



# Schriftenreihe 2015

## Heft 23

Berichte zur Lehrforschung  
Prof. Dr. Michael Braun (Hrsg.)





Foto: Kurt Fuchs

## Berichte zur Lehrforschung

Durch die Ernennung zur Technischen Hochschule zum 1. Oktober 2013 stehen unserer Hochschule Mittel zur Verfügung, die wir zur Umsetzung der strategischen Ziele aus dem TH-Konzept einsetzen können. Diese Ziele sind Aktionsfeldern zugeordnet, die sich an den Zyklen des Bologna-Prozesses orientieren – der erste Zyklus, das Bachelorstudium, findet sich im Aktionsfeld „OHM College“ wieder. Zentraler Bestandteil von „OHM College“ ist die Lehrforschung: Die Lehre soll sich insgesamt mehr und zu einem frühen Zeitpunkt am wissenschaftlich fundierten Arbeiten und an der Teilnahme an konkreten Forschungs- und Entwicklungsprojekten orientieren. Die aus der Didaktik bekannte Methode des problembasierten Lernens wird so im Zusammenspiel mit realen Forschungsthemen angewandt.

Die Vorteile des forschenden Lernens liegen auf der Hand. Studierende können ihre Fachkompetenz früh in konkreten Projekten einbringen, sie arbeiten eigeninitiativ und lösungsorientiert, und sie lernen die interdisziplinäre Zusammenarbeit in heterogenen Arbeitsgruppen. In studentischen Forschungsgruppen werden praxisnahe Themen in Kooperation mit Partnern aus Wirtschaft und Gesellschaft bearbeitet. Die in den Projekten gewonnen Erkenntnisse und Ergebnisse können direkt in die Lehre der betreuenden Professorinnen und Professoren einfließen. Im Idealfall reicht die Förderung der Studierenden in Projekten der Lehrforschung von der frühen Phase des Bachelorstudiums bis zum Masterabschluss und bereitet in idealer Weise auf eine Promotion vor.

Im Jahr 2015 wurden Projekte der Lehrforschung erstmals mit Mitteln aus der TH-Sonderförderung unterstützt. Zur Auswahl der geförderten Projekte wurde ein Wettbewerb initiiert, an dem sich zwölf Professorinnen und Professoren aus sechs Fakultäten beteiligten. Die beantragte Fördersumme betrug rund 70.000 €. Die Mitglieder des Sachverständigenausschusses Lehre und Studium bewerteten die eingereichten Projektanträge nach den Kriterien Forschungskompetenz, Interdisziplinarität und Kooperationspotenzial. Keines der beantragten Projekte erwies sich als nicht förderwürdig, so dass nach einer leichten Kürzung der Projektsummen schließlich alle zwölf Projekte mit einem Gesamtbetrag von 60.000 € gefördert wurden.

In dieser Schriftenreihe stellen wir Ihnen die Projekte zur Lehrforschung 2015 vor. Die Themen sind vielfältig: Sie reichen von der Alterung historischer Kunststoffe im Spielzeugmuseum über die mobile Robotik bis hin zu taktilen Karten für blinde Menschen – und zeigen eindrucksvoll, wie breit die Technische Hochschule Nürnberg in Forschung, Lehre und Studium aufgestellt ist.

A handwritten signature in blue ink that reads "Niels Oberbeck". The signature is written in a cursive style.

Prof. Dr. Niels Oberbeck  
Vizepräsident



# Untersuchungen an historischen Kunststoffen - Vergleich zwischen künstlicher und natürlicher Alterung von polymeren Materialien

**Prof. Dr. Jens Pesch**

Fakultät für Angewandte Chemie  
Technische Hochschule Nürnberg

**Dr. Elena Gómez Sánchez**

Materialkundliches Labor  
Deutsches Bergbau-Museum Bochum

**Dipl.-Restaurator Simon Kunz**

Freischaffender Restaurator und Konservierungs-  
wissenschaftler für Objekte aus Kunststoffen

**Zusammenfassung:**

Studierende des Bachelorstudiengangs Angewandte Chemie der TH Nürnberg untersuchten in diesem Projekt die Materialzusammensetzung und künstliche Alterung von Kunststoffen in historischen und modernen Barbie®-Puppen der Firma Mattel aus dem Sammlungsbestand des Spielzeugmuseums in Nürnberg. Dafür entwickelten sie einen Forschungsplan, führten die nötigen Materialuntersuchungen durch und verfassten einen Bericht in Form eines wissenschaftlichen Artikels. Mit den Ergebnissen der Untersuchungen konnten einige bereits publizierte Informationen verifiziert und ergänzt werden. Die Studierenden konnten auf diese Weise das in begleitenden Lehrveranstaltungen vermittelte Wissen deutlich vertiefen und nachhaltiger lernen. Für das Spielzeugmuseum konnten wichtige Erkenntnisse über die Materialzusammensetzung und Lagerstabilität einiger ihrer Sammlungsobjekte gewonnen werden. Es wurde gleichzeitig erheblicher weiterer Forschungsbedarf identifiziert, um die großen noch bestehenden Wissenslücken über die Materialzusammensetzung, die Materialevolution und die Stabilität der Barbie®-Puppen aus der Sammlung des Spielzeugmuseums in Nürnberg zu bestimmen.





## 1. Projektdaten

Fördersumme	4.300 Euro
Laufzeit	März bis Dezember 2015
Fakultät	Angewandte Chemie
Projektleitung	Prof. Dr. Jens Pesch
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:jens.pesch@th-nuernberg.de">jens.pesch@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage

Kunststoffe sind das typische technologische Merkmal unserer modernen Gesellschaft. Man spricht daher bereits davon, dass wir im Kunststoffzeitalter leben. Seit der gezielten Herstellung und Verarbeitung von synthetischen Polymeren zu Kunststoffen ist bekannt, dass Kunststoffe typischen Alterungsprozessen unterworfen sind, die deren Verwendbarkeit und Formbeständigkeit zum Teil sehr starke zeitliche Grenzen setzen. Die Untersuchung der Alterung und Degradation von Kunststoffen ist daher integraler Bestandteil der Kunststoffforschung und -entwicklung. Die Alterung und Degradation von Kunststoffen im Allgemeinen ist bereits gut erforscht, wurde aber in der Industrie und Forschung bisher fast ausschließlich unter simulierten bzw. künstlichen Alterungsbedingungen systematisch untersucht. Unter Kunststoffexperten besteht Konsens über die Notwendigkeit, die Aussagekraft dieser künstlichen Alterungstests hinsichtlich der Übertragbarkeit auf natürlich gealterte Kunststoffe zu überprüfen<sup>[1]</sup>. Die Auseinandersetzung mit seit Jahrzehnten natürlich gealterten Kunststoffen unter kontrollierten Bedingungen bietet daher eine bisher kaum genutzte Möglichkeit, mehr über natürlich gealterte Kunststoffe zu erfahren.

Solche natürlich gealterten Kunststoffe findet man beispielsweise in großer Menge entweder in der Natur in Form von umweltbelastendem Kunststoffmüll oder in Form von Sammlungsobjekten in technischen Museen und modernen Kunstsammlungen. Beim Kunststoffmüll sind die genauen Alterungsbedingungen nicht mehr nachvollziehbar. Im Vergleich dazu sind für die Kunststoffobjekte in Museen und Kunstsammlungen die Lager- und damit die Alterungsbedingungen der Kunststoffe für die Lagerungszeit relativ gut bekannt, da dort die Objekte für eine weit über die von den industriellen Herstellern geplante Haltbarkeit hinausreichende Zeitspanne unter meist gut dokumentierten Bedingungen aufbewahrt werden. Alarmierend ist in diesem Zusammenhang, dass immer mehr Museen an ihren Kunststoffexponaten einen teilweise scheinbar unaufhaltsamen Verfall beobachten, es aber in diesem Bereich an ausreichender Erfahrung zur Erhaltung der Kunststoffe mangelt.

In den letzten 20 Jahren wurden verschiedene Projekte zur Erhaltung von Kunststoffobjekten im Bereich der Konservierungswissenschaften - wie EU-POPART<sup>[2]</sup>, EU-PrestoSpace<sup>[3]</sup>, KUR-ILKAR (ein Projekt der Kulturstiftung der Länder und der Kulturstiftung des Bundes)<sup>[4]</sup> - zum Thema Polymere durchgeführt. Einige dieser Projekte beziehen sich auf eine bestimmte Objektgruppe wie beispielsweise Ton- und Audiomedien (KUR-ILKAR und PrestoSpace) und nicht auf Kunststoffe als solches. Eine Identifizierung der verwendeten Polymere wurde in Projekten wie POPART zum Ziel gesetzt, wobei hier verstärkt das vorliegende Polymer Gegenstand von Untersuchungen war und nicht die darin enthaltenen Additive. Es wurde in allen Projekten festgestellt, dass ein massiver weiterer Bedarf an solchen Forschungsprojekten besteht. Solche weiterführenden Projekte sind auch bereits an unterschiedlichen nationalen und internationalen konservierungswissenschaftlichen Laboratorien wie dem Materialkundlichen Labor des Deutschen Bergbau-Museums in Bochum in Planung. Auch die Sammlungen der Museen in der Metropolregion Nürnberg enthalten eine sehr große Zahl an zum Teil sehr wichtigen Objekten aus Kunststoffen. Die Museen haben den gesellschaftlichen Auftrag, diese Kulturgüter der Moderne für die Nachwelt zu erhalten. Hier möchte das Labor für Organische Chemie der TH Nürnberg naturwissenschaftlich unterstützen. Daher wurde in Kooperation mit dem Spielzeugmuseum in Nürnberg ein erstes Projekt gestartet.

Das Spielzeugmuseum in Nürnberg besitzt eine sehr große Sammlung an Barbie®-Puppen der US-amerikanischen Firma Mattel mit ca. 1.800 Exemplaren. Einige der Exponate stammen aus den Anfangstagen der

Barbie®-Puppe in den 1960er Jahren. Der Name Barbie® steht im Grunde für eine Gruppe von Kunststoffpuppen, die seit ihren ersten Tagen aus einer Vielzahl von verschiedenen Kunststoffen zusammengesetzt wurden<sup>[5]</sup>. Obwohl bekannt ist, dass die Barbie®-Puppe im Allgemeinen eine gewisse Materialevolution durchgemacht hat, ist bis heute der Öffentlichkeit die genaue Materialzusammensetzung der Kunststoffe der einzelnen Barbie®-Typen kaum bekannt. Noch weniger ist bekannt, wie sich diese Kunststoffe über die vielen Jahrzehnte genau verändern und wie man diese entsprechend wirksam für die Nachwelt erhalten kann. Hier sollte das vorgestellte Projekt mit Unterstützung des Spielzeugmuseums in Nürnberg ansetzen.

### 3. Ziele des Forschungsprojekts

Das Lehrforschungsprojekt sollte im Rahmen des Wahlpflichtfachs „Alterung und Konservierung von polymeren Materialien“ im Bachelorstudiengang Angewandte Chemie das derzeit hochakute Problem der Materialdegradation von Kunst- und Kulturgütern aus Kunststoffen untersuchen. Die Studierenden sollten begleitet durch die Dozenten, einen Materialanalysen- und Materialalterungsplan zur Untersuchung der Stabilität von für das Spielzeugmuseum Nürnberg relevanten Spielzeugproben erarbeiten, durchführen und die Ergebnisse kritisch diskutieren. Dabei sollten den Studierenden Werkzeuge an die Hand gegeben werden, die ihnen eine Evaluierung der Stabilität von Kunststoffen mit einfachen Mitteln ermöglicht.

Ein Fokus des Projektes sollte dabei auf der Untersuchung von künstlicher und natürlicher Alterung von Kunststoffen in Barbie®-Puppen aus dem Bestand des Spielzeugmuseums in Nürnberg liegen. Eine historische Barbie®-Puppe mit ©1966 wurde durch das Spielzeugmuseum Nürnberg bereitgestellt. Aktuelle Barbie®-Puppen für die künstliche Alterung wurden käuflich erworben.

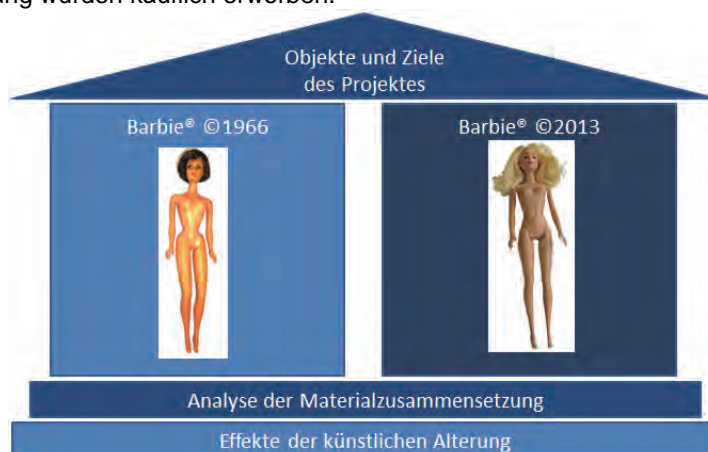


Abbildung 1: Objekte und Ziele des Lehrforschungsprojektes

### 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Das Wahlpflichtfach „Alterung und Konservierung von polymeren Materialien“ vermittelt den Studierenden in einer Vorlesung das Wissen über den Aufbau, die Alterung und die Konservierung von natürlichen und künstlichen polymeren Materialien und wie man mit analytischen Methoden den Alterungszustand untersuchen und mit Konservierungsmethoden verzögern kann. Dieses theoretische Wissen wird in einem Laborpraktikum an ausgesuchten Kunststoffproben praktisch angewendet. Die Studierenden versuchen anhand eigener Untersuchungen und im Vergleich mit der Primärliteratur, die in ihren Prüflingen beobachteten Alterungserscheinungen zu verstehen und deren Ursprung so weit wie möglich einzuordnen. Die Ergebnisse werden dann als Bericht in Form eines wissenschaftlichen Artikels und in einer Kurzpräsentation vorgestellt.

Das Lehrforschungsprojekt ergänzte den Vorlesungsteil durch einen seminaristischen Teil, in dem das theoretische Wissen auf die Planung von Untersuchungen zur Alterung von Spielzeugproben angewendet werden konnte. Dabei wurde von den Studierenden begleitet durch die Dozenten ein entsprechender Forschungs- bzw. Untersuchungsplan erstellt und im praktischen Teil durchgeführt. Die Studierenden sollten sich dabei auf



ein paar einfache Methoden zur Identifizierung und Untersuchung von Kunststoffen beschränken. Abbildung 2 zeigt den von den Studierenden verfolgten Projektplan in sechs Phasen.

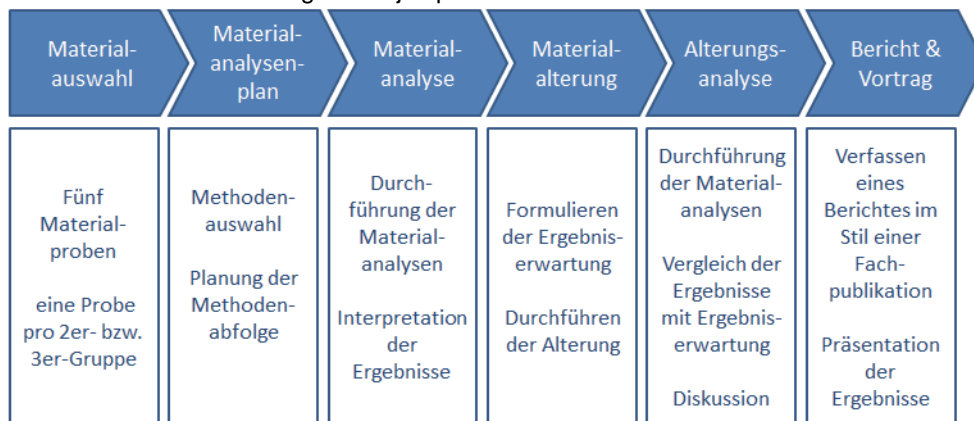


Abbildung 2: Projektphasen

In der ersten Phase wurden die verschiedenen Materialproben auf 13 Studierende in sechs Kleingruppen verteilt, wobei jede Gruppe eine Materialprobe zur Untersuchung erhielt. Der Zeitrahmen umfasste ein Wahlpflichtfach von zwei Semesterwochenstunden. Die folgenden Materialproben wurden von den Studierenden untersucht:

- Standard-Barbie® mit ©1966, Fa. Mattel (USA) – Haar, Kopf, Arme, Torso, Beine
- Standard-Barbie® mit ©2013, Fa. Mattel (USA) – Haar, Kopf, Arme, Torso
- Ponymodell, Fa. Schleich (D)
- Gummiball „Flummi“, Hersteller unbekannt

Vier Gruppen untersuchten jeweils die Einzelteile der Barbie®-Puppen. Zwei weitere Kleingruppen untersuchten einen Gummiball „Flummi“ ohne Herstellerangabe und ein Hartgummi-Ponymodell aus dem aktuellen Verkaufssortiment der Firma Schleich, auf die aber in dieser Publikation nicht näher eingegangen wird.

