden abschließend durch eine Online-Plattform mit Selbstlernmaterialien ergänzt.

Die zentrale E-Learning-Koordination stellt in Kooperation mit dem Rechenzentrum die Lernplattformen der Hochschule Trier bereit und bietet Support und Schulungen aus dem Bereich des E-Learnings an. Sie steht den Lehrenden sowie den Studierenden bei technischen und konzeptionellen Fragen, z.B. dem Entwurf von Online-Szenarien, rund um das E-Learning zur Seite.

[www.hochschule-trier.de/go/elearning](http://www.hochschule-trier.de/go/elearning)

## KOORDINATIONSSTELLE STUDIENEINGANGSPHASE

Der Übergang von der Schule zur Hochschule stellt für jede Studieneinsteiger\*in einen neuen Lebensabschnitt dar. Der Studieneinstieg erfordert eine Neuorientierung in einer unbekannteren, komplexen Welt. Die Koordinationsstelle Studieneingangsphase unterstützt die Studieneinsteiger\*innen der Hochschule Trier durch ein breit aufgestelltes fachliches und überfachliches Angebot beim Studienstart. Durch eine Vielzahl an Orientierungsangeboten, Einführungsveranstaltungen, Informationsmaterialien und Workshops sollen die Studierfähigkeit verbessert und der Studienerfolg langfristig erhöht werden.

Angebote in der Studieneingangsphase:

- Orientierungsangebote und -veranstaltungen
- Vor- und Brückenkurse in den Grundlagenfächern
- Peer-Learning-Gruppen und Mentoring-Programme
- Workshops zum studentischen Lernen und Arbeiten

Darüber hinaus bietet die Koordinationsstelle Studieneingangsphase in regelmäßigen Abständen Schulungen für die Tutor\*innen oder Mentor\*innen der Vor- und Brückenkurse, der Peer-Learning-Gruppen sowie der Mentoring-Programme an.

Die Koordinationsstelle Studieneingangsphase beteiligt sich außerdem an der Entwicklung von Angeboten für fortgeschrittene Studierende, die allgemein der Verbesserung der Studierfähigkeit und der Erhöhung des Studienerfolgs dienen. Hierunter fallen etwa die Entwicklung von E-Learning-Modulen, die Organisation von Workshops zur Bewältigung von Prüfungsangst oder zur Einübung von Lernstrategien sowie die Entwicklung neuer kooperativer Lerngelegenheiten wie zum Beispiel einer Studierwerkstatt.

[www.hochschule-trier.de/go/studieneinstieg](http://www.hochschule-trier.de/go/studieneinstieg)

## PROMOTIONSBERATUNGSSTELLE

Die Promotionsberatungsstelle unterstützt Absolvent\*innen und Mitarbeiter\*innen der Hochschule im Promotionsprozess von der Entscheidungs- und Findungsphase an. Sie fördert das Engagement ihrer Professor\*innen bei der (Mit)-Betreuung von Promotionen. An der Hochschule Trier sind seit dem Jahr 2010 mindestens 16 kooperative Promotionen erfolgreich abgeschlossen worden. Dazu kommen weitere externe Promotionen von Mitarbeiter\*innen und zahlreiche laufende kooperative Promotionsprojekte.

Aus den Einzelgesprächen und den Informationsveranstaltungen der Promotionsberatungsstelle sind weit über 250 Interessierte registriert. Diese hohe Motivation wird durch ideelle Ermutigung und durch praktische Hilfestellung unterfüttert. So sollen die Wege bis zur Annahme der Kandidat\*innen mit Fachhochschulabschluss als Doktorand\*in an einem universitären Fachbereich erleichtert und die erfolgreiche Durchführung der Promotion gefördert werden.

Die Promotionsberatungsstelle bietet neben öffentlich zugänglichen Informationsformaten individuelle Beratung an, z.B. bei der Klärung der Entscheidungskriterien, Fragen zur Zulassung, zur Betreuungs- und Themensuche und bei Promotionskrisen. Auf Wunsch berät sie Promotionswillige und Professor\*innen bei Forschungsförderungsanträgen, die die Finanzierung von Promotionsstellen ermöglichen. Sie ist Anlaufstelle für Fragen und Anregungen aus der Hochschule zum gesamten Themenkomplex Promotion. Die Vernetzung der Promovierenden und Fortbildungen, die Qualifikationen für die Arbeit in der Wissenschaft vermitteln, werden hier koordiniert. Finanzielle Zuschüsse der Hochschule zu fachlichen Aktivitäten der Promovierenden in der wissenschaftlichen community können beantragt werden. In Zusammenarbeit mit dem Gleichstellungsbüro bildet die spezielle Förderung für promovierende Frauen einen Schwerpunkt.

[www.hochschule-trier.de/go/promotionsberatung](http://www.hochschule-trier.de/go/promotionsberatung)

## RECHENZENTRUM

Das Jahr 2016 stand an beiden RZ Standorten vor allem im Zeichen der Erneuerung der Campusnetz-Infrastruktur sowie der WLAN-Anbindung. Dazu wurden in Trier und In Birkenfeld die Kernnetz-Komponenten (zum Teil aus dem Jahre 2000) ersetzt um das Backbone auf eine Bandbreite von 10Gbit/s aufzurüsten. Parallel dazu wurde begonnen die Gebäudeswitche zu ersetzen, um die Gebäude einerseits per 10Gbit/s an das Backbone anbinden zu können und um zukünftig ausreichend PoE (Power over Ethernet) Ports bereit zu stellen. Die PoE Ports werden für den Anschluss von WLAN Access-Points, IP-Kameras und Kabelkanalswitches benötigt. Mit der für 2017 geplanten Einführung der IP-Telefonie (VoIP) an beiden Standorten werden weitere PoE Ports zum Anschluss der Telefonie-Endgeräte benötigt. In Trier wurde die Anbindung zum WinRP (Wissenschaftsnetz Rheinland-Pfalz, gleichzeitig Anbindung an das Internet) von 1Gbit/s auf 10Gbit/s aufgerüstet. Als Konsequenz musste die Internet Firewall erneuert werden, da die alte Firewall Bandbreiten bis maximal 700Mbit/s filtern konnte. Da in Birkenfeld durch die Erneuerung des Kernnetzes ebenfalls die Firewall ersetzt werden musste (die bisherige Firewall war in das alte Kernnetz integriert), war es möglich, an beiden Standorten identische Firewall zu installieren, was die Möglichkeit der Interoperabilität und der direkten Kopplung der beiden Campusnetze deutlich verbessert.

Im Zusammenhang mit der Einführung eines neuen Campus-Management Systems durch die Verwaltungs-EDV werden umfangreiche Anpassungen und Änderungen am Identity-Management-System der Rechenzentren notwendig. Dazu wurde eine zusätzliche Stelle für 2 Jahre eingerichtet, deren Aufgabe es ist, einerseits das Identity Management über die Standorte hinweg zu konsolidieren und die notwendigen Schnittstellen zum Neuen Campus-Management-System (HisInOne) zu entwickeln.

[www.hochschule-trier.de/go/rechenzentrum](http://www.hochschule-trier.de/go/rechenzentrum)

## STABSSTELLE QUALITÄTSMANAGEMENT

Qualitätssicherung, im Sinne eines andauernden Bemühens um exzellente Studien-, Lehr- und Forschungsleistungen, gehört schon immer zum Selbstverständnis unserer Hochschule.

Mit der Novellierung des Hochschulgesetzes des Landes Rheinland-Pfalz im Jahr 2010 hat die institutionalisierte Qualitätssicherung (§5) Einzug in die Hochschulen gehalten. Ziel ist die Etablierung eines auf Dauer und Nachhaltigkeit angelegten Qualitätssicherungssystems, das im Bereich Studium und Lehre auf eine kontinuierliche Verbesserung abzielt. Weiterhin soll das System die Studierbarkeit und das Erreichen der angestrebten Qualifikationsziele der Studiengänge sowie die Studienreform gemäß §17 HochSchG sicherstellen.

Die Studiengänge bzw. das Qualitätsmanagementsystem einer Hochschule sind nach den Regeln des Akkreditierungsrats zu akkreditieren. Die Hochschule hat in einem dialogischen Prozess – ausgehend vom bereits etablierten Befragungswesen – ihr Qualitätsmanagementsystem weiterentwickelt und befindet sich im Verfahren der Systemakkreditierung. Die Stabsstelle Qualitätsmanagement nimmt in diesem System die folgenden Aufgaben wahr:

- Koordinierung des Evaluationswesens,
- Berichtswesen „Qualität in Studium und Lehre“,
- Weiterentwicklung des Qualitätsmanagementsystem,
- Dokumentenlenkung und Dokumentenmanagement,
- Koordination der Verfahren der internen (Re)Akkreditierung,
- Beratendes Mitglied im Gremium der internen (Re)Akkreditierung,
- Bereitstellung von Daten und Kennzahlen,
- Bereitstellung aktueller Arbeitshilfen und Formulare,
- Beratungs- und Unterstützungsleistungen.

[www.hochschule-trier.de/go/qm](http://www.hochschule-trier.de/go/qm)

## KOORDINATIONSSTELLE FÜR DUALE STUDIENGÄNGE

Die Koordinationsstelle für Duale Studiengänge unterstützt fachbereichsübergreifend das duale Studienangebot an der Hochschule Trier. Als zentraler Anlaufpunkt für alle am dualen Studium Beteiligten und Interessierten, stellt sie Informationen zum Thema „Duale Studiengänge“ bereit und fördert deren Weiterentwicklung.

Ziel ist es, die Attraktivität und Präsenz des bestehenden Angebots durch Unterstützungsmaßnahmen zu steigern, um somit nicht nur die Anzahl der dual Studierenden sondern auch die der Kooperationspartner zu erhöhen. Daneben steht als Aufgabe der Ausbau des dualen Studienangebots, der durch das Land Rheinland-Pfalz gefördert wird. Eine breite Vernetzung der Hochschule mit Unternehmen, Berufsbildenden Schulen, Kammern und Verbänden ist hierbei maßgeblich.

Auf Grund der Vielfältigkeit der angebotenen dualen Studiengänge und der Vielzahl, der am dualen Studium Beteiligten, ist die Förderung einer hohen Transparenz und einer breiten Vernetzung, sowohl hochschulintern, als auch extern ein Schwerpunkt der derzeitigen Tätigkeit. Hierzu zählen zum Beispiel die Entwicklung eines zentralen Werbekonzepts, die Organisation von und die Teilnahme an Informationsveranstaltungen.

In Kooperation mit den verschiedenen Einrichtungen der Hochschule sollen ferner Studien- und Unterstützungsangebote, wie z.B. E-Learning Kurse, für dual Studierende entwickelt werden.

## WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER

In den Forschungsschwerpunkten Angewandtes Stoffstrommanagement, Intelligente Technologien für Nachhaltige Entwicklung und Life Sciences und darüber hinaus bietet die Hochschule Trier Kompetenzen für vielfältige Forschungs- und Entwicklungskooperationen.

Studierende verwirklichten zusammen mit Firmen der Region zahlreiche Abschlussarbeiten, die der Wissenschaft ebenso wie der Produktentwicklung der Firmen neue Impulse gaben. Ein Absolvent erarbeitete zum Beispiel zusammen mit einem Pfannenhersteller thermische und strömungstechnische Simulationen während des Garvorgangs. Studierende des Fachbereichs Gestaltung kooperierten eng mit Kultureinrichtungen der Region, sie entwarfen für die Spielzeit 2016/2017 Plakate des Theaters Trier. Die Forschenden der Hochschule tauschten sich nicht nur mit Unternehmen intensiv aus: Das DFG-Projekt „Phonovibrographie“ erforscht zum Beispiel Stimmstörungen in Kooperation mit dem Universitätsklinikum des Saarlandes. Ein neues Interreg-Projekt fördert zudem den Wissens- und Technologietransfer einer ganzen Wirtschaftsbranche: Das Projekt Greater Green bringt seit 2016 Akteure der Umwelttechnik aus der Wirtschaft – insbesondere KMU –, mit Wissenschaft und Verwaltung grenzüberschreitend in einen regen Austausch und stärkt damit zugleich Wirtschaft und Forschung in der Großregion.

Diese Beispiele zeigen: Der Wissens- und Technologietransfer an der Hochschule Trier war auch 2016 zugleich Instrument und Katalysator für bestehende Kooperationsstrukturen und die Ausbildung und Erhaltung funktionierender Netzwerke in benachbarte Forschungseinrichtungen, Kommunen, Städte sowie zu regionalen, nationalen und internationalen Wirtschaftsakteuren.

grenzenlos.  
pulsierend.  
visionär.





# HAUPTCAMPUS

## BERICHTE



# CO<sub>2</sub>-REDUZIERUNG IN OTTO-MOTOREN DURCH DIE DIREKTE BENZIN-WASSER-EINSPRITZUNG

---

## FB TECHNIK MASCHINENBAU

---



Prof. Dr. Christoph Heinrich  
heinrich@hochschule-trier.de



M. Eng. Heinrich Dörksen  
h.doerksen@hochschule-trier.de

### STUDIERENDE:

Emanuel Tölkes  
Andreas Esch

## ZUSAMMENFASSUNG

Anhand eines Forschungsmotors der Adam Opel AG wurde im Motorenlabor der Hochschule Trier das CO<sub>2</sub>-Einsparpotential bei Verwendung einer direkten Benzin-Wasser-Einspritzung untersucht. In dem u.a. mit Mitteln der hochschuleigenen Forschungsförderung finanzierten Vorhaben wurden auch mehrere studentische Master-Projekte durchgeführt. So konnten die Studierenden die in den Vorlesungen „Verbrennungsmotoren I+II“ erworbenen Kenntnisse unmittelbar am Motorprüfstand anwenden sowie Erfahrungen im wissenschaftlichen Arbeiten sammeln, die Ergebnisse wurden auf einer Konferenz präsentiert [7]. Bei den Untersuchungen konnten CO<sub>2</sub>-Einsparpotentiale von bis zu 12% erzielt werden. Aufbauend auf den positiven Versuchsergebnissen werden derzeit weitere Forschungsanträge auf nationaler Ebene gestellt.

## EINLEITUNG

Vor dem Hintergrund mangelnder Kundenakzeptanz von Elektrofahrzeugen wird der Verbrennungsmotor noch für längere Zeit die dominierende Antriebsquelle auch des Individualverkehrs sein. Durch die von der Europäischen Union gesetzten Ziele [1] zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von Personenkraftwagen (95 g/km [2020] bzw. 70 g/km [2025]) werden daher Maßnahmen zur Kraftstoffeinsparung untersucht, die in der Vergangenheit zwar bekannt und physikalisch verstanden waren, jedoch aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen für große Stückzahlen bisher nicht eingesetzt wurden. Dazu zählt aktuell auch die Wassereinspritzung für ottomotorische Brennverfahren.

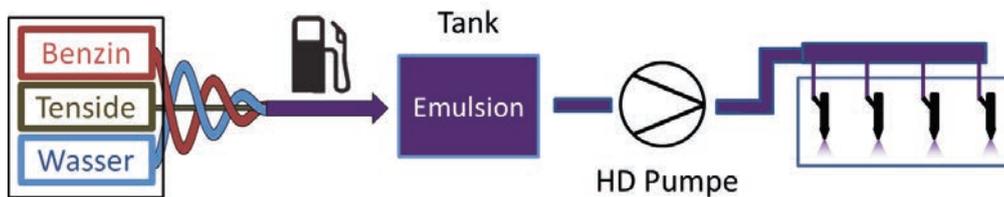


Abb. 1: Erzeugung einer Mikroemulsion [7]

Die leistungssteigernde Wirkung der Einspritzung von Wasser in den Ansaugtrakt von Otto-Motoren ist bereits seit der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts bekannt. Erste Anwendungen gab es in militärischen Flugmotoren zur kurzfristigen Leistungssteigerung. Dabei wurde als zusätzlicher Kraftstoff und zur Reduzierung der Klopfneigung noch Methanol beigemischt. In den 1950er Jahren gab es im Ostblock einen kettengetriebenen Traktor sowjetischer Bauart, der ebenfalls eine Wassereinspritzung mit einem ottomotorischen Brennverfahren verband. Der leistungssteigernde Effekt wurde in den 1980er Jahren in der Formel1 und im Rallye-Sport genutzt. Auch eine Variante des Saab 99 Turbo gab es optional mit Wassereinspritzung. Bereits 1945 wird in [2] auch auf die Möglichkeit der Wirkungsgradverbesserung durch Wassereinspritzung hingewiesen. Aktuell hingegen ist die Vorstellung des ersten in Serie gefertigten Straßenfahrzeugs BMW M4 GTS durch die Fa. BMW [3], die mit einer Wassereinspritzung ins Saugrohr Vorreiter dieser Technologie ist.

## THERMODYNAMISCHE GRUNDLAGEN

Das eingespritzte Wasser kühlt durch seine Verdampfung die Ladeluft und den Brennraum. Dadurch sinkt die Klopfneigung und das Gemisch im Zylinder kann früher gezündet werden. Infolgedessen kann entweder ein höherer Verbrennungswirkungsgrad in Hochlastpunkten erzielt werden oder das Verdichtungsverhältnis des Motors erhöht werden, was den Kraftstoffverbrauch im gesamten Betriebsbereich des Motors senkt. Weiterhin kann durch die Kühlung der Anfettungsbedarf zur Bauteilkühlung reduziert werden und der Motor im gesamten Betriebsbereich stöchiometrisch betrieben werden. Ein weiterer

Effekt ist, dass durch die Wassereinspritzung eine Verringerung der Neigung zu stochastischen Vorentflammungen von aufgeladenen Motoren zu erwarten ist.

Die bisher bekannten Systeme beruhen auf einer Niederdruck-Einspritzung des Wassers in den Ansaugtrakt des Motors. Die oben beschriebenen positiven Effekte sind jedoch stärker ausgeprägt, wenn das Wasser unter Hochdruck (200 bar) direkt in den Brennraum eingespritzt wird. Aus diesem Grund wurde im Motorenlabor des Fachbereichs Technik ein Forschungsprogramm durchgeführt, in dem verschiedene Verfahren zur direkten Benzin-Wasser-Einspritzung (DBWE) erprobt wurden.

## DIREKTE BENZIN-WASSEREINSPRITZUNG (DBWE)

Die direkte Einspritzung von Wasser kann im Wesentlichen auf verschiedene Arten erfolgen. Zum einen kann das Wasser durch einen zusätzlichen Injektor in den Brennraum des Zylinders eingebracht werden, siehe z.B. [4]. Zum anderen kann das Wasser zusammen mit dem Kraftstoff als Emulsion durch einen einzigen Injektor eingespritzt werden. Das Motorenlabor des Instituts für Fahrzeugtechnik der Hochschule Trier verfügt aus der Vergangenheit bereits über eine große Erfahrung in der Erzeugung von Kraftstoff-Wasser-Emulsionen, siehe u.a. [5, 6]. Diese bezogen sich allerdings auf Diesel-Wasser-Emulsionen zur Schadstoffreduzierung (Stickoxide, Ruß), während die Wassereinspritzung beim ohnehin saubereren Ottomotor den Wirkungsgrad erhöht und damit unmittelbar den Kraftstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen senken kann.

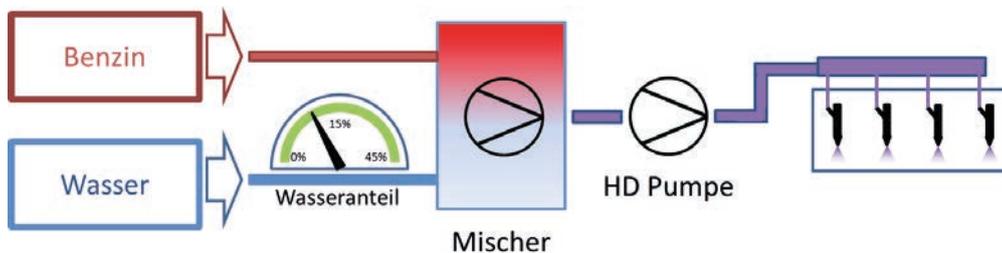


Abb. 2: Erzeugung einer Makroemulsion [7]

Die Benzin-Wasser-Emulsionen wurden im Rahmen dieses Forschungsprogramms auf zwei verschiedenen Wegen erzeugt. Zum einen wurde durch die Zugabe von Tensiden eine sogenannte Mikroemulsion erzeugt, deren Wasserdomänen im Bereich von ungefähr 10 nm und damit unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts liegen. Eine solche Mikroemulsion erscheint daher als klare Flüssigkeit und wird anschließend der Hochdruckpumpe des Motors zugeführt. [Abb. 1]

Demgegenüber kann auch auf mechanischem Wege unter hohem Druck und hohen Scherkräften eine sogenannte Makroemulsion erzeugt werden, deren Wasserdömänen zwei bis drei Größenordnungen größer sind als bei einer Mikroemulsion. Solche Makroemulsion erscheinen daher als trübe Flüssigkeit, die sich innerhalb von Minuten wieder entmischt und daher unmittelbar nach Erzeugung auch im Motor verbraucht werden sollten. [Abb. 2]

## VERSUCHSTRÄGER UND ERGEBNISSE

Die Versuche wurden an einem modernen 4-Zylinder-Turbomotor durchgeführt, der die neueste Abgasnorm Euro 6 erfüllt. Dieses Aggregat wurde mit einem offenen Steuergerät, das die freie Variation sämtlicher Motorparameter erlaubt, von der Adam Opel AG für dieses Projekt zur Verfügung gestellt. Der Versuchsaufbau mit dem Mischer, ein modifiziertes Gerät der Fa. Scarabaeus, ist in Abbildung 3 dargestellt.

Bei den Versuchen wurden zuerst verschiedene Betriebspunkte im Hochlastbereich mit der vorhandenen Basiskalibrierung

vermessen. Anschließend wurden Versuche unter Verwendung einer Mikro- und einer Makroemulsion gefahren. Beim ersten Betriebspunkt zeigte sich, dass die Ergebnisse der beiden Emulsionen mit einer Ausnahme bei gleichem Wassergehalt recht gut übereinstimmten, so dass im Folgenden Variationen des Wasserverhältnisses nur noch mit der Makroemulsion gefahren wurden. Es zeigte sich, dass Verbrauchseinsparungen und damit CO<sub>2</sub>-Reduktionen von bis zu 12 % erzielt werden konnten [Abb. 4]. Mit dem vorhandenen Mischer konnten maximal Emulsionen mit einem Wasserverhältnis von ca. 45 Gew.-% erzeugt werden. Die Verläufe lassen weiteres Einsparpotential mit noch höheren Wasserverhältnissen erwarten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 dargestellt:

Die Forschungsergebnisse wurden im November 2016 auf der „10. Tagung Diesel- und Benzindirekteinspritzung“ vorgetragen [7]. Aufbauend auf den positiven Ergebnissen werden derzeit weitere Forschungsanträge auf nationaler Ebene gestellt. Dabei soll ein sogenanntes „On injector“-System entwickelt werden, das ohne externen Mischer arbeitet, um die Serientauglichkeit der DBWE unter Beweis zu stellen. In den weiteren Arbeiten ist ebenfalls eine Unterstützung durch Motorprozesssimulation mit der Software AVL Boost geplant, die der Hochschule kostenfrei zur Verfügung gestellt wird.

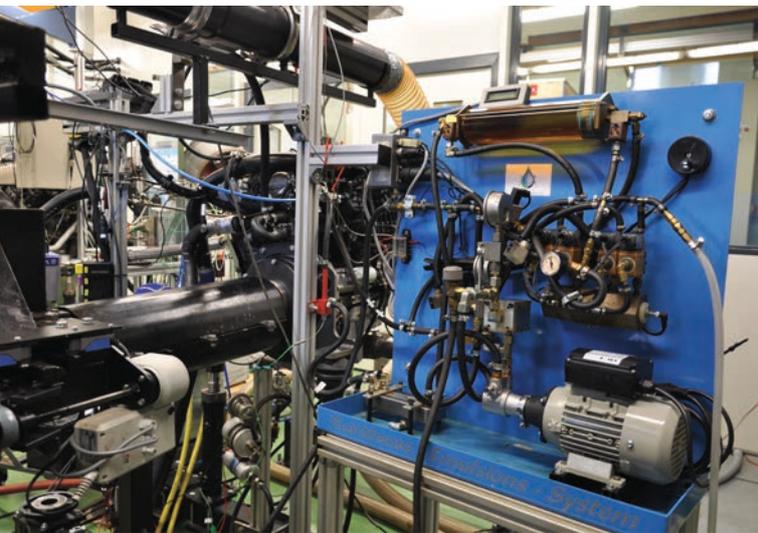


Abb. 3: Versuchsaufbau mit dem Mischgerät zur Emulsionsherstellung im Vordergrund [7]

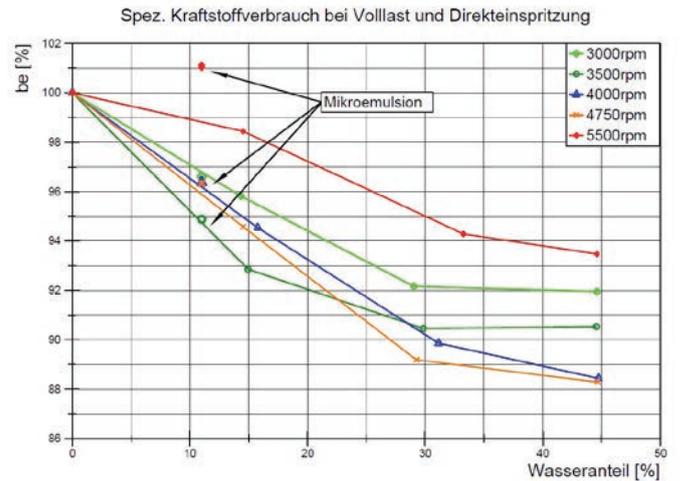


Abb. 4: Relativer spezifischer Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit vom Wasserhältnis [Gew.-%] bei verschiedenen Motordrehzahlen [7]

## LITERATUR

- [1] EC 443/2009, Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen
- [2] Vandeman, J.; Heinicke, O.: Effect of water alcohol injection and maximum-economy spark advance on knock limited performance and fuel economy of a large air-cooled cylinder. NACA [National Advisory Committee for Aeronautics], 1945
- [3] BMW in <http://www.m-power.com/>, Zugriff am 17.08.2016
- [4] Thewes, M.; Baumgarten H.; Scharf, J.; Birmes, G.; Balazs, A.; Lehrheuer B.; Hoppe, F.: Water Injection – High Power and High Efficiency Combined. 25th Aachen Colloquium Automobile and Engine Technology 2016
- [5] Simon, C.; Dörksen, H.; Dornbusch, H.: Schadstoffreduzierung durch Diesel-Wasser-Emulsionen. Motortechnische Zeitschrift (MTZ), 1/2013
- [6] Dittmann, P.; Dörksen, H.; Steiding, D.; Kremer, F.: Einfluss von Mikroemulsionen auf die dieselmotorische Verbrennung. Motortechnische Zeitschrift (MTZ) 04/2015
- [7] Heinrich, C.; Dörksen, H.; Tölkes, E.; Esch, A.: Direkte Benzin-Wasser-Einspritzung: CO<sub>2</sub>-Potentiale und technische Anforderungen. In „10. Tagung Diesel- und Benzindirekteinspritzung“, Springer Vieweg Verlag, 2016. ISBN 978-3-658-15326-7

# EINFLUSS EINES SICHERHEITS-RÜCKHALTESYSTEMS AUF FAHRZEUGINSASSEN

---

## FB TECHNIK FAHRZEUGTECHNIK

---



*Prof. Dr.-Ing. Peter König*  
*koenig@hochschule-trier.de*

### **STUDIERENDE:**

*Markus Heimer*  
*Marco Müller*

Die Entwicklung der Fahrzeugsicherheit anhand von Finite Elemente- sowie Starrkörpersimulationen ist ein etablierter Bestandteil der Lehre im Studiengang Fahrzeugtechnik und so wird den Masterstudenten regelmäßig im Rahmen einer Studienleistung eine Einführung in die Crashesimulation gegeben. Eingesetzt wird dabei die Crashsoftware „Madymo“, welche ein Standardtool in der Automobilindustrie ist, so dass den Studierenden bereits während des Studiums die Möglichkeit geboten werden kann, sich in ein professionelles Simulationsumfeld einzuarbeiten.

Zum schnellen Einstieg in das komplexe Simulationsprogramm der Firma „Tass International“ konnte in Zusammenarbeit mit dem niederländischen Softwareentwickler eine eintägige Schulung an unserer Hochschule angeboten werden. In dieser Schulung wurde zuerst auf die vielschichtige Theorie hinter dem Programmcode eingegangen, anschließend wurde diese an Beispielaufgaben verdeutlicht.

Im Laufe der Schulung erhielten die Studenten ein Fahrer-Airbag-Modell aus der Entwicklung der passiven Sicherheit mit verschiedenen einstellbaren Entwicklungsparametern. Diese galt es im Hinblick auf einen optimalen Insassenschutz zu optimieren, wobei das Airbagsystem verschiedene internationale Testszenarien erfüllen sollte.

Die Anforderungen, die die Studenten hierbei berücksichtigen mussten, waren zum einen der EuroNCAP. Das „European New Car Assessment Program“ ist eine Gesellschaft im europäischen Verkehrsministerium, welche Fahrzeuge in Crashtests auf ihre Sicherheit testet. Die wichtigsten Anforderungen im Bereich

des Insassenschutzes sind hierbei die Belastung des Kopfs, des Nackens, der Brust und der Beine.

Die zweite Testkonfiguration war der USNCAP-Test, das amerikanische Pendant zum EuroNCAP. Grundsätzlich ist das amerikanische Crashtest Programm mit dem EuroNCAP vergleichbar, unterscheidet sich jedoch in z.B. Aufprallgeschwindigkeit und Steifigkeit der Crash-Barriere.

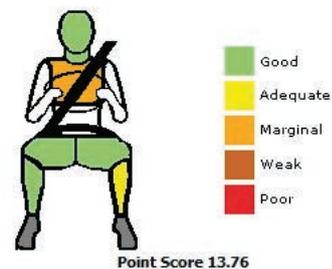
Der letzte zu erfüllende Test war die Richtlinie FMVSS-208. Der „Federal Motor Vehicle Safety Standard 208“ ist ebenfalls eine Insassenregulation, welche in den Vereinigten Staaten zum Einsatz kommt. Die Besonderheit bei diesem Lastfall ist, dass der Insasse ohne Sicherheitsgurt nur durch den Airbag geschützt werden muss.

Alle drei Anforderungskriterien sind übliche Standards, nach denen heutige Fahrzeuge ausgelegt werden und sind somit von großer Relevanz.

Die Studienleistung wurde in sieben Unteraufgaben unterteilt. In der ersten wurde das bestehende Modell mittels der Crashsoftware Madymo Exchange berechnet und anschließend in dem Postprozessor Madymo MADPost die Resultate visualisiert. Da das Modell zu Anfang keine Sicherheitssysteme besitzt, ist der Crash fatal für den Insassen. Die Aufgabe war es nun, durch den Einbau eines Gurtsystems und eines Airbags einen direkten Aufprall des Fahrers auf das Armaturenbrett, insbesondere das Lenkrad, zu verhindern.

In der zweiten Aufgabe sollte ermittelt werden, wie genau das System auf Veränderungen reagiert. Untersucht werden

## Euro NCAP Frontal Impact Driver (Protocol 5.0)



Rating generated on: 10.01.2017 14:44:28  
 Peak file Versuch13Aufgabe1.pkk 10.01.2017 11:24:08  
 Durinj file Versuch13Aufgabe1.durinj 10.01.2017 11:24:08  
 Driver system Occupant\_Driver\_sys

Directory : C:/Users/rftpool01/Desktop/Passive\_Safety\_exercise/Documentation/Versuch 13 Aufgabe 1

### Driver Summary

Body Region	Rating
Head and Neck Assessment	4,00
Chest Assessment	2,07
Knee and Femur Assessment	4,00
Lower Leg assessment	3,69
<b>Driver Frontal</b>	<b>13,76</b>

Abb. 1: Auszug aus einem EuroNCAP-Bericht

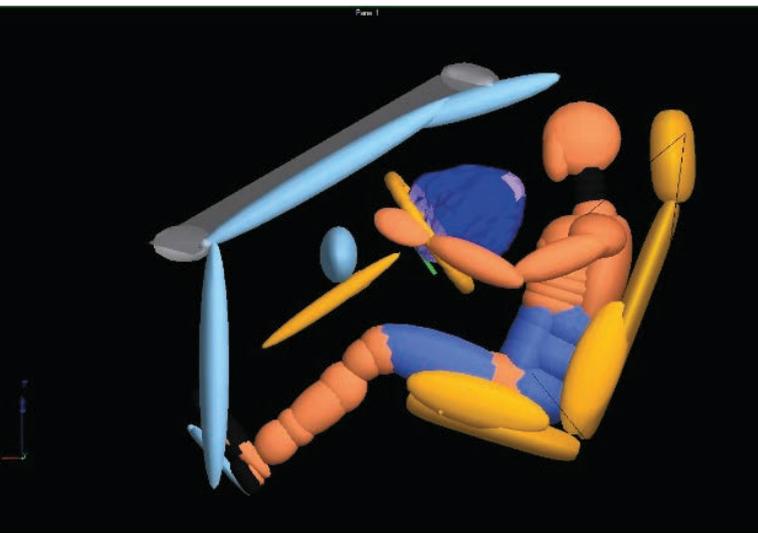


Abb. 2: EuroNCAP-Lastfall nach 20ms (Airbag öffnet sich gerade)



Abb. 3: EuroNCAP-Lastfall nach 100ms

sollte, wovon das Head Injury Criterion (HIC), ein Kriterium zur Bewertung der beschleunigungsbedingten Kopfverletzungen, besonders abhängt. Weiterhin sollte analysiert werden, welche Parameteränderungen im Rückhaltesystem einen signifikanten Einfluss auf die besonders bei älteren Menschen kritische Brusteingdrückung haben.

Variiert werden konnten hierbei die folgenden Parameter:

- Die Airbag ttf (time to fire), die den Zündzeitpunkt des Airbags nach dem Aufprall beschreibt
- Der Zündzeitpunkt für den Gurtstraffer
- Die Größe der Ausströmöffnungen im Airbag, durch die das Gas den Airbag verlassen kann
- Die Steifigkeit des Sitzgurtes, die die Elastizität des Gurtbands bei einer bestimmten Kraft beschreibt
- Die maximale Gurtkraft, über die hinaus der Gurtkraftbegrenzer einsetzt

Es galt nun, dieses Simulationsmodell insofern zu optimieren, dass es eine bestmögliche EuroNCAP Punkte-Wertung und außerdem einen HIC-Wert < 400 erzielt.

Nach der Optimierung wurde dann untersucht, inwiefern dieses System auch die Anforderungen der FMVSS-208 erfüllen kann, ohne dass also ein Sicherheitsgurt eingesetzt wird. Spätestens nach der darauffolgenden Untersuchung eines für den nicht-angeschnallten Insassen optimierten Rückhaltesystems unter den Randbedingungen des USNCAP (mit Gurt und Airbag) wurde deutlich, dass diese Anforderungen nur mit großen Schwierigkeiten mit einem einzigen Parametersatz erfüllt

## Driver Details

HEAD	Value	% of tolerance level
HIC 15ms	254	36
<b>Head Assessment</b>		<b>Passed</b>
<b>NECK</b>		
Nij	0.440	44
Tension extension	0.068	7
Tension flexion	0.440	44
Compression extension	0.019	2
Compression flexion	0.011	1
Axial Tension (kN)	1.436	34
Axial Compression (kN)	0.053	1
<b>Neck Assessment</b>		<b>Passed</b>
<b>Head &amp; Neck Assessment</b>		<b>Passed</b>
<b>CHEST</b>		
Chest Deflection (mm)	43.107	68
Resultant Acc. 3ms exceedence (g)	29.722	50
<b>Chest Assessment</b>		<b>Passed</b>
<b>FEMUR</b>		
Left Femur Axial Compression (kN)	4.497	45
Right Femur Axial Compression (kN)	4.480	45
<b>Femur Assessment</b>		<b>Passed</b>

Abb. 6: Auszug aus dem FMVSS-208 Bericht

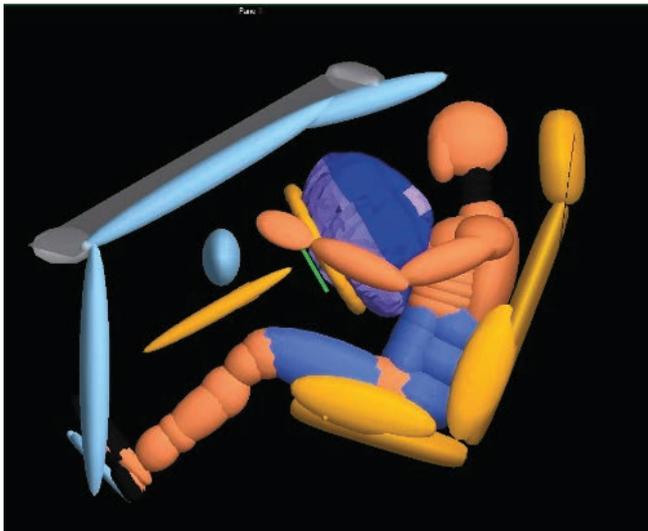


Abb. 4: FMVSS-208 Lastfall nach 30ms

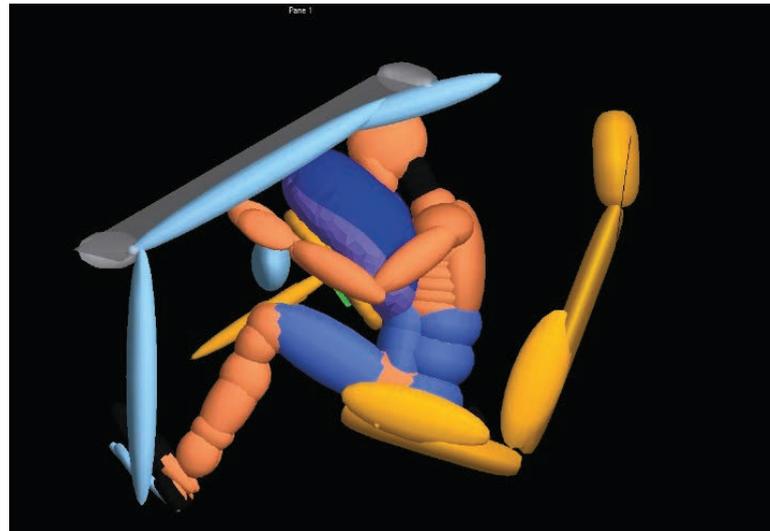


Abb. 5: FMVSS-208 Lastfall nach 110ms

werden können. Aus diesem Grund setzen auch die meisten Automobilhersteller unterschiedliche Parametersettings in Europa und den USA ein.

Final sollen die Studierenden untersuchen, welchen Einfluss unterschiedliche Körpergrößen auf das Sicherheitspotenzial der Rückhaltesysteme haben. Somit wurde das ausschließlich mit dem im Gesetz vorgegebenen Standard-50% Dummy optimierte Modell mit dem kleineren und leichteren 5% Dummy und dem deutlich größeren und schwereren 95% Dummy getestet.

Anhand der signifikanten Unterschiede in den Belastungen der verschiedenen Dummies konnten die Studierenden erkennen, dass es in der Fahrzeugsicherheit eben nicht ausreicht, sich nur auf die durch Gesetze und Medien vorgegebenen Crashtests zu konzentrieren. Die komplexen Anforderungen der Fahrzeugsicherheit erfordern vielmehr einen außerordentlich umfassenden Entwicklungs- und Validierungsansatz – nur so kann ein Maximum an Sicherheit für alle Menschen und unter möglichst vielen Randbedingungen gewährleistet werden.

# ANALYSE UND ENTWICKLUNG VON TELEMATIKBASIERTEN LÖSUNGEN FÜR KRAFTFAHRZEUGE

---

## FB TECHNIK FAHRZEUGTECHNIK

---



*Prof. Dr.-Ing. Peter König*  
*koenig@hochschule-trier.de*

### **STUDIERENDE:**

*Tim Berger*  
*Candido Vieira*

Haben Sie sich schon einmal überlegt, basierend auf welchen Daten Ihre Versicherung Ihren Beitrag für die Kfz-Versicherung kalkuliert hat? Um es vorweg zu nehmen, sie hat es sich gewiss nicht einfach gemacht und betreibt einen außerordentlichen Aufwand, um das Risiko für genau Sie exakt vorherzubestimmen und in einem betriebswirtschaftlich sinnvollen Beitrag abzubilden.

Aber fangen wir von vorne an:

Kfz-Versicherungen haben naturgemäß ein großes Interesse daran, Kunden zu gewinnen, die möglichst wenige Unfälle bauen. Da nun besonders junge FahrER (die männlichen also) und auch Senioren durch eine hohe Unfallwahrscheinlichkeit pro gefahrenem Kilometer auffallen, wäre es demnach eigentlich naheliegend, eben diese beiden Gruppen erst gar nicht als Kunden anzunehmen - nur ist diese Gruppe viel zu groß, als dass sie vernachlässigt werden dürfte. Also werden sie trotzdem als Kunden angenommen und man versucht, die vergleichsweise hohen Risiken dieser Gruppe über hohe Prämien abzusichern.

Prompt aber kommt es dabei aber zu einem weiteren Problem: in z.B. England werden Kfz-Versicherungen immer nur für ein Jahr abgeschlossen, Kunden können also nur über besonders günstige Beiträge gewonnen werden. Also können in diesem Markt keine hohen Prämien umgesetzt werden.

In Deutschland werden hingegen Versicherungsverträge oft jahrelang fortgeführt, die Versicherungskunden sind vergleichsweise treu. Demnach muss man hier versuchen, junge Fahrer schon möglichst früh anzuwerben, um sie dann langfristig an das Unternehmen binden zu können.

Also geht kein Weg um das massive Anwerben besonders junger Fahrer vorbei – den Versicherungsunternehmen bleiben hier nur zwei Alternativen, um dennoch profitabel zu sein:

Vor Vertragsabschluss wird versucht, über zusätzliche Informationen das individuelle Risiko potenzieller Neukunden zu ermitteln. Das geschieht bestmöglich über Fragebögen und Datenbanken mit Schadenregistern.

Dieses Vorgehen ist uns vertraut, reicht aber nicht aus. Idealerweise würde der Kunde jetzt nach Abschluss des Vertrags durch intensive Kontrolle, unmittelbares Feedback zu seinem Fahrstil und durch finanzielle Anreize zu einer zurückhaltenden und defensiven Fahrweise motiviert werden.

Hierfür wurden in den letzten Jahren telematikbasierte Systeme entwickelt, die die Basis für zwei neue Tarifgruppen bilden:

#### SIE ZAHLEN NUR WENN SIE FAHREN.

PAYD (Pay As You Drive) Tarife sind besonders für Wenigfahrer oder Besitzer mehrerer Fahrzeuge interessant, da hier über eine in das Fahrzeug eingebaute Telematikbox der Versicherung per GPS und einfache Beschleunigungssensoren erfasst wird, ob das Fahrzeug überhaupt bewegt wurde. Die sonst monatlich pauschale Abrechnung erfolgt dann begrenzt auf die effektiven Nutzungszeiten des Fahrzeugs.

#### SIE ZAHLEN ENTSPRECHEND IHREM FAHRSTIL.

Bei PHYD (Pay How You Drive) Tarifen hingegen wird in das Fahrzeug eine deutlich aufwändigere Telematikbox eingebaut, die über GPS und qualitativ recht hochwertige Beschleunigungsaufnehmer erfasst, wann, wo und wie schnell das Fahrzeug unterwegs ist und wie stark es in Längs- oder Querrichtung beschleunigt wird.

Je nach Versicherungsvertrag kann dann eine sehr kostengünstige Basistarifizierung angeboten werden, wobei die Kunden dann direkt z.B. auf das höhere Risiko bei Fahrten bei Nacht oder auf Verkehrsverstöße (zu hohe Geschwindigkeiten) oder auch auf einen aggressiven Fahrstil (scharfes Beschleunigen und Bremsen, hohe Kurvengeschwindigkeiten) hingewiesen und entsprechend ihrem individuellen Risiko zusätzlich zur Kasse gebeten werden können.

Beide Systeme sollen zudem die Erfassung und Differenzierung von leichten Parkremplern bis hin zu schweren Unfällen erlauben, um ggfs. direkt mit dem Kunden in Kontakt treten zu können, um Hilfe anzubieten und die Schadensteuerung zu übernehmen. Gemeinsam mit einem großen Versicherer wurden nun am Institut für Fahrzeugtechnik zahlreiche Telematiksysteme verschiedener europäischer Hersteller auf ihre Leistungsfähigkeit hin untersucht.

## TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN TELEMATIKSYSTEME:

### SELBSTKALIBRIERUNG

Um unterscheiden zu können, ob das Fahrzeug stark bremst oder um die Kurve fährt oder es sich nur um die vertikale Gravitation handelt, die die Sensoren gerade messen, muss sich das System unabhängig von seiner Einbaulage innerhalb von kürzester Zeit selbst kalibrieren und alle drei Fahrzeugachsen sicher erkennen. Nur dann können auch bei Unfällen der Kollisionswinkel und die Crasheschwere korrekt ermittelt werden. Hierzu wurden die Systeme in verschiedensten Anordnungen auf einer Trägerplatte

montiert und der Kalibrierungsstatus auf Messfahrten kontinuierlich dokumentiert.

#### SENSITIVITÄT UND BEWERTUNGSLGORITHMUS:

Gemeinsam mit den Herstellern der Telematikboxen wurden auf der institutseigenen Schlittentestanlage in zahlreichen Testserien Crashpulse unterschiedlicher Schwere eingefahren, um die Bewertungsalgorithmen so kalibrieren zu können, dass sie zwar einerseits für leichte Parkrempler sensitiv genug, andererseits dennoch unempfindlich für Bordsteinüberfahrten und andere unkritische Fahrmanöver sind.

Die nun folgende Projektphase sieht vor, dass im Rahmen von zahlreichen Fahrversuchen Datensätze eingefahren werden, anhand derer Algorithmen entwickelt werden können, die eine fehlerfreie Erkennung des individuellen Fahrstils erlauben. Diese sollen dann wiederum in Versuchen validiert und danach produktiv eingesetzt werden. Wollen wir hoffen, dass wir so besonders jugendliche Fahrer vor Fahrfehlern schützen und dadurch einen Beitrag zur Verkehrssicherheit leisten können!

# PROTRON EVOLUTION

## EIN HOCHEFFIZIENTES ELEKTRO-FAHRZEUG FÜR DEN NAHVERKEHR

---

**FB TECHNIK**  
**MASCHINENBAU/  
FAHRZEUGTECHNIK/  
ELEKTROTECHNIK**

---



Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zoppke  
zoppke@hochschule-trier.com



Prof. Dr.-Ing. Matthias Scherer  
M.Scherer@hochschule-trier.de

**STUDIERENDE:**

Rene Beck  
Daniel Dewes  
Christian Endres  
Christian Koch  
Peter Rietz  
Johan Wacht  
Klaus Wiesen

Im Projekt proTRon entwickeln Studierende der Hochschule Trier einen batterieelektrisch angetriebenen PKW für den Nahverkehr. Der Focus liegt bei diesem serienfähigen Fahrzeug auf einer hohen Energieeffizienz und damit auf einem möglichst geringen Gewicht, welches 550 kg inklusive der Traktionsbatterie nicht überschreiten soll. Gleichzeitig soll eine ausreichend hohe passive Sicherheit im Crashfall realisiert werden. Die angestrebte Straßenzulassung in der Klasse M1 erfordert dabei unter anderem die Einhaltung der Sicherheitsanforderungen gemäß der geltenden ECE-Richtlinien. Der aus diesen Forderungen resultierende Zielkonflikt soll durch konsequenten Leichtbau und ein innovatives Sicherheitskonzept gelöst werden. Es basiert auf einer hochsteifen Fahrgastzelle, die den Überlebensraum für die Insassen im Crashfall bildet und einer gezielten Umwandlung der Bewegungsenergie in Verformungsenergie in definierten Bereichen.

### NATURFASER-MONOCOQUE

Bei der als Monocoque ausgelegten Fahrgastzelle aus Faserverbundwerkstoffen werden vorwiegend Naturfasern als Verstärkungsmaterial eingesetzt (NfK), was in dieser konsequenten Form ein Novum im Automobilbau darstellt. Nur in höchstbeanspruchten Lastpfaden werden lokal unidirektionale Kohlefasern eingesetzt, deren Anteil am gesamten Fahrzeugkörper 5% nicht überschreiten soll. Als Matrix kommt derzeit aus Gründen der Prozesssicherheit ein konventionelles Epoxydharzsystem zum Einsatz. Künftig wird auch hier der Einsatz biobasierter Harze angestrebt.



Abbi. 1: Die drei Schritte der Strukturentwicklung: Bauraummodell, Topologieoptimierung fertiges Bauteil

Ein großer Vorteil der Naturfasern liegt neben deutlich geringeren Kosten darin, dass die aufzuwendende Energie von der Faserherstellung bis zum Bauteil nur etwa 1/100 derjenigen von Kohlefasern beträgt. Beim generellen Einsatz von Kohlefasern könnte die für die Herstellung zusätzlich erforderliche Energie kaum durch die gewichtsbedingte Verringerung der Antriebsenergie während der Fahrzeuglebensdauer wieder eingespart werden. Darüber hinaus sprechen mit Blick auf den Komfort die guten Dämpfungseigenschaften, aber auch die unkritischen Splittereigenschaften im Crashfall gerade im Innenraum für die Verwendung von NfK. Die spezifische Festigkeit und Steifigkeit von Naturfasern ist zwar deutlich geringer als die von Kohlefasern aber immer noch hoch im Vergleich zu Stahl. Allerdings bringt ihre Verwendung auch einige Herausforderungen mit sich. Strukturbauteile sind schwieriger zu dimensionieren, da bisher kaum Materialkennwerte vorliegen und diese Werte bei natürlichen Werkstoffen Schwankungen unterworfen sind. Auch für die Feuchtigkeitsempfindlichkeit der Fasern müssen Lösungen entwickelt werden. Parallel zur Fahrzeugentwicklung wird daher im Projekt proTRon ein Schwerpunkt bei der systematischen Untersuchung der Materialeigenschaften dieses noch jungen Strukturwerkstoffs gesetzt.

Bei der Strukturentwicklung der Monocoques wurde mit dem in Ergonomieuntersuchungen geometrisch abgesicherten Bauraummodell begonnen.

Die anschließende Finite-Elemente-Berechnung und Topologieoptimierung diente der Ermittlung der Hauptlastpfade für die Lastfälle Frontcrash, Seitencrash und durch Fahrwerksbelastungen bedingte Torsion. Das Prinzip der Topologieoptimierung folgt dem Axiom konstanter Spannungen im gesamten Bauteil

nach Claus Mattheck. Dabei werden in einem ersten Rechenlauf die Spannungen innerhalb des Bauteils bestimmt. Anschließend wird durch eine schrittweise Variation des Elastizitätsmoduls der Materialeinsatz in Bereichen mit niedriger Spannung reduziert und in hochbelasteten Bereichen erhöht, bis eine gleichmäßige Ausnutzung des Werkstoffs in allen Bereichen realisiert ist. Die so ermittelte Struktur wird anschließend mit dem Ziel einer faser- und fertigungsgerechten Konstruktion bis hin zum fertigen Bauteil –in diesem Fall des Monocoques– optimiert.

Mit dem für den ersten Prototypen eingesetzten Vakuuminfusionsverfahren wird ein Faservolumenanteil von 50 bis 55 Prozent erreicht. Für eine mögliche Serienfertigung wäre das Resin Transfer Molding (RTM) eine deutlich kostengünstigere Möglichkeit der Fertigung mit kürzeren Taktzeiten, die aber für das Monocoque noch näher untersucht werden muss.

Für die Fertigung wird das Monocoque in eine Ober- und Unterschale in Sandwich-Bauweise aufgeteilt, die den Hauptteil der Lasten in Crashfall übernehmen sowie einen deutlich leichter dimensionierten Dachbereich. Die Rücksitzbank ist als voll tragender Bereich in die Fahrzeugstruktur integriert. Die Großkomponenten werden je nach Richtung der wirkenden Kräfte entweder durch Schäften oder durch Verkleben (Mitteltunnel und Sitzkasten) gefügt.

## CRASHABSORBER

Im Rahmen umfangreicher Recherchen, wurde das Prinzip des Crushing von Faserverbundkunststoffen als vielversprechendes

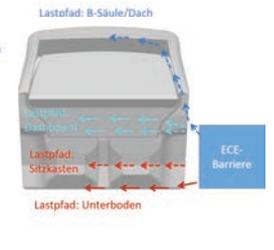
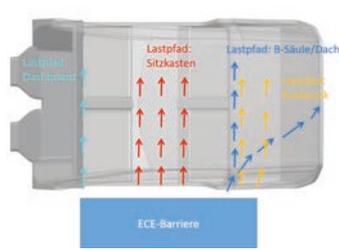
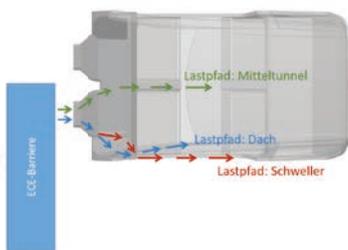
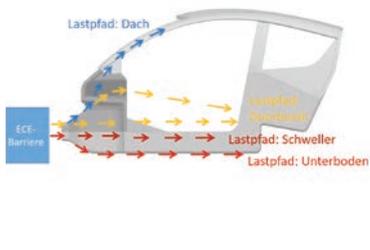


Abb. 2: Lastpfade im Frontcrash

Abb. 2: Lastpfade im Frontcrash

Energieabsorptionskonzept identifiziert, wenn Leichtbau und Energieeffizienz oberste Priorität bekommen. Dabei wandelt das Material in einer kontinuierlich durch das Bauteil laufenden Crushing-Front unter Ausnutzung der maximalen Festigkeit und des maximal zur Verfügung stehenden Weges Bewegungsenergie in Verformungsenergie um. Gewichtsspezifisch lässt sich mit dieser Energieabsorptionsmethode nahezu zehnmals mehr Energie abbauen als mit herkömmlichen Crashelementen aus Stahl, die heute in vielen Fahrzeugen zu finden sind.

Da beim Frontalaufprall eine große Energiemenge auf vergleichsweise geringer Fläche abgebaut werden muss, soll im EVOLUTION an dieser Stelle vorwiegend auf mit Kohlenstofffaser

verstärkten Kunststoff (CFK) zurückgegriffen werden. CFK weist den höchsten spezifischen Energieabsorptionswert (SEA) im Umfeld der faserverstärkten Kunststoffe auf. In weiteren Optimierungsschritten wird aber auch hier eine teilweise Substitution von Kohlenstofffasern durch Naturfasern angestrebt.

Die Kräfte beim Seitencrash können dagegen – mit Ausnahme der beim Pfahlaufprall-Versuch getroffenen Bereiche – auf einer größeren Fläche abgestützt werden. Somit ist es in diesen Bereichen wieder möglich, umweltverträglichere und bei der Herstellung weniger energieintensive Naturfaserverstärkte Kunststoffe einzusetzen.

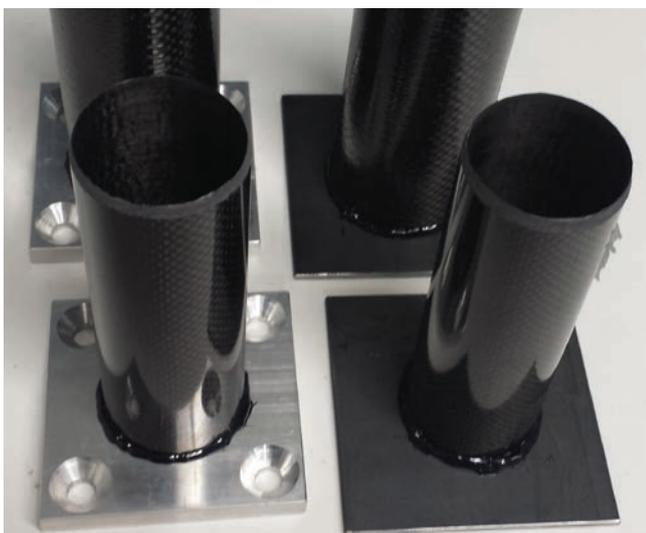


Abb. 4: CFK-Proben

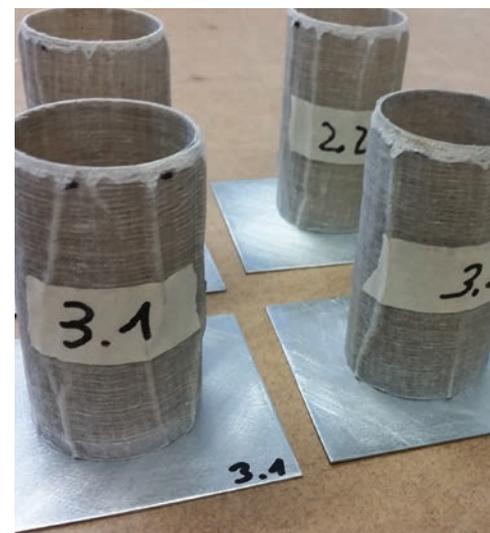


Abb. 5: NFK-Proben

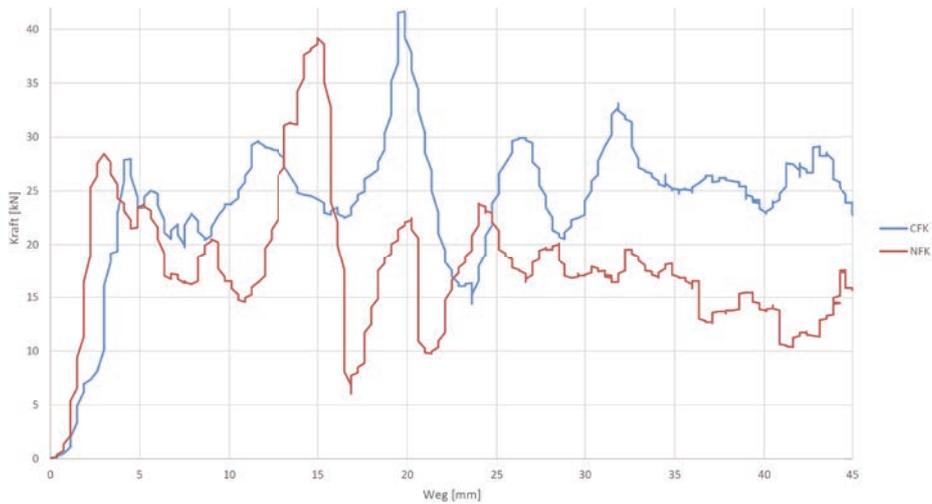


Abb. 7: Kraft-Weg-Verlauf für eine rohrförmige CfK-Probe mit einer spezifischen Masse von 0,37 g pro mm Rohrlänge (blau) und einen NfK-Absorber mit der spezifischen Masse von 0,5 g/mm (rot)

Da in der Literatur gerade für NfK bzgl. des möglichen Energieabsorptionsvermögens nur unzureichende Informationen vorliegen, werden diese durch eigene Berechnungen und Energieaufnahmeversuche zu deren Validierung ermittelt. Hierzu werden Rohre durch Harzinfusion aus Flachsfasergelegen und Epoxidharz gefertigt, sowie industriell gefertigte Rohre aus CfK zugekauft und für quasistatische und dynamische Versuche präpariert. Auf der hochschuleigenen Zug-/Druck-Prüfmaschine und der Fallturmanlage des Instituts für Fahrzeugtechnik Trier IFT werden anschließend die verschiedenen rohrförmigen Proben bezüglich ihres Versagensverhaltens untersucht. Erste Auswertungen der Versuchsergebnisse bestätigen und übertreffen sogar die hohen Erwartungen, die an das Material gestellt wurden.

In Abbildung 7, sind die Messergebnisse zweier Versuchsproben gegenübergestellt.

Abgesehen von den unterschiedlichen Versagensniveaus weisen die Kraft-Weg-Verläufe beider Proben ein vergleichbares Versagensverhalten auf. Der relativ geringe Unterschied zwischen den beiden Versagensniveaus zeigt, dass auch der Verbundwerkstoff aus Flachs durchaus in der Lage ist, gewichtsbezogen erhebliche Energiemengen abzubauen und dass er somit ebenfalls bei der Materialauswahl von Crashabsorbern in Frage kommt. Die Versagenskraft und die maximal absorbierbare Energiemenge werden dabei über die Anzahl und die Dimensionierung der Absorber bzgl. über Querschnitt und Crushinglänge an die Vorgaben



Abb. 6: NfK-Proben gecrasht

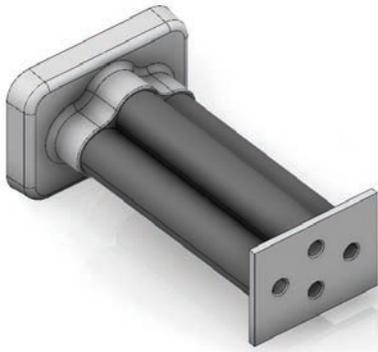


Abb. 8: Frontcrashabsorber

angepasst, die sich aus den ECE-Richtlinien ergeben. Da die Wahrscheinlichkeit eines schrägen Frontaufpralls im Straßenverkehr laut Unfallstatistiken ebenfalls hoch ist, werden die Frontcrashelemente neben einer reinen Längsbelastung auch mehreren Offaxis-Tests unterzogen. Erste Ergebnisse zeigen, dass auch hier ein zwar geringfügig reduzierter, aber immer noch hoher Energieabbau durch die Frontcrashelemente möglich ist. Da diese Tests für eine Straßenverkehrszulassung nicht zwingend erforderlich sind, geht an dieser Stelle das Sicherheitskonzept des proTRon EVOLUTION über die Grenzen der gesetzlichen Auflagen hinaus und bietet somit zusätzlichen Schutz für die Insassen.

## STEUERGERÄTEARCHITEKTUR UND SOFTWAREKONZEPT

Derzeit werden im Projekt proTRon im Bereich der Fahrzeugelektronik die Grundlagen für das serientaugliche Fahrzeug erarbeitet. Zunächst wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen analysiert, die für die Straßenzulassung eines elektrisch angetriebenen PKW erfüllt werden müssen. Während des gesamten Entwicklungsprozesses müssen verschiedene Standards eingehalten werden. Zu diesen zählt unter anderem die Einhaltung der ISO 26262 („Road vehicles – Functional safety“), welche auf sicherheitsrelevante elektrische und elektronische Systeme im Kraftfahrzeug angewandt werden muss. Weiterhin werden in EU-Richtlinien und den daraus resultierenden UN/ECE-Regelungen verschiedene Systeme vorgeschrieben, die in einem Fahrzeug vorhanden sein müssen. Zu diesen zählen unter anderem das ESP (Elektronisches Stabilitäts Programm), das

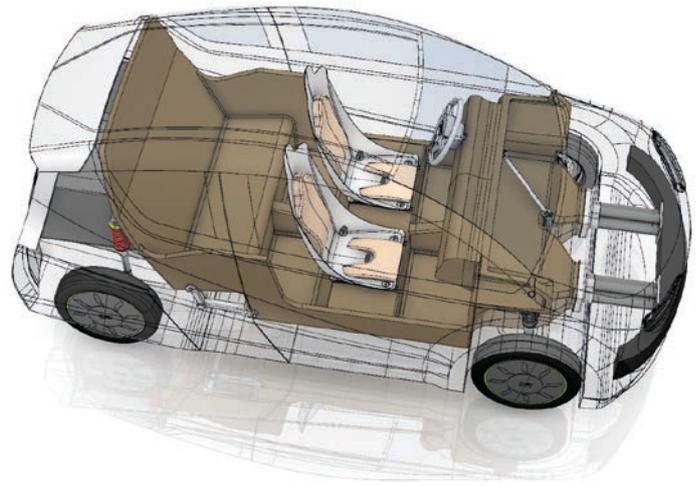


Abb. 9: Absorber integriert in die Fahrzeugfront des EVOLUTION

Reifendruckkontrollsystem und das eCall-System, das ab 2018 in jedem Neuwagen integriert sein muss.

Im gesamten Antriebsstrang wird großer Wert auf die energieeffiziente Auslegung der Antriebskomponenten gelegt. Akku, Leistungselektronik und Motoren werden so ausgelegt, dass sie weitgehend in ihrem maximalen Wirkungsgrad betrieben werden können. Durch eine Optimierung der Betriebsstrategie kann die verfügbare elektrische Energie gezielt eingesetzt werden, sodass auch die Reichweite positiv beeinflusst wird. Ebenso wird die Aerodynamik des Fahrzeugs mithilfe elektrischer Komponenten optimiert. So wird ein Konzept angestrebt, bei dem die Außenspiegel durch kompakte Kamerasysteme ersetzt werden. Dies hat sowohl die Verbesserung des cw-Wertes als auch die Reduzierung des Gewichts zur Folge.

Aufgrund der ambitionierten Zielsetzung bezüglich der Energieeffizienz haben Komfortfunktionen wegen ihres teilweise erheblichen Zusatzgewichts nicht die höchste Priorität. Nach dem Grundsatz „weniger ist mehr“ wird jedoch versucht, unverzichtbare, oder hoch innovative Elemente möglichst so zu integrieren, dass mit kleinem Aufwand ein großer Erfolg erzielt werden kann. Einige Systeme werden so gestaltet, dass sie mehrfach genutzt werden können. Eine Idee ist z.B., die Kofferraumbeleuchtung mit einem kleinen integrierten Akku auszustatten und herausnehmbar zu befestigen. Bei Dunkelheit kann sie entnommen und als Taschenlampe oder Warnlampe genutzt werden kann.

Wie bereits dargestellt, spielt beim proTRon EVOLUTION die Sicherheit der Fahrzeuginsassen eine besondere Rolle. Um in jeder Fahrsituation eine höchst mögliche Sicherheit zu

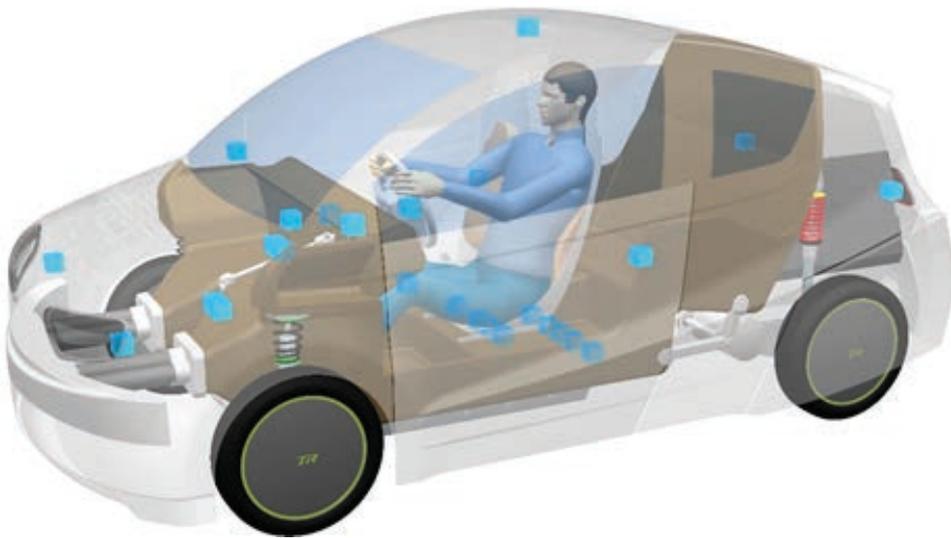


Abb. 10: Räumlich verteilte Steuergeräte des proTRon EVOLUTION

gewährleisten, wird das bestehende passive Sicherheitskonzept um aktive Sicherheitsfunktionen ergänzt.

Die System- und Funktionsarchitektur muss schließlich auf eine Elektronikarchitektur abgebildet werden. Dazu werden eine ganze Reihe wichtiger Kriterien wie: Leitungslängen, Kommunikationsaufwand, funktionale Sicherheit, Modularität, Kosten usw. berücksichtigt.

Auch in der Automobilindustrie werden Softwarearchitekturen und Betriebssysteme einem stetigen Wandel unterworfen. Der derzeitige Standard bei Echtzeitbetriebssystemen in der Fahrzeugtechnik ist AUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture). Die Standards für Mess- und Kalibrierwerkzeuge für die Entwicklungsphase wurden ebenfalls kontinuierlich weiterentwickelt. Das proTRon Team ist Mitglied der ASAM (Association for Standardisation of Automation and Measuring), die den aktuellen Stand: XCP (Universal Measurement and Calibration Protocol) definiert hat. Die Parametrier- und Fehleranalyse-schnittstelle OBD (Onboard Diagnose) ist derzeit noch nicht für Elektrofahrzeuge standardisiert, muss aber trotzdem umgesetzt werden.

Ohne die aktuellen Standards einzuhalten ist die Gewährleistung der funktionalen Sicherheit entsprechend ISO 26262 in der Praxis nicht möglich. Selbstverständlich sollen auch im Projekt proTRon Evolution alle Standards berücksichtigt werden. Im Bereich der Softwareentwicklungswerkzeuge, die im Entwicklungsprozess einen wesentlichen Kostenfaktor darstellen, wird das Team durch renommierte Softwarehäuser unterstützt.

# ENTWICKLUNG UND FERTIGUNG EINES GROSSFORMAT 3D-DRUCKSYSTEMS ALS VERSUCHSPLATTFORM FÜR STUDENTISCHE LEHR-, FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSPROJEKTE

## FB TECHNIK MASCHINENBAU



AkadR Michael Hoffmann  
M.Hoffmann@mb.hochschule-trier.de

### STUDIERENDE:

Kay Königs

Kevin Diederich

Jens Biehl

Maximilian von Gundlach

Nicolas Schreiner

Cédric Malek

Die Zukunftstechnologie 3D-Druck/Additive Fertigung wird im Zuge der Digitalisierung zu einer industriellen Revolution beitragen. Unternehmen werden in einer effizienteren Produktentwicklung und der Herstellung vom Prototypen über Kleinserien bis hin zur Serienproduktion mit völlig neuen Gestaltungsmöglichkeiten in hoher Qualität erheblich profitieren. Allerdings verändert sich dadurch die traditionelle Vorgehensweise im gesamten Produktlebenszyklus.

Im Fachbereich Technik / Fachrichtung Maschinenbau der Hochschule Trier werden im Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung [LDPPF] sowohl in der Lehre, als auch in Forschung und Entwicklung industrielle Anwendungen von 3D-Drucktechnologien untersucht und in konkreten Kooperationsprojekten mit Industriepartnern unterschiedlichster Branchen eingesetzt und bewertet.

Im Rahmen studentischer Projektarbeiten, gefördert durch die Nikolaus Koch Stiftung Trier und verschiedener Kooperationen mit den Unternehmen Klimatex GmbH, Paas Werkzeug- und Maschinenbau Fließem, Wittenstein SE, Harmonic Drive AG, Dohle Extrusionstechnik GmbH, FEM-TECH GmbH und Beckhoff Automation GmbH & Co. KG wird im Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung im Fachbereich Technik / Fachrichtung Maschinenbau eine 3D-Druck Versuchsplattform entwickelt. Ziel dieses Projektes unter der Leitung von Dozent Michael Hoffmann sind Themen wie:

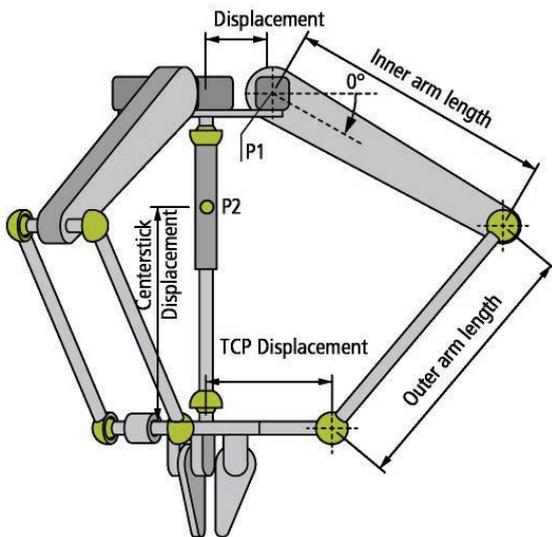


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Delta-Kinematik-Transformation  
[Quelle: BECKHOFF]

- Fertigung von Großformat-Bauteilen in kleinen Losgrößen z.B.: Prototypen- und Formenbau, Digitaler Modell-/Möbelbau etc.
- Untersuchung der Leistungsfähigkeit moderner Industriesteuerungen Anforderungen/Parametrisierung/Leistungsfähigkeit moderner Industrie-Steuerungen (Kooperation mit Beckhoff Automation GmbH & Co. KG in Verl)
- Entwicklung eines Granulatextruders mit integrierter Förderanlage
- Versuchsreihen zu alternativen Werkstoffen und Werkstoffkombinationen (z.B. Bio-Werkstoffen) (Kooperation mit Industrie-Extruder und Filament-Herstellern)
- 3D-Druck und Nachhaltigkeit durch Integration einer Recycling-Anlage zur direkten (Wieder-) Verarbeitung von Kunststoffen.

Das Anlagenkonzept mit den Grundabmessungen 2m x 2m x 3m besteht aus einem geschlossenen ca. 8m<sup>3</sup> großen voll klimatisierbaren Druckraum. Als kinematisches Grundkonzept der Verfahrensrasten wurde eine Parallellkinematik (Tri-Glide) gewählt, ein sogenannter Deltapod mit Kragarmen.

Die u.a. Vorteile dieser Bauweise führen zu erheblichen Kosteneinsparungen:

- Es werden keinerlei Führungen benötigt, die vollständige Lagerung kann über Radial-/Axiallager erfolgen
- die Zugänglichkeit liegt je nach Shuttleposition bei 360° Horizontalwinkel

- die Kragarme können unmittelbar in ihrer Winkelstellung über Servomotoren angesteuert werden, es entfallen Spindelachsen oder Riementriebe
- aufgrund der speziellen Kragarmkonstruktion verbessertes „Arbeitsraum zu Aufstellfläche“-Verhältnis
- Gestell und Robotik sind voneinander unabhängig, der Roboter kann in das klimatisierte Gehäuse eingehängt werden

Eine besondere Herausforderung bestand unter anderem in der mechanischen Auslegung des Gesamtsystems aufgrund der Überbestimmtheit. Dazu wurde in einer Kooperation mit der FEM-TECH GmbH ein Simulationsmodell erstellt, um z.B. für ausgesuchte kritische Positionen und Beschleunigungen des Kinematiksystems die resultierenden Kräfte zur Lager- und Bauteildimensionierung und die Antriebsmomente zur Auswahl der Antriebe zu berechnen.