In Phase 2 wurden aus den vielen heutzutage bekannten Untersuchungsmethoden verschiedene nasschemische und zwei instrumentelle Methoden zur Identifizierung der Materialzusammensetzungen ausgewählt, die im Labor für Organische Chemie an der TH Nürnberg zur Verfügung standen. Mechanische Prüfverfahren sollten in diesem Projekt nicht zur Anwendung kommen. Zu den nasschemischen Verfahren gehören die Quellbarkeit, die Löslichkeit und das Fällungsverhalten der Polymere, das Brandverhalten nach Entzündung an einer offenen Flamme, die Beilsteinprobe und das Veraschen. Die zwei instrumentellen Methoden waren die ATR-FTIR-Spektroskopie und die Kontaktwinkelmessung. Diese instrumentellen Methoden sind sehr gut für die zerstörungsfreie Oberflächenanalyse von Objekten geeignet und damit für Museen von besonderem Interesse. Die Konservierung der Oberfläche eines Objektes trägt maßgeblich zur Erhaltung seiner Verständlichkeit und Aussagekraft bei.

Es mussten zunächst die für die Kunststoffe eingesetzten Polymere und soweit möglich die verwendeten Additive qualitativ bestimmt werden. Dazu wurde ein Lösungstrennungsgang zur Auftrennung der Kunststoffbestandteile - Polymere und Additive - geplant und in Phase 3 durchgeführt (siehe Abbildung 3). Parallel zu den Lösungsversuchen wurden das Brandverhalten getestet, die Proben verascht und die Beilsteinproben durchgeführt. Das Brandverhalten gibt einen Hinweis auf die enthaltenen Elemente und den Kohlenstoffanteil in den Kunststoffen, die Beilsteinprobe ist ein Test auf Halogene. Durch das Veraschen können nichtbrennbare Anteile, wie anorganische Füllstoffe, bestimmt werden.

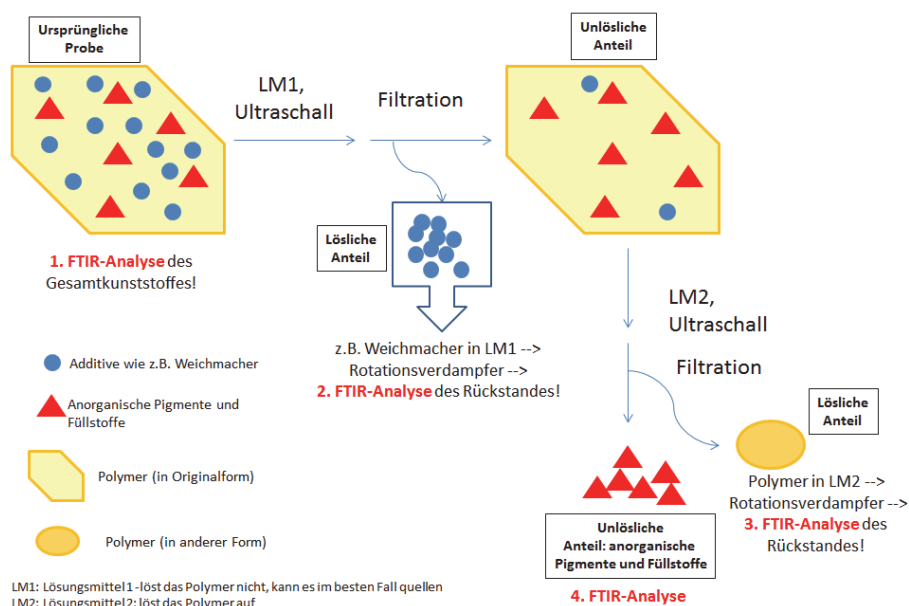


Abbildung 3: Lösungstrennungsgang - Auftrennung der Kunststoffproben in die enthaltenen Polymere und die Additive

Für den Lösungstrennungsgang mussten die Studierenden eigenständig in der Literatur die dafür notwendigen Lösungsmittel recherchieren, so dass ein erster Kontakt mit der Primär- und Sekundärliteratur notwendig war. Lord<sup>[5]</sup> beschreibt in seinem Buch die für die Standard-Barbie® eingesetzten Polymere allgemein. Allerdings wird wenig Bezug zu speziellen Barbie®-Typen hergestellt. Nun galt es, für die speziellen Exponate diese Angaben zu verifizieren.

Die Untersuchungen der Studierenden bestätigten für die einzelnen Teile der Barbie®-Puppe mit ©1966 starke Unterschiede in der Materialzusammensetzung zu denen der Teile in der Barbie®-Puppe mit ©2013 (siehe Tabelle 2). Diese deckten sich allerdings nicht vollständig mit den publizierten Daten. Es zeigte sich, dass für die Haare der historischen wie der modernen Barbie® das Copolymer PVC-PVDC verwendet wurde. Laut der Literatur<sup>[5]</sup> sollten größtenteils Polyamide für die Haare verwendet worden sein.

Tabelle 2: Ergebnisse der verwendeten Polymere in den Barbie®-Puppen mit ©1966 und ©2013

Barbie®	Haare	Kopf	Arme	Torso	Beine
©1966	PVC-PVDC	PVC	PVC	PE	PVC
©2013	PVC-PVDC	PVC	EVA	ABS	ABS

Ein weiterer Unterschied in der Materialzusammensetzung zeigte sich für die in den PVC-Teilen verwendeten Weichmacher. Während in der Barbie® mit ©1966 noch ausschließlich der Phthalat-Weichmacher DOP (Di-octylphthalat) verwendet wurde, kam für den Kopf der Barbie® mit ©2013 das umweltfreundliche Zitronensäurederivat ATBC (Acetyltributylcitrat) zur Anwendung. Der Ersatz der potentiell gesundheitsschädlichen Phthalat-Weichmacher<sup>[6]</sup> durch weniger kritische Stoffe ist für die nach 1980 produzierten Barbie®-Puppen bekannt. Allerdings wird in der Literatur von dem Weichmacher DINCH (1,2-Cyclohexandisäurediisononylester) der Firma BASF gesprochen<sup>[5]</sup>. Durch die Veraschung wurden die in Kunststoffen üblichen Additive wie Calciumcarbonat und Titandioxid isoliert und ebenfalls mit ATR-FTIR identifiziert.

Nach der Auftrennung der Proben gemäß des Lösungstrennungsgangs wurden in der nächsten Phase die unbehandelten Kunststoffproben im Vergleich zu den behandelten Proben ohne Additivierung künstlich gealtert und mit der ATR-FTIR-Spektroskopie und mittels Kontaktwinkelmessungen untersucht. Daraus konnte im gewissen Maße das Zusammenspiel zwischen den verwendeten Polymeren und den zugesetzten Additiven hinsichtlich der Alterung der Kunststoffe untersucht werden. Die Alterung wurde in einer selbstgebauten Belichtungskammer mit einer Quecksilber-Niederdrucklampe und in einem Heizschrank bei erhöhter Temperatur und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100% für vier, sechs und acht Wochen durchgeführt.

Der oxidative Abbau der Kunststoffoberflächen konnte dabei eindeutig mit der ATR-FTIR-Spektroskopie und der Kontaktwinkelmessung verfolgt werden. Einige der nicht additivierten Proben zeigten schon nach kurzer Zeit einen massiven Abbau. Nach nur vier Wochen der Bestrahlung waren einige Proben fast vollständig zerstört.

Allgemein zeigten die Teile der modernen Barbie® mit ©2013 auf eine deutlich erhöhte Alterungsresistenz als ihre „Schwester“ mit ©1966 gegenüber der künstlichen Alterung mit UV-Licht in Gegenwart von Luftsauerstoff und gegenüber erhöhter Temperatur in Gegenwart von hoher Luftfeuchtigkeit. Zur Stabilität der Additive, wie z.B. der Farbstoffe, konnten noch keine Aussagen gemacht werden. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf, zumal bekannt ist, dass auch die für die Barbies® verwendeten Farben eine Art Evolution durchgemacht haben<sup>[5]</sup>.

## 5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Im Rahmen des Projektes waren die Studierenden gefordert, eigenständig in der Primär- und Sekundärliteratur die notwendigen Informationen zu recherchieren. Der Umgang mit realen und relevanten Forschungsobjekten zwang die Studierenden, sich mit den Materialien intensiver auseinanderzusetzen, als es bei üblichen Praktika notwendig ist. Es zeigte sich, dass dieses Verfahren den Studierenden ein deutlich tieferes Verständnis der während der Vorlesungen vermittelten Kenntnisse brachte.

Als Fazit für das Spielzeugmuseum und dessen Sammlung von Barbie®-Puppen ergibt sich bisher aus diesem Projekt, dass für die Lagerung und Ausstellung der modernen Barbie-Puppen hinsichtlich der Polymere, aus denen diese bestehen, die übliche Empfehlung, dass eine sauerstoffarme Atmosphäre mit einer Beleuchtung ohne UV-Strahlungsanteile vorteilhaft ist. Hinsichtlich der Farbstoffe und anderer Additive besteht noch weiterer Forschungsbedarf. Besonders gilt es die Lichtstabilität von Farbstoffen bei sichtbarem Licht sowie die Migration von Weichmachern und dem Einfluss ihrer Abbauprodukte auf die Langzeitstabilität der Kunststoffe zu eruieren. Für die Untersuchung der Farbstoffe bedarf es zudem einer Investition in ein Farbmessgerät, um die Veränderung der Farbe quantifizieren zu können. Für die Barbie-Puppen ©1966 ist es empfehlenswert, ähnliche Bedingungen zu schaffen, eine sauerstoffarme Lagerungs- und Ausstellungsatmosphäre sowie eine Beleuchtung ohne UV-Anteile. Da für die Erhaltung und mögliche Restaurierung der historischen Barbie®-Puppen noch nicht ausreichende Erkenntnisse gewonnen werden konnten, sollen diese im Rahmen von Folgeprojekten intensiver untersucht werden.

Die Kooperation zwischen dem Materialkundlichen Labor des Deutschen Bergbau-Museums in Bochum und dem Labor für Organische Chemie an der Fakultät Angewandte Chemie der TH Nürnberg für weitere Projekte ist ein weiterer Erfolg des Lehrforschungsprojektes. Ein solches Forschungsprojekt wird nun im Rahmen des Studiengangs „Applied Research in Engineering Sciences“ an der TH Nürnberg durchgeführt.

Da ein wichtiger Teil der Kunststoffexponate des Spielzeugmuseums der Stadt Nürnberg von der Firma Playmobil stammt, wäre auch hier eine zukünftige Kooperation denkbar.

Angemerkt sei noch, dass bisher praktisch keine institutionalisierte naturwissenschaftliche und konservierungswissenschaftliche Unterstützung der Museen in der Metropolregion Nürnberg zur Erhaltung von Objekten von kulturellem Interesse existiert. Daher können auch andere Museen wie das Neue Museum, das Germanische National Museum, das Rundfunkmuseum Fürth etc., in deren Bestand sich Kunst- und Kulturobjekte aus vergleichbaren Kunststoffen befinden, von den Erkenntnissen profitieren. Dieses Projekt und darauf folgende Projekte dieser Art könnten damit einen wesentlichen Beitrag zu einem möglichen konservierungswissenschaftlichen Kompetenz-Cluster an der TH Nürnberg zur Unterstützung der Museen in der Metropolregion leisten.

Es ist zudem geplant, die Ergebnisse der Studierenden in einer kleinen Publikation wie dem „Journal of Chemical Education“ zu publizieren. Eine Ergänzung der Ausstellung des Spielzeugmuseums in Nürnberg durch Poster zu den erfolgten Arbeiten an entsprechender Stelle im Museum ist ebenfalls geplant.

## Danksagung

Der Dank der Autoren gilt den engagierten Studierenden der Angewandten Chemie Stephanie Bruninger, Caroline Huber, Sophia Utz und Anna Präg, sowie Florian Hein, Christoph Kern, Andreas Klier, Tobias Körner, Andreas Langreiter, Benjamin Medina, Max Jakob Müller, Yannick Ramser, Fabian Wille, Jens Wöllauer und Rudolf Zwanzig, die einen bedeutenden Beitrag in diesem Projekt geleistet haben. Besonderer Dank gilt Herrn Urs Latus, Restaurator und Kunsthistoriker des Spielzeugmuseums in Nürnberg, für die Idee an der Barbie® zu forschen und das Zurverfügungstellen historischer Exponate sowie der vielen fruchtbaren Diskussionen.

## 6. Literatur:

- [1] S. Suga, "Effectiveness of the ultra high accelerated weathering test methods", 7<sup>th</sup> European Weathering Symposium, Neapel, **2015**, S. 55.
- [2] <http://www.heritageportal.eu/Browse-Topics/PREVENTIVE-CONSERVATION/Preservation-of-Pop-Art.html>; letzter Aufruf 09.01.2015.
- [3] <http://www.prestospace.org/>; letzter Aufruf 09.01.2015.
- [4] [http://www.kulturstiftung-des-bundes.de/cms/de/programme/restaurierung/archiv/kurprogramm\\_zur\\_konservierung\\_und\\_restaurierung\\_von\\_mobilem\\_kulturgut\\_3164\\_96.html](http://www.kulturstiftung-des-bundes.de/cms/de/programme/restaurierung/archiv/kurprogramm_zur_konservierung_und_restaurierung_von_mobilem_kulturgut_3164_96.html); letzter Aufruf 09.01.2015.
- [5] M. G. Lord, *Forever Barbie*, New York: Walker and Company, 2004.
- [6] [http://www.reach-info.de/dokumente/Verwendungen\\_SVHC-Phthalate.pdf](http://www.reach-info.de/dokumente/Verwendungen_SVHC-Phthalate.pdf); letzter Aufruf 09.01.2016.
- [7] G. W. Ehrenstein, S. Pongartz, *Beständigkeit von Kunststoffen – Band 1*, 1. Auflage **2007**, Carl Hanser Verlag, München.

# Die Metropolregion Nürnberg (MR) als Wissenschaftsstandort

**Prof. Dr. Beatrice Dernbach**

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissen-  
schaften

Technische Hochschule Nürnberg

## **Zusammenfassung:**

Das Projekt ist in zwei Teilstudien umgesetzt worden: einer mehrteiligen empirischen Untersuchung - zwei Befragungen und einer Medienanalyse – sowie in Form des Magazins *dipolo extra*. Zentrales Ergebnis ist: Der Metropolregion wird eine hohe Lebensqualität bescheinigt, aber als Wissenschaftsstandort hat sie Nachholbedarf. Ein Bericht über diese Studie ist im Magazin *dipolo extra* zu finden, herausgegeben vom Meramo Verlag (Nürnberg) und Studierenden des Bachelorstudiengangs Technikjournalismus. Die Studierenden haben außerdem zahlreiche Beiträge zur Wissenschaft in der Metropolregion verfasst. Das Magazin wurde beim 8. Forum Wissenschaftskommunikation im Dezember 2015 in Nürnberg verteilt.





## 1. Projektdaten

Fördersumme	6.900 Euro
Laufzeit	Mai bis November 2015
Fakultät	Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
Projektleitung	Prof. Dr. Beatrice Dernbach
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:beatrice.dernbach@th-nuernberg.de">beatrice.dernbach@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage

Es hat zwei wesentliche Impulse für dieses Forschungsprojekt gegeben: Seit 2005 existiert das politische (und wirtschaftliche) Konstrukt der Metropolregion Nürnberg: ein Zusammenschluss von elf kreisfreien Städten und 23 Landkreisen zwischen Kitzingen, Sonneberg, Weiden, Neumarkt und Ansbach. Über 50 wissenschaftliche Einrichtungen und 20 Hochschulen sind in der Region ansässig. Es liegen zwar einige Studien und Rankings vor, die für Nürnberg im nationalen und internationalen Wettbewerb Kriterien wie Wirtschaftskraft und Lebensqualität, Image und ökonomisches Potenzial messen und bewerten, aber keine Analyse über die Wahrnehmung und das Potenzial als Wissenschaftsstandort. Im Städteranking des Portals Immobilienscout und der Wirtschaftswoche (2014) belegt Nürnberg den 25. Rang von 69 untersuchten Städten. Kriterien waren Arbeitsmarkt, Wirtschaftsstruktur, Immobilienmarkt und Lebensqualität. In der Quality-of-Living-Studie der US-Unternehmensberatung Mercer, die jährlich zwei Rankings veröffentlicht, liegt Nürnberg im internationalen Vergleich von 230 Städten auf Platz 25. Positiv zu Buche schlugen die hohe Lebensqualität bei niedrigen Kosten. Die Geschäftsstelle der Metropolregion hat in einer Imageanalyse (2014) zusammengefasst: „Extrem hohe Zufriedenheit der Bürger mit der Lebensqualität der Metropolregion. Das emotionale Markenguthaben ist sehr hoch – intern wie extern. Die Marke „Metropolregion Nürnberg“ ist jedoch bei weitem noch nicht sichtbar genug.“



Zweiter Auslöser für das Projekt war die Ankündigung, dass vom 30. November bis 2. Dezember 2015 das 8. Forum Wissenschaftskommunikation in Nürnberg stattfinden wird. Mehrere hundert Expertinnen und Experten aus dem deutschsprachigen Raum, aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Museen etc. treffen sich jährlich, um über die neuesten Trends in der Wissenschaftskommunikation zu diskutieren. Bis zu diesem Termin sollten einerseits die Analyse der Metropolregion als Wissenschaftsstandort abgeschlossen und andererseits die Ergebnisse publiziert sein.

Abbildung 1: Die Metropolregion Nürnberg

### 3. Ziele des Forschungsprojekts

Die Ziele des mehrteiligen Projekts wurden wie folgt formuliert:

- Auf der Ebene der Lehre und Didaktik sollten die Studierenden an empirische Forschung herangeführt werden. Das heißt zum einen wurden sie in die Methoden eingewiesen, zum anderen sollten sie selbst ein empirisches Projekt durchführen, also eine Methode bzw. die entsprechenden Instrumente anwenden.
- Ein weiteres, gleichwertiges Ziel war die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in publizistischer Form, idealerweise in einer eigenständigen Publikation, die zum Forum Wissenschaftskommunikation erscheint.
- Vermittlung folgender Kompetenzen:
  - Recherchekompetenzen: Erschließen vorliegender Daten aus der Wissenschaftsregion Nürnberg zur Erstellung einer Metaanalyse; Auswahl typischer und besonderer Beispiele aus der Wissenschaftslandschaft;
  - empirisch-methodische Kompetenzen: Erarbeiten und Interpretation statistischer Daten; Befragungen u.ä.
  - Umsetzung journalistischer Darstellungsformen: Berichte, Features, Reportagen, Interviews, Portraits zum Wissenschaftsstandort.
  - Redaktioneller Prozess/ Teamkompetenz: Selektion der Themen, redaktionelle Aufbereitung (Layout, Illustration etc.).
- Publikation der Projektergebnisse in professioneller Form, idealerweise in Kooperation mit einem professionellen Verlag.

### 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Zunächst sind für das Projekt Partner gesucht und sehr schnell gefunden worden: Die Expertenbefragung wurde von der Geschäftsstelle der Metropolregion sehr stark unterstützt; und mit dem Meramo Verlag (Nürnberg) stand ein professioneller Partner für die Veröffentlichung eines Magazins zur Verfügung.

In den Seminarsitzungen zum Projekt, die zwischen Mai und Juni 2015 wöchentlich stattgefunden haben, wurden die Erkenntnisse aus der Metanalyse ausgewertet und die Forschungsfrage sowie die zentrale Hypothese formuliert:

Frage: Wie wird die Metropolregion als Wissenschaftsstandort wahrgenommen?

Hypothese: Die Metropolregion wird nicht als (idealer) Wissenschaftsstandort wahrgenommen.

Um diese These untersuchen zu können, wurden drei Teilprojekte ausdifferenziert:

- eine Expertenbefragung am Wissenschaftstag der Metropolregion am 28. Juli 2015 in Hof;
- eine Befragung von Bürgerinnen und Bürgern in sechs ausgewählten Städten (Nürnberg, Fürth, Erlangen, Kitzingen, Wunsiedel, Gunzenhausen);
- eine Medienanalyse regionaler und nationaler Tageszeitungen.

Innerhalb dieser Teilprojekte wurden wiederum **spezifische Thesen** festgelegt:

#### *Expertenbefragung:*

Ein idealer Wissenschaftsstandort zeichnet sich vor allem durch eine besondere wissenschaftliche Infrastruktur, also eine entsprechend hohe Quantität und Qualität der Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie der Forschungsk Kooperationen und Jobs für Akademikerinnen und Akademiker aus.

In der Metropolregion werden diese idealen Merkmale eher nicht erfüllt. Stattdessen wird ihr eine hohe Lebensqualität bescheinigt.

Experten nehmen die Metropolregion als Wissenschaftsstandort vor allem über lokale Zeitungen wahr.

#### *Bevölkerungsbefragung:*

Die Menschen in der Region kennen den Grenzverlauf der Metropolregion nicht.

Die Bevölkerung kommt im Alltag persönlich mit Wissenschaft in Berührung.

Die Bevölkerung ist nicht mit den wissenschaftlichen Einrichtungen der Metropolregion vertraut.

Lokale Zeitungen beeinflussen das Interesse an der Metropolregion am stärksten.

Die Bevölkerung hält die idealen Merkmale eines Wissenschaftsstandortes in der Metropolregion für erfüllt.

**Medienanalyse:**

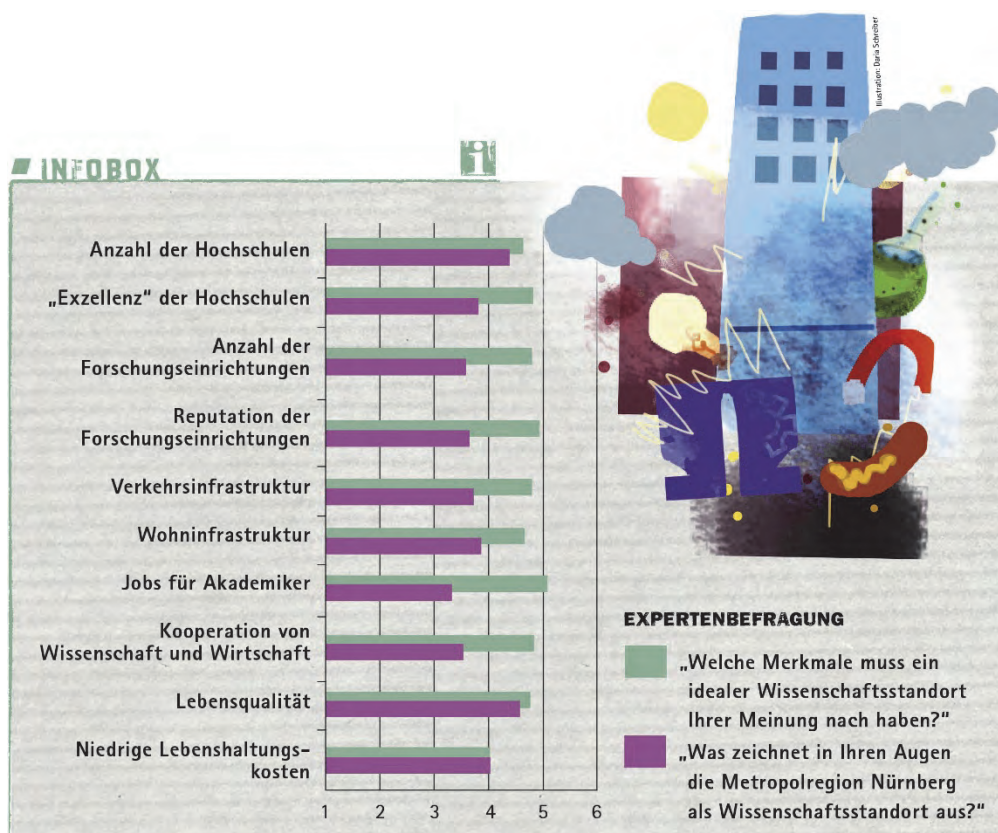
Wissenschaft spielt in der Berichterstattung über die Metropolregion keine zentrale Rolle. Die Berichterstattung zum Thema Wissenschaft in der Metropolregion ist weitgehend ereignisorientiert. Herausgestellt werden vor allem einzelne Ereignisse an einzelnen wissenschaftlichen Einrichtungen.

**Ergebnisse der Expertenbefragung**

Am Wissenschaftstag haben über 800 Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik, Verwaltung und Bildung teilgenommen. 208 von ihnen haben den vierseitigen Fragebogen ausgefüllt, der von vier Studierenden vor Ort verteilt und wieder eingesammelt worden war.

Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick:

- Der Aussage, die MR pflegt ihr öffentliches Image als Wissenschaftsstandort, stimmen 126 (eher oder vollkommen) zu, 83 lehnen sie (eher oder vollkommen) ab. Vor allem über lokale Zeitungen und das Internet nehmen die Experten die Metropolregion als Wissenschaftsstandort wahr. Dort wird aber die MR aus Expertensicht eher nicht als Wissenschaftsstandort dargestellt (105 zu 93 Stimmen).
- Jobs für Akademikerinnen und Akademiker wird als wichtigstes Kriterium für einen idealen Wissenschaftsstandort genannt. Diesem Kriterium folgt die Reputation der Forschungseinrichtungen. Diese Kriterien werden von der Metropolregion aus Sicht der Expertinnen und Experten aber eher nicht erfüllt. Als positiv bewerten diese die hohe Lebensqualität, die Anzahl der Hochschulen und die niedrigen Lebenshaltungskosten. Die Jobs für Akademikerinnen und Akademiker werden jedenfalls nicht als herausragend positiver Punkt betrachtet.



Grafik: Meramo Verlag

### Ergebnisse der Bevölkerungsbefragung

Insgesamt haben 228 Bürger in Nürnberg, Fürth, Erlangen, Kitzingen und Gunzenhausen den von Studierenden persönlich übergebenen und wieder eingesammelten Fragebogen ausgefüllt. Aus innerorganisatorischen Gründen konnte eine Bevölkerungsbefragung in Wunsiedel nicht durchgeführt werden.

Die wichtigsten Ergebnisse:

- 122 Befragte kennen die (geografischen) Grenzen der Metropolregion.
- Mit Wissenschaft kommen sie vor allem über Freunde/ Bekannte (92 Angaben), den eigenen Beruf (73), Hobbys (57), das eigene Studium (44) sowie das Studium (42) oder die Berufstätigkeit von Familienmitgliedern in Berührung.
- 94 Befragte interessieren sich vor allem für den technisch-naturwissenschaftlichen Bereich (MINT), 64 für den sozialwissenschaftlichen.
- Wissenschaftliche Vorträge haben 83 Personen im Jahr 2014 besucht (141 nicht).
- Auch bei den Bürgern sind es das Internet und die lokalen Zeitungen, die stark das Interesse an der Metropolregion beeinflussen.

Vor allem Anzahl und Ruf der Hochschulen sind die am besten erfüllten Kriterien als Wissenschaftsstandort. Insbesondere die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und die Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm sind bekannt.

Bei einem Vergleich der Angaben der Experten und der Bevölkerung ist deutlich erkennbar, dass letztere wesentlich zurückhaltender die Metropolregion als Wissenschaftsstandort bewertet.

### Ergebnisse der Medienanalyse

Zwischen Mai 2012 und Juni 2015 wurden aus folgenden Zeitungen 251 Artikel herausgefiltert, die im weitesten Sinne das Thema Wissenschaft in der Metropolregion behandelten: Nürnberger Nachrichten (127), Nürnberger Zeitung (29), Frankenpost (22), Fränkischer Tag (19), Coburger Tageblatt (14), Bayerische Rundschau (10), Die Kitzinger (8), Main-Post (4) sowie Süddeutsche Zeitung (14), Frankfurter Allgemeine Zeitung (2) und Handelsblatt (2).

- In 57 Texten war der Auslöser der Berichterstattung nicht erkennbar; wissenschaftliche Vorträge in Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen sowie Pressemitteilungen wurden am häufigsten als auslösendes Ereignis identifiziert.
- Hauptthemen der Berichterstattung waren das Image der Metropolregion, die medizinische Forschung, der Strukturwandel der Metropolregion, Zukunftsprognosen – insgesamt also eher wissenschaftsferne Aspekte.
- Die Inhalte waren häufig eingebettet in einen wissenschaftlichen, wirtschaftlichen oder sozialen Kontext. Dementsprechend häufig werden Expertinnen und Experten und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zitiert. Ihnen folgen auf Platz drei politische Akteure aus der Metropolregion.

### Fazit

Die meisten Thesen konnten bestätigt werden. Die Metropolregion wird nicht als homogener und idealer Wissenschaftsstandort wahrgenommen. Dabei sind durchaus einzelne wissenschaftliche Einrichtungen, vor allem die Hochschulen, gut bekannt.

Parallel zur Erhebung und Auswertung der Daten aus der empirischen Studie hat der redaktionelle Prozess begonnen: Gemeinsam mit dem Geschäftsführer des Meramo Verlags, Rainer Möller, und dem leitenden Redakteur Samuel Heller wurde eine studentische Redaktion für die Herausgabe der Publikation zusammengestellt. In gemeinsamen Redaktionssitzungen wurde das Konzept des Magazins erarbeitet, das als Sonderausgabe der im Verlag erscheinenden Publikation *dipolo* erscheinen sollte.

Im pünktlich zum Forum Wissenschaftskommunikation am 30. November 2015 gedruckten Magazin *dipolo extra* finden sich auf den insgesamt 39 Seiten neben dem Vorwort des Nürnberger Oberbürgermeisters Dr. Ulrich Maly ein Interview mit dem ZDF-Wissenschaftsjournalisten Dirk Steffens, fünf Statements von Profikommunikatoren aus der Region, eine (interaktive) Landkarte aller Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie sehr unterschiedliche Beiträge über wissenschaftliche Einrichtungen und Projekte.



## 5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Diese Ergebnisse sind zusammengetragen, aufbereitet und im November 2015 in der Geschäftsstelle der Metropolregion präsentiert worden. Es ist von weiteren Gesprächsrunden auszugehen.

Zwischen dem 30. November und dem 2. Dezember 2015 haben alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Forums Wissenschaftskommunikation eine *dipolo extra*-Ausgabe erhalten (über 500 Teilnehmerinnen und Teilnehmer).

Das Heft ist außerdem bei der Fachtagung „Starke Hochschulen – starke Städte. Gemeinsame Zukunftsentwicklung durch Kommunen und Wissenschaft“ am 3. Februar 2016 in Nürnberg verteilt worden. Die Konferenz wurde organisiert vom Deutschen Institut für Urbanistik, dem Deutschen Städtetag, dem Deutschen Studentenwerk und der Stadt Nürnberg.



Abbildung 2: Die dipolo-extra-Redaktion mit den druckfrischen Exemplaren: Jakob Wagenbrenner, Anastasia Gärtner, Simone Danne (sitzend), Beatrice Dembach, Benjamin Glaser, Samuel Heller und Laura Rheinfels. Nicht im Bild: Victoria Krafft und Teresa Otsa. Foto Siewert





# Kfz-Kennzeichen-Erkennung

**Prof. Dr. Harald Kipke**

Fakultät Bauingenieurwesen  
Technische Hochschule Nürnberg

**Prof. Dr. Christine Rademacher**

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik, Allgemeinwissenschaften  
Technische Hochschule Nürnberg

**Prof. Dr. Elke Wilczok**

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik, Allgemeinwissenschaften  
Technische Hochschule Nürnberg

**Patrick Schwentek M. Eng.**

Fakultät Bauingenieurwesen  
Technische Hochschule Nürnberg

**Jochen Keilholz**

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik, Allgemeinwissenschaften  
Technische Hochschule Nürnberg

**Benjamin Karakus**

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik, Allgemeinwissenschaften  
Technische Hochschule Nürnberg

**Zusammenfassung:**

Für die kommunale Verkehrsplanung sind zuverlässige Informationen über die Auslastung von Straßen, Radwegen, Parkplätzen etc. unerlässlich. In Nürnberg werden aus diesem Grund bereits seit den 1970er-Jahren regelmäßig sogenannte Querschnittszählungen durchgeführt. Bis heute sind solche Zählungen zum Großteil Handarbeit und werden oft von Schülerinnen und Schülern durchgeführt.

Konventionelle Zählungen ermöglichen eine Differenzierung nach Ort, Zeit und Fahrzeuggattung. Sie sind jedoch nicht in der Lage, Verkehrsströme über den Messpunkt hinaus weiter zu verfolgen. Oft interessieren aber weniger die Verkehrsstärken an den Zu- und Abflussstellen eines komplexen Verkehrsknotenpunktes als vielmehr der Verkehrsfluss von A nach B. Könnte man in A und B erfasste Fahrzeuge miteinander identifizieren, ließe sich der Verkehrsfluss zwischen beiden Orten aus den punktuellen Messungen rekonstruieren. Kfz-Kennzeichen vorbeifahrender Autos können schwerlich von Schülerinnen und Schülern am Straßenrand notiert werden, von der Verschlüsselung der Daten ganz zu schweigen. Hier sind Kameras und Computer-Programme gefragt. Kameras produzieren aber keine Buchstaben und Ziffern, nur Pixelbilder. Aus solchen muss die Nutzinformation erst einmal mit Algorithmen der Bildverarbeitung und der Mustererkennung extrahiert werden. Für Fotos parkender Autos wurde im Rahmen des hier beschriebenen Anwendungsprojekts eine Software entwickelt. Mit ihrer Hilfe kann die Dauer öffentlich abgestellter Fahrzeuge statistisch erfasst werden, was eine wichtige Grundlage zur Steuerung und Bewirtschaftung des öffentlichen Parkraums darstellt.



## 1. Projektdaten

Fördersumme	5.000 Euro
Laufzeit	März bis August 2015
Fakultät	Bauingenieurwesen Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
Projektleitung	Prof. Dr. Harald Kipke
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:harald.kipke@th-nuernberg.de">harald.kipke@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage

Für die kommunale Verkehrsplanung sind zuverlässige Informationen über die Auslastung von Straßen, Radwegen, Parkplätzen etc. unerlässlich. In Nürnberg werden aus diesem Grund bereits seit den 1970er-Jahren regelmäßig sogenannte Querschnittszählungen durchgeführt. Bis heute sind solche Zählungen zum Großteil Handarbeit. Bekannt sind die alljährlichen Schüler-Projekte, bei denen von 6 bis 22 Uhr an verschiedenen Knotenpunkten im Stadtgebiet Strichlisten über FußgängerInnen, Fahrräder, Motorräder, Lkws und Pkws erstellt werden.