Die Fertigung und Montage der Grundanlage erfolgte mit Unterstützung der Kooperationspartner Klimatec GmbH (Klimatisierbares Grundgestell/-gehäuse), Paas Werkzeugbau und Maschinenbau GmbH (Fertigung der mechanischen Komponenten). Weitere Unternehmen zeigten großes Interesse an dem Projekt und konnten als Partner gewonnen werden: Wittenstein GmbH (Präzisions-Getriebe), Harmonic Drive AG (Servoantrieb Extruder), Puls GmbH (Elektronik-Komponenten). Für die Steuerung wurde nach einem intensiven Benchmark das PC-basierte TwinCAT-System der Fa. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG ausgewählt. In dieser Steuerung werden Transformationen für komplexe Kinematiken wie unsere 3D-Delta-Kinematik unterstützt.

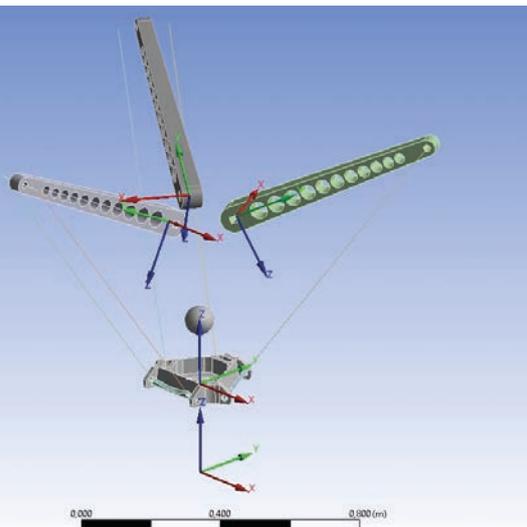


Abb. 2: Grundlagen für das Berechnungsmodell

Die Anlage wurde bereits im aktuellen Entwicklungsstand und als Abschluss der herausragenden Bachelorarbeiten von Kay Königs und Kevin Diederichs am Stand des Kooperationspartners Dohle Extrusionstechnik GmbH auf der Internationalen Kunststoffmesse 2016 vom 19. bis 26. Oktober 2016 in Düsseldorf vorgestellt.

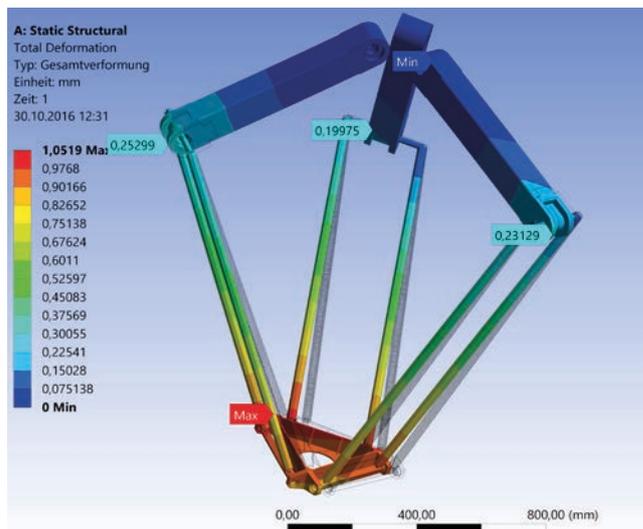


Abb. 3: Verformung der Parallelkinematik für einen extremen Lastfall (Axiale/Querbeschleunigung von 1g/2g), Ergebnisdarstellung skaliert

## INBETRIEBNAHME UND EXTRUDERKONZEPTE

In aktuellen Projektarbeiten wird im Rahmen der Inbetriebnahme ein Sicherheitssystem (Nothalt, Türabschaltung etc.) erarbeitet. Im Auslegungskonzept der Anlage sollen verschiedene Extrudersysteme zum Einsatz kommen. Im ersten Schritt wird ein Industrie-Extruder der Fa. Dohle, einem weiteren Kooperationspartner des Projektes eingesetzt. Parallel dazu werden in studentischen Projektarbeiten weitere Extrudersysteme entwickelt, die in der Anlage modulweise gewechselt werden können. In einem Extruderkonzept wird eine unmittelbare Granulatverarbeitung entwickelt. Dabei soll innerhalb der Anlage das Granulat befüllt, getrocknet und über ein Fördersystem unmittelbar zur Verarbeitung im Granulat-Extruder transportiert werden. In diesem Konzept sollen Versuche zur Verarbeitung von Bio- oder Recycling-Materialien untersucht werden. Für das Antriebskonzept des Extruders war ein Getriebemotor mit sehr kompakter Bauweise, geringem Gewicht und einem hohen Abtriebsmoment mit Antriebs-Hohlwelle erforderlich. Auch hier ist das Entwicklerteam fündig geworden. Das Unternehmen Harmonic Drive AG stieg sofort mit einem passenden Produkt als Kooperationspartner in das Projekt ein. Einige Prototypen-Bauteile des komplexen Extrudersystems wurden bereits auf vorhandenen 3D-Drucksystemen im LDPF der Hochschule gefertigt. Mit Spannung erwarten wir die ersten Versuche in der Anlage.



Abb. 4: Präsentation auf der Internationalen Kunststoffmesse im Oktober 2016 in Düsseldorf

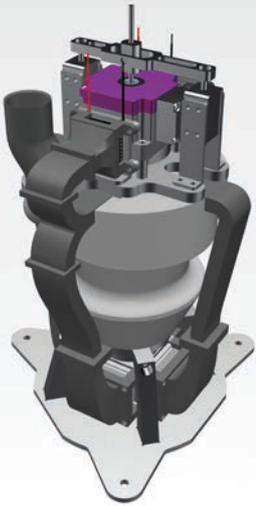


Abb.5: 3D-CAD Modell: Konzept Granulatextruder



Abb. 6: Versuchsaufbau Granulat-Extruder und Förderung

## FAZIT

Die additive Fertigung hat mit erheblichen Zeiteinsparungen und Prozessinnovationen im Produktentwicklungs- und Fertigungsprozessen ein enormes Innovationspotential. Vom Design über die Produktentwicklung bis hin zur Fertigung entstehen völlig neuen Freiheitsgrade in der Gestaltung und Formgebung von Produkten und Bauteilstrukturen. Mit der industriellen Anwendung der additiven Fertigung können sich in Unternehmen bzw. Unternehmensgründungen völlig neue Geschäftsmodelle erschließen. Allerdings bleiben in vielen Bereichen für den Prozesssicheren, wirtschaftlichen und ressourcenschonenden Einsatz dieser Technologie noch viele Fragen offen, die sich nicht zuletzt auch aus der langjährigen Erfahrung in zahlreichen Kooperationsprojekten an der Hochschule Trier stellen.

Die in diesem Beitrag vorgestellte Umsetzung einer Versuchsplattform schafft eine hervorragende Infrastruktur, um gemeinsam mit den Studierenden auf viele Fragestellungen der Additiven Fertigung experimentelle Szenarien auszuarbeiten und Lösungsansätze zusammen mit Kooperationspartnern in interdisziplinären Projekten an der Hochschule oder auch gemeinsam mit Industriepartnern zu finden.

Ein Förderprojekt mit freundlicher Unterstützung der

**Nikolaus Koch Stiftung**

## KOOPERATIONSPARTNER:

**BECKHOFF**

**DOHLE**

**FEM-TECH**  
BERECHNUNG ■ ENTWICKLUNG ■ BERATUNG

**Harmonic Drive AG**

**KLIMATEC**

**paas**  
werkzeug- und maschinenbau

**WITTENSTEIN**

# VIRTUAL, AUGMENTED UND MIXED REALITY

## IN LEHRE, FORSCHUNG UND INDUSTRIELLEN ANWENDUNGEN

---

**FB TECHNIK  
MASCHINENBAU**

---



AkadR Michael Hoffmann  
M.Hoffmann@mb.hochschule-trier.de

**STUDIERENDE:**  
Lucas Küntzer

UNTER DEM BEGRIFF DER „VIRTUELLEN REALITÄT“, KURZ VR, WIRD DIE DARSTELLUNG EINER COMPUTER-GENERIERTEN WIRKLICHKEIT, INTERAKTIV ERLEBBAREN VIRTUELLEN UMGEBUNG BEZEICHNET.

### VIRTUELLE REALITÄT

Zur 3D-Darstellung virtueller Welten werden spezielle Ausgabegeräte wie Großbildleinwände mit Einwand-Projektionen (PowerWall) oder Virtuelle Räume mit Wand- und Decken-/Bodenprojektionen (Caves) und seit neuestem kostengünstigere Head-Mounted Displays eingesetzt. Um einen räumlichen Eindruck zu erzeugen, werden meist zwei Bilder aus unterschiedlichen Perspektiven erzeugt und dargestellt (Stereoprojektion). Um das jeweilige Bild dem richtigen Auge zuzuführen, existieren verschiedene Technologien. Für die Interaktion mit der virtuellen Welt werden spezielle Eingabegeräte (3D-Maus, Datenhandschuh etc.) benötigt. Die VR-Technologie ist keines Falls neu. Bisher war die Technik allerdings nur großen finanzstarken Unternehmen (z.B. Automobilhersteller) vorbehalten, die bereits seit den 90er Jahren in Virtuelle Projektionstechniken investieren.

### ERWEITERTE REALITÄT

Als Erweiterte Realität oder Augmented Reality (AR) wird eine computergestützte Wahrnehmung bezeichnet, bei der sich reale und virtuelle Welt vermischen. Über die gerade betrachtete reale Welt werden in Echtzeit Textinformationen und 2D oder 3D-Grafiken (Hologramme) eingeblendet.



Abb. 1: Virtuelle Einbauuntersuchung  
[Quelle: www.werigi.com]

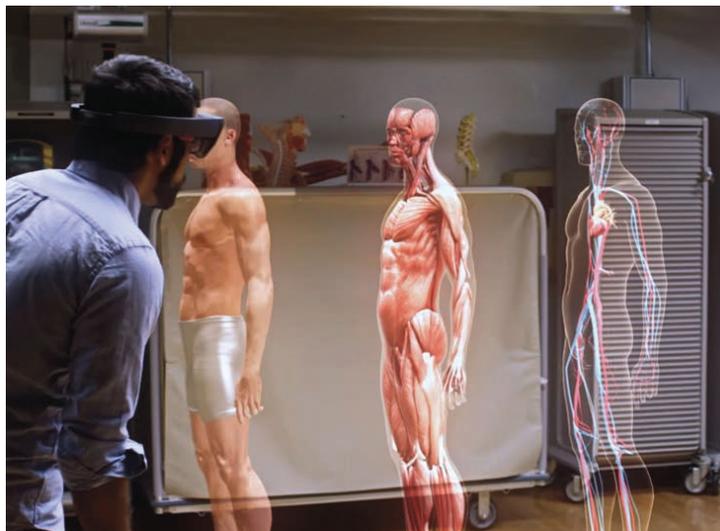


Abb. 2: Holografische Darstellung von medizinischen Lehrinhalten (Quelle: Microsoft)

Industrielle Anwendungen finden sich z.B. im Themengebiet Industrie 4.0, z.B. der Unterstützung komplexer Montage- / Wartungsabläufe.

## HEAD MOUNTED DISPLAYS

Während für die oben vorgestellte Thematik bisher in eine sehr aufwendige Hard- und Softwareumgebung (PoweWall, Cave) investiert werden musste, wurden seit kurzer Zeit von verschiedenen Herstellern (z.B. HTC, Microsoft) sehr leistungsfähige und kostengünstige Datenbrillen entwickelt, die inzwischen, z.T. als Entwicklerversion verfügbar sind. Diese Geräte stellen mit geringen Anforderungen an weitere Hardwareumgebungen und

Kostenaufwand eine völlig neue Dimension virtueller oder augmented basierter Projektionen zur Verfügung. Im Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung an der Hochschule Trier wurden mit einer Einstiegsförderung der Nikolaus Koch Stiftung nach einer Vorauswahl geeignete Datenbrillen beschafft. In ersten Untersuchungen im Rahmen studentischer Projektarbeiten wurden mit verschiedenen Kooperationspartnern erste industrielle Anwendungen erschlossen. Als Kooperationspartner sind u.a. die Unternehmen VOLVO Construction Equipment in Konz und CLAAS KGaA mbH Harsewinkel beteiligt. Die Anwendungsbereiche einer Datenbrille, welche die Arbeit in einer virtuellen oder digital-realitätsbereichernden Umgebung („Virtual/Augmented Reality“) ermöglicht, sind weitläufig und breit gefächert.

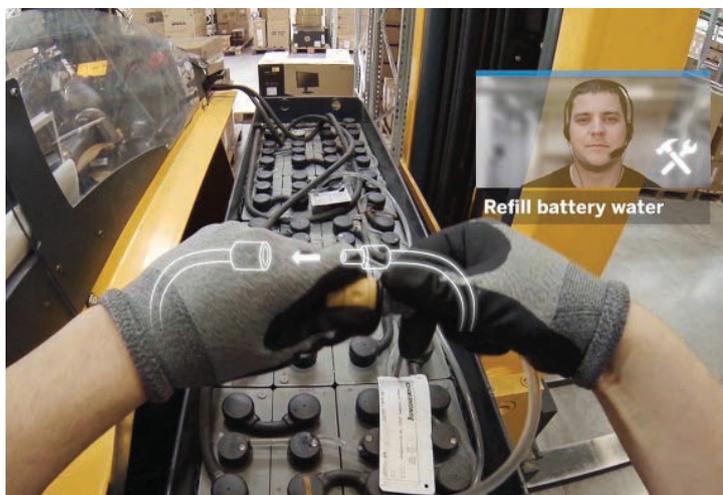


Abb. 3: Industrie 4.0 Anwendungen der AR [Quelle: iTIZZIMO]



Abb. 4: Interaktives Lernen mit holografischen Anwendungen (Quelle: Microsoft)



Abb. 5: Holografische Visualisierung von 3D-Daten [Quelle: Microsoft]

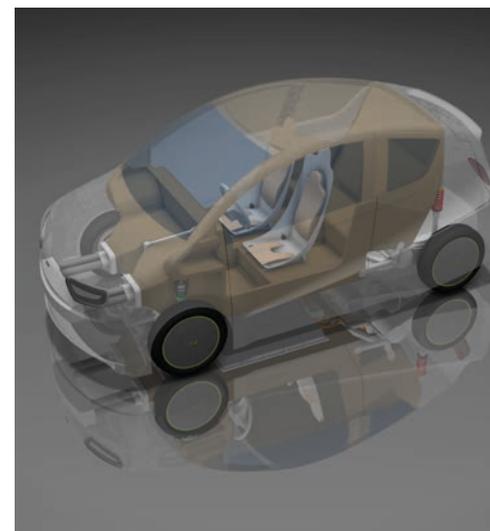


Abb. 6: Digital Mockup proTRon Evolution  
Stand Dez. 2016

## EINSATZ IN DER LEHRE:

Neben der Entwicklung von konkreten Anwendungen in Forschungs- und Entwicklungsprojekten führt die Einführung dieser innovativen Technologie zu einer erheblichen Bereicherung der Lehre und schafft die Möglichkeit zum Interaktiven Lernen und zur Aufbereitung von Informationen, welche komplexe Abläufe und 3D-Darstellungen intuitiv visualisieren und den Anwendern, in diesem Fall den Studierenden, auf eine völlig neue Weise vermitteln kann.

Die Datenbrillen werden u.a. eingesetzt, um den Studierenden die Möglichkeiten neuer Technologien aufzuzeigen und bei dem Verständnis von komplexen Zusammenhängen visuell zu unterstützen. Mit Hilfe holografischer Anwendungen können gelernte Zusammenhänge interaktiv in einer virtuellen Realität umgesetzt werden, was zum Experimentieren und Entwickeln von neuen Ansätzen anregen soll.

Eine weitere Anwendung ist die visuelle Darstellung von 3D-Modellen als Hologramme im realen Raum. Dazu werden die 3D-Modelle in einer vorhandenen 3D CAD-Software erstellt, um diese dann neben der Darstellung am Monitor mit der Datenbrille betrachten und manipulieren zu können. Durch die Überlagerung von realer Umgebung oder Bauräumen mit den digitalen 3D-Daten entsteht vor allem für unerfahrene Anwender ein wesentlich besseres Verständnis über Proportionen der Bauteile im Produktentwicklungsprozess.

## EINSATZ IN FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG:

In Kooperation mit Unternehmen können weitere Anwendungsgebiete erschlossen werden. Konkret geht es dabei um die Einführung und der Entwicklung von industriellen Anwendungen. Möglichkeiten zur Optimierung von Entwicklungs-, Design-, Fertigungs- und Montageprozessen sowie die Verwendung als Marketinginstrument bieten sich an. So kann eine Datenbrille durch Visualisierung den Designprozess beschleunigen oder durch die Darstellung/Einblendung von Informationen bei der Fertigung oder Montage assistieren. Im Marketing oder dem technischen Vertrieb hilft die Datenbrille durch visuelle und attraktive Darstellung der Konfigurationsmöglichkeiten, dem Kunden ein maßgeschneidertes Produkt anbieten zu können. Im Folgenden werden exemplarisch aktuelle F&E-Projekte aus dem Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung an der Hochschule vorgestellt:

### FALLSTUDIE: VIRTUAL ROLLOUT PROTRON EVOLUTION

Seit 10 Jahren entwickelt das fachbereichsübergreifende Hochschulteam proTRon innovative hocheffiziente Fahrzeugkonzepte. In der dritten Fahrzeuggeneration entsteht nun der proTRon EVOLUTION, ein hocheffizientes Nahverkehrsfahrzeug mit einer Reichweite von 100 km, ist er für den stadtnahen Pendlerverkehr und kürzere Überlandstrecken konzipiert. Der alltagstaugliche 2+2-Sitzer soll dank konsequentem Leichtbau mit einem Gesamtgewicht von nur 550kg inklusive Akku realisiert werden. Am 16.12.2017 feierte das Team gemeinsam mit 200 geladenen

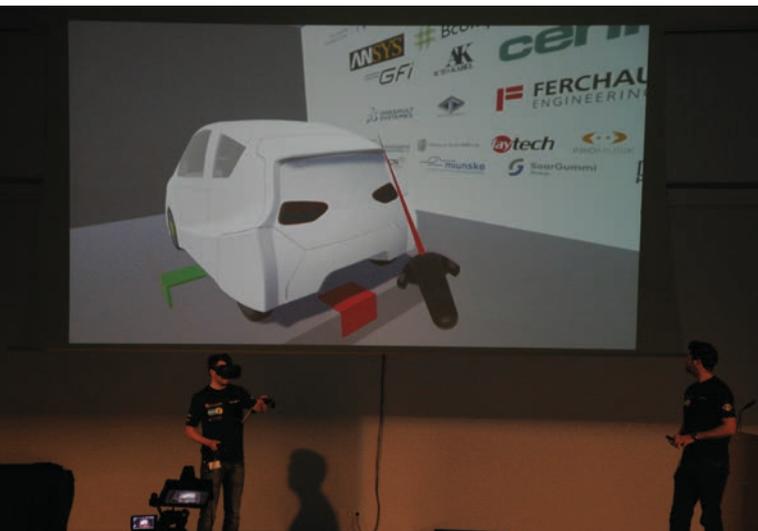


Abb. 7: proTRon Virtual Rollout

Gästen den ersten wichtigen Meilenstein, den „Virtual Rollout“ in der Entwicklung des „proTRon Evolution“. In diesem Projektschritt waren die grundlegenden 3D-Daten des Fahrzeugs für die Prototypenfertigung fertiggestellt.

Für die Präsentation erarbeitete das Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung eine Anwendung, in der die Fahrzeugstruktur live auf der Bühne in einer Virtual Reality Umgebung sehr anschaulich interaktiv präsentiert wurde und so für alle Teilnehmer zu einem beeindruckendes Erlebnis wurde. Bereits hier zeigte sich zum ersten Mal das Potential der Technologie. Im Anschluss an die Präsentation hatten die Gäste die Möglichkeit, selbst eine Datenbrille aufzusetzen und in die Fahrzeugstruktur einzutauchen.

Eine weitere Anwendung entsteht für die Fahrzeugpräsentation auf der Internationalen Automobilausstellung (IAA) in Frankfurt/Main im September 2017. Bereits bei der Planung des Messestandes und in der Kommunikation mit dem Messebauer wird VR-Technologie eingesetzt.

## FALLSTUDIE: DFG-FORSCHUNGSPROJEKT „DIGITALE REKONSTRUKTION EINES RÖMISCHEN HANDELSCHIFFES“

Im Mittelpunkt einer Kooperation zwischen dem Fachbereich Technik / Maschinenbau und Fahrzeugtechnik der Hochschule Trier und dem Fach Alte Geschichte der Universität Trier stehen Untersuchungen zu den Möglichkeiten und Grenzen der Digitalrekonstruktion, dem Einsatz virtueller Simulationsmodelle und

der Nutzung von 3D-Drucktechnologien in der experimentellen Archäologie. Nach einer ersten sehr erfolgreichen Untersuchung aus dem Jahren 2013/2014 zu einem römischen Patrouillenschiff, der „Lusoria Rhenana“ aus dem 4./5. Jh.n.Chr. (Siehe Bericht Lehre und Forschung 2013) arbeitet das Forschungsteam der Universität und Hochschule Trier um die Dozenten Christoph Schäfer und Michael Hoffmann aktuell an der Rekonstruktion eines römischen Küstenseglers, dem Handelsschiff vom Typ „Laurons II“. In diesem groß angelegten Projekt, gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft sollen Untersuchungen zu Potential und Intensität des römischen Seehandels unter besonderer Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit eines rekonstruierten seegängigen Handelsschiffs durchgeführt werden. Die digitale Rekonstruktion aus den Grabungsbefunden und



Abb. 9: Digitale 3D-Rekonstruktion des römischen Handelsschiffes Laurons II



Abb. 10: Überlagerung von VR-Daten in einer realen Umgebung

Recherchen der Wissenschaftler wird zum einen die Datengrundlage bilden für intensive Berechnungen und Simulationen, aber auch für den 1:1-Nachbau des ca. 16m langen Schiffes in Trier.

Auch in diesem Projekt wird die Technologie der Virtuellen und der erweiterten Realität eingesetzt. Durch die maßstabsgetreue Visualisierung der 3D-Daten vor dem Bau und eine Überlagerung des realen Schiffes im Baufortschritt, sowie nach der Fertigstellung können dem Betrachter über die Datenbrillen wesentlich realistischere Eindrücke vermittelt werden. Der Informationsgehalt virtueller oder augmented basierter Projektionen erweitert damit die Möglichkeiten der Darstellung im Vergleich zu Papier, Bildschirm oder Modelle enorm.

Neben der Visualisierung werden weitere Anwendungsfälle untersucht, so z.B. die Unterstützung des Bootsbaus durch Überblendung von 1:1-Linienrissen oder der Überlagerung und Vergleich der digitalen Bauteildaten mit den gefertigten Bauteilen und der gesamten Schiffsstruktur. Weiterhin ist die Entwicklung eines „virtueller Rundgangs“ denkbar, in dem sich der Betrachter im und um das fertige Schiff bewegt und je nach Fokussierung des Nutzers in der Datenbrille Hintergrundinformationen wie Fakten zum Bau, zum Projekt und historische Informationen eingeblendet werden.

## FALLSTUDIE: VIRTUAL / MIXED REALITY ANWENDUNG ZUR ERGONOMIE- UND BAURAUAMANALYSE

In Kooperation mit dem Unternehmen VOLVO Construction Equipment entstehen Softwareanwendungs-Prototypen mit einer Datenbrille als Plattform. Eine dieser Anwendungen beschäftigt sich mit der Problematik einer Ergonomie- und Bauraumanalyse. Konkret handelt es sich dabei um die Beschleunigung eines Prozesses zur Installation von Zusatzgeräten in einer Fahrerkabine. Die Datenbrille wird hier eingesetzt, um in der Entwurfsphase oder in der virtuellen Absicherung dem Operator die Möglichkeit zu geben, eine Aussage über Blickfeld-einschränkungen treffen zu können. Dazu muss die virtuelle Szene mit der Wirklichkeit über eine Bilderkennung maßstabsgetreu und exakt verankert werden. Die virtuellen Zusatzgeräte können eingeblendet und interaktiv positioniert werden. Durch die fehlende Notwendigkeit zur Anbringung realer Objekte oder Prototypen in der Kabine kann der gesamte Prozess beschleunigt werden.

Eine weitere Anwendung besteht darin, in einer VR-Produktpräsentation verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten in Form von Fahrplattformen und Grabausrüstungen um eine reale Kabine einzublenden, sodass dem Kunden die verschiedenen Ausführungen des Modells und der Ausrüstung sehr realistisch und in Originalgröße in einem „Virtuellen Schauraum“ präsentiert werden können.

Mit dem Aufbau von Know How zu dieser Zukunftstechnologie, die keine vergleichbaren Vorgänger hat, können völlig neue



Virtuelle Ergonomie- und Bauraumanalyse in einer Datenbrille

industrielle Anwendungsgebiete erschlossen werden, die traditionelle Arbeitsabläufe in der Industrie neu definieren. Kurzfristig sollen die Möglichkeiten der Studierenden bereichert und die konkret beschriebenen Anwendungsbereiche gefestigt werden. Mittelfristig steht eine Kooperation mit Unternehmen zur erweiterten Benutzung im Vordergrund. Langfristig geht es darum, eine neue Technologie voranzubringen und in der Hochschule als „Vorreiter“ der Entwicklung mitzuarbeiten. In beispielhaften Kooperationen entsteht in diesem Projekt eine erhebliche Aufwertung der Laborausstattung im Bereich der Thematik interaktive Lehre, der Digitalen Produktentwicklung und Fertigung und Industrie 4.0 Anwendungen. Das Projekt bildet damit eine Grundlage für hervorragende studentische Arbeitsmöglichkeiten und eine anwendungsbezogene Lehre.

Ein Förderprojekt mit freundlicher Unterstützung der:

Nikolaus Koch Stiftung

**DFG** Deutsche  
Forschungsgemeinschaft

## KOOPERATIONSPARTNER



**Universität Trier**

# TRIERER FORSCHER ENTDECKEN UNERWARTETE SEITEN RÖMISCHER LASTSCHIFFE

---

FB TECHNIK/GESCHICHTE  
MASCHINENBAU/  
ALTE GESCHICHTE

---



Prof. Dr.-Ing. Karl Hofmann-von Kap-herr  
hvk@hochschule-trier.de



Prof. Dr. Christoph Schäfer  
christoph.schaefer@uni-trier.de

**STUDIERENDE:**  
Peter Marchlewitz

EIN INTERDISZIPLINÄRES PROJEKT VON HOCHSCHULE  
TRIER UND UNIVERSITÄT TRIER ZUR BESTIMMUNG DER  
LEISTUNGSFÄHIGKEIT RÖMISCHER LASTSCHIFFE.

Neben dem Wagenrennen gehört die Seeschlacht zu den spektakulärsten Momenten der Neufilmung von Ben Hur. Diese dramatischen Szenen führen einem Millionenpublikum beiläufig vor Augen, welche exzellente Schiffsbauer die Römer waren. Römische Binnentransportschiffe, sogenannte „Prahme“, wirken zwar weniger imposant als geruderte Kriegsschiffe, waren für die Infrastruktur des Römischen Reiches aber von enormer Bedeutung, denn im weit ausgedehnten Römischen Reich war eine funktionierende und optimierte Transportlogistik unabdingbar.

Diese Lastschiffe waren einfach und doch so funktionell konstruiert, dass sie europaweit auf Flüssen und Seen zum Einsatz kamen. Umso mehr überrascht, dass die Nachwelt nur wenig über diese römischen Prahme weiß. Wie wurden sie angetrieben? Welche Geschwindigkeiten erreichten sie? Wie viel Besatzung war erforderlich? Wie hoch waren die Ladekapazitäten? Auf welchen Gewässern konnten sie eingesetzt werden? Viele Fragen zu den römischen Prahmen sind nach wie vor offen.

Die Professoren Christoph Schäfer von der Universität Trier (Alte Geschichte) und Karl Hofmann von Kap-herr von der Hochschule Trier (Maschinenbau) wollen das ändern. Im Rahmen der Wissenschaftsallianz Trier starteten die Professoren ein interdisziplinäres Kooperationsprojekt zur Erhebung und Auswertung von Messdaten zur Leistungsfähigkeit und zu den nautischen Eigenschaften des Prahms. In das gemeinsame Projekt sind die Studierenden beider Fakultäten eng eingebunden.



Abb. 1: Stakversuche mit Messstak und Messplattform

Für sie ist es eine hervorragende Gelegenheit, die im Studium erworbenen Fähigkeiten in der Praxis anzuwenden und zu vertiefen. Mittlerweile haben sie mit einem originalgetreuen 1:2-Nachbau eines römischen Prahms bei Messfahrten auf der Mosel bei Trier zahlreiche Daten gesammelt.

„Aufgabe der Studierenden des Maschinenbaus war es, zu klären wie effektiv die drei Fortbewegungsarten Staken, Treideln und Segeln bei einem römischen Prahm eingesetzt werden konnten“, berichtet Karl Hofmann-von Kap-herr. Dafür haben die Studierenden unterschiedliche Messeinrichtungen entwickelt, gefertigt und auf dem Schiff installiert. Zur Ermittlung der notwendigen Seilzugkraft beim Treideln und der optimalen Länge des Zugseils wurde ein Messsystem am Mast des Römerschiffes angebracht, das neben der Seilkraft auch den Zugwinkel des Seiles erfasst. Beim Staken wird das Schiff mit einer langen Stange vom Grund des Gewässers abgestoßen. Daher entwickelten die Studierenden einen Messstak mit zwei berührungslos ineinanderlaufenden Rohren und einem Kraftsensor, der die durch den Stak übertragenen axialen Kräfte erfasst.

Schließlich hatte eine Studierendengruppe die Aufgabe, die Vortriebskräfte zu ermitteln, die mehrere gleichzeitig stakende Menschen auf das Boot übertragen können. Hierzu wurde eine Messplattform in Bootsbreite hergestellt, auf der die stakende Besatzung stehen kann und die gleichzeitig alle in Schiffslängsrichtung wirkenden Kräfte aufzeichnet. Sämtliche Gerätschaften zur Messung, Verstärkung, Digitalisierung und Weiterleitung der aufgenommenen Messwerte an einen Laptop wurden in wasserdichte Messkoffer montiert und für jedes Messsystem die notwendigen Datenübernahme- und Auswerteprogramme erstellt.



Abb. 4: Erfolgreiche Segelversuche mit dem Prahm

Zusätzlich zu den Daten der Messeinrichtungen müssen bei allen Fahrversuchen die relevanten nautischen Größen und die Bewegungen des Schiffes aufgezeichnet werden. Hierfür kam ein professionelles Nautikdaten-Serversystem zum Einsatz, wie es auch auf den Rennyachten des VOLVO OCEAN RACE genutzt wird. Dieses System zeichnet u.a. die Daten aus GPS, Logen-Strömungsmesser, Windmessgeber und Kompass während der Testfahrt auf. Die lokalen Windfelder auf der Mosel wurden über eine am Ufer installierte Windmessanlage erfasst und über eine Funkdatenverbindung minutengenau auf den Auswerteserver überspielt.

Nach den abgeschlossenen Testfahrten erfolgt aktuell die Verrechnung und Auswertung der während der Testfahrten aufgenommenen Messwerte. Die daraus ermittelten Leistungsdaten des Schiffes werden den Historikern neue Erkenntnisse zu Transportgeschwindigkeiten, Transportrhythmen und Frachtkapazitäten liefern und damit ein besseres Verständnis des römischen Binnentransports, des Handels sowie der Versorgung von Truppen und Bevölkerung ermöglichen. Auch die Forschungen zur regionalen Geschichte und zur Baugeschichte von Trier profitieren von den Studien mit dem Prahm-Nachbau. Sie könnten beispielsweise erklären, wie es den Römern gelang, immerhin rund 18.000 Tonnen Material für den Bau der Römerbrücke in Trier – heute UNESCO -Welterbe – zu bewegen.

Und auch bei einer weiteren Fragestellung sind der Althistoriker Christoph Schäfer und der Maschinenbauer Karl Hofmann-von Kap-herr nach den Testfahrten einen bedeutenden Schritt weitergekommen: Als erste Wissenschaftler haben sie einen Prahm gesegelt. „Wir kennen zwar römische Seeschiffe, die mit Rahsegeln ausgestattet waren, aber kein historischer Befund



Abb. 2: Treidelversuche im Oberwasser der Schleuse Trier

zeigt römische Binnenlastschiffe dieses Typs unter Segeln. Und mit Blick auf die Konstruktion unseres Prahms war eher davon auszugehen, dass man ihn nicht segeln kann“, berichtet Christoph Schäfer. Dennoch haben die beiden Professoren den Versuch unternommen, auf dem Prahm ein nach historischen Vorbildern der römischen Seeschifffahrt angepasstes Rahsegel zu installieren. „Umso mehr hat uns überrascht, dass der Prahm bei unseren Testfahrten sogar erstaunlich gute Segeleigenschaften zeigte. Daraus lässt sich zuverlässig ableiten, dass die Römer diesen Schiffstyp nicht nur durch Treideln oder Staken angetrieben haben, sondern auch durch Segel. So konnte Fracht über Hunderte von Kilometern transportiert werden“, nennt Christoph Schäfer einen bahnbrechenden Befund.

Verblüffend waren zudem die Geschwindigkeiten, die der zehn Meter lange Prahm-Nachbau bei frischem Wind auf der Mosel erreichte. „5,7 Knoten sind ein sehr beachtlicher Wert“, erklärt Karl Hofmann-von Kap-herr. Besser als erwartet war nicht nur die Geschwindigkeit, sondern auch das Verhalten im Wasser. „Wir hatten vorsorglich Seitenschwimmer zur Stabilisierung an das Boot gebaut, konnten diese aber bereits nach den ersten Versuchsfahrten wieder entfernen, da das Schiff beim Segeln so stabil im Wasser lag, dass auch auf Halbwindkursen keine akute Kentergefahr bestand“, berichtet Karl Hofmann-von Kap-herr. Einzigartig ist das Projekt aber nicht nur wegen der gewonnenen Erkenntnisse – sondern vor auch, weil es mit Studenten des Maschinenbaus und der Alten Geschichte zwei Gruppen zusammenbringt, die unterschiedlicher kaum sein könnten. Im normalen Leben begegnen sie sich fast nie. Sie leben in unterschiedlichen Welten und sprechen unterschiedliche Sprachen. „Aber unsere Studierenden konnten unglaublich viel voneinander lernen“,



Abb. 3: Die Professoren Hofmann v. Kap-herr und Schäfer mit Studenten bei der ersten Analyse der aufgenommenen Messwerte

bewertet Christoph Schäfer das Experiment. „Die Historiker haben gelernt, wie wichtig die Ingenieurwissenschaften für die Überprüfung antiker Quellen sein können. Und die angehenden Maschinenbauer haben gesehen, wie ihre Messtechnik und Formeln im Kontext der Antike plötzlich lebendig wurden.“

Im Mai 2017 soll das Schiff wieder auf der Mosel eingesetzt werden, um mit den Studierenden weitere Versuche zur Ermittlung der Zuladung und der resultierenden Wasserverdrängung durchzuführen. Der sich daraus ergebende unterschiedliche Strömungswiderstand soll dann in Fahrversuchen messtechnisch ermittelt und mit den Ergebnissen aus den erstellten Simulationsmodellen abgeglichen werden.

# INBETRIEBNAHME EINES NEUEN CNC-DREHBEARBEITUNGSZENTRUMS – EINE WEITERE HIGHTECH-WERKZEUG- MASCHINE AN DER HOCHSCHULE TRIER

## FB TECHNIK MASCHINENBAU



AkadR Michael Hoffmann  
[M.Hoffmann@mb.hochschule-trier.de](mailto:M.Hoffmann@mb.hochschule-trier.de)



Prof. Dr.-Ing. Karl Hofmann-von Kap-herr  
[hvk@hochschule-trier.de](mailto:hvk@hochschule-trier.de)

### STUDIERENDE:

Stefan Schneider, LDPF

Eine praxisnahe Ingenieurausbildung in Maschinenbau und Fahrzeugtechnik ist ohne eine hochwertige Infrastruktur nicht möglich. Im Zeitalter der Digitalisierung und aktueller Themenstellungen wie Industrie 4.0 wird die Qualifizierung von Fach- und Führungskräften für die Arbeit in digital vernetzten Prozessen und Systemen in Zukunft eine große gesellschaftliche Herausforderung darstellen.

Durch erhebliche Investitionen in den vergangenen Jahren verfügt der Fachbereich Technik an der Hochschule Trier über eine hochwertige Laborinfrastruktur, die allerdings kontinuierlich auf den aktuellen Stand der Technologie gebracht werden muss. Durch die Interpretation und schnelle Nutzung von Daten werden Maschinen immer leistungs- und reaktionsfähiger. In den Fachgebieten Werkzeugmaschinen und Digitale Produktentwicklung und Fertigung wurde, nach der Beschaffung eines 5-Achs Bearbeitungszentrums und einer Wasserstrahlschneidanlage in den vergangenen Jahren, im Jahr 2016 eine weitere CNC-Werkzeugmaschine in Betrieb genommen: Ein CNC-Drehbearbeitungszentrum vom Typ LB3000EX II des Herstellers OKUMA. Die Okuma Corporation, 1898 in Japan gegründet, zählt weltweit zu den größten Herstellern von CNC-Werkzeugmaschinen und ist ein Technologieführer in der CNC-Zerspanungstechnik. Als autorisierter Vertriebs- und Service-Partner in Deutschland war bei der Beratung, Beschaffung, Lieferung, Inbetriebnahme und Schulung die Fa. Hommel CNC-Technik GmbH in Köln eingebunden, die einen wesentlichen Anteil an der äußerst problemlosen Inbetriebnahme der Maschine an der Hochschule hatte.

Der Maschinenpark der Hochschule Trier wird neben der interdisziplinären Lehre, der Forschung und Entwicklung im Fachbereich



Abb. 1: Gut verpackt – Anlieferung der neuen Maschine per Schwerlastkran

Technik auch zur Eigenfertigung in der technischen Abteilung eingesetzt. Nachdem die Mitarbeiter der Zentralwerkstatt und der Maschinenhalle mit großartigem Engagement den neuen Standort in der Zentralwerkstatt saniert und vorbereitet hatten, konnte die neue Maschine angeliefert und in Betrieb genommen werden.

In einer offiziellen Einweihung mit Fachvorträgen der Dozenten Karl Hofmann von Kap-her und Michael Hoffmann sowie Herrn Werner Prinz von der Fa. Hommel und Herrn Jürgen Kläser von der OKUMA Europe GmbH wurde die Maschine feierlich übergeben. Die geladenen Studierenden, Mitarbeiter und Gäste konnten sich anschließend in einer Live-Demonstration von der Leistungsfähigkeit der Maschine überzeugen.

## FERTIGUNGSVERFAHREN / TECHNOLOGIE

Drehen ist ein Fertigungsverfahren zur Herstellung von rotationssymmetrischen Werkstücken, sogenannten Drehteilen. Im einfachsten Fall sind dies zylindrische Drehteile, die auch ebene, zur Drehachse rechtwinklige Flächen aufweisen können, komplexere Formen sind Kegel- oder Kugelflächen oder freie Konturen. Die dazugehörige Werkzeugmaschine ist die Drehmaschine, auf der verschiedenste Rotationskörper hergestellt werden, indem das Werkstück, gehalten durch ein Spannfutter, innerhalb der Maschine in Rotation versetzt wird und ein Werkzeug, der Drehmeißel, an das rotierende Teil gebracht wird, sodass ein Span abgehoben wird. Durch eine axiale und radiale Bewegung des Werkzeugs wird dann die gewünschte Kontur des Drehteils erzeugt.



Abb. 2: Werkzeugmaschinenkolloquium zur Maschinenübergabe



Abb. 3: Fertigung des Abnahmeteiles während der Live-Vorführung in der Maschinenhalle



Abb. 4 und 5: Großes Interesse der Studierenden und der Mitarbeiter

Das Typische an einem Drehzentrum ist, dass es die zur Bearbeitung notwendigen Werkzeuge in einem Werkzeugrevolver zur Verfügung stellt, sodass die Werkzeugwechselzeiten minimiert werden können. Zusätzlich kann unser beschafftes CNC-Drehzentrum mit angetriebenen Werkzeugen bestückt werden, die weitere, komplexe Bearbeitungen auf dem Drehteil ausführen können. Die Fertigungstechnologie „Drehen mit angetriebenen Werkzeugen“ wird durch die Leistungsfähigkeit moderner Steuerungen und CAD/CAM-Systeme immer mehr zum Stand der Technik in der industriellen Anwendung und gewinnt damit auch immer mehr an Bedeutung in der praxisorientierten Lehre der Hochschule Trier.

Durch die Nutzung von gesteuerten Bewegung der Arbeits-spindel und angetriebenen Werkzeuge können Werkstücke in einer Aufspannung zusätzlich z.B. mit Nuten, Querbohrungen, Lochkreisen oder komplexen radialen oder axialen Fräsbearbeitungen oder auch Gravuren versehen werden.

### COMPUTERUNTERSTÜTZTE FERTIGUNG (CAM)

Die Vorlesungen Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen gehören zu den Grundlagenfächern innerhalb der Studiengänge Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Ausbildung der Studierenden im Umfeld

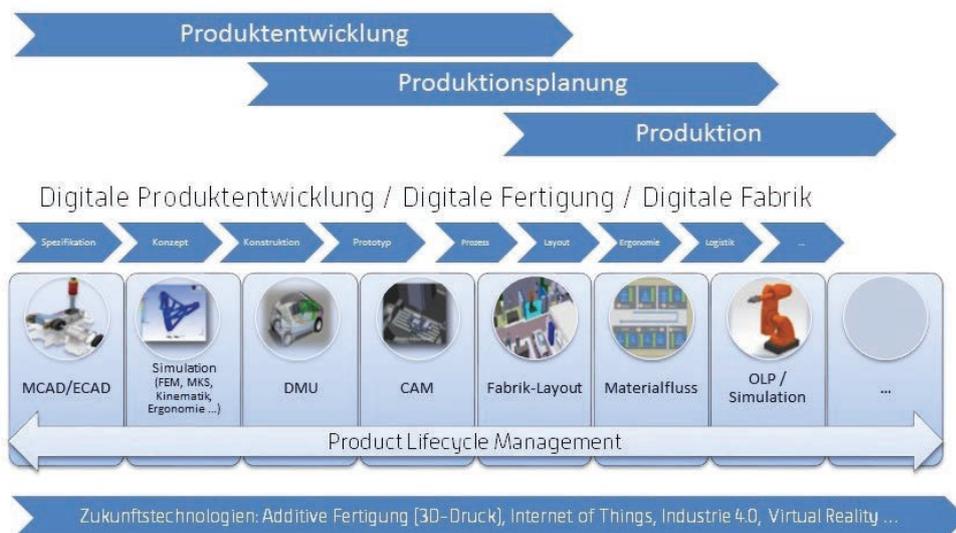


Abb. 6: Digitalisierung im Produktlebenszyklus

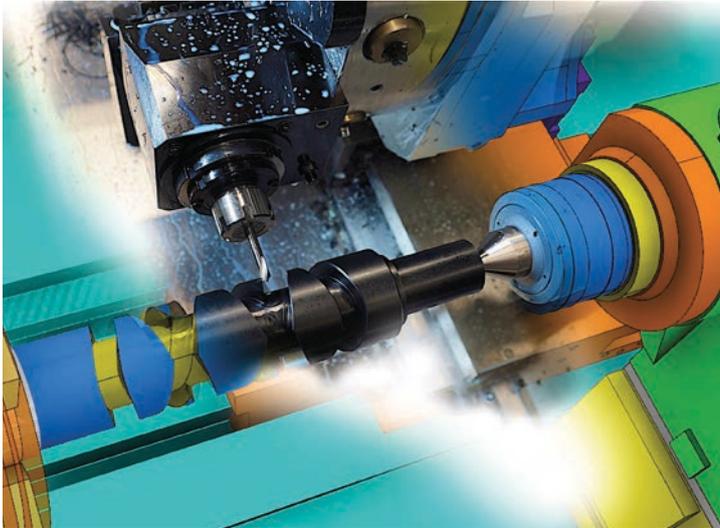


Abb. 7: Verschmelzung - Virtuelles Maschinenmodell und reale Fertigung auf der neuen Drehmaschine

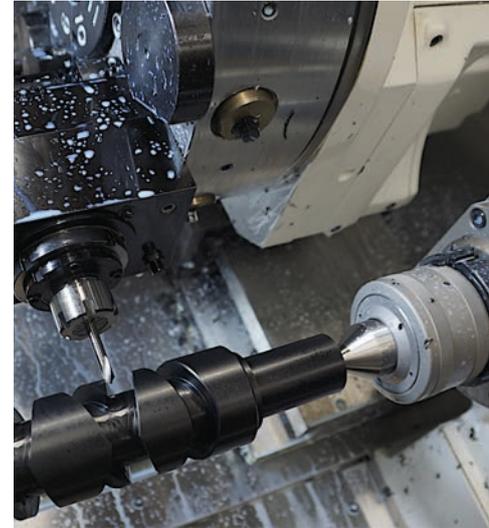


Abb. 8: Fertigung der Kreuzgewindespindel

der Digitalen Produktentwicklung und Fertigung. Die Vorlesungsmodule CAD (Computer Aided Design) und Werkzeugmaschinen finden ihre anwendungsorientierte Fortsetzung in den Laborübungen an den Werkzeugmaschinen des Fachbereichs. Im Rahmen des „CAM-Labors“ (Computer Aided Manufacturing) wird die Übergabe der rechnerisch generierten Konstruktionsdaten in die Fertigung auf CNC-Maschinen vermittelt und in studentischen Laborprojekten durch die Herstellung der konstruierten Teile praktiziert.

Im Rahmen studentischer Projektarbeiten und einer studentischen Abschlussarbeit wurde inzwischen im Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung ein erster Prototyp eines virtuellen Simulationsmodells der neu beschafften Drehmaschine sowie ein Postprozessor für das eingesetzte CAD/CAM-System CATIA/DELMIA V6 entwickelt.

## KOOPERATION MIT DEM HERSTELLER OKUMA

Bei einem Besuch von OKUMA und HOMMEL wurde das an der Hochschule entwickelte virtuelle Simulationsszenario im CAM-System CATIA/DELMIA V6 vorgestellt und stieß auf großes Interesse bei dem Hersteller. Zur Entwicklung von weiteren steuerungsnahen Anwendungen in F&E-Projekten wird OKUMA der Hochschule daher ein Software Development Kit zur Verfügung stellen. Weiterhin wurde die Maschine mit großzügiger Unterstützung der beiden Unternehmen mit einem aktiven Kollisionsüberwachungssystem aufgerüstet: Das Okuma Collision Avoidance System (CAS) erzeugt 3D-Modelle von Maschine, Rohteil und den eingesetzten Werkzeugen. Die OSP Steuerung

berechnet Millisekunden vor den realen Zerspanungsoperation in Echtzeit die exakte Form des Werkstücks und prüft die Maschinenbewegung. Probleme werden frühzeitig erkannt, und im Falle einer drohenden Kollision stoppt das System die Maschine noch vor dem drohenden Crash. Dieses perfekte Zusammenspiel von Maschine, Steuerung und Software gewährleistet eine beispiellose Prozesssicherheit.



Abb. 9: v.l. Prof. Hofmann-von Kap-herr, Akad. Rat Hoffmann und Herr Prinz (Fa. Hommel) bei der Maschinenübergabe

# HANDELSÜBLICHE RASIERKLINGEN IM WERKSTOFFTEST

---

**FB TECHNIK  
ALLG. MASCHINENBAU**

---



*Prof. Dr.-Ing. Peter Böhm  
boehm@hochschule-trier.de*

**STUDIERENDE:**  
*Angelo Rota*

## WELCHE RASIERKLINGEN NEHME ICH DENN – PREISWERT ODER GÜNSTIG?

Jeder hat sich bestimmt schon beim Kauf von Rasierklingen die Frage gestellt: „Nehme ich nun die teuren oder nehme ich die billigen Klingen?“. Oder: „Nehme ich lieber eine Marken Klinge oder genügt eine no-name Klinge?“. Mit diesen Fragen beschäftigte sich das Werkstofflabor des Fachbereichs Technik an der Hochschule Trier in einer Bachelorarbeit. Der Unterschied zu bisherigen Untersuchungen, die beispielsweise von Stiftung Warentest durchgeführt wurden und hauptsächlich durch eine Probandenbeurteilung zur Charakterisierung des gesamten Rasierapparats zustande kamen, war der Schwerpunkt in der vorliegenden Arbeit rein auf werkstoffwissenschaftliche Grundlagen der Klingen gelegt worden. Zur eindeutigen Beurteilung der Werkstoffeigenschaften schneidender Werkzeuge, wie Messer und Klingen, sind die chemische Zusammensetzung, Härte und Korrosionsbeständigkeit von Stählen, sowie die Untersuchung der Schneidfähigkeit vorrangig. Zudem wird die Schnittfähigkeit der Klingen in einem speziellen Versuch auf die Probe gestellt. Hierunter versteht man den Widerstand der Schneide eines Messers oder eines anderen Schneidwerkzeugs gegen Abnutzung durch mechanische, thermische und chemische Einflüsse. Diese Eigenschaft beschreibt, wie lange eine Klinge über einen bestimmten Gebrauchszeitraum und unter bestimmten Einsatzbedingungen scharf bleibt.

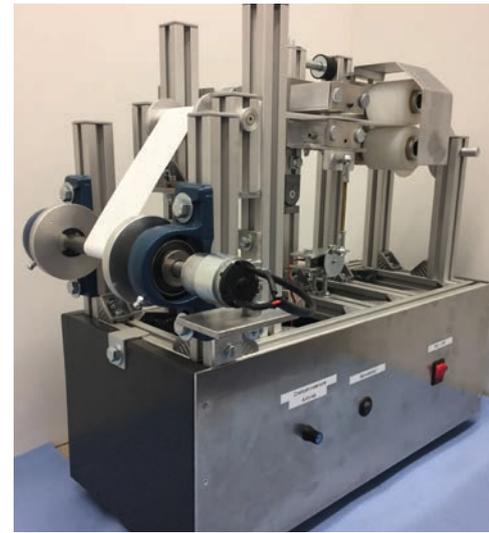


Abb. 1: Darstellung des Prüfsystems

## EXPERIMENTELLER AUFBAU

Für eine aussagekräftige Beurteilung der Schneidfähigkeit und Schnitthaltigkeit wurde eine Prüfeinrichtung entwickelt und gebaut, welche zur Prüfung von Rasierklingschneiden verwendet wird (Abb. 1). Da bei der Prüfung von Papier der ziehende Schnitt zugrunde gelegt wird, musste bei der Konstruktion des Prüfsystems darauf geachtet werden, dass der Schneidvorgang in erster Linie auf einem Druckschnitt beruht, wie es bei einer Rasur üblich ist. Aus diesem Grund musste eine geeignete Bandführung realisiert werden, so dass vermieden werden konnte, ungewollte Ausbrüche an der Schneidkante hervorzurufen. Bei dem Prüfmittel, welches für die Prüfung der Rasierklingschneiden gewählt wurde, handelt es sich um eine Thermorolle, die auf einer Welle abgespult wird. Diese besteht aus Basispapier mit einer thermosensitiven Schicht. Diese Schicht besteht aus Farbbildern, Reaktionsstoffen und Schmelzpunktregulatoren. Die Thermorolle wird über einen Federmechanismus vorgespannt, wodurch eine genauere Bandführung ermöglicht wird. Es werden ungewollte Schwingungen des Bandes vermieden. Dadurch wird die Möglichkeit von ungewollten Ausbrüchen an der Schneidkante verhindert.

Insgesamt wurden 13 verschiedene Klingle von unterschiedlichen Herstellern getestet. Diese kommen unter anderem von Markenherstellern wie Gillette oder Wilkinson bis hin zu günstigen Marken wie beispielsweise Isana. Dabei befindet sich die Gillette Fusion Proglide Rasierklinge im oberen Preisbereich mit 3,10€ pro Klingenkopf. Die Wilkinson Sword Protector hingegen liegt im mittleren Bereich bei 0,79€ pro Klingenkopf und das Isana Men 3-Klingsystem Chrom veredelt im unteren

Preisbereich mit 0,60€ pro Klingenkopf. Prinzipiell gibt es zwei unterschiedliche Rasierklingentypen. Zum einen werden Rasierklingschneiden, die mittels Laserschweißverfahren auf ein Trägermaterial aufgeschweißt sind (Abb. 3), hergestellt. Zum anderen werden Sorten an Klingle in den Markt gebracht, die kein Trägermaterial aufweisen. Als Grundlage der Untersuchungen musste zunächst eine Analyse der Zusammensetzung des Materials durchgeführt werden. Hieraus können Erkenntnisse auf Korrosionsbeständigkeit und die Härte der Rasierklingschneiden gewonnen werden. Um die vorher genannten Faktoren eindeutig zu bestimmen, wird die Analyse des Materials anhand einer Atomemissionsspektroskopie (AES) durchgeführt. Die Messung dient zur Analyse von chemischen Zusammensetzungen unterschiedlicher Metalllegierungen. Dazu wird ein konstanter Lichtbogen erzeugt. Über eine Funkenanregung wird das Material aufgeschmolzen und fängt an zu verdampfen. Metallatome werden angeregt und geben die eingebrachte Energie in Form von Lichtwellen wieder. Nun werden die verschiedenen, entstandenen Wellenlängen spektral zerlegt und analysiert. Anhand der Wellenlänge können Rückschlüsse auf das vorhandene Element gezogen werden. Dieses hochpräzise Analysegerät, das standardmäßig bei Metallen eingesetzt wird, konnte keine Ergebnisse erzielen, da durch die geringe Dicke der Rasierklingschneide (ca. 0,2 mm-0,5 mm) der Lichtbogen bei der Analyse nicht konstant gehalten werden kann und die Probe durchbrennt. Um die vorher genannten Faktoren eindeutig zu bestimmen, wurde eine Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) durchgeführt. In den verschiedenen Proben wurden Atome einheitlicher Energie angeregt und sendeten in Form von Röntgenstrahlung eine elementspezifische Energie aus. Mit dieser ist es möglich, Rückschlüsse auf das vorhandene Element zu ziehen.

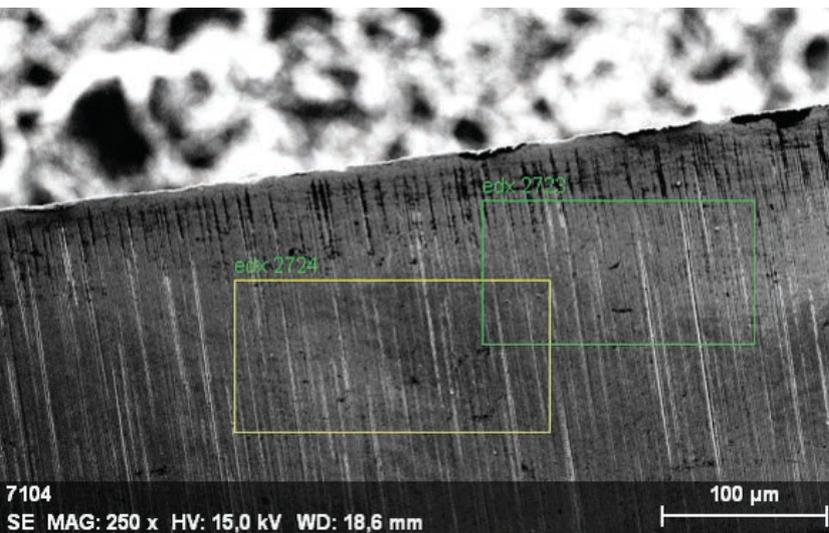


Abb. 2: Messstelle der EDX-Analyse

Es wurden jeweils zwei Messungen an unterschiedlichen Stellen der Rasierklingschneide durchgeführt. In Abb. 2 sind die beiden Messstellen mit der Kennung edx 2723 und 2724 an einer ausgewählten Klinge zu erkennen.

Des Weiteren wird das Härtemessverfahren nach Vickers angewandt, um die Härte an den verschiedenen Proben nachzuweisen. Hier können Rückschlüsse auf verschiedene Fertigungsverfahren gezogen werden. Es wurden an allen Rasierklingschneiden mit immer gleich angeordneten Abdrücken an jeder zu messenden Probe sechs Messungen durchgeführt um die Härte zu ermitteln. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Prüfbedingungen von Probe zu Probe immer gleich bleiben und die Fehlerquelle bei der Messung stark reduziert wird. Zur Analyse

wurde das Prüfprogramm im Kleinkraftbereich mit HV 0,3 gewählt (Abb. 3 und 4).

Neben einer ausreichenden Härte und einer immer gewünschten, gleich bleibenden Schnitthaltigkeit, sollen die Rasierklingen eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweisen. Diese kommen bei einer Nassrasur dauerhaft mit salzhaltigem Wasser und Schweiß auf der menschlichen Haut in Berührung, was zwangsläufig dazu führt, dass ein Elektrolyt mit den Klingen in Kontakt kommt, so dass ein möglicher Korrosionsvorgang eingeleitet wird. Im Gegensatz zu üblichen Tests in der Salzsprühnebelkammer wurde ein Versuchsaufbau gewählt, in der die Summenstromdichte-Potenzial-Kurve im jeweiligen Elektrolyt ermittelt werden konnte. Die Prüfung der Korrosion erfolgte mit Hilfe eines Potentiostaten.

Rasierklingenhersteller	Kenndaten	Si (%)	Cr (%)	Mn (%)	Nb (%)	Mo (%)
Wilkinson Sword Protector	Gemessene Stelle edx 2723	0,46	13,1	0,9	0	1,22
	Gemessene Stelle edx 2724	0,4	12,99	1,05	0	1,17
	Mittelwert	0,43	13,1	0,97	0	1,2
	Sigma	0,04	0,15	0,1	0	0,04
	Sigma-Mittelwert	0,03	0,11	0,07	0	0,03
Isana Men 3-Klingensystem Chrom veredelt	Gemessene Stelle edx 2727	0,36	12,5	0,62	0,04	0
	Gemessene Stelle edx 2726	0,35	12,9	0,64	0,05	0,06
	Mittelwert	0,36	12,7	0,63	0,05	0,03
	Sigma	0,01	0,28	0,02	0,01	0,04
	Sigma-Mittelwert	0,01	0,2	0,01	0,01	0,03
Gillette Fusion Proglide	Gemessene Stelle edx 2723	0,31	14,07	0,86	0,03	0
	Gemessene Stelle edx 2724	0,32	14,11	0,8	0,02	0
	Mittelwert	0,31	14,09	0,83	0,02	0
	Sigma	0,01	0,02	0,04	0,01	0
	Sigma-Mittelwert	0,01	0,02	0,03	0,01	0

Abb. 5: EDX-Analyse der drei Rasierklingschneiden

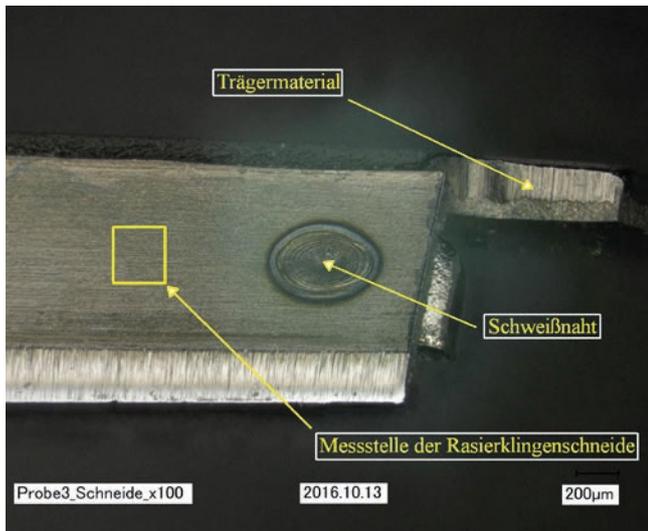


Abb. 3: Messstelle der Härteprüfung

Dieser reguliert das Potential, d.h. die Spannung einer Elektrode bezüglich des Referenzpunktes auf einen gewünschten Wert. Die zu prüfenden Proben wurden in einen Glasbehälter getaucht, in dem ein Prüfelektrolyt vorhanden ist. Durch die eingetauchte Fläche der Rasierklingen, welche die Arbeitselektrode darstellt und der Gegenelektrode, die aus Platin besteht, entstanden Spannungsabfälle (Potential). Diese wurden von der Gegenelektrode erfasst. Da die verwendete Gegenelektrode und die Zusammensetzung des Prüfelektrolyten immer gleich bleiben, bezieht sich eine Veränderung des Potentials auf die Fläche der Rasierklinge.

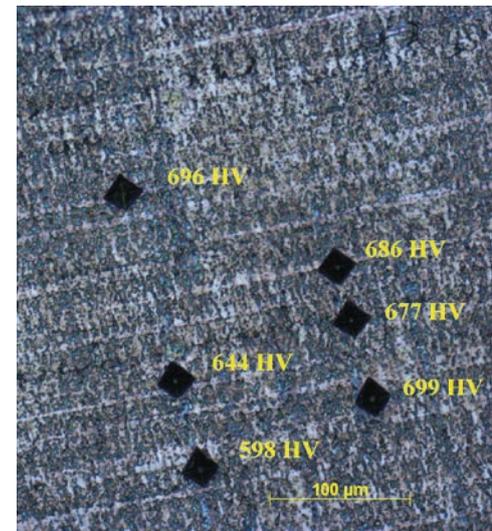


Abb. 4: Härteprüfung nach Vickers

## UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Abb. 5 zeigt die Messwerte der EDX-Analyse von drei Rasierklingschneiden. Es stellt sich bei den Messungen bei allen Klingen heraus, dass neben Eisen, Chrom als häufigstes Legierungselement aufgefunden wurde. Aus zahlreichen Literaturstellen ist bekannt, dass Chrom ab ca. 12 % eine Korrosionsbeständigkeit aufgrund der Bildung einer stabilen Chromoxidschicht aufweist. Molybdän konnte nur in einer Rasierklingschneide mit 1,2 % nachgewiesen werden. Molybdän dient zur Stabilisierung der Chromoxidschicht insbesondere gegenüber chloridhaltigen Medien. Durch die Einlagerung von Chloridionen in der Passivschicht wird die Diffusion von Ionen an der Stelle der Chlorideinlagerung ermöglicht, was eine grundlegende Bedingung der Korrosion erfüllt.

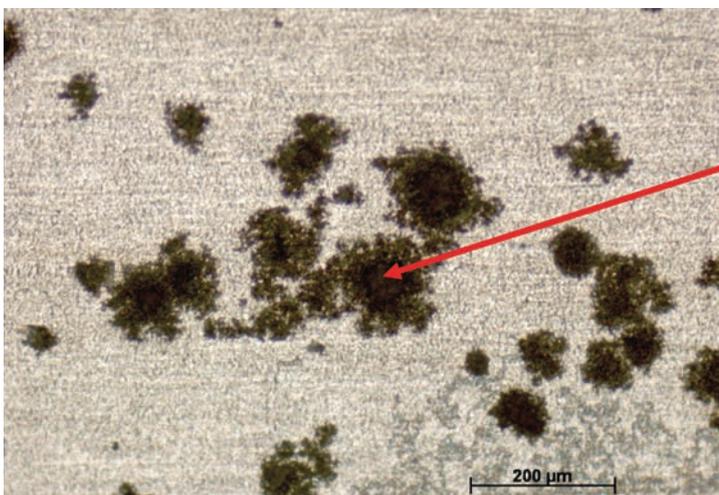


Abb. 6a: Lochfraßkorrosion Wilkinson Sword Protector

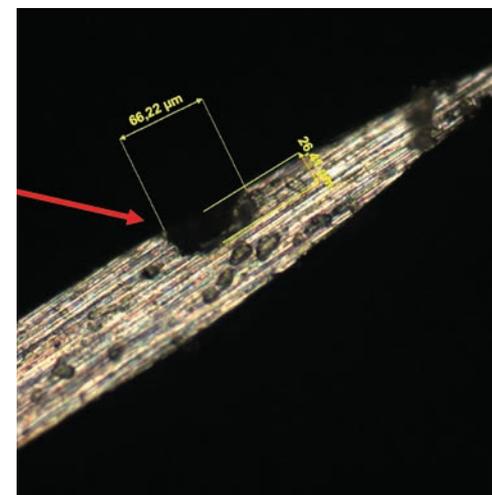


Abb. 6b: mit Querschliff

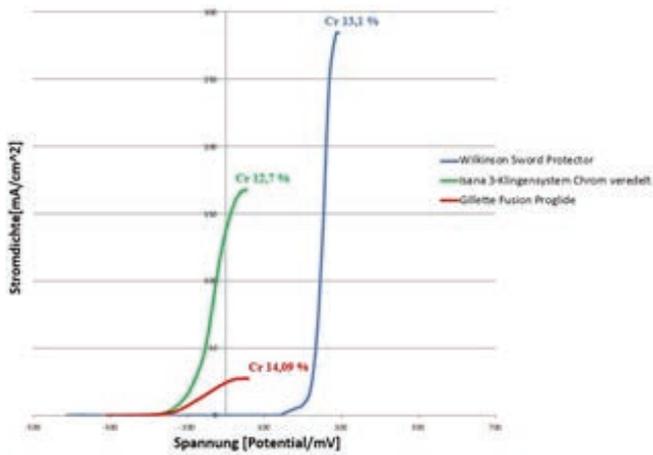


Abb. 7: Stromdichte-Spannung der drei Rasierklingenschneiden

Durch die punktuelle Störung der Passivschicht entsteht die typische Lochkorrosion. Diese ist in Abb. 6 zu erkennen. Die zu prüfenden Proben wurden in einen Glasbehälter getaucht, in dem ein Prüfelektrolyt vorhanden ist. Der Elektrolyt bestand aus einer 5 % NaCl Lösung auf Basis von destilliertem Wasser. Diese Konzentration wurde gewählt um eine Vergleichbarkeit zum Salzsprühtest (auch „Salzsprühnebelprüfung“) herzustellen. Die Salzsprühnebelprüfung ist in der Wissenschaft eine standardisierte Prüfung zur Bewertung des Korrosionsschutzes verschiedener metallischer Überzüge. Die zu prüfenden Teile werden hier mit einer Natriumchlorid Lösung nach Norm (ASTM B117, DIN 50021, ISO 9227) besprüht.

Der Potentiostat legt eine linear steigende Spannung auf das System, so dass das Potenzial in positive Richtung verschoben wird. Darüber hinaus regelt dieser mit Hilfe der Polarisationsgeschwindigkeit die Verschiebung und die Dauer der Versuche. Am Anfang jeder Messung verläuft jede Kurve nahezu konstant. Der fließende Strom ist sehr gering. Das liegt daran, dass der Werkstoff eine Passivierungsschicht besitzt, der den Stromfluss zwischen der Rasierklinge und Elektrolyten weitestgehend hemmt. Nun steigt die Spannung stetig an, bis die Passivschicht durchbrochen wird und es zur Lochfraßkorrosion kommt. Bei der Ermittlung des Durchbruchpotenzials musste bei der Wilkinson Sword Protector Klinge (Abb.7) länger anodisch polarisiert

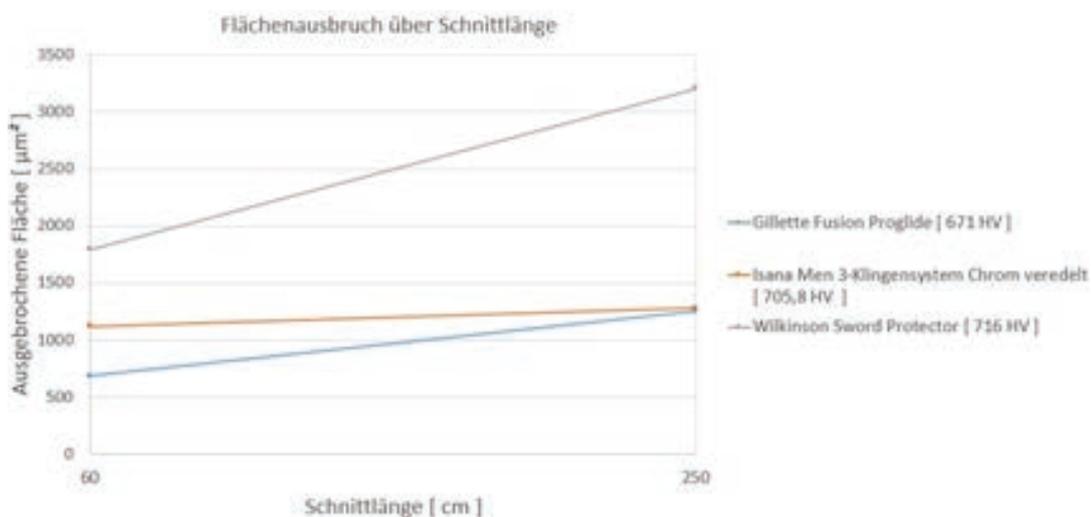


Abb. 10: Diagramm Flächenausbruch-Prüfstrecke

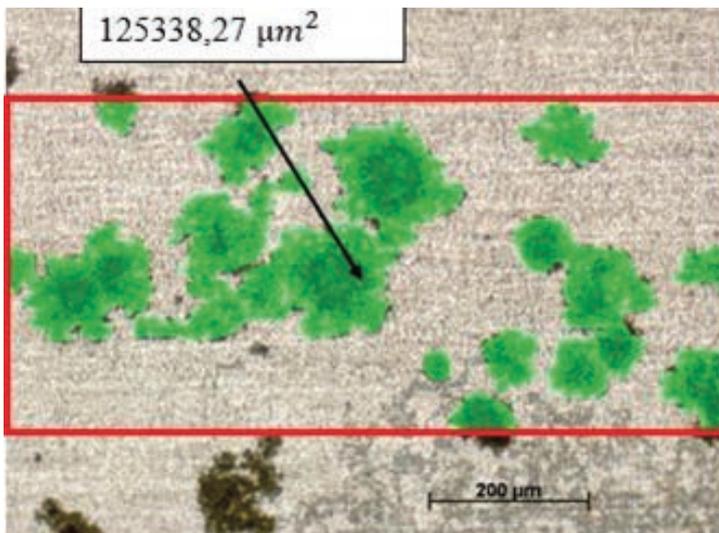


Abb. 8: ermittelte Fläche der Lochkorrosion

werden als bei den anderen Klingen, was bedeutet, dass hier der Beginn der Lochfraßkorrosion erst später beginnt. Der Grund liegt anzunehmenderweise in der Zulegierung von 1,2 % Molybdän. Die Gillette Fusion Proglide mit 14 % Chromanteil zeigt bereits bei niedrigerer Polarisation die ersten Korrosionen. Bereits bei über 250 mV Spannungsunterschied zur Wilkinson Klinge erreicht die Isana Men eher das Durchbruchspotenzial und weist damit das im Test schlechteste Lochfraßkorrosionsverhalten auf. Um eine genaue Aussage treffen zu können, wie viel Fläche wirklich anhand des Lochfraß verloren ging, wird mittels dem pixelbasiertem Grafikprogramm GIMP (GNU Image Manipulation Programm) die Verlustfläche ermittelt. Hier werden die Pixel der Fläche die korrodiert ist gezählt und in  $\mu\text{m}^2$  umgerechnet (Abb. 8). Die dabei ermittelten Ergebnisse korrelieren mit den Aussagen der Summenstromdichte-Potenzial-Kurven.

Weiterhin wurden am eigens konstruierten Prüfstand Verschleißtests an den Rasierklingen simuliert. Somit konnte nachgewiesen werden, wie lange eine Klinge über einen bestimmten Gebrauchszeitraum und unter bestimmten Einsatzbedingungen ihre Beständigkeit erhält bzw. vermindert. Bei der Ermittlung der verschlissenen Fläche wird auch hier wieder das pixelbasierte Grafikprogramm GIMP (GNU Image Manipulation Programm) zur Hilfe genommen. Die Ursprungsgerade der Rasierklingenschnede wird in die Bilder eingezeichnet. Nun ist es möglich, die verschlissene Fläche zu ermitteln in dem man die Pixel zählt (Abb. 9).

Anhand eines Diagramms (Abb. 10), welches den Flächenausbruch über die Schnittlänge darstellt, ist zu erkennen, dass die Schnitthaltigkeit bei allen Klingen Abnutzungserscheinungen in

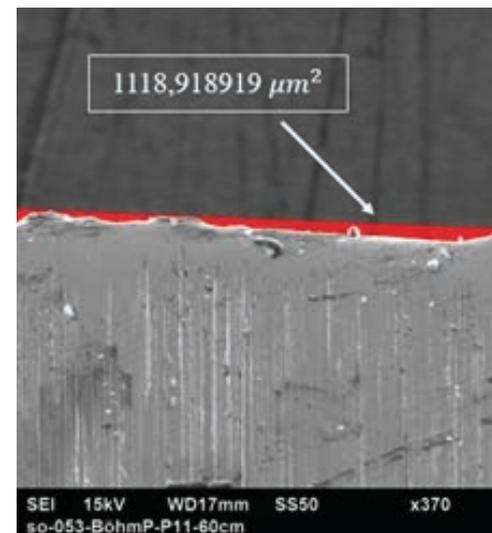


Abb. 9: Rasierklingenschnede nach einer Prüfstrecke von 60 cm 370:1

Form von Ausbrüchen zeigt. Beim Isana Men 3- Klingensystem und der der Gillette Fusion Proglide ist ein moderater Anstieg des Verschleißes gegeben. Für die Isana-Klinge wurde eine Härte von 705,8 HV, bei der Gillette Fusion Proglide von 671 HV gemessen. Die Messungen belegen, dass bei längeren Schnittlängen die Abnutzungserscheinungen bei der Isana-Klinge relativ konstant bleibt, die Gillette-Klinge dagegen stetig zunimmt, was anzunehmenderweise auf die etwas geringere Härte zurückzuführen ist. Die Untersuchungen im Rasterelektronenmikroskop zeigen aber, dass die Isana zwar über die gesamt zu prüfende Strecke verschleißfester ist, dafür aber einige wenige, aber tiefe Ausbrüche aufweist, was für eine Rasur eher abträglich ist. Die Wilkinson Sword Protector Klinge mit 716 HV Härte sollte eigentlich nach dieser Erkenntnis am verschleißfestesten sein, weist aber den höchsten Flächenausbruch auf. Die hypothetische Annahme ist hier aber zum einen in den unterschiedlichen Fertigungsqualitäten zu sehen. Zum anderen scheint die Eigenspannung durch die erfolgte Wärmebehandlung in diesem Fall einen Wert erreicht zu haben, der eine Sprödbuchanfälligkeit soweit erhöht, dass Ausbrüche in der Klingenspitze dadurch wahrscheinlicher werden.