Konventionelle Zählungen ermöglichen eine Differenzierung nach Ort, Zeit und Fahrzeuggattung. Sie sind jedoch nicht in der Lage, Verkehrsströme über den Messpunkt hinaus weiter zu verfolgen. Oft interessieren aber weniger die Verkehrsstärken an den Zu- und Abflussstellen eines komplexen Verkehrsknotenpunktes als vielmehr der Verkehrsfluss von A nach B. Könnte man in A und B erfasste Fahrzeuge miteinander identifizieren, ließe sich der Verkehrsfluss zwischen beiden Orten aus den punktuellen Messungen rekonstruieren.

Eindeutiges Erkennungsmerkmal jedes Kraftfahrzeugs ist sein Nummernschild. Aus Datenschutzgründen ist die explizite Erfassung von Kfz-Kennzeichen verboten. Für die Identifikation eines Fahrzeugs reicht aber bereits ein aus dem Kfz-Kennzeichen berechneter, verschlüsselter Code. Die Auswertung des Ortskennzeichens (N, FÜ, LAU...) unterliegt keinerlei Einschränkungen. Mit Hilfe des Ortskennzeichens lassen sich ergänzende Informationen zu Pendlerströmen gewinnen – auch über das Erfassungsgebiet der Zählung hinaus.

Kfz-Kennzeichen vorbeifahrender Autos können schwerlich von Schülerinnen und Schülern am Straßenrand notiert werden, von der Verschlüsselung der Daten ganz zu schweigen. Hier sind Kameras und Computer-Programme gefragt. Kameras produzieren aber keine Buchstaben und Ziffern, sondern nur Pixelbilder. Aus solchen muss die Nutzinformation erst einmal mit Algorithmen der Bildverarbeitung und der Mustererkennung extrahiert werden. Für Fotos parkender Autos wurde im Rahmen des hier beschriebenen Anwendungsprojekts eine Software entwickelt. Mit ihrer Hilfe kann die Dauer öffentlich abgestellter Fahrzeuge statistisch erfasst werden, was eine wichtige Grundlage zur Steuerung und Bewirtschaftung des öffentlichen Parkraums darstellt.

Die im Rahmen dieser Studie untersuchten Fotos wurden mit einfachen Handy-Kameras quasi „im Vorbeigehen“ aufgenommen und sind deshalb qualitativ nicht optimal: Verwacklung, ungünstige Lichtverhältnisse und räumliche Verzerrung erschweren die Erkennung von Schriftzeichen. Hinzu kommen Verschmutzung und teilweise Überdeckung der Nummernschilder durch andere Objekte im Bild. Die Eingangsdaten müssen vor der Weiterverarbeitung daher erst einmal so gut wie möglich „repariert“ werden.



Abbildung 1: Dieses Nummernschild ist ein hoffnungsloser Fall

Für die Bildaufbereitung ebenso wie später für die Schrifterkennung wurden Algorithmen aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Software-Paket Mathematica von Wolfram Research verwendet: Lokale Störungen konnten mit Hilfe eines Median-Filters beseitigt werden. Ein solcher gleicht die Farbwerte benachbarter Pixel aneinander an. Dünne, teilweise aufgebrochene Strukturen wurden mit morphologischer Dilatation verstärkt, unerwünschte Verklebungen mit morphologischer Erosion getrennt.



Abbildung 2: Originalbild (links), Bild nach morphologischer Erosion (rechts).

Um schwarze Schriftzeichen auf weißem Grund zu erkennen, benötigt man keine Farbfotos. Die bereinigten Eingangsdaten können in speichersparende und klar strukturierte Binärbilder gewandelt werden. Der hierbei verwendete morphologische Binarisierungs-Operator entscheidet nicht pixelweise auf schwarz/weiß, sondern bezieht stets auch die Farbwerte der Nachbar-Pixel mit ein.



Abbildung 3: Bild nach Binarisierung.

### 3. Ziele des Forschungsprojekts

#### **Bildsegmentierung**

Die vorliegende Studie beschränkt sich auf Eingangsdaten, die im Wesentlichen nur ein Nummernschild beinhalten. Befinden sich auf einem Foto mehrere Nummernschilder oder andere vergleichbare Objekte (z.B. Hinweistafeln, Plakate), sind zusätzliche Verarbeitungsschritte erforderlich. „Segmentieren“ bedeutet hier also ausschließlich „Extraktion von Buchstaben/Ziffern“.

Dazu wurden die Binärbilder zunächst negiert (weiße Schrift auf schwarzem Hintergrund) und die Mathematica-Funktion *MorphologicalComponents* verwendet. Diese ermittelt zusammenhängende Weißbereiche und färbt jeden einzelnen Bereich mit einer anderen charakteristischen Farbe ein. Auf Pixelebene entspricht dem Einfärben die Zuordnung einer Bereichs-Kennzahl.



Abbildung 4: Zusammenhangskomponenten des Bildes.

Unter Verwendung dieser Kennzahlen wurde für jeden zusammenhängenden Weißbereich ein separates Binärbild generiert:



Abbildung 5: Zusammenhangskomponenten mit relevantem Inhalt.

Nicht alle so generierten Bilder enthielten zwangsläufig Buchstaben oder Ziffern:



Abbildung 6: Zusammenhangskomponenten mit irrelevantem Inhalt.

Dank der einheitlichen Struktur der Nutzinformation ließen sich solche Artefakte jedoch leicht identifizieren: Buchstaben und Ziffern auf Autokennzeichen besitzen ein charakteristisches Höhen-Breiten-Verhältnis. Auch sind die Anteile schwarzer und weißer Pixel auf solchen Bildern annähernd gleich.

### Sortierung und Gruppierung der Schriftzeichen

Jedes deutsche Autokennzeichen (und nur solche wurden hier betrachtet) beginnt mit einer Folge von Buchstaben und endet mit einer Folge von Ziffern. Dieses Wissen kann verwendet werden, um sicher zwischen 0 und O bzw. zwischen B und 8 zu unterscheiden. Aus diesem Grund wurden die in Abschnitt 3 extrahierten Buchstaben- und Ziffernbilder entsprechend des Abstands ihrer Nutzinformation vom linken Bildrand sortiert.



Abbildung 7: Sortierung der Schriftzeichen entsprechen Abstand vom linken Rand.

Die Buchstaben-Folge besteht aus dem Ortskennzeichen und Informationen über den Fahrzeughalter. Bei der Analyse von Verkehrsströmen muss zwischen beiden Informationen klar unterschieden werden. Hier hilft der für TÜV- und Zulassungsplakette reservierte Freiraum weiter: Berechnet man bei sortierter Zeichen-Folge die Abstände benachbarter Zeichen, fällt ein Abstand deutlich aus dem Rahmen. Dieser markiert das rechte Ende des Ortskennzeichens.

Nach der Sortierung und Gruppierung wurden die Zeichen-Bilder mit der Mathematica-Funktion *ImageCrop* von überflüssigem schwarzem Hintergrund befreit:



Abbildung 8: Schriftzeichen nach Entfernung von überflüssigem Hintergrund

#### 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

##### Zeichenerkennung

Abschließend sollte jedem Zeichen-Bild noch eine eindeutige Kennung 0-9 bzw. A-Z zugeordnet werden. Bei dieser Klassifikations-Aufgabe kam die *Classify*-Umgebung von Mathematica zum Einsatz, die für allgemeine Mustererkennungs-Probleme konzipiert ist. Als Merkmalsvektor wurde das vollständige Binärbild verwendet.

Bevor ein statistischer Klassifikator eine Entscheidung treffen kann, muss er erst einmal mit einer repräsentativen Sammlung von Beispielen *trainiert* werden.

Dabei bedeutet „trainieren“, dass die freien Parameter einer vorgegebenen Funktion an die gegebenen Beispiele angepasst werden. Wie genau diese Funktion aussieht und wie die freien Parameter zu interpretieren sind, hängt vom verwendeten Klassifikations-Verfahren ab. Mathematica bietet u.a. *Logistic Regression*, *Naive Bayes*, *Nearest Neighbors*, *Random Forest* und *Support Vector Machine*. Bei der vorliegenden einfachen Aufgabenstellung spielte die konkrete Wahl des Klassifikationsverfahrens jedoch keine besondere Rolle. Verwendet wurde letztlich *Logistic Regression*.

Nach erfolgreichem Training kann ein Klassifikator auch solchen Beispielen Kennungen zuordnen, die nicht explizit in der Trainings-Stichprobe vorkamen („Abstraktionsfähigkeit“).

Bekanntlich gibt es auch Ortskennzeichen mit *Umlauten* wie FÜ oder AÖ. Solche mehrfach zusammenhängenden Symbole können mit dem hier vorgestellten Segmentierungs-Verfahren nicht als eine Einheit erkannt werden. Dies ist bei vorliegender Aufgabenstellung aber kein Problem: Die deutschen Kfz-Kennzeichen wurden wohlweislich so konzipiert, dass keine Konkurrenzsituationen auftreten. FU oder AO sind keine zulässigen Kfz-Kennzeichen. Erkennt der Klassifikator FU oder AO, kann man dieses Resultat bedenkenlos auf die korrekte Information „Fürth“ bzw. „Altötting“ abbilden.



## 5. Nachhaltigkeit

Das vorgestellte Verfahren wurde an deutsche Kfz-Kennzeichen angepasst. Es ist nicht in der Lage, ausländische Kfz-Kennzeichen als solche zu identifizieren. Erscheinen Buchstaben und Ziffern in einer anderen Reihenfolge, kann es zu Fehlklassifikationen kommen. Überdies wurde nur die in Deutschland gebräuchliche Schriftart trainiert.

Bei der Segmentierung der Zeichen können Rückfahrkameras Probleme bereiten:



Abbildung 9: Der Buchstabe „Z“ verklebt mit dem Rahmen.

Das hier vorgestellte Verfahren wurde mit Mathematica am PC implementiert. Es soll als Handy-App nachgebaut und für die Analyse des Parkverhaltens von Kfz-Besitzern genutzt werden.

Für die Erfassung bewegter Fahrzeuge mit Video-Kameras müssen die vorgestellten Verfahren modifiziert und erweitert werden.

Das studentische Forschungsprojekt ist Teil eines Eigenforschungsvorhabens, das seit drei Jahren am Labor für Verkehrswesen der Fakultät Bauingenieurwesen läuft. Ziel ist die Entwicklung einer vollständigen mobilen Applikation zur Durchführung von Verkehrserhebungen aller Art.

## 6. Literatur

[1] J.R. Parker, Pavol Federl, *An Approach To Licence Plate Recognition*, University of Calgary, 1996

[2] Dhawal Wazalwar, Erdal Oruklu, Jafar Saniie, *A Design Flow for Robust License Plate Localization and Recognition in Complex Scenes*, *Journal of Transportation Technologies*, 2012, 2, 13-21, <http://dx.doi.org/10.4236/jtts.2012.21002>

[3] <http://reference.wolfram.com/> (Mathematica-Dokumentation)



# Vorlesungsbegleitende Versuche im Holzbau

**Prof. Dr. Hugo Rieger**

Fakultät Bauingenieurwesen  
Technische Hochschule Nürnberg

**Fabian Strobl M.Eng.**

Fakultät Bauingenieurwesen  
Technische Hochschule Nürnberg

**Zusammenfassung:**

Die Implementierung von Versuchsdurchführungen in den Vorlesungsbetrieb soll den Studierenden als Unterstützung dienen, theoretisch erworbene Kenntnisse anhand realer Versuche zu festigen. Um solche in sich geschlossenen Versuche zu erproben und schließlich in den Lehrbetrieb zu integrieren, wurden Prüfkörper aus Holz hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und hinsichtlich ihres Bruchverhaltens untersucht. Die Versuchsdurchführungen wurden anhand ausführlicher Prüfberichte und Videoaufzeichnungen dokumentiert und ausgewertet. Als Versatzarten wurden herkömmliche, in der Baubranche bereits verwendete Versatzarten sowie eigene Ideen zur Konstruktion von Versätzen überprüft. Des Weiteren wurden Zapfenverbindungen auf ihre Querdruktragfähigkeit geprüft. Als Fortsetzung des Forschungsprojekts sollen neue Konstruktionen für den Lehrbetrieb erarbeitet werden. Zusätzlich bietet es sich an, ähnliche Versuchsdurchführungen für weitere Lehrveranstaltungen, wie zum Beispiel Stahlbau zu erstellen.



## 1. Projektdaten

Fördersumme	5.100 Euro
Laufzeit	März bis August 2015
Fakultät	Bauingenieurwesen
Projektleitung	Prof. Dr. Hugo Rieger, Fabian Strobl M.Eng.
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:fabian.strobl@th-nuernberg.de">fabian.strobl@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage

Im Rahmen der studentischen Forschungsgruppe wurden im Wintersemester 2014/15 bereits erste Versuche an hölzernen Probekörpern durchgeführt. Die aus den Versuchen gewonnenen Erkenntnisse sollten anhand von weiteren Probekörpern vertieft und verifiziert werden. Neben den wissenschaftlichen Aspekten war es der Grundgedanke, die Ergebnisse dieser Versuche in den Lehrbetrieb zu integrieren. In Zusammenarbeit mit den internen Kooperationspartnern Prof. Dr. Hugo Rieger und Prof. Dr. René Conchon wurden hierzu Versuche an hölzernen Probekörpern durchgeführt. Diese Versuche sollen in Zukunft im 3. Semester des Bachelorstudiengangs Bauingenieurwesen in den Vorlesungsbetrieb anhand von Videomaterial, Prüfberichten und der Probekörper implementiert werden, um den insgesamt 118 eingeschriebenen Studierenden eine Veranschaulichung des in der Theorie Erlernen bieten zu können.

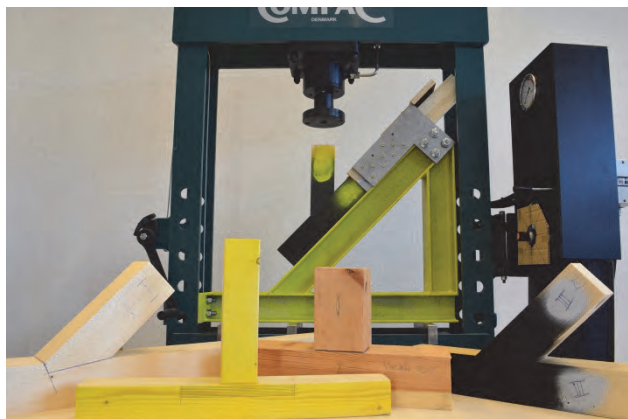


Abb. 1: Aufbau der Versuchsreihe im Holzbau im konstruktiven Labor der Fakultät Bauingenieurwesen

## 3. Ziele des Forschungsprojekts

Ziel des Forschungsprojekts ist es, Versuche an hölzernen Probekörpern durchzuführen, welche anschließend im Rahmen von Lehrveranstaltungen genutzt werden sollen. Dabei soll durch diese kleinen, in sich geschlossenen Versuche das Verständnis für theoretisch vermittelte Grundlagen gestärkt und gefestigt werden. Die Probekörper sollen in den Vorlesungsbetrieb als Anschauungsobjekte mit einbezogen werden, um das Tragverhalten und die Versagensform anschaulich darstellen zu können. Des Weiteren werden die Versagensformen sowie die Rissausbreitung der einzelnen Probekörper mit Hilfe von Videoaufnahmen im Slow-Motion-Format aufgezeichnet.

Als Prüfkörper des Forschungsprojekts werden die folgenden Versatzarten und Anschlüsse festgelegt:

- Stirnversatz
- Fersenversätze
- Treppenversätze
- Wellenversätze (verleimt / unverleimt)
- Zapfenanschlüsse

## 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

### 4.1 Vorbereitung der Prüfkörper und Ausstattung des Prüfstandes

Die Herangehensweise des Forschungsprojekts ist in mehrere Schritte unterteilt.

Im ersten Schritt wurden innerhalb des Forschungsteams Überlegungen zu unterschiedlichen Typen der Holzverbindungen angestellt. Bei dieser Recherche konnten sowohl in der Fachliteratur, als auch anhand aktueller Bauarten der freien Wirtschaft unterschiedliche Konstruktionsdetails von Holzverbindungen festgestellt werden. Diese unterschiedliche Herangehensweise bei der Konstruktion von beispielsweise Stirn- und Fersenversätzen wurde diskutiert und hinterfragt. Dabei wurde vor allem auf den unterschiedlichen Lastabtrag der einzelnen Versatzarten geachtet. Um eine möglichst effiziente Nutzung des Materials unter Einbezug von zusätzlichen Verbindungsmitteln wie Leim, Nägel, Schrauben oder auch nur aufgrund von Reibung herstellen zu können, wurden Skizzen und kleine Handrechnungen angefertigt.