## FAZIT

Bei der Betrachtung der werkstofflichen Werte der geprüften Rasierklingen war eindeutig zu erkennen, dass die ermittelten Härtewerte, Legierungsbestandteile und Korrosionstests nur einen unzureichenden Hinweis auf die qualitativen Unterschiede der Rasierklingen ergeben (Abb.10). Sicherlich werden Rasierklingen in der Benutzung sich wesentlich eher abnutzen, als dass

Hersteller	Legierungselemente [Masse-%]		Härte [HV 0,3]	Korrosionsbeginn [mV]	Korrosionsfläche [µm²]	Ausbruchfläche nach 60 cm [µm²]	Ausbruchfläche nach 250 cm [µm²]	Preis pro Klingen- kopf [€]
Wilkinson Sword Protector	13,10 Cr	1,2 Mo	716	149,6	125338,27	1792,6954	3204	0,79
Isana 3-Klingensystem Chrom veredelt	12,70 Cr	-	705,8	-162,1	132333,60	1118,918919	1278,3	0,60
Gillette Fusion Proglide	14,09 Cr	-	671	-169,5	-	685,463842	1324	3,10

Abb. 10: Tabelle der Messergebnisse

sie korrosiven Erscheinungen unterliegen. Auch die Werkstoffe unterscheiden sich in der Zusammensetzung nur unwesentlich, die Härtewerte deuten auf vergleichbare Wärmebehandlungen hin. Der preisliche Unterschied ist insbesondere auf die unterschiedlichen Herstellungs- und Fertigungsverfahren zurückzuführen.

Die Verschleißfestigkeit ist somit der wichtigste Faktor bei der Ermittlung der qualitativen Eigenschaften einer Rasierklinge. Der persönliche Anspruch eines Käufers spielt ebenfalls eine große Rolle beim Kauf einer Rasierklinge. Die Fertigungsqualität der Klingen spielt zunächst bei Beginn der Rasur eine Rolle, hier gewinnt klar die teure Marke. Nimmt man eine qualitativ schlechtere Rasur in Kauf, macht es Sinn, sich für eine Rasierklinge zu entscheiden die nach einer Prüfstrecke von 60 cm zwar zunächst mehr Ausbruchfläche aufweist, im Verschleiß aber nahezu konstant bleibt. Nach Prüfstrecken von 250 mm sind Ausbrüche und Verschleißerscheinungen dann nahezu vergleichbar. In der Realität sind Gegebenheiten wie individueller Haarwuchs jedes einzelnen Menschen sowie Zusammensetzung des Rasierschaums und Härte des Wassers ebenso unabdingbare Einflussfaktoren, die die Lebensdauer einer Schneide beeinträchtigen. Häufigkeit und Intensität der Rasur spielen mindestens eine genauso große Rolle. Aufgrund der geringen Anzahl an getesteten Rasierklingen sowie Ungenauigkeiten und getroffene Annahmen in den jeweiligen Versuchen, kann nur eine Tendenz dahingehend festgestellt werden, dass teure Rasierklingen werkstofflich betrachtet eine höhere Qualität aufweisen als günstige Klingen. Letztendlich muss der Verbraucher selbst entscheiden nach welchen Kriterien und einem Preis-/Leistungsverhältnis er welche Klingen käuflich erwerben möchte.

## LITERATUR

- [1] Rota, Angelo. *Untersuchung des Schneidverhaltens und des Verschleißes handelsüblicher Rasierklingen*. Trier : s.n., 2017.
- [2] Eul, Maximilian. *Der Einfluss von Schweißungen und Konzentration des Elektrolyten auf das Korrosionsverhalten von Baustahl und Edelstahl*. Trier: s.n., 2017.
- [3] Boehm, Peter. *Werkstoffkundlerlabor I, Metallische Werkstoffe und Qualitätssicherung*.
- [4] Baldig, Klaus. *Leiter Entwicklung und Produkt Management bei der GeBE Elektronik und Feinwerktechnik, telefonische Auskunft*
- [5] Focus-online, 09.01.2015, *Abzocke oder gerechtfertigt? Darum sind Rasierklingen so sündhaft teuer*
- [6] Franziska von Tiesenhausen , *NDR.de, 13.01.2014, Teure und günstige Nassrasierer im Vergleich*
- [7] Helmut Kaesche, *die Korrosion der Metalle, ISBN: 978-3-642-18427-7*
- [8] Günther, Reinhard, Haag, Hermann, *Tribologie: Reibung · Verschleiß · Schmierung, ISBN 978-3-642-83558-2*

# WEITERENTWICKLUNG UND OPTIMIERUNG DES INTERFEROSKOPS 4.0

FB TECHNIK  
MASCHINENBAU



Prof. Dr. Michael Schuth  
schuth@fh-trier.de



M.Eng. Christopher Petry  
petryc@hochschule-trier.de

## STUDIERENDE:

B. Eng. Patrick Braschel  
B. Eng. Martin Gietzen

## ALLGEMEINES ZUR SHEAROGRAFIE

Unter Shearografie versteht man ein optisches Prüf- und Messverfahren, mit dem sich Objekte flächendeckend, berührungslos, zerstörungsfrei und hochgenau (Sub-Mikrometer) prüfen lassen. Bauteile können vollständig und unabhängig vom Werkstoff untersucht werden. Die Shearografie misst, im Gegensatz zur ähnlich arbeitenden Holografie, die erste Ableitung der Verformung, wodurch sie relativ unempfindlich gegenüber Störungen und somit universell einsetzbar ist. Das Verfahren bietet sich in den folgenden Bereichen an:

- Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung: Detektion von Materialfehlern auf und unterhalb der Oberfläche
- Optische Dehnungsanalyse: experimentelle Messtechnik
- Bauteiloptimierung und Schwachstellenanalyse: Versuch und Entwicklung

## FUNKTIONSPRINZIP: ZEITLICHES PHASENSCHIEBEN

Zur Durchführung einer shearografischen Messung beleuchtet man die Oberfläche eines Messobjekts mit Laserlicht, welches von dort reflektiert wird. Das reflektierte Licht wird durch die Blendenöffnung einer industriellen Monochromkamera gebeugt und interferiert (die Lichtwellen überlagern sich). Dadurch entsteht ein irreguläres Punktemuster auf dem CCD-Chip der Kamera, wie Abbildung 1 zeigt. Dieses sog. Specklemuster bildet die Grundlage für die ESPSI (Electronic Speckle Pattern Shearing Interferometry). Zur Messung müssen nun eine Reihe

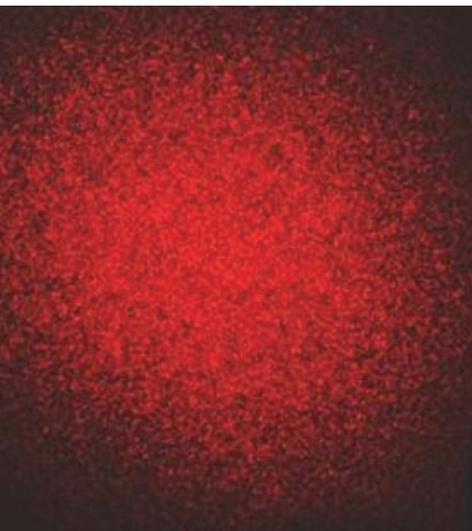


Abb. 1: Speckleerscheinung durch die Beleuchtung einer optisch rauhen Oberfläche mit Laserlicht

unterschiedlicher Bilder der Speckles aufgenommen werden, wobei sich das Bauteil einmal im belasteten und einmal im unbelasteten Zustand befindet. Diese können anschließend rechnerisch zum sog. Shearogramm weiterverarbeitet und daraus Fehlstellen ermittelt werden. Die unterschiedlichen Bilder ergeben sich aus der Funktionalität des optischen Aufbaus der Shearografie, wie Abbildung 2 zeigt.

Ein aufgeweiteter, kohärenter Laserstrahl beleuchtet das Messobjekt, wird diffus reflektiert und durchläuft eine Shearing-Einrichtung, bestehend aus Strahlteilerwürfel, Shearspiegel und Piezospiegel (modifiziertes Michelson – Interferometer). Der Strahlteilerwürfel teilt den Objektstrahl, wobei ein Teil auf den Shearspiegel und der andere Teil auf den Piezospiegel trifft.

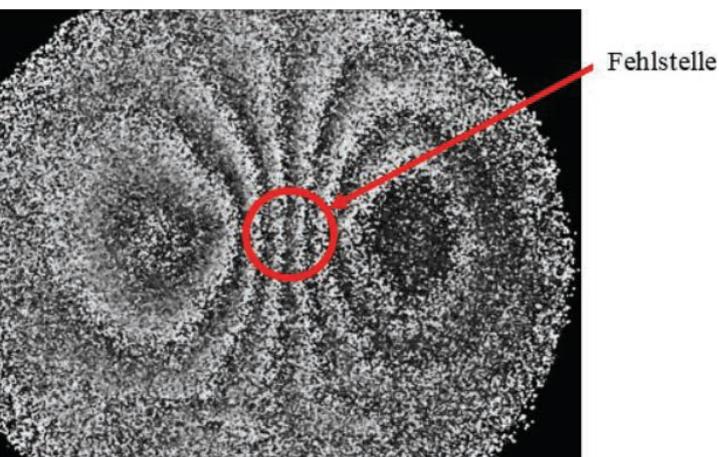


Abb. 3: gefiltertes Phasenbild (Shearogramm); das typische „Schmetterlingsmuster“ zeigt eine Fehlstelle in der Bauteilmitte an

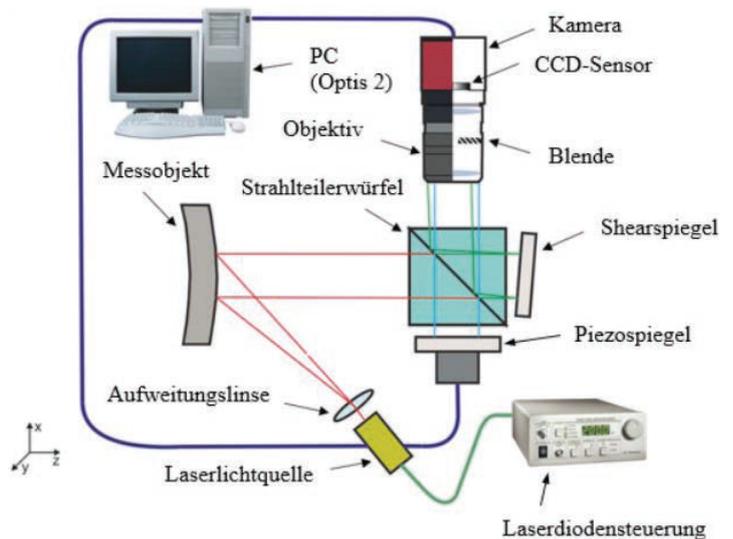


Abb. 2: prinzipieller Aufbau einer shearografischen Messung

Durch den Winkelversatz des Shearspiegels ist die eine Teilreflexion von der anderen um den sog. Shearbetrag versetzt. Das resultierende Bild, bestehend aus zwei versetzten Bildern, kann nun auf dem Kamerachip beobachtet werden. Es wird je vierfach im unbelasteten und belasteten Zustand des Messobjektes aufgenommen. Die vier Bilder eines Objektzustands unterscheiden sich durch eine Phasenverschiebung des Specklemusters, die durch eine Verstellung des Piezospiegels zwischen jeder Aufnahme hervorgerufen wird. Somit entsteht ein Shearogramm mit Interferenzstreifen, wie es in Abbildung 3 zu sehen ist.

Zur quantitativen Betrachtung wird nach Gleichung 1 die Phasenverteilung aus den Speckle-Intensitäten pro Kamerapixel für jeweils vier Bildaufnahmen bestimmt:

$$^{[1]} \phi = \arctan\left(\frac{I_4 - I_2}{I_1 - I_3}\right)$$

Aus den Phasenverteilungen im belasteten und im unbelasteten Zustand errechnet sich die Phasendifferenz zwischen zwei Belastungszuständen:

$$^{[2]} \Delta = \phi_b - \phi_u = \arctan\left(\frac{I_{4b} - I_{2b}}{I_{1b} - I_{3b}}\right) - \arctan\left(\frac{I_{4u} - I_{2u}}{I_{1u} - I_{3u}}\right)$$

Daraus kann das Phasenbild errechnet und die Verformungsgradienten dargestellt werden.

## MESSSYSTEM: INTERFEROSKOP 4.0

Das sog. Interferoskop wurde entwickelt, um mit Hilfe der Shearografie Fehlstellen an schwer zugänglichen Stellen von

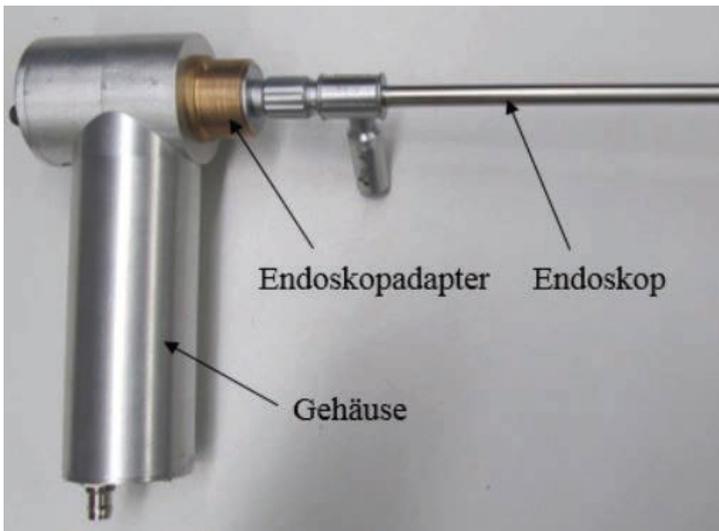


Abb. 4: Gesamtansicht des Interferoskops 4.0

Bauteilen zu erkennen und dabei möglichst mobil zu sein. Sein Name, wie auch seine Funktion, setzt sich aus den Wörtern „Shearografie“ und „Endoskopie“ zusammen. Das Endoskop dient sowohl zur Beleuchtung des Messobjektes anhand einer Laserdiode, als auch zur Aufnahme der von der Bauteiloberfläche reflektierten Laserstrahlen. Im Gehäuse befindet sich der aus Abbildung 2 bekannte shearografische Aufbau und die CCD-Kamera. Die automatische Auswertung der Bilder übernimmt die selbst geschriebene Software „Optis 2“. Abbildung 4 zeigt das Interferoskop 4.0 in seiner Gesamtansicht.

Anwendungsgebiete des Interferoskops 4.0 sind Detektionen von Fehlstellen an Schaufelrädern jeglicher Art. Beispielsweise können Turbinenschaufeln im eingebauten Zustand überprüft werden. Zum anderen kann das Gerät auch zur Erkennung von Fehlstellen in Rohren genutzt werden, die schwer zugänglich verbaut und deshalb von außen nicht überprüfbar sind. Im Rahmen einer Projektarbeit wurden konstruktive Optimierungsmaßnahmen am Interferoskop, sowie eine Parameterstudie durchgeführt, um die Ergebnisqualität zu steigern.

## FAZIT UND AUSBLICK: RÄUMLICHES PHASENSCHIEBEN

Durch geschickte Integration einer Blende in den shearografischen Messaufbau und eine digitale Fourier-Transformation (DFT) der Bildaufnahme kann ein Beugungsbild des beobachteten Messobjektes erzeugt werden, wie Abbildung 5 es zeigt. Die DFT zerlegt das einfallende zeitlich kontinuierliche Wellenfeld in sein räumlich konstantes Frequenzspektrum, das über die Blendengeometrie und den Shearbetrag angepasst wird. Nun liegen alle

nötigen Informationen zur Berechnung der Phasenlage  $\phi$  mit nur einer Bildaufnahme im Bildausschnitt der ersten Nebenmaxima vor. Die Phasenlage je Belastungszustand errechnet sich durch Anwendung einer windowed inverse FT (WIFT) und folgende Gleichung:

$$^{[3]} \phi = \arctan \left( \frac{\text{Im}(u_2 u_1^*)}{\text{Re}(u_2 u_1^*)} \right)$$

Die quantitative Phasendifferenz  $\Delta\phi$  kann in „real-time“ beobachtet werden. Die notwendigen Bildaufnahmen reduzieren sich mit räumlichen Phasenschieben also von 8 (4 je Belastungszustand) auf lediglich 2. Folglich wird der gesamte Vorgang robuster, schneller und auch für Messungen mit dynamischer Belastungen einsatztauglich. Mit der angedachten Erweiterung des Interferoskops sollen beispielsweise abkühlende Turbinenschaufeln im Handbetrieb vermessen werden können, wobei es die genauen Parameter noch zu erforschen gilt.

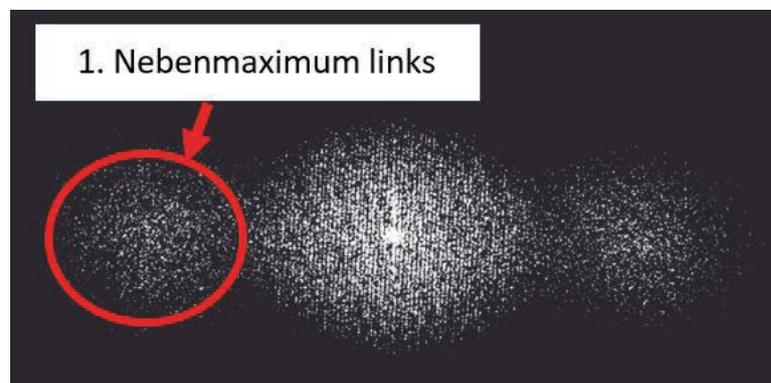


Abb. 5: Beugungsspektrum der versheararten Bildaufnahme auf dem CCD-Sensor

# AUSGEWÄHLTE ARBEITSSCHUTZ-PROJEKTE

## DAS BREITE TÄTIGKEITSSPEKTRUM EINES SICHERHEITSINGENIEURS

---

FB TECHNIK  
SICHERHEITS-  
INGENIEURWESEN

---



*Prof. Dr. Lars Draack*  
*l.draack@hochschule-trier.de*



**AUTORIN:**  
*Jasmin Menslage*  
*menslagj@hochschule-trier.de*

Das Studium des Sicherheitsingenieurwesens an der Hochschule Trier zeichnet sich durch die breite Auslegung der Sicherheitsfächer und die umfassende Ausbildung der Studierenden in Fächern wie Arbeitsschutz, Technische Sicherheit und Brand- und Explosionsschutz aus. Dies spiegelt sich auch in den vergangenen Abschlussarbeiten wieder. Im Dezember 2016 haben die ersten beiden Sicherheitsingenieure ihr Studium erfolgreich abgeschlossen und im Frühjahr 2017 folgten die nächsten Absolventen. An diesen insgesamt fünf ausgewählten Arbeitsschutz-Projekten wird deutlich, dass das Berufsfeld des Sicherheitsingenieurs über die klassischen Tätigkeiten hinausgeht und abwechslungsreiche und sehr umfangreiche Aufgabenbereiche bietet.

Die erste Abschlussarbeit beschäftigte sich mit der CE-Zertifizierung einer verketteten Fertigungsanlage. Der Student Alexander Köhler dokumentierte und bereitete diesen Vorgang bei dem Unternehmen „Salzgitter Mannesmann Line Pipe“ vor. Neben der Aufteilung und Eingrenzung der Anlage, musste eine komplette Gefährdungsanalyse und Risikobeurteilung der einzelnen Komponenten angefertigt werden. Herr Köhler erarbeitete einzelne Maßnahmenkonzepte für bestehende Gefährdungen beim Betrieb der Maschine und berief sich dabei auf diverse Verordnung-n und Regeln, wie auf die Maschinenrichtlinie oder die 9. Produktsicherheitsverordnung. Im Januar dieses Jahres trat er seinen neuen Job als verantwortlicher Koordinator für EHS & S bei einem Chemieunternehmen an und kümmert sich fortan um die Sicherheit, Nachhaltigkeit und Gesundheit der Beschäftigten im Betrieb.



Abb. 1: Die Absolventen Michael Metze und Alexander Köhler (Mitte) mit den Professoren Lars Draack und Peter Böhm (v.l.)

Am selben Tag wie Alexander Köhler, schloss auch Michael Metze sein Studium zum Sicherheitsingenieur ab. Das Thema seiner Abschlussarbeit lautete „Lärmanalyse und Erstellung eines Lärminderungsprogramms“ bei der Firma „ThyssenKrupp Bilstein“. Im Rahmen seiner Arbeit, teilte Michael Metze eine Produktionshalle der Firma in einzelne Abschnitte ein und führte verschiedene Lärmmessungen je Bereich durch. Neben der Ermittlung gehörte zudem die Dokumentation des Tages-Lärmexpositionswertes und des Spitzenschallpegels zu seinen Aufgaben. Nachdem die einzelnen Lärmquellen identifiziert wurden, hat der Student ein Lärminderungsprogramm entwickelt, mit dem die erforderlichen Maßnahmen zur Verringerung der Gefährdungen in die Tat umgesetzt werden können. Michael Metze möchte in Zukunft im sicherheitstechnischen Bereich tätig sein, da ihm die Arbeit als Sicherheitsingenieur sehr gefällt.

An der Hochschule Trier kann man nicht nur ein Studium zum reinen Sicherheitsingenieur absolvieren, sondern im Rahmen des Wirtschaftsingenieurstudiums auch die Vertiefungsrichtung Technische Sicherheit wählen. Die Studentin Jasmin Menslage ist diesen Weg gegangen und hat sich mit der Thematik des „Betrieblichen Gesundheitsmanagement“ in ihrer Abschlussarbeit beschäftigt. Das Betriebliche Gesundheitsmanagement vereint die Bereiche des Arbeits- und Gesundheitsschutzes mit der Betrieblichen Gesundheitsförderung und dem Betrieblichen Eingliederungsmanagement. In Zeiten des demografischen Wandels und der Problematik der immer älter werdenden Belegschaften, muss sich jedes Unternehmen mit diesen Thematiken beschäftigen, um im internationalen Markt zu überleben und wettbewerbsfähig zu bleiben. Die Studentin fertigte ein E-Learning Modul an, welches das Angebot der sicherheitstechnischen

Fächer abrundet und in Zukunft als freiwillige Weiterbildung für die Studierenden fungiert. Abbildung 2 zeigt eine Thematik des E-Learning Moduls „Betriebliches Gesundheitsmanagement“. Das Modul beinhaltet unter anderem im Bereich Organisation und Umsetzung Informationen zu der Einrichtung von sogenannten Gesundheitszirkeln. In Arbeitsgruppen werden Problembereiche im Unternehmen aufgedeckt und gemeinsam an Lösungsvorschlägen gearbeitet. Die Abbildung 2 zeigt zwei mögliche Ansätze.

Im Frühjahr 2017 folgten die nächsten beiden Absolventen und schlossen ihr Studium zum Sicherheitsingenieur ab. Hendrik Düing beschäftigte sich mit der Thematik der „Implementierung des Moduls Gefährdungsbeurteilung in die EHS-Software Secova (sam)“ bei der Firma „Benninghoven“. Seine Tätigkeit bestand darin, die Struktur des Moduls Gefährdungsbeurteilung in einem Dokumentationssystem bedienerfreundlich und zukunftsorientiert zu gestalten. Jedes Unternehmen ist rechtlich dazu verpflichtet, Gefährdungsbeurteilungen für alle Abteilungen, Arbeitsmittel und Arbeitsplätze anzufertigen und zu dokumentieren. Die Sicherheitssoftware soll diesen Vorgang automatisieren und die Dokumentationen und Aktualisierungen erleichtern. Dazu war es vonnöten, Begehungen in den einzelnen Abteilungen durchzuführen und Verantwortlichkeiten festzulegen. Die Anfertigung eines sogenannten Prüfbuches gehörte ebenfalls zu den Aufgaben von Hendrik Düing. Es beinhaltet alle nötigen Instandhaltungs- und Wartungsintervalle und ist in die Software eingearbeitet.

Den Abschluss machte die Bachelorarbeit von Jens Waltenberger. Er beschäftigte sich bei der „BASF SE“ mit einer

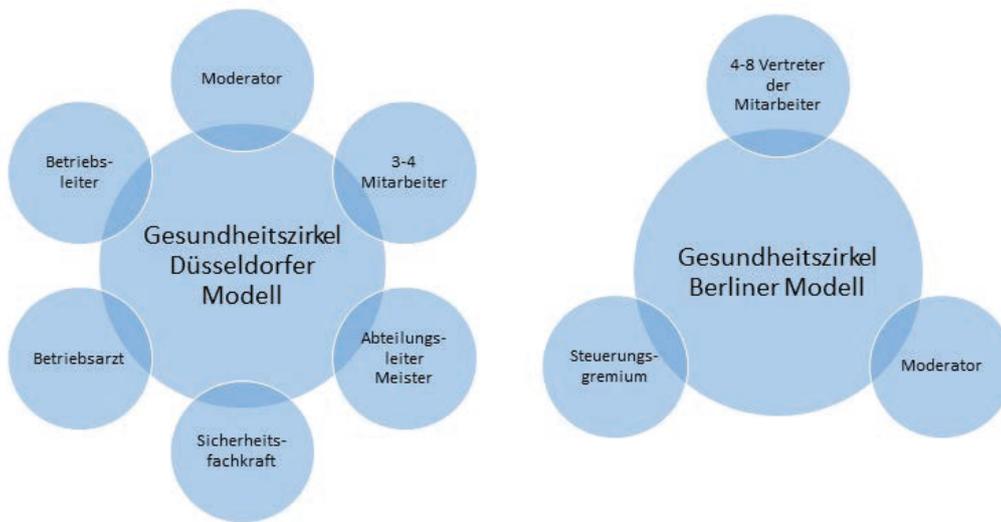


Abb. 2: Bestandteile des E-Learning Moduls zum Thema Gesundheitszirkel

ablaurorientierten Gefährdungsbeurteilung und entwickelte mithilfe interner Technologien verschiedene Konzepte von Sicherheitsmaßnahmen. Die Feststellung des momentanen Ist-Zustandes und die Identifikation von Fehlerquellen nahmen einen Teil seiner Arbeitszeit in Anspruch. Die Ausarbeitung und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Probleme erforderte von dem Studenten ein genaues Einhalten verschiedener Richtlinien und Voraussetzungen wie wirtschaftliches und praktikables Vorgehen. Mithilfe der Implementierung eines temporären Tagging-Systems, welches als Unterstützung bei dem Setzen und Entfernen von Sicherheitsmaßnahmen fungiert, konnten existierende Risikopotentiale gesenkt werden. Das von Jens Waltenberger entwickelte Lösungskonzept bietet nun die Basis für darauf aufbauende betriebliche Anpassungen und Erweiterungen.

Alle Studenten haben sich auf unterschiedliche Art und Weise mit dem Thema Sicherheit im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten beschäftigt. Durch den gleichzeitigen Erwerb der Zusatzqualifikation zur Fachkraft für Arbeitssicherheit mit ihrem Bachelorabschluss, haben sie hervorragende Aussichten, direkt ins Berufsleben zu starten und im Betrieb als Sicherheitsingenieur tätig zu sein.

# PROBLEMORIENTIERTES LERNEN MIT REMOTELY CONTROLLED LABORATORIES

---

FB TECHNIK / PROJEKT OPEN  
MINT LABS (OML)  
ELEKTROTECHNIK

---



Prof. Dr. Matthias Scherer  
scherer@hochschule-trier.de



Dr. rer. nat. Tobias Roth  
t.roth@umwelt-campus.de

**STUDIERENDE:**  
Christoph Auer

## EINLEITUNG

Zur Überbrückung der Lücke von theoretischen Inhalten aus der Vorlesung und Anwendungsfällen aus der Praxis werden besonders in den naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen der Hochschule Trier Grundlagen- und Fortgeschrittenenlabore angeboten. Evaluierungen ergeben, dass die Studierenden oft zu wenig Zeit haben, sich mit einem Versuch intensiver zu beschäftigen. Um die praktische Lernphase zeitlich flexibel zu gestalten und gleichzeitig die Auslastung der Labor-Infrastruktur zu erhöhen, entwickeln Mitarbeitende der Fachrichtung Elektrotechnik in Kooperation mit dem BMBF-Verbundprojekt Open MINT Labs (OML) Remotely Controlled Laboratories (RCLs). Den Studierenden steht so die Möglichkeit offen, zu selbst wählbaren Zeitpunkten und von beliebigen Orten über eine Internetverbindung die als RCL realisierten Versuche anzusteuern, um ein naturwissenschaftliches Experiment oder eine technische Aufgabenstellung zu behandeln und wichtige Kompetenzen einzutrainieren.

## DIGITALISIERUNG DER LEHRE AN DER HOCHSCHULE TRIER

Die Hochschule Trier ist um die stetige Modernisierung ihrer Lehre bemüht, welche von den Ideen sowie dem Engagement der Akteurinnen und Akteure vor Ort täglich von neuem getragen und vorangetrieben wird [1]. Auch dank des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Qualitätspakts Lehre geförderten Vorhabens Student Centered Learning (STUNNING) sowie des bis 2020 verlängerten Verbundprojekts

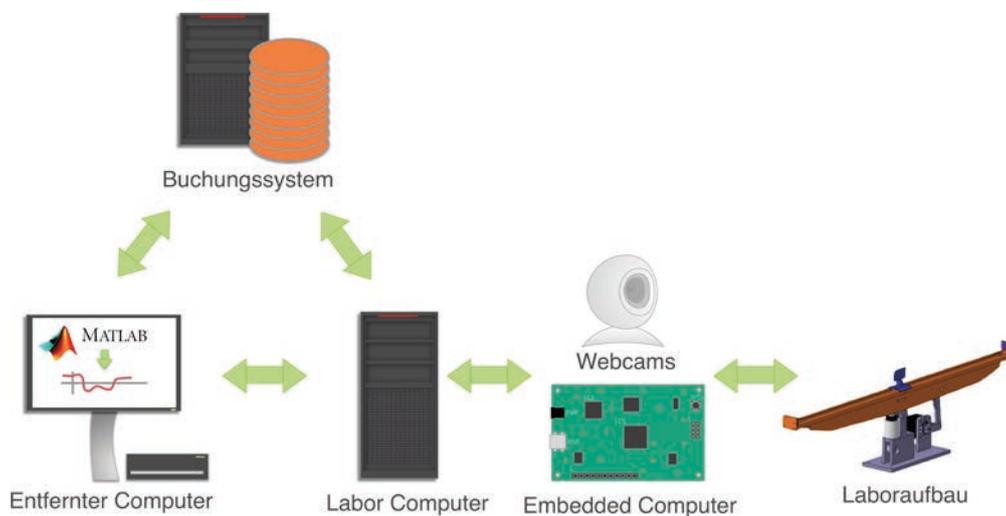


Abb. 1: Konzeptioneller Aufbau eines RCL-Versuchs

Open MINT Labs (OML) war und ist es möglich, ein umfangreiches Maßnahmenpaket in die Wege zu leiten. Im Kern widmet sich OML um die Konzeption, Entwicklung und Erforschung virtueller Labore, wovon die Studierenden bei der interaktiven Vorbereitung ihrer naturwissenschaftlich-technischen Laborpraktika profitieren. Dabei wird die integrale wie integrative Verankerung mit den traditionellen Lehrformaten als Blended-Learning-Lab-Konzept realisiert [2]. Dieses besteht aus den fünf selbsterklärenden Bausteinen Orientierung, Grundlagen, Experiment, Anwendung und Reflexion, womit ein flexibler Einsatz in der Lehre bzw. zum individualisierten Lernen geboten wird. Aktuelle Erkenntnisse aus der Medien- und Fachdidaktik sowie die Implementierung moderner Technologien und Trends (z.B. Lernmanagement-System OpenOLAT, Virtuelle Vortestate [3], Virtuelle Realität, Virtueller Lernbegleiter oder Classroom-Response-System [4]) fließen in die Projektarbeit ein. Ziel ist es, bei Schülerinnen und Schülern die Begeisterung an MINT-Fächern zu wecken sowie Studierenden ein orts- und zeitunabhängiges Lerninstrument zur Verfügung zu stellen, das deren Selbstlernkompetenz fördert. Die Lerninhalte werden mit authentischen Anwendungsbeispielen aus Alltag, Industrie und Forschung verknüpft, um so den Bezug zum späteren Berufsalltag der Studierenden herzustellen.

## REMOTELY CONTROLLED LABS

Das Blended-Learning-Lab-Konzept aus dem OML-Projekt soll mit Remotely Controlled Laboratories (kurz: RCLs) eine konsequente Weiterentwicklung erfahren. Die Idee von RCL ist nicht neu; erste Pionierarbeiten wurden in der Physikdidaktik

berichtet (vgl. beispielsweise [5] sowie Referenzen darin), wobei nach der anfänglichen Euphorie die Aktivitäten um RCL rasch abebbten. Einige der Gründe lagen offenbar in dem relativ hohen Wartungsaufwand der anzusteuernenden Vor-Ort-Experimente, was nach wie vor eine Barriere darstellt. Daneben dürften die digitalen Kommunikationsmöglichkeiten zur damaligen Zeit eine Einschränkung auferlegt haben. Aufgrund der dramatischen Fortschritte im Bereich des Internets und der Digitalisierung im Allgemeinen ergibt sich für das Format RCL jedoch eine neue Chance, welche die Hochschule Trier aktiv nutzen möchte. Ganz im Sinne des Internet of Things (IoT) sollen ferngesteuerte Laborversuche den Studierenden online zugänglich gemacht werden.

## ANFORDERNUNGEN UND ZIELE VON RCLS IM FACHBEREICH TECHNIK

Die orts- und zeitunabhängigen RCLs bieten den Studierenden eine größere Flexibilität bei der Organisation ihres Lernprozesses (asynchrones Lernen). So haben die Studierenden auch außerhalb der Laboröffnungszeiten die Möglichkeit, ihr erlerntes Wissen durch Anwendung in der Praxis zu vertiefen. Laborversuche, die kostspielig und in der Betreuung zeitintensiv sind, erhalten zudem eine bessere Auslastung. Dabei sollen RCLs keineswegs den klassischen Laborbetrieb ersetzen, sondern diesen sinnvoll ergänzen. Remotely Controlled Labs stellen in Bezug auf moderne Lehrmethoden eine wertvolle Variante des problemorientierten Lernens dar. Um den RCL-Versuchen eine hohe Praxisrelevanz zu verleihen, werden im Gegensatz zu den am Lehrmittelmarkt verfügbaren Laborgeräten ausschließlich

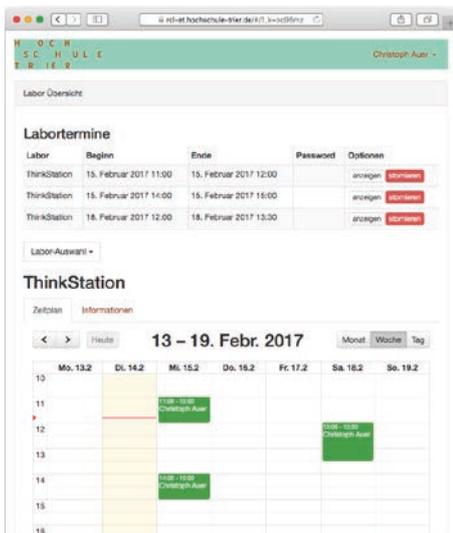


Abb. 2: Ansicht des Buchungssystems mit dem Nutzerbereich

professionelle Entwicklungswerkzeuge (z.B. MATLAB®, Simulink® und ASAM-konforme Parametrisierungssysteme) eingesetzt. Auf diese Weise werden u.a. Handlungs-, Problemlöse- und Simulationskompetenzen gefördert, die im heutigen industriellen Berufsleben einen immer höheren Stellenwert einnehmen.

## RECHNERARCHITEKTUR EINES RCL

Grundsätzlich gibt es mehrere Möglichkeiten, internetbasiert auf einen Laborversuch zuzugreifen. Bei den meisten derzeit verfügbaren Systemen agiert der Laborrechner (Embedded Computer oder PC) als Webserver. Diese Lösung ist zwar einfach umzusetzen, schränkt aber die studentischen Bedien- und Interaktionsmöglichkeiten auf faktisch nur vorgefertigte Webapplikationen ein. Ein Zugriff auf die oben erwähnten Entwicklungswerkzeuge ist damit ausgeschlossen. Mit den geplanten RCL-Versuchen verfolgt die Fachrichtung Elektrotechnik zusammen mit OML eine andere Strategie. Die Studierenden sollen die gleichen Handlungsmöglichkeiten erhalten – inklusive den an sie gestellten Anforderungen – wie bei einem Präsenzversuch. Abbildung 1 stellt schematisch die Architektur eines RCLs dar. Ausgangspunkt ist ein im Labor an der Hochschule befindlicher Aufbau (z.B. Experiment, Apparatur, Versuchsstand). Dessen Parameter lassen sich über einen Laborcomputer von einem Steuerungssystem oder Embedded Computer verändern und die Auswirkungen auf den Versuch mit einer (oder mehreren) Webcam(s) in Echtzeit beobachten. Dabei bildet der Laborcomputer die Schnittstelle für die ferngesteuerte Bedienung, worauf der Studierende vom externen oder heimischen Computer aus

zugreifen kann. Bevor das RCL bearbeitet und ausgeführt werden kann, muss die Nutzerin oder der Nutzer zuerst im Buchungssystem einen Versuchstermin eintragen. Welche Aufgaben das Buchungssystem als Bindeglied zwischen dem Studierenden und dem Laborcomputer übernimmt, soll im Folgenden ausgeführt werden.

## REALISIERUNG DES BUCHUNGSSYSTEMS

Die Umsetzung beginnt mit dem Buchungssystem, das die organisatorische Infrastruktur für die RCL-Versuche bildet. Das Buchungssystem verfügt einerseits über einen Webserver, der die in Abb. 2 dargestellte Webanwendung bereitstellt, andererseits gibt es einen Anwendungsserver, welcher für die Ansteuerung der RCLs verantwortlich ist.

Die Webanwendung unterteilt sich weiter in einen Nutzer- und in einen Administrationsbereich. Wie in Abb. 2 gezeigt, erlaubt der Nutzerbereich des Buchungssystems die Terminvergabe, das Ändern oder Stornieren von Laborversuchen sowie das Anzeigen von Informationen zum Versuch selbst. Zur Terminverwaltung wird auf die intuitiven und mit Mouse-Gesten hinterlegten Kalenderfunktionen (z.B. Verschieben von Zeitblöcken über Drag & Drop) zurückgegriffen. Der Administrationsbereich der Webanwendung gestattet die Verwaltung der RCLs und der zugehörigen Terminpläne. Um für Fairness bei der Vergabe von Laborterminen zu garantieren, kann für jeden RCL-Versuch ein individuelles Buchungslimit festgelegt werden, worauf die Nutzungsdauer pro Person begrenzt bleibt.

Da Lernende immer häufiger das eigene Smartphone oder den Tablet-Computer in ihrem Schul- bzw. Studienalltag zu Rate

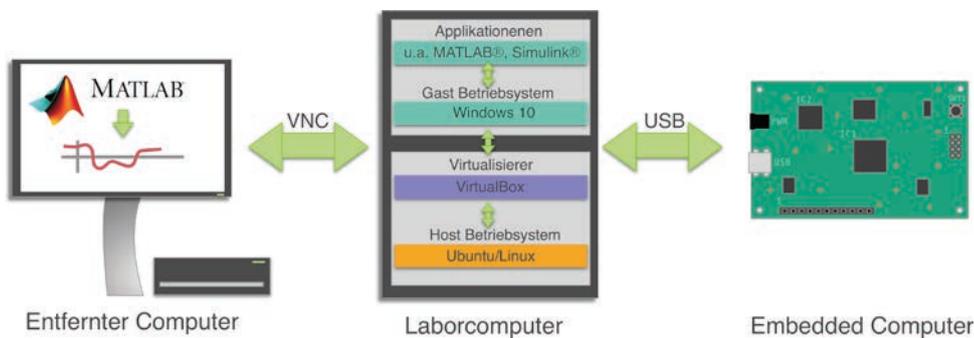


Abb. 3: Software-Architektur des Laborcomputers

ziehen, wird bei der grafischen Umsetzung der Webanwendung auf einen responsiven Aufbau Wert gelegt. Hierbei passt sich das Layout den jeweiligen Eigenschaften des Endgerätes an, sodass auch bei kleinen Displaygrößen maximale Benutzerfreundlichkeit gegeben ist.

Der Anwendungsserver hat hingegen die Aufgabe, alles Organisatorische für die Nutzung des RCL-Versuchs abzuwickeln. Zwei Stunden vor dem eingetragenen Labortermin sendet der Anwendungsserver dem/der zukünftigen Nutzer/in eine Erinnerungs-E-Mail. Fünf Minuten vor der Freigabe des RCL-Versuchs wird der Laborcomputer hochgefahren und zum Zugriffsschutz mit einem Passwort versehen. Unmittelbar vor Versuchsbeginn geht bei der buchenden Person dieses Passwort via E-Mail ein. Jetzt kann von einem entfernten Computer aus über den Laborcomputer direkt auf den Versuchsaufbau an der Hochschule zugegriffen werden. Wird der Labortermin nicht wahrgenommen, erfolgt eine automatische Stornierung und die ursprünglich buchungsbeabsichtigte Person erhält eine Benachrichtigung, womit der RCL-Versuch für andere Studierende freigegeben ist. Stehen keine unmittelbar weiteren Buchungstermine an, wird nach dem vorerst letzten Labortermin der Laborcomputer wieder heruntergefahren.

Die Entwicklung des Buchungssystems berücksichtigt modernste Technologien. Serverseitig kommt die 2009 erstmals veröffentlichte JavaScript Laufzeitumgebung Node.js [6] zum Einsatz; diese zeichnet sich insbesondere durch ihre hohe Effizienz aus. Clientseitig wird das 2013 von Facebook veröffentlichte, sehr performante, Webframework React [7] sowie das 2011 von Twitter entwickelte CSS-Framework, welches u.a. die Oberflächenelemente im Buchungssystem liefert, verwendet.

## SOFTWARE-ARCHITEKTUR DES LABORCOMPUTERS

Windows wird auf den Laborrechnern mittels der OpenSource Software VirtualBox [8] von Oracle als Gast-Betriebssystem virtualisiert, während als Host-Betriebssystem auf die Linux-Distribution Ubuntu zurückgegriffen wird (siehe Abb. 3). Das Windows-System wird den Studierenden über das Internetprotokoll VNC (Virtual Network Computing) bereitgestellt. Mit VNC gelingt es, auf einen entfernten Rechner Zugriff zu nehmen, was direkt von VirtualBox unterstützt wird. VirtualBox lässt sich über die Kommandozeile steuern; so kann das Buchungssystem über Shell-Skripte eingreifen, um beispielsweise Windows zu starten, herunterzufahren oder die Zugriffsrechte über VNC zu verwalten. Eine Virtualisierung des Windows-Betriebssystems gestattet außerdem, das System nach einer Laborsitzung auf einen Ausgangszustand vor der Sitzung zurückzusetzen oder den Zugriff auf das Netzwerk und die Hardware des Laborrechners zu beschränken.

## ERSTE UMSETZUNG IM REGELUNGSTECHNIKLABOR

Mit der Einführung der RCLs im Regelungstechniklabor der Fachrichtung Elektrotechnik am Schneidershof wird das Buchungssystem in die Praxisphase überführt. In diesem Zuge werden die Versuchsaufbauten für ihre neue Anwendung optimiert. Die zukünftigen RCL-Versuche müssen sicher, autonom und mit geringstem Wartungsaufwand betrieben werden können. Abbildung 4 zeigt die Konstruktion einer Wippe, worauf sich ein

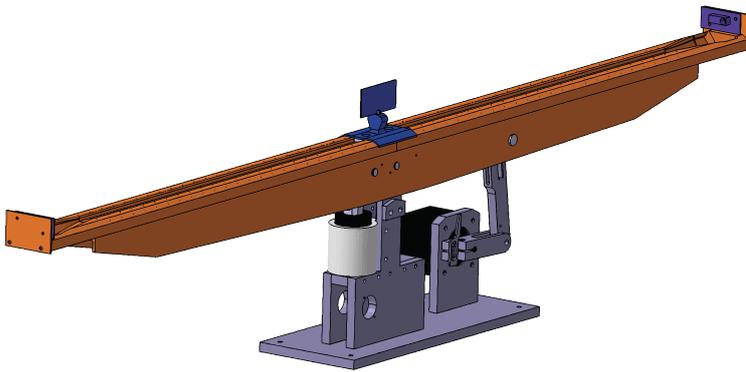


Abb. 4: 3D-Konstruktion des Versuchsaufbaus mit der Wippe

luftgelagerter Körper (z.B. Kugel, Gleitwagen mit Blende) positionieren lässt. Der Aufbau verfügt über mehrere Aktoren, die alternativ oder parallel arbeiten. Die Umschaltung kann elektronisch und ferngesteuert erfolgen. An dem Versuchsaufbau sind somit mehrere experimentelle Varianten durchführbar, um etwa den Einfluss der Reibung verschiedener Körper auf das Regelungsverhalten zu untersuchen. Die Virtualisierung der Wippe ist Abb. 5 zu entnehmen. Der Lernende hat zunächst die Aufgabe, den Reglerentwurf in der Simulation zu testen und die Dynamik des Aufbaus in eine 3D-Grafik zu übersetzen. Erst danach wird der Laboraufbau aktiviert und das reale Verhalten kann mit der Webcam online verfolgt werden.

## AUSBLICK

In einer für das Sommersemester 2017 angesetzten Pilotphase sollen Erfahrungen mit RCLs in der Lehre gesammelt werden. In unterschiedlichen Veranstaltungen haben Studierende des Masterstudiengangs Elektrotechnik eine Reihe von RCL-Versuchen schriftlich ausgearbeitet und programmiertechnisch vorbereitet. Die weitere Umsetzung erfolgt ebenfalls durch Studierende im Rahmen von Projekt- und Abschlussarbeiten. Die Aufgaben sind sehr interdisziplinär; bereits jetzt sind Studierende aus den Fachrichtungen Elektrotechnik, Maschinenbau und Informatik beteiligt.

Im OML-Verbund haben die Partnerhochschulen schon ihr Interesse angemeldet. In einem ersten Schritt wird das beschriebene, universell einsetzbare Buchungssystem in Verbindung mit unterschiedlichen Laboren auch über die Grenzen der Hochschule Trier hinaus Verwendung finden. Ziel ist es, den Studierenden

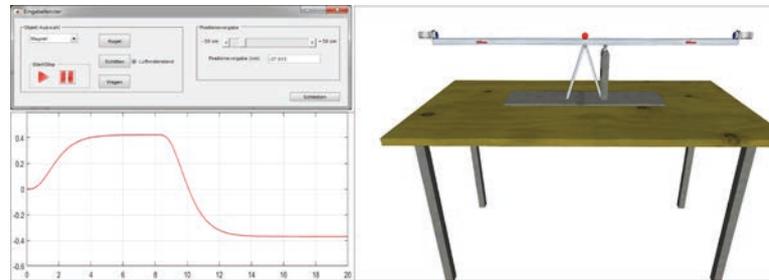


Abb. 5: Regelungstechnische Simulation des Aufbaus aus Abb. 4

der Projekthochschulen Trier, Kaiserslautern und Koblenz einen gemeinsamen Pool von RCL-Versuchen zugänglich und nutzbar zu machen. Technisch gesehen sind alle Voraussetzungen erfüllt. Sollte dies noch organisatorisch gelingen, können die Ressourcen optimal genutzt werden.

## REFERENZEN

- [1] Prof. Dr. Haffner: eTrainer, Hochschule Trier, Fachbereich Technik, haffner@hochschule-trier.de, url: <https://mathteach.hochschule-trier.de>
- [2] Tobias Roth, Thomas Andres, Alexander Schwingel, Julia Appel, Ulla Hein: Blended Learning with Virtual Laboratories in the Context of Application Oriented Education in Physics, In: Proceedings of the 20th International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning, LMU Munich, 2015, European Physical Society, edited by Lars-Jochen Thoms and Raimund Girwidz, p. 111-119, url: [https://epub.ub.uni-muenchen.de/29030/7/MPTL20\\_Proceedings.pdf](https://epub.ub.uni-muenchen.de/29030/7/MPTL20_Proceedings.pdf)
- [3] Tobias Roth, Johannes Permesang, Julia Appel, Ulla Hein, Christoph Hornberger: Virtuelle Vorträge als Zugangsvoraussetzung zu physikalischen Grundlagenlaboren, In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Wuppertal 2015, url: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/628>
- [4] Tobias Roth: Einsatz eines Classroom Response Systems in einer Grundlagenvorlesung zur Klassischen Mechanik, In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Hannover 2016, url: <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/686>
- [5] Wengenmayr Roland [2001]: Wunsch und Wirklichkeit – Multimedia-Lehrmittel im Physikstudium, In: Physikalische Blätter, 57, Nr. 3, Wiley-VCH Verlag, S. 25-29
- [6] Node.js, url: <https://nodejs.org/en/>
- [7] React, url: <https://facebook.github.io/react/>
- [8] VirtualBox, url: <https://www.virtualbox.org/>

# MASCHINENBAU UNTERSTÜTZT DEN SPORT: MIT WIRKUNGSGRADOPTIMIERUNG ZUM WELTREKORD

---

## FB TECHNIK

---



*Prof. Dr.-Ing. Hubert Hinzen*  
[hubert.hinzen@t-online.de](mailto:hubert.hinzen@t-online.de)



*Dipl.-Ing. Alain Hinzen*  
[mail@alainhinzen.de](mailto:mail@alainhinzen.de)

## MASCHINENBAU UND SPORT

Der Begriff „Maschinenbau“ wird von unbedarften Zeitgenossen möglicherweise zu eng gefasst. Über die klassischen Tätigkeitsfelder hinaus ist der Maschinenbau in vielfältiger Weise aktiv, was im Fachbereich Technik zu Überlegungen geführt hat, das Lehrangebot um einen Studiengang Sport- und Rehathechnik zu erweitern. Unabhängig davon wird im Fachbereich schon seit Jahren Fahrradtechnik optimiert. Diese Aktivitäten erlebten am 24. September des letzten Jahres eine Weltrekordmarke: Mit einem Liegerad der „heckverkleideten“ Klasse wurde auf der Radrennbahn von Öschelbronn bei Stuttgart innerhalb von 12 Stunden eine Strecke von 461 km zurückgelegt. Dazu braucht es zunächst einmal einen Athleten, der über diese Zeitdauer hinweg in der Lage ist, entsprechend in die Pedale zu treten. Der Ingenieur würde sagen, dass man dazu einen Motor mit einer Dauerleistung von ca. 220 W benötigt. Weiterhin muss aber auch das Fahrzeug so beschaffen sein, dass diese Leistung möglichst effizient zum Vortrieb genutzt wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Athlet nicht nur als Motor fungiert, sondern als Ingenieur selber sein Fahrzeug optimiert.

Der Gesamtfahrwiderstand des Radfahrens setzt sich aus der Rollreibung der Reifen, den Reibungsverlusten im Antrieb und dem Luftwiderstand zusammen, der bei diesen hohen Geschwindigkeiten die größte Komponente darstellt. Das Liegerad reduziert diesen Anteil deutlich, weil es einen geringeren Luftwiderstand hat als ein konventionelles Fahrrad. In der „heckverkleideten“ Klasse dürfen strömungsbegünstigende Komponenten nur hinter dem Fahrer angebracht werden. Die Heckverkleidung wurde mit einer elastischen Dichtung genau an den Körper des



Abb. 1: Alain Hinzen unterwegs zu seinem Weltrekord

Fahrers angepasst, um Verwirbelungen durch Lufteintritt in die Verkleidung so weit wie möglich zu reduzieren, so dass der Fahrer eigentlich nur noch seine Beine bewegen kann.

## ROLLREIBUNG REIFEN

Die optimierte Aerodynamik führt dazu, dass die Rollreibung der Reifen auf der Fahrbahn einen größeren Anteil am Gesamtwiderstand hat. Deren Zustandekommen lässt sich anhand von Bild 2 modellhaft erklären:

- Die Coulomb'sche Festkörperreibung im linken Bilddrittel ist aus der Schulphysik bekannt: Soll der Klotz gegen über der Unterlage horizontal bewegt werden, so ist dazu eine relativ große Reibkraft  $F_R$  erforderlich, weil die gesamte Bewegung als Schlupf zwischen Klotz und Unterlage zu überwinden ist.

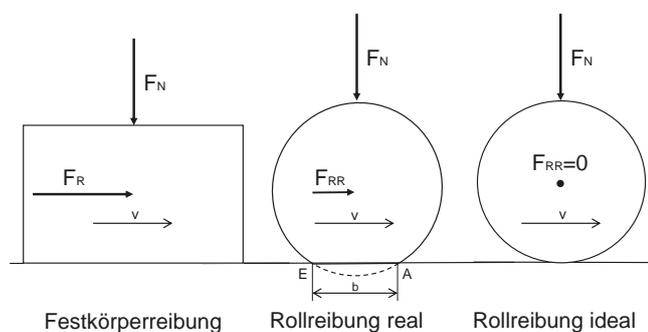


Abb. 2: Reibungszustände

- Eine perfekte Rollreibung im rechten Bilddrittel würde diesen Schlupf völlig unterbinden, so dass keinerlei Kraft zur Überwindung der Rollbewegung erforderlich wäre. Diese perfekte Rollreibung würde aber einen punktförmigen Kontakt ohne Fläche voraussetzen und ist damit eine Illusion, weil keine Normalkraft  $F_N$  als Produkt aus Druck und Fläche übertragen werden könnte.
- Bei der realen Rollreibung in Bildmitte verformt sich die Kontaktzone elastisch unter dem Einfluss der zu übertragenden Normalkraft, so dass ein „Reifenlatsch“ mit der Länge  $b$  entsteht und damit eine Fläche zustande kommt, auf der sich dann die Normalkraft als Druck abstützen kann. Diese elastische Deformation hat aber zur Folge, dass der ursprüngliche Kreisbogenabschnitt, den der Punkt auf dem Umfang des Reifens von A nach E zurücklegen will, auf die Sekante von A nach E abgekürzt wird. Dieser Effekt lässt sich nach [1] in Gleichungen fassen und bringt zum Ausdruck, dass es auf dem direkten Weg von A nach E zu Relativbewegungen, also zu Schlupf kommen muss, der seinerseits wiederum Festkörperreibung nach dem linken Bilddrittel hervorruft. Etwas übertrieben könnte man formulieren, dass das Rad (oder die Rollreibung) erfunden worden ist, um die Festkörperreibung zu vermeiden, aber gänzlich ohne Festkörperreibung geht es eben doch nicht. Der Einfluss dieser Festkörperreibung lässt sich aber reduzieren, indem die Wegdifferenz zwischen dem Kreisbogenabschnitt von A nach E und der Sekanten von A nach E minimiert wird. Der reale Radfahrer hat diesen Zusammenhang längst begriffen und pumpt seinen Reifen intensiv auf.

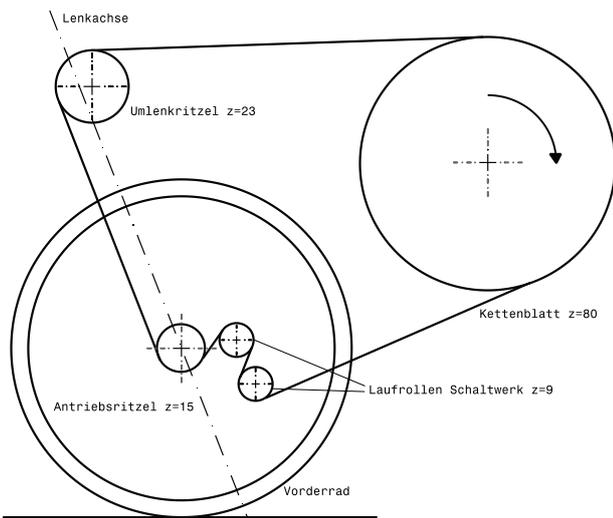


Abb. 3: Kettenantrieb auf das Vorderrad

Wie am Schattenwurf von Bild 1 zu erkennen ist, ist die Kontaktlänge zwischen Reifen und Fahrbahn tatsächlich sehr kurz. Darüber hinaus nehmen aber noch weitere Parameter Einfluss auf die Rollreibung, was auf den Prüfständen des Labors Fahrradtechnik der Hochschule Trier eingehend untersucht wird.

Selbst bei einem weitgehend optimierten Rollreibungsbeiwert von 0,003 entsteht hier eine Verlustleistung von etwa 28 Watt [s. [1, 2, 3]].

## WIRKUNGSGRAD KETTENTRIEB

Die Beinmuskulatur als Motor generiert eine Leistung an der Tretlagerwelle, von wo aus sie mittels Kettentrieb auf das Antriebsrad übertragen wird. In [1] wurden die Reibleistungen ermittelt, die durch den klassischen Antrieb auf das Hinterrad entstehen. Bei diesem Liegerad befindet sich das Antriebsritzel aber am Vorderrad, weil dadurch Vorteile bei der Aerodynamik und beim Gewicht erzielt werden können. Diese Konstruktionsvariante ist aber nur dann sinnvoll, wenn der Zugtrum der Kette parallel zur Lenkachse auf das Antriebsritzel geführt wird. Nur unter dieser Bedingung leitet die Kette kein Moment in den Lenker ein, welches vom Fahrer mit den eigenen Händen abgestützt werden müsste, was ihn nicht nur auf die Dauer unnötig ermüden würde, sondern auch das Lenkverhalten negativ beeinflussen würde. Solche Nebenwirkungen können bei diesem Liegerad jedoch weitgehend ausgeschlossen werden.

Die Reibleistung eines Kettentriebes entsteht vor allen Dingen durch die Drehung seiner Gelenke. Da diese bei Geradeausbe-

wegung der Kette in Ruhe sind, entsteht in dieser Phase auch keine Reibung. Gleiches trifft auch zu, wenn sich die Kette auf dem Umfang von Kettenblatt oder Ritzel bewegt. Das Kettengelenk gerät aber in Bewegung, wenn die Geradeausfahrt in die Kurvenfahrt übergeht und umgekehrt. Weiterhin muss unterschieden werden nach dem Zugtrumabschnitt der Kette, der Zugkraft überträgt und deshalb im Kettengelenk eine höhere Reibung verursacht. Der Leertrum dient nur dazu, die Kette wieder auf die Zugtrumseite zurück zu führen. Dabei wird zwar keine Kraft übertragen, aber die Gelenke müssen bewegt werden, was eine allerdings geringe Reibung verursacht.

Das folgende Schema trägt zusammen, an welcher Stelle welche Reibleistung in Milliwatt entsteht.

	Kettenblatt	Umlenkritzel	Antriebsritzel	2 Laufrollen Schaltwerk
	z = 80	z = 23	z = 15	z = 9
$P_R$ [mW]	657	4.108	3.504	2.364

Daraus ergibt sich der Wirkungsgrad zu:

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\text{Antriebsleistung} - \text{Verlustleistung(en)}}{\text{Antriebsleistung}}$$

$$\eta = \frac{220\text{W} - 0,657\text{W} - 4,108\text{W} - 3,504\text{W} - 2,364\text{W}}{220\text{W}} = 95,2\%$$

Der Fahrer ist kein perfekter Motor und hat entsprechend seiner nicht perfekt konstanten Verfassung zuweilen das Bedürfnis, den Trettrhythmus zu variieren, Alleine aus diesem Grund wird ein Schaltwerk erforderlich, auch wenn damit gut 2 Watt Verlustleistung verbunden sind.

## DER REKORDTAG

Nachdem die beiden Schiedsrichter des Weltverbandes die Zeitmesstechnik installiert hatten, erfolgte der Start morgen kurz nach 8 Uhr. Zuvor waren in der Heckverkleidung zwei Flaschen mit Flüssignahrung untergebracht worden, aus denen sich der Fahrer über Schläuche versorgt, weiterhin hat er auch noch feste Nahrung in Reichweite. Die innere Begrenzungslinie des Bahn-ovals darf nur für Zwischenstopps überfahren werden, um Proviant aufzufüllen oder einem natürlichen Bedürfnis nachzukommen. Bei den drei Boxenstopps kann der Fahrer zwar noch gezielt bremsen, aber die Monotonie der Beinbewegung erlaubt es nicht mehr, sich im Stillstand am Boden abzustützen. So wird er von zwei Helfern in Empfang genommen, die ihn dann auch aus dem Fahrzeug heraus heben. Die Durchschnittsgeschwindigkeit lag während der ersten Stunden deutlich über 40 km/h, wurde aber im weiteren Verlauf durch Magenprobleme etwas beeinträchtigt. Eine Stunde vor Abschluss war die alte Rekordmarke erreicht, was noch einmal Auftrieb gab und die Geschwindigkeit wieder deutlich ansteigen ließ. Dies ist nun sein dritter Weltrekord nach den Marken über 6 Stunden (248 km) und 100 Meilen (3:39:33 h).

## NACHTRAG

Am 09. - 11.06.17 konnte Alain Hinzen mit diesem Liegerad alle vier Weltmeistertitel in dieser Kategorie gewinnen. Weiterhin stand am 08.07.17 im Velodrom von Grenchen (Schweiz) der wohl begehrteste Weltrekord auf dem Programm: Innerhalb von einer Stunde wurden 54,8 Kilometer zurückgelegt. Im Vergleich dazu liegt der Weltrekord für „normale“ Rennräder bei 51,1 km.

## LITERATUR

[1] Hinzen, H.: *Maschinenelemente 3; DeGruyter 2016*

[2] Hinzen, H.: *Messung der Rollreibung von Fahrradreifen; Lehre und Forschung 2009, Hochschule Trier*

[3] Hinzen, H., Petry, C.: *Fahrradantriebe - Messung von Wirkungsgrad und Betriebsfestigkeit; Lehre und Forschung 2011, Hochschule Trier*

[4] Hinzen, H., Petry, C.: *Wirkungsgrad von Fahrradantrieben; Lehre und Forschung 2012, Hochschule Trier*

# VOM ABFALL ZUM WIRKSTOFF

## TRAUBENTRESTER ALS WIRKSTOFFQUELLE

---

FB BLV / VI RAUM- UND  
UMWELTWISSENSCHAFTEN  
LEBENSMITTELTECHNIK /  
UMWELTTOXIKOLOGIE

---



Prof. Dr. Heike Raddatz  
raddatz@hochschule-trier.com



Prof. Dr. Brunhilde Blömeke  
bloemeke@uni-trier.de

#### MITARBEITER / STUDIERENDE:

Dr. Jennifer Hennen  
Astrid Schömer  
Kathrin Machalett

Während der alljährlichen Weinbereitung fallen regelmäßig Tonnen von Traubentrester als Abfall an. Dieses Pflanzenmaterial ist reich an verschiedenen wertvollen Wirkstoffen, stellt aber für den Winzer ein Entsorgungsproblem dar. Die in diesem Material enthaltenen aktiven Wirkstoffe entgehen somit einer sinnvollen Verwendung. Die betreffenden Traubentresterinhaltsstoffe könnten jedoch durch extraktive Verfahren isoliert und einer Verwendung in Produkten wie Lichtschutzmitteln oder Lebensmitteln oder der Ernährung zugeführt werden.

Von besonderer Bedeutung ist dabei die Stoffklasse der Phenole, insbesondere der Polyphenole, deren Vertreter sowohl in den Traubenschalen, -stielen als auch den -kernen konzentriert zu finden sind. Viele dieser Stoffe besitzen auf Grund ihrer antioxidativen Eigenschaften u.a. ein anti-entzündliches, anti-allergisches, UV-Schutz sowie krebsvorbeugendes Potential [Rätz-Lyko et al. (2015)]. Interessante Verbindungen in für die Region typischen Weißweinen sind z.B. Quercetin und Ferulasäure Abb. 1] [Ferner et al. (2015)].

Die im Weintrester enthaltenen Stoffe können daher eine gute Alternative zu den bei Sonnenschutzmitteln und auch in der Hautpflege eingesetzten synthetischen Lichtschutzmitteln (UV-Absorber) bilden, die in Hinblick z.B. auf ihr allergenes Potenzial ein nicht zu unterschätzendes Risiko darstellen [Schauder et al. (1997)]. Voruntersuchungen anhand verschiedener Einzelinhaltsstoffe ergaben bereits neben dem antioxidativen Potenzial dieser Stoffe ein Breitband-UV-Absorptionsprofil (UVA/UVB) sowie bei Bestrahlung mit diskreten Wellenlängen im UVA- und UVB-Bereich eine, gegenüber den synthetischen Stoffen, höhere Lichtstabilität. Daher kann von einem aus Weintrester isolierten Inhaltsstoffgemisch eine multifunktionale Wirkung erwartet werden.



# MINORKOMPONENTEN IN KAKAOBUTTER

## KLEINE MENGE, GROSSE WIRKUNG

---

FB BLV  
LEBENSMITTELTECHNIK

---



Prof. Dr. Enrico Careglio  
E.Careglio@hochschule-trier.de



M. Eng. Miriam Müller  
M.Mueller@blv.hochschule-trier.de

### WELCHEN EINFLUSS HABEN HÖHERE MENGEN AN FREIEN FETTSÄUREN BEI DER KRISTALLISATION?

Schokolade in jeglicher Form ist weltweit beliebt. Nach Angaben des BDSI produzierte die deutsche Schokoladenindustrie im Jahr 1975 318.000 Tonnen Schokolade und Schokoladenwaren. Im Jahr 2010 konnte eine Produktionsmenge von 1.011.000 Tonnen erfasst werden. Allein im Jahr 2016 betrug der Pro-Kopf-Verbrauch von Schokoladenwaren in Deutschland 9,74 kg (Vergleich: Pro-Kopf-Verbrauch von Speiseeis von nur 3,6 kg). Schokoladenprodukte bilden mit einem Marktanteil von 46,7 % das größte wachsende Marktsegment innerhalb der Süßwarenindustrie.

Die optische Beschaffenheit eines Produktes spielt eine der wichtigsten Kriterien bei der Kaufentscheidung des Konsumenten. Der gewünschte Glanz und der, von den Verbrauchern geschätzte „Knack“ der Schokolade, setzt eine einwandfreie Kristallisation und Qualität der eingesetzten Kakaobutter voraus.

Der Grundrohstoff für die Schokoladenproduktion stellt die Kakaobutter dar. Sie ist ein qualitativ hochwertiges Produkt und besitzt spezielle chemische und physikalische Eigenschaften. Das Schmelz- und Kristallisationsverhalten von Schokolade wird durch die polymorphen Eigenschaften der Kakaobutter bestimmt, welche für die Qualität des Endproduktes von maßgeblicher Bedeutung ist. Nur bei optimaler Kristallisation erhalten Schokoladenprodukte die gewünschten Eigenschaften, wie homogene Struktur, hohen Glanz und glatten Bruch, optimale Kontraktion, charakteristischen Geschmacksablauf sowie ausreichende

## Pro-Kopf-Verbrauch von Süßwaren 2016

(Schätzung für 2016 - Ohne Halberzeugnisse - Veränderung zum Vorjahr in %)

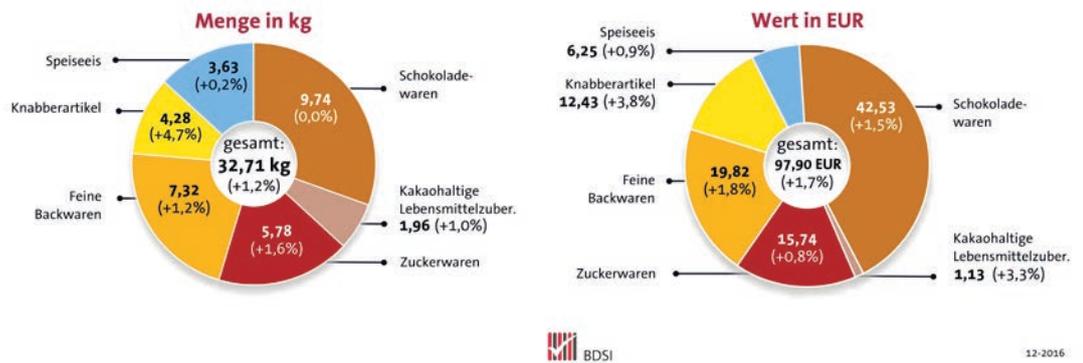


Abb. 1: Pro-Kopf-Verbrauch von Süßwaren, Knabberartikeln und Speiseeis 2016 [Schätzung] (BDSI 2016)

Festigkeit, Wärme- und Fettstabilität sowie Haltbarkeit. Die steigenden Rohstoffkosten bei Kakaobutter und die enorme Konkurrenzsituation der Mitbewerber am Süßwarenmarkt führen zur intensiven Erforschung nach qualitativen Kakaobuttersorten und äquivalenten Kakaobutteraustauschstoffen, die insbesondere auch qualitative und technologische Vorteile bei der Schokoladenherstellung versprechen. Trotz deutlicher Fortschritte in den Kenntnissen der Vorkristallisation bleiben noch immer Unsicherheiten aufgrund unerforschter Einflussfaktoren. So können Minorkomponenten wie freie Fettsäuren, Mono- und Diglyceride und Milchfett die Kristallisation der Kakaobutter und Kakaobutterersatzstoffe beeinflussen. [1, 2] Diese können sich auf die Keimbildung, das Kristallwachstum und die Polymorphie der Schokolade auswirken. Die Herkunft, Klima und Reife der tropischen Früchte und der industrielle Temperierprozess sind weitere Einflussfaktoren auf das Kristallisationsverhalten von Kakaobutter-/Kakaobutterersatzstoffen. [3, 4]

## FORSCHUNGSANSATZ

Die Forschungsarbeit soll sich auf die Untersuchung von Minor-komponenten auf das Kristallisationsverhalten von Kakaobutter und Kakaobutteraustauschstoffen konzentrieren, die für die Qualitätseigenschaften der Fertigprodukte und letztendlich für den Kaufentscheid von Schokoladenprodukten ausschlagend sind.

Um die Qualität der Kakaobutter und somit auch die Kristallisationsneigung schnell und präzise zu beurteilen, wird im Rahmen dieses Forschungsprojektes die Differential Scanning Calorimetry-Methode (DSC) und die Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) eingesetzt.

## KAKAOBUTTER IST ALS EINE DER HAUPTBESTANDTEILE VON SCHOKOLADE FÜR DESSEN PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN UND SENSORISCHEN EINDRUCK VERANTWORTLICH:

Sie besteht zu 97-99 % aus Triglyceriden. Je nach Provenience können bis zu 84 % der Triglyceride (TAG) aus den dominierenden symmetrischen Sat-O-Sat-Typen Dipalmitoylstearyl-glycerol (POP), Palitoylstearyl-glycerol (POST) und Distearoylstearyl-glycerol (StOst) enthalten sein. [5] Aufgrund dieser Struktur neigen diese Triglyceride mittels entsprechender Temperaturführung dazu, in der gewünschten  $\beta(V)$ -Modifikation, die entscheidend für eine qualitativ hochwertige Schokolade ist, zu kristallisieren. Die übrigen Triglyceride sind asymmetrisch (POO, PLO...), stärker ungesättigt (StLst, PLP...) und kommen in geringeren Konzentrationen vor, weshalb sie weniger stark kristallisieren und die Geschmeidigkeit der Kakaobutter bei Raumtemperatur bewirken. [4, 6]

Nur 1-3 % des Kakaobutterfettes bilden die sogenannten Minor-komponenten. Neben Mono- und Diglyceriden, zählen freie Fettsäuren, Phospholipide, Sterole und Sterolester, Lipidoxide, Tocopherole und Kohlenwasserstoffe zu dieser Komponentengruppe. [2] Gerade der Gehalt an freien Fettsäuren hat einen deutlichen Einfluss auf das Kristallisationsverhalten von Kakaobutter. So können Substanzen mit einem höheren Schmelzpunkt oder geringer Löslichkeit als Kristallkeime fungieren und die Kristallisation beschleunigen bzw. frühzeitig starten. Gleichzeitig stören sie die regelmäßige Anordnung der hauptanteilig vorliegenden TAGs im Kristallgefüge, was zur Destabilisierung des Systems führen kann.

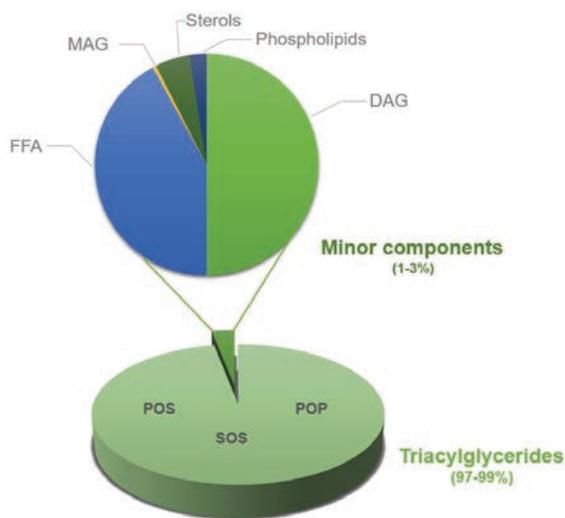


Abb. 2 Einfluss auf die Zusammensetzung von Kakaobutter

Die Folge: Verfrüht auftretender Fettreif, der sich als grauer Belag auf Schokoladenprodukten niederschlägt und beim Konsumenten den Anschein einer minderwertigen Ware hervorruft.

## ZIEL DES FORSCHUNGSVORHABENS

Kristallisation ist ein komplexer Prozess und umfasst Nukleation, Wachstum und Polymorphie. Minorkomponenten haben einen Einfluss auf alle diese Bereiche. Die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung ist wichtig, um die Mechanismen der Kristallisation verstehen zu können. Der Großteil der von der Schokoladenindustrie bezogenen Kakaobutter weist ein ähnliches TAG-Profil aufgrund gleichen Pflanzentyps und Klimas auf. Kakaobohnen-Handling, Nachernte-Bedingungen sowie prozess-technische Nachbehandlungen wie Raffinieren, Desodorieren etc. können den Gehalt an Minorkomponenten und das TAG-Profil von Kakaobutter dramatisch beeinflussen. Welche Rolle spielen Minorkomponenten während der Kristallisation und in welchen Gehalten liegen sie in spezifischer Kakaobutter vor? Ein Verständnis der zugrundeliegenden Mechanismen könnte über zusätzliche Refinement und die Eignung bestimmter Kakaobutter für verschiedene Applikationen entscheiden.

## GEGENSTAND DER PHYSIKALISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Zur Charakterisierung der Polymorphie und der Kristallisationskinetik von Fetten und Fettsystemen findet v. a. die Differential

### Influence on composition

- climate
- tree genetics
- disease stress
- post harvest conditions
- cocoa bean handling
- physical refining
- ...

Scanning Calorimetry (DSC) und die Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) Anwendung.

Mittels NMR kann der Festfettgehalt (SFC) von fetthaltigen Produkten (Schokolade) schnell und zuverlässig bestimmt werden. Darüber hinaus können Aussagen zum Kristallisationsverhalten von Fetten und Fettsystemen getroffen werden. Dazu zählen u.a. Kristallisationsstart und -ende sowie Kristallisationsgeschwindigkeit. Durch die Anwendung des mathematischen Modells nach Avrami lassen sich zusätzlich die Gleichgewichtskonstante  $k$ , eine in erster Linie von der Kristallisationstemperatur abhängigen Variable, und der Avrami-Exponent  $n$  bestimmen. Letzterer beschreibt die zeitliche Abhängigkeit der Nukleation sowie die Anzahl der Wachstumsdimension der Kristalle. [6]

Die DSC dient der Analyse thermischer Effekte wie Schmelz- und Kristallisationsvorgänge, polymorphe Umwandlungen sowie Keimbildung, die als Qualitätsparameter zur Materialcharakterisierung bzw. -identifizierung herangezogen werden können. [7] Neben Aussagen zu Kristallisationsbeginn und -ende können zusätzlich Onset- und Endset-Temperaturen, maximale Peaktemperaturen und Schmelzenthalpien erfasst werden. Mithilfe dieser Kenngrößen lässt sich der polymorphe Zustand der jeweiligen Probe beschreiben.

Mittels dieser Analyseverfahren lässt sich das Verhalten der unterschiedlichen Fette und Fettkomponenten im Kristallgefüge besser untersuchen und mögliche Lösungsansätze bezüglich Fettreifeanfälliger Kakaobutterchargen oder kritischer FFS-Gehalte definieren.

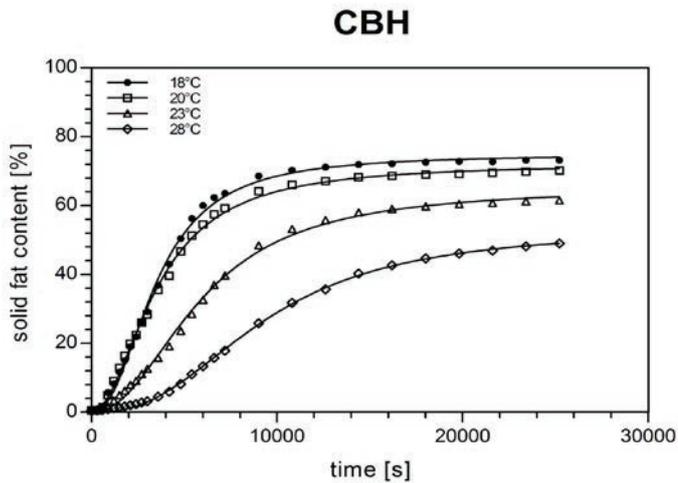


Abb. 3 Festfettgehalt von Kakaobutter mittels NMR

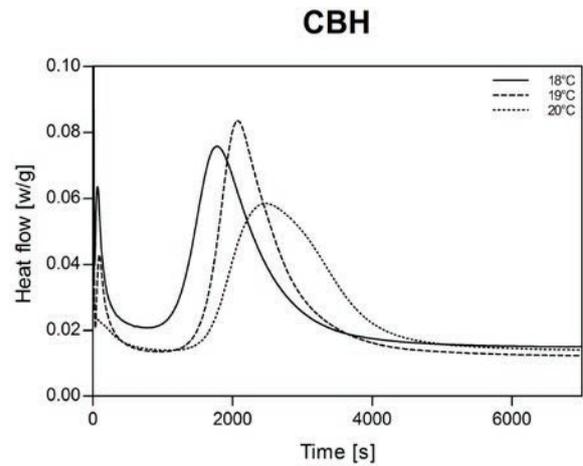


Abb. 4 Kristallisationskuren von Kakaobutter mittels DSC

## KOOPERATION MIT FOLGENDEN PARTNERN:

- University of Guelph (Guelph, Canada)
- Cargill (Schiphol, Niederlande)
- IOI Loaders Croklaan (Wormerveer, Niederlande)
- Ludwig Schokolade (Saarlouis, Saarland)

## LITERATUR

- [1] Marangoni, A. G., & Narine, S. S. (Eds.). (2002). *Physical properties of lipids*. CRC Press.
- [2] Lechter A. (2015). *Effect of Minor Components on Cocoa Butter Polymorphism and Kinetics of Crystallization*. In: Garti, N., & Widlak, N. R. (Eds.). (2015). *Cocoa butter and related compounds*. Elsevier. 213-232.
- [3] Chaiseri, S. & Dimick, P. S. (1995). *Dynamic crystallization of cocoa butter. II. Morphological, thermal, and chemical characteristics during crystal growth*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72(12), 1497-1504.
- [4] Ziegleder, G. (1995). *Kristallisation fetthaltiger Massen, dargestellt an Beispielen aus der Schokoladentechnologie*. Habilitationsschrift, München.
- [5] Talbot, G. (2009). *Fats for confectionery coatings and fillings*. In: Talbot, G. (Eds.): *Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products*. CRC Press. Boca Raton. 58-60.
- [6] Timms, R. E. (2003). *Confectionery fats handbook. Properties, production and application*. Oily Press. Bridgewater. 152-154.
- [7] Mettler Toledo (2011). *DSC 1 Produkt Broschüre*. Mettler Toledo AG. Schweiz. 2-6.

# DENKWERK: ENERGIE

---

**FB BLV  
GEBÄUDE-,  
VERSORGUNGS-,  
ENERGIETECHNIK**

---



*Prof. Dr.-Ing. Jens Neumeister*  
[j.neumeister@hochschule-trier.com](mailto:j.neumeister@hochschule-trier.com)



*M.Eng. Michael Barton*  
[bartonm@hochschule-trier.de](mailto:bartonm@hochschule-trier.de)

Das „DenkWerk:Energie“ ist eine Kooperation zwischen der Fachrichtung Gebäude-, Versorgungs-, Energietechnik und den Stadtwerken Trier. Unsere Fachrichtung hat eine neue Lehrveranstaltung im Masterstudiengang „Energiemanagement“ ins Leben gerufen. Dort arbeiten unsere Studenten zusammen mit Mitarbeitern und Fachkräften der Kooperationspartner kontinuierlich an aktuellen Herausforderungen der Energieversorgung. Dabei wird besonderen Wert auf innovative Lösungsansätze gelegt. Um die komplette Bandbreite der Themenstellungen bearbeiten zu können, kooperieren wir dazu auch mit anderen Fachbereichen der Hochschule, wie z.B. mit dem Maschinenbau, der Elektrotechnik und der Informatik. Durch den Aufbau gemeinsamer Forschungsvorhaben sollen künftig auch Doktoranden und Ingenieure mit eingebunden werden.

Nach Gründung und der Unterzeichnung des Kooperationsvertrages im Mai letzten Jahres präsentierte sich das „DenkWerk:Energie“ erstmals im vergangenen September auf der Veranstaltung „CityCampus trifft Illuminale“. Vertreter unserer Fachrichtung und der Stadtwerke zeigten die Zukunft der Straßenbeleuchtung, der E-Mobilität und der Energieversorgung mit Wärme und Elektrizität. Das Interesse war groß und selbst die Ministerpräsidentin von Rheinland-Pfalz, Malu Dreyer von der SPD, stattete uns dort einen Besuch ab.

Im letzten Wintersemester fand das neue Modul zum ersten Mal statt. Drei Gruppen beschäftigen sich unter der Betreuung von Prof. Jens Neumeister, einem wissenschaftlichen Mitarbeiter sowie vielen Ingenieuren der Stadtwerke sowie weiteren beteiligten Unternehmen mit der Potentialanalyse für das Trinkwassernetz der Stadt Trier, der Erstellung eines Carbon Footprints für einen



Ministerpräsidentin Malu Dreyer zusammen mit Prof. Jens Neumeister auf der Veranstaltung „Citycampus trifft Illuminale 2016“

Liter Trinkwasser in Trier und der Optimierung des Kraftwerks eines großen Papierherstellers in Mayen. In allen Fällen fand eine enge Zusammenarbeit aller Beteiligten mit intensivem Informationsaustausch statt.

Die erste Gruppe beschäftigte sich mit einer Potentialanalyse für das Trinkwassernetz der Stadt Trier. Hier wurde das Trinkwassernetz dahingehend untersucht, ob mit Hilfe von Turbinen elektrische Energie aus dem Netz gewonnen werden könnte. Es wurden bereits einige Standorte identifiziert, die sich hierzu anbieten. Darüber hinaus wurden auch alle Gebäude der Wasserversorgung auf die Eignung für Photovoltaikanlagen untersucht. Auch hier wurde ein gutes Potential aufgezeigt. Die neu

gewinnbare elektrische Energie soll direkt zur Verringerung des Energiebedarfs der Trinkwasserversorgung genutzt werden und somit die Klimabilanz verbessern. Um dies allerdings herauszufinden, mussten sich unsere Studenten mit dem gesamten Trinkwassernetz der Stadt Trier beschäftigen. Was viel Arbeit bedeutete aber auch zu einem guten Ergebnis führte.

Eine weitere Gruppe beschäftigte sich mit der Erstellung eines Carbon Footprints für einen Liter Trinkwasser im Gebiet der Stadtwerke Trier. Hierzu wurde eine Bilanz über die gesamte Versorgungskette aufgestellt, um das Treibhausgaspotential, gemessen am CO<sub>2</sub>, auszuweisen. Dies bedeutete, dass sich die Studenten mit allen Prozessen von der Gewinnung des Rohwassers,



Kick-off Meeting im Wintersemester bei den Stadtwerken. Auch das Präsentieren im außer hochschulischen Rahmen will gekonnt sein



*Besuch im Wasserwerk Irsch. Solche Außentermine sind fester Bestandteil unseres Seminars.*



*Denker bei der Arbeit.*

über dessen Aufbereitung und Nutzung bis hin zur Reinigung des anfallenden Abwassers sowie das Wiedereinleiten in den natürlichen Kreislauf beschäftigen mussten. Das bedeutete nicht nur die Prozesse zu verstehen, sondern auch große Datenmengen auswerten. Die Erkenntnisse der vorangegangenen Gruppe zum Trinkwassernetz waren dabei äußerst hilfreich, so dass ein reger Austausch zwischen den Gruppen stattfand. Als Ergebnis konnte die Gruppe die CO<sub>2</sub>-Menge ermitteln, die bei der Nutzung eines Liters Trinkwasser entsteht.

Bei der dritten Gruppe drehte sich alles rund um das Thema Kraftwerk. Hierbei beschäftigte sich die Gruppe mit der Optimierung des Speisewasserprozesses im Kraftwerk. Das Kraftwerk versorgt eine große Papierfabrik in Mayen mit Strom und Wärme. Um die komplexen Wechselwirkungen auf den Prozess darstellen zu können baute die Gruppe im ersten Schritt das Kraftwerk am Rechner nach. Die Entwicklung des Simulationsmodells erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Ingenieuren des Unternehmens. Im zweiten Schritt wurden dann technische Änderungen mittels des Modells betrachtet. Hierüber konnte ein großes Potential ermittelt werden, um den Wirkungsgrad des Kraftwerkes zu verbessern. Dies bedeutet weniger CO<sub>2</sub> bei der Bereitstellung des notwendigen Stroms und der benötigten Wärme und somit auch weniger CO<sub>2</sub> pro Tonne erzeugten Papiers.

Im Sommersemester gibt es wieder neue spannende Projekte für unsere Denker. Wir werden uns dann mit der Optimierung der Gasversorgung der Stadt Trier, der Mitwirkung an der Quartiergestaltung „Jägerkaserne“ und der Qualitätssteigerung der elektrischen Netzqualität im Hauptklärwerk Trier beschäftigen.

Auch in diesem Jahr wird unser „Denkwerk: Energie“ wieder auf der Veranstaltung „CityCampus“ am 29.09.2017 vertreten sein. Dieses Mal geht es rund um das Thema Trinkwasser mit den Ergebnissen der oben beschriebenen Projekte unserer Studenten.

Infos zum „Denkwerk: Energie“ finden Sie auf der Facebookseite unserer „Fachrichtung Gebäude-, Versorgungs- und Energietechnik der Hochschule Trier“ oder direkt hier: [www.facebook.com/FRGVEHSTRIER](http://www.facebook.com/FRGVEHSTRIER).

# EIN EINFACHES VERFAHREN ZUR TRINKWASSERDESINFEKTION IN ENTWICKLUNGSLÄNDERN

---

FB BLV  
FAHRENSRICHTUNG  
BAUINGENIEURWESEN

---



Prof. Dr.-Ing. Joachim Sartor  
J.Sartor@Hochschule-Trier.de

## STUDIERENDE:

Sascha Dany  
Triet-Vu Luu  
Daniel Kaufmann

## EINLEITUNG

Die sichere Versorgung mit Trinkwasser ist eines der Hauptprobleme in den Entwicklungsländern. Die Vereinten Nationen vermelden zwar beachtliche Fortschritte auf diesem Gebiet in den letzten Jahren, aber rund 660 Mio. Menschen haben derzeit keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser und 2,4 Milliarden Menschen müssen ohne ausreichende sanitäre Grundversorgung auskommen [UNICEF & WHO, 2015]. Besonders betroffen davon sind Kinder und an Immunschwäche leidende Erwachsene in den ländlichen Regionen Afrikas. Allein in Uganda wird die Zahl der Kinder auf über 20 geschätzt, denen verschmutztes Wasser und schlechte sanitäre Versorgung täglich das Leben kostet.

In diesem Zusammenhang besteht unter den Verantwortlichen sowie Entwicklungshelfern weitgehende Einigkeit, dass eine reine Kopierung der Wasserversorgungssysteme, wie sie in Industriestaaten zu finden sind, nicht zweckdienlich ist. Vielmehr sind einfache („low tech“) Systeme gefragt, die von den betroffenen Ländern selbst hergestellt und betrieben werden können, also zu keinen neuen Abhängigkeiten führen.

Eine solche Möglichkeit könnte das in der Chemie schon länger bekannte Verfahren zur Chlorbildung mittels Salzlösung und z.B. einer einfachen Autobatterie sein (ggf. gespeist durch eine PV-Anlage). Das so per Elektrolyse gewonnene Chlor könnte dann gemäß den Vorgaben der Weltgesundheitsorganisation WHO zur Aufbereitung von bakterienhaltigem Regen-, Oberflächen- oder Grundwasser dienen. Vorteile dieser dezentralen Eigenversorgung wären u.a. Sicherheit vor der weit verbreiteten Korruption in den Entwicklungsländern und der mögliche Aufbau von Kleingewerbestrukturen für den Zubehörvertrieb im ländlichen Raum.

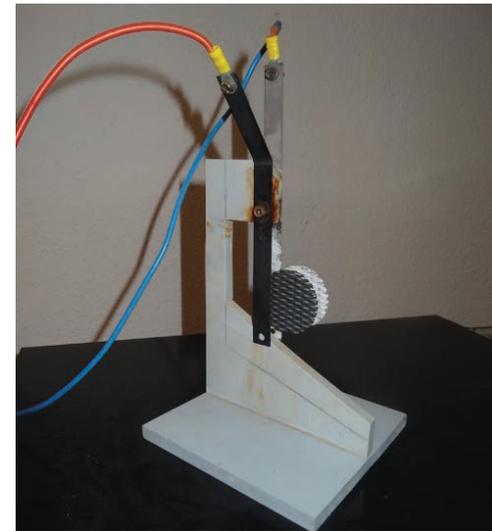


Abb. 1: Prototyp der Apparatur zur Chlorerzeugung (links: gesamtes Zubehör, rechts: Elektroden), Fotos aus [Luu, 2016]

Die eigentliche Idee und die grundlegende Initiative zu dieser einfachen Vorgehensweise gehen auf den US-amerikanischen Ingenieur Michael Ottensmann aus Kaiserslautern zurück. In enger Abstimmung entstanden dazu zwei Abschlussarbeiten an der HS Trier, in denen das Verfahren zunächst im Labor und dann vor Ort in Uganda erprobt wurde [Luu, 2016 und Kaufmann, 2016].

## LABORUNTERSUCHUNGEN

Im Rahmen von [Luu, 2016] wurde zunächst eine einfache Apparatur zur wie oben beschriebenen Chlorerzeugung gebaut und damit im Wasserlabor der Fachrichtung Versorgungstechnik (Prof. Dr. S. Wilhelm, Dipl.-Ing.(FH) A. Berg) entsprechende Versuche durchgeführt. Dabei wurde sich an den Arbeiten von [Dany, 2011] orientiert, der seinerzeit im gleichen Labor verschiedene Brunnen-, Regen-, Kläranlagenablauf- und Moselwässer analysiert hatte, die er mittels einfachen, handelsüblichen (drucklosen und fremdenergiefreien) Filtersystemen aufbereitet hatte, wie sie z.B. von Hilfsorganisationen bei Hochwasserkatastrophen in Entwicklungsländern eingesetzt werden oder als „Outdoor“-Zubehör vertrieben werden. So konnte u.a. durch Vergleich der jeweils gewonnenen Analyseergebnisse (Abbau von E.coli- und coliformen Bakterien) und durch Gegenüberstellung mit den geforderten Grenzwerten nach WHO sowie Deutscher Trinkwasserverordnung die grundsätzliche Eignung des Verfahrens zur Chlorerzeugung nachgewiesen werden. Danach lässt sich aus in 10 Liter Wasser gelösten 30 g Salz (6 Teelöffel) in 5 Stunden ein hochprozentiges Chlorkonzentrat herstellen, das im Verhältnis von etwa 1 : 100 dem belasteten Rohwasser



zugegeben werden muss, um den WHO-Richtwert von 2 bis 3 mg/l zu erreichen. Hiermit werden dann im Regelfall alle schädlichen Mikrobakterien abgetötet. Ferner wurden u.a. durch Variation von Batterieladezeiten, Chlorkonzentrationen, Einwirkdauern u.s.w. wertvolle Hinweise für die praktische Anwendung erarbeitet sowie unterschiedliche Elektrodenmaterialien und das Verhalten weiterer Parameter wie pH-Wert, Leitfähigkeit, Trübung, Geruch etc. untersucht. Die verwendete und in Abb. 1 dargestellte Apparatur besteht aus Wasserbehälter, Salz, Waage, Autobatterie, Starterkabel und (Titan-)Elektrodenpaar. Die Gesamtkosten beliefen sich auf rund 200 USD (ca. 250 USD incl. Solarmodul), wobei von einer mehrjährigen Lebensdauer ausgegangen werden kann.

## UNTERSUCHUNGEN VOR ORT IN UGANDA

Im Juni 2016 wurde über 2 Wochen die Praktikabilität des Konzepts durch eine mehrköpfige Expertengruppe (darunter Daniel Kaufmann) unter Leitung von Michael Ottensmann in Uganda getestet. Die Kosten wurden weitgehend durch Spenden gedeckt.

In den vier besuchten Dörfern des ländlichen Ugandas verfügen die meisten Haushalte bereits über solargespeiste Autobatterien, die für nächtliches Licht sorgen. Morgens holen die Kinder in Kanistern bakterienhaltiges Wasser von ungeschützten Brunnen, Erdlöchern oder Oberflächengewässern. Die Zugabe des nachts erzeugten Chlors sorgte auf dem Heimweg bereits nach 30 Minuten für die weitgehende Einhaltung der WHO-Grenzwerte bezüglich mikrobieller Kontamination. Aufbauend auf den



Abb. 2: Typische Trinkwasserquellen des ländlichen Ugandas in Form von Tümpeln und Wasserlöchern, Fotos aus [Kaufmann, 2016]

o.g. Laborergebnissen wurden auch die Einflüsse von aktueller Batteriespannung auf die Chlorproduktion, Batteriewiederaufladung mittels PV-Anlagen, Chlorzugabemengen, Chlorabbau u.s.w. untersucht. Als besonders negativ stellte sich die schnelle Wiederverkeimung im tropischen Klima heraus, die höchstwahrscheinlich auf die Trübung des Rohwassers zurückzuführen ist (durch an Feinpartikeln verbleibende Bakterienrestbestände). Den Nutzern wurde daher empfohlen, das desinfizierte Wasser möglichst innerhalb von zwei Stunden aufzubrauchen. Hier wie auch bei der Sicherstellung der erforderlichen Einwirkzeit des Chlors zeigte sich ein typisches Praxisproblem bei der Einführung von technischen Lösungen in ländlichen Gebieten von Entwicklungsländern. Die meisten Menschen haben dort kein Zeitgefühl

bzw. Uhren. Als Problemlösung wird aktuell an einer aus zwei Pet-Flaschen zusammengesetzten „Sanduhr“ gearbeitet. Auch wenn hier nicht auf alle Details aus [Kaufmann, 2016] eingegangen werden kann, so lässt sich doch resumieren, dass sich das beschriebene Desinfektionsverfahren (mit kleinen Einschränkungen) als praktikabel erwiesen hat. Dies auch deshalb, weil es keine Änderungen im Lebensrhythmus der Nutzer erfordert.

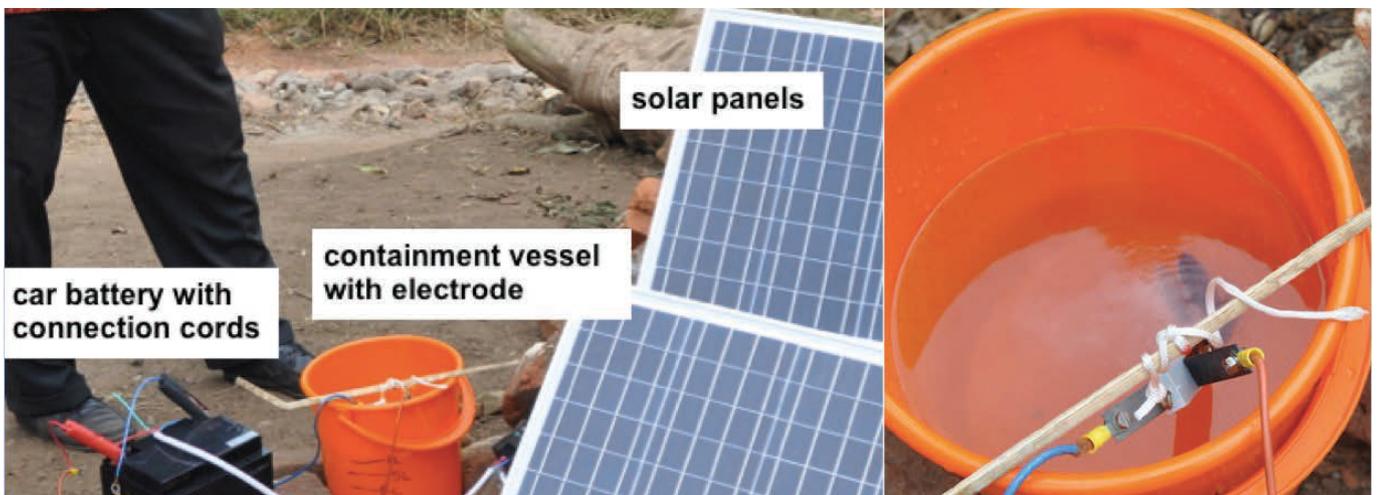


Abb. 3: Vor Ort verwendeter Prototyp inklusive Solarmodulen (links) und Einsatz der Elektroden (rechts), Fotos aus [Kaufmann, 2016]



Abb. 4: Michael Ottensmann (hinten links mit Hut) und Daniel Kaufmann (rechts) bei ihrem Einsatz in Uganda  
(Foto Kaufmann, privat)

## AUSBLICK

Das Konzept wurde privaten Hilfsorganisationen und der Deutschen Entwicklungshilfe (Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit) übermittelt. Eine erste positive Reaktion erfolgte durch die „Ingenieure ohne Grenzen“.

Die übliche Trübung des in Wasserlöchern o.ä. entnommenen Regenwassers stellt ein ernstes Hemmnis dar hinsichtlich der Akzeptanz durch die vorgesehenen Nutzer und begünstigt die relativ schnelle Wiederverkeimung. Diese wesentlichen Nachteile können naturgemäß durch die vorgestellte (reine) Desinfektionsmethode nicht gemildert werden. Als Lösung plant Herr Ottensmann zunächst einen einfachen Sandfilter und längerfristig ein Kaskadensystem aus Sandfiltern, die ebenfalls jeweils vor Ort in Uganda getestet werden sollen. Hierzu sind freiwillige Helfer willkommen. Interessenten können sich direkt an ihn (michael.ottensmann@aecom.com) oder die HS wenden.

## LITERATUR

Dany, S.: *Trinkwasser aus Regenwasser. (Unveröffentlichte) Master-Thesis an der Fachhochschule Trier, 2011*

Kaufmann, D.: *Mobile drinking water purification for developing countries. (Unveröffentlichte) Master-Thesis an der Hochschule Trier, 2016*

Luu, T.-V.: *Eine einfache Methode zur Trinkwasseraufbereitung in Entwicklungsländern. (Unveröffentlichte) Bachelor-Thesis an der Hochschule Trier, 2016*

UNICEF & World Health Organization (WHO): *Progress on Sanitation and Drinking Water. Genf, 2015*

Die zwei genannten Theses aus 2016 sind downloadbar unter <https://www.hochschule-trier.de/index.php?id=6668>

# COOLE TATTOOS – HOT CHEMISTRY IN BODY

---

**FB BLV /UCB  
BIO-UMWELT- U. PROZESS-  
VERFAHRENSRICHTUNG  
LEBENSMITTELTECH./  
PHARMATECH. /  
BOCK PROJECT MANAGMENT**

---



*Prof. Dr. Heike Raddatz*  
[raddatz@hochschule-trier.com](mailto:raddatz@hochschule-trier.com)



*Dr. Udo Bock*  
[udo.bock@bock-pm.com](mailto:udo.bock@bock-pm.com)

**WEITERE PROJEKT BETREUER:**

*Prof. Dr. Patrick Keller*  
[p.keller@umwelt-campus.de](mailto:p.keller@umwelt-campus.de)

**STUDIERENDE:**

*Jessica Klein*  
*Michelle Castor*  
*Jasmin Mittler*

Seit tausenden von Jahren lassen sich Menschen aus soziokulturellen und ontologischen Gründen tätowieren. Insbesondere für farbige Tattoos werden heute vielfach risikobehaftete Azofarbstoffe wie z.B. der häufig in Tattoofarben enthaltene gelbe Farbstoff Pigment Yellow 74 (internationale Colour Index-Nr. CI 11741, s. Abb. 1) eingesetzt, deren Langzeitfolgen – auch durch eine mögliche Laserbehandlung zur Entfernung – noch unbekannt sind. Die Zusammenarbeit erfolgt in einem regionalen, interdisziplinären Forschungsverbund zwischen den Fachrichtungen Pharmatechnik des Umweltcampus Birkenfeld und Lebensmitteltechnik Trier, sowie Bock Project Management am Innovations- und Gründungszentrum Region Trier. Das Vorhaben wird unterstützt vom Medizinischen Versorgungszentrum Trier (MVZ) für Histologie, Zytologie und Molekulare Diagnostik, Trier, sowie von Hautärzten und Herstellern von Lasergeräten. Untersucht werden risikobehaftete Azofarbstoffe für Tattoos hinsichtlich ihrer Stabilität in Bezug auf Sonnenlicht- und Laserexposition bzw. in Bezug auf ihr Verhalten/Zerfall in der Haut, sowie chemisch-analytisch, um das Risiko der Verwendung dieser Stoffe zukünftig besser abschätzen zu können.

Tätowiermittel gelten auf Grund ihrer subkutanen Applikation nicht als kosmetische Mittel. In Deutschland gilt seit dem 01. Mai 2009 die Tätowiermittelverordnung [TätoV [2008]], die eine Liste verbotener Farbstoffe enthält und lt. der es untersagt ist, Farben zu verwenden, die gelistete kanzerogene Amine abspalten können.

Eine Großuntersuchung des Kantonalen Laboratoriums Basel 2011 [Hauri et al. [2013]] ergab, dass zahlreiche Azofarbstoffe eingesetzt werden, die nach dieser Verordnung nicht geregelt sind und zum Teil auch auf verbotene Stoffe zurückgegriffen

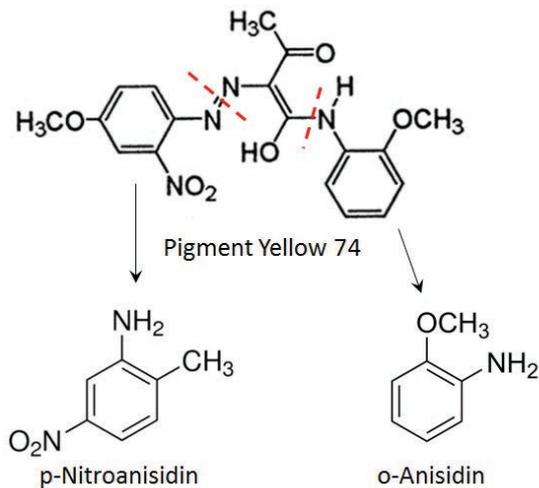


Abb. 1: mögliche Spaltprodukte des häufig in Tattoofarben eingesetzten Azofarbstoffes Pigment Yellow 74

wird. Von den in Produkten gefundenen Farbstoffen wird u.a. auch der von uns untersuchte Azofarbstoff Pigment Yellow 74 (PY 74) als potentieller Abspalter von dem krebserzeugenden aromatischen Amin o-Anisidin, sowie weiterer Amine diskutiert (s. Abb. 1).

Eine typische Eigenschaft der für Tattoofarben verwendeten Pigmente ist ihre Unlöslichkeit, sowohl in Wasser als auch in organischen Medien, damit sie am Ort ihrer Hautapplikation verbleiben. Auf Grund ihrer Photo(in)stabilität und Studien zur Laserbestrahlung konnte dennoch bereits in Fall anderer Tattoozopigmente ein nicht unerhebliches Potential zur Bildung von aromatischen Aminen nachgewiesen werden [u.a. [Hauri et al. (2013)]] und damit ein Risiko für den Anwender während der Tragzeit des Tattoos und bei einer eventuellen Entfernung. Daten zur Abspaltung der aromatischen Amine unter Sonnenlicht-, UV- und Laserbestrahlung (Tattoo Entfernung) aus diesen Stoffen selbst, in den Produkten und unter Hautbedingungen liegen bislang nur wenige vor [u.a. Engel et al. (2007)]. Unsere Arbeiten, die 2016 dazu begonnen wurden, sollen beitragen aufzuklären, inwieweit eine Abspaltung aus dem genannten Tattoofarbstoff unter diversen Bestrahlungsbedingungen zu erwarten ist. Im Rahmen zweier studentischen Arbeiten [Mittler (2016), Castor (2017)] wurden dazu die analytischen Grundlagen zur Erfassung möglicher Verunreinigungen und Spaltprodukte geschaffen. Eine dritte Arbeit befasste sich mit dem Einfluss von Sonnenlicht [Klein (2017)]. Die von uns durchgeführte Bestrahlung von Pigment Yellow 74 mittels eines Sonnensimulators über je 8 Stunden in einem Zeitraum von mehreren Tagen führte deutlich zum Abbau des Pigmentes um ca. 35% (s. Abb. 2).

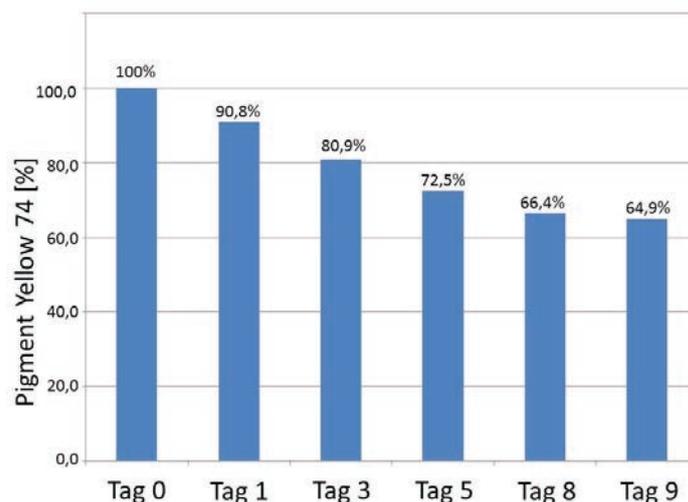


Abb. 2: Abbau von Pigment Yellow 74. Messung bei  $\lambda_{max} = 414 \text{ nm}$  im Zeitraum vom 0 bis 9 Tagen bei Bestrahlung mittels Sonnensimulator. (0,5 mg/ml Pigment in Acetonitril;  $d = 1,00 \text{ cm}$ ).

Nach Analyse per HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) konnte außerdem die Entstehung von vier verschiedenen, unbekanntem Zerfallsprodukten nach Behandlung im Sonnenlichtsimulator detektiert werden.

Erste Untersuchungen zur Laserbestrahlung am Umweltcampus Birkenfeld mit anschließender Partikelgrößenanalyse und HPLC zur Detektion von dabei entstandenen Zerfallsprodukten ergab Hinweise auf einen Sintervorgang (Partikelvergrößerung nach Laserbestrahlung) und ebenfalls die Bildung von Zerfallsprodukten (s. Abb. 3).

Für weitere Untersuchungen ist u.a. die Identifizierung der erhaltenen Zerfallsprodukte nach Bestrahlung mittels Sonnensimulator und unterschiedlicher Laser vorgesehen. Um erste Aussagen über das Verhalten des Pigmentes in der Haut zu gewinnen, wurde von einem Tätowierer fachgerecht Schweine-

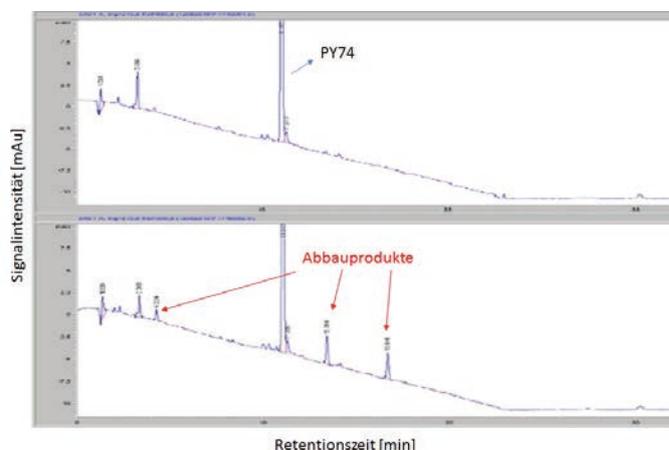


Abb. 3: Ausschnitte aus den HPLC-Chromatogrammen vor und nach Laser- Bestrahlung von Pigment Yellow 74 [PY 74].

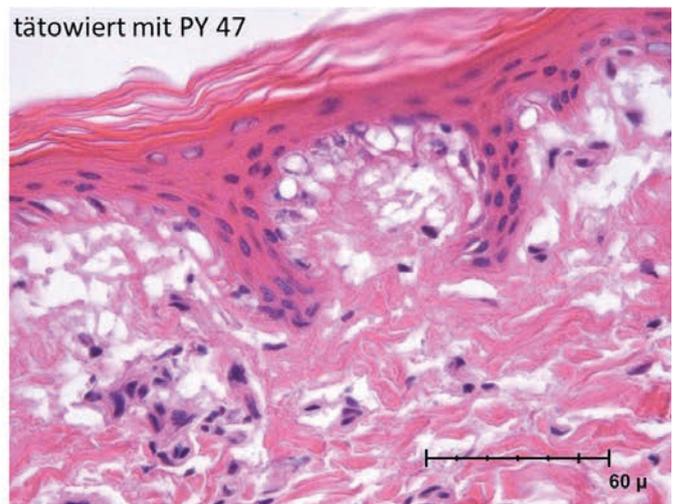
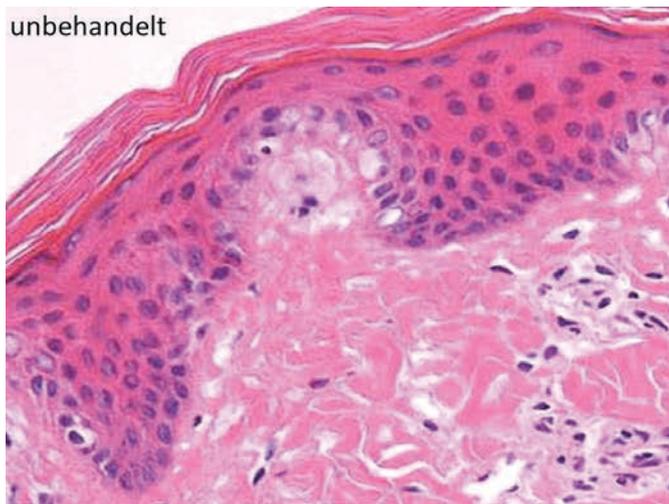


Abb. 4: Querschnitt von Schweinehaut unbehandelt und nach Tätowierung mit Pigment Yellow 74, Vergrößerung 630-fach

haut mit dem Azopigment PY 74 tätowiert (analog der Zusammensetzung von Tätowierfarbe in propylenglykolhaltiger Suspension) und vor und nach Tätowierung in der Histologie des MVZ Trier Hautquerschnitte präpariert. Im Vergleich zur nicht tätowierten Schweinehaut zeigt die tätowierte eine verstärkte Hohlraumbildung (Abb. 4), die vermutlich auf ein Ausspülen des Farbstoffes bei der Präparierung hinweist und ein deutliches Indiz dafür ist, dass das Farbpigment in der Haut aus der tätowierten Stelle ausgetragen werden kann und eine Wanderung in andere Körperregionen möglich ist. So konnte in pathologischen Studien bereits eine Anfärbung benachbarter Lymphknoten nach Tätowierungen festgestellt werden [u.a. Jashnani et al. (2017)]. Generell zeigen unsere ersten Untersuchungen, dass ein potentielles Risiko zur Entstehung toxischer Zerfallsprodukte von Tattoo-farben in der Haut besteht und chemische Prozesse nicht unterbunden sind. In weiteren Untersuchungen sollen diesbezüglich auch handelsübliche Produkte unter Gebrauchs- und Lagerbedingungen mit einbezogen und Zerfallsprodukte in der Haut ermittelt werden. Mittelfristiges Ziel ist es, ein analytisches Untersuchungsspektrum zu erstellen, welches zukünftig das mit einer Tätowierung verbundene Risiko bei Gebrauch und Tragen, sowie späterem Entfernen von Tattoos und Permanent-Make-up vorab besser kalkulieren zu können, um diese Präparate sicherer zu machen.

## DANKSAGUNG

Für die sehr gute Zusammenarbeit im Rahmen der Untersuchungen danken wir besonders PD Dr. med. habil. Dipl.-Med. M. Otto (MVZ für Histologie, Zytologie und Molekulare Diagnostik Trier), sowie allen Mitarbeitern des Zentrums.

Herr Vasileios Tsoumpris, aesthelia, Trier, Facharzt für Plastische und Ästhetische Chirurgie, unterstützte das Vorhaben mit Untersuchungen am Lasergerät PicoSure.

Dank gilt auch dem Tätowierer Christian Lange für die Tätowierung der Schweinehautmodelle, für seine Spontanität und Flexibilität sowie sein Interesse an unseren Arbeiten.

## LITERATUR

- [1] Castor, Michelle (2017) Methodenentwicklung zur Charakterisierung von Farbpigmenten. Bericht praktische Studienphase, Hochschule Trier, Umweltcampus Birkenfeld, Pharmatechnik
- [2] Engel E, Spannberger A, Vasold R, König B, Gopee N, Howard P, Bäumler W, (2007) Photochemical Cleavage of a tattoo pigment by UV-B radiation or natural sunlight. *J Dtsch Dermatol Ges.*, 5, 583-589
- [3] Hauri U, Hohl C (2013) Photostability and Breakdown Products of Pigments Currently Used in Tattoo Inks. *Tattooed Skin and Health. Curr Probl Dermatol. Basel, Karger*, 2015, vol 48, pp 164-169
- [4] Jashnani K, Desai H, Shetty J, Shinde S, Shah V (2017) The tattoo dilemma: Reading in between the ink. *Indian J Pathol Microbiol*, 60 (1), pp141-142
- [5] Klein, Jessica (2017) Bestrahlung von farbigen Tattoo-pigmenten zur Untersuchung auf mögliche kanzerogene Abbauprodukte. Bachelorarbeit, Hochschule Trier, Lebensmitteltechnik
- [6] Mittler, Jasmin (2016) Untersuchung zur Entwicklung einer HPLC-Methode anhand ausgewählter Azofarbstoffe für Tätowiermittel und deren möglichen Zerfallsprodukte. Bachelorarbeit, Hochschule Trier, Lebensmitteltechnik
- [7] Tätowiermittelverordnung (TätoV) (2008) Verordnung über Mittel zum Tätowieren einschließlich bestimmter vergleichbarer Stoffe und Zubereitung aus Stoffen. Stand: 13. November 2008.

# SYSTEMATISCHES PROBLEMLÖSEN NACH DER SPOC-METHODE

---

FB TECHNIK  
ELEKTROTECHNIK

---



Prof. Dr. Walter Jakoby  
[jakoby@hochschule-trier.com](mailto:jakoby@hochschule-trier.com)

## ZIELSETZUNG DES VORHABENS

Aufgaben und Probleme begegnen uns jeden Tag, das ganze Jahr, ein Leben lang. Sie sind in allen Bereichen anzutreffen, im privaten, wie im beruflichen, in ganz banalen Alltagssituationen und selbstverständlich auch in wissenschaftlichen Projekten. Die Fähigkeit zum systematischen Lösen von Problemen ist daher infradisziplinär: sie bildet eine der fachunabhängigen Kompetenzgrundlagen für fast alle Disziplinen. Meist bleibt aber die Ausbildung für das Lösen von Problemen auf die speziellen Vorgehensweisen und Methoden eines Fachgebiets begrenzt. Das Ziel des Forschungsprojekts war es,

- Gemeinsamkeiten in den spezifischen Vorgehensweisen, Prozessen und Methoden verschiedener Fachgebiete zu finden,
- diese dann in einen einheitlichen begrifflichen und methodischen Rahmen zu bringen,
- um daraus ein allgemein anwendbares Phasen-, Prozess- und Methodenschema zu entwickeln.

## SYSTEMISCHE DARSTELLUNG DES PROBLEMLÖSENS

Den Ausgangspunkt eines Problems bildet ein Sachverhalt, der sich zu jedem Zeitpunkt in einem bestimmten Zustand befindet. Die Aufgabe der Problemlöser ist es, diesen Sachverhalt aus dem vorgefundenen Anfangs- in einen angestrebten Zielzustand überführen (Abb. 1). Das Ziel kann von außen vorgegeben oder aber auch selbstdefiniert sein. Es kann ein neu

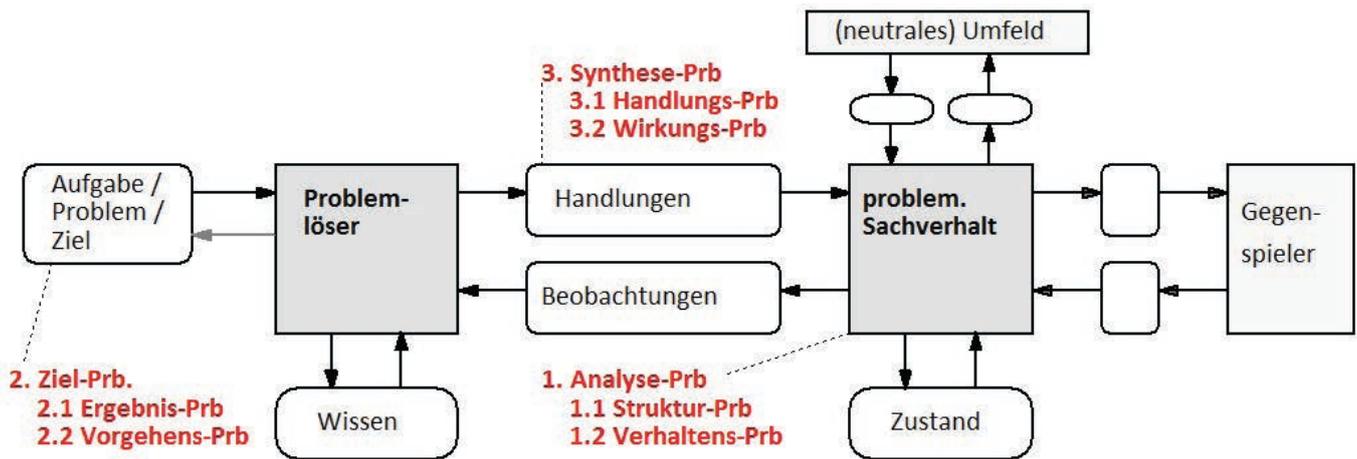


Abb. 1: Systemisches Modell des Problemlösens

definiertes, innovatives Ziel sein oder die Wiedererlangung eines „Normalzustandes“ nach dem Wirken einer Störung. Die „Lösung“ besteht aus einer Sequenz von Handlungen die auf den Sachverhalt angewendet werden, um diesen zu beeinflussen. In der Regel sind diese Handlungen abhängig von Beobachtungen, die der Problemlöser laufend vornimmt, um Informationen über den jeweiligen Zustand des Sachverhalts zu gewinnen. Zur Festlegung geeigneter Handlungen greift ein Problemlöser auf sein verfügbares Wissen zurück, das gleichzeitig durch die ausgewerteten neuen Beobachtungen stetig erweitert wird.

Geschlossene Probleme stellen idealisierte Situationen dar, bei denen es neben dem passiven problematischen Sachverhalt nur den Problemlöser als einzige aktive Instanz gibt. Klausuraufgaben, Denksportaufgaben oder Rätsel sind typische Beispiele dieser Kategorie. Probleme der realen Welt dagegen sind fast immer offene Probleme: neben dem Problemlöser gibt es ein neutrales Umfeld, das in zufälliger, nicht vorhersagbare Weise auf den Sachverhalt einwirkt. Noch gravierender sind die Wirkungen von Gegenspielern. Sie haben nicht nur eigene, divergierende Ziele, sondern sie wirken so auf den Sachverhalt ein, dass die Ziele des Problemlösers konterkariert werden.

Die Aufgabe eines Problemlösers, den Sachverhalt aus dem Anfangs- in den Zielzustand zu überführen, kann durch verschiedene Bedingungen erschwert werden. Alles, was eine Aufgabe schwierig macht und dadurch zu einem Problem werden lässt, stellt eine Problematik dar. An jedem Element, das in der Systemstruktur enthalten ist, kann eine Teil-Problematik entstehen. Die Summe aller Teil-Problematiken bildet die Gesamt-Problematik eines Problems. Die Gliederung der Systemstruktur eines Problems kann daher auch zur Gliederung möglicher Problematiken verwendet werden.

Eine Hauptquelle von Problematiken ist der Sachverhalt selbst, zu dem aus Sicht der Problemlöser auch das Umfeld und mögliche Gegenspieler gezählt werden. Das Lösen von Problemen setzt ein gutes Verständnis des Sachverhalts voraus. Die an dieser Stelle auftretenden Schwierigkeiten können als Analyse-Problematiken bezeichnet werden. Sie lassen sich weiter in die statischen Struktur-Problematiken und die dynamischen Verhaltens-Problematiken unterscheiden. Die nächste Gruppe von Problematiken kommen von einer Seite, die man auf den ersten Blick nicht vermuten würde, nämlich von den Zielen. Sie werden oft als bekannt oder offensichtlich angenommen, was aber nur in seltenen Fällen zutrifft. Auch hier ist eine zweigliedrige Unterteilung sinnvoll in die Ziele, die das angestrebte Ergebnis und diejenigen, die das Vorgehen während des Problemlösens betreffen. Ganz offensichtlich sind die Synthese-Problematiken, die aus den anzuwendenden Handlungen und deren Wirkung auf den Sachverhalt resultieren. Die erste Teilgruppe umfasst Problematiken hinsichtlich der Auswahl und Reihenfolge der richtigen Handlungen. Die zweite Gruppe bilden die Schwierigkeiten beim Verständnis der infolge der Handlungen auftretenden Wirkungen.

Bei jedem Problem sind die verschiedenen Problematiken mehr oder weniger stark ausgeprägt. Die jeweilige Ausprägung der Problematiken in einem konkreten Problemfall ergibt ein charakteristisches Profil, das die Gesamt-Problematik des jeweiligen Problems ausmacht. Jede Problematik erfordert unterschiedliche Maßnahmen, um sie zu lösen. Das Profil eines Problems legt daher auch das Spektrum der Methoden fest, die bei der Lösung einzusetzen sind. Die Erfassung der im konkreten Fall vorliegenden Schwierigkeiten ist daher eine wichtige Voraussetzung für ein effizientes und zielgerichtetes Lösungsverhalten.

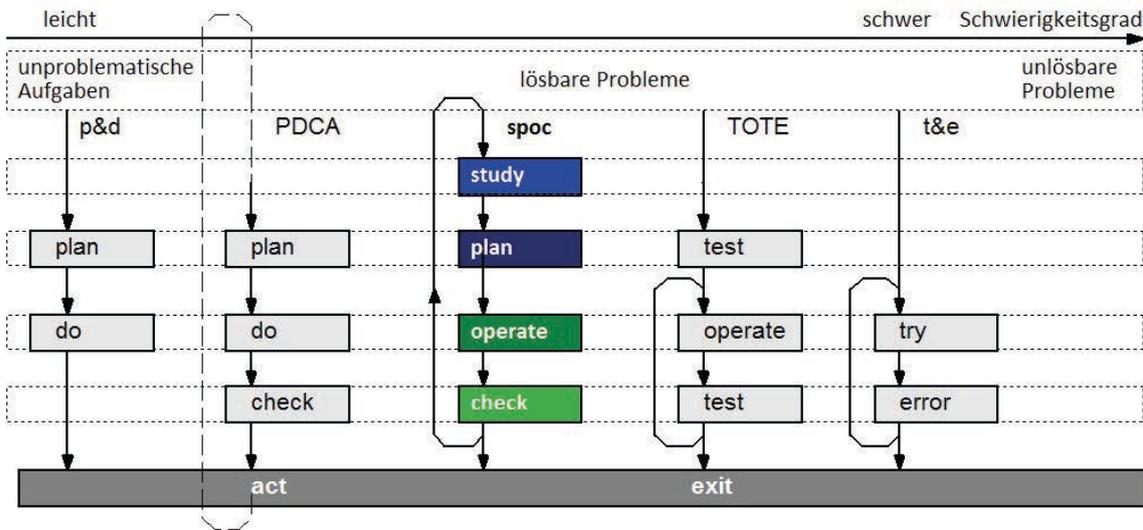


Abb. 2: Elementare Vorgehensmodelle des Problemlösens

## GRUNDLEGENDE VORGEHENSMODELLE DES PROBLEMLÖSENS

Der Aktivitätsablauf beim Lösen von Aufgaben und Problemen ist sicherlich genau so vielfältig wie die zu lösenden Aufgabenstellungen. Betrachtet man den Schwierigkeitsgrad eines Problems als wesentliches Unterscheidungsmerkmal, so gibt es zwei grundlegende Vorgehensweisen. Bei geringem Schwierigkeitsgrad kann auf umfangreiches Vorwissen zum Sachverhalt zurückgegriffen werden. Aus der verfügbaren Menge bekannter Maßnahmen, werden geeignete Maßnahmen ausgewählt. Der Reihenfolge wird geplant, so dass der Lösungsweg dann gedanklich vorweggenommen werden kann. Anschließend erfolgt die Umsetzung der geplanten Maßnahmen. In seiner Reinform kann man dieses Vorgehen als „*plan&do*“ bezeichnen: Zuerst wird ein vollständiger Lösungsplan entworfen, dann wird er verwirklicht. Am entgegengesetzten Ende des Vorgehensspektrums findet sich das Modell „*try&error*“. Bei schwierigen Problemen ist das Wissen über den Sachverhalt noch sehr lückenhaft. In diesem Fall müssen mehr oder weniger zufällig experimentelle Lösungsversuche unternommen werden. Die Erwartung richtet sich in diesem Fall weniger auf einen Zufallstreffer, als auf einen Erkenntnisgewinn. Je mehr Erkenntnisse über den problematischen Sachverhalt gewonnen werden, desto stärker kann sich das zufällige, „blinde“ Probieren zu einem zielgerichteten Versuchen entwickeln.

Da „*p&d*“ auf der einen und „*t&e*“ auf der anderen Seite die beiden Extrema eines Spektrums an Vorgehensweisen zur Lösung unterschiedlich schwieriger Probleme darstellen, muss jede dazwischen liegende Vorgehensweise Elemente beider Extremmodelle beinhalten [Abb. 2]. Sowohl bei „*p&d*“ als auch bei

„*t&e*“ ist die Handlungskomponente anzutreffen, bei der Maßnahmen ausgeführt werden: „*do*“ und „*try*“. Diese Komponente soll im Weiteren als „*operate*“ bezeichnet werden. Bei vollständigem Vorwissen über den Sachverhalt, kann eine Lösung vollständig voraus geplant werden. Ist das Vorwissen lückenhaft, kann die Lösung zwar nicht vollständig, aber zumindest teilweise geplant werden. Eine Planungskomponente wird auf jeden Fall enthalten sein. Das Überprüfen der erreichten Lösung wird bei unvollständigem Wissen und damit unvollständigem Plan ebenfalls notwendig sein. Diese Komponente soll statt der etwas pessimistisch stimmenden Bezeichnung „*error*“ durch den neutralen Begriff „*check*“ beschrieben werden. Eine vierte Komponente kommt zwar weder in „*p&d*“ noch in „*t&e*“ explizit vor, kann aber dennoch als selbstverständlicher Bestandteil angenommen werden, nämlich die Analyse des vorgefundenen Sachverhalts. Eine Analyse ist sowohl bei einfachen Aufgaben vor Beginn der Planung als auch bei schwierigen Problemen vor dem Ausprobieren von Maßnahmen notwendig. Wie die weiteren Untersuchungen bestätigen werden, ist diese Analysephase in sehr vielen detaillierter ausgearbeiteten Vorgehensmodellen enthalten. Man erhält somit das *spoc*-Modell mit 4 Phasen des Problemlösens:

### STUDY:

Nach dem Auftreten und Erkennen eines Problems werden zunächst Informationen zum problematischen Sachverhalt gesammelt. Sie werden analysiert und als Modell des Sachverhalts und des angestrebten Zielzustands strukturiert.

### PLAN:

Die nächste Phase besteht aus den verschiedenen Schritten der Lösungssuche: Es werden Lösungsideen gesammelt und zu

	study	plan	operate	check
<b>Psychologie (Rubikon-Modell)</b>	Abwägen	Planen	Handeln	Bewerten
<b>Mathematik (Polya)</b>	Understand	Plan	Carry out	Look back
<b>Management</b>	Planung		Steuerung	Kontrolle
<b>Mechatronik</b>	Anf.analyse	Entwurf	Produktion	Test
<b>Medizin</b>	Anamnese	Diagnose	Therapie	Kontrolle
<b>Pilotenausbildung (FOR-DEC)</b>	Facts	Opp./Risk/Dec.	Execution	Check
<b>Produkt-Design (Don Norman)</b>	Observation	Generation	Prototype	Test

Abb. 4: Vorgehensmodelle aus verschiedenen Fachgebieten

möglichen Lösungswegen zusammengesetzt. Aus den möglichen Lösungen wird schließlich eine als beste oder erfolgversprechendste ausgewählt.

#### OPERATE:

Nach der Entscheidung für eine grundsätzliche Lösung wird diese detailliert ausgearbeitet und verwirklicht.

#### CHECK:

Das erreichte Ergebnis wird überprüft. Es wird entschieden, ob das Problem vollständig gelöst wurde oder ob ein weiterer Durchlauf der 4 spoc-Phasen erforderlich ist.

Hinsichtlich des Ablaufs weist das planvolle Lösen unproblematischer Aufgaben einen rein sequentiellen Charakter auf, während bei schwierigen Problemen das iterative Vorgehen sehr stark ausgeprägt ist. Beide Ablaufmuster werden also bei den dazwischen liegenden Schwierigkeitsgraden benötigt. Der Gesamtablauf besteht daher aus dem sequentiellen Durchlaufen der 4 Komponenten

study-plan-operate-check. Für die zu erwartenden Wiederholungen sind zunächst Rücksprünge zur unmittelbar vorangehenden Phase möglich. Erweist sich dagegen die erreichte Lösung in der „check“-Phase als gar nicht oder nicht vollständig zielführend, müssen alle Schritte in einer vollständigen Iteration durchlaufen werden (Abb. 3).

Die vier Phasen des spoc-Schemas sind in vielen Vorgehensmodellen zu finden. Einige Beispiele aus unterschiedlichsten Fachgebieten sind in Abb. 4 gegenübergestellt.

### DAS SPOC-PROZESSMODELL

Eine problemlösende Person durchläuft bei ihren Aktivitäten verschiedene Bewusstseinszustände. Von außen betrachtet sind diese Zustände als Phasen des Handlungsablaufs erkennbar. Bei umfangreicheren Problemen sind in jeder Phase viele Aufgaben zu lösen. Das Phasenmodell kann hier nur eine grobe Gliederung darstellen, aber keine Anleitung für den Ablauf der vielen erforderlichen Aktivitäten. Hierfür werden detailliertere Vorgehensmodelle in Form von Prozessmodellen benötigt. Ein Prozess besteht aus vernetzten Aktivitäten, die dazu dienen, eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen. Er wandelt Eingaben in Ergebnisse um. Ein komplexer Ablauf von Aktivitäten kann durch mehrere ineinander greifende Prozesse beschrieben werden, bei denen der Output eines Prozesses den Input für andere Prozesse bildet.

Ein Problemlösungsprozess (PLP) umfasst alle Aktivitäten, die zur Lösung eines Problems erforderlich sind. Eng miteinander gekoppelte Aktivitäten können zu Teilprozessen zusammengefasst

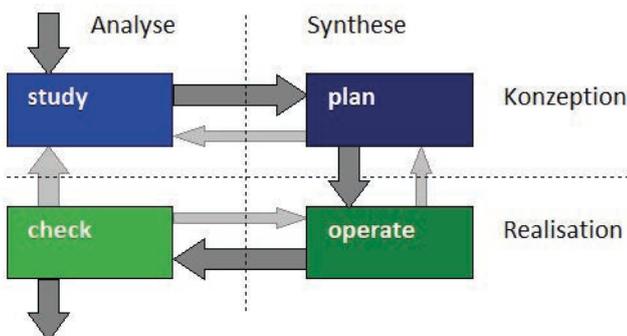


Abb. 3: Das spoc-Schema

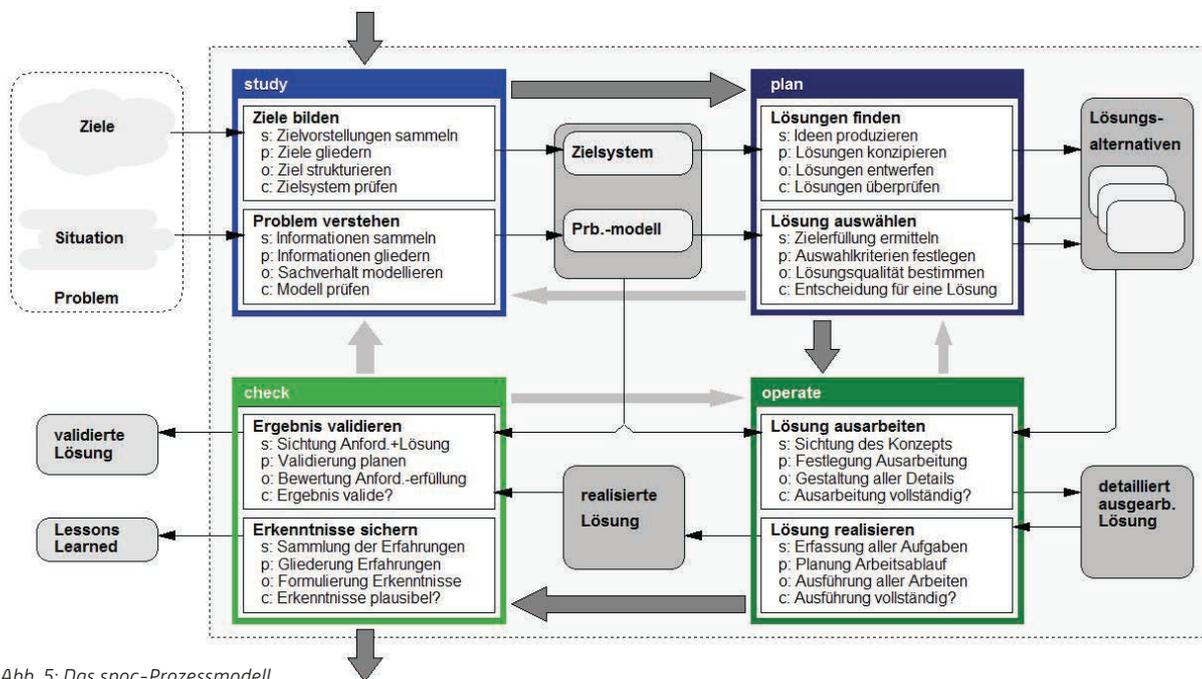


Abb. 5: Das spoc-Prozessmodell

und diese wiederum den Phasen zugeordnet werden. Die Analyse der im vorangehenden Kapitel skizzierten Vorgehensmodelle des Problemlösens hat eine ganze Reihe von erforderlichen Aktivitäten ergeben. Manche Vorgehensmodelle wurden bereits als Prozessmodelle für bestimmte Anwendungsgebiete aufgebaut. Je spezieller ein Modell ist, desto höher ist sein Anwendungsnutzen, aber desto begrenzter ist auch der Einsatzbereich. Da es hier um möglichst große Allgemeingültigkeit geht, sollen die vorliegenden Erkenntnisse nun zu einem vollständigen Prozessmodell zusammengefasst werden.

In den verschiedenen Vorgehensmodellen konnten viele gemeinsame Elemente gefunden werden. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wurde ein Prozessmodell entwickelt, das aus acht Prozessen besteht – jeweils zwei Prozesse pro Phase. Jeder der acht Teilprozesse dient einer bestimmten Aufgabe und wandelt dazu die Eingaben in Ergebnisse um. Jeder Teilprozess stellt also ebenfalls einen Problemlösungsprozess dar, allerdings auf einer konkreteren Ebene, als dies beim Gesamt-PLP der Fall ist. Jeder der acht Teilprozesse ist selbst in die 4 Phasen des spoc-Schemas unterteilt. Der spoc-PLP ist also nach dem Prinzip der Selbstähnlichkeit aufgebaut: Der Gesamtprozess ist in spoc-Struktur aufgebaut und in Teilprozesse untergliedert, die selbst wiederum spoc-Struktur besitzen.

Für die Erfüllung der vielfältigen Aufgaben in den Prozessen und Teilprozessen existieren zahlreiche Methoden, die sich bei der Ausführung bestimmter Teilaufgaben in der Praxis bewährt haben. Die Aufzählung oder gar Beschreibung dieser Methoden würde hier zu viel Raum einnehmen. Für das spoc-Schema wurden zahlreiche Methoden gesichtet. Es wurden 128 Methoden

ausgewählt und den 32 Teilprozessen zugeordnet, so dass bei der Umsetzung aller Aktivitäten des spoc-Problemlösungsprozesses ein großes Repertoire bewährter Methoden zur Verfügung steht.

## ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das spoc-Schema stellt ein grundlegendes Modell dar, das die Vorgehensweise beim Problemlösen in vier Phasen einteilt. Bei Problemen geringer Komplexität, kann das Schema direkt angewendet werden. Ist der Schwierigkeitsgrad gering, genügt ein einziger sequentieller Durchlauf der vier Phasen. Je höher der Schwierigkeitsgrad des Problems wird, desto stärker ist der Bedarf nach iterativen Abläufen mit der Wiederholung einzelner oder auch aller Phasen des spoc-Schemas.

Bei komplexen Problemlösungen, wie sie z.B. in vielen Forschungs-, Entwicklungs- oder Konstruktions-Vorhaben auftreten, muss das spoc-Schema als Prozessmodell weiter strukturiert werden. Für jede Phase des spoc-Schemas sind 2 Prozesse mit dem jeweiligen Inputs und Outputs definiert. Jeder dieser Prozesse stellt eine Problemlösung auf geringerer Komplexitätsebene dar und kann selbstständig in Teilprozesse untergliedert werden. Das gesamte spoc-Schema besteht somit aus 4 Phasen mit 8 Prozessen und 32 Teilprozessen, für die 128 Methoden zur Verwirklichung der einzelnen problemlösenden Aktivitäten zur Verfügung stehen.

# ZUKUNFTSSICHERUNG DURCH INNOVATIONSMANAGEMENT

---

## FB WIRTSCHAFT MARKETING

---



Prof. Dr. Udo Burchard  
[info@impuls-consulting.org](mailto:info@impuls-consulting.org)

### STUDIERENDE:

Roman Kautz

David Rutz

Rafael Grau

Tom Baier

Krenare Bujupi

## EINE KOOPERATION ZWISCHEN IMPULS CONSULTING TRIER E.V. UND PROCONTUR GMBH

In einem Unternehmen, in dem zukunftssicher gewirtschaftet werden soll, dürfen neue Produkte und Innovationen nicht fehlen. Gerade in der Industrie schläft die Konkurrenz nur selten, weshalb ein Geschäftsführer, der etwas von sich hält, stets bemüht sein wird, dem Markt einen Schritt voraus zu sein. Genau dieses Bestreben steht bei dem Projekt „Zukunftssicherung durch Innovationsmanagement“ im Vordergrund, bei dem die studentische Unternehmensberatung der Hochschule Trier „Impuls Consulting Trier e.V.“ gemeinsam mit der Firma ProContur Wittlich GmbH die Feinblech-Branche genauer untersucht.

## STUDENTISCHE UNTERNEHMENSBERATUNG – WAS IST DAS?

Der Verein „Impuls Consulting Trier e.V.“ wurde 2010 von Studierenden des Fachbereichs Wirtschaft der Hochschule Trier und den Professoren Burchard und Chwallek gegründet. Ziel war es, den Studierenden der Hochschule Trier die Möglichkeit zu bieten, einen Einblick in die Beraterbranche zu liefern und durch die Arbeit in echten Unternehmen der Region ihr theoretisches Wissen anzuwenden und tatsächlich etwas zu bewegen. Heute ist der Verein nicht nur im wirtschaftlichen Bereich aufgestellt, sondern bietet viele weitere Leistungen an wie Personalmanagement, Workshops und Webdesign. Auch Studierende der Universität Trier zog es an die Hochschule, um bei spannenden Projekten der freien Wirtschaft mitzuwirken und wichtige Kontakte zu



Abbi. 1: Firma ProContur GmbH – Kompetenz in Blech und Kunststoff

regionalen Unternehmen zu knüpfen. Die interdisziplinäre Arbeit, an praktischen Fällen, führte zu einem bis heute andauernden Wachstum des Vereins mit vielen erfolgreichen Projekten und vermittelten Praktika, Bachelorarbeiten und Auslandsaufenthalten.

## INNOVATIONSMANAGEMENT – WIE FÄNGT MAN AN?

Aus einer Kooperationsanfrage des Geschäftsführers Jens Pohlmann an Professor Burchard entstand Anfang 2016 das Projekt „Innovationsmanagement“. Die Hochschule Trier und „Impuls Consulting“ wurden beauftragt der Blech- und Kunststoff-Behältnisse herstellenden Firma ProContur GmbH Wittlich bei der Suche nach neuen Geschäftsfeldern und Produktideen zu helfen. Da ein externer Berater vorerst meist noch keine

Kenntnisse über die Branche oder das Unternehmen hat, gilt es, sich zunächst einen Überblick über die Sachlage zu verschaffen. Je genauer die Ausgangssituation untersucht wird, desto wirkungsvoller können anschließend Maßnahmen entwickelt werden. Deshalb erhielten die Projektmitarbeiter von „Impuls Consulting“ schon beim Projektbriefing eine Führung durch alle relevanten Bereiche des Unternehmens, bei der von den einzelnen Fertigungsschritten bis hin zur Lagerhaltung wichtige Eindrücke vermittelt wurden. Auch die strategische Ausrichtung des Unternehmens wurde den Beratern nähergebracht. Ein weiterer Teil der guten Vorbereitung eines Projektes ist die genaue Klärung der Aufgabenstellung. Hierbei war es wichtig, gerade am Anfang möglichst viele Fragen zu stellen, um sicher die nächsten Schritte planen zu können. Die Aufgabenstellung für Impuls Consulting war die Schaffung einer Informationsgrundlage, welche zur Planung und Umsetzung von langfristigen strategischen Unternehmensentscheidungen verwendet werden konnte. Leitfragen waren: Wie ist die Position des Unternehmens im Markt? Wie wird der Markt sich in der Zukunft verändern? Welche Optionen für Investitionen in andere Märkte gibt es und wie sind diese zu bewerten?

## INFORMATIONEN- UND IDEENGEWINNUNG

Das Beraterteam bestand aus vier studentischen Beratern. Durch die interdisziplinäre Aufstellung von Studierenden der Hochschule und der Universität Trier beherrschten „Impuls“ die Grundlagen der Bereiche Wirtschaft und Gesellschaft, Technik und Psychologie. Genau das war auch notwendig, denn die Aufgabe erforderte den Bezug zu all diesen Bereichen. Auf der Suche



Abbi. 2: „Impuls Consulting“ – Berater Rutz, Grau und Bujupi

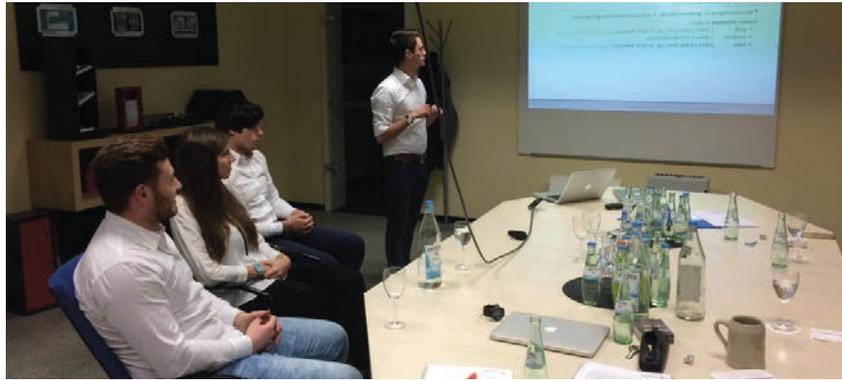


Abb. 3: Präsentation der Ergebnisse bei ProContur GmbH

nach einem geeigneten Werkzeug zur Sammlung von branchennahen Informationen entschieden „Impuls“ sich für die Mitarbeiterinterviews. Bei der Auswahl der Interviewpartner achteten die Berater gemeinsam mit dem Geschäftsführer darauf, möglichst viele unterschiedliche Blickwinkel einfließen zu lassen. Ein Ziel, an dem die Interviewfragen ausgerichtet wurden, war die Gewinnung neuer Kenntnisse über die Fertigungsprozesse und die Möglichkeiten des Unternehmens. Andererseits wurden, durch kreative Methoden wie dem morphologischen Kasten oder der 635-Methode die Mitarbeiter in die Ideenfindung einbezogen. Die Durchführung sollte dann in Teams von jeweils zwei studentischen Beratern geschehen. Durch die genaue zeitliche und inhaltliche Planung der Interviews war es schließlich möglich, an einem Arbeitstag über zehn verschiedene Personen einzeln zu befragen. Alle Interviews wurden dokumentiert und die Ergebnisse anschließend aufbereitet. Neben den kreativen Ideen kamen sogar Vorschläge zur Verbesserung von Arbeitsprozessen auf.

Die gute Qualität der Interviewergebnisse ließ die Berater den Entschluss fassen, zusätzlich Kunden und Lieferanten des Unternehmens zu befragen. Dadurch konnte noch besser erfasst werden, wie die Außenwirkung des Unternehmens war. In der zweiten Phase dieses Projektes arrangierten wurden mehrere Kreativ-Runden innerhalb des Teams und zusammen mit Fachkundigen der Branche. Auch unter Anwendung von renommierten Methoden aus dem Kreativitätsbereich durchgeführt, wurden verschiedene Fragestellungen näher erörtert und nach Lösungen gesucht. Ziel war es herauszufinden, welche Märkte in der Zukunft die meisten und vielversprechendsten Möglichkeiten zur Investition bieten und aus welchen aktuell belieferten Märkten eher Ressourcen abgezogen werden sollten.

## FOLGEPROJEKT – MARKETING SEMINAR

Durch die vielen verschiedenen Lösungsansätze, die die Kreativ-Techniken erbrachten, konnten die Berater schließlich ein Urteil über die Marktsituation der untersuchten Branchen fällen. In einer Abschlusspräsentation wurden die Ergebnisse den Verantwortlichen der Firma vorgestellt. Dies beinhaltete die Methodik, diverse Zwischenergebnisse und schließlich die Handlungsempfehlungen für das Unternehmen. Die Informationsgrundlage, die „Impuls“ geschaffen hatte, sollte auch in den nachfolgenden Monaten als Basis für ein weiteres Projekt dienen, welches von Studenten des Fachbereichs Wirtschaft unter der Koordination von Prof. Dr. Udo Burchard durchgeführt wurde. Inhaltlich baute das Projekt „Marketing Seminar“ auf dem Projekt „Innovationsmanagement“ von Impuls Consulting auf und die gesammelten Informationen konnten genutzt werden um, noch tiefer in die Materie einzusteigen. In diesem zweiten Projekt wurden zunächst die notwendigen Schritte geplant, welche notwendig waren um das Hauptziel zu erreichen. Dieses war der Entwurf und die Ausarbeitung von Produktvorschlägen, welche von der Firma zur Planung zukünftiger Investitionen genutzt werden konnten. An dem Projekt „Marketing Seminar“ arbeiteten 17 Studierende des Fachbereichs Wirtschaft mit und konnten, die im Studium gelernten Modelle und Theorien durch praktische Tätigkeiten im Unternehmen festigen.



Abb. 4: Vorstellung der Lösungskonzepte durch Studierende des Marketing-Seminars

## KREATIVITÄTSSTECHNIKEN UND „DESIGN THINKING“

Nachdem auch die Studierenden des Marketing-Seminars ein detailliertes Projektbriefing und eine Führung durch das Unternehmen ProContur erhalten hatten und die Aufgabenstellung genau durchdrungen war, startete die Kreativphase. In dieser ersten Phase des Projektes beschäftigten sich die Studierenden größtenteils mit der Durchführung von Kreativitätstechniken und Workshops, um möglichst viele Ideen zu sammeln. Hierbei galt das Prinzip „Quantität vor Qualität“. Die Studierenden, in vier Gruppen eingeteilt, wendeten verschiedene Methoden an, die die Ideenfindung beschleunigen und auch verschiedene externe Expertisen miteinbeziehen sollten. Hier kamen Methoden wie die 635-Methode zum Einsatz oder ein ganztägiger Kreativitätsworkshop zu dem Thema „Design Thinking“. Dieser Workshop, an dem rund 20 Studenten der Hochschule und der Universität Trier aus verschiedenen Fachbereichen teilnahmen, war darauf ausgelegt, Ideen zu generieren und auf unterhaltsame Weise die Methoden der Ideenfindung beizubringen und anzuwenden.