Es stellten sich neben dem normalen Stirn- und Fersenversatz vor allem Treppenversätze mit unterschiedlichen Abstufungen als sinnvolle Varianten heraus. Um die Aufnahme der Kräfte bestmöglich ausnutzen zu können, wurde bei den sogenannten Wellenversätzen zusätzlich ein Äquivalent hergestellt, das in der Fuge des Versatzes verleimt wurde. Dadurch konnte eine erhöhte Reibung bzw. Haftung des Versatzes sichergestellt werden.

Neben Stirn- und Fersenversätzen, die aufgrund des Neigungswinkels hauptsächlich auf Normalkraft parallel zur Faser beansprucht werden, wurden weiterhin Versuche zur Tragfähigkeit von Holz senkrecht zur Faser vorbereitet. Dabei sollte vor allem das Verhalten von Zapfenverbindungen untersucht werden, um die Belastbarkeit von Holz auf Querdruck zu simulieren. Jede Versatzvariante und Zapfenverbindung wurde an Hölzern mit rechteckigem Querschnitt von 6,0 cm x 6,0 cm sowie 8,0 cm x 8,0 cm gefertigt und geprüft.

Parallel zur Planung und Fertigung der Prüfkörper wurden die Prüfmaschine und der Versuchsstand eingerichtet. Um eine Prüfung von Versätzen unter einem bestimmten Winkel durchführen zu können, musste eine Auflagerkonstruktion entwickelt und hergestellt werden. Als geeignet stellte sich eine Stahlkonstruktion unter einem Winkel von 45° dar. Diese Unterkonstruktion wurde aus drei HEA-Profilen als Schweißkonstruktion angefertigt. Die Unverschieblichkeit der Konstruktion wurde durch eine Einspannung der Stahlkonstruktion an die Prüfmaschine sichergestellt. Die Befestigung des Holzversatzes an die Stahlkonstruktion erfolgte über ein Flachstahlwinkelprofil, welches mittels Gewindestangen und Muttern an der Unterkonstruktion befestigt wurde. Die Befestigung des Prüfkörpers aus Holz wird mit Schrauben am Flachstahlprofil sichergestellt. Zur Sicherheit vor Holzsplittern während der Prüfung wurde eine Holzrahmenkonstruktion mit einer dicken Plexiglasscheibe angefertigt. Dieser Splitterschutz wurde zusätzlich mit externen Lichtquellen bestückt, damit bei der späteren Videoaufzeichnung im Slow-Motion Format und der damit einhergehenden kurzen Belichtungszeit der Spiegelreflexkamera genug Licht zur Verfügung steht.

Neben der Einrichtung der Prüfmaschine und des Versuchsstands, wurde im nächsten Schritt die Messtechnik vorbereitet. Um die Versuche messtechnisch verfolgen zu können, wurde der Prüfraum mit Kraftmessdosen ausgestattet. Die Verformungen wurden mittels induktiver Wegaufnehmer gemessen. Als Messdatenerfassungssystem wurde ein HBM Quantum X Messverstärker eingerichtet, welcher über die Firmensoftware Catman die Verbindung zum Prüfstand herstellte. Für die Slow-Motion Videoaufzeichnung wurde eine Spiegelreflexkamera vor dem Splitterschutz aufgebaut.

### 4.2 Versuchsdurchführung und Beurteilung der Probekörper

In den ersten Versuchsreihen wurden die Stirnversätze überprüft. Hierbei wurden die Prüfkörper bis zum Versagensfall belastet. Die daraus resultierenden Zerstörungsbilder zeigen in ihrem Erscheinungsbild den erwarteten Effekt. Die maßgebende Komponente des Anschlusses ist bei keiner zusätzlichen Verleimung die Vorholzlänge. Diese wurde mit  $l_v = 12,0$  cm gewählt und nimmt die gesamte Belastung auf.

Ab der Überschreitung der Tragfähigkeit kommt es zu einem Versagen des Vorholzes, da die Schubspannungen im Holz nicht mehr aufgenommen werden können. Das Versagen tritt genau auf Höhe der Versatztiefe  $t_v = 1,2$  cm ein. Ein Versagen in der Stirnfläche  $A_s$ , bei der Kontaktpressung von Schwelle und Diagonale tritt nicht ein.

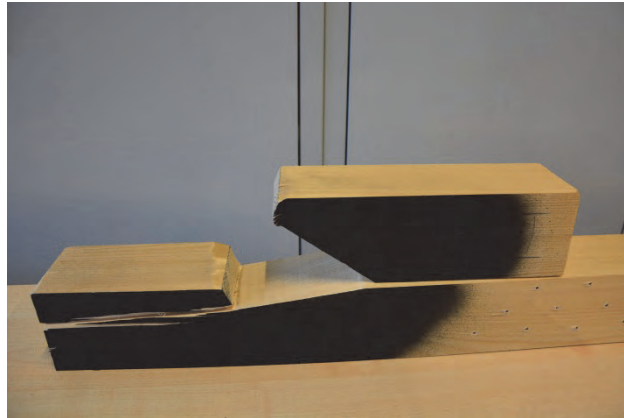


Abb. 2: Bruchbild eines unverleimten Stirnversatzes

In der nächsten Versuchsreihe wurden Fersenversätze auf ihre Tragfähigkeit und auf die Bruchbilder untersucht. Bei der Auswertung des Bruchverhaltens ist auffällig, dass nicht die Schwelle versagt, sondern dass bei der Diagonale zu einem Überschreiten der Schubfestigkeit kommt. Da der Versatz in einem sehr großen Winkel ausgebildet wurde, tritt in der Schwelle hauptsächlich eine Belastung auf Querdruck auf, hingegen bei der Diagonale eine Belastung durch eine Normalkraft. Da Holz eine relativ geringe Spaltzugfestigkeit aufweist, tritt ein Versagen der Gesamtkonstruktion in der Diagonale auf.



Abb. 3: Versagensform eines Fersenversatzes

Anhand der Versuche an Treppenversätzen sollten die Vorteile von Stirn- und Fersenversätzen vereint werden. Dabei wurden drei Stufen in die Schwelle und Diagonale gefräst. Positive Auswirkungen wurden sich erhofft, da es zu einer Vergrößerung der Kontaktfläche kommt. Diese theoretischen Ansätze konnten anhand der erhöhten Tragfähigkeit und des Versagens der verlängerten Vorholzlänge auch im Versuch sichtbar gemacht werden.





Abb. 4: Versagensform eines Treppenversatzes

Beim Wellenversatz nimmt die Kontaktfläche an der Stirnfläche weiterhin den größten Anteil der Belastung auf, jedoch wird durch die Ausrundung der Stirnfläche die Gefahr des Versagens auf Spaltzug vermindert. Zusätzlich kommt es durch die wellenartige Kontaktfläche zu einer Erhöhung der Reibungsfläche. Durch die zusätzliche Verleimung kann weiterhin eine Erhöhung der Traglast sichergestellt werden.



Abb. 5: Unterschiedliches Bruchverhalten bei Wellenversätzen

In der letzten Versuchsreihe wurden die Zapfenverbindungen auf Querdruck belastet. Durch den Zapfen ist die Druckstrebe lagegesichert und trifft horizontal auf die Schwelle auf. Hierbei wurde die geringere Tragfähigkeit von Holz senkrecht zur Faser gegenüber der parallelen Belastung aufgezeigt. Dabei konnte deutlich das Eindringen der einzelnen Fasern bis hin zum Gesamtversagen aufgezeigt werden. Die Verformungen der einzelnen Fasern lassen sich bei Hölzern, die durch Querdruckkräfte belastet sind, sehr gut aufzeigen.

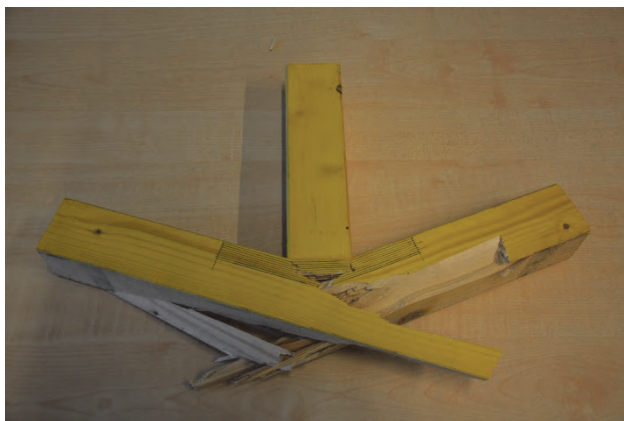


Abb. 6: Bruchbild bei einer Beanspruchung auf Querdruck

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsthemas konnte erfolgreich die Basis für weitere Versuche an Probekörpern aus Holz oder anderen Baustoffen, wie zum Beispiel Stahl oder Aluminium gelegt werden. In der Versuchsreihe wurden Versuche zur Tragfähigkeit, Verformung und Bruchverhalten von Holz durchgeführt. Dabei konnten an unterschiedlichen Versatzkonstruktionen Versagensformen festgestellt, dokumentiert und diskutiert werden. Diese Prüfkörper können in den Vorlesungsbetrieb mit eingebunden werden um den Studierenden eine anschauliche Darstellung der Verhaltensweisen von Holzkonstruktionen vorzuzeigen. Bekräftigt wird dies durch das gefilmte Videomaterial der Versuchsdurchführungen. Durch interessierte Studierende können im Rahmen der studentischen Forschungsgruppe zukünftig weitere Konstruktionen erstellt und somit eine Fortsetzung des Forschungsprojekts sichergestellt werden.

## 6. Verwendung der zur Verfügung gestellten Mittel

Für die Bearbeitung des Projekts wurden drei Studierende, die bereits einschlägige Erfahrungen im Bereich fachgerechte Durchführung von Prüfungen durch die studentische Forschungsgruppe gesammelt haben, als studentische Hilfskräfte eingestellt. Die Studierenden wurden über die gesamte Projektdauer von insgesamt 20 Wochen zu je vier Stunden pro Woche angestellt.

Des Weiteren wurde eine Spiegelreflexkamera mit Zubehör angeschafft, mit der die Slow-Motion Videoaufzeichnungen während der Prüfung und der Zerstörung der Probekörper aufgenommen wurden. Anhand dieser Videos kann in zukünftigen Vorlesungen das Verformungsverhalten, die Rissausbreitung und der allgemeine Versagensfall anschaulich dargestellt und vorgeführt werden.

Da Holz ein inhomogener Werkstoff ist, wurden von den zur Verfügung gestellten Mitteln Kanthölzer mit erhöhter Güteklasse angeschafft, aus welchen anschließend die verschiedenen Probekörper in mehrfacher Ausführung hergestellt wurden. Durch die hohe Güteklasse wurden die materialbedingten Streuungen der Messergebnisse der Probekörper möglichst gering gehalten. Weiterhin wurden bei der Einrichtung der Prüfanlage Kleinteile, wie Schrauben etc. und allgemeines Verbrauchsmaterial benötigt.



# Machbarkeitsstudie zum Einsatz von Eye-Tracking-Technologie zur Amblyopieprävention bei Kleinkindern

**Prof. Dr. Helmut Herold**

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg

**Andreas Pazureck B. Eng.**

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg

**Michael Jank B. Eng.**

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg

**Zusammenfassung:**

In der Vorlaufuntersuchung zum Forschungsvorhaben Genesis VisionTest wurden verschiedene Eye-Tracking Modelle untersucht, um ihre Eignung zum Einsatz im Projekt festzustellen. Die Kriterien waren Stabilität, Parallelität und Kompatibilität.

Es wurden während der Arbeiten mehrere Modelle verglichen. Bei den Untersuchungen wurden ausschließlich im Markt frei erhältliche Modelle berücksichtigt. Da keines der Modelle die Anforderungen vollständig erfüllen konnte, wurde im zweiten Schritt ein gemeinsames Interface zur Anbindung an die geplante Software erstellt.

Die Untersuchung ergab, dass es zur Zeit technisch noch nicht möglich ist, die Blickpositionen mehrerer Personen simultan zu erfassen. Des Weiteren ergaben Untersuchungen, dass die Größe der Viewbox eine wichtige Rolle spielt. Die SDKs der Hersteller ermöglichen bisher keinen Eingriff in die Erfassung, so dass auch keine Auswahl von Personen ohne weitere Anpassungen möglich ist.



## 1. Projektdaten

Fördersumme	5.850 Euro
Laufzeit	März bis August 2015
Fakultät	Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Helmut Herold
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:helmut.herold@th-nuernberg.de">helmut.herold@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage

Das Projekt Genesis VisionTest findet in Zusammenarbeit mit der Frühförderung SEHEN des Bildungszentrums für Blinde und Sehbehinderte (BBS) statt. Es wurde vom BBS initiiert, da in Deutschland zur Zeit nur eine unzureichende Amblyopieprävention stattfindet. Es gibt bisher die Vorsorgeuntersuchungen beim Kinderarzt, jedoch fallen lt. BDA ca. 20 % der untersuchten Kinder durch das Erkennungsrastrer.

Unter einer Amblyopie versteht man eine irreparable Verminderung der Sehkraft, die schon im Kindesalter entstanden ist. Die Ursachen von Amblyopien können vielfältig sein, jedoch führen sie immer zu einer Verminderung der Sehschärfe. Da das Visuelle System (die Sehbahn) erst zum zehnten Lebensjahr hin vollständig ausgereift ist, interpretiert das Gehirn das schlechte Bild als korrekt und stellt später die Okkulomotorik (Augenmuskulatur) entsprechend falsch ein. Wird diese temporäre Verschlechterung der Sehschärfe nicht erkannt, kann sie später auch durch Sehhilfen nicht mehr vollständig ausgeglichen werden, wie das Beispiel in Abbildung zeigt. Es sind circa 7 - 10 % der Erwachsenen in Deutschland davon betroffen. Meist werden Schwachsichtigkeiten erst zum Schuleintritt mit sechs Jahren erkannt, was für eine entsprechende Behandlung zu spät ist.

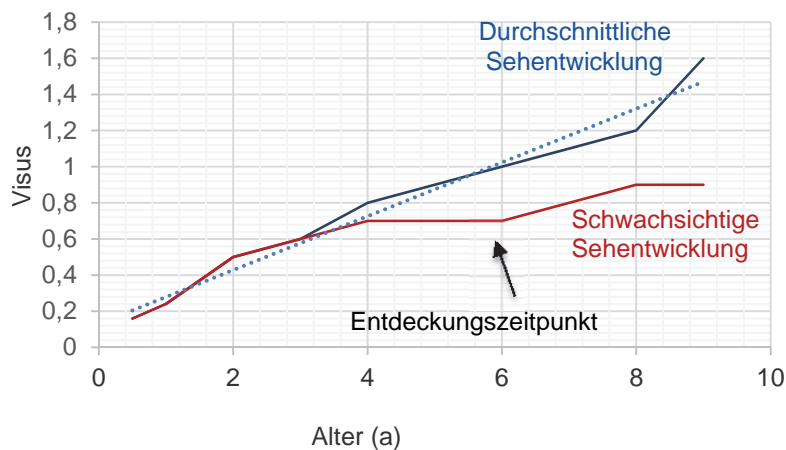


Abbildung 1: Die Sehschärfe entwickelt sich kontinuierlich bis zum zehnten Lebensjahr. Während dieser Zeit kann es zu temporären Verschlechterungen der Sehschärfe kommen. Werden diese nicht adäquat behandelt kann eine sog. Amblyopie entstehen, die im Erwachsenenalter nicht mehr vollständig korrigiert werden kann.

Vorstöße zur Etablierung einer flächendeckenden Untersuchung durch ausgebildete Augenärzte wurden von den Krankenkassen zurückgewiesen, da kein Nutzen festgestellt werden konnte, der die Kosten rechtfertigt. Es ist schwierig die Auswirkungen von Amblyopien eindeutig nachzuweisen, da die Entwicklung eines Kindes von

sehr vielen Faktoren abhängig ist. Daher ist es der Ansatz von Genesis VisionTest durch Automatisierung ein kostengünstiges Screening Gerät zu entwickeln, das die Amblyopieprävention in Deutschland verbessert.

### 3. Ziele des Forschungsprojekts

Im Projekt Comprehensive Prescreening for Visually Impaired Children (CoPsVIC) soll in Zusammenarbeit mit der Frühförderung des BBS (Bildungszentrum für Blinde und Sehbehinderte) in Nürnberg ein System entwickelt werden, das Visus-Tests und ähnlich geartete Sehtests in Spiele für Kindergartenkinder unauffällig integriert. Die Kinder sind etwa im Alter zwischen zwei und sechs Jahren.

Das System soll für einen gewissen Zeitraum in einer Kindergartengruppe aufgestellt werden. In dieser Phase spielen die Kinder die angefertigten Genesis-Spiele und es werden dabei Daten über ihr Sehverhalten aufgezeichnet. Bei einer gewissen Schwelle an Auffälligkeiten wird ein Vorschlag an den zuständigen Orthoptisten getätigt das Kind noch einmal näher auf die vom System erkannten Sehstörungen zu untersuchen.

Wie in Abbildung 2 zu erkennen ist, soll mittels Eye-Tracking das Blickverhalten der Kinder beobachtet werden. Die Kinder sollen dabei durch Gesichtserkennung / Personenerkennung erkannt werden, damit ihnen die Ergebnisse automatisch zugeordnet werden können. Am Ende kann ein Evaluierungsalgorithmus dem zuständigen Orthoptisten einen Vorschlag machen, welches Kind noch einmal untersucht werden sollte.

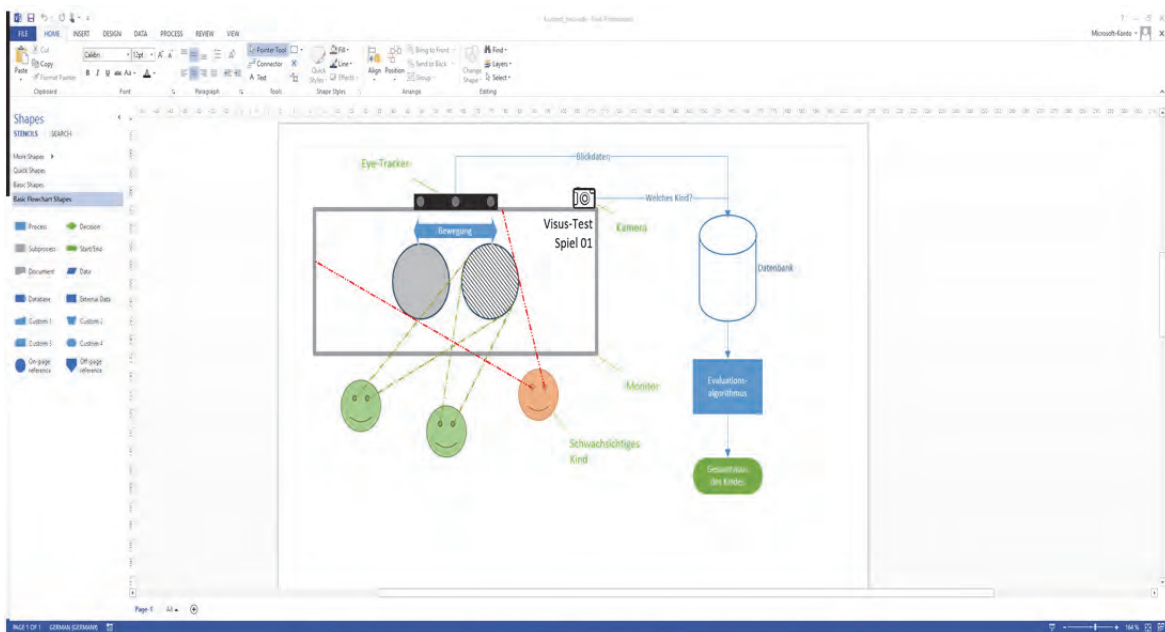


Abbildung 2: In Genesis VisionTest sollen Kinder zwischen zwei und sechs Jahren in Spielen versteckte Sehtests durchführen. Dabei werden Sie von verschiedenen Kameras beobachtet und ihr Blickverhalten aufgezeichnet, um Rückschlüsse auf die Sehschärfe ziehen zu können.

Dadurch ergeben sich hohe Anforderungen an die Datenakquise: Es sollen im Idealfall die Blickdaten

- mehrerer Personen gleichzeitig mit
- ausreichender zeitlicher und
- räumlicher Auflösung in einem möglichst
- großen Bereich

aufgezeichnet werden können. Neben den technischen Daten waren auch noch „weiche“ Faktoren entscheidend. Es spielten auch Faktoren, wie der

- Preis



- Anpassbarkeit und
- Verfügbarkeit

eine Rolle.

Aus Kosten- und Effizienzgründen sollten im Markt erhältliche Eye-Tracker Modelle verwendet werden. Daher mussten im Rahmen des Lehrforschungsprojekts Modelle verschiedener Hersteller untersucht werden.

Nach der Auswahl eines geeigneten Modells musste eine geeignete Schnittstelle definiert werden, um den Eye-Tracker an die bestehende Softwarearchitektur anzubinden. Auch sollte die Schnittstelle ausreichend breit definiert sein, um den Eye-Tracker später austauschen zu können, falls bessere technologische Möglichkeiten gegeben sind. Um die Schnittstelle zu testen musste ein geeignetes Testframework erstellt werden; auch um sicher zu gehen, dass die Anbindung anderer Modelle reibungsfrei funktioniert sowie um deren Integration in das Gesamtsystem zu erleichtern.

#### 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Im ersten Teil des Projekts wurde recherchiert, welche Verfahren am besten für den Einsatz mit Kindern geeignet sind. In einem zweiten Schritt wurden auf dem Markt verfügbare Modelle analysiert. Es wurde Erkundigung bei verschiedenen Herstellern eingeholt und die Geräte miteinander verglichen.

Als geeignetes Verfahren für den Einsatz bei Kindern kam nur das Remote-Eye-Tracking in Betracht. Da es berührungslos ist und somit die Kinder in ihren Bewegungen nicht behindert, kann auch sichergestellt werden, dass die Geräte nicht beschädigt werden.

Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass es zurzeit noch nicht ohne weiteren Aufwand möglich ist mehrere Personen gleichzeitig zu beobachten. Das Modell Eye-Follower von LC Technologies bietet eine Mechanik, die es ermöglicht den Eye-Tracker zielgerichtet auf eine Person zu positionieren. Dabei wird ein Gesichtserkennungsverfahren benutzt. Es ist möglich dieses Eingangsbild zu manipulieren, um eine gezielte Auswahl treffen zu können. Daher wurde dieses Modell bevorzugt. Da es jedoch nicht möglich war ein Gerät zu bekommen, wurde das Modell X2-60 des schwedischen Herstellers Tobii verwendet.

Um später eine einfache Substitution zu ermöglichen, wurde eine allgemeine Schnittstelle zur restlichen Anwendung definiert und diese für den Tobii Eye-Tracker umgesetzt. Danach wurden passende Unit Tests für diese Schnittstelle geschrieben; damit ist es möglich später unabhängig vom restlichen System einen neuen Eye-Tracker anzubinden, falls sich die Anforderungen ändern sollten und das aktuelle Modell nicht mehr ausreicht.

Im letzten Teil des Projekts wurde der Eye-Tracker in einen Prototypen eingebunden. Bei diesem Prototypen wurde erwachsenen Personen ein Film gezeigt, der durch Preferential Looking Muster unterbrochen wird (siehe Abbildung 3). Die Probanden mussten aus vier Flächen eine gestreifte Fläche erkennen. Dabei wurde das Streifenmuster immer weiter verengt, sodass die vierte Fläche auch grau erscheint – je nachdem wie gut die Sehschärfe des Probanden ist. Im ersten Durchlauf sollten die Probanden ohne Anweisung den Test absolvieren, im zweiten Durchlauf sollten sie gezielt die graue Fläche erkennen.

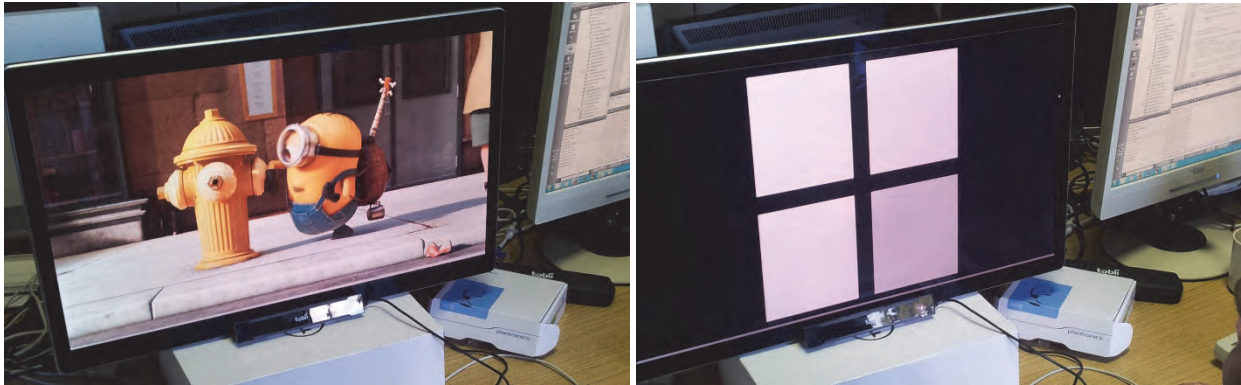


Abbildung 3: Im ersten Prototypen wurde der Eye-Tracker (unterhalb des Monitors) verwendet, um die Blickdaten der Probanden aufzuzeichnen. Die Probanden sahen in dem Versuch einen Filmtrailer, der durch Preferential-Looking Bilder unterbrochen wurde. Während dieser Unterbrechungen wurde ihr Blickverhalten aufgezeichnet.

Dabei wurden Schwierigkeiten bei der Kalibrierung festgestellt und auch bei der zuverlässigen Erkennung der Objekte. Diese Probleme gilt es in der zukünftigen Arbeit zu korrigieren und zu verbessern.

## 5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Ergebnisse des Projektes fließen in das Forschungsprojekt Genesis VisionTest ein und ermöglichen die Entwicklung verschiedener Analysealgorithmen, sowie deren Test in Probandenversuchen, die in einem Vorlauforschungsprojekt an der Technischen Hochschule Nürnberg durchgeführt werden.

Veröffentlichungen:

- Michael Jank, Bachelorarbeit: Analyse, Entwurf und Implementierung einer universellen Schnittstelle zur Integration von Eye-Tracking-Systemen in Genesis VisionTest
- Andreas Pazureck, Masterarbeit: Genesis VisionTest - A Concept for a Comprehensive Screening Device to Prevent Amblyopia with Children from the Ages Two to Six

# Mobile Robotik – Experimentelles Forschen von der KinderUNI bis zur Promotion

**Prof. Dr. Stefan May**

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg

**Prof. Dr. Christine Niebler**

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg

**Prof. Dr. Jörg Arndt**

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg

**Christian Pfitzner, M. Sc.**

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg

**Zusammenfassung:**

Ziel des Projekts *Mobile Robotik – Experimentelles Forschen von der KinderUNI bis zur Promotion* ist es, Studierende aus verschiedenen Fachrichtungen in einem gemeinsamen Projekt im Bereich der mobilen Robotik zu fördern. Die Zusammenarbeit Studierender verschiedener Fachrichtungen ist dabei ein wichtiges Merkmal, um auch die Bedeutung anderer Disziplinen hinsichtlich des Projekterfolgs zu erfahren. Angefangen bei der KinderUNI werden schon Kinder im Alter zwischen acht und zwölf Jahren für das Thema Robotik begeistert.

Anhand des Robotersystems StudierBot lernen Studierende in Vorlesungen, Praktika oder Projekt- und Abschlussarbeiten der Bachelor-Studiengänge Mechatronik/Feinwerktechnik (BMF), Elektrotechnik und Informationstechnik (BEI), Media Engineering (BME) oder Medizintechnik (BMED) Grundlagen der mobilen Robotik kennen. Darüber hinaus können sich Studierende in den Masterstudiengängen Elektronische und Mechatronische Systeme (MSY) und Applied Research in Engineering Sciences (MAPR) in Forschungsgebiete der mobilen Robotik vertiefen. Möglichkeiten zur kooperativen Promotion eröffnen weitere wissenschaftliche Berufsperspektiven. Bei der Teilnahme am RoboCup, einem internationalen Wettbewerb zur Förderung von Forschung unterschiedlicher Anwendungsgebiete, können Studierende ihre erlernten Kenntnisse anwenden und treten in einem wissenschaftlichen Wettstreit gegen Teams anderer Forschungseinrichtungen an.

Durch die Förderung konnte die Teilnahme zweier Teams am RoboCup German Open-Wettbewerb finanziert werden. In der Disziplin der Erkundungsrobotik (Rescue League) wurde der erste Platz erreicht. Bei der Erstteilnahme in der Disziplin der Industrieautomatisierung (@work League) erzielte das TH-Nürnberg-Team einen beachtlichen fünften Platz. Beide Teams qualifizieren sich für die Weltmeisterschaft 2016.



## 1. Projektdaten

Fördersumme	6.250 Euro
Laufzeit	Januar bis Mai 2015
Fakultät	Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Stefan May
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:stefan.may@th-nuernberg.de">stefan.may@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage

Die Wirtschaftlichkeitsstudie EFFIROB der Fraunhofer-Institute IPA und ISI im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zeigt die Bedeutung der Servicerobotik für die kommenden Jahrzehnte auf. Bis Ende 2010 belegten weltweit 80.000 eingesetzte Serviceroboter die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der Automatisierung im Dienstleistungssektor. Für die Jahre 2020 bis 2025 wird für die Servicerobotik ein weltweites Marktvolumen von 19 Milliarden US-Dollar prognostiziert. Die mobile Robotik ist damit einer der großen Wachstumsmärkte der Zukunft, was die gesellschaftliche Relevanz des Lehrgebietes unterstreicht.

Als Anwendungsgebiet in der Lehre bietet die mobile Robotik zahlreiche Vorteile. Problemstellungen sind einfach zu erklären: Sie sind häufig auf kognitive und kinematische Aspekte zurückzuführen, die auch beim Menschen vorkommen. Auch Kinder finden an mobilen Robotern Interesse, Spieltrieb und Wissensvermittlung können effizient miteinander verbunden werden. Die mobile Robotik ist anschaulich und spannend zugleich. Beispiele stellen die jährlich stattfindenden RoboCup-Junior-Wettkämpfe dar. Die mobile Robotik umfasst ein großes Spektrum an Themen, von denen einige kaum erforscht sind. Gut erforschte Bereiche eignen sich für die anwendungsorientierte Lehre schon im Grundstudium. Weniger gut erforschte Bereiche motivieren zum experimentellen Forschen und bieten großes Potential für anschließende Promotionsvorhaben. Die mobile Robotik eignet sich besonders als Anwendungsgebiet zur Vermittlung und Vertiefung von Lehrinhalten verschiedener Disziplinen. Verschiedene Lehrgebiete können miteinander vernetzt unterrichtet werden, wie zum Beispiel Softwareentwicklung, Elektrotechnik und Konstruktion.



Abbildung 2: Informationstechnik, Elektronik, Mathematik und Mechanik als Schlüsseldisziplinen für das interdisziplinäre Thema mobile Robotik.



Abbildung 1: Das Team AutonOHM besteht aus Studierenden, wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und Professorinnen und Professoren.

### 3. Ziele des Forschungsprojekts

Ziel des Forschungsprojekts *Mobile Robotik – Experimentelles Forschen von der KinderUNI bis zur Promotion* ist es, Studierende im Bereich der mobilen Robotik intensiv zu fördern.

#### **Baukastensystem „StudierBot“**

Für alle eingebundenen Teilnehmerinnen und Teilnehmer ist es das Ziel im Rahmen einer Vorlesung, Projekt- oder Abschlussarbeit an einem kompletten Robotersystem mitzuwirken. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer bauen gemeinsam ein Robotersystem, das ferngesteuert oder autonom betrieben werden kann. Die Studierenden werden dabei fakultätsübergreifend vernetzt und erkennen notwendige Beiträge anderer Studienschwerpunkte zu diesem Gesamtsystem. Als Einstiegsplattform wurde ein einfacher Roboter erstellt, der in einer Grundkonfiguration eine Preisobergrenze von 200 Euro nicht überschreitet. Damit ist er für Studierende zum Nachbau geeignet und motiviert das Selbststudium auch zu Hause. Das Robotersystem trägt den Namen StudierBot und besteht aus einem radgetriebenen Fahrwerk, einer Antriebseinheit und einem Einplatinencomputer. Optional können Sensoren hinzugefügt werden. Wichtig ist, dass schon bei diesem Einstiegersystem die Prinzipien und das Software-Framework vergleichbar bzw. in Teilen identisch sind mit denen der „großen“ Roboter.



Abbildung 3: Robotik bei der KinderUNI. (li. und re.) StudierBot-Plattformen für die Lehre. (Mitte) Erkundungsroboter Georg bei der KinderUNI.

Eine Erfolgskontrolle für jede Arbeit ergibt sich durch die Inbetriebnahme des Gesamtsystems. Darüber hinaus werden entstandene Ergebnisse beim jährlich stattfindenden RoboCup-Wettbewerb getestet. Aus dem Kreis der Studierenden werden zwei RoboCup-Teams gebildet, welche die eigenen Entwicklungen im Wettkampf mit anderen Hochschulen vergleichen können. Zwei Teams fokussieren sich auf unterschiedliche Anwendungsgebiete der mobilen Robotik. Das erste Team nimmt in der Disziplin der Erkundungsroboter (Rescue League) teil. Hier wird erhöhte Mobilität gefordert: Treppen, Balken und Schutthaufen sind zu überwinden. Weiterhin muss eine Vielfalt an Klassifikationsaufgaben bewältigt werden. Personen und Objekte sind mittels Sensoren und einem Manipulatorarm zu inspizieren. Das zweite Team nimmt in der Disziplin der Fabrikautomation teil (@work league). Hierbei wird die effiziente Handhabung von Teilen in einem industriellen Kontext gefordert. Die Steuerung eines Roboterarms, Klassifikationsaufgaben und Selbstlokalisierung des Roboters sind gleichermaßen Problemstellungen wie in der Erkundungsrobotik.