## PRÄSENTATION, AUSWAHL DER HANDLUNGSOPTIONEN UND KONZEPTIONSPHASE

Die Ergebnisse wurden im Anschluss aufbereitet und dem Geschäftsführer Jens Pohlmann präsentiert. Nun war es an der Zeit, eine der Handlungsoptionen für die Konzeptionsphase auszuwählen. Diese Entscheidung wurde durch die Steuerungsgruppe getroffen, vertreten durch Prof. Dr. Burchard und Herrn

Pohlmann. Die Ideenfindungsphase war nun abgeschlossen und ging in die Konzeptionsphase über mit dem Ziel, eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die Handlungsoption zu schaffen. Inhaltlich sollte dann ein genaues Konzept stehen inklusive aller relevanten Details zur Umsetzung. Unter anderem wurden Wirtschaftlichkeitsberechnungen angestellt und Vorschläge zur Markteinführung und zum Ressourcenmanagement gemacht. Dabei wurden die Studierenden mit großer Sorgfalt durch Prof. Dr. Burchard in Zusammenarbeit mit Impuls Consulting betreut. So konnten Erfahrungen und Erkenntnisse im Bereich der Unternehmensberatung geteilt und eine hohe Qualität der Ergebnisse sichergestellt werden.

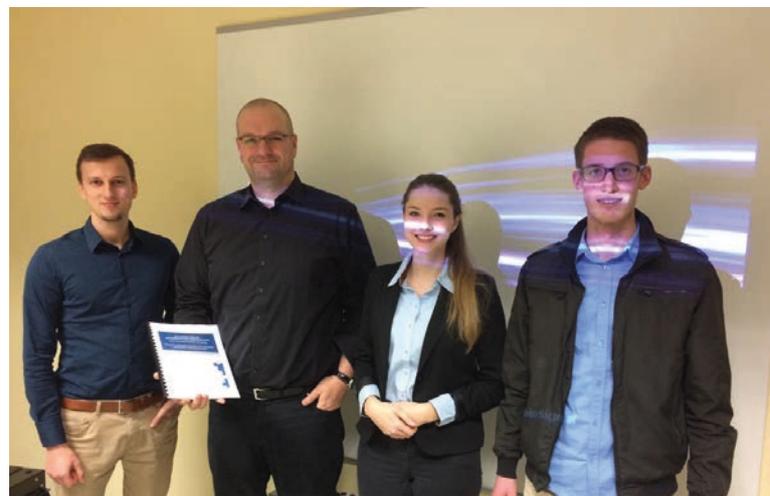


Abb. 5: v.l. David Rutz, Jens Pohlmann, Stephanie Paul, Tobias Verbaarschot

# DAS VERBRAUCHER- STREITBEILEGUNGSGESETZ

FB WIRTSCHAFT



Prof. Dr. Michael Hakenberg  
M.Hakenberg@hochschule-trier.de

## WIE WIRD SICH DIE SCHLICHTUNGSLANDSCHAFT IN DEUTSCHLAND VERÄNDERN?

Seit sich die Europäische Union der alternativen Streitbeilegung angenommen hat, ist sie in aller Munde. Darunter versteht man die Beilegung von Verbraucherstreitigkeiten ohne die Hilfe von Gerichten. Dieser, zur klassischen Konfliktlösung alternative Weg soll schneller, sozialverträglicher und preiswerter sein als der Gang zu Amts- oder Landgerichten. So lautet jedenfalls das Mantra der Befürworter der alternativen Streitbeilegung. Ob das stimmt, hängt entscheidend davon ab, wie Verbraucher und Wirtschaft die neuen Regelungen zur Streitbeilegung aufnehmen. Dies ist Gegenstand eines langfristigen Forschungsprojekts am Fachbereich Wirtschaft.

Die alternative Streitbeilegung ist schon lange aus den USA bekannt und hat, wie vieles von dort, seinen Weg nach Europa gefunden. Im Jahre 2013 hat der europäische Gesetzgeber die Richtlinie 2013/11/EU über alternative Streitbeilegung in Verbrauchersachen [ABl. L 165/63] erlassen, die vom deutschen Gesetzgeber mit dem Verbraucherstreitbeilegungsgesetz (VSBG) vom 19. Februar 2016 (BGBl. 2016 I S. 254) umgesetzt wurde. Es trat überwiegend am 1. April 2016 in Kraft und wird von manchen als Allheilmittel für Verbraucherstreitigkeiten, von anderen als bürokratischer Unsinn betrachtet.

Es gibt viele Formen der alternativen Streitbeilegung, von denen Mediation und Schlichtung die bekanntesten sind. Da erstere im Mediationsgesetz vom 21. Juli 2012 (BGBl. 2012 I S. 1577) geregelt



Studenten des Seminars Verbraucherrecht am Europäischen Gerichtshof

ist, befasst sich das VSBG vor allem mit der Schlichtung. Es verpflichtet den Gesetzgeber, ein lückenloses Netz von Verbraucherschlichtungsstellen zu schaffen. Lückenloses Netz heißt, dass es für jeden in Deutschland niedergelassenen Unternehmer eine Schlichtungsstelle geben muss, bei der betroffene Verbraucher eine Streitbeilegung beantragen können. Diese Regelung hat aber zwei Haken: Unternehmer sind nicht verpflichtet, sich an der freiwilligen Schlichtung zu beteiligen. Sie können es, müssen es aber nicht. Während manche Branchen für ihre Mitglieder bereits verpflichtende Schlichtungen eingeführt haben, etwa Versicherungen, Banken, Rechtsanwälte, sträuben sich andere noch. Insbesondere der Handel tut sich mit der Akzeptanz von Schlichtungsverfahren bisher schwer. Ein weiterer Haken ist die Anknüpfung an die Niederlassung des Unternehmers. Sie entscheidet über die vom Verbraucher anzurufende Schlichtungsstelle. Für alle Kunden von Amazon bedeutet dies, dass sie sich für eine freiwillige Verbraucherschlichtung nach Luxemburg wenden müssen, egal, wo in Europa sie wohnen. Ob das auf Dauer praktikabel ist, muss sich zeigen.

Das VSBG gilt für die außergerichtliche Beilegung von zivilrechtlichen Streitigkeiten zwischen einem Verbraucher und einem Unternehmer durch eine vom Bundesamt für Justiz anerkannte private oder behördliche Verbraucherschlichtungsstelle. Neben ausführlichen Vorschriften zu ihrer Zuständigkeit, ihren Verfahrensordnungen, den Qualifikationen von Streitmittlern und den Kosten regelt das Gesetz auch Verfahrensdauer und -beendigung. In der Regel, sofern die Verfahren nicht besonders komplex oder kompliziert sind, sollen sie in 90 Tagen abgeschlossen sein. Für jemanden, der schon einmal zwei Jahre auf ein erstinstanzliches Urteil gewartet hat, ist das eine echte Beschleunigung.



Das Verbraucherstreitbeilegungsgesetz

Das Schlichtungsverfahren endet wie es begonnen hat: freiwillig. Der Streitmittler macht letztendlich den Parteien einen Vorschlag, den diese akzeptieren können. Tun sie es, tritt an die Stelle der bisherigen Streitigkeit ein Vergleichsvertrag, tun sie es nicht, können sie ihre weiterhin unverjährten Ansprüche klassisch vor Gericht geltend machen.

Für den an Rechtstatsachen interessierten Forschenden und seine Studenten ergeben sich zahlreiche Fragestellungen, die eine nähere Untersuchung rechtfertigen:

#### WIE ENTWICKELT SICH DIE ZAHL DER ANERKANNTEN VERBRAUCHERSCHLICHTUNGSSTELLEN?

Es gibt in Deutschland eine variantenreiche Schlichtungslandschaft mit über 750 einzelnen Stellen, aber bis dato haben erst 22 die Anerkennung erhalten.

#### WIE WIRD DIE SCHLICHTUNG VON VERBRAUCHERN UND UNTERNEHMERN ANGENOMMEN?

Viele Verbraucher kennen die Möglichkeit, ihre Streitigkeiten kostenfrei schlichten zu lassen, noch nicht, obwohl sie darüber informiert werden müssten. Umgekehrt sind sich die Unternehmer dieser Möglichkeit bewusst, stehen ihr aber eher skeptisch gegenüber. Wünschenswert wäre es, wenn weitere Branchenverbände die Schlichtung für ihre Mitglieder in die Hand nähmen, wie das schon bei Banken, Versicherungen, im öffentlichen Nahverkehr etc. der Fall ist.

#### BESTEHT EINE INFORMATIONSPFLICHT?

Jeder Unternehmer, der eine Webseite betreibt, hat die Verbraucher auf die Schlichtungsmöglichkeit hinzuweisen. Leider



*Exkursion des Seminars Verbraucherrecht zum Wirtschaftsministerium in Berlin*

verstecken viele Internet-Auftritte diese Pflichtinformationen im Impressum, wo nun wirklich niemand danach schauen würde. Diese schlechte Gewohnheit gilt es statistisch zu dokumentieren.

#### WAS IST MIT DEN KOSTEN?

Das wohl größte Fragezeichen muss man bei den Kosten machen. Das VSBG fordert, dass die Schlichtung für den Verbraucher kostenlos sein soll. Allerdings stellt sich dann die berechtigte Frage, wer die Schlichtungsstellen bezahlt. Bis jetzt sind es der Bund und diejenigen Branchen, die für ihre Mitglieder deren Streitigkeiten zu schlichten anbieten. Aber kann das auf Dauer so bleiben?

Die Europäische Union hat nicht nur die Vorgaben des VSBG erlassen, sondern auch die Voraussetzung dafür geschaffen, die Schlichtung online durchzuführen. Unter <https://webgate.ec.europa.eu/odr/> findet man den Zugang zur ODR-Plattform (für Online Dispute Resolution) der EU. Hier kann jeder Verbraucher die für seine Streitigkeit zuständige Schlichtungsstelle finden, seinen Antrag einreichen und jederzeit den Stand des Verfahrens abfragen.

Das klingt wie Zukunftsmusik und nach Rechtsprechung durch softwaregesteuerte Roboter? Nein, die Schlichtungsvorschläge werden von Streitmittlern aus Fleisch und Blut gemacht, lediglich das Verfahren wird online, per E-Mail und mit eingescannten Dokumenten abgewickelt. Gleichwohl sind dies interessante neue Entwicklungen, die im Seminar Verbraucherrecht des Fachbereichs Wirtschaft aufmerksam verfolgt werden.

# AUSWIRKUNGEN DER REGULIERUNG DER CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN AUF DIE PRODUKTIONSPROGRAMM- PLANUNG DER AUTOMOBILINDUSTRIE

---

FB WIRTSCHAFT

---



Prof. Dr. Dominik Kramer  
[d.kramer@hochschule-trier.de](mailto:d.kramer@hochschule-trier.de)



Prof. Dr. Michael Keilus  
[m.keilus@hochschule-trier.de](mailto:m.keilus@hochschule-trier.de)

## 1. EINLEITUNG

Ziel der Produktionsprogrammplanung ist die Bestimmung des gewinnmaximalen Produktions- und Absatzprogramms eines Unternehmens. Die hierfür vorliegenden klassischen Modelle setzen auf der Marktseite idR konstante Stückdeckungsbeiträge sowie Absatzobergrenzen für die einzelnen Produkte voraus. Das Ressourcengefüge (Maschinenkapazitäten, Personal, Rohstoffe etc.) der Unternehmen wird über eine Schar von Restriktionen abgebildet. [1]

Neben diesen externen und internen Parametern sind bei der Planung jedoch häufig auch Vorgaben des Gesetzgebers zu berücksichtigen. Ein Beispiel hierfür ist die Automobilindustrie: Durch die EU-Verordnung zur Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen wird festgelegt, dass ab 2015 die Neuzulassungen eines PKW-Herstellers einen CO<sub>2</sub>-Emissionsdurchschnitt von 130 [gCO<sub>2</sub>/km] in der Flotte nicht überschreiten dürfen. Dieser Vorgabewert wird bis zum Jahr 2020 auf 95 [gCO<sub>2</sub>/km] gesenkt. [2]

Vor diesem Hintergrund ist die Produktionsprogrammplanung in der Automobilindustrie um die Berücksichtigung des Emissionsdurchschnitts zu erweitern. Diese Erweiterung und die Analyse ihre Auswirkungen auf das Produktionsprogramm sind Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Dabei gehen wir in folgenden Schritten vor: In Kapitel 2 wird das klassische Modell der Produktionsprogrammplanung um die Berücksichtigung der Durchschnittsemission erweitert. Die Änderungen des Planungsmodells werden vorgestellt, anschließend wird das Modell für durchschnittliche Planungssituationen gelöst. Die Lösungen werden analysiert. Kapitel 2 bildet damit den Status quo mit seine begrenzten Möglichkeiten

Segment	Ist-Emission gCO <sub>2</sub> /km	Marktanteil %	Ist-Preis tsd. €/ME	var. Kosten % vom Preis	Stück-DB % vom Preis	pk <sub>j</sub> normiert KE/ME	Programmanteil im Ist	
							UA in %	UB in %
Minis	107,4	8,1	11	80	20	1,0	8,1	6,0
Kleinwagen	111,2	15,4	14	75	25	1,2	15,4	
Kompaktklasse	117,9	27,9	20	70	30	1,4	27,9	21,0
Mittelklasse	127,3	14,0	27	65	35	1,6	14,0	24,0
Obere Mittelklasse	138,6	3,8	39	60	40	1,8	3,8	15,0
Oberklasse	172,5	1,0	78	55	45	2,0	1,0	5,0
SUVs	137,9	11,2	32	60	40	1,8	11,2	27,0
Geländewagen	162,7	8,5	50	55	45	2,0	8,5	
Sportwagen	187,8	1,4	42	55	45	2,0	1,4	2,0
Vans/Mini-Vans	122,9	5,8	20	70	30	1,4	5,8	
Großraum-Vans	142,6	2,9	24	65	35	1,6	2,9	

Tabelle 1: Datenbasis des Modells

zur Anpassung an die Gesetzesvorgabe ab. In Ergänzung dazu wird in Kapitel 3 das Modell um eine Innovationsfunktion erweitert, die die Möglichkeiten der Emissionsreduktion durch Forschung abstrahiert erfassen soll. Auch dieses Modell wird gelöst, die Ergebnisse werden wiederum analysiert. Die Ausführungen schließen mit einer kurzen Zusammenfassung der Ergebnisse in Kapitel 4.

## 2. EMISSIONSBERÜCKSICHTIGUNG BEI GEGEBENER TECHNOLOGIE

### 2.1. MODELLSTRUKTUR

Betrachtet wird eine Automobilhersteller, der in mehreren Marktsegmenten  $j, j \in \{1, 2, \dots, J\}$ , tätig ist. Eine weitere Produktdifferenzierung innerhalb der Segmente wird nicht vorgenommen. Der Hersteller möchte seine jährliche Produktions- und Absatzmenge je Segment  $x_j$  [ME] bestimmen. In Abänderung des klassischen Modells der Produktionsprogrammplanung wird dabei ein linearer Zusammenhang zwischen Absatzmenge und (durchschnittlichem) Verkaufspreis je Segment  $p_j$  [GE/ME] unterstellt [3]:

$p_j = a_j - b_j \cdot x_j \quad \forall j$ .  $a_j$  und  $b_j$  sind die Parameter der Preisabsatzfunktion. Stellt  $k_j^{var}$  [GE/ME] die durchschnittlichen variablen Produktionskosten in Segment  $j$  da, dann ergibt sich die Zielfunktion  $Z$  [GE] (der Deckungsbeitrag des Unternehmens) des Modells als:

$$(1) \quad Z = \sum_j (p_j - k_j^{var}) \cdot x_j \rightarrow \max!$$

Die Produktionskapazitäten werden pauschalisiert über eine Restriktion erfasst. Dabei bildet  $PK$  [KE] die im Jahr insgesamt zur Verfügung stehende Kapazitätseinheiten ab,  $pk_j$  [KE/ME] zeigt den Kapazitätsbedarf im Segment  $j$  je Mengeneinheit auf:

$$(2) \quad \sum_j pk_j \cdot x_j \leq PK$$

Abschließend ist das Modell um die Emissionsgrenze zu erweitern.  $CO_{2j}$  [gCO<sub>2</sub>/km] bildet die durchschnittliche Emission im Segment  $j$  ab,  $CO_{2j}^{max}$  [gCO<sub>2</sub>/km] ist der durch die Verordnung vorgegebene Grenzwert. Von der Möglichkeit, diesen Grenzwert zu überschreiten und dann eine Strafzahlung zu akzeptieren, wird abgesehen:

$$(3) \quad \sum_j CO_{2j} \cdot x_j \leq \sum_j CO_{2j}^{max} \cdot x_j$$

Das somit vorliegende nicht-lineare Modell ist unter Berücksichtigung der Nicht-Negativitätsbedingungen für Mengen und Preise zu lösen.

### 2.2. MODELLEDATEN

Automobilhersteller werden die für den Planungsansatz benötigten Daten relativ einfach erheben können, jedoch kein Interesse daran haben, diese Daten einer Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Deshalb wird im Folgenden ein theoretischer Datensatz erstellt, der u.a. auf den Veröffentlichungen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) basiert. Dieser Datensatz ist in Tabelle 1 angegeben. Die der Tabelle zugrunde liegende Segmentierung ist vom KBA übernommen. Gleiches gilt für die Werte der Ist-Emission [4] sowie der Marktanteile [Datenstand 2015]. [5] Die Ist-Preise wurden aus dem durchschnittlichen Wertverlust abgeleitet. [6] Die variablen Kosten wurden so geschätzt, dass sich die in der Tabelle angegebenen Stück-Deckungsbeiträge ergeben. Diesen Werten liegt die Überlegung zugrunde, dass Oberklassen-PKW tendenziell einen höheren Deckungsbeitrag erzielen als Klein- und Kompaktwagen. Wichtiger als die absoluten Werte

Parameter $CO_2^{max}$ gCO <sub>2</sub> /km	UA			UB		
	DB in %	Auslastung in %	Absatz in %	DB in %	Auslastung in %	Absatz in %
130	100	100	100	98	100	103
125	99	100	102	81	95	104
120	81	98	108	46	64	76
115	43	65	77	17	31	40
110	10	22	30	4	9	14

Tabelle 2: Modellergebnisse bei gegebener Technologie

bei Preis, Kosten und Deckungsbeiträgen sind die Relationen der Werte zueinander. Die unterstellten  $pk_j$ -Werte stehen in Relation zu den Deckungsbeiträgen, tendenziell ist also die Fertigung von Oberklasse-PKW zeitintensiver als die Fertigung von Klein- und Kompaktwagen.

Der Analyse werden zwei Musterunternehmen UA und UB zugrunde gelegt. Bei UA wird von einer Produktionskapazität von rd. 650.000 ME im Jahr ausgegangen. In der Ausgangssituation entsprechen die relativen Absatzzahlen von UA den Marktanteilen insgesamt. Die Fertigungskapazität  $PK$  wird so normiert, dass die 650.000 ME gemäß den angegebenen Anteiligkeiten sowie den  $pk_j$  genau produziert werden können. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass das Unternehmen aktuell ein optimiertes Absatzprogramm realisiert. Aus diesen Informationen können die Werte  $a_j$  und  $b_j$  eindeutig abgeleitet werden. Für UB gelten grundsätzlich die gleichen Überlegungen. Allerdings ist die Absatzmenge in der Ausgangslage kleiner (310.000 ME), ferner ist die Programmstruktur mehr in Richtung der höherpreisigen PKW verschoben. Das Produktionsprogramm von UA führt in der Ausgangslage zu einem  $CO_2$ -Wert von 127 [gCO<sub>2</sub>/km], das von UB zu einem Wert von 132 [gCO<sub>2</sub>/km].

### 2.3. MODELLERGEBNISSE

Das Modell wird mit den beschriebenen Daten für UA und UB berechnet. Dabei wird gemäß Tabelle 2 der Wert von  $CO_2^{max}$  im Intervall von 130 (aktuelle Vorgabe) bis 110 [gCO<sub>2</sub>/km] in Schritten von 5 variiert. Der nächst kleinere Wert von 105 ist nicht mehr realisierbar, da aktuell der niedrigste Emissionswert bei 107,4 (Minis) liegt. Für die so entstehenden zehn Optimierungsprobleme ergeben sich die in Tabelle 2 gezeigten Ergebnisse. Dabei werden

der Zielwert (Deckungsbeitrag DB) und die Absatzzahlen nicht absolut, sondern relativ bezogen auf den Wert der Ausgangslage angegeben.

Bei einem Vorgabewert von 130 [gCO<sub>2</sub>/km] werden die maximalen Deckungsbeiträge bei vollständiger Auslastung der Kapazitäten erzielt. Sinkt der Vorgabewert, so sinken damit einhergehend bei beiden Musterunternehmen die Deckungsbeiträge. Mit sinkenden Vorgabewerten sinkt auch die Auslastung, gleichzeitig steigen bei beiden Unternehmen zuerst die Absatzzahlen, um anschließend auch zu sinken. Die Auswirkungen sind bei UB deutlich stärker als bei UA.

Ursächlich für diese Entwicklung ist, dass beide Unternehmen versuchen, die sinkenden Vorgabewerte durch eine Steigerung der Absatzzahlen in den Segmenten mit geringer Emission zu erzielen, diese Entwicklung wird in Tabelle 3 durch die blauen Balken angezeigt. Die Steigerung der Absatzzahlen in diesen Segmenten wird durch Preissenkungen erzielt. Gleichzeitig werden die Absatzzahlen den Segmenten mit hoher Emission durch Preiserhöhungen reduziert. Erst wenn dieser Ausgleich nicht mehr möglich ist, werden die Preise in den zuerst genannten Segmenten wieder erhöht und gleichzeitig die Produktion in den letztgenannten Segmenten eingestellt. Da UB ein nur geringes Potential in den Segmenten mit geringer Emission hat, ist dieses Unternehmen von der Absenkung des Vorgabewerts deutlich stärker betroffen.

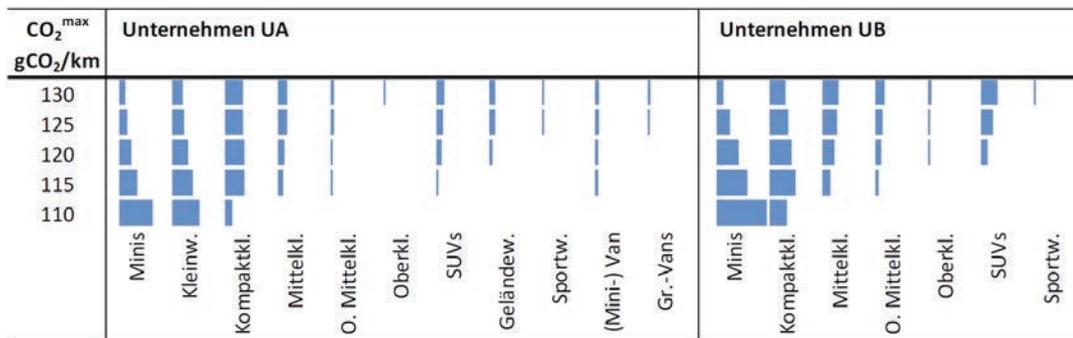


Tabelle 3: Segmentanteile am Gesamtabsatz

### 3. EMISSIONSBERÜCKSICHTIGUNG BEI VERÄNDERBARER TECHNOLOGIE

#### 3.1. ERWEITERUNG VON MODELLSTRUKTUR UND MODELLEDATEN

Die Ausführungen in Kapitel 2 haben verdeutlicht, dass sinkenden Vorgabewerte durch Umschichtungen im Absatzprogramm eingehalten werden können. Gleichzeitig wurde deutlich, dass der ab 2020 geltende Grenzwert von 95 [gCO<sub>2</sub>/km] aktuell nicht erreicht werden kann. Deshalb wird in nun das Modell um die Möglichkeit der Innovation erweitert: Durch Innovation wird es möglich, die CO<sub>2</sub>-Werte der Segmente zu senken.

Da im Vordergrund dieser Analyse ökonomische Auswirkungen stehen, wird die Innovation in kompakter und abstrakter Form abgebildet: Je Segment besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die Emissionen um maximal  $\alpha$  Prozent zu senken. Dazu ist eine Forschungsintensität  $f_j$  je Segment festzulegen.  $f_j$  ist dimensionslos und kann Werte zwischen 0 und 100 annehmen. Der Wert 0 bedeutet, dass in diesem Segment eine Weiterentwicklung unterbleibt und damit der CO<sub>2</sub>-Wert nicht sinkt. 100 markiert die maximale Forschungsintensität und führt zu einem Absinken des CO<sub>2</sub>-Werts um  $\alpha \cdot CO_{2j}$ . Bei Werten zwischen 0 und 100 folgt die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Werts  $\Delta CO_{2j}$  [gCO<sub>2</sub>/km] der Funktion:  $\Delta CO_{2j} = \alpha \cdot CO_{2j} \cdot f_j^{0,5} / 100^{0,5} \quad \forall j$ . Der Funktionsverlauf bringt zum Ausdruck, dass steigende Senkungen nur mit überproportionalem Einsatz der Forschungsintensität zu erzielen sind. Im Modell ist nun die Restriktion [3] wie folgt abzuändern:

$$[3a] \quad \sum_j (CO_{2j} - \Delta CO_{2j}) \cdot x_j \leq \sum_j CO_{2j}^{max} \cdot x_j$$

Weiterhin ist das Modell um eine Beschränkung der Forschungsintensität zu ergänzen:

$$[4] \quad \sum_j f_j \leq F$$

$F$  [dimensionslos] kennzeichnet ein festgelegtes Forschungsbudget, welches auf die einzelnen Segmente aufzuteilen ist. Es wird davon abgesehen, das Forschungsbudget zu bewerten, dieses kann nachträglich aus den Modellergebnissen im Einzelfall geschehen. Ferner wird aus Vereinfachungsgründen davon abgesehen, dass durch die Innovation die variablen Kosten sowie die Preis-Absatzfunktionen verändert werden.

#### 3.2. MODELLERGEBNISSE

Das erweiterte Modell wird mit den beschriebenen Daten für UA und UB berechnet. Dabei gilt in der ersten Runde  $\alpha = 30$  bzw. in der zweiten Runde  $\alpha = 50$ . Die Emissionsgrenze wird auf  $CO_{2j}^{max} = 95$  fixiert.  $F$  nimmt als Modellparameter Werte zwischen 50 und 300 in Schritten von 50 an. Tabelle 4 und Tabelle 6 zeigen die Ergebnisse an,

Parameter	UA			UB		
	Budget	DB Auslastung in %	Absatz in %	DB Auslastung in %	Absatz in %	Absatz in %
50	23	27	29	14	22	25
100	46	48	48	31	38	42
150	57	70	75	45	54	56
200	73	84	87	59	71	75
250	82	93	97	73	84	87
300	88	100	104	86	93	94

Tabelle 4: Modellergebnisse bei veränderbarer Technologie ( $\alpha = 30$ )

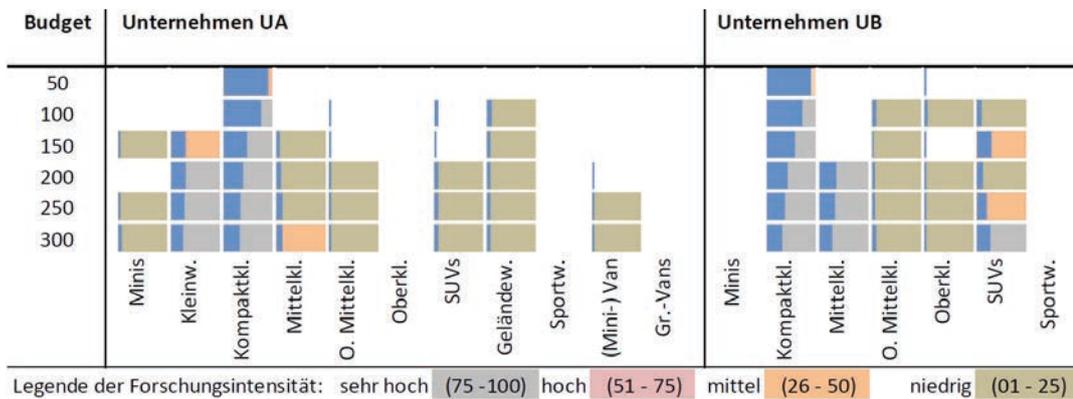


Tabelle 5: Segmentanteile sowie Forschungsintensität bei veränderbarer Technologie ( $\alpha = 30$ )

dabei werden die Werte wiederum in Relation zur Ausgangslage angegeben. Ist das Potential  $\alpha$  zur Absenkung der Emissionswerte gering, so muss mit großen Forschungsbudgets gearbeitet werden, um näherungsweise in die Deckungsbeitragsituation der Ausgangslage zu kommen.

Tabelle 5 zeigt die dabei optimalen Segmentanteile (blaue Balken) sowie die optimale Forschungsintensität in den einzelnen Segmenten an. Dabei zeigt sich, dass die Forschung breit über (fast) alle Segmente streut, der Kompaktklasse in beiden Unternehmen jedoch eine zentrale Bedeutung zukommt: Hier ist die Forschungsintensität, trotz des gewählten Funktionsverlaufs sehr hoch. Je knapper die Forschungsbudgets, umso größer ist die Bedeutung dieses Segments.

Parameter Budget	UA			UB		
	DB in %	Auslastung in %	Absatz in %	DB in %	Auslastung in %	Absatz in %
50	53	45	44	40	51	55
100	87	100	103	81	90	92
150	98	100	101	98	100	100
200	100	100	100	100	100	100

Tabelle 6: Modellergebnisse bei veränderbarer Technologie ( $\alpha = 50$ )

Liegt ein hohes Potential  $\alpha$  zur Absenkung der Emissionswerte vor (Tabelle 6), so gelingt es ab  $F = 200$ , wieder die Werte der Ausgangslage herzustellen.

Dabei streut die Forschung deutlich stärker über die einzelnen Segmente, wiederum kommt der Kompaktklasse eine zentrale Stellung zu (Tabelle 7).

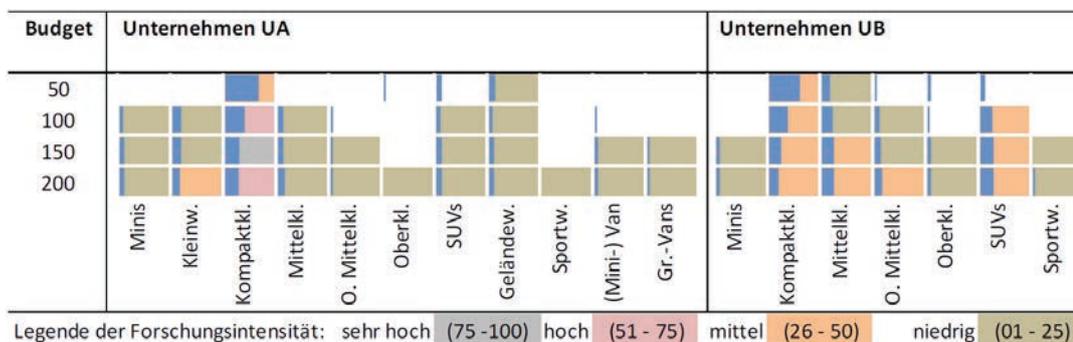


Tabelle 7: Segmentanteile sowie Forschungsintensität bei veränderbarer Technologie ( $\alpha = 50$ )

## 4. SCHLUSSBETRACHTUNG

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung waren die Auswirkungen der EU-Verordnung zur Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen auf die Produktionsprogrammplanung der Automobilindustrie. Dabei wurde ein Modellansatz erstellt, der die Auswirkungen der Verordnung als zusätzliche Restriktion abbildet. Anschließend wurde das Modell um die Möglichkeit der Innovation erweitert.

Beide Modellansätze wurden für beispielhafte Datensätze gelöst. Dabei zeigen sich signifikante Auswirkungen der Verordnung auf das Absatzprogramm. Ohne Innovation verschiebt sich die Programmzusammensetzung hin zu den kleineren Segmenten, die Verschiebung wird durch die Preispolitik flankiert. Der Zielwert für 2020 von 95 [gCO<sub>2</sub>/km] kann nicht erreicht werden. Mit Innovation sind deutliche Forschungsanstrengungen zu erwarten, um den Zielwert zu erreichen. Die Forschung streut breit über alle Segmente, bildet aber einen Schwerpunkt bei der Kompaktklasse.

## QUELLENANGABEN

[Nr. 443/2009 des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen.

[3] Vgl. Ewert, R., Wagenhofer, A. *Interne Unternehmensrechnung*, 8. Auflage, Berlin 2014, S. 85 ff. und S. 90 ff.

[4] Vgl. KBA, *Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emissionen der Pkw-Neuzulassungen in Deutschland im Jahr 2015 nach Segmenten (in Gramm pro Kilometer)*, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38983/umfrage/co2-emissionen-nach-fahrzeugklassen-neuzulassungen-pkw/> [zugegriffen am 21.12.2016].

[5] Vgl. KBA, *Anzahl der Pkw-Neuzulassungen in Deutschland im Jahr 2015 nach Segmenten*, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/316701/umfrage/pkw-neuzulassungen-in-deutschland-segmente/> [zugegriffen am 21.12.2016].

[6] Vgl. Diez, W., *Preispolitik in der Automobilwirtschaft, Vorlesung Master AUM Wintersemester 2012/2013*, S. 91 (basierend auf folgenden Quellen: Institut für Automobilwirtschaft (IFA) / ADAC / KBA).

# FACHBEREICH WIRTSCHAFT

## BAUT INTERNATIONAL BUSINESS AUS

---

### FB WIRTSCHAFT

---

Prof. Dr. Jörg Henzler  
[J.Henzler@hochschule-trier.de](mailto:J.Henzler@hochschule-trier.de)



Prof. Dr. Ute Nikolay  
[U.Nikolay@hochschule-trier.de](mailto:U.Nikolay@hochschule-trier.de)

Mit dem Studiengang International Business (IB) hat der Fachbereich Wirtschaft bereits seit über 30 Jahren einen erfolgreichen internationalen Studiengang etabliert und mit über 70 Partnerhochschulen weltweit ein großes Netzwerk an Kooperationspartnern aufgebaut. Neben International Business in Englisch (IBE) können die Studierenden auch IB in Französisch (IBF) und Spanisch (IBS) wählen. Vor dem Hintergrund der Dominanz globaler Themen in der Betriebswirtschaftslehre und auch der strategischen Ausrichtung der Hochschule, die das Thema „Internationalisierung“ als ein wesentliches Element definiert, hat der Fachbereich in den vergangenen zwei Jahren zusätzliche Anstrengungen unternommen, IB weiter auszubauen. Dabei spielt Asien mit dem Schwerpunkt China eine wichtige Rolle.

Über bereits bestehende Kooperationen mit Universitäten in Shanghai und Peking hinaus, ist es dem Fachbereich im Jahr 2016 gelungen zwei neue und sehr vielversprechende Kooperationspartner in Peking und Hong Kong zu finden. In Peking konnte die Beijing Foreign Studies University als Kooperationspartner gewonnen werden. Sie ist eine der renommiertesten staatlichen Universitäten in China, die im Rahmen von zwei Eliteprojekten besonders gefördert wird und neben der wirtschaftswissenschaftlichen Ausrichtung eine zentrale Rolle in der Ausbildung von Diplomaten spielt.

In Hong Kong konnte eine Kooperation mit dem Vocational Training Council (VTC), der größten Bildungsinstitution in Hong Kong, angestoßen werden, die zwischenzeitlich auf Ebene der gesamten Hochschule Trier vertraglich fixiert wurde und bereits von weiteren Fachbereichen der Hochschule genutzt wird. Das VTC ist mit rund 250.000 Schülern und Studierenden die einzige



staatlich unterstützte Institution in Hong Kong, die vom Kindergarten bis zur universitären Ausbildung ein extrem weites Spektrum an Angeboten hat. Eine bereits bestehende Kooperation mit dem Balthasar-Neumann-Technikum Trier zeigt das besondere Interesse der VTC an Trier und bietet weitere Anknüpfungspunkte im Technikbereich. Das Interesse an der Hochschule Trier wird durch den Besuch einer Delegation des VTC und Vertretern des Bildungsministeriums in Hong Kong unterstrichen. Besonders hier bieten sich vorteilhafte Rahmenbedingungen, die der Fachbereich Wirtschaft zukünftig im Rahmen seiner internationalen Ausrichtung ausbauen könnte.

Um die Kooperationsmöglichkeiten im asiatischen Raum und das spürbar wachsende Interesse der Studierenden an Asien und China stärker nutzen zu können, hat sich der Fachbereich im Jahr 2016 entschlossen, diesen Schwerpunkt auch personell deutlich zu verstärken. Dabei ist es gelungen mit Frau Yang Liu-Gerhards eine neue Lehrkraft für besondere Aufgaben mit Schwerpunkt Asien und China zu gewinnen. Sie hat bereits im Sommersemester 2017 sowohl Chinesisch als Sprache als auch Veranstaltungen zum Thema Business & Economics in China und Asien anbieten. Frau Liu-Gerhards blickt auf 12 Jahre Berufserfahrung im Finanzsektor in Luxemburg zurück und ist Chartered Financial Analyst (CFA). Ihr beruflicher Weg führte sie vor ihrer Zeit in Luxemburg durch die Bereiche Personal und Rechnungswesen in Unternehmen in China. Mit Frau Liu-Gerhards und den Kooperationspartnern in Peking, Shanghai und Hong Kong hat der Fachbereich Wirtschaft nun die Möglichkeit einen weiteren Schritt im Rahmen der Internationalisierung zu gehen und sowohl von der Attraktivität Asiens für Studierende als auch vom großen Interesse der Kooperationspartner an Trier zu profitieren.

Um über China hinaus auch den südost-asiatischen Raum einzubinden, wurden im Rahmen des vom DAAD organisierten Networking Forum EU-Higher Education Cooperation between Germany and South East Asia in Hanoi (28.10.-6.11.2016), Kontakte zu verschiedenen Hochschulen in Süd-Ost-Asien geknüpft, insbesondere auch in Vietnam, wo bereits ein Kooperationsvertrag mit der Foreign Trade University (Hanoi und Ho Chi Minh Stadt) besteht. Das Interesse der aufstrebenden Länder an Kooperationen mit Deutschland, darunter auch mit Trier, ist groß. Als Hürde wird die Finanzierung der Kooperation gesehen, da diese Hochschulen und auch die Studierenden meist über wenig finanzielle Mittel verfügen. Es ist daher geplant, mit einem oder mehreren Partnern ein Erasmus+ Projekt zu erarbeiten, sowie es bereits mit Marokko erfolgreich realisiert wurde.





**UMWELT-CAMPUS**  
**BIRKENFELD**  
BERICHTE



# LIFE-IP ZENAPA

## ZERO EMISSION NATURE PROTECTION AREAS

---

FB UMWELTWIRTSCHAFT /  
UMWELTRECHT  
INSTITUT FÜR  
ANGEWANDTES STOFF-  
STROMMANAGEMENT (IFAS)

---



Prof. Dr. Peter Heck  
[ifas@umwelt-campus.de](mailto:ifas@umwelt-campus.de)



M.Sc. Dipl. BW (FH) Markus Blim  
[m.blim@umwelt-campus.de](mailto:m.blim@umwelt-campus.de)

**PROJEKT BETREUER/INNEN:**  
*M.Sc., Dipl. BW.(FH) Thomas Anton  
Dipl. BW. (FH) Stefanie Erbach  
B. Sc. Christina Morlo*

Zum 1. November 2016 wurde im Rahmen des EU-Förderprogramms für Umwelt, Naturschutz und Klimapolitik „LIFE“ das Projekt „LIFE-IP ZENAPA - Zero Emission Nature Protection Areas“ bewilligt. Antragsteller und Projektleiter ist das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS), unter Leitung von Prof. Dr. Peter Heck. Das IfaS ist ein In-Institut der Hochschule Trier am Standort Umwelt-Campus Birkenfeld.

### AUSGANGSLAGE

Das IfaS beschäftigt sich seit mehr als 15 Jahren mit der Optimierung von Stoffkreisläufen, regionalen Wertschöpfungseffekten und engagiert sich für die Umsetzung von Null-Emissionsprojekten.

Dass die Energiewende und Klimaschutz auch Auswirkungen auf die Biodiversität und den Naturschutz haben können, wurde in den letzten Jahren immer deutlicher. LIFE-IP ZENAPA greift dieses Spannungsfeld auf, macht den Zusammenhang sichtbar und wird nach Lösungen suchen, wie Klima-, Natur- und Artenschutz mit der Energiewende in Einklang gebracht werden können.

### PROJEKTZIELE

Das Projekt zielt auf die CO<sub>2e</sub>-Neutralität von Großschutzgebieten, u. a. Nationalparks, Biosphärenreservate, Naturparks und deren umliegende Regionen, ab. Wesentliche Vorgabe ist die Umsetzung der nationalen und europaweiten Klimaschutzziele

(CAP 2020 und CPP 2050) unter Berücksichtigung der nationalen und europäischen Biodiversitäts- und Bioökonomiestrategien.

Weiterhin werden die folgenden Projektziele verfolgt:

- Ausgleich konkurrierender Interessen zwischen Klimaschutzmaßnahmen sowie Natur- und Umweltverträglichkeit im Raum durch eine regionale Klimaschutzstrategie und zugeordneten pragmatischen Maßnahmen,
- Entwicklung einer Ombudsfunktion in den Bereichen Klimaschutz und Biodiversität der Großschutzgebiete für den ländlichen Raum sowie für semi-urbane Räume,
- Transformation von Naturschutz-Großschutzgebietsregionen hin zu einer Klimaschutzregion mit freiwillig vereinbarten Klimazielen [auf Basis von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten],
- Ausgleich der Wirkung z. B. von „klimarelevanten“ Verboten im Großschutzgebiet durch die Einbindung und Weiterentwicklung der umgebenden Region,
- Stärkung der wirtschaftlichen Entwicklung und Reduktion von Verlusten entlang der klimawirksamen Wertschöpfungsketten,
- Implementierung von Maßnahmen mit Klimaschutz- und Biodiversitätseffekten in Großschutzgebietsregionen.

## ECKDATEN UND PARTNER

Das intergierte Projekt erstreckt sich über einen Zeitraum von acht Jahren und verfügt über einen Etat von rund 17 Millionen Euro, wovon über 8 Millionen Euro von der EU gefördert werden. Die Restsumme wird aus Eigenmitteln der Partner und von vier Ko-Finanzierern (Stiftung Natur und Umwelt Rheinland-

Pfalz, OIE AG, KSB AG, Berliner Senat) zur Verfügung gestellt. Neben dem IfaS besteht das Konsortium aus weiteren elf Partnern aus acht Bundesländern sowie dem Großherzogtum Luxemburg:

1. ANE - Akademie für Nachhaltige Entwicklung (Nationalpark Müritz/Mecklenburg-Vorpommern)
2. Bergischer Abfallwirtschaftsverband (NRW-Projekt:metabolon und Naturpark Bergisches Land/ Nordrhein-Westfalen)
3. Bezirksverband Pfalz (Biosphärenreservat Pfälzer Wald/Rheinland-Pfalz)
4. Biosphärenzweckverband Bliesgau (Biosphärenreservat Bliesgau/Saarland)
5. Geopark Porphyryland. Steinreich in Sachsen e.V. (Geopark Porphyryland/Sachsen)
6. LfU - Landesamt für Umwelt des Landes Brandenburg (Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin/Brandenburg & Naturpark Barnim/Brandenburg/Berlin)
7. Nationalparkamt Hunsrück-Hochwald (Nationalpark Hunsrück-Hochwald/Rheinland-Pfalz)
8. Natur- und Geopark Vulkaneifel GmbH (UNESCO Geopark Vulkaneifel/Rheinland-Pfalz)
9. Naturstiftung David (Naturschutzprojekt Hohe Schrecke/Thüringen)
10. Syndicat pour l'aménagement et la gestion du Parc Naturel du Mëllerdall (Naturpark Mëllerdall, Großherzogtum Luxemburg)
11. Verbandsgemeinde Rhaunen (Modellkommune aus Rheinland-Pfalz)

Die Projektkulisse umfasst die aufgeführten Großschutzgebiete sowie die angrenzenden Landkreise und erstreckt sich somit über 10 % der Gesamtfläche von Deutschland.

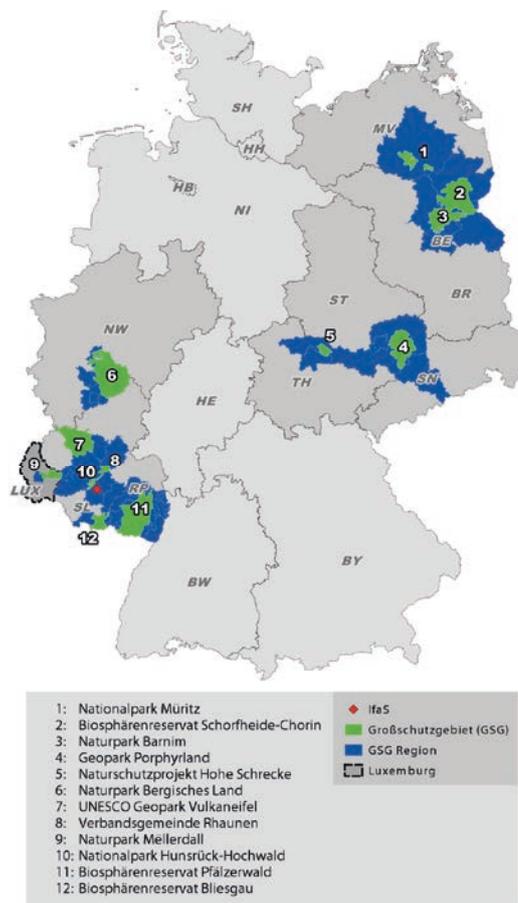


Abb. 1: Die Projektkulisse von LIFE-IP ZENAPA

## UMSETZUNGSAKTIVITÄTEN

Jeder der 12 Projektpartner verfügt über einen individuellen Maßnahmenplan, der in der achtjährigen Projektlaufzeit umzusetzen ist. Allen gemein ist dabei die Einführung von nachhaltiger Beschaffung in der Partnerorganisation. Ebenfalls verfügt jeder Projektpartner über einen lokalen **Klimawandelmanager** zur Koordination des Umsetzungsprozesses vor Ort. Zu ihren Aufgaben gehört der gezielte Aufbau regionaler Kompetenzen, u. a. durch Workshops und Veranstaltungen. Damit einhergehend und durch eine intensive Öffentlichkeitsarbeit wird die Bewusstseinsbildung in allen Akteurs- und Anspruchsgruppen nachhaltig beeinflusst.

Die Grundlage der Maßnahmenumsetzung im Rahmen von LIFE-IP ZENAPA bilden **Masterpläne**, die für jede der zwölf Partnerregionen entwickelt werden. Im Rahmen der Masterplanentwicklung werden regionsspezifische Einzelmaßnahmen vorbereitet. Hierauf aufbauend erfolgt die Detail- bzw. Umsetzungsplanung durch sog. **Strategischen Biodiversitäts- und Klimaschutzkonzepte**, die auf integrierten Quartierskonzepten nach der Methodik der KfW basieren. Diese werden für 90 Kommunen erstellt und liefern ebenfalls eine ökonomische Grundlage für die spätere Maßnahmenumsetzung. Neben der Analyse der Potenziale fließen bei den Masterplänen und Konzepten, Biodiversitäts- und Naturschutzaspekte in die Erstellung ein und ergänzen die Ergebnisse um diesen Faktor. In Summe bilden diese letztendlich die Basis für die Implementierung von Modellprojekten in einer Vielzahl unterschiedlicher Handlungsfelder, die im Folgenden beispielhaft alphabetisch aufgelistet sind:



Abb. 2: Wesentliche Projektbausteine von LIFE-IP ZENAPA

- Artenreiche Energiepflanzen,
- Aufschlussverfahren für Biomasse,
- Biokohleproduktion,
- Elektromobilität,
- Energieeffizienz (Dämmmaßnahmen, LED-Beleuchtung für Gebäude, Straßen und Sportanlagen),
- Energiehecken,
- Innovative Speichersysteme,
- Kläranlagen,
- Low Carbon Meat,
- Nahwärmeversorgung,
- Natürliche Baustoffe,
- Rotmilanmanagement,
- Strom- und Wärmeproduktion auf Basis Erneuerbarer Energien.

LIFE-IP ZENAPA zielt auf eine breite Umsetzung von Maßnahmen, nicht nur durch die eigentlichen Projektpartner, sondern auch durch öffentliche Träger, Unternehmen, Gastronomie, Landwirtschaft, Tourismus und insbesondere Bürger, in den Zielregionen ab. Um dies zu forcieren und möglichst viele Stakeholder im Projektgebiet zu erreichen, werden durch jeden Partner zahlreiche thematische **Kampagnen** sowie das Programm „**1.000 Solardächer**“ durchgeführt. Durch den Projektetat können ausschließlich die Kosten der Projektpartner zur Realisierung des eigenen Maßnahmenplans gedeckt werden. Um auch den genannten Zielgruppen außerhalb des Projektkonsortiums eigene Projekte zu ermöglichen, widmet sich LIFE-IP ZENAPA ferner dem Thema Finanzierung und entwickelt korrespondierende Organisationsmodelle.

Damit die Wertschöpfung durch die Maßnahmenumsetzung in der Region bleibt, werden **innovative Finanzierungsmodelle** (z. B. revolving Fonds, Maar & Moor Futures) und **regionale Energiegesellschaften** geplant und umgesetzt. Mit der Gründung der Wurzener Land-Werke GmbH wurde eine solche Energiegesellschaft in der Region des Geoparks Porphyryland bereits erfolgreich gegründet. Die Entwicklung regionaler Fonds sowie das **Zertifizierungsmodell: Klima- und Artenschutz** werden tragende Säulen zur Finanzierung von Maßnahmen durch unterschiedliche Anspruchsgruppen im Einzugsgebiet der Projektpartner sein. In der ersten Projektphase entwickelt das IfaS ein Zertifikat, das Kriterien der CO<sub>2e</sub>-Einsparung und Effekte auf den Artenschutz bewertet. Gleichfalls erfolgt die monetäre Bewertung dieser Kriterien sowie die Definition der Verpflichtungen (z. B. Zeitraum der Projektbindung), die ein Träger eines zu finanzierenden Projekts eingehen muss. Um die Werthaltigkeit und Qualität der Zertifikate zu gewährleisten, wird ein unabhängiger Validerer mit der Überprüfung der entwickelten Methodik beauftragt. Angeboten werden die Zertifikate auf dem freiwilligen Markt für Emissionsrechte (VER: Verified Emission Reductions). Zu den potenziellen Käufern zählen insbesondere Unternehmen, die im Rahmen Ihrer CSR-Politik (Corporate Social Responsibility) über ihre gesetzlichen Verpflichtungen hinaus Emissionsrechte kaufen.

Vielfältige Maßnahmen zum **Capacity Building, Training und Öffentlichkeitsarbeit** begleiten kontinuierlich den Umsetzungsprozess von LIFE-IP ZENAPA. Diese forcieren die Entstehung eines Informations- und Kompetenznetzwerks zum Erfahrungsaustausch und gegenseitigen Lernen. Darüber hinaus wird die Schaffung von Kooperationen unter den Partnern angestrebt,

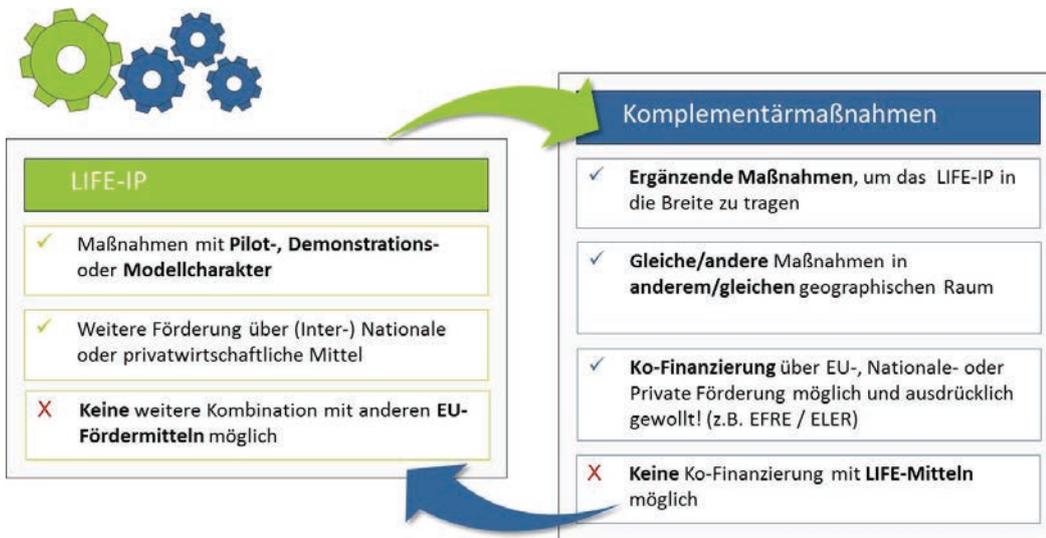


Abb. 3: Das Zusammenwirken von LIFE-IP und den Komplementärmaßnahmen

um gemeinsam Projektideen zu entwickeln und umzusetzen.

Als weitere Projektverstärkung werden, mithilfe einer öffentlichkeitswirksamen Berichterstattung und Informationsbereitstellung, Nachahmungseffekte ausgelöst, um auf diese Weise auch nach Projektende einen weiteren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele des Bundes und der EU leisten zu können.

Bereits in der Phase der Antragstellung war der Europäischen Kommission darzulegen, wie der Wirkungskreis des Projektes über die Projektregion und -laufzeit hinaus über sog. Komplementärprojekte erweitert werden kann. Komplementärprojekte sind ergänzende Maßnahmen zum eigentlichen LIFE-IP Projekt, die gleichfalls zur Umsetzung der gesetzten Schutzziele beitragen, indem gleichartige Maßnahmen im Hinblick auf Biodiversität, Bioökonomie und Klimaschutz durchgeführt werden. Über Komplementärmaßnahmen können neue Kooperationen angestoßen, miteinander vernetzt und die Projektidee über die Projektkulisse hinaus verbreitet werden. Förderung erhalten die Komplementärmaßnahmen von Seiten der Europäischen Union und nationalen öffentlichen oder privaten Geldgeber.

Der Innovationsmotor und Koordinator des Projektes ist das IfaS am UCB. Dieses wird die projektübergreifenden Maßnahmen ausüben und somit als Drehscheibe aller eingebunden Akteure fungieren. Neben dem Monitoring der Projektauswirkungen und dem Projektfortschritt, wird das IfaS von einem Monitoring-Team der Europäischen Kommission geprüft. Darüber hinaus stellt das Institut die Öffentlichkeitsarbeit, wie z. B. den Internetauftritt oder Kinderklimaschutzkonferenzen, oder das Projektmanagement sicher. Der Standort am Umwelt-Campus Birkenfeld wird

allen Partnern als Ideenschmiede, z. B. für die Neuentwicklung von Komplementärprojekten, dienen. Die wechselseitigen Impulse aus den Bereichen Technik, Wirtschaft und Umwelt, seitens der Hochschule Trier, können aktiv mit Erfahrungen und Ideen aus dem Nationalpark Hunsrück-Hochwald sowie der Modellkommune Rhaunen verschmelzen und in innovativen Projekten umgesetzt werden. Die Ergebnisse des Projektes NEMO zur Einführung von Elektromobilität und Carsharing am UCB, wird LIFE-IP ZENAPA aufgreifen und weiter ausbauen indem ein Elektromobilitätszentrum mit PV-betriebener Ladestation vor Ort entsteht. Ergänzend zu dieser Maßnahme werden konventionelle Fahrzeuge vom IfaS auf Elektroantrieb umgerüstet. Erste Arbeiten für die Errichtung des Zentrums sowie Umwandlung eines Land Rovers wurden bereits durchgeführt.

## AUFTAKTVERANSTALTUNG

Im Beisein von Regierungsvertretern aus Luxemburg, Rheinland-Pfalz, Saarland und Nordrhein-Westfalen fiel am 30. März 2017 am Umwelt-Campus Birkenfeld der öffentliche Startschuss des Projektes. Die LIFE-IP ZENAPA Auftaktkonferenz fand vor rund 300 Teilnehmern statt. Erste Projekterfolge aus der Elektromobilität, wie bspw. der umgerüstete Land Rover, wurden der Presse präsentiert. Ferner wurden den Besuchern weitere Projektfortschritte oder Anregungen zur Initiierung von Projekten vorgestellt. Ergänzt wurde die Veranstaltung mit einer Fachausstellung, welche den Interessierten Anschauungsobjekte und Auskünfte zu den Thematiken Elektromobilität, Up-Cycling, elektrische Arbeitsgeräte, Artenschutzprodukte, etc. bereitstellte.



Abb. 4: Umgerüsteter Land Rover;  
luxemburgische Umweltministerin Carole Dieschbourg und  
rheinland-pfälzischen Umweltstaatssekretär Dr. Thomas Griese

In der konferenzbegleitenden Pressekonferenz stellten die Regierungsvertreter und Verantwortlichen der Partnerregionen übereinstimmend fest, dass LIFE-IP ZENAPA durch seine Komplexität sowie die unterschiedlichen Partner und Handlungsfelder langfristig wichtige regionale Entwicklungsimpulse auslösen wird. Die Partner eint die Überzeugung, dass es im Projekt gelingen wird, Zielkonflikte von Klima-, Natur- und Artenschutz und den Anforderungen der Energiewende aufzulösen. An der LIFE-IP ZENAPA Pressekonferenz nahmen neben Prof. Dr. Peter Heck, Herr Bernd Decker als Vertreter der Europäischen Kommission, die luxemburgische Umweltministerin Carole Dieschbourg, der saarländischer Umweltminister Reinhold Jost, der rheinland-pfälzische Umweltstaatssekretär Dr. Thomas Griese, Ministerialdirigent Dr. Martin Woike vom nordrhein-westfälischen Umweltministerium, der Leiter des Nationalparkamts Hunsrück-Hochwald, Dr. Harald Egidi, sowie der Geschäftsführer der Stiftung Natur und Umwelt Rheinland-Pfalz, Jochen Krebühl, teil.

## AUSBLICK

Die Anschubfinanzierung durch die EU und die Partner sollen nicht nur helfen die Projektziele von LIFE-IP ZENAPA zu erreichen, sondern bilden einen Hebel zur Akquise und Umsetzung weiterer Investitions- und Forschungsvorhaben. Für diese sogenannten „Komplementärprojekte“ wurden bereits Fördersummen im dreistelligen Millionenbereich avisiert. Diese Mittel sollen die künftige Fortführung des Projektes auch nach Ende der Förderperiode in den Partnerregionen sichern, sowie zu einer Verbreitung der Ideen und Konzepte über die Grenzen von Deutschland und Luxemburg hinaus in weitere Europäische Staaten führen.



Abb. 5: Die Eröffnung der LIFE-IP ZENAPA-Konferenz durch  
Prof. Dr. Peter Heck

Weiterführende Informationen finden Sie unter [www.zenapa.eu](http://www.zenapa.eu).

# KINDERKLIMASCHUTZKONFERENZ RHEINLAND-PFALZ

---

FB UMWELTWIRTSCHAFT /  
UMWELTRECHT  
INSTITUT FÜR  
ANGEWANDTES STOFF-  
STROMMANAGEMENT (IFAS)

---



*Dipl.-Biol. Mona Dellbrügge*  
*m.dellbruegge@*  
*umwelt-campus.de*

## ZIELE

Das Ziel der Kinderklimaschutzkonferenz liegt darin, die Kinder für einen verantwortungsvollen Umgang mit Energie und natürlichen Ressourcen zu sensibilisieren.

Es werden Maßnahmen aufgezeigt, die eine CO<sub>2</sub>-Reduktion herbeiführen und dabei noch Geld einsparen. Die Kinder setzen sich aktiv und praktisch mit den Problemen, aber auch mit den entsprechenden Lösungsansätzen auseinander. Daraus soll eine anhaltende Änderung des Denkens und Verhaltens resultieren. Konkret kann so u. a. der Energieverbrauch der Schulen gesenkt werden.

Ebenso wird das Wissen durch die Schüler/-innen auch auf die privaten Haushalte übertragen (Multiplikatoreffekt).

## AUFBAU DES PROJEKTES

Durch die aktive Auseinandersetzung wird ein echter Wissensschatz geschaffen, auf den die Lernenden ihr Leben lang zurückgreifen können. Am Projekttag wird Wissen zu den Themen Klimawandel, Energiesparen und Erneuerbare Energien vermittelt.

Die Konferenz wird im Anschluss zum Projekttag zur Reflexion und Vertiefung der Themen genutzt. Eine solche Konferenz fand parallel zur Weltklimakonferenz 2015 mit der damaligen Frau Ministerin Lemke im Ratssaal des Mainzer Rathauses statt. Begleitet werden die Kinderklimaschutzkonferenzen durch das Maskottchen Kuno der Eisbär, der den Kindern helfen soll, die Problematik der globalen Erderwärmung besser zu verstehen.

Wie ist Ihr Gesamteindruck der Veranstaltung?

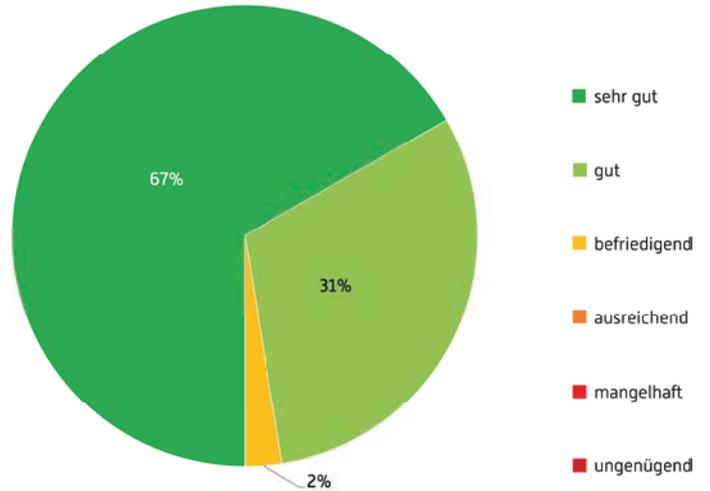


Abb. 1: Befragung der Lehrer/-innen, die an dem Projekt teilgenommen haben zum Gesamteindruck des Projekttag an ihrer Schule

## PROJEKTERGEBNISSE

Das Projekt Kinderklimaschutzkonferenz RLP hat gezeigt, dass sich die Kinder sehr für die Thematik interessieren und die Inhalte nachvollziehen können. Darüber hinaus sind die Kinder engagiert, die erlernten Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen. Wie die Befragung der Lehrer/-innen ergab, hält dieses Engagement auch nach dem Projekttag an. Auch die Lehrer/-innen konnten neue Erkenntnisse hinzugewinnen und setzen diese um. Insbesondere das Interesse an weiteren Veranstaltungen aller Projektschulen unterstreicht den Nutzen des Projektes. In mehreren Landkreisen gab es eine höhere Anzahl an Bewerbungen als verfügbare Plätze, was ebenfalls das Interesse an einer Fortsetzung des Projektes zur Integration von Klimaschutz im Unterricht zeigt.

## LEITFADEN

Basierend auf den Erfahrungen der IfaS-Mitarbeiter/-innen während der zweijährigen Projektzeit wird veranschaulicht, wie das Thema Klimaschutz in den Unterricht an Grundschulen integriert werden kann. Dabei werden Hintergrundinformationen für Lehrer/-innen geliefert. Zudem wird an konkreten Beispielen erläutert, wie die unterschiedlichen Sachverhalte den Kindern begreifbar gemacht werden können.



Abb. 2: Aktive Unterrichtsgestaltung zum Thema Klimaschutz und mögliche Maßnahmen

# UMWELT-CAMPUS ENTWICKELT NACHHALTIGKEITSSTRATEGIEN

## UCB SEIT NOVEMBER 2016 PARTNER IM NETZWERK RENN.WEST

---

FB UMWELTWIRTSCHAFT /  
UMWELTRECHT

---



Prof. Dr. Klaus Helling  
k.helling@umwelt-campus.de

In Deutschland gibt es eine Vielzahl von Akteuren, die sich für eine nachhaltige Entwicklung einsetzen. Ihre Themen sind so vielfältig wie die Akteure selbst. Allen gemein ist jedoch das Motiv einer Veränderung unserer Wirtschafts- und Lebensweise, damit auch nachkommende Generationen eine intakte ökologische, soziale und ökonomische Welt und Gesellschaft vorfinden. Viele gute Projekte und Ideen sind entstanden, die im Kleinen wie im Großen wirken, sich aber in vielen Fällen nur langsam verbreiten. Um die Verbreitung und Vernetzung der Projekte und Akteure zu fördern, hat der Rat für nachhaltige Entwicklung (RNE) auf Bitten der Bundesregierung vier Regionale Netzstellen Nachhaltigkeitsstrategien (RENN) zur Förderung vorgeschlagen. Das Projekt hat zunächst eine Laufzeit von fünf Jahren und endet im Jahr 2021.

### AUFGABEN DER RENN

Die RENN sind eine regional organisierte Informations- und Aktions-Plattform für nachhaltige Entwicklung. Ihre Arbeit basiert auf den Zielen der Agenda 2030 mit ihren 17 Sustainable Development Goals (SDG), an denen sich auch die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie orientiert. Sie:

- Vernetzen Akteure und bündeln den gesellschaftlichen Dialog
- Geben Impulse für eine gesellschaftliche Transformation
- Fördern Innovation, Strategien, Projekte und den Austausch von Ideen und
- Stärken den Informationsfluss zwischen Akteuren und Initiativen auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene.



Michael Matern M.A.  
m.matern@umwelt-campus.de

Ihre jeweiligen Themenschwerpunkte legen die RENN für sich selber fest.

## ORGANISATION UND STRUKTUR

Der RNE wurde vom Bund im Jahr 2016 mit der Auswahl von vier RENN beauftragt und hat hierzu Vorschläge der Länder eingeholt. Im Anschluss und ein förmliches Bewerbungsverfahren durchgeführt. Die Wahl fiel auf bestehende, im Bereich Nachhaltigkeit bereits arbeitende, vorrangig zivilgesellschaftliche Einrichtungen, die die Aufgabe der regionalen Vernetzung übernehmen. Damit sollen Doppelstrukturen vermieden werden.

Eine geografisch gleichmäßige Verteilung und der Zusammenschluss von mehreren Bundesländern bilden das Grundgerüst der RENN. Sie greifen derzeit auf ein Netzwerk von 20 Partnern aus 16 Ländern zurück. Unter dem Dach der einzelnen RENN vereinigen sich Akteure aus den jeweiligen Partnerländern, die gemeinsam Themen aufgreifen, bearbeiten und Ideen umsetzen.

Unterstützt werden sie dabei von der RENN-Leitstelle beim RNE. Diese begreift sich als „überregionaler Netzknoten“ und Dienstleister, fördert die bundesweite Wirkung des Projektes und bewertet auf Bitte des Zuwendungsgebers den Stand der Arbeit der vier RENN fachlich.

Die Regionale Netzstelle Nachhaltigkeitsstrategien West (RENN.west) fördert die Kommunikation über Nachhaltigkeitskonzepte und gestaltet mit Diskursergebnissen Nachhaltigkeitsprozesse in Nordrhein-Westfalen, Hessen, Rheinland-Pfalz, dem Saarland

und auf Bundesebene mit. Unser Ziel ist es, durch aktive Vernetzungs- und Informationsarbeit eine nachhaltige Entwicklung in unserer Region gelebte Praxis werden zu lassen. Wir sind davon überzeugt, dass eine nachhaltige Entwicklung in Deutschland nur durch akteurs- und themenübergreifende Zusammenarbeit gelingen kann. Zentrale Bezugspunkte unseres Engagements sind die 2015 von der Staatengemeinschaft verabschiedete Agenda 2030 sowie die Nachhaltigkeitsstrategien auf Bundes- und Landesebene. Mit unseren Veranstaltungen entwickeln wir innovative Ideen und zukunftsweisende Lösungsansätze für eine sozial-ökologische Transformation, machen diese bekannt und bringen sie in Nachhaltigkeitsdiskurse ein. In einem kontinuierlichen und lösungsorientierten Dialog bündeln wir Ideen und Konzepte und geben damit Impulse zur Weiterentwicklung der deutschen Nachhaltigkeitsarchitektur.

Mit insgesamt sieben Partnerorganisationen in den Bundesländern Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und dem Saarland verfügen wir über ein weit verzweigtes Netzwerk und eine breite Fachkompetenz, um die sozial-ökologische Transformation in unserer Region voranzutreiben. Unter Trägerschaft der Landesarbeitsgemeinschaft Agenda 21 NRW e.V. (LAG 21 NRW) kooperieren für die Arbeit der RENN.west die Arbeitsgemeinschaft Natur- und Umweltbildung (ANU) Hessen e.V., die Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH, das Entwicklungspolitische Landesnetzwerk Rheinland-Pfalz (ELAN) e.V., die Europäische Akademie Otzenhausen (EAO) gGmbH, Germanwatch e.V. sowie der Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier. Das zentrale Büro des Netzwerkes befindet sich in Bonn. Am Umwelt-Campus angesiedelt ist das Büro für das Subnetz Rheinland-Pfalz/Saarland.



*Die Vertreter der sieben RENN.west-Netzwerkpartner und ihre Mitarbeiter*

Der Umwelt-Campus ist damit deutschlandweit die einzige Hochschule in diesem Netzwerk. Die Beteiligung in RENN.west eröffnet Studierenden des UCB zahlreiche Möglichkeiten der Mitarbeit, sei es über Projektarbeiten, Bachelor- oder Masterarbeiten. Die direkte Anbindung an die Strategieentwicklung in Deutschland, den Bundesländern und darüber hinaus auch zahlreichen Kommunen ermöglicht ebenso eine Weiterentwicklung des Nachhaltigkeitsprofils der Hochschule gegenüber zahlreichen Akteuren in Zivilgesellschaft, Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlichen Stellen.

Das erhöht die Sichtbarkeit des UCB bundesweit und verschafft gleichzeitig einen besseren Zugang zu relevanten Zielgruppen im Bereich NRW, Hessen, RH-PF und Saarland (RENN-West-Kulisse) sowie darüber hinaus. Parallel dazu steigt die Wahrnehmung des UCB bei relevanten politischen Akteuren (Rat, Bundesregierung, Landesregierungen usw.) signifikant an. Weiterhin ist damit zu rechnen, dass zusätzliche Drittmittelprojekte im Rahmen der Laufzeit entstehen.

# INTERNATIONAL SUMMER SCHOOL

## IT-FUNDAMENTALS OF NATIONAL PARK MONITORING

---

FB UMWELTPLANUNG UND  
UMWELTECHNIK /  
INFORMATIK

---



*Prof. Dr. Peter Fischer-Stabel*  
*p.fischer-stabel@umwelt-campus.de*



*Prof. Dr. Rolf Krieger*  
*r.krieger@umwelt-campus.de*

### EINLEITUNG

Die Digitalisierung und die damit verbundene Veränderungsgeschwindigkeit in Wirtschaft, Verwaltung, Technologie und Gesellschaft stellt auch das Natur- und Umweltmanagement vor immer neue Herausforderungen. So führen die rasante Entwicklung der Informationstechnologie und die damit verbundenen Möglichkeiten im Umwelt-Monitoring dazu, dass in den Umweltbehörden und Forschungsinstituten gigantische Mengen an Daten über den Zustand unserer Umwelt und ihre Entwicklung entstehen. Diese Daten werden gespeichert, übermittelt und in Forschungsprojekten analysiert und interpretiert. Sind die Forschungsarbeiten als Langzeitexperimente angelegt, muss eine Auswertung von heute gewonnenen Daten noch nach Jahrzehnten möglich sein. Durch diese Entwicklung hat die IT in Umweltforschung und -management einen immer höheren Stellenwert.

Zu diesem Themenbereich wurde erstmalig im Wintersemester 2016/2017 die International Summer School „IT-Fundamentals for National Park Monitoring“ angeboten, an der 20 Teilnehmer aus sechs Nationen teilnahmen. Die Veranstaltung richtete sich an Masterstudierende, die sich auf dem Gebiet des Managements von Großschutzgebieten, wie es der Nationalpark Hunsrück-Hochwald darstellt, weiter qualifizieren möchten. In diesem Bericht wollen wir kurz das der Summer School zugrundeliegende Konzept vorstellen. Dabei wollen wir auf die Organisation, verwendete Lehrformen und Inhalte eingehen.



Abb. 1: Renaturierung von Mooren war eines der großen Themen bei den Exkursionen im Nationalpark

## ORGANISATION

Die Summer School fand vom 20.9 – 29.09.2016 erstmalig statt. Das Programm erstreckte sich über 8 Tage. Die Veranstaltungen begannen morgens um 09:00 und endeten um 19:00 Uhr. Die eingesetzten Lernformen beinhalteten Exkursionen, Freilandarbeiten, Vorlesungen zur Vermittlung der Theorie und seminaristisches und problembasiertes Lernen in praktischen Übungen, um die in der Theorie vermittelten Inhalte zu vertiefen. Das

Lehrprogramm umfasste zusätzlich verschiedene Veranstaltungen, um den internationalen Teilnehmer die Region und ihre kulturellen Besonderheiten vorzustellen. Die Kernveranstaltungen wurden in enger Kooperation und unter Beteiligung von Experten des Nationalparkamtes sowie der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft des Landes Rheinland-Pfalz durchgeführt.

	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7	Day 8
09:00 - 12:00	Welcome, Presentation Team & Schedule National Park-Management	Wild Game Monitoring	Quality of Environmental Data	Meeting Practical Exercise in Small Groups Practical Exercises	Free Time	Practical Exercises	Practical Exercises	Preparation Presentations; Evaluation
Break								
13:00 - 16:00	Library Tour	Geomatics	Data Mining	Practical Exercises	Free Time	Practical Exercises	Excursion	Presentation & Final Discussion
Break								
17:00 - 19:00	Excursion National Park Hunsrück-Hochwald	Guest Lecture	Information Event: Studying in Germany at the University of Applied Sciences Trier	Excursion Trier	Free Time / Break	Guest Lecture		Farewell Party
	Theory	Practice	Lesson and Culture	Guest Lecture	Free Time / Break	Organisation		

Abb. 2: Programm der ersten Summer School „IT-Fundamentals for National Park Monitoring“



Abb. 3: Hochkonzentriertes Arbeiten und lockere Atmosphäre standen bei den Labortätigkeiten in keinem Widerspruch.