Beide Teams sind auf eine gute Zusammenarbeit angewiesen, um möglichst effizient zu arbeiten. Die Teamdynamik aufgrund des Wettbewerbscharakters und der konkrete Anwendungskontext des RoboCups stellen einen hohen didaktischen Mehrwert dar und wecken den Forschergeist. Schon die Ankündigung der Teilnahme motiviert alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer während des gesamten Entwicklungsprozesses. Sie unterstreicht die Bedeutung der Leistung jedes Einzelnen. Zusätzlich ermöglicht es dem Wettkampfteam eine Selbsteinschätzung und -bewertung des Geleisteten.



Nach zwei Vize-Meistertiteln in den Jahren 2013 und 2014 hatte sich das Team AutonOHM das Ziel gesetzt, den Meistertitel bei der Rettungsrobotik zu holen. In der @Work-Liga sollten schwerpunktmäßig Erfahrungen des Einsatzszenarios gesammelt werden. Als Ziel wurde unter den Studierenden vereinbart, den Wettbewerb mit wenigstens einer erfolgreichen Prüfung abzuschließen.

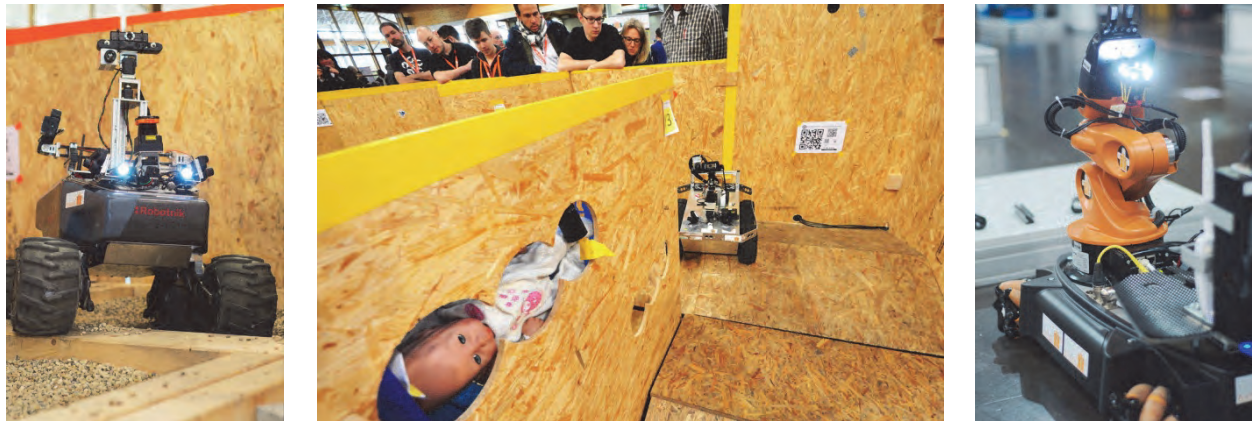


Abbildung 4: Roboter bei den RoboCup German Open 2015 des Teams AutonOHM. (li.) Georg autonom auf der Suche nach Opferpuppen (Mitte) und Roboter YouBot beim Aufnehmen von Teilen in der @work-Liga (re.).

## 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

### RoboCup German Open 2015

Vom 24. Bis 26. April 2015 fand in Magdeburg der jährliche RoboCup-Wettkampf statt. Im Wettkampf messen sich Teams von Hochschulen und Universitäten in verschiedenen Disziplinen. Im RoboCup zeigen Serviceroboter in der RoboCup@Home-Liga, wie sie uns im Alltag künftig unterstützen können. Doppelpass, Dribbeln und Einwurf sind Herausforderungen für die zweibeinigen Fußballroboter in den Ligen Standard Plattform League und Humanoid Kid-Size League. In der KidSize-Klasse wurde in diesem Jahr das Spielfeld auf 9 x 6 Meter deutlich vergrößert. Außerdem wurde erstmals auf Kunstrasen gespielt. In der Rescue-Robot-Liga operieren Roboter in einem nachgebildeten Katastrophenszenario, wie es sich beispielsweise nach einem Erdbeben oder einem Tsunami darstellt. Die Logistics League ist eine RoboCup-Disziplin mit dem Vorbild eines industriellen Einsatzes. Die Teams müssen einen Materialfluss für die Herstellung eines Produktes aufbauen und optimieren. In diesem Jahr werden dabei erstmals kleine Produktionsmaschinen eingesetzt, so dass ein realer Produktionsprozess sichtbar wird. Die RoboCup@Work-Liga befasst sich mit der Forschung und Entwicklung für den Einsatz von Robotern im industriellen Kontext. Dabei geht es darum, wie Roboter künftig bei der Zusammenarbeit mit Menschen eingesetzt werden können.

Bereits zum vierten Mal nimmt das Team der Hochschule in der Liga der Rettungsroboter teil. Nach einem siebten Platz 2013 und zwei Vizemeistertiteln hat das Team AutonOHM in diesem Jahr den ersten Platz angestrebt. Beide Roboter Georg und Simon sollten zeitgleich im Parcours nach Opfern suchen. Georg dabei autonom und Simon ferngesteuert. Der in drei Areale aufgeteilte Parcours fordert die Roboter auf verschiedene Arten: In der gelben Arena können Roboter nur Punkte erhalten, wenn Sie hier Opfer und QR-Codes vollständig autonom finden; der Bediener darf lediglich die gefunden Opfer bestätigen. Der orangefarbene Parcours stellt mit einer Sand- und Kiesgrube sowie höheren Rampen eine Herausforderung an die Mobilität der Roboter dar. Den roten Abschnitt, bestehend aus 45-Grad-Rampen, Treppen und einem Hindernisfeld aus Holzpfählen, können nur kettengetriebene Roboter befahren. Für das Finden von Opferpuppen im Parcours erhalten die Teams Punkte. Mit Wärmebildkamera, Mikrophon und Atemsensor können Lebenszeichen der Puppen abgefragt werden, was die Juroren wiederum durch zusätzliche Punkte belohnen. Das Team AutonOHM erreichte in diesem Jahr nach vier Vorrunden und dem Finale die oberste Stufe des Siegespodestes. Eine Teilnahme bei den Weltmeisterschaften 2016 in Leipzig ist damit gesichert.



Auch im Bereich der @Work-Liga nahm eine Gruppe von Studierenden im Jahr 2015 erstmalig teil: Ein von KUKA speziell für Forschungseinrichtungen angebotener Roboter mit einem 5-Achs-Roboterarm ist die Standardplattform für diese Liga. Im Rahmen des Wettkampfs muss der Roboter autonom durch einen an ein Industrieszenario angelehnten Parcours navigieren, an vorgegebenen Orten Teile wie Schrauben und Muttern aufnehmen und an einer definierten Zielposition wieder ablegen. Jeder Tag beinhaltet mehrere Teilprüfungen wie Tests der Navigation und des Greifens von Teilen. Am Ende ergatterte sich das Team mit 150 Punkten den fünften von sieben Plätzen.



Abbildung 5: Siegerehrung der Rettungsroboter als erstplatziertes Team (links) und Siegerehrung in der @Work-Liga (rechts).

## 5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Mit der Erstplatzierung bei den RoboCup German Open 2015 hat sich das Team AutonOHM damit auch für die kommende Weltmeisterschaft 2016 in Leipzig qualifiziert. Die Studierenden dokumentieren ihre Arbeit in einem internen Wiki, um so den Wissenstransfer zwischen Projektgruppen zu optimieren. Durch die Förderung wurden zahlreiche Abschlussarbeiten und Projektarbeiten ermöglicht:

- Sebastian Jäger, Masterarbeit, "Konzeption und Realisierung der Softwarearchitektur, sowie Entwicklung der Pfadregelung für eine Roboterplattform mit omnidirektionalem Antrieb"
- Dominik Heigl, Bachelorarbeit, "Implementierung einer automatischen Objekterkennung von industriellen Normteilen mittels 2D und 3D Kamera"
- Johannes Vollet, Masterarbeit, "Entwicklung eines Sensorkonzeptes zur Kartierung bei Nullsicht im Feuerwehreinsatz"
- Sebastian Feil, Masterarbeit, "Entwicklung eines mehrkanaligen low-cost Motorcontrollers für Robotik-Anwendungen"
- Hossain Ziaul, Bachelorarbeit, "Realisierung eines Sechs-Rad-Allrad-Antriebsroboters für Erkundungsmissionen"
- Thomas Bauriedel, Bachelorarbeit, "Integration der Middleware ROS auf einer embedded Linux SPS zur Steuerung eines mobilen Roboters"
- Philip Lee-Song Hadlich, Projektarbeit (Master), "Entwurf und Bau eines sechssachsigen Roboterfahrzeugs als Versuchsträger für den RoboCup Rescue-Wettbewerb"
- Maximilian Weininger, Projektarbeit (Master), "Entwicklung eines kettengetriebenen Roboterfahrwerks für unwegsames Gelände"
- Martin Fees, Markus Kühn, Michael Schmidpeter, Forschungsmaster-Projekt I, "RoboCup Rescue 2015 - Robot League Team AutonOHM Technical Report"
- Markus Kühn, Forschungsmaster-Projekt II, "Laser Scan Matching and applied SLAM"

## 6. Literatur

Hägele Martin, Blümlein Nikolaus und Kleine Oliver (2011). *Wirtschaftlichkeitsanalysen neuartiger Service-robotik-Anwendungen und ihre Bedeutung für die Robotik-Entwicklung (EFFIROB)*.

[http://www.ipa.fraunhofer.de/fileadmin/www.ipa.fhg.de/Robotersysteme/Studien/Studie\\_EFFIROB\\_72dpi\\_ol.pdf](http://www.ipa.fraunhofer.de/fileadmin/www.ipa.fhg.de/Robotersysteme/Studien/Studie_EFFIROB_72dpi_ol.pdf) (9.12.2014).

Open Source Robotics Foundation (2014): ROS Wiki. <http://wiki.ros.org> (14.12.2014).

RoboCup German Open (2015): <http://robocupgermanopen.de> (16.12.2015).

Stifterverband für die deutsche Wissenschaft/Mc Kinsey & Company, Hrsg. (2014): *Hochschul-Bildungs-Report 2020*. Essen: Edition Stifterverband.



# LED-Leuchten-Design-Contest

## **Prof. Dr. Alexander von Hoffmann**

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg

### **Zusammenfassung:**

Das hier vorgestellte Projekt ist im Sinne eines Wettbewerbs unter verschiedenen studentischen Projektteams zu der gleichen Aufgabenstellung zu verstehen. Aufgabe der Projektteams ist es unter Einhaltung eines gestellten Budgets in Höhe von 250 Euro pro Projektteam eine innovative LED-Leuchte zu gestalten. Hinsichtlich der Art der Lichtquelle gibt es klare Vorgaben: Eine spezielle neue LED-Lichtquelle war von den Studierenden in allen Projektgruppen zu verwenden.

Auch bei der Form und Materialauswahl gab es für die studentischen Projektteams Neues zu erforschen: Eingesetzt werden konnte von Papier bis hin zu Keramik jeder Werkstoff, der sich mit den Budgetvorgaben umsetzen lässt. Ebenso war hinsichtlich der Fertigungsverfahren von 3D-Druck, Origami-Falttechniken bis hin zu Laserschneidverfahren alles erlaubt, was zum Ziel führt.

Basis für die studentischen Projektarbeiten war das bereits erworbene methodische und theoretische Wissen, für die Mechatronik/Feinwerktechnik-Studierenden z.B. in den Fächern „CAD-Konstruktion“ und „Technische Optik“.

Das Didaktische Konzept sieht vor, dass die Studierenden in die Richtlinie VDI 2221 „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ eingeführt werden und damit zur Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen befähigt werden sollen.



## 1. Projektdaten

Fördersumme	4.300 Euro
Laufzeit	März bis Oktober 2015
Fakultät	Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Alexander von Hoffmann
Kontaktdaten	E-Mail: alexander.vonhoffmann@th-nuernberg.de

## 2. Ausgangslage

Der Antragsteller unterrichtet bereits seit vielen Jahren jedes Semester insgesamt zehn bis 20 Studierende der mechatronischen Bachelor- und Masterstudiengänge in der Lehrform „Projektarbeit“, die im Studienplan mit sechs Semesterwochen fest verankert ist. Diese Projektarbeiten werden üblicherweise in Kleingruppen von zwei bis vier Studierenden durchgeführt und sollen den Studierenden damit neben den fachlichen Aspekten auch das Kennenlernen der Methoden zur Entscheidungsfindung in der Teamarbeit ermöglichen, damit später im Beruf Aufgaben kompetent und systematisch bearbeitet werden können.

## 3. Ziele des Lehr-Forschungsprojekts

Die Einheit von Forschung und Lehre entspricht dem heutigen Verständnis des humboldtschen Bildungsideals. Üblicherweise wird hier der Professor als Protagonist gesehen, der seine aktuellsten Forschungsergebnisse in der nächsten Vorlesung seinen Studierenden vermitteln kann.

Prof. Dr. Alexander von Hoffmann setzte sich im vergangenen Sommersemester zum Ziel, einen Schritt weiter zu gehen und brachte die Studierenden selbst in die Rolle der forschend Lernenden. Um das Ganze für sie attraktiv zu gestalten, kombinierte er den Ansatz des forschenden Lernens mit dem Wettbewerbsgedanken: Zwölf Bachelorstudierende erhielten die Aufgabe, jeweils eine eigene ansprechende LED-Leuchte zu gestalten und als Muster aufzubauen. Bei der Lösung der Aufgabe standen sie nicht nur untereinander im sportlichen Wettbewerb, sondern mussten im Team mit ein bis drei weiteren Kommilitoninnen und Kommilitonen die eigenen Leuchten so gestalten, dass alle innerhalb eines Teams entstandenen Leuchten als Teil der gleichen Produktfamilie erkannt werden konnten.

## 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Die Projektteams lösten die Aufgabenstellung teilweise dadurch, dass innerhalb jedes Teams die gleichen Werkstoffe und Fertigungsverfahren eingesetzt wurden. Ein Projektteam verwendete Plexiglas als Werkstoff und setzte ein computergestütztes Laserschneidverfahren zur Fertigung der Leuchtenmuster ein. Ein anderes entschied sich für Keramikfolie als Werkstoff, bearbeitete das ungebrannte Material, die so genannten Grünfolien, per Hand und brannte die entstandenen Geometrien mit Unterstützung des wissenschaftlichen Mitarbeiters Rainer Holzschuh in den Brennöfen der Fakultät Werkstofftechnik. Dann wurden die einzelnen Keramikelemente mit einem im Rahmen dieser Arbeit entstandenen Fügesystem aus dem 3D-Drucker verbunden.

Die Studierenden hatten während des Semesters einmal pro Woche ein Teamgespräch mit Prof. Dr. Alexander von Hoffmann und zwei Samstagsworkshops: Felix Thiele und Steven Dave aus der Fakultät Architektur gaben eine Einführung in das computergestützte Entwerfen von designrelevanten Bauteilen mit dem algorithmischen Modellierprogramm Grasshopper®.

Wie am Semesteranfang geplant, konnten die studentischen Arbeitsergebnisse am 23. Juli 2015 einer Jury vorgestellt werden, die mit Norbert Hirschmann von der Stadt Nürnberg, Thomas Klimiont von der Siteco Beleuchtungstechnik GmbH sowie Julius Muschaweck von ARRI Arnold & Richter Cine Technik GmbH & Co besetzt war. Den ersten Preis gewann das Team von Giuliana Kertes, Eiko Vöhringer und Larissa Lélé. Die Jury zeigte sich beeindruckt vom modularen Konzept ihrer Plexiglasleuchte, aber auch von der Zusammenarbeit innerhalb des Teams.



Abbildung 1: Dritter Preis: Die Holzleuchte.

Foto: Prof. A. von Hoffmann.

## 5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Exponate wurden teilweise im September 2015 auf dem Messestand der TH Nürnberg anlässlich der ISAL-Tagung in Darmstadt ausgestellt.

Medial konnten die Ergebnisse der Arbeit durch einen Bericht in den Nürnberger Nachrichten und einen Bericht im OHM-Journal sowie auf der Webseite der TH Nürnberg gut verwendet werden.

Aus Gesprächen, die mit der Industrie in Zusammenhang mit dem Lehrforschungsprojekt Anfang 2015 geführt wurden, ist ein konkretes kleineres Auftragsforschungsprojekt mit einem Auftragswert von netto rund 24.000,-EUR entstanden, das inzwischen schon abgeschlossen ist. Insofern hat das hier vorgestellte Lehrforschungsprojekt, ganz so wie es seinerzeit bei der Beantragung in Aussicht gestellt wurde, in der Tat sozusagen als „Geburtsheifer“ bei anderen Forschungsvorhaben geholfen.

Aus Mitteln der Lehrforschung konnten rund 1.000 Euro eingesetzt werden, um die Werkstatt des CAD-Labores der Fakultät efi mit Modellbauwerkzeug und Sicherheitsausrüstung auszurüsten. Dies steht für weitere Projekte auch in Zukunft bereit. Zur weiteren Verstärkung des Wettbewerbes ist geplant, in der erneuten Lehrforschungs-Ausschreibungsrunde zum Jahreswechsel eine wiederholte Förderung für das Sommersemester 2016 zu beantragen.