## NATIONALPARKMANAGEMENT

Um einen schnellen Einstieg in die Thematik zu finden, wurde am ersten Tag von Dr. Harald Egidi, dem Leiter des Nationalparkamtes, eine Einführung in das Nationalparkmanagement gegeben. Wie das Konzept des Nationalparks Hunsrück-Hochwald vorsieht, spielt Forschung und Bildung im Park eine wichtige Rolle. Mit der räumlichen Nähe zum Umwelt-Campus entstand hier nun ein ideales Lehr- und Lernumfeld für Interessierte, die mehr über die Natur und den Technikeinsatz im Park erfahren wollen. In einer mehrstündigen Exkursion in den Nationalpark wurden die Besonderheiten des Nationalparks und zentrale Forschungsfragen erläutert und mit den Teilnehmern diskutiert.

## IT-FUNDAMENTALS FOR NATIONAL PARK MONITORING

An den folgenden Tagen wurden dann die IT-bezogenen Veranstaltungen über Wildtiermonitoring, Geo-Informatik, Datenqualitätsmanagement sowie statistische Analyseverfahren und Zeitreihenanalyse (Data Mining) unterrichtet. Auch das Management von Nationalparks wurde in einer Veranstaltung weiter vertieft. In allen Veranstaltungen wurden die fachlichen Inhalte mit dem Lernumfeld Nationalpark Hunsrück-Hochwald verbunden.

So wurde die Qualitätssicherung von Umweltdaten anhand einer Fallstudie erläutert, die im Vorfeld der Veranstaltung in Zusammenarbeit mit der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft des Landes Rheinland-Pfalz erarbeitet wurde. Die Forschungsanstalt betreibt in Rheinland-Pfalz ein Klimawandel-

informationssystem, das insbesondere 14 Waldklimastationen umfasst, die über verschiedene Sensoren im Minutentakt Daten über Temperatur, Niederschlag, Windstärke etc. aufzeichnen. Die Daten werden über Funk an einen zentralen Server übermittelt. Bevor die Daten weiterverarbeitet werden, müssen umfangreiche Validierungen durchgeführt werden. In der Fallstudie wurde den Teilnehmern Rohdaten einer im Nationalpark liegenden Waldklimastation zur Verfügung gestellt. Aufgabe der Teilnehmer war es dann, über statistische Analysen Fehler in den Daten zu identifizieren und Algorithmen für die Validierung der Daten zu implementieren.

## GASTVORTRÄGE

Die Kernveranstaltungen wurden um Gastvorträge externer Dozenten ergänzt. So berichtete Herr Prof. Dr. Hill (Universität Trier) über seine Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Umweltfernerkundung, Herr Dr. Honecker (Universität des Saarlandes) über Grundlagen der Nährstoffmodellierung und Frau Prof. Dr. Förster (Universität Bremen) über Möglichkeiten zur automatisierten Umweltdatenerfassung. Viele Teilnehmer besuchten außerdem begeistert zusätzliche Themenvorträge und Lesungen der parallel stattfindenden Moortagung sowie der Nationalpark-Akademie zu aktuellen Forschungsprojekten im National Park.

## LEHRAUSFLÜGE IN DIE UMGEBUNG

Neben mehreren Exkursionen zu den besonderen bzw. neuralgischen Punkten des Nationalparks wurden zudem interessante Lehrausflüge in die Umgebung unternommen.



Abb. 3 Gruppenfoto der Teilnehmer und Dozenten der Summer School 2016

So konnten die Teilnehmer bei einer Fahrt nach Trier die Porta Nigra bestaunen und bei einer anschließenden Schifffahrt das Moseltal erkunden. Eine weitere Exkursion führte die Gruppe zum Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland in Bonn. Hier wird die deutsche Zeitgeschichte seit 1945 wiedergegeben, was vor allem für die internationalen Gäste hochinteressant war. Auf dem Rückweg zum Umwelt-Campus wurde noch ein Stopp im UNESCO Weltkulturerbe Mittelrheintal eingelegt. Hier unternahm die Gruppe ausgehend von St. Goar eine Exkursion durch das Mittelrheintal, im Rahmen derer ein Vertreter des Zweckverbandes die Besonderheiten aber auch die Probleme im Weltkulturerbeprojekt aufzeigte. Dies war für die Teilnehmer insbesondere deshalb interessant, da das Mittelrheintal als alte Kulturlandschaft konträr zur „Wildnis“ Nationalpark steht, die Probleme teilweise aber vergleichbar sind [z.B. demographischer Wandel, touristische Attraktivität der Region etc.].

## ZUSAMMEFASSUNG UND AUSBLICK

Am Ende einer anstrengenden Woche waren sowohl die Teilnehmer als auch die Dozenten begeistert von dieser ersten Summer School, sowohl was die Organisation als auch die inhaltliche Ausgestaltung des Programms betraf. Es kam zu vielen interessanten Diskussionsrunden, bei denen die Teilnehmer Fragen und anregende Ideen an die beteiligten Dozenten und Nationalparkmitarbeiter richteten. Alle Anwesenden waren sehr motiviert und zeigten sich interessiert an den vorgestellten Themen rund um den Nationalpark. Sie haben es also geschafft, mit moderner Informationstechnologie ein paar Geheimnisse des Waldes zu lüften, und mehr zu sehen, als nur eine Ansammlung von Bäumen.

Aufgrund der positiven Resonanz wird Ende August 2017 die zweite Summer School „IT-Fundamentals for National Park Monitoring“ mit leicht geänderten Programm stattfinden. Dabei ist es gelungen, Dozenten der Universität Bremen und der University of Rome Tor Vergata in das Lehrprogramm einzubinden. Die Summer School ist somit ein wichtiger Beitrag zur Internationalisierung der Lehre im Fachbereich Umweltplanung/ Umwelttechnik.

Weitere Informationen zur Summer School 2017 können abgefragt werden unter:

[www.umwelt-campus.de/summerschool-nationalpark](http://www.umwelt-campus.de/summerschool-nationalpark)

# IOT HACKATHON 2016

## DAS INTERNET DER DINGE ANFASSBAR MACHEN

---

**FB UMWELTPLANUNG UND  
UMWELTECHNIK /  
INFORMATIK**

---



*Prof. Dr.-Ing. Klaus Gollmer*  
*k.gollmer@umwelt-campus.de*

*Prof. Dr.-Ing. Guido Dartmann*  
*g.dartmann@umwelt-campus.de*

**MITARBEITER:**

*Sandro Kreten M.Ed.*

*Florian Stolz M.Eng. Dipl.-Ing (FH)*

*Detlef Busch*

Wie sieht das Internet der Zukunft aus? Im „Internet of Things (IoT)“ werden zukünftig nicht nur Computer und Smartphones vernetzt, sondern zahlreiche weitere Dinge, „Things“ eben, von der Kaffeemaschine über Autos bis hin zu Industrieanlagen. Das IoT wird nach Einschätzung von Experten mit der Industrie 4.0 eine weitere industrielle Revolution auslösen. Um hierfür gewappnet zu sein, sind frühzeitige Programmier- und Computerkenntnisse bereits im Schulalltag zwingend notwendig. Am 16.11.2016 fand daher als Kick-Off zum Nationalen IT-Gipfel an den Standorten Umwelt-Campus Birkenfeld und der htw saar der erste IoT-Hackathon für Schüler in Deutschland statt. Unterstützt durch den Präsidenten der Hochschule, Prof. Dr. Norbert Kuhn, eröffnete in Birkenfeld der rheinland-pfälzische Wissenschaftsminister Prof. Dr. Konrad Wolf die Veranstaltung, die zudem unter der Schirmherrschaft von Ministerpräsidentin Malu Dreyer stand. In Saarbrücken hatte ihre saarländische Kollegin Annegret Kramp-Karrenbauer diese Rolle übernommen.

Zwanzig Teams mit über 100 Schülerinnen und Schülern, entwickelten im Kommunikationsgebäude des Umwelt-Campus Birkenfeld innovative Lösungen für das Internet der Dinge. Vom intelligenten Gewächshaus, welches automatisch mittels Wetterdaten aus dem Internet die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Helligkeit regelt, bis hin zur elektronischen Warnweste für Jogger, die auf den Straßenverkehr reagiert, wurden verschiedenste Ideen präsentiert, die die große Bandbreite der Möglichkeiten demonstrieren. All dies sind Beweise dafür, dass Kreativität und Spaß auf fruchtbaren Boden fallen, wenn ein universelles Werkzeug mit einem sinnvollen Konzept kombiniert wird. Als technische Basis für den Hackathon dienten ein IoT-fähiges Mikrocontroller-Kit und eine eigens angepasste Open-Source-

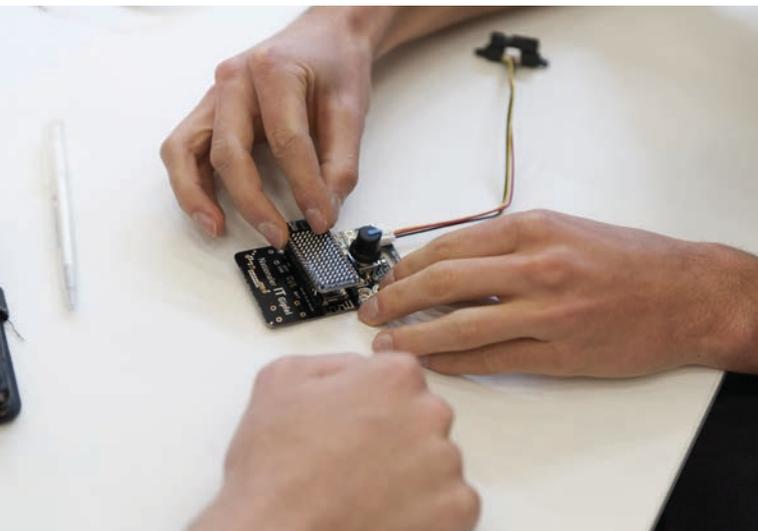


Abb. 1: Der IoT.OCTOPUS mit angeschlossener LED-Matrix

Entwicklungsumgebung zur grafischen Programmierung. Das speziell für Schülerprojekte entwickelte Bord, der IoT.OCTOPUS, ist internetfähig und besitzt integrierte Sensoren für Temperatur, Feuchte und Luftdruck. Am nächsten Tag wurden die Ergebnisse im Lernpark des IT-Gipfels einem größeren Publikum präsentiert. Vom IoT.OCTOPUS zeigten sich nicht nur die Schüler und ihre Lehrkräfte, sondern auch der Minister und zahlreiche Politikvertreter begeistert. Entwickelt wurde das Konzept am Umwelt-Campus zusammen mit der Expertengruppe IoT/M2M des Nationalen IT-Gipfels.

Aus ganz Rheinland-Pfalz und dem Saarland waren die zwanzig Schulteams, die jeweils von einer Lehrkraft betreut wurden, nach

Birkenfeld angereist. Dabei waren neben beruflich orientierten Schulen wie der BBS Mainz, der BBS Ahrweiler und dem BBZ St. Wendel auch viele allgemeinbildende Gymnasien, wie z.B. das Eduard-Spranger-Gymnasium aus Landau, das Gymnasium am Stefansberg aus Merzig, das Paul-von-Denis Gymnasium aus Schifferstadt und das Johannes-Kepler-Gymnasium aus Lebach mit ihren Teams vertreten. Aus dem Landkreis Birkenfeld war die Fachoberschule Birkenfeld dabei.

Betreut und unterstützt wurde der Hackathon von einem Team von 8 Studierenden der Informatik, die den TeilnehmerInnen als Coaches zur Seite standen und bei Fragen zur Hardware und zur Programmierung tatkräftig unter die Arme griffen.



Abb. 2: Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Hackathons

# VERGANGENES DIGITAL SICHTBAR MACHEN — VIRTUAL REALITY UND AUGMENTED REALITY IM GESCHICHTLICHEN KONTEXT

---

**FB UMWELTPLANUNG UND  
UMWELTECHNIK  
INSTITUT FÜR SOFTWARE-  
SYSTEME IN WIRTSCHAFT,  
UMWELT UND VERWALTUNG**

---



*Prof. Dr. Peter Fischer-Stabel*  
[p.fischer-stabel@umwelt-campus.de](mailto:p.fischer-stabel@umwelt-campus.de)



*Prof. Dr. Martin Rumpler*  
[m.rumpler@umwelt-campus.de](mailto:m.rumpler@umwelt-campus.de)

Virtual Reality (VR) Brillen zählen zu den größten Tech-Trends der letzten Jahre. Spätestens nach dem Erfolg des Smartphone Hits Pokémon Go ist auch die verwandte Technik Augmented Reality (AR) in aller Munde. Doch neben purem Entertainment bietet die neue Technik auch spannende Möglichkeiten der Wissensvermittlung, speziell in den Bereichen Archäologie und Tourismus. Im Folgenden werden aktuelle Abschlussarbeiten am Institut für Softwaresysteme vorgestellt, die zwei historische Stätten in Augmented Reality und Virtual Reality für touristische Anwendungen rekonstruieren und entsprechend aufbereiten. Die Arbeiten von Herrn Jens Schneider und Herrn Christoph Göttert entstehen dabei in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Vor- und Frühgeschichte der Universität Mainz (Ansprechpartnerin ist Frau PD Dr. Sabine Hornung), welches die aus aktuellen Grabungen gewonnenen Daten und historischen Rekonstruktionen zur weiteren Verarbeitung in den vorgestellten Projekten zur Verfügung stellt.

## AUGMENTED REALITY

Augmented Reality (dt. „erweiterte Realität“) ist ein Verfahren, bei dem die reale Umwelt des Nutzers durch digitale Inhalte erweitert wird. Dafür sind derzeit spezielle Brillen und Headsets in Entwicklung, wie beispielsweise die Microsoft Holo-Lens oder die Magic Leap. Hier werden die virtuellen Objekte direkt ins tatsächliche Sichtfeld des Anwenders eingeblendet. Die meisten Geräte sind allerdings aktuell (August 2017) noch nicht auf dem (europäischen) Markt verfügbar und werden bei der Einführung mit hohen Kosten verbunden sein. Doch auch mithilfe von Smartphones oder Tablets kann Augmented Reality genutzt werden.

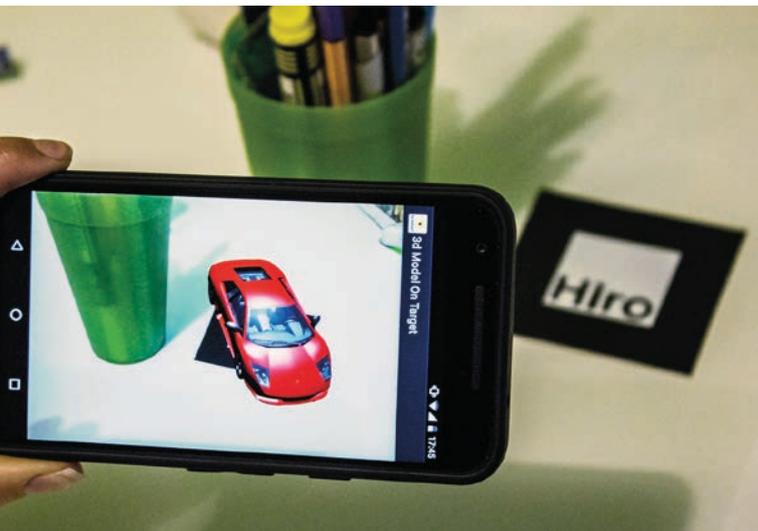


Abb. 1: Marker Verfahren

Dazu wird auf dem Display des Gerätes die Kameravorschau um die zusätzlichen Inhalte ergänzt.

Als Anhaltspunkt für die Software werden meist sogenannte Marker verwendet. Diese geben an, an welcher Stelle des Sichtfeldes die digitalen Inhalte platziert werden sollen. Geeignet hierfür sind markante Muster wie QR-Codes, Logos oder auch Fotos. Diese werden vom Computer erkannt und dienen als Referenz zur Berechnung der Position und des Blickwinkels des Gerätes relativ zu der entsprechenden Oberfläche (Abb. 1).

Dieses Verfahren eignet sich jedoch nur für zweidimensionale Flächen wie beispielsweise digital erweiterte Kataloge, Verpackungen, Gebrauchsanweisungen oder ähnliches.

Christoph Göttert, ein Student des Masterstudiengangs Medieninformatik am Umwelt-Campus Birkenfeld, beschäftigt sich in seiner Masterarbeit mit der Frage, wie Augmented Reality mit den aktuell verfügbaren Mitteln auch in großräumigen Außenbereichen angewendet werden kann. Zielsetzung ist, das ursprüngliche Aussehen einer archäologischen Stätte digital mit Hilfe einer Smartphone-App zu visualisieren. Als exemplarischer Standort hierfür wurde ein römisches Grabmonument bei Oberlöstern/Wadern ausgewählt.

Die Umfriedung der Grabhügel sowie die Pinienzapfen an den Hügelspitzen wurden in den Jahren 2000/2001 rekonstruiert (Abb. 2). Nicht mehr zu erahnen ist jedoch das große Pfeilergrabmal, welches sich in der Mitte zwischen den beiden Hügeln befunden hat. Dieses soll mithilfe einer Smartphone App wieder sichtbar werden, um Besuchern und Interessenten einen

Eindruck vom früheren Aufbau der Stätte zu ermöglichen. Das hierzu verwendete 3D-Modell wurde von Frau Irene Bell und Herrn Timo Land vom Institut für Vor- und Frühgeschichte der Universität Mainz entwickelt und zur Verfügung gestellt (Abb. 3).

Aus technischer Sicht liegt die besondere Herausforderung dabei, das digitale Modell möglichst robust in die Szene zu integrieren, ohne auf den klassischen Marker basierten Ansatz zurückgreifen zu können. Grundlage hierfür ist die Nutzung von Gerätesensoren wie GPS, Gyroskop und Kompass zur Bestimmung von Position und Rotation des Gerätes. Diese Methode ist jedoch nur für eine sehr grobe Platzierung von Objekten geeignet. Für eine robuste und realitätskonforme Platzierung eines 3D-Modelles innerhalb einer vorgegebenen Szene sind diese Sensordaten zu ungenau. Eine vielversprechende Alternative bieten sogenannte SLAM-Verfahren (Simultaneous Localization and Mapping). Diese ermöglichen, die Position und die Ausrichtung des Gerätes anhand des Kamerabildes abzuschätzen. Dafür wird jedes Bild auf markante Punkte untersucht, welche im jeweils nachfolgenden Bild wiedergefunden werden können. Anhand der Verschiebungen der einzelnen Punkte kann dann die Bewegung des Gerätes zwischen beiden Bildern abgeschätzt werden. Der tatsächliche Bewegungsverlauf der Gerätekamera kann somit auf die digitale Kamera innerhalb der Software übertragen werden, um die reale und die virtuelle Szene zu synchronisieren. Ursprünglich wurde diese Methode im Bereich der Robotik entwickelt und beispielsweise als Navigationshilfe für den Marsrover eingesetzt, da hier kein GPS-Signal zur Positionsbestimmung zur Verfügung stand. Mittlerweile hat sich das Verfahren auch in anderen Bereichen etabliert, wie beispielsweise zur Steuerung von Drohnen oder auf dem Gebiet des autonomen Fahrens.



Abb. 2: Römische Monumentalgrabhügel bei Oberlöstern/Wadern



Abb. 3: Gewünschte Funktion der Anwendung

## VIRTUAL REALITY

Im Gegensatz zu Augmented Reality wird Virtual Reality (VR) durch das Tragen eines Headsets (VR-Brille) erzeugt. Der Bildschirm als Grenze zur virtuellen Welt verschwindet hierbei und beim Anwender entsteht der Eindruck, Teil dieser virtuellen Welt zu sein. Dabei werden Kopfbewegungen erkannt und entsprechend übertragen. Bewegt der Anwender also seinen Kopf, so sieht sich auch sein virtueller Avatar um. Im Fall der sogenannten Roomscale VR werden überdies auch die Position des Anwenders im Raum und die Bewegungen seiner Hände erfasst.

In der Bachelorarbeit von Herrn Jens Schneider (Studiengang Medieninformatik) wird in diesem Kontext eine Roomscale VR Anwendung zur Besichtigung einer römischen Tempelsiedlung in der Nähe von Schwarzenbach bei Nonnweiler im Landkreis Sankt Wendel entwickelt. Von der römischen Siedlung, die im Umkreis eines Tempels errichtet wurde, ist heute nichts mehr zu sehen. Deshalb war es nötig, die gesamte Anlage als 3D Modell zu rekonstruieren. Die Gebäude werden zudem unter Verwendung von Geländemodellen und entsprechenden Texturen in eine möglichst realistische Nachbildung der Landschaft und Vegetation vor Ort eingefügt, so dass für den Nutzer ein möglichst authentisches Erlebnis entsteht (Abb. 4).

Zur Generierung der Gesamtscene und der Programmlogik wird in dieser Arbeit die CryEngine, eine Spiele-Engine des Frankfurter Entwicklerstudios Crytek, verwendet. Die Engine bietet sich besonders an, da sie technologisch auf dem neuesten Stand ist und seit Version 5 nativ die Entwicklung von VR-Anwendungen unterstützt. Weitere Vorteile sind der umfangreiche Vegetationsgenerator sowie die diversen unterstützten Grafikeffekte, welche

die Generierung nahezu lebens echter 3D-Welten ermöglichen. Um die Landschaft möglichst realistisch abzubilden, wird aus einem digitalen Geländemodell (DGM) der Region bei Nonnweiler (Saarland) eine Höhenkarte in der Engine erzeugt. In der Engine werden dann in dieses Geländemodell die 3D Modelle der Gebäude eingefügt. Anschließend wird das Gelände texturiert und mit Vegetation ausgestaltet. Da die genaue Art und Verteilung der historischen Vegetation leider nicht mehr exakt rekonstruierbar ist, dient die aktuelle Vegetation als Orientierung. Detaillierte Anpassungen und Korrekturen, vor allem im Bereich des Vicus, der später begehbar sein soll, können anschließend von Hand vorgenommen werden.

Einen wesentlichen Beitrag zum authentischen Benutzererlebnis wird sicherlich auch die HTC Vive als Zielplattform erbringen. Bei der Vive handelt es sich um ein Roomscale VR-System. Das bedeutet, dass der Nutzer sich während der Verwendung der Anwendung im Raum bewegen kann und diese Bewegungen in die virtuelle Welt übertragen werden. Dazu verwendet die Vive zwei Infrarotkameras, die an zwei gegenüberliegenden Ecken des Raums positioniert werden. Diese sogenannten Basisstationen senden Infrarotstrahlen in den Raum und empfangen deren Reflektionen, die vom Vive Headset und den beiden Vive-Controllern ausgelöst werden (Abb. 5). Dies ermöglicht ein extrem genaues Tracking des Kopfes und der Hände des Nutzers und deren Abbildung in der virtuellen Welt. Durch die beiden Vive-Controller bieten sich somit diverse Interaktionsmöglichkeiten für den Nutzer, die sich ungleich natürlicher anfühlen als die Verwendung von Maus und Tastatur oder eines herkömmlichen Controllers. Der Nutzer wird also in der fertigen Anwendung durch den Tempelbezirk spazieren können, so als wäre er real dort vor Ort.



Abb. 4: Modell eines römischen Umgangstempels

Während des Begehens der Szene sollen dem Nutzer zudem an verschiedenen Stellen Informationen über den Tempel und die Siedlung präsentiert werden. Diese werden entweder in textueller oder auditiver Form präsentiert. Der Vorteil der textuellen Form ist der geringe Aufwand, allerdings kann das Lesen von Text aufgrund der eher geringen grafischen Auflösung der VR-Brille sehr anstrengend sein. Eine auditive Präsentation ist für den Nutzer also deutlich angenehmer.

Kritisch zu betrachten ist für eine spätere touristische Nutzung der Anwendung einerseits der relativ hohe Preis für die Anschaffung eines Basissystems, sowie die mögliche Beschädigung des Systems bei einer unbeaufsichtigten Nutzung im musealen Kontext. Ein weiteres Problem bei einer öffentlichen Ausstellung stellt auch die Hygiene dar, da das Headset direkt auf das Gesicht aufgelegt wird und es bei Dauerbetrieb und entsprechender

Wärmeentwicklung auch schnell zu Transpiration bei den Nutzern führen kann. Ungeachtet dieser Probleme, für die es sicher früher oder später Lösungen geben wird, zeichnet sich aber bereits jetzt ab, dass Virtual Reality die Zukunft gehört.

## AUSBLICK

Neben dem Marktpotenzial von AR- und VR-Anwendungen im Bereich der Computerspiele, sehen die Autoren auch ein großes Potenzial dieser Technologien auf dem Gebiet der touristischen Inwertsetzung historischer Stätten. Hier erwarten wir in den kommenden Jahren eine intensive und interdisziplinäre Entwicklungstätigkeit, auch am Institut für Softwaresysteme, welche insbesondere den Besuchern historischer Stätten in Form von „Zeitreisen“ komplett neue Formen der Wissensvermittlung ermöglichen werden.

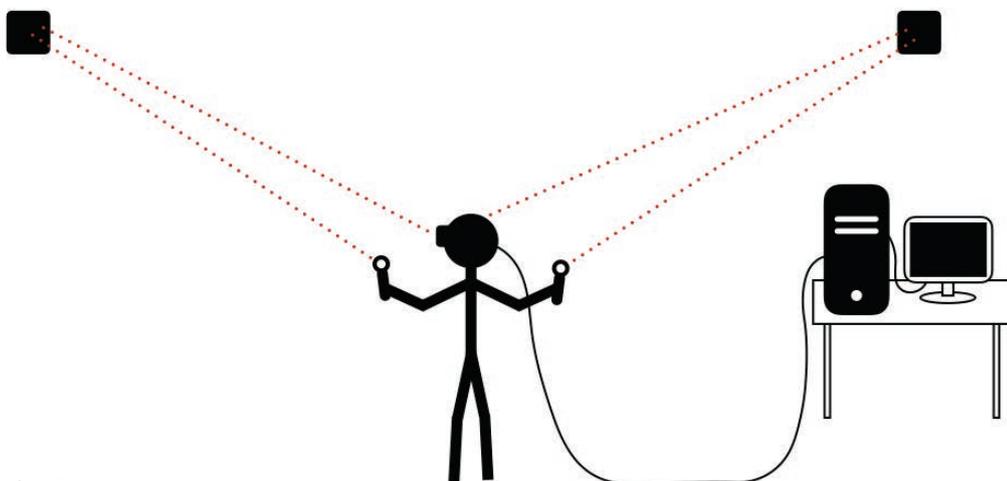


Abb. 5: Roomscale VR mit der HTC Vive

# UMWELTFORSCHUNGSPLAN: SUSTAINABLE SOFTWARE DESIGN

---

FB UMWELTPLANUNG UND  
UMWELTECHNIK  
INSTITUT FÜR  
SOFTWARESYSTEME

---



Prof. Dr. Stefan Naumann  
[greensoft@umwelt-campus.de](mailto:greensoft@umwelt-campus.de)



Achim Guldner, M.Sc.  
[greensoft@umwelt-campus.de](mailto:greensoft@umwelt-campus.de)

Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) basiert auf dem Zusammenspiel von Hardware und Software. Während die Hardware die physische Voraussetzung eines IKT-Systems darstellt, bestimmt die Software über dessen Verhalten. Bei den Umweltauswirkungen von IKT liegt der Fokus der Forschung, der öffentlichen Diskussion und der Herstelleraktivitäten bislang schwerpunktmäßig auf der Hardware und deren Energie- und Ressourcenverbrauch. So gibt es eine Reihe von Umweltkennzeichnungen (z. B. EnergyStar, EPEAT, Blauer Engel), freiwillige Selbstverpflichtungen (z. B. Code-of-Conducts) und gesetzliche Mindestanforderungen (z. B. Ökodesign-Richtlinien), die auf energiesparende und teilweise auf ressourcenschonende IKT-Hardware abzielen. Für nachhaltige, grüne und/oder energieeffiziente Software dagegen gibt es bislang wenig Aktivitäten, keine einheitliche Definition oder allgemein akzeptierte Standards. Dennoch ist sich die Expertengemeinschaft einig, dass Software von ebenso großer Bedeutung für die Nachhaltigkeit eines IKT-Systems ist wie die Hardware. „Eigenschaften der Software entscheiden, welche Hardwarekapazitäten vorgehalten werden und wieviel elektrische Energie in Endgeräten, Netzwerken und Rechenzentren verbraucht wird“ (Hilty et al., Grüne Software, UBA). Wachsende Datenmengen und immer komplexere Programme erfordern die ständige Neuanschaffung von Computern, Smartphones und ähnlichen IKT-Geräten sowie den beständigen Ausbau von IKT-Netzen, Datenspeichern und Rechenzentren.

Basierend auf dieser Ausgangslage, entwickelt das Institut für Softwaresysteme (ISS: <http://iss.umwelt-campus.de>) am Umwelt-Campus Birkenfeld, in Kooperation mit dem Öko-Institut Berlin (<http://www.oeko.de>), der Forschungsgruppe Informatik und Nachhaltigkeit der Universität Zürich (<http://www.ifl.uzh.ch>) und

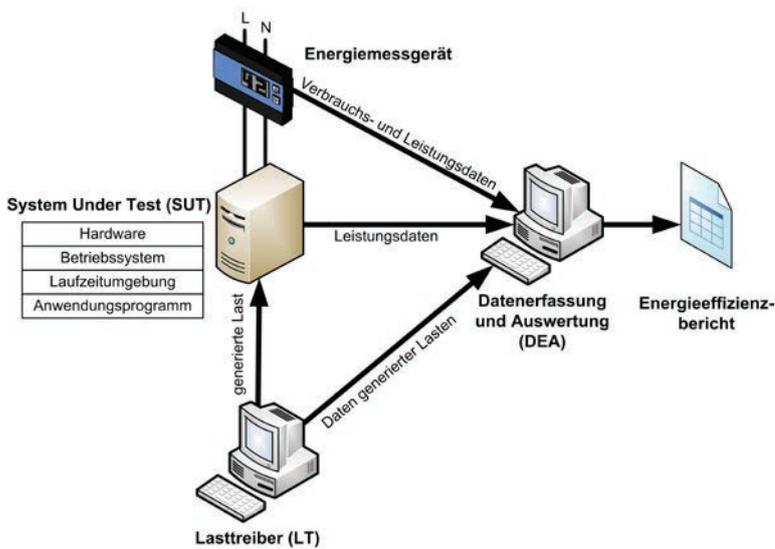


Abb. 1: Exemplarischer Messaufbau für die Energie- und Ressourceneffizienzmessung von Software

im Auftrag des Umweltbundesamtes (<http://www.umweltbundesamt.de>) auf Basis von geeigneten Kriterien und Indikatoren eine Methodik, die Umweltwirkungen von Software abzuschätzen und zu bewerten. Das gemeinsame Projekt trägt den Titel „Sustainable Software Design“. Bisher wurden bestehende Bewertungsansätze und Indikatoren für Umweltwirkungen von Software analysiert und darauf aufbauend eine Methodik zur Ermittlung der Umweltwirkungen von Software in Form eines Kriterienkatalogs erarbeitet. Anschließend wurde die Methodik durch das ISS anhand von Fallbeispielen angewendet und evaluiert.

## ENERGIEVERBRAUCH UND HARDWAREAUSLASTUNG

Für die zur Auswertung notwendigen Messungen des Energieverbrauchs der Software/Hardware-Kombinationen stehen im Umwelthinformatik-Messlabor des Instituts verschiedene Testrechner, mobile Endgeräte wie Smartphones und Tablets, Server, sowie ein Leistungsmessgerät mit Netzanalysator zur Verfügung. Abb. 1 zeigt einen exemplarischen Messaufbau, mit dem der Energieverbrauch und die von einem Softwareprodukt genutzten Hardwarekapazitäten erfasst werden können. Das zu messende Softwareprodukt wird in diesem Fall auf dem System unter Test (SUT) installiert und von einem externen Lastreiber (LT) belastet. Die Stromversorgung des SUT wird von einem Energiemessgerät überwacht und das SUT sammelt selbst die Messdaten seiner beanspruchten Hardwarekapazitäten (Leistungsdaten). Die von Energiemessgerät, SUT und LT ermittelten Daten werden zentral erfasst und ausgewertet (DEA).

Zur Durchführung der Messungen werden für die zu untersuchenden Softwareproduktgruppen (z. B. Textverarbeitungsprogramme und Datenbanken) Standardnutzungsszenarien, in Anlehnung an ISO/IEC 14756 erstellt und der durch die Softwareprodukte induzierte Energieverbrauch für die Bearbeitung des gleichen Szenarios gemessen. Um eine repräsentative Stichprobe zu generieren, werden für alle Messungen automatisiert 30 Wiederholungen durchgeführt. Zur Lasterzeugung kommt bei den Rechnern und Servern eine Automatisierungssoftware zum Einsatz. Für mobile Endgeräte wurde ein Touch-Roboter angeschafft (s. Abb. 2).

Als Beispiel zeigt Abb. 4 den Vergleich des Energieverbrauchs des Testrechners bei der Durchführung des Standardnutzungsszenarios von zwei Textverarbeitungsprogrammen. Die Messwerte wurden über die 30 Wiederholungen gemittelt. Es wird ersichtlich, dass die verglichenen Textverarbeitungsprogramme unterschiedlich lange zur Bearbeitung benötigen und Programm 2 im Schnitt signifikant mehr Energie verbraucht als Programm 1 (Im Schnitt: Energieverbrauch Programm 1: 13,98 Wh, Energieverbrauch Programm 2: 16,72 Wh).

## WEITERE KRITERIEN

Neben dem Energieverbrauch wurden noch 24 weitere Kriterien, mit insgesamt 76 Indikatoren ermittelt (<http://green-software-engineering.de/kriterienkatalog>). Um diese auf das konkrete Softwareprodukt anzuwenden wurden im Rahmen der Fallbeispiele Vorgehensweisen zur Erhebung entworfen. Dazu werden Handbücher, Webinformationen, Experten- und Nutzermeinungen

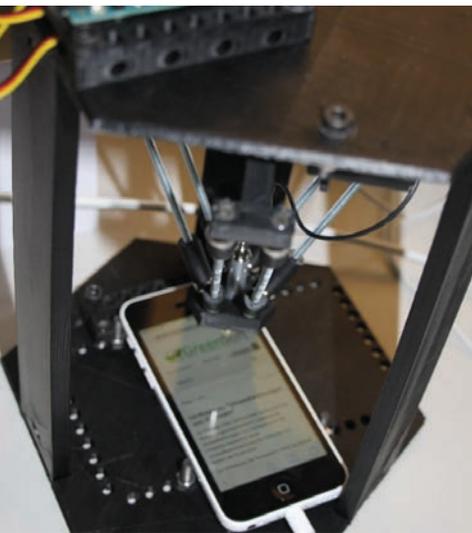


Abb. 2: Lasterzeugung auf mobilen Geräten

eingeholt und weitere Black-Box Tests vorgenommen. Aufgrund der großen Anzahl der identifizierten Kriterien wird hier nur eine Auswahl der Methoden zur Beobachtung vorgestellt. Als Beispiele dienen hier die Kriterien „Ressourcenschonende Standardeinstellungen“, „Abwärtskompatibilität“ und „Deinstallierbarkeit der Programme“. Dabei gilt generell, dass alle Beobachtungen zur Evaluierung der Kriterien immer mit den Standardeinstellungen des Softwareprodukts durchgeführt werden um Optimierungspotentiale zu finden.

#### BEISPIEL 1: RESSOURCENSCHONENDE STANDARDEINSTELLUNGEN

Dieses Kriterium zielt als Unterkriterium des „Ressourcenmanagements“ darauf ab, die Frage zu beantworten, ob „die Standardeinstellungen des Softwareprodukts so gewählt sind, dass sie das Ziel der Ressourcenschonung mitberücksichtigen“. Dies wird dadurch erörtert, dass der/die Prüfende die Standardeinstellungen der Software einer Augenscheinprüfung unterzieht und einschätzt, inwieweit die Standardeinstellungen des Softwareprodukts so gewählt sind, dass sie das Ziel der Ressourcenschonung mitberücksichtigen. In diesem Fall ist es wichtig, die Einstellungen während und nach der Installation zu betrachten und gegebenenfalls weitere Szenarien zu erstellen um die Standardeinstellungen mit anderen Softwareprodukten derselben Kategorie zu vergleichen. Beispiele für diesbezüglich interessante Einstellungen sind Dauer bis zum Aktivieren eines Energisparmodus, voreingestellte Energieoptionen, Einstellungen zur Datenkomprimierung und -übertragung etc. Als Ausgangspunkt für die Suche nach weiteren Einstellungen dienen auch die in einem anderen Kriterium identifizierten hardwareintensiven Module.

In einigen Fällen kann es notwendig sein, weitere Methoden, wie z.B. das Durchsehen von Handbüchern oder Augenscheinprüfungen, heranzuziehen. Ein Beispiel hierfür wäre die voreingestellte Startseite eines Webbrowsers, die bei jedem Start geöffnet wird.

#### BEISPIEL 2: ABWÄRTSKOMPATIBILITÄT

Dieses Kriterium ist ein Unterkriterium von „Potentielle Hardware-Nutzungsdauer“. Hier soll die Frage beantwortet werden, ob „der Hersteller des Softwareprodukts garantiert, dass das aktuelle Release auf einem Referenzsystem von vor n Jahren betrieben werden kann“. Zur Beantwortung dieser Frage werden zwei Indikatoren evaluiert. Für Indikator a) werden die Spezifikationen des Herstellers eingesehen um herauszufinden wie viele Jahre vergangen sind, seitdem die aktuellste der mindestens benötigten Anforderungen (Hardware, Betriebssystem, Framework etc.) veröffentlicht wurde, die zum Betrieb des Softwareprodukts notwendig ist. Zum Beispiel bei einem Produkt mit den Mindestanforderungen Windows 2000 (Erscheinungsjahr 2000) und php 5 (Erscheinungsjahr 2006) beträgt das Intervall heute (2017) 11 Jahre. Wenn seit der ersten Anwendung ausreichend Zeit verstrichen ist (z.B. nach der Veröffentlichung einer neuen Version des Softwareprodukts), kann Indikator b) ausgewertet werden. Hier soll dann geprüft werden ob das Standardnutzungsszenario mit dem aktuellen Release des Softwareprodukts auf einer Konfiguration ausführbar ist, die vor einer noch festzulegenden Anzahl von Jahren Standardkonfiguration war.

#### BEISPIEL 3: DEINSTALLIERBARKEIT DER PROGRAMME

Als Unterkriterium von „Nutzungsautonomie“ ist es das Ziel

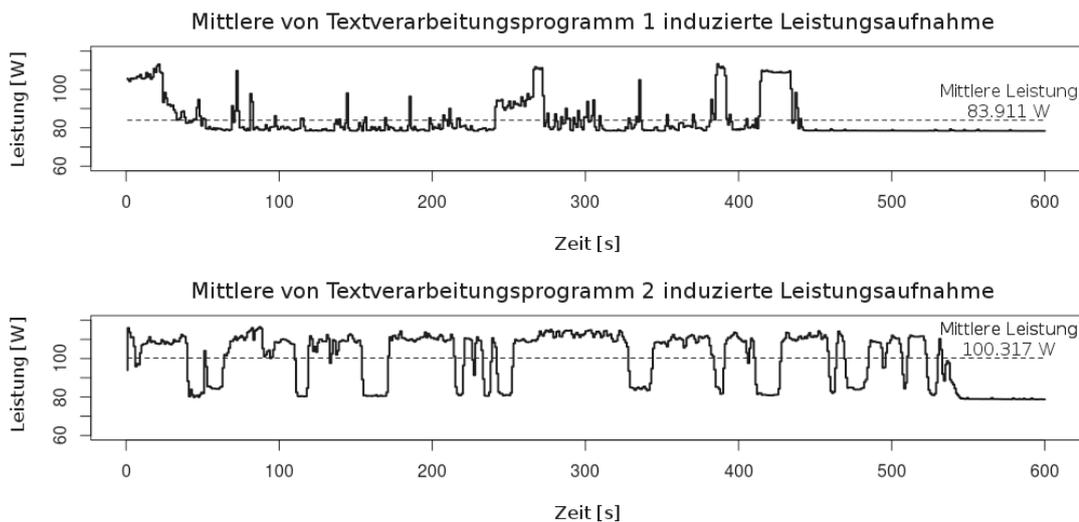


Abb. 3: Vergleich des Energieverbrauchs zweier Textverarbeitungsprogramme

dieses Kriteriums die Frage zu beantworten ob „Nutzende ausreichend darin unterstützt werden, das Softwareprodukt rückstandsfrei zu deinstallieren“. Zur Beantwortung dieser Frage schlagen wir einen Black-Box Test vor, der zeigt ob der Zustand nach der Deinstallation des Softwareproduktes derselbe ist wie derjenige vor der Installation. Um dies zu erreichen wird zunächst eine Kopie des Datenträger-Image mit dem Betriebssystem vor der Installation des Softwareproduktes angelegt. Dann wird das Softwareprodukt installiert, das Standardnutzungsszenario ausgeführt und das Softwareprodukt nach der Anleitung im Nutzerhandbuch (falls vorhanden) deinstalliert. Anschließend wird ein weiteres Datenträger-Image erzeugt und mit der Kopie von vor der Installation verglichen. Auf diese Weise können alle Dateien und Dateiänderungen erfasst werden, die nach der Deinstallation auf der Festplatte verbleiben. Zusätzlich wird in Microsoft Windows noch die Registry nach verbliebenen Einträgen durchsucht.

## ENTWICKLUNG EINES UMWELTZEICHEN FÜR SOFTWARE

Die so entwickelte und getestete Methodik fließt in einen Leitfaden für das Design ressourcen- und energieeffizienter Software ein und soll somit sowohl Entwickler beim Design ressourceneffizienter Software als auch Beschaffer bei der Bewertung bestehender Softwareprodukte unterstützen. Durch die Identifizierung von ambitionierten Mindeststandards sollen darüber hinaus Kriterien für die Kennzeichnung nachhaltiger Softwareprodukte durch ein Umwelt- oder Gütezeichen — voraussichtlich den Blauen Engel — abgeleitet werden. Das Projekt Sustainable Software Design leistet damit einen Beitrag, den Fokus von „Green IT“ von der Hardware auf die Software auszuweiten.

# ENTWICKLUNG EINER WEB-ANWENDUNG ZUR ERTRAGSOPTIMIERUNG VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN — UCB PVAPP

---

FB UMWELTPLANUNG UND  
UMWELTECHNIK  
ERNEUERBARE ENERGIEN /  
INFORMATIK

---



Prof. Dr. Henrik te Heesen  
h.teheesen@umwelt-campus.de



Prof. Dr. Martin Rumpler  
m.rumpler@umwelt-campus.de

**STUDIERENDE:**  
Christian Kempf  
Daniel Meurer

In Deutschland gibt es mehr als 1,5 Millionen Photovoltaik-anlagen. Die meisten dieser Anlagen werden von Privatbesitzern betrieben, für die es sich aus wirtschaftlichen Gründen nicht lohnt, eine Wartungsfirma mit der regelmäßigen Überwachung der Anlage zu beauftragen. Auch sind Monitoring-Systeme in der Regel für den „typischen“ Anlagenbetreiber zu kostspielig oder technisch zu komplex. Aus diesem Grund erwirtschaften ca. 80 Prozent der Photovoltaikanlagen in Deutschland nicht die Erträge, die aus technischer Sicht möglich wären [6]. Daher stellen wir eine innovative Web-Anwendung vor, die es Anlagenbesitzern und Anlagenbetreibern ermöglicht, den aktuellen Zustand und die Wirtschaftlichkeit ihrer Photovoltaikanlagen zu überwachen und bei auftretenden Problemen, z. B. zu geringem Ertrag, Störungen, Schäden etc., einen Fachbetrieb mit der Wartung oder Reparatur zu beauftragen. Hauptfokus bei der Entwicklung der Web-Anwendung ist, dass diese möglichst einfach zu bedienen und sowohl für die Nutzung am PC als auch für den Einsatz auf mobilen Endgeräten (Smartphones und Tablets) konzipiert sein sollte.

## FUNKTIONSUMFANG

Die UCB PVapp kann nur als registrierter Benutzer verwendet werden. Zur Registrierung müssen lediglich eine E-Mailadresse als eindeutige Kennung und ein selbstgewähltes Passwort angegeben werden. Nach der Anmeldung stehen dem Benutzer derzeit folgende Funktionen zur Verfügung:

Bisher eingegebene Werte		
Datum	Uhrzeit	Wert (in kWh)
19.01.2017	11:00	16703
01.01.2017	15:00	16702
01.12.2016	15:00	16225

## Änderungen übernehmen



Abb. 1: Übersicht über die bisher vom Nutzer eingegebenen Ertragsdaten der eigenen Photovoltaikanlage.

### PV-ANLAGEN HINZUFÜGEN, ÄNDERN UND LÖSCHEN

Es können ein oder mehrere PV-Anlagen überwacht werden. Beim Anlegen einer Anlage müssen folgende Daten angegeben werden: Nennleistung der PV-Anlage in kWp (Kilowatt Peak), Ausrichtung der Module in Grad, Neigung der Module in Grad, das Datum der Inbetriebnahme, die Postleitzahl des Standorts und eine frei wählbare Bezeichnung.

### ZÄHLERSTÄNDE EINGEBEN, ÄNDERN ODER LÖSCHEN

Für jede PV-Anlage kann der Nutzer Erträge eingeben, ändern und löschen. Über eine Eingabemaske wird das Ablesedatum, die Uhrzeit und der Zählerstand in kWh erfasst. Der Benutzer wird einmal im Monat daran erinnert, diese Daten einzugeben, da ansonsten eine Bewertung und Überwachung der Anlage nicht möglich ist (siehe Abbildung 1).

### ERTRAGSDATEN VISUALISIEREN

Der Nutzer kann sich seine Ertragsdaten für ein bestimmtes Kalenderjahr anzeigen lassen. Für jeden Monat wird dann basierend auf der Analyse der Ertragsdaten ein Soll/Ist-Vergleich vorgenommen (siehe Abbildung 2) und visualisiert. Für jeden Monat wird beim Anklicken der absolute Ertrag in kWh und der spezifische Ertrag in kWh/kWp angezeigt. Die Balkenfarbe gibt an, wie gut die Anlage im Vergleich zu allen anderen Anlagen in der gleichen zweistelligen Postleitzahlen-Region bewertet wurde. Grün bedeutet, dass die Anlage zu den besten 25% der Anlagen gehört, gelb bedeutet, dass Sie schlechter als die besten 25% jedoch besser als 50% der übrigen Anlagen ist und rot bedeutet, dass sie zu den schlechtesten 50% der Anlagen zählt. Die Web-Anwendung wird künftig noch eine Reihe weiterer, nützlicher Funktionen beinhalten. Als weitere Option ist auch ein

Vergleich mit der PV-Anlage eines anderen Nutzers künftig möglich, sofern der andere Nutzer der Freigabe seiner Ertragsdaten zugestimmt hat. Bei diesem Vergleich werden die Leistungen der beiden PV-Anlagen zuvor normiert, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Es wird auch eine Checkliste geben, die den Anlagenbetreibern dabei hilft, mögliche Ursachen zu identifizieren, falls die Anlage zu geringe Erträge erwirtschaftet. Bei technischen Problemen werden dann auf Wunsch qualifizierte Handwerksbetriebe in der jeweiligen PLZ-Region vorgeschlagen.

### ANALYSE DER ERTRAGSDATEN

Ausgangspunkt der Analyse sind Messdaten von PV-Anlagen, die über ein internetbasiertes Fernüberwachungssystem verfügen und deren Daten öffentlich verfügbar sind. Die Rohdaten werden zunächst anonymisiert, sodass keine Rückschlüsse auf die einzelne Anlage bzw. den Betreiber möglich sind. Anschließend erfolgt die Datenverarbeitung und -bereinigung [4, 5]. Zentrale Komponente ist ein Datenlogger, der die Messdaten der einzelnen Komponenten aufzeichnet, speichert und über das Internet an einen zentralen Server übermittelt. Darüber hinaus ist die Konfiguration jeder PV-Anlage bekannt. Neben dem Standort der Anlagen fließen die Ausrichtung und Neigung der Solarmodule in die Analyse ein. Die Messdaten liegen typischerweise in 5 oder 15-Minuten-Intervallen für jede PV-Anlage vor. Für die Auswertung werden Tagesertragsdaten verwendet und auf Monatswerte aggregiert.

Die wichtigste Kennzahl zur Beurteilung einer einzelnen PV-Anlage ist ihr Energieertrag. Der Energieertrag ist die in einem



Abb. 2: Ertragsübersicht mit monatlicher Bewertung. Die Höhe der Balken repräsentiert den monatlichen Stromertrag der PV-Anlage, die Einfärbung spiegelt die Bewertung des Ertrags im Vergleich zu Referenzanlagen wider.

bestimmten Zeitraum produzierte Menge an Energie z. B. in Kilowattstunden (kWh). Die Messung des Energieertrags erfolgt über die Einspeisezähler einer Anlage. Da der Energieertrag von vielen Faktoren einer PV-Anlage abhängt (Nennleistung, Standort, Ausrichtung, Neigung, Komponenten, Konfiguration), ist ein direkter Vergleich von Energieerträgen unterschiedlicher Anlagen nicht möglich. Um die Ertragsdaten der PV-Anlagen vergleichen zu können, wird der spezifische Ertrag verwendet. Der spezifische Ertrag normiert Anlagen unterschiedlicher Größe auf eine einheitliche Ertragsgröße in kWh/kWp. Über den spezifischen Ertrag lassen sich PV-Anlagen in einer Region mit ähnlicher Konfiguration (Ausrichtung, Neigung, Komponenten) vergleichen.

Die Ertragsdaten aller Anlagen, die sich in einem bestimmten Postleitzahlbereich befinden, werden für jeden Monat des Jahres bewertet. Anlagen, deren Erträge außerhalb bestimmter Grenzen liegen (d.h. die zu geringe oder unplausible Werte liefern), werden im weiteren Verlauf des Algorithmus nicht mehr berücksichtigt. Sämtliche Ertragsdaten beziehen sich auf PV-Anlagen mit Modulen, die nach Süden ausgerichtet sind und eine Neigung von 30 Grad aufweisen. Für den Datenvergleich mit Anlagen, deren Module eine andere Ausrichtung und/oder Neigung aufweisen, müssen die Werte mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden. Beispielsweise müssen die Ertragswerte für den Vergleich mit einer PV-Anlage, deren Module nach Westen ausgerichtet und um 20 Grad geneigt sind, mit dem Faktor 0,9 multipliziert werden.

Die für die Auswertung relevanten Kennzahlen zur Analyse der statistischen Ergebnisse sind der Median und die Quartile. Der Median gibt bei einer Menge von Daten den Wert an, bei dem

50% der Messwerte kleiner und 50% der Messwerte größer als der Median sind. Das 1. Quartil (oder untere Quartil) gibt den Messwert wieder, bei dem 25% der Messwerte kleiner und 75% der Messwerte größer als das 1. Quartil sind. Entsprechend sind bezogen auf das 3. Quartil (oder obere Quartil) 75% der Messwerte kleiner und 25% größer als das 3. Quartil. Der Abstand zwischen dem 1. und 3. Quartil wird als Interquartilsabstand (IQ) bezeichnet. Da der Algorithmus lediglich auf statistischen Verfahren beruht, sind die Ergebnisse des Algorithmus bei hinreichend großer Anzahl von PV-Anlagen in einer Region signifikant. Bereits ab 50 auswertbaren Anlagen in einer PLZ-Region beträgt die Sicherheitswahrscheinlichkeit 97,5% bei einem tolerierten Fehler von 5%.

Der Nutzer kann sich diese Schwellwerte in der Ertragsübersicht anzeigen lassen. Die roten, gelben und grünen Balken zeigen die monatlichen Erträge der PV-Anlage des Nutzers an (siehe Abb. 3). Die halbtransparenten Bereiche dahinter visualisieren die Vergleichskennzahlen. Dazu werden der Median sowie das erste und dritte Quartil aus dem PLZ-Vergleich auf die Anlagenleistung des jeweiligen Nutzers umgerechnet. Der dunkelrote Bereich zeigt den Median an. Anlagen die in dem jeweiligen Monat einen geringeren Ertrag erwirtschaftet haben, werden hellrot eingefärbt. Der gelbe Bereich endet beim 3. Quartil. Dieser Referenzwert wird zusätzlich durch einen schwarzen Balken gekennzeichnet.

Anlagen, die höhere Erträge erwirtschaften, zählen zu den besten 25% in dem jeweiligen PLZ-Gebiet und werden hellgrün eingefärbt.

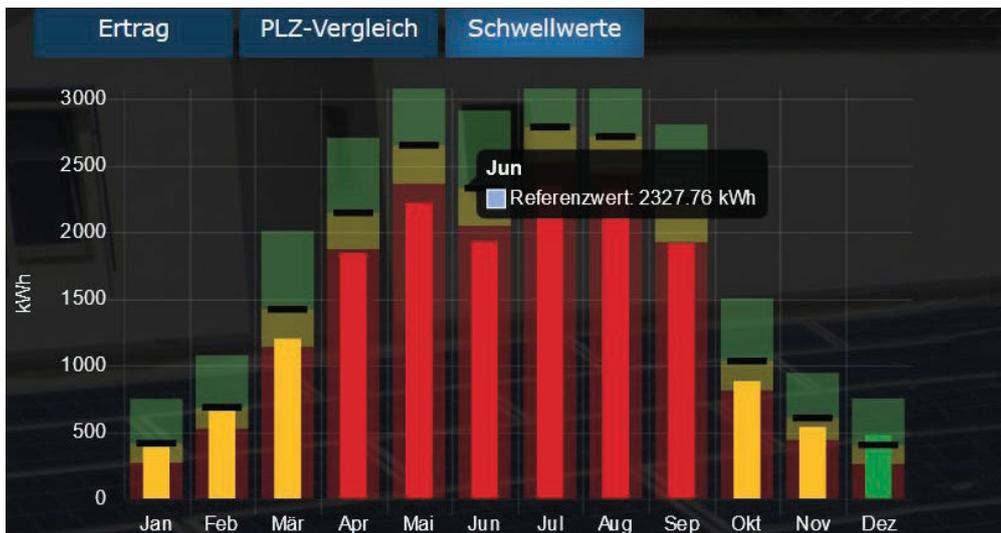


Abb. 3: Monatliche Ertragsübersicht mit Anzeige von Schwellwerten. Die Darstellung für fortgeschrittene Nutzer stellt ausführlich den Vergleich des eigenen PV-Ertrags mit zu erwartenden Referenzerträgen dar.

## REALISIERUNG DER UCB PVAPP

Die UCB PVapp wurde als Web-Anwendung mit Standard-Webtechnologien realisiert. Sie kann daher von jedem Endgerät und über jeden neueren Browser durch die Angabe der URL aufgerufen werden.

Die Darstellung der UCB PVapp passt sich automatisch an die Größe und Auflösung des jeweiligen Endgeräts (PC, Tablet, Smartphone) an. Um dies zu realisieren, haben wir uns für das CSS Framework Bootstrap entschieden. Bootstrap enthält auf HTML und CSS basierende Gestaltungsvorlagen für Typografie, Formulare, Buttons, Tabellen, Grid-Systeme, Navigations- und andere Oberflächengestaltungselemente sowie zusätzliche, optionale JavaScript-Erweiterungen. Des Weiteren benutzen wir das JavaScript Framework jQuery. Hierbei handelt es sich um eine freie JavaScript-Bibliothek, die Funktionen zur DOM-Navigation und -Manipulation zur Verfügung stellt. Für die Visualisierung der Ertragsdaten wurde das Chart.js Framework gewählt, weil es eines der wenigen verfügbaren Visualisierungs-Frameworks ist, das kombinierbare Diagramme ermöglicht (Balkendiagramm und Bereichsdiagramm in Kombination) und darüber hinaus sehr viele Gestaltungsmöglichkeiten bietet. Außerdem besitzt das Framework eine sehr umfangreiche Dokumentation.

# WER?

Der Career-Service an der Hochschule Trier bietet bereits seit Juni 2009 einen umfangreichen und kostenlosen Service rund um das Thema Beruf und Karriere an.

Als Zusammenschluss von Hochschule Trier und Agentur für Arbeit ist es unser gemeinsames Ziel, alle Studierenden und Absolventen/-innen beim Übergang vom Studium in den Beruf zu unterstützen.

# WAS?

## ZUHÖREN

Wir erörtern mit Euch Eure Fragestellungen und stehen mit Rat und qualifizierenden Angeboten zur Seite.

## ORGANISIEREN

Wir richten für Euch zertifizierte Veranstaltungen zu fachübergreifenden Soft Skills aus.

## ZUSAMMENFÜHREN

Wir vermitteln Euch Kontakte zu Unternehmen, Praktika, Abschlussarbeiten und Jobs – regional, national und international.

# WO?

## STANDORT

In der Servicezeile  
Mensa, Schneidershof

## ÖFFNUNGSZEITEN

Montag bis Freitag  
9 bis 14 Uhr

## KONTAKT

Tel.: 0651 / 8103-556

Web: [www.hochschule-trier.de/go/careerservice](http://www.hochschule-trier.de/go/careerservice)

Mail: [career-service@hochschule-trier.de](mailto:career-service@hochschule-trier.de)



**CAMPUS  
GESTALTUNG**  
BERICHTE



# KRAFTFLUSSOPTIMIERTE VERBINDUNGEN IM INGENIEURHOLZBAU

---

FB GESTALTUNG /  
ARCHITEKTUR

---



*Prof. Dr. techn. Wieland Becker*  
*w.becker@hochschule-trier.de*

**AUTOREN:**

*M.A. Eirik Kjølsvrud*

*Dipl.-Ing. (FH) Jan Weber*

*Prof. Dr. techn. Wieland Becker*

## PARAMETRISCHE WERKZEUGE UND KONZEPTE ZUR GENERIERUNG KRAFTFLUSSOPTIMIERTER VERBINDUNGEN

Die Herstellung von geometrisch komplexen Geometrien erfolgt mit Hilfe von CAD-Lösungen, welche über entsprechende Schnittstellen an CAM-Prozesse gekoppelt sind. Dabei werden verschiedene Verfahren zur Geometrierzeugung von Knotenverbindungen verwendet, welche im Bericht vorgestellt sind.

Die aufwändigste Variante besteht in der Produktion eines Urmodells, welches durch anschließendes Abformen und Ausgießen des Negativs mit einem leistungsfähigen Vergussmaterial der konventionellen Stahlgusstechnik nahe kommt. Weitere Verfahren basieren auf der Laserschneidtechnik, bei der die jeweiligen Knotengeometrien zunächst aus ebenen Plattenmaterialien erzeugt werden und nach einem Faltprozess als Schalung zur Verfügung stehen. Ein drittes Verfahren besteht in der Herstellung eines Hohlkörpers, der im 3D-Drucker hergestellt wird und als verlorene Schalung dient. Alle Schalungen werden anschließend mit einem leistungsfähigen Vergussmaterial (Polymerbeton, ggf. UHPC) befüllt. Anzuschließende Querschnitte und Einbauteile können beanspruchungsabhängig ausgeführt und verbunden werden. Eine Berechnung der Knoten kann mit vorhanden numerischen Methoden (z.B. FEM-Systemen, wie ANSYS oder ABAQUS) erfolgen, wobei die Materialkennwerte der jeweiligen Vergussmaterialien zugrunde gelegt werden.

Die Hochschulen Trier und Mainz entwickeln gemeinsam Verfahren zur Formgenerierung, Produktion und numerischen Modellierung, welche im Aufsatz vorgestellt werden.

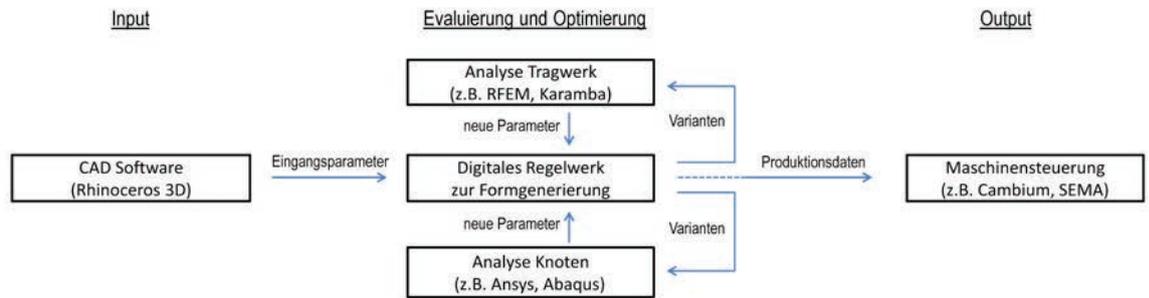


Abb. 1: Flussdiagramm der digitalen Kette vom Entwurf bis zur Produktion

## NUMERISCHER PROZESS ZUR FORMGENERIERUNG

Die Digitalisierung des Entwurfs- und Produktionsprozesses ermöglicht durch Flexibilität, Präzision und Wiederverwendbarkeit die Umsetzung komplexer Geometrien im Hochbau. Mit parametrischen Computerwerkzeugen zeichnet man keine fertige Form, sondern stellt Regeln auf, die eine Lösung entsprechend der Eingangsparameter digital erzeugt. Ändern sich die Parameter, ändert sich die vorgeschlagene Form [1]. Diese Herangehensweise bedeutet am Anfang eine gewisse Mehrarbeit. Wenn sich im Laufe dieses Prozesses etwas ändert ist diese Zeit jedoch schnell eingespart - neue Varianten werden sofort generiert, ohne dass man sie neu zeichnen muss. Parametrische Werkzeuge bieten darüber hinaus Schnittstellen zu Berechnungssoftware für Strukturanalyse und Topologieoptimierung. Die Ergebnisse dieser Evaluierung können direkt, also innerhalb des parametrischen Regelwerks, zur Optimierung herangezogen werden. Mit wenigen Mausklicks können neue Szenarien und Lösungsvorschläge generiert, untersucht und optimiert werden. Innerhalb eines Systems werden individuelle Lösungen vorgeschlagen, jedes Bauteil kann anders sein. Dabei werden mit den digitalen Werkzeugen direkt Produktionsdateien erzeugt, sodass jede Variante als Prototyp oder fertiges Bauteil ohne Verlust an Präzision produziert werden kann [2]. Informationen aus der Produktion (Nesting, Bauteilgröße/Anzahl, Kosten) können wiederum im digitalen Regelwerk zurückfließen und die Lösungsvorschläge optimieren. Da die Regelwerke in Teilen oder im Ganzen nicht ausschließlich für ein bestimmtes Szenario entwickelt sind, haben sie ein großes Wiederverwendungspotential. Sie können für ähnliche Bauaufgaben und

Entwicklungen weiter benutzt und verfeinert werden.

Bei digital konzipierten, komplexen räumlichen Tragwerken stellt sich die Herstellung der Verbindungsknoten oft aufwendig und kostenintensiv dar. Bisher erfolgt die Kopplung der einzelnen Tragglieder meist mit Hilfe von Stahlschweißteilen (Holz- und Stahlbau) oder Stahlgussteilen (Stahlbau), welche aufgrund ihrer formgebenden Eigenschaften maßgenau produziert werden müssen. Dies ist insbesondere bei Stahlschweißteilen für irreguläre, nicht-orthogonale Strukturen schwierig umzusetzen. Eine hohe Präzision in der Ausführung der Geometrie wird nur erreicht, wenn die Umsetzung in einer möglichst nicht unterbrochenen digitalen Kette gewährleistet ist. Diese erlaubt eine wirtschaftliche Produktion, Vermeidung von Ungenauigkeiten und ermöglicht damit erst die Realisierbarkeit hochkomplexer und differenzierter Bauwerke.

An der HS Trier wurden verschiedene Konzepte zur Herstellung von Verbindungsknoten auf Basis der vorgenannten digitalen Werkzeuge (Bild 1) entwickelt und prototypisch ausgeführt. Die erarbeiteten Konzepte zur Erstellung komplexer Knotengeometrien beruhen auf der Entwicklung von Formkörpern, an die Stabquerschnitte aus Holz, Beton oder Stahl angeschlossen werden können. Die geometrische Komplexität der Stabgeometrie kann unter Berücksichtigung von Anschlussdetails und optimiertem Kraftfluss in diesen Formkörpern aufgefangen werden [3].

Die Generierung der einzelnen Knoten erfolgt mit Hilfe parametrischer Modellierungswerkzeuge. Hierbei wird auf Basis des zugrundeliegenden Stabtragwerks die konkrete Ausformung der Knotengeometrie mit Hilfe eines speziell entwickelten

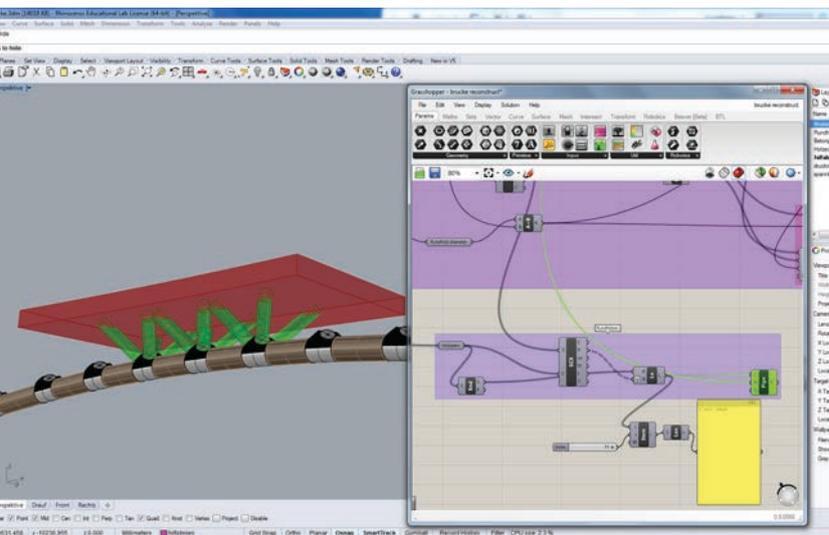


Abb. 2: Parametrisches Regelwerk in Rhino/Grasshopper

Programms modelliert. Eine zeitaufwändige manuelle Bearbeitung entfällt. Dies ist vor allem bei asymmetrischen und nicht-orthogonalen Tragwerken mit vielen verschiedenen Knotengeometrien von Vorteil.

Ein weiterer Vorteil dieser Arbeitsmethode ist die Option, die Formkörper unter Berücksichtigung ihrer Materialeigenschaften durch die FE-Simulation ohne Schnittstellenverluste zu untersuchen und ggf. zu optimieren. Eine automatisierte, iterative Entwicklung der Tragwerks- und Knotengeometrie hin zu optimierten Kraftverläufen und Querschnittsgeometrien ist so möglich (Bild 2, Bild 3).

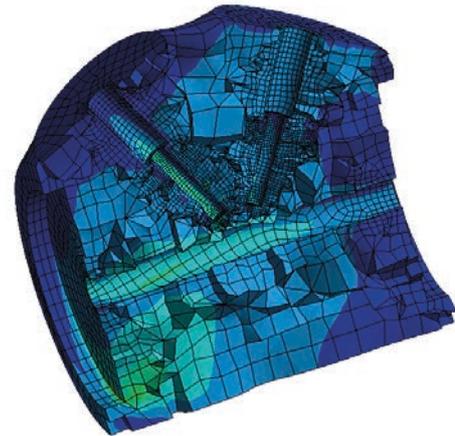
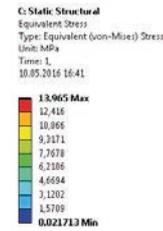


Abb. 3: Numerische Analyse des Brückenknotens (Ansys)

## METHODEN ZUR HERSTELLUNG DER FORMKÖRPER

Drei verschiedene, auf die digitale Produktionskette abgestimmte Konzepte wurden entwickelt, welche je nach Einsatz, Stückzahl und optischen Anforderungen Verwendung finden.

### URFORM

Bei mehreren Knotenpunkten mit exakt gleicher Geometrie bietet sich eine Umsetzung im klassischen Sinne des Gussteils an. Hierzu wird auf Basis des digitalen Modells eine Urform erstellt. Relevante Verfahren sind hier der 3D-Druck oder ein



Abb. 4: Formkörper aus Polymerbeton



Abb. 5: Brückentragwerk aus Rundholz

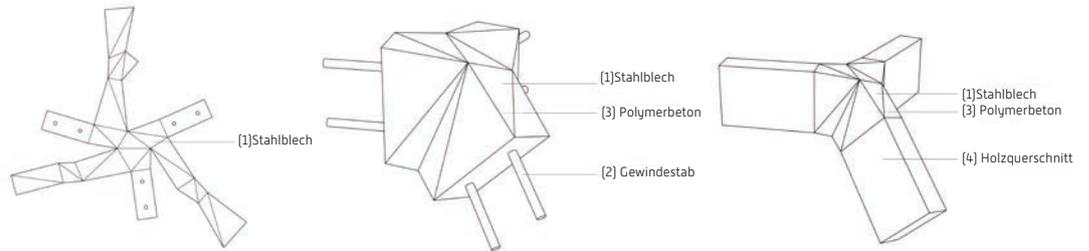
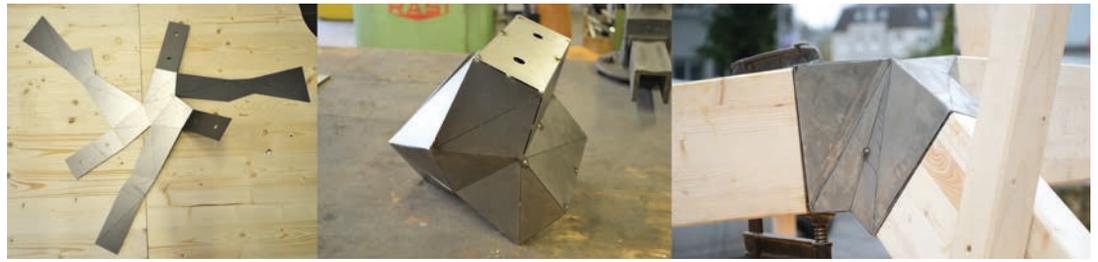


Abb. 6: Herstellungsprozess des Knotens mit abgewickeltem Falwerk als verlorene Schalung

mehrachsiges Fräsprozeß. Die Urform wird abgeformt und darauf basierend die Schalung erstellt. Diese Schalung ist mit Aufnahmen für die einzugießenden Stahlteile versehen und kann mehrfach mit der Vergussmasse ausgegossen werden. Die Bilder 4 und 5 zeigen ein unter Verwendung von Formkörpern errichtetes Brückentragwerk.

#### ABWICKLUNG

Kommen verschiedene Knotengeometrien zum Einsatz, ist die Erstellung einer Gussform meist unwirtschaftlich. Als kostengünstige Alternative wurde deshalb eine Schalung aus Blech entwickelt. Dieser Formknoten ist so konzipiert, dass eine

Abwicklung in planare Flächen möglich ist. Die Abwicklung des räumlichen Formknotens geschieht innerhalb der Software ebenfalls voll automatisiert. Sie kann mit produktionsüblichen Maschinen wie Schneidelaser, Wasserstrahlschneider oder Plasmaschneider aus dünnen Blechen ausgeschnitten werden. Anschließend wird die planare Fläche zu einem räumlichen Knoten zusammengefaltet und temporär fixiert. Das Falwerk passt nur in einer Position und Form zusammen und bildet nach dem Falten exakt den digital modellierten Ausgangsknoten ab (Bild 6). Nach Einbau der einzugießenden Stahlteile wird dieser Knoten mit der Vergussmasse ausgegossen.



Abb. 7: experimentelle Struktur, Universität für Angewandte Kunst, Wien 2014



Abb. 8: Formkörper mit 3D-Druck als verlorene Schalung



Team Trier

Als Schalungsmaterial kommen Kunststofffolien in Frage, die mit Hilfe eines Schneidelasers ausgeschnitten werden. Ein gebautes Beispiel hierfür zeigt eine experimentelle Struktur, die innerhalb eines gemeinsamen studentischen Workshops an der Universität für Angewandte Kunst in Wien entwickelt wurde (Bild 7).

### 3D-DRUCK

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Knotenpunkten wurde auf Basis des 3D-Druckens entwickelt. Der gedruckte Knoten wird als Hohlkörper konstruiert. Elemente zur exakten Aufnahme der Stahlteile sind ebenfalls Teil des Druckmodells. Diese Methode kommt ohne manuelle Zwischenschritte aus und stellt eine sehr präzise Variante dar. Auch dieser Formkörper wird mit Vergussmasse ausgegossen und erhält so seine Tragfähigkeit. Der 3D-Druck bleibt als verlorene Schalung erhalten und kann als Gestaltungsmittel eingesetzt werden (Bild 8).

### VERWENDETES VERGUSSMATERIAL

Als Vergussmaterial zur Herstellung der Knoten wird ein Polymerbeton verwendet, der bei der Herstellung von Werkzeugmaschinen verwendet wird [4]. Dieser zeigt ein duktileres Materialverhalten und besitzt sehr gute Eigenschaften unter Druckbelastung. Kleinere Biegezugkräfte können ebenfalls abgeleitet werden. Der Einbau von Stahlformteilen zum Anschluss der Stabglieder ist problemlos möglich. Die eingebauten Stahlteile sind korrosions- und brandschutztechnisch geschützt und erlauben somit eine einfache bauseitige Montage.

## FAZIT

Die an den Hochschulen Trier und Mainz entwickelten Prozesse zur Herstellung von Formkörpern mit Hilfe parametrischer Werkzeuge ermöglicht die Umsetzung komplexer, irregulärer Architektur- und Ingenieursentwürfe.

Die vorgestellten Verfahren für Entwurfs- und Produktionsabläufe erlauben eine wirtschaftliche Umsetzung solcher Bauaufgaben unter der Berücksichtigung ästhetischer Gesichtspunkte. Produktionsbezogene Probleme werden minimiert und Einzelanfertigungen können annähernd zu Konditionen der Serienfertigung produziert werden.

Bei Interesse von ausführenden Unternehmen und Ingenieurbüros stehen die Hochschulen Trier und Mainz als Kooperationspartner zur Verfügung und können an der Entwicklung derartiger Konzepte mitarbeiten.

## LITERATUR

[1] STEHLING, H.; SCHEURER, F.: Bridging the gap from CAD to CAM: Concepts, caveats and a new grasshopper plug-in. In: *Proceedings of the symposium FABRICATE 2014, ETH Zürich, Switzerland, 14. – 15. Feb. 2014, S. 53 – 59.*

[2] KNIPPERS, J.: *From Model Thinking to Process Design.* In: Castle, H. (Hrsg.): *Architectural design., West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, März/April 2013, S. 74 – 81*

[3] BECKER, W.; SCHÖBER, K-U.; WEBER, J.: *Vergussknotenlösungen im Ingenieurholzbau. Bautechnik 6/2016, S. 371-378*

[4] JACKISCH, U.V.; NEUMANN, M.: *Maschinengestelle für hochbeanspruchte Produktionstechnik. 1. Aufl. München. Süddeutscher Verlag, 2014.*

# MEDITATIONSRAUM FÜR DEN UMWELT-CAMPUS BIRKENFELD

## FB GESTALTUNG / ARCHITEKTUR



Prof. Dr. Matthias Sieveke  
Sieveke@hochschule-trier.de

### PROJEKT BETREUER/IN

Prof. Peter Böhm  
Prof. Andrea Wandel  
Oleg Poloshenko

### STUDIERENDE:

Ivo Kasatschok / Jürgen Motsch  
Andreas Lurtz / Ben Wessel  
Nathascha Gold / Anna Himpler  
Alexander Plum / Johannes Plum

Daniel Carpagne / Phillip Geissler  
Benedikt Kiefer / Daniel Rappold  
Dominik Degen / Markus Meeth  
Demitri Gassert / Simon Groß  
Sarah Springer / Paul Staschiok  
Johanna Dorn / Julie Lorang  
Jakobus Schwarz / Judith Berg  
Florian Bennemann /  
Burja Hasani  
Theresa Dominick /  
Hanna Hoffmann

### PREISGERICHT:

Künstler Martin Kleppe  
Architekt Prof. Klaus Klever  
Hochschulpräsident Prof. Dr.  
Norbert Kuhn  
Architekt Dipl. Ing. Yann  
Christopher Tusel  
Marie-Christine Bach,  
Stellvertreterin UCB  
Vanessa Kunz,  
Stellvertreterin UCB

Der Umwelt-Campus Birkenfeld als Teil der Hochschule Trier bietet 2700 Studierenden und rund 300 Mitarbeitern ein Studien- und Arbeitsumfeld. 1996 nach dem Vorbild einer amerikanischen Campus- Universität gegründet, wird die Hochschule zunehmend dem Anspruch gerecht, sich international zu positionieren. Neben dem Studieren, dem Lehren, dem Wohnen und dem Sport sind auch Orte der Ruhe und des Rückzuges gewünscht. Auf dem Areal einer ehemaligen Lazarettkapelle soll ein Ort der konfessionsübergreifenden Meditation entworfen werden. Studierende der Fachrichtung Architektur waren im Rahmen eines Wettbewerbes aufgefordert worden Konzepte zu entwickeln.

Ziel der Aufgabe war es einen Raum zu schaffen, der ca. 25 Studierende ein Beisammensein über religiöse Grenzen hinweg ermöglicht. Erwartet wurden Konzepte, die zeitgemäßen und experimentelle Raumvorstellungen entsprechen. Die Berücksichtigung der Phänomene Licht, Luft, Schaffen, ggf. auch Wasser sowie der bewusste Materialumgang waren Teil der Aufgabe. Diese Entwurfsziele sollten im Rahmen des Wettbewerbes zeichnerisch und in Form eines Modells definiert werden.

Die Bearbeitung erfolgte in Gruppen mit jeweils zwei Studierenden. Begleitet wurde diese kleine, aber interessante und künstlerisch ambitionierte Aufgabe von den Dozenten Prof. Peter Böhm, Prof. Dr. Matthias Sieveke, Prof. Andrea Wandel und Herrn Oleg Poloshenko.

Als Preisrichter stellten sich dankenswerterweise der Künstler Martin Kleppe, der Architekt Prof. Klaus Klever, der Hochschulpräsident Prof. Dr. Norbert Kuhn und der Architekt Yann Christophe Tusel zur Verfügung.

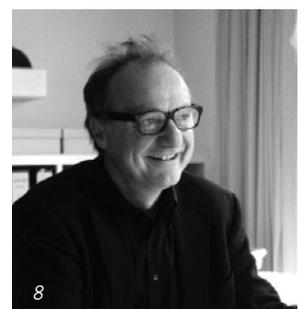


Abb. 1-3: Das zu beplanende Grundstück auf dem Umwelt Campus Birkenfeld  
 Abb. 4 und 5: Die Preisrichter: Prof. Klaus Klever, Künstler Martin Kleppe,  
 Dipl. Ing. Yann Christophe Tusel, Prof. Dr. Norbert Kuhn (Hochschulpräsident),  
 Marie-Christine Bach und Vanessa Kunz (Stellvertreterinnen UCB)  
 Abb. 6: Wettbewerbsentwürfe  
 Abb. 7: Projektbetreuerin: Prof. Andrea Wandel  
 Abb. 8: Projektbetreuer: Prof. Peter Böhm



Abb. 7 Innenansicht



Abb. 8 Außenansicht

## 1. PREIS IVO KASATSCHOK / JÜRGEN MOTSCH

Der Weg in den Ruheraum führt von oben nach unten und vermittelt zwischen dem himmlischen und dem irdischen. Eine Fuge im Beton führt den Besucher zum Mittelpunkt des Raumes. Der Einschnitt in der Decke betont die vertikale Verbindung vom Himmel und Erde. Ein Wasserbecken im Ruheraum sorgt für Balance und ein angenehmes Raumklima. Regenwasser fällt über eine Öffnung im Dach in das Becken. Bruchstücke der alten Kirchenfenster werden als farbige Öffnungen in die südliche Wand integriert und erzeugen so ein spannendes Lichtspiel. Der Ort beton symbolisiert durch seinen monolithischen Charakter Ruhe und Zeitlosigkeit und bietet dem Besucher einen Ort zum Meditieren, sodass er sich ganz auf sich und seinen Geist konzentrieren kann.



Abb. 9: Modellbau

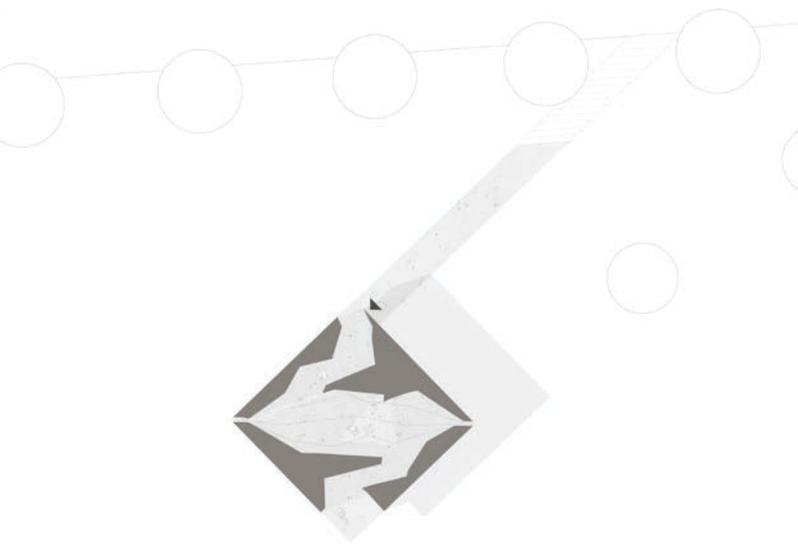


Abb. 10: Der Grundriss

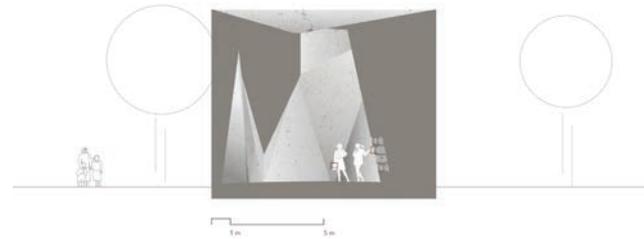


Abb. 11: Die großzügige Öffnung nach Süden

## 1. PREIS ANDREAS LURTZ / BEN WESSEL

Der monolithische Baukörper strahlt auf dem meist hektischen Campus Ruhe aus. Durch seine Einfachheit steht er frei auf der ehemaligen Kirchenwiese. Aus den drei Grundgeometrien, Kreis, Quadrat und Dreieck, entsteht ein spannender als auch einfacher Raum, in dem man sich seelisch entlasten kann.

Der Grundriss besteht aus dem Quadrat und bittet die Menschen durch einen leicht erhöhten Eingang hinein. Aus den Wandflächen im Eingangsbereich können sich die Besucher eine aus Holz gefertigte Sitzgelegenheit mitnehmen. Zum Mittelpunkt hin öffnet sich der Baukörper und lässt durch die dreieckigen Wandformen einen großzügigen Ruheraum entstehen. Das Highlight ist das dreieckige Oberlicht und die nach Westen und Osten gelegten Lichtschlitze. Je nach Wettersituation entstehen beruhigende Licht- oder bei Regen von der Decke tropfende Wasserspiele. Das so in den Innenraum gelangende Wasser wird über die Vertiefungen im Boden nach draußen geleitet. Zum Süden hin öffnet sich der Baukörper mit einer großzügigen Geste und eröffnet einen Blick in die Natur des Umweltcampus Birkenfeld.

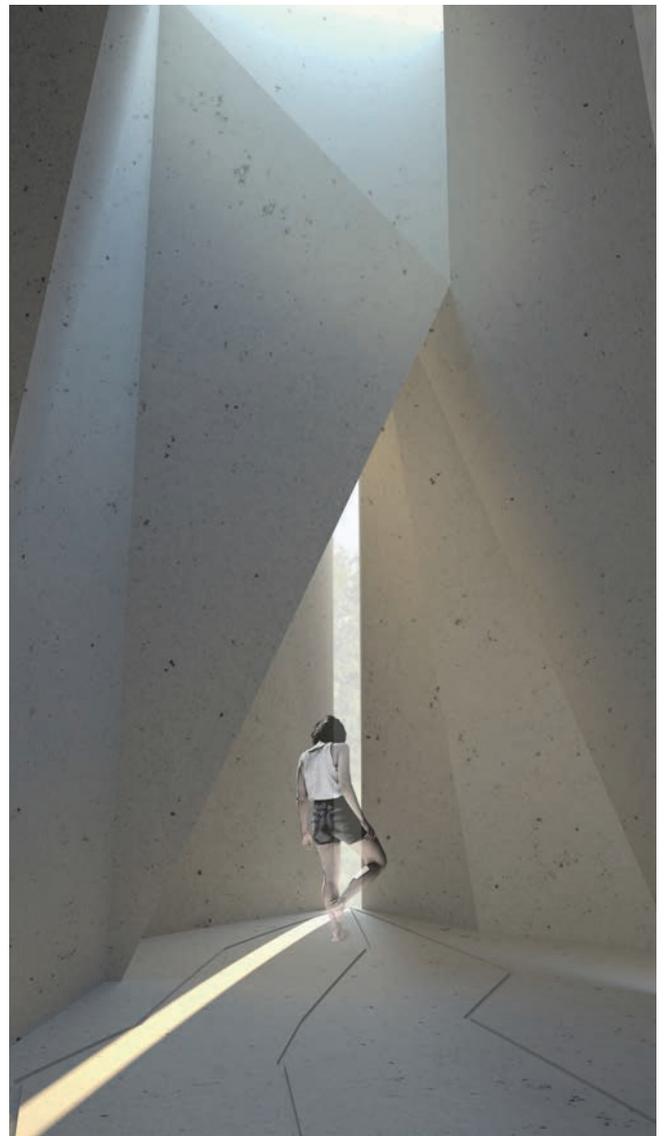


Abb. 12: Der Baukörper strahlt Ruhe aus

# „TRESTA“. MATERIAL- UND PRODUKTENTWICKLUNG – KREISLAUFFÄHIGKEIT VON TRAUBENPRESSRÜCKSTÄNDEN

FB GESTALTUNG /  
KOMMUNIKATIONSDESIGN



Prof. Anita Burgard  
A.Burgard@Hochschule-Trier.de

## STUDIERENDE:

Katharina Hölz, Masterstudentin  
Design Körper Raum

## EFFEKTIVE NUTZUNG REGIONALER BIOMASSE

Ein nachhaltiges Designstudium befähigt Designerinnen und Designer dazu, eine kompetente Mittlerstellung zwischen Mensch und Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt einzunehmen – mit kreativen Ideen, Konzepten und konkreten Vorstellungen davon, wie eine nachhaltige Entwicklung umgesetzt werden kann. Dazu bedarf es, mit der Erde, ihren Ressourcen und ihren Lebewesen so umzugehen, dass auch zukünftige Generationen einen intakten Lebensraum und gesellschaftliche Entfaltungsmöglichkeiten vorfinden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen soziale, kulturelle, ökologische und ökonomische Belange gleichermaßen berücksichtigt werden. Hier haben Designerinnen und Designer durch ihre Arbeit einen großen Einfluss: Wenn sie bei der Gestaltung von Kommunikation und Information sowie im Entwicklungsprozess von Dienstleistungen und Produkten neben den ästhetischen Aspekten auch nachhaltige Aspekte einfließen lassen, können dadurch gesellschaftliche Probleme erkannt und angegangen sowie komplexe Zusammenhänge verständlich gemacht werden.

Die Masterprojektarbeit „tresta“ zeigt dies in vorbildlicher Weise. Trester, regionaler Bioabfall, wird zu einem wertvollem Material für die Produkt- und Papierherstellung. Mit interdisziplinärer Kompetenz entstanden Lösungsansätze zur Schaffung von neuen nachhaltigen Ressourcen.

Das 20ste Jahrhundert war eine Epoche des Raubbaus und der Zerstörung. Im großen Stil wurden Rohstoffe dem Boden entnommen und riesige natürliche Lebensräume vernichtet. Mit der Erdölförderung begann das ökologisch verheerende Plastikzeitalter.



*Ausgangsmaterial Trester, gemahlen und in gebundener Form*

Doch in der Zeit der Ressourcenknappheit und der Umweltschäden begann ein langsames Umdenken – weg von erdölbasierten Kunststoffen, hin zu Biomasse!

Die Natur macht es vor; sie kennt keine Müllkippen. Vielmehr verfährt sie nach dem Prinzip der intelligenten Verschwendung. Jede Form von Bioabfall, sei er pflanzlicher oder tierischer Herkunft, wird von Flora und Fauna wieder als Nährstoff genutzt – „Cradle to Cradle“. Daher gibt es, genau genommen, keinen Bio-„Abfall“, sondern nur Biomasse. Diese ist reichlich vorhanden – und manchmal zu reichlich. So fallen in Deutschland jährlich allein 200.000 Tonnen an Trester an. Hierbei handelt es sich um die Pressrückstände von Trauben, also jene Schalen, Kerne, Stiele, Blattreste, Pektine und Zellulosereste, die bei der Weinkelterung als „Abfall“ übrigbleiben.

Geringe Mengen davon werden gebrannt und auf diese Weise zu Tresterschnaps weiterverarbeitet. Teile gelangen auch in die Tierfutterherstellung. Doch das Gros der riesigen Trestermengen landet als minderwertiger Dünger im Weinberg. Eine Notlösung, um kein Geld für die Entsorgung ausgeben zu müssen.



## „TRESTA“. MATERIALENTWICKLUNG

Die Zielsetzung war, Trester in einen neuen Materialkreislauf einzuspeisen – Upcycling statt Abfall. Zu diesem Zweck erfolgten zahlreiche Versuche, um komprimierten Trester mit anderen natürlichen Bindemitteln stabil zu verbinden. Hierbei erwiesen sich Komposite mit Werkstoffen wie z.B. Apfelpektin als unbrauchbar, weil sie zu brüchig waren oder sich beim Trocknen verzogen. Der Durchbruch gelang schließlich mit Bienenwachs. Dieses Compound lässt sich in der gewünschten Weise gestalten und ist zudem formstabil. Damit war der Weg frei für die Entwicklung von Produkten.

tresta®  
lichtgewächs



tresta®  
kühlgewächs



„tresta“-Weinaccessoires Lichtgewächs und Kühlgewächs

## „TRESTA“. PRODUKTENTWICKLUNG

Zunächst entstanden Erzeugnisse aus einem neuen organischen Werkstoff, der sich aus Tresterpulver und Bienenwachs zusammensetzt. Exemplarisch wurden, um eine Anwendung des neuen Kompositmaterials zu demonstrieren, Produkte aus dem Bereich Weinaccessoires angefertigt. Inspirationsgrundlage für diese Erzeugnisse war die Silhouette der moseltypischen Schlegelflasche. Durch eine Zweiteilung von deren Grundform entstand zum einen eine Lampe aus dem oberen Teil der Form und aus dem unteren ein Weinkühler.

Der Trester-Bienenwachs-Verbund ist hervorragend geeignet, um dickwandige Pressobjekte herzustellen, die eine besondere Robustheit aufweisen. Bei Weinaccessoires, wie dem Flaschenkühler „Kühlgewächs“ und der Lampe „Lichtgewächs“, bringt dieses Kompositmaterial seine Stärken optimal zur Geltung.



„tresta“-Weinaccessoires Lichtgewächs und Kühlgewächs



*Tresterpapier beim Trocknen*



*Trester-Pulpe-Werkstoff in Bearbeitung*

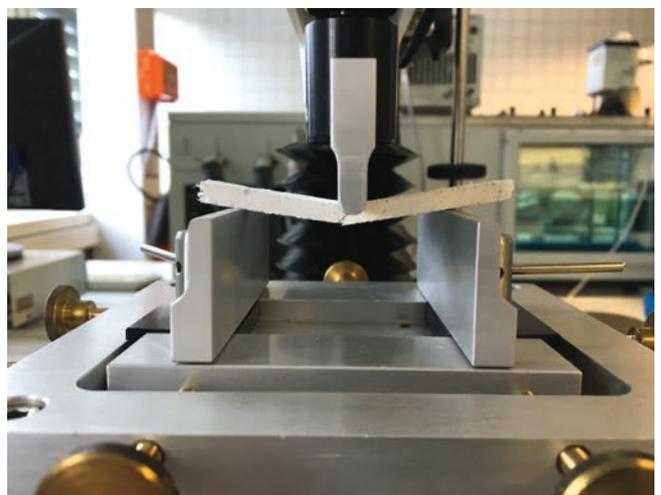
## „TRESTA“. PULPEWERKSTOFF

Anders verhält es sich bei dünneren Wandstärken. Mit abnehmender Dicke geht die Stabilität verloren; eine Verarbeitung ist nicht mehr möglich. Aus diesem Problem heraus entstand die zweite Idee, Trester mit Papier zu verbinden, das auch dünnere Wandstärken ermöglicht. Dem Papierbrei „Pulpe“ wurden in unterschiedlichen Mengen Tresterfasern hinzugefügt. Zielsetzung war, ein positives Verhalten der Tresterfasern hinsichtlich der Materialeigenschaften der Pulpe zu erreichen. Der Trester-Pulpe-Verbund wurde weitgehend nach der Methode der Büttenpapier-Herstellung gefertigt: Sauberes Zeitungspapier wurde in Wasser aufgeweicht, püriert, geschöpft, gepresst, getrocknet und gebügelt.

Vor der Weiterverarbeitung wurden mehrere getrocknete Trester-Pulpe-Stücke mit verschiedenen hohen Tresteranteilen im Pulverlabor der Hochschule Trier auf Bruchfestigkeit getestet. Die Ergebnisse waren alle positiv: Selbst hohe Tresteranteile ließen den Pulpewerkstoff nicht porös werden sondern gaben dem Endmaterial mehr Reißfestigkeit. Das Kompositum war somit zur Weiterverarbeitung geeignet.

## „TRESTA“. VERPACKUNGEN

Das neue Kompositmaterial ließ sich mühelos schleifen, schneiden und fräsen. Auf diese Weise entstanden zwei exemplarische Verpackungslösungen. Die Verpackungen dienen exemplarisch für ein weiteres Weinaccessoire, dem Kellnermesser.



*Bruchtest am Texturanalyser der HS Trier*



„tresta“-Verpackungen



## „TRESTA“. FILAMENTENTWICKLUNG FÜR DEN 3D DRUCK

Die positiven Eigenschaften, die Trester mit Verbundmaterialien im analogen Fertigungsbereich hervorbringt, sollen in naher Zukunft auch für die additive Fertigung nutzbar gemacht werden, insbesondere um auf Kunststoff zu verzichten.

Der 3D-Druck ist ein besonders materialeffizientes Fertigungsverfahren. Er bietet den Vorteil, dass – anders als bei material-abtragenden bzw. -herausarbeitenden Methoden, wie Fräsen, Bohren usw., lediglich die Materialmengen zum Einsatz kommen, die tatsächlich benötigt werden. Bei druckfähigen tresterhaltigen Filamenten wären individuelle Produktgestaltungen ab einer Stückzahl möglich.

Zur Zeit werden zwei Ansätze verfolgt: Zum einen wurden am IKV Aachen mehrere Verbundstoffe aus Trester und einem Biokunststoff der BASF hergestellt, zum anderen wurde in Heimversuchen ein 100 % natürliches Komposit aus Trester und Wachs produziert.

Die so entstandenen Granulate werden an einem neu entwickelten Großraum-3D-Drucker des Fachbereichs Maschinenbau der Hochschule Trier in Kürze auf ihre Druckfähigkeit getestet. Wir freuen uns auf die Ergebnisse für eine lebenswerte Zukunft.



„tresta“-Verpackungen mit Kellnermesser

# REMAKE – SCHMUCK IM MUSEUM

---

FB GESTALTUNG /  
EDELSTEIN UND SCHMUCK

---



Julia Wild

STUDIERENDE DER HOCHSCHULE TRIER, FACHRICHTUNG EDELSTEIN UND SCHMUCK, LIESSEN SICH IM RAHMEN DES PROJEKTS REMAKE VON DER SAMMLUNG DES STADTMUSEUMS SIMEONSTIFT TRIER UND DEM MUSEUM ALS ORT DER BEGEGNUNG INSPIRIEREN. ZIEL WAR ES, DIE ENTSTANDENEN SCHMUCKSTÜCKE SOWIE INSTALLATIONEN IN DER AUSSTELLUNG MIT AUSGEWÄHLTEN MUSEUMSOBJEKTEN IN EINEN DIALOG TRETEN ZU LASSEN.

Ein Museum ist ein Ort, an dem Dinge, Artefakte, Kunst archiviert, wissenschaftlich aufgearbeitet und in Beziehung zum Betrachtenden gestellt werden. Es wird ein Dialog zwischen Besucherin oder Besucher und dem Objekt initiiert, der über das Individuum hinausgeht und übergeordnete gesellschaftliche Fragen aufwirft. Ein Museum, insbesondere ein städtisches Museum, wie es das Simeonstift in Trier ist, trägt dazu bei, die Identität eines Ortes und ihrer Bewohner zu definieren.

Museen sind gesellschaftliche Institutionen, die kulturhistorisch betrachtet relativ jung sind, deren Anfänge in der Aufklärung lagen und die erst im Laufe des 19. Jahrhunderts an Bedeutung gewannen. Die Schmuckabteilungen vieler Museen erfreuen sich großer Beliebtheit beim Publikum. Ist es allein das Strahlen der Diamanten und die verwendeten, kostbaren Materialien, welche die Menschen so magisch anziehen? Sicherlich spielt die Materialität eine wichtige Rolle, doch genauso entscheidend ist der Objektcharakter des Schmucks, in dem sich die Materialität erst ausdrückt und erlebbar wird. Denn die wenigsten Menschen schauen ebenso fasziniert auf die Porträts hochgestellter Personen, die uns so zahlreich von den Wänden der Museen dieser Welt anblicken. Auch dort wäre Schmuck in reicher Auswahl und

zudem in seiner Funktion zu bewundern. Aber im Bild verliert der Schmuck seinen Objektcharakter, die Idee des Haptischen, die in der musealen Auslage zu erahnen ist, auch wenn der Schmuck hinter Glas verschlossen liegt. Das zweidimensionale Bild eröffnet zwar eine Tragesituation, aber erst in der Präsentation als Objekt im Museum können sich die Betrachtenden das Schmuckstück in ihrer Vorstellung aneignen, sich hineinversetzen. Damit schafft das Museum eine Situation, in der die ausgestellte Arbeit die Wahrnehmung anregt und im besten Falle emotional berührt.

Das Projekt „reMake“ der Hochschule Trier in Zusammenarbeit mit dem Simeonstift ermöglichte es den Studierenden der Fachrichtung Edelstein und Schmuck, sowohl den musealen Raum und seine Funktionen als auch ihr Schmuckschaffen zu reflektieren und in Beziehung zueinander zu stellen. Inspiriert vom Museum als Ort und den darin ausgestellten Objekten entstanden Schmuckstücke und Installationen, die ein Ausdruck für die Wirkung sind, die ein solcher Ort der Erinnerung hervorrufen kann. Es war ein mehrstufiger Dialog, der hier angestoßen werden sollte: Die Studierenden reagierten mit ihren Arbeiten auf die Stücke des Museums, welche dann gemeinsam ausgestellt wurden, um wiederum Besucherinnen und Besucher dazu anzuregen, diese mit einem neuen Blick zu betrachten.

Warum ist ein Museum — zumal ein stadthistorisches Museum — geeignet für ein solches Projekt mit Studierenden, die sich mit Schmuck und Edelsteinen beschäftigen? Es ist zunächst die Institution, unabhängig von der thematischen Ausrichtung, die eine Anbindung an den Schmuck auch auf theoretischer Ebene interessant macht. In der kunsthistorischen Forschung wird vom

Museum als rituellem Ort gesprochen, an dem sich Menschen und ausgestellte Objekte in einem außeralltäglichen Rahmen begegnen. So verweist in der Regel bereits die Architektur auf die Besonderheit des Ortes. Wenn das Museum nicht wie in Trier bereits in einem ehemaligen sakralen und repräsentativen Bau Aufnahme gefunden hat, orientierte sich die Museumsarchitektur der letzten beiden Jahrhunderte häufig an Tempelanlagen. Imposante Vorbauten und repräsentative, hallenartige Eingangsbereiche schaffen eine Situation, die einen klaren Bruch zur Welt außerhalb des Museums herstellen und ein Innehalten hervorrufen soll. Indem die Besucherin oder der Besucher aus dem Alltag heraustritt, verändert sich die Wahrnehmung der Ausstellungsstücke. Sie sind keine Gebrauchsgegenstände mehr, sondern Dinge, die zur Reflexion anregen, wobei die Museumsleitung den Objekten durch Kontextualisierung einen Sinn zuschreibt. Die Betrachtenden erfahren diesen durch die Beschreibung der beigelegten Texte und mittels des Dialogs der zur Ausstellung gehörenden Dinge. Darüber hinaus stellt das Objekt einen sinnlichen Mehrwert bereit, welcher Erinnerungen, Assoziationen hervorruft, die oftmals weder von den Kuratierenden noch dem Publikum steuerbar sind.

Das Museum und seine Atmosphäre des Außeralltäglichen machen es möglich, dass diese Aura der Dinge wahrgenommen, erfahrbar gemacht wird. Man tritt aus dem Zeitfluss des Alltags heraus, hält inne und ist im Moment der Betrachtung eines Objekts im besonderen Maße präsent. Gerade ein historisches Museum unterliegt einer narrativen Struktur, indem es Vergangenes aus den Archiven hervorholt, dem Vergessen entreißt, in das Jetzt überführt und Künftiges durch die Vergegenwärtigung beeinflusst. Damit formt ein Museum die Identität der



Stefanie Thalhammer, BFA Semester 3 | Halsschmuck „Kragen“  
Tampons, Garn | 2016

*„In unserer Gesellschaft wird das Thema Menstruation tabuisiert. Wenn in der Werbung darüber gesprochen wird, taucht die Menstruation als etwas Unreines auf, etwas, was man unsichtbar machen sollte. Damit wird der Gesellschaft suggeriert, dass die Periode mit Scham behaftet ist.*

*Viele Frauen nehmen die Menstruation einfach hin, ohne wirklich zu wissen, was in ihrem Körper passiert.*

*Der Mühlsteinkragen ist eine Modeerscheinung des 16. Jahrhunderts. Vorwiegend wurde er von Frauen und Männern der gehobenen Gesellschaftsschicht als Bestandteil der Ausgehkleidung getragen. Mit dem Kragen aus Tampons, den die Träger und Trägerinnen mit Stolz tragen sollen, habe ich versucht, dem Thema Menstruation mehr Ansehen und Würde zu verleihen: denn die Menstruation ist eine wichtige, einzigartige und faszinierende Phase, die der weibliche Körper durchläuft. Es ist ein notwendiger Prozess für die menschliche Existenz.“*



Daniel Block, Bildnis einer Bürgerin,  
1636, Öl auf Leinwand  
Stadtmuseum Simeonstift Trier, Inv. III.228

Besucherinnen und Besucher sowie der Bewohnerinnen und Bewohner des Ortes, auf den sich das Museum bezieht. Aber auch die von weiter entfernt Anreisenden werden durch den Anblick eines bestimmten Objekts an etwas erinnert. Durch die Betrachtung kann etwas bewusst gemacht werden, das unter Umständen das Bild vom eigenen Selbst verändern kann.

In einem Museum stehen der Ausstellungsraum, der Mensch und die Objekte in einer Wechselwirkung und ermöglichen ein Erleben sowohl auf intellektueller als auch emotionaler Ebene. Die Wirkung des Schmucks entfaltet sich in der Beziehung zwischen der Person, die den Schmuck für sich auswählt und trägt, denjenigen, die die Geschmückten betrachten und — insbesondere im zeitgenössischen Schmuck — den Schmuck-schaffenden. Da Schmuck im rituellen Handeln des Menschen immer eine Rolle gespielt hat, sind die Wirkmechanismen der Schmuck- und Museumserfahrung in vielem ähnlich und machen ein solches Projekt so interessant. Denn auch im Schmuck geht es um Außeralltäglichkeit, um Präsenz, die Bewusstwerdung des Moments im zeitlichen Ablauf der Historie. Es geht um die Konstruktion von Identität, wie sie durch das Tragen von Schmuck gestaltet und vermittelt werden kann.

Schmuck gilt als die älteste überlieferte symbolische Ausdrucksform des Menschen. Die Gründe, Schmuck zu tragen und die Art und Weise, wie Schmuck wahrgenommen wird, sind im Laufe der Jahrtausende und über die Vielzahl der Kulturen hinweg gleich geblieben. Nur die Bedeutungsschwerpunkte und die Interpretation der Zeichen, die Schmuck beinhalten kann, unterliegen innerhalb eines festgeschriebenen Rahmens einem historisch-kulturellen Wandel. Der Wunsch sich zu schmücken, lässt sich auf verschiedene Gründe zurückführen: zunächst auf das Bedürfnis,

sein Äußeres zu verändern, sich zu verschönern und zu schmücken — zweckfrei, spielerisch, schon bei Kindern beobachtbar. Ein weiteres Motiv liegt in dem Wunsch begründet, ein Zeichen zu besitzen und zu tragen, welches Trägerin oder Träger an einen besonderen Menschen oder einen bedeutsamen Ort erinnert. Es kann aber auch die Erinnerung an einen speziellen Moment im Leben — den eines Abschieds oder Neubeginns — gegenwärtig halten. Schmuck als Träger von Erinnerung stellt den bei weitem wichtigsten Aspekt von Schmuck in der heutigen Zeit dar. Diese Erinnerungsfunktion entfaltet ihre Wirkung vor allem nach innen, weniger nach außen: die Betrachtenden können nicht wissen, dass die Halskette der Großmutter gehörte oder von der ersten Reise nach Asien stammt. Nur die Trägerin oder der Träger weiß um die Bedeutung des Schmuckstückes. Es gibt zwar Schmuck, der an etwas erinnert und von Außenstehenden in einem gewissen Rahmen lesbar ist wie zum Beispiel der Ehering oder die Ehrennadel. Aber die vollständige Dimension der Erinnerung an die Situation, in der der Schmuck eine besondere Rolle spielte und weshalb er im Jetzt an das Vergangene erinnern kann, ist nur für die Trägerin oder den Träger zugänglich. Darüber hinaus kann das Schmuckobjekt als Kristallisationspunkt von Erzählungen zu einem konstitutiven Element von Gemeinschaft werden. In Gesellschaften, deren Traditionen auf mündlicher Überlieferung beruhen, ist Schmuck häufig Ausgangspunkt für gemeinschaftsstiftende Erzählungen und Erinnerungen. Aber auch in unserer Gesellschaft, in der die Kleinfamilie oder der Freundeskreis das soziale Miteinander prägen, kann der Schmuck und die daran haftende Erinnerung zu einem wichtigen Erzählkern der Gemeinschaft werden.

Die Suche nach Schutz, der sich in den Schmuckformen der Amulette und Talismane ausdrücken kann, ist ein weiterer Be-



Anna Storck, BFA Semester 3 | Brosche „Erinnerungen“  
Milchopal, Silber, Edelstahl | 2016

*“Das Museum ist ein Ort, um Dinge zu bewahren; ebenso wie die Erinnerungen, die diesen Dingen anhaften. Bewusst oder unbewusst bauen wir Beziehungen zu Objekten auf und verknüpfen sie mit Situationen oder Ereignissen. Sie werden zu Trägern von Erinnerungen und zu Medien zwischenmenschlicher Kommunikation.*

*Die weißen, leeren Flächen der Bilder-rahmen sind ein Angebot, sich an etwas zu erinnern: eine gute Entscheidung, auf der man etwas aufgebaut, oder ein Fehltritt, aus dem man etwas gelernt hat.*

*Es sind Projektionsflächen, denen jeder von uns einen anderen Inhalt verleiht. Ein Rahmen für die Erinnerungen, die für uns von Bedeutung sind und die wir uns immer wieder ins Gedächtnis rufen wollen.“*



Stadtmuseum Simeonstift Trier

weggrund, sich zu schmücken. Dieser Schmuck hat die Funktion, vor Unheil in der realen Welt – Krankheiten, Feinden und gefährlichen Tieren —, aber auch vor immateriellen Gefahren wie Geistern und Flüchen zu beschützen. Durch das Tragen eines bestimmten Schmucks kann man sich ermächtigt fühlen, Situationen und Probleme zu bewältigen.

Schmuck dient nicht zuletzt als Statussymbol. Er bezeichnet den gesellschaftlichen Stand der Geschmückten, ihre Position in der Gemeinschaft, die von dieser anerkannt werden muss, indem sie das getragene Zeichen akzeptiert. Schmuck in diesem Sinn ist in einem komplexen sozialen Zeichensystem eingebettet, welches der gesellschaftlichen Kontrolle unterliegt und auf ein Ordnungssystem verweist. In unserer heutigen Gesellschaft ist die Darstellung des Selbst und nicht die Darstellung einer transzendenten Ordnung die vorherrschende Funktion des Schmucks. Schmuck kann sowohl auf den materiellen als auch immateriellen Hintergrund der Tragenden verweisen, beispielsweise auf deren Bildung und den von der Herkunft geprägten Geschmack. Der Wunsch, das eigene Bild seiner Selbst zu kommunizieren und nach außen zu tragen lässt Trägerinnen und Träger auf die Wahrnehmung und Bewertung durch die Betrachtenden angewiesen sein. Nur durch die Reziprozität entfaltet der Schmuck seine volle soziale Wirkung. So ist die Bedeutung des Schmucks als Statussymbol auch heute noch vorhanden, aber der Fokus liegt stärker auf dem Selbst, dem Individuum, welches sich für den Schmuck entscheidet.

Das Motiv der Selbstdarstellung führt unmittelbar zu dem für die heutige Zeit so wichtigen Grund, sich zu schmücken: die Suche nach der eigenen Identität bzw. der Wunsch, die eigene Identität mit Hilfe äußerer Zeichen zu gestalten und zu festigen. Als ein

Bereich des Schmucks ist hier insbesondere der sogenannte zeitgenössische Schmuck oder Autorenschmuck zu nennen. In diesem spielen die Schmuckschaffenden eine besondere Rolle, indem sie ihre Geschichte, ihre Identität aber auch ihr Erleben und Wahrnehmen des Zeitgeistes in die Gestaltung der Schmuckwerke einfließen lassen. Dadurch beziehen sich die Schmuckstücke eindeutig auf die, die sie geschaffen haben, aber sind in ihrer Zeichenhaftigkeit bestenfalls noch so mehrdeutig, dass sie für die Trägerin oder den Träger die Möglichkeit darstellen, den Ausdruck des eigenen Selbst durch das Schmuckstück zu ergänzen. Betrachterinnen und Betrachter hingegen werden dazu angeregt, das Schmuckstück einerseits in seiner Singularität wahrzunehmen, andererseits in Bezug zu dem Träger zu stellen. Was im Museum der Raum ist, der eine atmosphärische Betrachtungssituation der Dinge herstellt und zur Reflexion anregt, ist im Falle des Schmucks die Trägerin oder der Träger, die dem Schmuckstück eine Plattform geben, seine Aura zu entfalten, indem sich verschiedene Identitäten, die des Tragenden, des Betrachtenden und des Schmuckschaffenden, in dem Moment des Geschmücktseins miteinander verbinden.

Die Erfahrung eines Museumsbesuchs und die Gründe, Schmuck zu tragen, scheinen vordergründig weit auseinanderzuliegen. Doch in beiden Fällen steht der menschliche Umgang mit Objekten im Vordergrund. Die Wechselwirkung zwischen Mensch und Objekt lässt etwas Neues im Raum der Ausstellung oder der Situation des Tragens entstehen, indem sich die Wahrnehmung des Stücks, ob Schmuck oder Artefakt, durch den bewussten Umgang mit den Dingen verändert. In beiden Fällen wird der geschmückte oder betrachtende Mensch auf rationaler und emotionaler Ebene angesprochen und kann dies als Angebot nutzen, sich selbst und sein Sein zu bestätigen oder zu hinterfragen.



Tianqi Li, BFA Semester 5 | Halsschmuck „Schutz“ | Stein, Leder | 2016

„Meine Inspiration war die Skulpturengruppe der geharnischten Ritter im Eingangsbereich des Stadtmuseums, die ursprünglich an der dem Dom zugewandten Fassade der sogenannten Steipe angebracht war. An zentraler Stelle der Stadt, dem Marktplatz, drückten sie den Willen zur Verteidigung bürgerlicher Rechte und Freiheiten aus. Die Statuen und damit auch der Harnisch sind aus Sandstein gearbeitet. Dies inspirierte mich dazu, mein Stück aus Marmor zu schleifen.

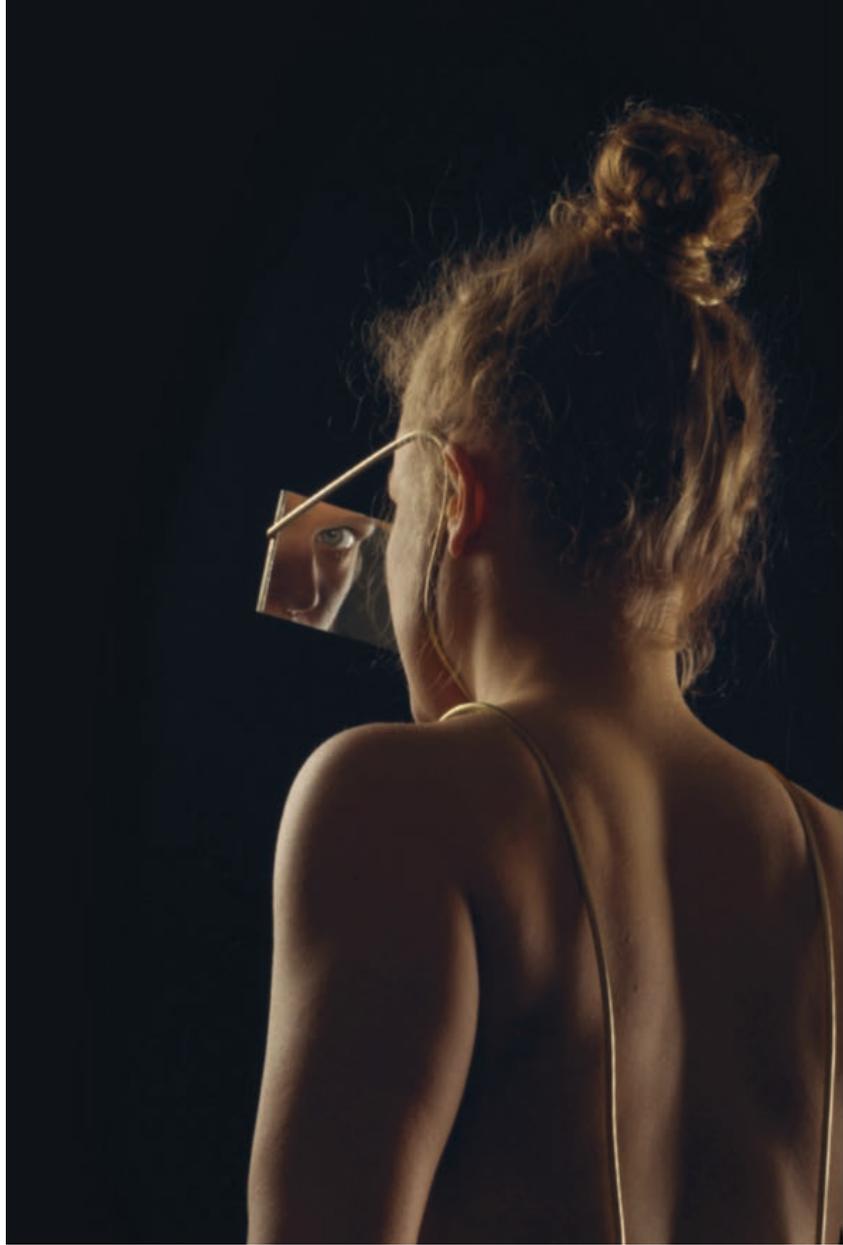
Marmor ist weiß, undurchsichtig und weich. Er wirkt auf mich ruhig, rein, heilig, aber auch wie eine gemütliche Bekleidung, die man anziehen möchte. Die Außenform des Steins habe ich beibehalten, nur die Innenseite ist von mir bearbeitet worden. Am Anfang wollte ich das Äußere in Form einer Hand schleifen. Doch erschien mir die Innenseite wichtiger als die äußere Form. Nur die Trägerin oder der Träger soll um die Bedeutung der eingravierten Hände wissen: So ist die Kette ein zuverlässiger Freund, der mich in den Armen hält, um mich zu schützen.“



Meister Steffann, Steipenriese, 1483, Sandstein  
Stadtmuseum Simeonstift Trier, Inv. I 0024

*„Die Schandmaske ist ein mittelalterliches Folterinstrument.  
Die Schandmaske verstärkt den Verlust der Ehre des Beschuldigten.  
Die Schandmaske veranschaulicht die begangene Tat.*

*Ich habe meine Maske passgenau auf meinen Körper angefertigt.  
Ich allein zwingen mich, sie zu tragen.  
Ich konfrontiere mich mit mir selbst, das ist unbequem.  
Ich blicke prüfend in mich.  
Ich bekenne die Schande, dass ich mich nicht gut verhalten habe.  
Ich habe mich entehrt.  
Durch meine Ausflüchte,  
durch meine Unaufrichtigkeit,  
durch meine Unzulänglichkeit.  
Darum will ich mich reinigen.  
Geheilt aus dieser Prüfung hervorgehen.“*



Vanessa Zöller, BFA Semester 3 | Körperschmuck "Maske" | Spiegel, Messing | 2016



Schandmaske, 17. Jh., Eisen  
Stadtmuseum Simeonstift Trier,  
Inv. X 791b

# KORRELATION ZWISCHEN WISSENSCHAFT, KUNST, DESIGN UND ARCHITEKTUR

## GANZHEITLICH LEHREN UND LERNEN IM „FREEDOMBUS“

---

FB GESTALTUNG /  
KOMMUNIKATIONSDESIGN

---



Prof. Anna Bulanda-Pantalacci  
bulandap@hochschule-trier.com

**ASSISTENZ:**

Judith Bürger (BA)

Isabel Arnold

Jill Biebricher

DAS PROJEKT „FREEDOMBUS – DAS MOBILE LABOR FÜR KULTUR UND INTERDISZIPLINÄRE BILDUNG“ STAND UNTER DER SCHIRMHERRSCHAFT DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DER MINISTERPRÄSIDENTIN DES LANDES RHEINLAND-PFALZ, FRAU MALU DREYER.

### HINTERGRUND DES PROJEKTS

In nunmehr fast 70 Jahren seit dem Zweiten Weltkrieg, konnten sich Demokratie und Friedensbewusstsein in der Europäischen Gemeinschaft weitgehend festigen. Ethnische, politische und religiöse Konflikte, die zunehmend auch in Europa aufflammen, zeigen allerdings die Fragilität von Frieden und einem toleranten, menschenwürdigen Umgang miteinander.

Die direkteste Frage in diesem Zusammenhang ist:

*„Was kann ich selbst zum Frieden und dem Wohl der Gemeinschaft beitragen?“*

Diese Frage führte zu der Idee des Projekts „FreedomBus – das mobile Labor für Kultur und interdisziplinäre Bildung“. Das Projekt wurde als „Hochschullabor auf Rädern“ auf drei Jahre konzipiert. Die Teilnehmer werden in drei Etappen, Europa von Osten bis Westen und von Norden bis Süden in Bussen und anderen Verkehrsmitteln bereisen und auf der Strecke wissenschaftliche und visuelle Erkenntnisse (kulturell, soziologisch, historisch und politisch) sammeln. Die erste Etappe des Projektes wurde im August/September 2016 durchgeführt. Mit Hilfe von künstlerischen Aktivitäten (Erschaffung von Kunstwerken in interdisziplinären Workshops, Theater und Musikaufführungen, Ausstellungen, Mappings etc.) sowie Soziologie- und Geschichts-



Abb.1 & 2: Begegnungen auf der Strecke des FreedomBus, Krakau, Roes und Trier

werkstätten, haben wir Menschen für geschichtliche und kulturelle Prozesse in Europa und das daraus resultierende, kulturelle Erbe, sensibilisiert.

Unser Projekt setzte ein Zeichen für die Solidarität zwischen den Menschen und den Ländern Europas und für das europäische Wertebewusstsein. Wir haben im grenzüberschreitenden Dialog, Studierende und Lehrende verschiedener europäischer Nationalitäten, sowie andere am Projekt beteiligte Personen zusammengeführt, um bei gemeinsamer künstlerischer und wissenschaftlicher Arbeit, zukunftsweisende Fragen zu erörtern.

Begegnung und Austausch wurden ermöglicht, um die wesentlichen Voraussetzungen zu schaffen, den Frieden dauerhaft zu etablieren oder zu erhalten (betrachtet man die aktuellen Konfliktherde weltweit). Darüber hinaus wurde eine nachhaltige Zusammenführung von Kultur- und Kunstschaffenden, sowie Bildungs- und Kulturinstitutionen Europas geschaffen und, als Kerngedanke und Ausgangspunkt, vielfältige Möglichkeiten interkultureller Begegnung initiiert. Das Projekt ermutigte neue Formen der Bürgerbeteiligung zu entwickeln und bereits bestehende Formen zu stärken, sowie soziale, berufsorientierte und interkulturelle Kompetenzen, sowie Sprachkompetenzen, zu vermitteln.



Abb. 3: Die Strecke und die Stationen des Projektes „FreedomBus“ in der durchgeführten ersten Etappe 2016 und die geplante Etappe 2018



Abb. 4: Begegnungen auf der Strecke des FreedomBus, Krakau, Roes und Trier

## INTERKULTURELLES LERNEN IM „HOCHSCHULLABOR AUF RÄDERN“

Kultur und Bildung sind Grundpfeiler der Gesellschaft. In diesem Sinne vermittelte das Projekt den Teilnehmern ein Verständnis für kulturelle und politische Zusammenhänge in Europa. Die interdisziplinären Workshops waren so konzipiert, dass sich die Lehrenden und Lernenden gegenseitig ergänzten. Sowohl die teilnehmenden Studenten aus verschiedenen Ländern, als auch Schüler und Auszubildende aus Trier lernten während des Projekts interdisziplinär und im internationalen Team zu arbeiten. Soziale und interkulturelle Kompetenzen wurden vermittelt, Zivilcourage und Toleranz gestärkt. Die ständige Wechselwirkung zwischen Kunst und Wissenschaft hilft den Teilnehmern die Komplexität der Welt besser zu verstehen.

## PROJEKT FREEDOMBUS / EINE NOMADEN-HOCHSCHULE BEWEGT MENSCHEN UND IDEEN QUER DURCH EUROPA

Fahrstrecke:

30. August 2016 bis 02. September 2016 : „Alte/Junge Stadt“, Krakow, Polen

02. bis 06. September 2016: „Geteilt/Vereint“, Berlin, Deutschland

06. bis 08. September 2016: „Solidarität und Freiheit“, Roes/Vulkaneifel, Deutschland

08. bis 16. September 2016: „Vergangenheit und Zukunft“, Trier, Deutschland

Am 30. August 2016 startete das „Hochschullabor auf Rädern“ mit 35 Studenten und 10 Lehrenden aus 12 Ländern in Krakau/Polen. Mit jeder angefahrenen Station ist die Teilnehmerzahl gewachsen, bis sie schließlich in Trier ca. 90 Personen erreichte. Auf der Strecke von Krakau über Berlin und Roes bis nach Trier haben sich junge Europäer künstlerisch und wissenschaftlich der Geschichte und Kultur von Europa gewidmet und haben Bürger zum Dialog über europäische Identitäten, das gemeinsame Kulturerbe und demokratische Werte eingeladen. An den Veranstaltungsorten haben sie sich mit der Geschichte der Orte, mit der Kultur, Natur und der Einzigartigkeit der Region beschäftigt und die wissenschaftlichen Erkenntnisse künstlerisch verarbeitet. Die ausländischen Teilnehmer konnten die Regionen und ihre Kultur über mehrsprachige Führungen und Exkursionen näher kennenlernen.

In Trier trafen die Teilnehmer vom 08. bis zum 16. September 2016 in interdisziplinären Kunst- und Geschichtsworkshops, sowie in Trainings für Körpersprache, Zivilcourage und interkulturelle Kompetenzen auf Schüler, Auszubildende und Künstler, um in gemischten Teams mit eingeladenen Gästen zusammenzuarbeiten. Im Rahmen der Museumsnacht 2016 wurde eine Performance aus Licht, Fassaden-Projektion, Klang und Theater-spiel dargeboten. Die künstlerischen Ergebnisse (Skulpturen, Filme, Fotografien, Malerei, Zeichnungen, Collagen...), die in den Workshops entstanden sind, wurden in einer öffentlichen Ausstellung am 14. September 2016 in den Viehmarktthermen in Trier präsentiert. Diese wird voraussichtlich als Wanderausstellung in vielen Orten Europas gezeigt. Die Stadt Trier wurde zum lokalen Austragungsort mit internationalem Wirkungspotential und zur wichtigsten Station auf der gut 1500 km langen Route.



Abb. 5: Wissenschaftler begleiteten die Teilnehmer mit Vorträgen während der gesamten Strecke des FreedomBus

### WER HAT AM PROJEKT TEILGENOMMEN?

Künstler, Designer, Studierende, Lehrende, Asylsuchende, BürgerInnen, SchülerInnen, HandwerkerInnen aus zahlreichen Teilen Europas.

### WORKSHOPS

Bei allen Workshops standen die Konzepte der Teilnehmer im Vordergrund. Diese wurden zunächst in visuellen Tagebüchern skizziert und danach im Austausch mit den Teilnehmern und den internationalen Lehrenden in Holzboxen von 30 cm x 30 cm umgesetzt. Ausgenommen waren dabei die Skulpturen des Metall-Workshops und die Animationen. Skizzenbücher, Boxen,



Abb. 7: Metallskulpturen Workshop



Abb.6: Station Krakau – Alte / Junge Stadt, Polen Altstadt Krakaus

sowie Materialien wurden zur Verfügung gestellt. Die Teilnehmer konnten aber auch gerne eigene Materialien mitbringen und verarbeiten. Während des Arbeitsprozesses hatten die Teilnehmer die Möglichkeit in andere Workshops hinein zu „schnuppern“, es war sogar ausdrücklich erwünscht, sich zwischen den Workshops auszutauschen und in interdisziplinären Teams zu arbeiten.

### FOLGENDE WORKSHOPS WURDEN ANGEBOTEN

Sculpture Art I – Metall, Sculpture Art II – Paper Art, Space Border Motion, Visual Art I – Illustration, Visual Art II – Typografie / Grafikdesign, Visual Art III – originalgrafische Drucktechniken, Performance Art, Animation, wissenschaftliche Workshops



Abb. 8: Graphic-Novel Workshop in der Saarländischen Vertretung, in Berlin



Abb. 9: Körpersprache-Workshop

#### FOLGENDE TRAININGS WURDEN ANGEBOTEN

Körpersprache, Zivilcourage Training/Interkulturelle Kompetenzen

Nach der Ankunft in Trier, bekam jeder Teilnehmer eine Box aus Holz zur Realisierung eines Kunstobjektes. Die Kunstobjekte wurden durch folgende künstlerische Darstellungsweisen realisiert: kleine skulpturale Objekte, Zeichnung, Malerei, Grafik, Fotografie, Collage. Außerhalb der Arbeit mit Kunstboxen, konnten die Teilnehmer große Skulpturen, Mappings, Video-filme, Installationen und Performances erstellen. Hier galten keine Begrenzungen. Die künstlerische und wissenschaftliche Arbeit erfolgte auf Grundlage vorgeschlagener Themen. Die Stationen definierten die Themen des „FreedomBus“. Sie dienten zur Orientierung und zum Einblick in die vielfältigen Aspekte der europäischen Kultur und Geschichte.

#### KULTUREVENTS 08. BIS 16. SEPTEMBER 2016 / MUSEUMSNACHT 2016

Im Rahmen der Museumsnacht, am 10.09.2016 wurde eine Performance aus Licht, Fassaden-Projektion, Klang und Theater-spiel der Öffentlichkeit dargeboten. Fast 700 Zuschauer haben das außergewöhnliche Spektakel auf der Fassade der Porta Nigra mit Begeisterung verfolgt.



Abb. 10: Performance zum Thema „Vergangenheit und Zukunft“

#### ABSCHLUSSAUSSTELLUNG IN DEN HISTORISCHEN VIEHMARKTTHERMEN IN TRIER

Die Studenten des FreedomBus arbeiteten in zehn verschiedenen künstlerischen und wissenschaftlichen Workshops. Die künstlerischen Ergebnisse (Skulpturen, Filme, Fotografien, Malerei, Zeichnungen, Collagen...), die in den angebotenen Workshops entstanden sind, wurden in einer öffentlichen Ausstellung, am 14. September 2016, in den Viehmarktthermen in Trier präsentiert. Es wurden über 60 Einzel- und Kooperationsprojekte gezeigt. Die floralen Werkstücke zum Thema „Vergangenheit und Zukunft“, wurden von den Auszubildenden des Faches Floristik der BBS GuT unter Anleitung der Fachlehrerin Ruth Wallerath angefertigt und bereicherten die Ausstellung. Die Schüler setzten sich auseinander mit vielfältigen Materialien, floralen Werkstoffen und Techniken auseinandergesetzt.

#### EXKURSIONEN/ FÜHRUNGEN

Um die Region Trier und ihre Kultur näher kennenzulernen, haben die ausländischen Teilnehmer die Möglichkeit an mehrsprachigen Führungen und Exkursionen teilzunehmen.

#### WISSENSCHAFTLICHE VORBEREITUNG

Vorträge, Diskussionen, Exkursionen, Ausstellungen gaben wichtige inhaltliche Impulse für die individuelle, künstlerische und wissenschaftliche Konzeptfindung der Teilnehmer.



Abb. 11: Abschlussausstellung in den Viehmarktthermen

### DIE FORSCHUNG

Anknüpfend an die Humboldt'sche Bildungsidee und die transdisziplinäre Idee der Lehre am Bauhaus, arbeitet und forscht ein international besetztes Team, vereint im Cross Border Network of History and Arts, seit zehn Jahren auf dem Gebiet der kreativen, ganzheitlichen Pädagogik. Kunst und Wissenschaft werden, als komplementäre Methoden zur Realisierung der Projekte des Cross Border Networks, in jedem Projekt konsequent angewendet und praktiziert. Die Erkenntnisse aus den Projekten der Kurzzeitpädagogik werden durch zahlreiche Lehrmethoden unter anderem an Universitäten oder Hochschulen von den teilnehmenden Lehrenden ausprobiert und angewendet. Anhand von Erkenntnissen und Beispielen aus den vergangenen Projekten und dem Projekt „FreedomBus“ wird aufgezeigt, wie die Lehre konzipiert ist und welche Vorteile diese für die Entfaltung der Kreativität mit sich bringt. Darüber hinaus soll auch gezeigt werden, auf welche Weise diese besondere Konzeption der Lehre die berufliche Zukunft der Studierenden positiv beeinflusst.

Informationen über das Netzwerk:  
[www.cross-border-network.eu](http://www.cross-border-network.eu)



Abb. 12: Zur Abschlussausstellung gefertigtes Objekt

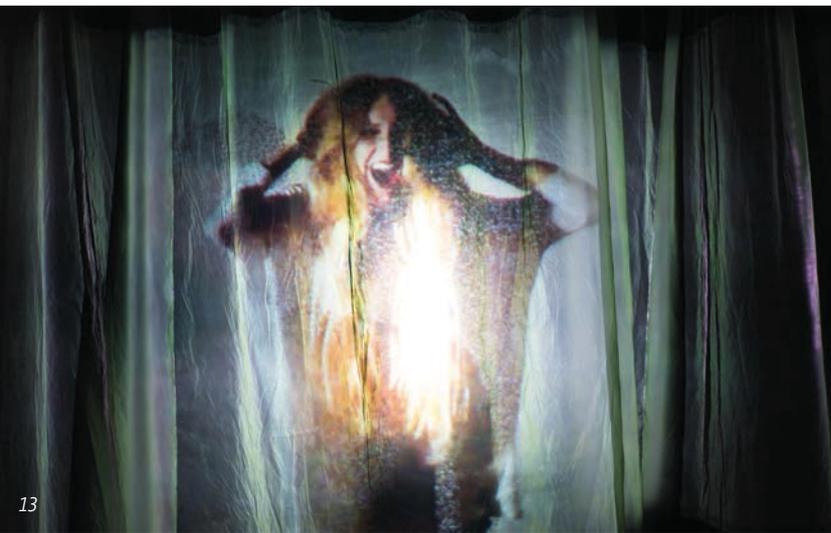


Abb. 13-15: Ausgestellte Objekte der Abschlussausstellung  
Abb. 16: Besucher der Ausstellung in den Viehmarktthermen  
Abb. 17, 18 : Florale Werkstücke zum Thema „Vergangenheit und Zukunft“  
Fach Floristik; von Auszubildenden der BBSGuT unter der Leitung von Ruth Wallerath

# KUNST UND GENUSS VERBINDEN

## KUNSTWERKE AUS NAHRUNGSMITTELN LASSEN DEUTSCH-TAIWANESISCHE FREUNDSCHAFT ENTSTEHEN

---

FB GESTALTUNG /  
KOMMUNIKATIONSDESIGN

---



Prof. Anna Bulanda-Pantalacci  
bulandap@hochschule-trier.com



Prof. Dr. Frue Cheng  
National Taipei University of  
Technology / Taiwan

Im Januar 2016 wurde die Hochschule Trier (Fachbereich Gestaltung) zum Austragungsort einer ungewöhnlichen Veranstaltung im Bereich der interdisziplinären und internationalen Lehre. Eine deutsch-taiwanische Gruppe, bestehend aus 35 Studierenden aus dem Fachbereichs Design der National Taipei University of Technology und aus ca. 20 Studierenden aus dem Studiengang Kommunikationsdesign der Hochschule Trier, haben in einem zweitägigen Workshop Kunstwerke aus Nahrungsmitteln kreiert. Betreut wurde die Gruppe durch Prof. Anna Bulanda-Pantalacci und Prof. Dr. Frue Cheng. Nach Fertigstellung der künstlerischen Arbeiten wurden diese auf einer symbolisch gestalteten Tafel präsentiert und gemeinsam mit den Gästen verzehrt.

Der Workshop unter dem Titel „EAT ART — Kunstwerke aus Essbarem und Licht“ wurde in Anlehnung an die künstlerische Arbeit des Künstlers Daniel Spoerri, Begründer der Eat-Art Bewegung, konzipiert. Für Spoerri war es wichtig, die Materialsprache radikal zu erweitern und völlig neue Möglichkeiten für die Bildhauerei zu finden. Mit der Idee Essbares als Medium einzusetzen, wendet er sich gegen den überkommenen Begriff von Kunst: Ein Kunstwerk ist nicht mehr museal und somit konservierbar, sondern vergänglich und kann sogar gänzlich einverleibt und somit verzehrt werden.

Bereits im Dezember 2015 fand im Seminarhaus Brückenmühle in der Eifel ein Workshop zu dieser Thematik für die Studierenden der Hochschule Trier statt. Die Sensibilisierung sowie der intensive Austausch lieferten erste Arbeitsergebnisse, die in Form von Plakaten, Animationen, Videos und Fotografien dokumentiert und archiviert wurden.



Abb. 1: Auswahl der Ergebnisse/ „Apfelgesichter“



Abb. 2: Auswahl der Ergebnisse/ „Nudeln“

Auf Grundlage dieser Ergebnisse, wurde die Arbeit in dem darauf folgenden Seminar im Januar 2016 mit den taiwanesischen Gästen fortgesetzt. Die internationale Teamzusammensetzung setzte kreative Potenziale frei und wurde zur Basis von vielfältigen Gestaltungsansätzen. So wurde die Aufgabe, in einem Team aus unterschiedlichen Nationen zu arbeiten und gemeinsam Skulpturen und Installationen aus Lebensmitteln zu schaffen, zu einer wichtigen Lebenserfahrung für die Studierenden und für Lehrende.

Das kreative Arbeiten, die abwechslungsreichen Gespräche, der internationale Austausch und das gemeinsame Essen haben darüber hinaus Freundschaften entstehen lassen. Weitere gemeinsame Seminare sowie eine Wanderausstellung (Fotoausstellung der Kunstwerke aus Lebensmittel) in Taiwan, Polen und Deutschland sind in Planung und sollen die deutsch-taiwanische Freundschaft weiter stärken.



Abb. 3: Deutsch-taiwanische Studentengruppe vor deren Kunstwerk



Abb. 4: Auswahl der Ergebnisse/ „Glück“



Abb. 5: Auswahl der Ergebnisse/ „Ringe/Obstschmuck“



Abb. 6, 7. Auswahl der Ergebnisse/ „Blüten anders“ bzw „Gemüraupe“



Abb. 8: Auswahl der Ergebnisse Lichtinstallation „Apfel teilen“



Abb. 9: Auswahl der Ergebnisse/ „Krebs“



Abb. 10: Künstlerische Arbeit in deutsch- taiwanesischem Team

# EDELSTEINE IM SCHMUCK ZWISCHEN BLING-BLING UND KUNST

---

FB GESTALTUNG /  
EDELSTEIN UND SCHMUCK

---



Wilhelm Lindemann  
wlprojekte@gmx.de

## VOM MAGISCHEN OBJEKT ZUM GLITZERNDEN BEIWERK

Erst mit der Renaissance beginnt die Geschichte des Edelsteins im profanen Schmuck: Plinius stellte als abschreckendes Beispiel für die verhängnisvollen Folgen von Luxus eine Version des Prometheus-Mythos vor, der Prometheus als den „Erfinder des Rings“ einführt: Das Kettenglied, mit dem Prometheus an den Kaukasus gefesselt wurde, steht darin für den Fingerring und der Fels für den Edelstein. Die Renaissance-Version des Mythos weist in eine neue Richtung: In der Konzeption des Vincenzo Borghini (1515–1580) für das Deckengemälde im Studiolo des Palazzo Vecchio heißt es zum Erfinder des Schmucksteins: „Dabei soll [...] die Natur gemalt werden, und als ihr Begleiter Prometheus, der, wie Plinius sagt, Erfinder der kostbaren Steine und Ringe war, und der der Sage nach, als er am Kaukasus angekettet war, trotz seiner Leiden, mit unendlichem Fleiß sich bemüht hat, Diamanten und andere Edelsteine zu bearbeiten.“

Mit der Renaissance beginnt sich ein neues Schmuckverständnis durchzusetzen, in dem der Schmuck, entkleidet von seinen magisch-religiösen Verweisen, zum Werkzeug im profanen Kult an der Schönheit wird. Leon Battista Alberti weist ihm dabei eine rein ornamentale Funktion zur Verzierung seiner Trägerin oder seines Trägers zu. Mit Bezug auf die Jünglinge von Athen bei Cicero schreibt er: „Bei ihnen wäre [...] die Anwendung von Schmuck sehr vorteilhaft gewesen; durch Färben und Verdecken aller etwaigen Unförmigkeiten, durch Kämmen und Glätten wären sie schöner geworden, so dass das Unerwünschte weniger abgestoßen und das Anmutige mehr ergötzt hätte. Sind wir davon überzeugt, so wird der Schmuck gleichsam ein die



„Puzzle Ring“ Ring aus Bergkristall, Qi Wang 2016, MFA Semester 3

Schönheit unterstützender Schimmer und etwa deren Ergänzung sein. Daraus erhellt [...], dass die Schönheit gleichsam dem schönen Körper eingeboren ist und ihn ganz durchdringt, der Schmuck aber mehr die Natur erdichteten Scheines und äußerer Zutat habe als innerlicher Art sei“. Schmuck wird zum Zierrat, aber auch zum Repräsentationsobjekt für Reichtum und Geschmack.

Ab der Mitte des 14. Jahrhunderts beginnen die Schleifer, die zuvor lediglich als Cabochons gemugelten Edelsteine in eine facettierte Form zu bringen. Dieser frühe Tafelschliff wird bis zirka 1700 zunächst vornehmlich im burgundisch-französischen Raum zu seiner geradezu ikonischen Gestalt des runden Brillanten weiterentwickelt. Diese gilt bis heute im Juwelenschmuck als die Idealform des Edelsteins und hat das Bild des Edelsteins in einer solchen Weise geprägt, dass sie von Laien sogar vielfach als die natürliche Form des Kristalls angesehen wird. Für die Herausbildung der Form waren keineswegs optische Aspekte maßgeblich, sie resultiert eher aus der pythagoreisch-euklidischen Proportionslehre und einer neuplatonischen Kosmologie, die den Zeitgeist und die Ästhetik der Renaissance prägten. Ernest Babelon (1854–1924) berichtet in seiner *Histoire de la gravure sur gemmes en France*, es habe Mitte des 17. Jahrhunderts in Paris keine Edelsteingraveure mehr gegeben, da die Steinschneidekunst durch die Mode des Schliffs facettierter Schmucksteine vollständig verdrängt worden sei. Deshalb habe sich Ludwig XIV. gezwungen gesehen, einen Graveur zur Ausbildung im Steinschnitt nach Florenz zu schicken, um Frankreich unabhängig von den Gemmen-Importen aus dem Ausland, vornehmlich aus Norditalien, zu machen.

Die vom französischen Hof ausstrahlende Mode facettierter Schmucksteine gab der Herausbildung eines profanen Schmuckverständnisses, das vor allem dem dekorativen Kult an der Schönheit der Schmuckträgerin oder des Schmuckträgers zu dienen hatte, bis in die Gegenwart wirkende Impulse. Gleichzeitig bereitete sich mit der Entwicklung geometrisch definierter Schliffformen und den daraus resultierenden Normierungen die vorindustrielle Massenproduktion von Schmuck vor. Bereits unter Ludwig XIV. unternahm man in Frankreich erhebliche Anstrengungen zu einer Reform der bislang ständischen beruflichen Ausbildung. Sie führte im frühen 18. Jahrhundert schließlich zur Gründung von kostenlosen Zeichenschulen für die verschiedenen Graveursberufe, in denen – unter dem Aspekt der Gestaltung – vor allem eine Standardisierung der Schönheitsvorstellungen durch das Kopieren von Vorlagen erfolgte. Nach dem Vorbild der Pariser Zeichenschulen wurden in der Folge in ganz Europa Akademien gegründet, im Jahre 1772 beispielsweise die Staatliche Zeichenakademie Hanau. Von diesen Keimzellen außerbetrieblicher Goldschmiedeausbildung geht bis heute ein großer Einfluss auf den Schmuck aus.

Die im Barock beginnende weitgehende Festlegung auf einen Kanon idealer Schliffformen war Grundlage für die industrielle Massenproduktion von facettierten Schmucksteinen. Sie wurden bis in die Gegenwart – vor allem zur Optimierung der Lichtreflexion – nur noch geringfügig weiterentwickelt. Die industrielle Produktionsweise machte ab dem 19. Jahrhundert die Zertifizierung von Edelsteinen immer dringlicher, um einem drohenden Verfall der Marktpreise entgegenzuwirken. Erst infolge der Meterkonvention von 1875 wurde das metrische Karat einheitlich als Gewichtsmaß für Edelsteine festgelegt. Mit der



„Venus Studies“ Halsschmuck aus Marmor, elastisches Band, Typhaine Le Monnier, MFA 2015, Teil der Masterthesis

Transformation des Proletariats in wirtschaftlich potente Konsumentinnen und Konsumenten werden Edelsteine im 20. Jahrhundert zu wohlfeilen Massenartikeln. Um auf ihre Trägerin und ihren Träger abstrahlen zu können, muss ihr exklusiver Nimbus vor allem durch Marketingstrategien gestützt werden, die auf zertifizierter Wertigkeit basieren.

Ab dem frühen 20. Jahrhundert setzt die Produktion synthetischer Edelsteine im industriellen Maßstab den Markt für natürliche Edelsteine erheblich unter Druck. Um den Marktwert zu stabilisieren, werden in der Echtheitszertifizierung daher immer subtilere kristallographische Untersuchungsverfahren eingeführt. Die Zertifizierung von Edelsteinen, insbesondere von Diamanten, erfolgt heute nach den Kriterien der „4 Cs“ (Carat, Colour, Clarity und Cut) und erweckt den Anschein größtmöglicher Objektivität auf naturwissenschaftlicher Basis. Da im Vordergrund der Wertbemessung quantifizierende physikalische Kriterien wie Gewicht, Reinheit und Totalreflexion des Lichts (Schliff) stehen, geraten ästhetische Qualitäten des Materials, wie sie beispielsweise bei Einschlüssen, Brüchen usw. sichtbar werden, aus dem Blick. Der mit bloßem Auge erkennbare ephemere Lichtreflex erfordert

das Echtheitszertifikat, um die materielle Wertbeständigkeit zu garantieren. Es sichert den luxuriösen Genusswert für den Eigentümer. Funkelnde Edelsteine erobern den Schmuck der Neuzeit: ob als unerschwinglicher mehrkarätiger Diamant, als mit bloßem Auge kaum noch erkennbarer, industriell gefertigter Winzling — oder als Imitat aus gefärbtem Glas.

## DIE UNGELIEBTE IKONE

In der zeitgenössischen Schmuckkunst, soweit sie sich selbst als „Autorenschmuck“ apostrophiert, spielt der Edelstein bislang eine eher marginale Rolle. Die Schmuckszene hat ihn bis in die jüngste Gegenwart weitgehend ignoriert. Nicht einmal die Tatsache, dass der brillant geschliffenen Kristall seit dem Barock eine zunehmende stilprägende Funktion im „Juwelenschmuck“ einnahm — und als Imitat auch den Modeschmuck prägt —, ist den meisten Protagonistinnen und Protagonisten eine Auseinandersetzung wert. Nur wenige herausragende Schmuckkünstlerinnen und -künstler wie Friedrich Becker haben den Edelstein als Werkstoff interpretiert, an dem sich der eigene Wille zur Gestaltung



*Halsschmuck aus Marmor, Harz mit Graphit und Textil, Catalina Brenes, MFA 2016,  
Teil der Masterthesis*

entzündet. Erst seit den frühen 1970er-Jahren setzt, beginnend mit Bernd Munsteiner, eine Renaissance im Verständnis des Edelsteins als Material der Kunst ein, die sich in wachsendem Maße auch im Schmuck niederschlägt. Sie entfaltet heute, vor allem inspiriert und vorangetrieben durch die Arbeit der Hochschule Trier, Fachrichtung Edelstein und Schmuck in Idar-Oberstein, auch eine zunehmend internationale Ausstrahlung, die über das Werk einzelner Edelsteinkünstlerinnen und -künstler hinausgeht.

## DIE RENAISSANCE DES EDELSTEINS IM AUTORENSCHMUCK

Die Renaissance des Edelsteins in der Schmuckkunst der Gegenwart hat, auch im globalen Maßstab betrachtet, vom europäischen Edelsteinzentrum Idar-Oberstein seinen Ausgang genommen. Erste Impulse hat bereits seit den frühen 1970er-Jahren vor allem Bernd Munsteiner gegeben. Im Mittelpunkt der Renaissance des Edelsteins steht die Wiederentdeckung als künstlerisch frei gestaltbares Material. Munsteiner bricht rigoros

mit den Schleiftraditionen des Facettenschliffs und entwickelt eine abstrakte Formensprache, die sich an der Kunst der Moderne orientiert. Er grenzt sich damit auch klar gegen die bis in die Gegenwart vorherrschende neoklassizistisch-naturalistische Gestaltungspraxis in der Edelsteingravur ab. Vor allem aber setzt Munsteiner in seiner Arbeit die üblichen Bewertungsmaßstäbe für Edelsteine außer Kraft. Im Mittelpunkt des Werks steht das natürliche Material selbst, seine Farben, die strukturellen Merkmale seines Wachses, seine optischen Phänomene.

Im letzten Jahrzehnt hat sich der Idar-Obersteiner Ausbildungsgang Edelstein und Schmuck unter der Ägide von Theo Smeets und Ute Eitzenhöfer als kreatives Zentrum dieser Renaissance des Edelsteins auch international etabliert. Im Mittelpunkt des Studiums steht dabei nicht die handwerkliche Ausbildung in der Bearbeitung des Materials – was keineswegs heißt, dass der praktische Umgang mit dem Stein im Schleifatelier vernachlässigt wird. Doch geht es vor allem um die ästhetischen Qualitäten des Materials, die experimentelle Auslotung seiner physikalischen Eigenschaften, seiner Gestaltungspotenziale sowie seiner

Wirkung in Relation zu anderen Werkstoffen und insbesondere zum menschlichen Körper. Ein inhaltlicher Schwerpunkt des Studiums liegt auch im Bereich der Reflexion des gesellschaftlichen Kontextes rund um den Edelstein. In den Diskurs einbezogen sind dabei nicht nur die sozialen und ökonomischen Rahmenbedingungen des Schmuckmarktes, sondern auch grundsätzliche ethische Fragen, insbesondere zur moralischen Verantwortung des Künstlers in der Gesellschaft.

Dieser Diskurs führt zu einem völlig neuen Blick auf den Edelstein: er wird als Naturgegenstand wiederentdeckt und vor dem Hintergrund der ökologischen Krise im Sinne eines von Verantwortung geprägten Naturbewusstseins interpretiert. Nicht selten werden Edelsteine als Naturgegenstände daher nur in geringem Maße bearbeitet und wie ein kostbares objet trouvé inszeniert. Es geht um einen in doppelter Hinsicht neuen Umgang mit dem Edelstein als Material im Schmuck: Zum einen werden durchaus als Schmuck tragbare künstlerische Konzepte diskutiert und umgesetzt. Diese reflektieren die Welt des glamourösen Schmucks kritisch und setzen sich — über den Schmuck hinaus

— mit dem luxuriösen Gebrauch und der Vernutzung von Natur auseinander. Sie verstehen sich auch als künstlerisch-politisches Statement. Edelsteine stehen dabei als Natursymbol einer Welt des Konsumismus und der Verschwendung gegenüber, zu der sie sich mal polemisch, mal zitierend, ironisierend oder entlarvend in Position bringen. Verbreitet ist in diesem Kontext ein dekonstruktivistischer Umgang vor allem mit dem Facettenschliff, der als Zitat oder Verweis auf die ornamentale Praxis fungiert.

Als zweite und grundsätzlichere Konsequenz aus dieser vor allem kritischen Reflexion resultiert eine völlige Neubewertung des Edelsteins als Material: Als Naturgegenstand steht er symbolisch für die Erhabenheit der Natur schlechthin, die die Zeitlichkeit der menschlichen Existenz transzendiert und damit gleichzeitig auf deren Grundlagen und Begrenztheit verweist. Mit dieser Aktualisierung des menschlichen Memento mori spricht der Edelstein die Verantwortung des Menschen für eine ihm gegebene Natur an. Edelsteine erscheinen hier also nicht mehr als rationalistisches Symbol der beherrschten Natur wie beim Brillantschliff, sondern als kostbares Geschenk der Natur. Dabei



*„Mold C1“ Halsschmuck aus Granit, Silber und Textil, Edu Tarín, MFA 2015, Teil der Master-These*

wird in vielfältiger Weise das natürliche Erscheinungsbild des Materials inszeniert, wobei auch der formen- und struktureiche Auftritt opaker Farbsteine wie zum Beispiel des Achats oder des Jaspis zu neuer Wertschätzung gelangen.

Im Ergebnis zeigt sich eine völlig gewandelte Funktion des Edelsteins im Schmuck: Sie reicht vom frühen magisch-rituellen oder religiös-kultischen Fetisch über das neuzeitliche, auf eine dekorative Funktion reduzierte Ornament bis hin zum kommunikativen Element im Schmuck: Es ist eine Botschaft, die an die Betrachterin und den Betrachter des Edelsteinschmucks adressiert wird und die zum Gespräch herausfordert. Es ist aber auch ein Bekenntnis der Schmuckträgerin oder des Schmuckträgers zu einer inhaltlichen Position, das nicht nur einen Standpunkt kommuniziert, sondern zugleich auch eigene Identität stiftet.

# FREI OTTO - DENKEN IN MODELLEN

## TAGESEXKURSION IN DAS ZENTRUM FÜR KUNST UND MEDIEN, KARLSRUHE

---

FB GESTALTUNG /  
ARCHITEKTUR /  
INNENARCHITEKTUR

---

B.A. Architektur, Simona Kruß  
S.Kruss@ges.hochschule-trier.de



Prof. Dr. Sieveke, Dekan  
Sieveke@hochschule-trier.de

**PROJEKT BETREUER:**

Prof. Bernhard Sill  
Prof. Heribert Wiesemann

Das Werk Frei Otto – präsentiert in einer wirkungsvollen Ausstellungsarchitektur im Zentrum für Kunst und Medien (ZKM), sowie die Staatliche Kunsthalle Karlsruhe mit der Ausstellung „Kentrledge/Dürer“ – standen im Mittelpunkt der Tagesexkursion zu der Studierende und Professoren aller Fachrichtungen herzlich eingeladen waren. Der Ausstellungsbesuch im ZKM hat idealerweise das Master-Seminar der Fachrichtung Architektur „Hofüberdachung Rheinisches Landesmuseum Trier“ von Prof. Frank Kasprusch und Prof. Bernhard Sill ergänzt und inspiriert. Herr Heribert Wiesemann, Architekt und Professor der Fachrichtung Innenarchitektur der Hochschule Trier, hat diese Exkursion mit großem Engagement organisiert.

Frei Otto (1925–2015), einer der international renommiertesten deutschen Architekten, gilt aufgrund der Vielzahl seiner innovativen Werke als eine der zentralen Figuren für die Baukultur des 20. Jahrhunderts. „Er ist eine Inspiration.“ (Norman Foster) Zu Lebzeiten erforschte er unermüdlich die Grundlagen zu energieeffizienten und ressourcenschonendem Bauen und trat damit in den Fokus der Öffentlichkeit. Auch heute noch gibt seine Architektur weitreichende Impulse und Anregungen.

Der Besuch im Zentrum für Kunst und Medien in Karlsruhe lud Studierende und Professoren dazu ein, Architektur und Ausstellungsdesign auf unterschiedlichen Dimensionen zu erfahren und zu reflektieren. Das Gebäude, eine ehemalige Munitionsfabrik aus dem 1. Weltkrieg, erfuhr durch seinen Umbau eine neue Nutzung und Würdigung und zählt zu einer wichtigen Komponente im städtebaulichen Kontext. Die Museumshalle ist auf sehr hohem konzeptionellen Ausführungsniveau realisiert worden und korrespondiert perfekt mit der herausragenden Bedeutung Frei Ottos



Abb. 1: Auftakt der Tagesexkursion im ZKM Karlsruhe

Persönlichkeit als auch mit dem Inhalt seiner Forschung und Bauwerke. Die von Frohn & Rojas entworfene Ausstellungsarchitektur nimmt sich mit seinem minimalistischen Design zurück und lässt Frei Ottos Werke für sich sprechen.

Die Ausstellung umfasst sowohl bekannte als auch unbekanntere Projekte und nimmt den Besucher von Beginn an mit auf eine Zeitreise in das Leben Frei Ottos. Mit insgesamt 200 Modellen, über 1.000 Fotos, Skizzen, Zeichnungen und Plänen sowie Filmaufnahmen, überzeugt die Ausstellung in ihrer Vielfalt. Im Blickfeld des Betrachters spiegelt sich die Symbiose von Gestaltung und Konstruktion wieder. Kraft und Form werden zu einem ausdrucksstarken Element der Ausstellung.

Die große Präsentationsfläche unterteilt sich in vier elementare Bereiche, die den Studierenden und Professoren Grund zum analysieren des Raumes bot. Sie gliedert sich in dezent beleuchtete Tische, auf denen Frei Ottos Leben und seine Gedanken in Form von zahlreichen konzeptionellen sowie konstruktiven Versuchsläufen und Experimenten gezeigt werden. Pneumatische Konstruktionen, Hänge-Experimente, Sand-Schüttversuche sowie Seifenblasen-Experimente geben einen weitreichenden Eindruck seines Handelns und Denkens. Unterstützt durch Film und Skizze als wechselndes Präsentationsmedium wird durch die Ausstellung geleitet und weckt Neugier für den zweiten elementaren Ausstellungsbereich, der sich in Form von umlaufenden Regalen präsentiert, bespielt mit weiteren Exponaten.

Das It-Piece der Darbietung, ein 50 Meter langer Tisch, wird aus architektonischer Sicht in Perfektion durch die halb abgehängte Wandscheibe inszeniert, die wie ein aufgezogener Vorhang alle

Blicke zu sich zieht und den wohl wichtigsten Teil seines Schaffens als Architekt darstellt – Frei Ottos unermüdlicher Modellbau. Nach Maßstab sortiert, finden auf der großzügigen Fläche seine zahlreichen Modelle ihren würdigen Platz.

Ein letzter Teilbereich wird dem Großprojekt „Stuttgart 21“ gewidmet, bei dem Frei Otto 1997 mit seinem Partner Christoph Ingenhoven den Wettbewerb für die Umstrukturierung des Kopfbahnhofes für sich entschied und somit der S-21-Projektgruppe angehörte. Durch zunehmende Bedenken seinerseits schied er schließlich aus der Projektgruppe aus.

Die Ausstellung vermittelt eine neue Sichtweise auf das Lebenswerk von Frei Otto und beschäftigt sich mit der Fragestellung unserer Zukunft: Die Entwicklung zwischen der gebauten Umwelt, geprägt von Architektur, Technologie, Nachhaltigkeit und unserer Gesellschaft.

Aus jedem Blickwinkel erhält man einen faszinierenden Einblick in Frei Ottos Leben als Architekt, in seine Visionen, sein Denken und sein Handeln. Überall wird spürbar, dass Frei Otto seiner Zeit voraus war und nichts unversucht ließ, die Architektur zu revolutionieren. Frei Ottos Forschung zum Leichtbau und natürlichen Konstruktionen sowie seine realisierten Bauwerke, nehmen nachhaltig Einfluss auf die Architektur. Dieses Schaffen wurde zu Lebzeiten vielfach gewürdigt, posthum 2015 als zweiter Deutscher mit dem Pritzker-Preis.

Den Abschluss der Exkursion rundete ein Besuch der Staatlichen Kunsthalle Karlsruhe ab. Die sehr aufschlussreiche und interessante Führung der Direktorin Prof. Dr. Pia Müller-Tamm gab einen ausführlichen Einblick in das Mitte des 19. Jahrhunderts vom Architekten Heinrich Hübsch entworfene Bauwerk.



Abb. 2: Die Ausstellungsarchitektur im ZKM



Abb. 3: Der repräsentative Ausstellungstisch

Mit den weitgespannten Kuppeln, welche sich im Treppenraum entfalten, demonstrierte Heinrich Hübsch, dass Schalenkonstruktionen auch schon im 19. Jahrhundert ein Thema war, für das es sich zu studieren lohnt.

Die Tages-Exkursion nach Karlsruhe war für Studierende des Masterstudienganges Architektur, für Studierende des Bachelorstudienganges Edelstein- und Schmuckdesign sowie für die Professoren Heribert Wiesemann und Bernhard Sill eine interessante Bereicherung; aus der dargelegten Präsentation konnten viele Denkanstöße, Inspirationen und Konstruktionsansätze gesammelt werden.



Organisator:  
Prof. Dipl.-Ing. Heribert Wiesemann



Abb. 5: Gruppenfoto in der Staatlichen Kunsthalle Karlsruhe



Abb. 4: Diskussionsrunde im ZKM Karlsruhe



über 700  
Besucher im  
vergangenen Jahr

# 15

# FIRMEN KONTAKT MESSE



85  
regionale, nationale  
und internationale  
Aussteller



4  
Lounge-Bereiche



[www.firmenkontaktmesse.hochschule-trier.de](http://www.firmenkontaktmesse.hochschule-trier.de)



CAREER  
SERVICE

# FIRMENKONTAKTMESSE AN DER HOCHSCHULE TRIER

Nach den großen Erfolgen der letzten Jahre knüpften die Firmenkontaktmesen am Umwelt-Campus Birkenfeld und am Standort Schneidershof in Trier in ihren diesjährigen Ausführungen genau dort wieder an. Die Firmenkontaktmesen sind die perfekten Jobbörsen für die Wirtschaft. Eine Win-win-Situation für Unternehmen auf der Suche nach dem adäquaten Mitarbeiter\*in und für die nahezu 8.000 Studierenden auf der Suche nach der passenden Stelle. 2016 präsentierten sich insgesamt 26 Aussteller am Umwelt-Campus Birkenfeld und 53 Aussteller am Hauptcampus in Trier den Studierenden und Absolventen\*innen aller Fachbereiche.

## UMFASSENDES REKRUTIERUNGSKONZEPT

Die Hochschule Trier kann den Unternehmen ein ganzheitliches Rekrutierungskonzept ermöglichen. Neben der Teilnahme an den Firmenkontaktmesen haben die Unternehmen die Möglichkeit sich bei individuellen Fachvorträgen, Unternehmenspräsentationen

an der Hochschule oder speziellen Maßnahmen zur Rekrutierung den Studierenden zu präsentieren. Bei den Firmenkontaktmesen können Aussteller zwischen einem Full-Service-Messepaket oder einem All-in-one-Premiumpaket wählen, dass von einem voll ausgestatteten Messestand bis hin zur Listung als Premiumpartner unseres Career-Service mit speziellen Maßnahmen reicht.

Zur optimalen Vorbereitung der Studierenden auf die Messen und die Gesprächssituationen wurde im Vorfeld ein spezielles Programm angeboten:

- Schritt 1: Bewerbungstraining
- Schritt 2: Online-Bewerberportal
- Schritt 3: Bewerbungsmappencheck
- Schritt 4: Jobmesse-Knigge
- Schritt 5: Firmenkontaktmesse

Die Firmenkontaktmesen findet jährlich am Umwelt-Campus Birkenfeld und am Campus Schneidershof in Trier statt.

## CAREER-SERVICE AN DER HOCHSCHULE TRIER

Seit 2009 unterstützt der Career-Service in Kooperation mit der Agentur für Arbeit Trier den Übergang zwischen Studium und Beruf. Hier werden zum einen die Studierenden beraten, zum anderen können Unternehmen auch Semester- und Abschlussarbeiten, Praktika und Stellenanzeigen im Karriere-Netzwerk der Hochschule Trier veröffentlichen und gezielt nach künftigen Nachwuchskräften suchen.

Den Professoren und Professorinnen der Hochschule Trier ist es wichtig, dass ihre Studierenden eine praxisnahe Ausbildung auf wissenschaftlicher Grundlage erhalten. „Betreute Projekte und Praxissemester gehören bei uns zum fundierten Studium.“



# DEUTSCHLANDSTIPENDIUM

## WIR SIND DABEI

---

Mit dem DeutschlandSTIPENDIUM hat die Bundesregierung erstmals ein bundesweites Stipendienprogramm auf den Weg gebracht, das private Mittelgeber in die Spitzenförderung an deutschen Hochschulen einbezieht. Begabte Studierende werden mit je **300 Euro im Monat** unterstützt. Die Stipendien werden von privaten Mittelgebern und dem Bund gemeinsam finanziert: 150 Euro werden von privaten Förderern gestiftet, 150 Euro steuert der Bund bei. Die Mindestlaufdauer eines Stipendiums beträgt ein Jahr und der Förderbetrag ist als Spende steuerlich absetzbar. Stipendienggeber haben u.a. die Möglichkeit das Stipendium auf einen Fachbereich oder Studiengang zu beschränken und bei der Auswahl der Stipendiaten beratend mitzuwirken.

An der Hochschule Trier wurden zum Wintersemester 2011/12 erstmalig 23 Deutschlandstipendien vergeben. Mittlerweile werden über 40 besonders begabte, leistungsfähige und engagierte Studierende der Hochschule unterstützt. Neben den erbrachten Leistungen werden auch gesellschaftliches Engagement (in Vereinen, politischen Organisationen, der Familie oder im sozialen Umfeld) sowie besondere persönliche und familiäre Umstände berücksichtigt.

Das DeutschlandSTIPENDIUM setzt Anreize für private Förderer, Verantwortung für die Bildung des Fachkräftenachwuchses über das gesamte Fächerspektrum hinweg zu übernehmen. Es schafft die Grundlagen für eine neue Stipendienkultur in Deutschland. Wer sich als Unternehmen, als Verband oder Verein, als Privatperson oder als Stiftung in einem solchen Programm als Spender engagiert, investiert zum Gemeinwohl und im Bewusstsein seiner gesellschaftlichen Verantwortung in die Zukunft unserer Region.

## UNSERE FÖRDERER

Im Förderjahr 2016 wurden Deutschlandstipendien gestiftet von:

- Agfa HealthCare GmbH (Trier)
- Bitburger Braugruppe GmbH
- Förderkreis der Hochschule Trier e.V.
- Frau Ulrike Jauslin-Simon
- Herbert und Veronika Reh-Stiftung
- JT International Germany GmbH
- Kreissparkasse Birkenfeld
- Lotto Rheinland-Pfalz Stiftung
- Nikolaus Koch Stiftung
- Norddeutsche Landesbank Luxembourg S.A.
- Pütz Group Holding GmbH
- PwC Luxembourg
- Rotary Club Idar-Oberstein
- Sparkasse Trier, Vensys Energy AG
- Waagner-Biro Stage Systems S.A.

Für nähere Informationen besuchen Sie unsere Homepage:  
[www.hochschule-trier.de/go/deutschlandstipendium](http://www.hochschule-trier.de/go/deutschlandstipendium)

### KONTAKT:

Anne Koch  
Schneidershof, Gebäude J, Raum 2011  
0651 81 03-284  
[deutschlandstipendium@hochschule-trier.de](mailto:deutschlandstipendium@hochschule-trier.de)

# PRÄMIERTE ABSCHLUSSARBEITEN

## 2016



STUDIERENDE	STUDIENGANG	THEMA	BETREUER	STIFTER
Stefan Schnabel	Gebäude-, Versorgungs- und Energietechnik <i>(Master)</i>	Capturing the Sun: Improved Accuracy of Solar Transposition Modelling in Thailand	Prof. Dr. Christoph Menke	Förderkreis der Hochschule Trier
Christian Replinger	Maschinenbau und Fahrzeugtechnik <i>(Master)</i>	Konstruktive Kosten- und Funktionsoptimierung des HN-Prototypaggregates zu einem serienreifen Hydraulikaggregat	Prof. Dr. Harald Ortwig	Ferchau Engineering
Bastian Raschke	Informatik <i>(Bachelor)</i>	OpenEAS - Entwicklung eines sicheren und modularen Authentifizierungssystems für automotive Anwendungen	Prof. Dr. Georg Rock	Industrie- und Handelskammer Trier
Annette Kryszewski	Kommunikationdesign <i>(Master)</i>	Freyja – Kräuterhandwerk Produkt- und Markenentwick- lung, realisiert mit moder- nem 3D-Druckverfahren in Verbindung mit traditionellem Töpferhandwerk	Prof. Anita Burgard	Handwerkskammer Trier
Alice Giesen	Architektur <i>(Master)</i>	Trinity Buoy Wharf School of Music – Neubau der Hochschule für Musik in East London	Prof. Robert Thum	Nikolaus-Koch- Stiftung
Nadine Pick	Business Management <i>(Master)</i>	Organisatorische Herausfor- derungen an die Teams in der Arbeitswelt der Zukunft	Prof. Dr. Elvira Kuhn	Stadtwerke Trier

STUDIERENDE	STUDIENGANG	THEMA	BETREUER	STIFTER
Lisa Schewe	Bio- und Prozess- verfahrenstechnik <i>(Master)</i>	Untersuchungen zur Ab- trennung von Wasser aus Öl mit verschiedenen Koaleszenzabscheidern	Prof. Dr. Percy Kampeis	Kreissparkasse Birkenfeld
Rouven Essig-Feulner	Umwelt- und Betriebswirtschaft <i>(Bachelor)</i>	Entwicklung von ÖPNV- Konzepten zur Erschließung des Nationalparks Hunsrück- Hochwald und der National- parkregion	Prof. Dr. Stefan Naumann	Wiso-Preis des Förderkreises der Hochschule Trier
Damian Schleimer	International Business Englisch <i>(Bachelor)</i>	Investigation of the impact of economic indicators and new aircraft generations on aircraft values	Prof. Dr. Frank Altröck	Price Waterhouse Cooper Luxemburg
Daniel Prinz	Betriebswirtschaft <i>(Bachelor)</i>	Aktives oder passives Fonds- management? – Ein aktueller Vergleich der Anlagestrategien und ihrer Produkte, insbeson- dere Exchange Traded Funds	Prof. Dr. Frank Altröck	Sparkasse Trier
Susanne Kühn	Digitale Medien und Spiele	eine Web-App für das Netz- werk „Willkommen – Flücht- linge im Ruwertal und auf den Höhen“	Prof. Dr.-Ing. Georg Schneider	Gleichstellungspreis der Hochschule Trier
Laura Sträßler	Wirtschaftsingenieur- wesen	Frauen in Führungspositionen	Herr Prof. Dr. Alfons Matheis	Gleichstellungspreis der Hochschule Trier

# TRINITY BUOY WHARF SCHOOL OF MUSIC

## NEUBAU DER HOCHSCHULE FÜR MUSIK IN EAST LONDON

**FB GESTALTUNG /  
ARCHITEKTUR**

**STUDIERENDE:**

Alice Giesen

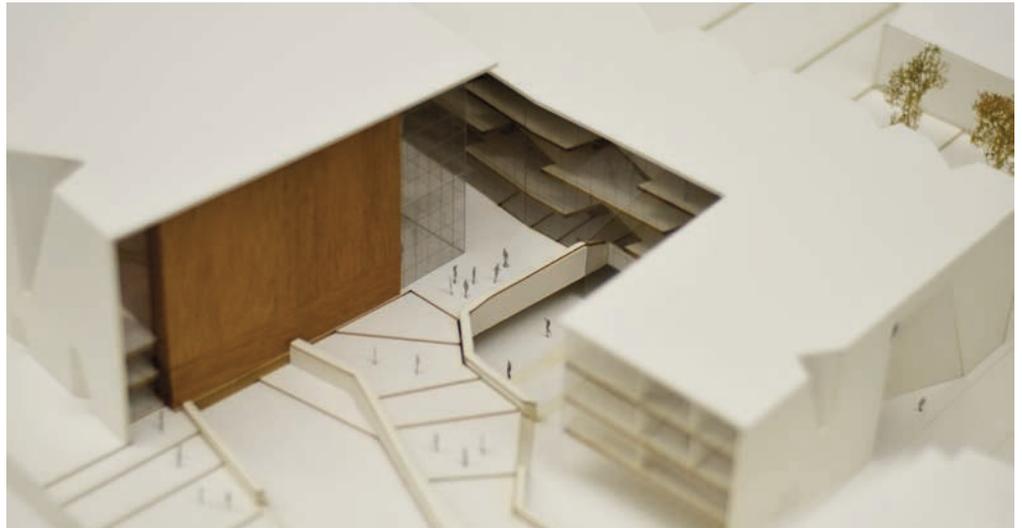
alice.giesen@gmail.com

**PROJEKT BETREUUNG:**

Prof. M. Sc. Dipl.-Ing. Thum

**PREISSTIFTER:**

Nikolaus Koch Stiftung



Der neue Standort für die Musikhochschule der East London University befindet sich an der Mündung des Lea River in die Themse. Das Viertel charakterisiert sich durch die Zusammenkunft von dem Charme viktorianischer Industriebauten und alternativer Kultur. In diesem Umfeld wird die Musikhochschule, zum Bindeglied und Zentrum des Viertels. Der Bau hat eine prominente Lage an der Themse und repräsentiert dementsprechend die Vitalität der Musiklehre.

Das Gebäude der Musikhochschule ist in zwei Teile gegliedert, die der Pädagogik des Studiums entsprechen: es gibt zum Einen die Lehre und zum Anderen, die Aufführung. Die zwei Programmenteile sind jedoch eng miteinander Verbunden und nach dem selben Prinzip entworfen. Der Kernteil des Programms befindet sich in den Kuben: im Lehrgebäude werden unterschiedlich große Proberäume angeboten, im Aufführungsteil befinden sich drei Konzertsäle. Der Raum der sich um die Kuben schlängelt ist aber ebenso wichtig, da sich hier ein großer Teil des studentischen Lebens abspielt: Es gibt sowohl Platz um sich zu treffen, als auch Arbeitsplätze für konzentriertes Lernen. Die Kuben werden von einer porösen Haut zusammengehalten. So wird ein differenzierter Raum erschaffen, der zum Einen eine haptische Grenze

zum Städtischen Raum setzt, und zum Anderen eine Spannung zwischen Innen- und Außenraum erzeugt. Die Auffächerungen bringen Licht in den Innenraum und sind Richtung Themse ausgerichtet. Somit werden brutale Vis-à-vis Situationen mit Nachbargebäuden vermieden.

Es wird ein großer Wert auf die Gestaltung des Außenraums gelegt: Er begleitet den Besucher in der Erkundung der Musikhochschule und unterstreicht die möglichen Nutzungen der Räumlichkeiten. Zum Beispiel wird die Beziehung der zwei Gebäudeteile mit einem Freiluftamphitheater inszeniert. Mit dem städtebaulichen Entwurf um das Gebäude wird die Straße als solche aufgelöst. Das Prinzip der Yards, das es schon in Trinity Buoy Wharf gab, wird für die Räumliche definition der Musikhochschule ebenfalls angewandt um den Bau optimal in die Struktur der Stadt einzugliedern. Um den Bau herum entstehen mehrere Plätze, mit unterschiedlichen Ambients und Vernetzungen. Die Gebäude passen sich der Höhe nach ihrer Umgebung an: Der erzeugte Maßstab entspricht sowohl der alt-Londoner Atmosphäre als auch dem neuen Stadtentwicklungsstil. Die Grenzen zwischen Alt und Neu werden verwischt.

# FRAUEN IN FÜHRUNGSPPOSITIONEN

**FB UMWELTPLANUNG UND  
UMWELTECHNIK /  
WIRTSCHAFTS-  
INGENIEURWESEN**

**STUDIERENDE:**

Laura Sträßler  
s11cc4@umwelt-campus.de

**PROJEKT BETREUUNG:**

Herr Prof. Dr. Alfons Matheis

**PREISSTIFTER:**

Gleichstellungspreis



Obwohl Unternehmen es sich aufgrund der immer älter werdenden Gesellschaft, der demografischen Entwicklung und aufgrund des steigenden Fachkräftemangels in Zukunft nicht mehr leisten können, auf den Anteil hochqualifizierter Frauen zu verzichten, ist der Anteil von Frauen im Topmanagement bislang verhältnismäßig gering geblieben.

Trotz ausgezeichneter Schul- beziehungsweise Ausbildung und erfolgreichem Einstieg in die Berufswelt gestaltet sich für Frauen der Weg in die oberen Führungsebenen hindernisreich. Ihr Scheitern bei dem Versuch, alle beruflichen und außerberuflichen Verpflichtungen in Einklang zu bringen, wird mit dem Bild der „gläsernen Decke“ beschrieben.

Vorrangiges Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, die Hürden beziehungsweise Karrierehindernisse der gläsernen Decke zu analysieren, die den Frauen einen weiteren Aufstieg bis ins Spitzenmanagement meist nicht gewähren.

Diese Karrierehindernisse umfassen die Diskriminierung und mangelnde Chancengleichheit, die geschlechterspezifischen Rollenstereotype und Führungsstile, das Problem der Vereinbarkeit von Beruf und Familie, das Defizit an beruflichen Netzwerken

und die innerpsychischen Barrieren.

Verschiedene Maßnahmen, die von Seiten der Unternehmen oder von den Betroffenen selbst ergriffen werden können, um den Anteil von Frauen in Führungspositionen zu begünstigen, sind unter anderem betriebliche, politische und gesellschaftliche Umstrukturierungen. Um Führungskräften eine nachhaltige Work-Life-Balance zu ermöglichen, sollte die Einführung einer betrieblichen Kinderbetreuung im Unternehmen hohe Priorität aufweisen. Zudem unterstützt die frühzeitige Teilnahme an Coaching- oder Mentoringprogrammen das Knüpfen und Bilden von Netzwerken.

# PRODUKTENTWICKLUNG: „FREYJA“ HEILKRÄUTER UND IHRE VERWENDUNG

**FB GESTALTUNG /  
KOMMUNIKATIONSDESIGN**

**STUDIERENDE:**

Annette Eva Kryszewski  
annette\_kryszewski@yahoo.de

**PROJEKT BETREUUNG:**

Prof. Anita Burgard

**PREISSTIFTER:**

Handwerkskammer Trier



Das Wissen um die heilende Kraft der Kräuter und Pflanzen gründet auf einem jahrhundertealten Erfahrungsschatz.

„Freyja“ Kräuterhandwerk macht auf die innere und äußere Schönheit der Heilkräuter aufmerksam und stellt in liebevoller Handarbeit Produkte für deren Verwendung her. Samentüten mit ausgewählten Heilkräutern sowie ein Erntekalender mit allen nötigen Informationen sorgen für ein effektives Anbauen und Abernten der Pflanzen. Ein entwickelter Pflanztopf, bestehend aus Kork und Keramik, garantiert eine erfolgreiche Aufzucht der Kräuter, indem er die Feuchtigkeitsaufnahme reguliert und durch den Einsatz von Kork das Gewicht stark reduziert. Kräuterillustrationen dienen, in Form von grafischen Mustern, einer signifikanten Gestaltung für die Samentüten als auch für den Pflanztopf, beides mit umweltfreundlichen Farben monochrom bedruckt. Nach erfolgreicher Ernte können die hergestellten Salben und Tinkturen in unterschiedlichen Keramikgefäßen sicher aufbewahrt werden. Wohltuender Kräutertee kann mit einem Teeset bestehend aus einer Kanne und vier kleinen Tassen zubereitet werden. Jede Tasse ist mit der Illustration eines bestimmten Heilkrautes versehen. Durch die Verwendung einer Mattglasur verschmilzt die Illustration optisch mit der Oberfläche.

Neben dieser Reihe nützlicher Gegenstände zur Weiterverarbeitung, die sich den inneren Werten der Kräuter widmet, entstand begleitend eine Produktserie, welche die äußere Schönheit der Heilkräuter zum Ausdruck bringt. Neben mehreren Vasen entstand ein Set Teelichter, welches durch seine besondere Herstellungstechnik auffällt. Dabei wird Baumwollspitze in Tonschlicker getaucht und auf das lederharte Tongefäß aufgebracht. Bei einer bestimmten Ofentemperatur verbrennt das Garn. Übrig bleibt die keramische Borde in Form der Spitze. Durch das Zusammenspiel von Töpferhandwerk und 3D-Druck wird der Herstellungsprozess zu einer Verschmelzung von Tradition und Moderne. Am Computer entsteht die Form, die mithilfe des 3D-Druckers gedruckt wird. Dieser Prototyp dient als Vorlage zur Erstellung der Gipsgießform. Jedes Objekt wird in eine Gipsform gegossen, nach Anrocknen retouchiert, rohgebrannt, geschliffen, bemalt, glasiert und danach ein zweites Mal gebrannt.

  
**Freyja**

# EINE WEB-APP FÜR DAS NETZWERK „WILLKOMMEN – FLÜCHTLINGE IM RUWERTAL UND AUF DEN HÖHEN“

FB INFORMATIK /  
DIGITALE MEDIEN UND  
SPIELE

## STUDIERENDE:

Susanne Kühn  
kuehnsu@hochschule-trier.de

## PROJEKT BETREUUNG:

Prof. Dr.-Ing. Georg Schneider

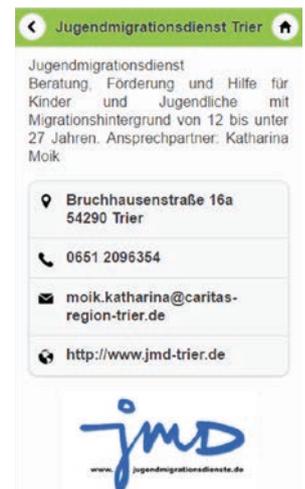
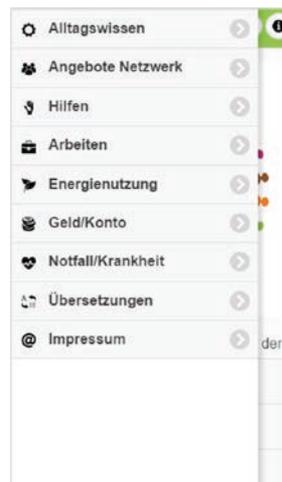
## PREISSTIFTER:

Gleichstellungspreis der  
Hochschule Trier

Das Netzwerk „Willkommen“ für Flüchtlinge im Ruwertal und auf den Höhen setzt sich aus engagierten Menschen der evangelischen Kirchengemeinde Ehrang, der katholischen Pfarreiengemeinschaft Waldrach und aus der Verbandsgemeinde Ruwer zusammen. Gemeinsam organisieren sie verschiedene Aktionen und Projekte, um Flüchtlingen die Integration zu erleichtern.

Um einerseits die verantwortlichen Behörden und Helfer bei der Betreuung der Flüchtlinge zu entlasten und gleichzeitig den Flüchtlingen bei der Orientierung in Deutschland zu helfen, stellt die App wichtige Informationen zum neuen Lebensumfeld bereit.

Sie beinhaltet unter anderem Kontaktdaten von wichtigen Einrichtungen wie beispielsweise von Ämtern, Schulen oder Ärzten. Mit einem Klick können aus der App heraus entsprechende Anrufe getätigt oder E-Mails versendet werden. Bildergalerien, wie zum Beispiel zum Thema Mülltrennung oder Pfand, helfen dabei alltägliches Wissen zu vermitteln. Die vom Netzwerk selbst angebotenen Projekte können ebenfalls in der App eingesehen werden.



Durch die Hilfe ehrenamtlicher Übersetzer konnten die Informationen in sechs Sprachen bereitgestellt werden. Dazu zählen Deutsch, Englisch, Französisch, Arabisch, Russisch und Persisch.

Eine entsprechende Webanwendung erlaubt es zudem der Projektleitung des Netzwerks schnell und einfach Änderungen oder Ergänzungen an den Inhalten vorzunehmen.

Prämierte Abschlussarbeiten

# KOSTEN- UND FUNKTIONSOPTIMIERUNG DES HN-PROTOTYPAGGREGATES BIS ZUR SERIENREIFE

FB TECHNIK /  
ALLG. MASCHINENBAU

**STUDIERENDER:**

Christian Replinger  
christian.replinger89@gmail.com

**PROJEKT BETREUUNG:**

Prof. Dr. Ing. Harald Ortwig

**PREISSTIFTER:**

Ferchau Engineering

Kompaktaggregate sind für die Druckversorgung eines hydraulischen Systems unter Berücksichtigung definierter Betriebsparameter, wie z.B. Druck [bar], Volumenstrom [ltr./min] und Betriebsart, zuständig. Generell zeichnen sie sich durch geringe Einbaumaße und eine hohe Leistungsdichte aus. Ziel der prämierten Arbeit war es die beiden Druckstufen Niederdruck ( $p_{max}=250\text{bar}$ ) und Hochdruck ( $p_{max}=700\text{bar}$ ) innerhalb eines Aggregates zu realisieren und durch unterschiedliche Kombinationsmöglichkeiten ein flexibles Baukastensystem zu entwickeln. Vor allem in der Branche der Werkzeugmaschinen verspricht man sich durch ein innovatives Konzept ein großes Potential.

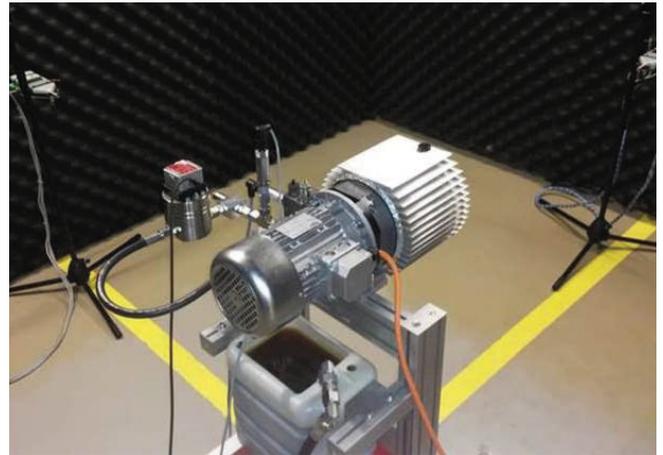


Abb. 1: Schalldruckpegelmessung HN-Aggregat

## ANALYSE UND OPTIMIERUNG

Mittels eines Elektromotors treibt das HN-Aggregat über eine zusätzlich gelagerte Exzenterwelle eine Radialkolbenpumpe und über eine weitere Kupplung eine Außenzahnradpumpe an. Dabei stellt die Radialkolbenpumpe den Hochdruck und die Zahnradpumpe den Niederdruck mit höheren Volumenströmen zur Verfügung. Die detaillierte Betrachtung der einzelnen Bauteile bezüglich Funktion, Eigenschaften, Aufbau und Kosten macht konstruktive Optimierungsmöglichkeiten deutlich. Aufgrund der hohen radialen Belastungen, rotierenden Komponenten und der Pulsation der Radialkolbenelemente entstehen ein erhöhter Schalldruckpegel und verstärkte Schwingungen. Konstruktive und schalldämmende Optimierungen zeigen eine deutliche Reduzierung des Schalldruckpegels.

Die FEM-Simulationen sowie die praktischen Berst- und Dauerpulsationsversuche des druckführenden Flansches zeigen außerdem den Vergleich der Werkstoffe Aluminium und Stahl, als auch die Validierung der Einsatzgrenzen. Die Spannungsverläufe der Simulationen verdeutlichen die Belastungsschwerpunkte.

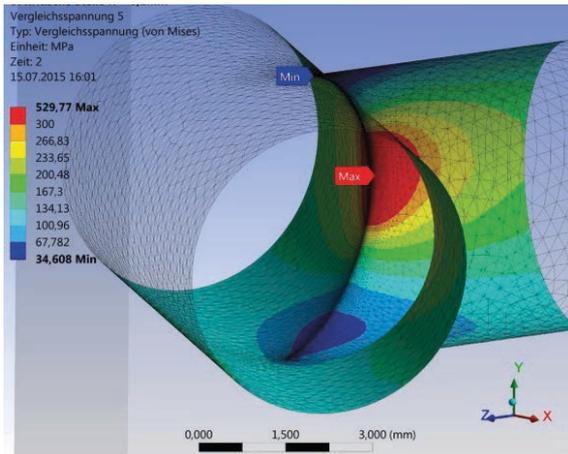


Abb. 2: FEM-Simulation zwei sich treffender Druckleitungen

Abbildung 2 zeigt beispielsweise zwei kreuzende Druckleitungen im Flansch. Hochfestes Aluminium hat trotz eines höheren Berstdruckes im Vergleich zu Automatenstahl eine niedrigere Lebensdauer im Pulsationstest aufgrund mangelnder Dauerfestigkeit (Ermüdung). Somit stellt das Aluminium nur für niedrigere Druckbereiche oder eine kürzere Lebensdauer [weniger Lastwechsel] je nach Anwendung eine Alternative dar.

Das Baukastensystem wurde anhand unterschiedlicher Druckvarianten in 1- und 2-Kreissystemen definiert. Die konstruktive Umsetzung der Flanschvarianten verdeutlicht die Flexibilität dieses Konzeptes.

## ERGEBNIS

Das HN-Aggregat stellt ein neuartiges Produkt im Corporate Design dar. Weiterhin ist durch den flexiblen Baukasten ein sehr vielseitiges Produkt gegeben, welches durch den außenliegenden Motor und den berippten Aluminium Ölbehälter mit optionaler Zusatzkühlung eine erhöhte Einschaltdauer ermöglicht.



Abb. 3: Neues Design des HN-Aggregates



Abb. 4: Preisverleihung

# UNTERSUCHUNGEN ZUR ABTRENNUNG VON WASSER AUS ÖL MIT VERSCHIEDENEN KOALESZENZABSCHIEDERN

FB UMWELTPLANUNG UND UMWELTTECHNIK

**STUDIERENDE:**

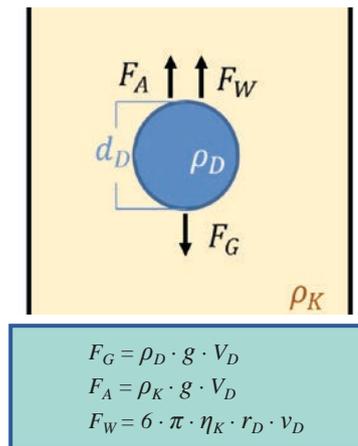
Lisa Schewe  
li.schewe@gmail.com

**PROJEKT BETREUUNG:**

Prof. Dr.-Ing. P. Kampeis  
Dr.-Ing. A. Schunk

**PREISSTIFTER:**

Kreissparkasse Birkenfeld



- $F_G$ : Schwerkraft
- $F_A$ : Auftriebskraft
- $F_W$ : Widerstandskraft
- $\rho_D$ : Dichte des Wassertropfens
- $\rho_K$ : Dichte des umgebenden Öls
- $\eta_K$ : Viskosität des umgebenden Öls
- $d_D$ : Durchmesser des Wassertropfens
- $r_D$ : Durchmesser des Wassertropfens
- $V_D$ : Volumen des Wassertropfens
- $g$ : Erdbeschleunigung
- $v_D$ : Sedimentationsgeschwindigkeit des Wassertropfens

Abb. 1: Schema der wirkenden Kräfte auf einen Wassertropfen im Schwerfeld bei aufwärts gerichteter Öl-Strömung

Bei der Lagerung, Bearbeitung und Nutzung von Hydraulik- und Schmierölen kann das Phänomen der Anreicherung von Wasser auftreten, welches sich negativ auf die Nutzungseigenschaften auswirkt. Um dies zu vermeiden, werden Verfahren zur Reduzierung des Wasseranteils eingesetzt, wozu auch das Verfahren der Koaleszenzabscheidung zählt. Als Koaleszieren bezeichnet man das Verschmelzen von zusammentreffenden Wassertropfen zu größeren. Das Durchströmen feinfaseriger Koalesziermaterialien begünstigt diesen Vorgang. Die Abscheidewirkung wird bei der Koaleszenzabscheidung durch das Absinken des Wassers im Öl aufgrund unterschiedlicher Fluidichten im Schwerfeld erreicht (Abb. 1).

Aufgrund des Verhältnisses von Gravitation zu Auftrieb sinken koaleszierte, größere Tropfen schneller ab. Weiterhin können die Wassertropfen zusätzlich durch ein Separationsmaterial mit Siebwirkung abgeschieden werden. In Koaleszenz-abscheidern werden in der Regel zylinderförmige Module mit Koaleszier- bzw. Separationsmaterialien verwendet (Abb. 2).

Der Stand der Technik zeigt unterschiedliche Lösungsansätze für die Strömungs-führung und die Anordnung der Module im Gehäuse eines Koaleszenzabscheiders. Dies führt zur Fragestellung, welche Vor- und Nachteile die Strömungsverhältnisse bei unterschiedlichen Varianten hinsichtlich der Abscheidung von Wasser aus Öl bieten.

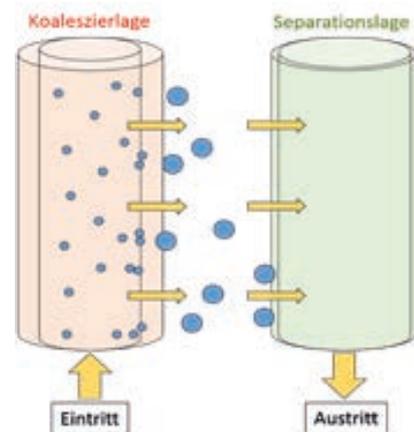


Abb. 2: Prinzipskizze der Koaleszenzabscheidung mit zylinderförmigen Koaleszier- bzw. Separationselementen

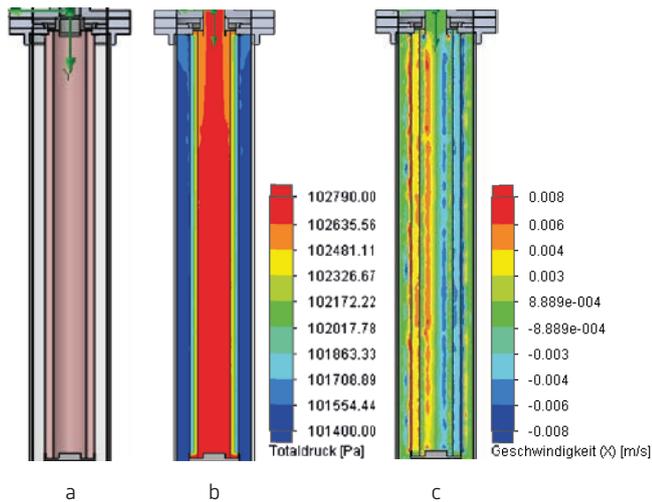


Abb. 3: Strömungssimulation an einem Koaleszierenlement eines der Testmodelle:  
 a: CAD-Modell  
 b: Druckverteilung  
 c: Geschwindigkeitsverteilung in radialer Richtung

Hierzu wurden mehrere Modellgehäuse entwickelt und konstruiert. Mit Hilfe des CFD-Simulationsprogrammes SOLIDWORKS Flow Simulation wurde die Strömung eines Turbinenschmieröls an den konstruierten Modellen bei definierten Prozessparametern simuliert. Im Vorfeld dienen Simulationen und experimentelle Versuche mit Testmodellen zur Verifizierung der Simulationsergebnisse bei definierter Vorgehensweise (Abb. 3). Die Simulation an Koaleszierenlementen zeigte gleichmäßige Druck und Volumenstromverteilung. Die praktischen Versuche mit Druckmessung und Farbinjektion bestätigten dies (Abb. 4).

Im Rahmen der Arbeit wurden verschiedene Geometrien der Anordnung von Koaleszieren- und Separationselementen betrachtet und die optimale Geometrie für die Wasserabscheidung ermittelt. Im Anschluss wurden für die jeweiligen Modelle Berechnungen zum Sinkverhalten von Wassertropfen definierter Größe bei den aus der Simulation ermittelten Geschwindigkeiten durchgeführt. Aus diesen Ergebnissen konnten Auslegungsrichtlinien und weiterführende Entwicklungs- und Optimierungsmaßnahmen abgeleitet werden.

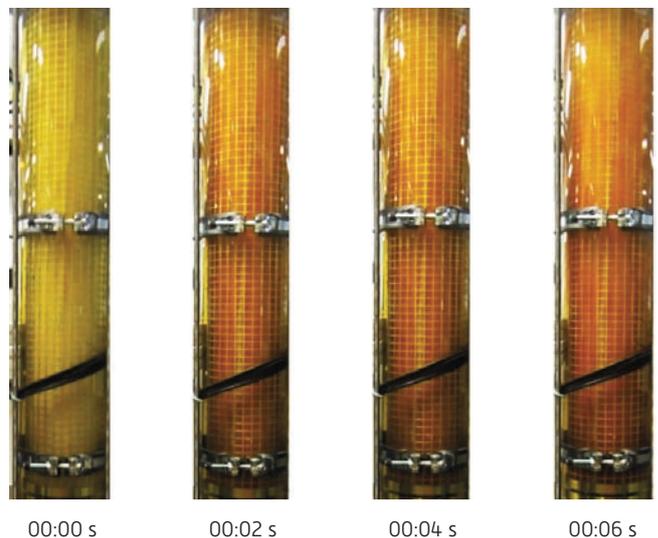


Abb. 4: Fotodokumentation eines Versuchs an einem realen Testmodell eines Koaleszierenlements mit Farbinjektion:  
 Gleichmäßiger Farbastritt, bereits nach wenigen Sekunden

# INSTITUTE, KOMPETENZZENTREN UND FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

NAME	LEITUNG	MAIL	WEB
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, IfaS	Prof. Dr. Peter Heck	ifas@umwelt-campus.de	www.ifas.umwelt-campus.de
Birkenfelder Institut für Ausbildung und Qualitätssicherung im Insolvenzwesen, BAQI	Prof. Dr. Hubert Schmidt, Prof. Rudibert Franz, Prof. Dr. Dr. Thomas Schmidt	baqi@umwelt-campus.de	www.baqi.umwelt-campus.de
Institut für Betriebs- und Technologiemanagement, IBT	Prof. Dr. Wolfgang Gerke	ibt@umwelt-campus.de	www.umwelt-campus.de/ucb/index.php?id=ibt
Center of Land Research	Prof. Dr. Dirk Löhr	info.zbf@umwelt-campus.de	www.zbf.umwelt-campus.de
Institut für Energieeffiziente Systeme, IES	Prof. Dr. Dirk Brechtken	ies@fh-trier.de	wwwet.fh-trier.de/IES/
Institut für Fahrzeugtechnik, IFT	Prof. Dr.-Ing. H. Zoppke, Prof. Dr.-Ing. P. König, Prof. Dr.-Ing. H. Köstner, Prof. Dr.-Ing. C. Simon, Prof. Dr.-Ing. C. Heinrich	ift@fh-trier.de	www.ift.fh-trier.de
Rheinland-Pfälzisches Zentrum für Insolvenzrecht und Sanierungspraxis, ZEFIS	Prof. Rudibert Franz, Prof. Dr. Dr. Thomas Schmidt		www.zefis.org
Institut für Mikroverfahrenstechnik und Partikeltechnologie, IMiP	Prof. Dr. Ulrich Bröckel	imip@umwelt-campus.de	www.imip.de

NAME	LEITUNG	MAIL	WEB
Institut für das Recht der Erneuerbaren Energien, Energieeffizienzrecht und Klimaschutzrecht, IREK	Prof. Dr. Tilman Cosack, Prof. Dr. Rainald Enders	kontakt@irek-ucb.de	www.irek-ucb.de
Institut für Softwaresysteme in Wirtschaft, Umwelt und Verwaltung, ISS	Prof. Dr. Rolf Krieger	iss@umwelt-campus.de	www.iss.umwelt-campus.de
Institut für Standardsoftware-basierte Anwendungen im Bauwesen, ISA	Prof. Dr. Henning Lungershausen	isa@fh-trier.de	www.isa.fh-trier.de
Institut für biotechnisches Prozessdesign, IBioPD	Prof. Dr.-Ing. Percy Kampeis	p.kampeis@umwelt-campus.de	
Kompetenzzentrum Brennstoffzelle RLP/ Fuel Cell Centre Rheinland-Pfalz, FCCRP	Prof. Dr. Gregor Hoogers	fuelcell@umwelt-campus.de	www.umwelt-campus.de/ ~brennstoffzelle
Holzkompetenzzentrum Trier, HKT	Prof. Dr. Wieland Becker		https://www.hochschule-trier.de/ index.php?id=hkt

# PUBLIKATIONEN

## 2015 / 2016

---

### PUBLIKATIONEN 2015

Altrock, Frank

#### **Finanzderivate aus Sicht des Risikomanagements einer Bank**

Finanzderivate. 4. Aufl. D, AU, CH. 2015 S. 673 - 693

Becker, Wieland; Schober, Kay-Uwe; Weber, Jan

#### **Vergusstechnologie schafft neue Möglichkeiten im Holzbau**

D. 2015

Böhm, Peter; Lamberti, Christian

#### **On-line Monitoring of the Laser Joining Process of Aluminum Alloy and Polyamide 6.6 by Acoustic Emission Analysis**

D. 2015

Braun, Oliver; Spohn, M.; Bisdorff, R. et al.

#### **An MCDA approach for personal financial planning**

Bisdorff, R.; Dias, L.C.; Meyer, P.; Mousseau, V.; Pirlot, M. (Hrsg).  
Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria: Case Studies. Heidelberg: Springer 2015 S. 533 - 562

Braun, Oliver; Benmansour, Rashid; Allaoui, H.

#### **Modeling the single-processor scheduling problem with time restrictions as a parallel machine scheduling problem**

Proceedings of the 7th Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications (MISTA 2015). Prag. 2015 S. 325 - 330

Hartard, Susanne; Liebert, W.

#### **Competitions and Conflicts on Resource Use**

Cham: Springer International Publishing 2015 320 S. (Natural Resource Management and Policy ; 46)

Helmerts, Eckard; Dietz, Johannes; Hartard, Susanne

#### **Electric car life cycle assessment based on real-world mileage and the electric conversion scenario**

ASSESSING AND MANAGING LIFE CYCLES OF ELECTRIC VEHICLES. Berlin. 2015 S. 1 - 16

Helmerts, Eckard; Moro, Alberto

#### **A new hybrid method for reducing the gap between WTW and LCA in the carbon footprint assessment of electric vehicles**

ASSESSING AND MANAGING LIFE CYCLES OF ELECTRIC VEHICLES. Berlin: Springer 2015 S. 1 - 11

Kern, Eva; Dick, Markus; Naumann, Stefan et al.

#### **Labelling sustainable software products and websites: Ideas, Approaches, and Challenges.**

Amsterdam. 2015 S. 82 - 91 [Atlantis Press (Advances in Computer Science Research, 22)]

Kihm, Axel

#### **§ 256 HGB Bewertungsvereinfachungsverfahren**

Bertram, Klaus (Hrsg). Haufe HGB Bilanz-Kommentar §§ 238-342e HGB. 6. Aufl. Aufl. Freiburg i. Br.: Haufe Verlag 2015 S. 708-719

Kihm, Axel; Kessler, Harald; Leinen, Markus

#### **§ 303 Schuldenkonsolidierung**

Bertram, Klaus (Hrsg). Haufe HGB Bilanz-Kommentar §§ 238-342e HGB. 6. Aufl. Aufl. Freiburg i. Br.: Haufe Verlag 2015 S. 1723-1738

Kihm, Axel; Kessler, Harald

#### **§ 304 Behandlung der Zwischenergebnisse**

Bertram, Klaus (Hrsg). Haufe HGB Bilanz-Kommentar §§ 238-342e HGB. 6. Aufl. Aufl. Freiburg i. Br.: Haufe Verlag 2015 S. 1739 - 1758

Knorr, Konstantin

#### **Datensicherheit bei mHealth-Apps**

digma - Zeitschrift für Datenrecht und Informationssicherheit. Bd. 4. 2015 S. 162 - 165

Koch, Klaus Peter; Scholz, O.

**Telemedizin am Beispiel aktiver Implantate**

Medizintechnik. D. 2015

Löhr, Dirk

**Die Plünderung der Erde – Anatomie einer Ökonomie der Ausbeutung. Ein Beitrag zur Ökologischen Ökonomik**

3. Aufl. Marburg. 2015

Löhr, Dirk

**Gemeinwirtschaft im Wandel der Zeiten**

H.Romahn, D.Rehfeld (Hrsg). Lebenslagen – Beiträge zur Gesellschaftspolitik. Marburg. 2015 S. 413 - 429

Löhr, Dirk

**Negativzinspolitik: Die EZB als jene Kraft, die Gutes will und doch das Böse schafft?**

Zeitschrift für Sozialökonomie. D. April 2015 S. 57 - 69

Löhr, Dirk

**Unverstanden und korruptiert: Stiefkind kommunales Erbbaurecht**

Zeitschrift für Kommunal Finanzen. D. 2015 S. 97 - 102

Michler, Hans-Peter

**Kommentierung der §§ 31 und 32 sowie §§ 63 bis 70 VwVfG**

Bader, Johann; Ronellenfisch, Michael (Hrsg). VwVfG. München: Beck 2015 (Beck'scher Online-Kommentar; 26)

Naumann, Stefan ; Detzler, Matthias; Jonetzko, Roman et al.

**Development of a Real-time Smart Meter for Non-Intrusive Load Monitoring and Appliance Disaggregation**

Proceedings EnviroInfo & ICT4S Conference 2015. Kopenhagen. 2015 S. 47 - 52

Naumann, Stefan ; Gollmer, Klaus-Uwe; Jonetzko, Roman et al.

**High Frequency Non-intrusive Electric Device Detection and Diagnosis**

SMARTGREENS 2015. Proceedings of the 4th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems. D. 2015

Naumann, Stefan ; Kern, Eva; Dick, Markus et al.

**Labelling sustainable software products and websites: Ideas, Approaches, and Challenges**

Proceedings EnviroInfo & ICT4S Conference 2015 Kopenhagen 2015

Naumann, Stefan ; Kern, Eva; Dick, Markus

**Processes for Green and Sustainable Software Engineering**

Berlin. 2015 S. 61 - 81

Naumann, Stefan ; Kern, Eva; Filler, Andreas et al.

**SALT – Situation-sensitive Sustainable Service and Product Alternatives: Vision, Conceptual Application & Challenges**

Umweltinformatik zwischen Nachhaltigkeit und Wandel. D. 2015 S. 355 - 364

Naumann, Stefan; Kern, Eva; Dick, Markus et al.

**Sustainable Software Engineering: Process and Quality Models, Life Cycle, and Social Aspects**

Hilty, L. M.; Aebischer, B. (Hrsg). ICT Innovations for Sustainability, Advances in Intelligent Systems and Computing 310. Cham [u.a.]: Springer International Publishing 2015 S. 191 - 205

Oechsle, Rainer

**Automatische Bewertung von Programmieraufgaben**

Automatische Bewertung von Android-Apps. Wolfenbüttel. 2015

Raddatz, Heike; Ferner, M.J.; Ulber, R.

**Aromaenzympräparate steigern die antioxidativen Eigenschaften von Weißwein (Riesling)**

D. 2015

Raddatz, Heike; Hausinger, K.; Lipps, M. et al.

**Automated optical grape-sorting of rotten grapes: Effects of root infections on gluconic acid concentrations and glycerol/gluconic acid ratios in must and wine**

D. 2015

Raddatz, Heike; Walther, Cornelia; Huber, Birgit et al.

**Chemie für die Schönheit – aber sicher!**

Nachr Chem Technik 63. D. 2015 S. 535 - 538

Raddatz, Heike; Rudy, Horst; Rosch, Achim et al.

**Zerstörungsfreie Druck- und CO<sub>2</sub>-Messung**

D. 2015

Regier, Marc

**Microwave processing of foods and its combination with electron beam processing**

Pillai, Suresh; Shayanfar, Shima (Hrsg). Electron Beam Pasteurization and Complimentary Food Processing Technologies. Burlington: Elsevier Science 2015 S. 49 - 60

Regier, Marc

**Microwave processing of foods and its combination with electron beam processing**

S.D. Pillai and S. Shayanfar (Hrsg). Electron Beam Pasteurization and Complementary Food Processing Technologies. E. 2015 S.49-60

Schmäh, Marco; Gutsche, Jörg; Meyer-Gossner, Martin

**Wie Soft Skills und Social Business das Account Management revolutionieren**

Fließ, S.; Haase, M.; Jacob, F.; Ehret, M. (Hrsg). Kundenintegration und Leistungslehre. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2015 S. 405 - 425

Schmidt, Gunnar

**Textile Poetiken. Über Um-, Ein- und Verkleidungen**

Christiane Heibach, Carsten Rohde (Hrsg). Ästhetik der Materialität. Paderborn. 2015 S. 145 - 172

Schmidt, Gunnar

**Visualität/Tangibilität : zur De-, Trans- und Performance des Textilien**

Kapustka, Mateusz (Hrsg). Bild-Riss : textile Öffnungen im ästhetischen Diskurs. Emsdetten , Berlin: Ed. Imorde 2015 S. 185 - 200

Schmidt, Gunnar

**Visualität/Tangibilität. Zur De-, Trans- und Performance des Textilien**

Mateusz Kapustka (Hrsg). Textile Studies. D. 2015 S. 185 - 200

Schmidt, Gunnar

**Objektzerstörungen. Vom versehrten Werk zur Realitätsverweigerung**

Kunstforum International. Kunstverweigerungskunst. D. 2015 S. 91 - 111

Schmidt, Gunnar

**Ori Gersht: Die Auslöschung des Bildes im Bild**

Kunstforum International. Kunstverweigerungskunst II. Bd. 232. D. 2015 S. 87 - 94

Schmitz, Heinz; Lykourantzou, Ionna

**An Online Approach to Task Assignment and Sequencing in Expert Crowdsourcing**

San Diego. 2015

Schneider, Jörn; Nett, Tillmann

**Safety Issues of Integrating IVI and ADAS functionality via running Linux and AUTOSAR in parallel on a Dual-Core- System**  
Stuttgart-Feuerbach. 2015

Schröder, Gerald; Söll, Änne

**Der Mann in der Krise? Visualisierungen von Männlichkeit im 20. und 21. Jahrhundert**

Köln. 2015

Schröder, Gerald

**Design als Täuschungsmanöver: Alessandro Mendinis kritische Revision des Modernismus**

Design und Krieg. Berlin. 2015 S. 141 - 160

Schröder, Gerald

**Die Krise(n) der Männlichkeit: Eine Einleitung**

Gerd Schröder und Änne Söll (Hrsg.). Visualisierungen von Männlichkeit im 20. und 21. Jahrhundert. Köln. 2015 S. 7 - 18

Schröder, Gerald

**Die „Zerreißprobe“ von Günter Brus. Zur Schockästhetik im Wiener Aktionismus**

Kanon Kunstgeschichte. Einführung in Werke, Methoden und Epochen. Gegenwart. Paderborn. 2015 S. 139 - 156

Schröder, Gerald

**Female Sensibility: Verflüssigung als Pose im Werk von Lynda Benglis**

Verflüssigungen. Ästhetische und semantische Dimensionen eines Topos.

Paderborn. 2015 S. 75 - 90

Schröder, Gerald

**„Queer-Verweise“. Allegorien schwuler Männlichkeit im Werk von Robert Gober**

Gerd Schröder und Änne Söll (Hrsg.). Der Mann in der Krise? Visualisierungen von Männlichkeit im 20. und 21. Jahrhundert. Köln. 2015 S. 154 - 181

Schumann, C.; Rogin, S.; Schneider, H. et al.

**Simultaneous Atline Quantification of Magnetic Particles and Microorganisms in the HGMS Filtration**

Chemie - Ingenieur - Technik. Bd. 87. H. 1-2.

Weinheim: Wiley-VCH Verl. 2015 S. 137 - 149

Struwe, Jochen

**Forschung an Fachhochschulen – Zur Politik von Hochschulchefs**

DUZ : das unabhängige Hochschulmagazin. Bd. 2015. H. 1.

Berlin : Raabe 2015 S. 16 - 16

te Heesen, Henrik; Becker, V.; Schultiz, B. et al.

**Analysis for the Integration of a PV System in the Energy Concept at a German Airport**

30th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. D. 2015

te Heesen, Henrik

**Development of a Web-Based Application for Increasing the Yield of Photovoltaic Systems**

UCB PVapp. 30th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition.

D. 2015 S. 2111 - 2113

te Heesen, Henrik

**Entwicklung einer Web-Applikation zur Ertragsoptimierung von Photovoltaikanlagen**

UCB PVapp. 30. Symposium Photovoltaische Solarenergie. Bad Staffelstein. 2015

te Heesen, Henrik

**Studie zum Ertrag von Photovoltaikanlagen in Deutschland**

30. Symposium Photovoltaische Solarenergie.

Bad Staffelstein. 2015 S. 128

te Heesen, Henrik

**Survey on Specific Yield of Photovoltaic Systems in France 2014**

D. 2015 S. 2307 - 2309

te Heesen, Henrik

**Survey on Specific Yield of Photovoltaic Systems in India 2014**

30th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. D. 2015 S. 2299 - 2302

PUBLIKATIONEN 2016

Altrock, Frank; Mosebach, C.

**Einfluss negativer Zinsen auf die Kreditwirtschaft**

Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen. D. 2016 S. 186 - 191

Becker, Wieland

**Grouted Joints in Timber Engineering. Proceedings of the 16th World Conference on Timber Engineering**

World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016).

Wien: TU Verlag 2016 S. 4282 - 4290

Becker, Wieland; Schober, Kay-Uwe

**Holz-Beton-Verbund im Knotensystem von Rundholzbrücken**

4. Internationale Holzbrückentage IHB 2016. Stuttgart, Germany

Becker, Wieland; Schober, Kay-Uwe; Weber, Jan

**Vergussknotenlösungen im Ingenieurholzbau**

Bautechnik. Bd. 93. 2016 S. 371 - 379

Birtel, Johannes; te Heesen, Henrik

**Algorithm for Technical and Economic Design Optimization of Photovoltaic Systems**

32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. Bd. 32. Munich: WIP 2016 S. 2351 - 2354

Braun, Oliver; Chung, Fan; Graham, Ron

**Worst-case analysis of the LPT algorithm for single processor scheduling with time restrictions**

OR Spectrum. Bd. 38. 2016 S. 531 - 540

Braun, Oliver; Benmansour, Rashid; Artiba, Abdelhakim et al.

**Mixed integer programming formulations for the single processor scheduling problem with time restrictions**

Kacem, I.; Martin, S.; Roka, Z.; Sava, A. (Hrsg). Proceedings of the 45th International Conference on Computers & Industrial

Engineering (CIE45). Metz. 2016

Braun, Oliver; Benmansour, Rashid; Hanafi, Said et al.

**Iterative relaxation-based heuristic for the single-processor scheduling problem with time restrictions**

Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IEEE-IESM'2015). Sevilla. 2016 S. 496 - 501

Diewald, Andreas Richard; Landwehr, J.; Tatarinov, D. et al.  
**A. R. Diewald, J. Landwehr, D. Tatarinov, P. Di Mario Cola, C. Watgen, C. Mica, M. Lu-Dac, P. Larsen, O. Gomez, T. Goniva; „RF-based Child Occupation Detection in the Vehicle Interior“, 17th International Radar Symposium, May 10-12, Krakow, Poland, 2016**

17th International Radar Symposium. 2016

Diewald, Andreas Richard

**Diewald, A. R.; „Analytical Coupling Simulation on Radar Targets“, 17th International Radar Symposium, May 10-12, Krakow, Poland, 2016**

17th International Radar Symposium. 2016

Diewald, Andreas Richard

**Diewald, A.R., Müller, S.; “Time Domain Connector Extraction Method for Broadband Measurement of Symmetrical Structures“, The Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC) 2016, 12th, Nov. 2016**

The Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC). 2016

Diewald, Andreas Richard

**Diewald, A.R.; „Farfield coupling of antennas in terms of S-Parameters,“ 2016 German Microwave Conference (GeMiC), Bochum, Germany, 2016, pp. 92-95.**

German Microwave Conference (GeMiC)Bochum, Germany. 2016

Diewald, Andreas Richard; Müller, S.; Thull, R.

**Müller, S., Thull, R., Huber, M., Diewald, A.R., “Microstrip Lines and Patch Antennas on EURO CIRCUITS Process“, The Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC) 2016, 12th, Nov. 2016**

The Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC). 2016

Diewald, Andreas Richard; Müller, S.; Thull, R. et al.

**Müller, S., Thull, R., Huber, M., Diewald, A.R.; “Analysis on Microstrip Transmission Line Surface Coatings“, The Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC) 2016, 12th, Nov. 2016**

The Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC). 2016

Diewald, Andreas Richard; Steins, M.; Leuk, S.

**Steins, M., Leuck, S., Diewald, A.R.; “Universal Programmable Low Cost Signal Source for 24 GHz ISM Band“, The Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC) 2016, 12th, Nov. 2016**

The Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC). 2016

Eberhardsteiner, Josef; Winter, Wolfgang; Fadai, Alireza et al.  
**Grouted joints in timber engineering**

Wien: Technische Universität Wien Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen 2016

Fischer-Stabel, Peter

**Auswirkungen des regionalen Klimawandels auf Natur und Umwelt: Daten und Tendenzen.**

Umweltmagazin Saar. Saarbrücken. 2016

Fischer-Stabel, Peter; Arweiler, F.; Harth, H.

**Großflächige Identifizierung von Alt- & Totholzstandorten mit Habitat-Tradition**

AGIT-Journal für Angewandte Geoinformatik.  
Berlin/Offenbach. 2016

Fischer-Stabel, Peter; Gollmer, Klaus-Uwe

**Informatik für Ingenieure. Fit für das Internet der Dinge**

München. 2016

Fischer-Stabel, Peter; Mattern, M.

**Scientific Research Documentation - An Information Server for the National Park Hunsrück-Hochwald**

International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs). Toulouse. 2016

Heinrich, Christoph; Dörksen, Heinrich; Tölkes, Emanuel et al.

**Direkte Benzin-Wasser-Einspritzung:CO<sub>2</sub>-Potentiale und technische Anforderungen**

Tschöke, Helmut; Marohn, Ralf (Hrsg). 10. Tagung Diesel- und Benzindirekteinspritzung 2016.

Wiesbaden: Springer Vieweg 2016 S. 363 - 379

Löhr, Dirk

**Beschlussmodell der Länderfinanzminister zur Grundsteuerreform: Der große Wurf? Deutsches Steuerrecht (DStR)**

D. 2016 S. 1497 - 1503

Löhr, Dirk

**Kommunales Vermögensmanagement über „marktgerechte Erbbaurechte“**

Zeitschrift für Kommunal Finanzen. D. 2016

Löhr, Dirk

**Sustainable Public Finance: Double Neutrality instead of Double Dividend**

Irvine, Calif (Hrsg). Journal of Environmental Protection. 7. Aufl.  
Bd. 2. E. 2016

Naumann, Stefan ; Filler, Andreas; Kern, Eva

**Supporting Sustainable Development in Rural Areas by Encouraging Local Cooperation and Neighborhood Effects using ICT**

Advances and New Trends in Environmental and Energy Informatics. Berlin: Springer 2016

Reindorf, Torsten; Davidovic, M.; Schricker, B.

**Stickoxidarme katalytische Nachverbrennung von VOC bei Röstprozessen in der Lebensmittelindustrie am Beispiel von Kaffee**

Emissionsminderung 2016.

Nürnberg: VDI-Verlag 2016 S. 191 - 202

Reindorf, Torsten; Weineck, S.; Vodegel, St.

**Stofflicher Verbleib des NH<sub>3</sub> auf dem Rauchgas- und Reststoffweg in ausgewählten deutschen Müllverbrennungsanlagen mit SNCR**

D. 2016 S. 66 - 73

Schaper, Thorsten

**Strategisches Marketingmanagement.: Einführung in Theorie und Praxis**

4. Aufl. D. 2016

Schmäh, Marco; Gutsche, Jörg

**Die Mär von der Instantmotivation**

Sales Management Review. Bd. 15. H. 2. 2016 S. 70 - 75

Schmidt, Gunnar

**Bombenkrater. Das Bild der terroristischen Modern**

Berlin. 2016

Schmitz, Heinz; Politz, Andreas ; Dostert, Maria

**A Complexity Analysis and an Algorithmic Approach to Student Sectioning in Existing Timetables**

Journal of Scheduling. D. 2016 S. 285 - 293

Schneider, Georg

**Suremath User study and related (re - )implementation of a multitouch application for learning math**

D. 2016

Schober, Kay-Uwe; Becker, Wieland; Weber, Jan

**Grouted joints in timber engineering**

Eberhardsteiner, J., Winter, W., Fadai, A., Pöll, M. (Hrsg). 14th World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016).

Vienna, Austria: TU Verlag Wien 2016 S. 1 - 1

te Heesen, Henrik; Birtel, J.

**Algorithmus zur technischen und wirtschaftlichen Auslegungsoptimierung von Photovoltaikanlagen**

31. Symposium Photovoltaische Solarenergie.

Bad Staffelstein. 2016

te Heesen, Henrik; Groo, P.; Heun, D.

**Anwendung eines Algorithmus zur technischen und wirtschaftlichen Auslegungsoptimierung von Photovoltaikanlagen**

31. Symposium Photovoltaische Solarenergie.

Bad Staffelstein. 2016

te Heesen, Henrik; Herbort, V.

**Development of an Algorithm to Analyze the Yield of Photovoltaic Systems**

Renewable Energy. D. 2016

te Heesen, Henrik; Arm, M.; Grohs, D. et al.

**Entwicklung einer Web-Applikation zur Ertragsoptimierung von Photovoltaikanlagen - UCB PVapp**

31. Symposium Photovoltaische Solarenergie. Bad Staffelstein.

2016

# IMPRESSUM



## HERAUSGEBER UND VERANTWORTLICH IM SINNE DES PRESSERECHTS:

Hochschule Trier,  
vertreten durch den Präsidenten Prof. Dr. Norbert Kuhn

## PROJEKTLEITER:

Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Bier

## KOORDINATION, ANZEIGENVERWALTUNG UND REDAKTIONELLE BETREUUNG:

Nadine Vivian Keller

## KONZEPT, REDAKTIONELLE BEARBEITUNG UND GESTALTUNG:

Sabine Bales

Beiträge sind namentlich gekennzeichnet.  
(Für den Inhalt der Berichte sind die Autoren verantwortlich.)

## FOTOGRAFIEN:

Titel und Covergestaltung, Vorwort, Seiten 17, 18, 112, 144 Isabella Ruf  
Alle anderen Fotografien verantworten die Beitragenden  
(jeweils namentlich gekennzeichnet)

## DRUCK:

VMK-Druckerei GmbH, Faberstrasse 17, 67590 Monsheim | [www.vmk-druckerei.de](http://www.vmk-druckerei.de)

## AUFLAGE:

1.000 Exemplare

## VERTRIEB:

Hochschule Trier  
Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Bier, Schneidershof, 54293 Trier  
Telefon: +49 651 8103 598  
Fax: +49 651 8103 597  
[D.Bier@hochschule-trier.de](mailto:D.Bier@hochschule-trier.de)

Alle Rechte vorbehalten.  
Der Nachdruck von Beiträgen ist nur mit Genehmigung der Hochschule Trier gestattet.

Trier, November 2017

# EFFEKTIVER DIALOG ZWISCHEN HOCHSCHULE UND WIRTSCHAFT

Der Förderkreis der Hochschule Trier wurde vor fünfzehn Jahren mit dem Ziel gegründet, den Dialog zwischen Hochschule und Wirtschaft sowie den Verbänden und Kommunen der Region Trier und Umland zu fördern.

So schlagen wir Brücken zwischen Forschung, Lehre und Praxis — welche durch das Engagement und Beitragsaufkommen der Mitglieder des Förderkreises erst realisiert werden können.

Wir sind eine kommunikative Plattform für sinnvolle Investition in die Zukunft von Stadt und Region Trier.

Um die Aktivitäten des Förderkreises der Hochschule Trier e.V. auch weiterhin so erfolgreich realisieren zu können, sind wir auf Spenden und das finanzielle Engagement zahlreicher Mitglieder angewiesen. Über positive Resonanzen würden wir uns sehr freuen — denn ein Investment in junge Forschung, Technik und Gestaltung wird Kreise ziehen.

## SO ERREICHEN SIE UNS:

Förderkreis der Hochschule Trier e.V.  
Schneidershof  
54208 Trier

TELEFON: 0651 / 8103-444-598

FAX: 0651 / 8103-597

MAIL: foerderkreis@hochschule-trier.de

## GESCHÄFTSFÜHRENDER VORSTAND:

VORSITZENDER: Dr. Matthias Schwalbach

2. VORSITZENDER: Prof. Dr. Karl Hans Bläsius

GESCHÄFTSFÜHRER: Prof. Dr. Andreas Künkler



## BEITRITTSERKLÄRUNG

Hiermit erkläre(n) ich/wir meinen/unseren Beitritt zum Förderkreis der Hochschule Trier e.V.

**ALS EINZELPERSON**

*Jahresbeitrag 40,00 €*

NAME.....

STRASSE .....

**FIRMA / JURISTISCHE PERSON**

- Mitarbeiteranzahl bis zu 10

*Jahresbeitrag 130,00 €*

- Mitarbeiteranzahl von 11 bis 100

*Jahresbeitrag 260,00 €*

- Mitarbeiteranzahl über 100

*Jahresbeitrag 390,00 €*

PLZ / ORT .....

ANSPRECHPARTNER .....

TELEFON / FAX .....

E-MAIL .....

ORT / DATUM .....

Senden Sie den ausgefüllten Abschnitt an:

**FÖRDERKREIS DER HOCHSCHULE TRIER E.V.**

Schneidershof

**PROF. DR. ANDREAS KÜNKLER**

Postfach 1826

D - 54208 Trier





**HOCHSCHULE TRIER:**

**HAUPTCAMPUS**

Schneidershof  
D - 54293 Trier

**UMWELTCAMPUS**

Birkenfeld  
Campusallee  
D - 55768 Neubrücke

**GESTALTUNGCAMPUS**

Paulusplatz und Irminenfreihof  
D - 54290 Trier

Vollmersbachstraße 53a  
D - 55743 Idar-Oberstein