# Zeitaufgelöste Untersuchung der Sturzbelastung eines Bergsportkarabiners zur Verbesserung der Normprüfungen

**Prof. Dr. Sebastian Walter**

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg

## **Zusammenfassung:**

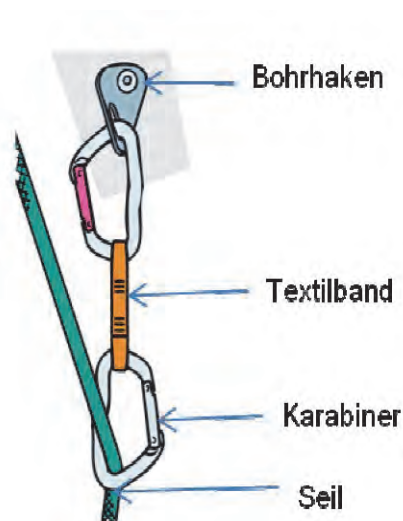
Das Lehrforschungsprojekt befasste sich mit dem im Klettersport relevanten Problem der geringen Festigkeit von offenen Karabinern bei ungünstiger Krafteinleitung. Über sechs Monate hinweg bearbeiteten acht Studierende aus dem Bachelorstudiengang Mechatronik Feinwerktechnik das Thema und untersuchten mit viel praktischer und konzeptioneller Initiative die Aufgabe. Ferner formulierten sie Arbeitshypothesen und Tests, die durch zunächst statische Messungen einer experimentellen Untersuchung unterzogen wurden. Erste quasidynamische Untersuchungen wurden durchgeführt. Nicht alle im Antrag formulierten Ziele (Hochgeschwindigkeitsaufnahmen) konnten realisiert werden, wurden aber durch wichtige Resultate vorbereitet und können z.B. in anschließenden Abschlussarbeiten verwirklicht werden. Die methodischen Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens und dessen Reiz konnten von den Studierenden beispielhaft erlebt werden.



## 1. Projektdaten

Fördersumme	4.000 Euro
Laufzeit	März bis Dezember 2015
Fakultät	Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Sebastian Walter
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:sebastian.walter@th-nuernberg.de">sebastian.walter@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage



Sport im Allgemeinen und hier speziell Klettersport ist für ausgewählte Studierende hochgradig positiv besetzt und Teil ihres Alltags. Aspekte dieses Tuns wissenschaftlich zu durchdringen und einen nachhaltigen Beitrag zur Sicherheit zu leisten, ist eine besonders motivierende Anwendung der Studieninhalte. Sicherheitstechnisch relevant sind Karabiner im Bergsport, die die im Fels verankerten Haken mit dem Seil verbinden. Gelegentlich kommt es auch bei bestimmungsgemäßen Gebrauch zu Versagensfällen mit oft gravierenden Unfallfolgen, obwohl bei typischer Belastung Karabiner überdimensioniert sind.

Abbildung 1 : Beispielanordnung. Das Seil läuft nach oben zum Kletterer, unten ist der Sichernde. Bei einem Sturz werden sowohl der seilseitige als auch der hakenseitige Karabiner belastet. Der hier gezeigte Teil der Sicherungskette ist der am stärksten belastete. Jeder Karabiner hat zwei Schenkel, der zu öffnende ist der sogenannte „Schnapper“ [1].

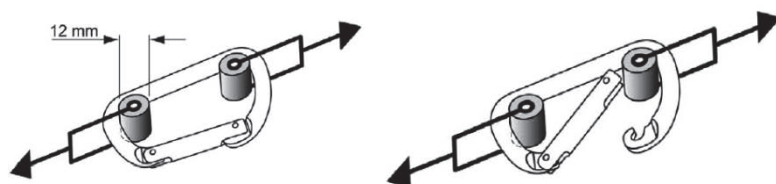


Abbildung 2: Schematischer Normtest nach DIN EN 12275. Links Schnapper geschlossen, rechts Schnapper offen [1].

Problematisch sind Situationen, in denen der Karabiner „offen“ belastet wird, obwohl auch hier die Normfestigkeiten bei idealer und in Prüfungen getesteter Situation selten überschritten werden sollten. Vermutlich ist die Problematik darin begründet, dass der offene Karabiner bei realer dynamischer Belastung die Krafteinleitung an einer ungünstigen Stelle erfährt. Die Wahrscheinlichkeit hierfür ist designabhängig, was aber in den gängigen Normtests nicht abgefragt wird. Da aktuell (2015) die Bergsporthersteller das Gewicht der Karabiner durch (hinsichtlich der Normtests) optimiertes Design nochmals reduzieren, wird dieses Problem an Relevanz zunehmen. Es soll interdisziplinär und mit interessierten internen und externen Kooperationspartnern untersucht werden. Diese waren Dr. Angela Fösel, Physikdidaktik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, und ihre Studierenden sowie der Sicherheitskreis des Deutschen Alpenvereins, des größten Sportvereins Deutschlands. Eine Zusammenarbeit mit einem Bergsporthersteller war informell verabredet (Nutzung des „Sturzstands“), wurde aber aufgrund des Projektverlaufs nicht realisiert.

### 3. Ziele des Forschungsprojekts

Bei dem Projekt werden zwei unterschiedliche Klassen von Zielen verfolgt. Einerseits werden Antworten auf eine ingenieurwissenschaftliche Fragestellung gesucht, andererseits ist dies Mittel zum Zweck, Studierende in einem frühen Stadium ihres Studiums Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens und Fachwissen zu vermitteln. Da diese Aspekte sich durchdringen, sind sie auch im Folgenden parallel dargestellt.

Das Beschriebene wurde im Rahmen einer im sechsten Semester des Bachelorstudiengangs Mechatronik Feinwerktechnik stattfindenden Projektarbeit bearbeitet, diese wurde an zwei vierköpfige Teams vergeben.

Hier lag das Augenmerk in erster Linie auf der strukturmechanischen Analyse und dem Aufbau der Messtechnik. Außerhalb der TH Nürnberg bearbeitete ein Team von Lehramtsstudierenden im Fach Physik das Thema (betreut von Dr. Angela Fösel) mit dem Schwerpunkt Hochgeschwindigkeitskamera. An der TH Nürnberg erfolgte die Betreuung durch den Autor und Prof. Dr. Dwars.

Idee war es, mittels Messungen eine durch Normtests nicht nachgebildete kritische Krafteinleitung beim offenen Karabiner nachzuweisen und eine realistischere Testmethodik zu konzipieren. Dazu sollen handelsübliche Bergsportkarabiner unterschiedlichen Designs mit Dehnmessstreifen (DMS) und Mess-Instrumentierung versehen und im Sturzfall die auftretenden Spannungen ermittelt werden. Parallel wird der Karabiner im Sturzfall mit einer Hochgeschwindigkeitskamera (300 - 1000 Bilder / s) aufgenommen und so die Krafteinleitung ermittelt. Zur Vorbereitung sind eine statische Kalibrierung der DMS am Zugprüfstand (Labor Werkstofftechnik, Prof. Dr. Dwars) und Finite-Elemente-Simulationen notwendig. Somit sind in dem Projekt Inhalte aus den Lehrveranstaltungen Technische Mechanik, Messtechnik, Mechatronische Komponenten, Finite-Elemente-Simulationen aber auch Mikrocomputertechnik und Bildverarbeitung enthalten.

### 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Im Lehrforschungsprojekt wurde die Herangehensweise von den Studierenden weitgehend selbständig entwickelt und gesteuert. Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- **Recherche:** Recherche Unfallmuster, Unfallzahlen auch außerhalb des deutschsprachigen Raums. Recherche bestehender statischer Normtests. Sichtung der Literatur und Entwicklung und Darstellung eigener Hypothesen.
- **Präsentation:** Präsentation der Hypothesen bei einem Treffen (12. Mai 2015) der Projektpartner TH Nürnberg, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Deutscher Alpenverein (DAV) an der TH Nürnberg. Beteiligt waren insgesamt 16 Studierende, die beteiligten Dozenten und Dozentinnen und Sophia Steinmüller (DAV). Durch das Engagement des DAV-Sicherheitskreises wurde sichergestellt, dass die untersuchten Fragestellungen nicht nur akademisch sondern auch praktisch relevant sind. Reflektion der Rückmeldungen.
- **Entwicklung einer Kraft-Messmethodik:** Konstruktion und Festigkeitsnachweis einer Aufnahme für die Zugmaschine. Definition der Orte für DMS (Finite-Elemente-Simulation), Applikation der DMS, Einarbeitung und Anwendung in Mess-System (HBM-Verstärker).
- **CAD-Modell:** Mittels 3D-Scanner (Abb. 3). Durch die Generierung des 3D-Modells eines real vorliegenden Karabinertyps sind FEM-Simulationen insbesondere auch des nicht-linearen Verhaltens vorbereitet.
- **Messergebnisse:** Es wurden Tests an einer Zugmaschine durchgeführt. Die erreichbaren Geschwindigkeiten betragen max. 500 mm / min, so dass keine einem Sturz entsprechende Dynamik erreicht werden kann. Wichtige Resultate:
  - Normtests (Abb. 4) können mit der vorliegenden Zugmaschine gut durchgeführt werden. Die angegebenen Festigkeitswerte wurden nie unterschritten (auch bei einer statistischen Auswertung) bei einer typischen Messreihe (Offenbruchlast nominell 7kN) bei einer mittleren Bruchkraft von 8.46 kN bei einer Standardabweichung von 0.3 kN.
  - Real vorkommende ungünstige Lastfälle (Abb. 5) reduzieren die Festigkeit (Offenbruchlast nominell 7kN) so stark, dass auch alltägliche Belastungen zu einem Karabinerbruch führen können (2.72 +- 0.3 kN).
  - Krafteinleitung über gebräuchliche textile Verbindungen („Expressschlingen“) führen zu geschwindigkeitsabhängigen Belastungen. Startet man bei ungünstiger Position der Schlinge (langer Hebel), so rutscht diese bei erhöhten Geschwindigkeiten nicht schnell genug an die günstige Position, so dass hohe Spannungen wirken. Bei kleinen Geschwindigkeiten (50 mm/min) ist das nicht der Fall.



Abbildung 3: Mittels 3D-Scanner generiertes 3D-Modell [3].

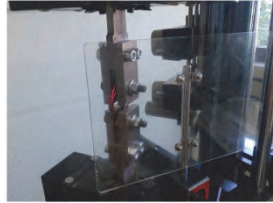


Abbildung 4: Zugversuch nach Norm [2].



Abbildung 5: Ungünstige Kräfteinleitung [2].



Abbildung 6: Kräfteinleitung über Textilie

Noch nicht verwirklicht wurden die durch Hochgeschwindigkeits-Bildgebung begleiteten dynamischen Messungen, da das Bildgebungssystem nicht im Projektverlauf in Betrieb genommen wurde. Direkte Folge daraus ist, dass auch Konzepte für realitätsnähere Normtests nicht entwickelt werden konnten.

## 5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die wissenschaftlichen Ergebnisse aus diesem Projekt erlauben die direkte Weiterführung verschiedener mit Bergsportkarabinern befasster Fragestellungen, da nun Methoden und Werkzeuge zur Kraftmessung etabliert und erste Erkenntnisse zu dynamischen Tests vorliegen. Insbesondere die Begleitung dynamischer Kraftmessungen durch eine Hochgeschwindigkeitskamera ist geplant und erlaubt eine tiefere Analyse der Sturzbelastung, die zur Konzeption von verbesserten Normtests notwendig ist.

Die Zusammenarbeit mit Dr. Angela Fösel / Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und dem Sicherheitskreis des Deutschen Alpenvereins hat sich als fruchtbar erwiesen und soll weitergeführt werden.

Nicht zuletzt der Charakter des „forschenden Lernens“ des Projekts wird für die beteiligten Studierenden eine nachhaltige positive Wirkung auf ihre Motivation und Haltung bei der Bearbeitung ingenieurwissenschaftlicher Herausforderungen haben.

## 6. Literatur:

- [1] D. Seider, „Bruchverhalten von Bergsport-Aluminiumkarabinern bei dynamischer Belastung.“, Fachhochschule Kempten, Kempten, 2012.
- [2] K. Herderich, D. Müller, F. Mittelmaier, Ch. Ortner, Projektarbeit TH Nürnberg, 2015.
- [3] D. Haager, T. Klaus, J. Schmidt, M. Zametzer, Projektarbeit TH Nürnberg, 2015.



# Taktile Karten für blinde Menschen durch 3D-Drucker

**Prof. Dr. Timo Götzelmann**  
Fakultät Informatik  
Technische Hochschule Nürnberg

## **Zusammenfassung:**

Taktile Materialien sind geeignete Mittel, um blinden Menschen das Verstehen räumlicher Sachverhalte zu erleichtern. In der Vergangenheit wurden diese jedoch ausschließlich manuell gefertigt und waren entsprechend teuer und oft nur spärlich verfügbar. Neuerdings gewinnt jedoch der 3D-Druck zunehmend an Bedeutung für die Erstellung von taktilen Materialien für blinde Menschen, da dieser die Nachteile zum Teil beheben kann.

Im Gegensatz zu professionellen 3D-Druckern sind Consumer-3D-Drucker erst seit einigen Jahren verfügbar. Diese sind jedoch bereits jetzt für Endanwender erschwinglich und erlauben es, eine Vielzahl der im Internet verfügbaren 3D-Modelle zu drucken. Es ist denkbar, dass blinde Menschen in Zukunft von dieser Technologie profitieren könnten. Dieses Lehrforschungsprojekt untersuchte einen möglichen Einfluss von Druckartefakten aktueller handelsüblicher 3D-Drucker auf die Lesbarkeit von taktilen Karten.





## 1. Projektdaten

Fördersumme	4.250 Euro
Laufzeit	März 2015 bis Dezember 2015
Fakultät	Informatik
Projektleitung	Prof. Dr. Timo Götzelmann
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:Timo.Goetzelmann@th-nuernberg.de">Timo.Goetzelmann@th-nuernberg.de</a>



Abbildung 1: Ausschnitt einer für die Vorgängerstudie gedruckten taktilen Karte

## 2. Ausgangslage

Taktile Materialien sind geeignete Mittel um blinden Menschen das Verstehen räumlicher Sachverhalte zu erleichtern. In Vergangenheit wurden diese jedoch in Handarbeit gefertigt und waren entsprechend teuer und oft nur spärlich verfügbar. Neuerdings gewinnt jedoch der 3D-Druck zunehmend an Bedeutung für die Erstellung von taktilen Materialien für blinde Menschen, da dieser die Nachteile zum Teil beheben kann.

Im Gegensatz zu professionellen 3D-Druckern sind Consumer-3D-Drucker erst seit einigen Jahren verfügbar. Diese sind jedoch bereits jetzt für Endanwender erschwinglich und erlauben es, eine Vielzahl der im Internet verfügbaren 3D-Modelle zu drucken. Nachteilig ist jedoch möglicherweise die teilweise noch begrenzte Druckqualität, die sich darin offenbart, dass die Oberflächenbeschaffenheit der gedruckten Objekte Druckartefakte aufweist. Dies ist insbesondere für blinde Menschen relevant, die taktile Materialien mit den Fingern erkunden.

Dieses Lehrforschungsprojekt basierte auf vorausgegangenen Forschungsarbeiten [1, 2] zu taktilen Karten. Diese untersuchten unter anderem, ob automatisch erstellte taktile Karten auch hinreichend von blinden Benutzern gelesen werden können (siehe Abbildung 1). Dabei ergaben sich nebenbei mehrere Indizien, dass Druckartefakte welche charakteristisch für eine bestimmte Art von 3D-Druckern sind, Einfluss auf die Lesbarkeit dieser Karten haben.

### 3. Ziele des Forschungsprojekts

In diesem Lehrforschungsprojekt wurde untersucht, ob die bei der 3D-Drucktechnik des Schmelzschichtungsverfahrens auftretenden Druckartefakte bei der Erkundung von gedruckten taktilen Karten für blinde Menschen problematisch sind. Hierzu wurde aus den Mitteln des Lehrforschungsprojektes ein neuartiger Consumer-3D-Drucker mit Druckmaterial beschafft, welcher auf dem Stereolithographie-Verfahren arbeitet und eine deutlich bessere Druckauflösung aufweist als herkömmliche auf dem Consumermarkt erhältliche 3D-Drucker. Um den Vergleich zu bisherigen Forschungsergebnissen zu erlauben wurde ein vorhandener 3D-Drucker, der nach dem Schmelzschichtungsverfahren arbeitet, verwendet. Beide Verfahren weisen unterschiedliche Druckartefakte auf (siehe Abbildung 2). Insgesamt werden die Ausdrücke eines Schmelzschichtungsdruckers jedoch gewöhnlich als uneinheitlicher und unebener wahrgenommen.

Es sollte nun in diesem Lehrforschungsprojekt verglichen werden, ob sich durch unterschiedliche Druckartefakte Abweichungen in der Lesbarkeit der taktilen Karten ergeben.

### 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Zu Beginn des Lehrforschungsprojektes wurden die beteiligten Studierenden vertieft in die Methodik des Testens eingewiesen. Dabei wurde an die Vorlesungsinhalte einer ihrer bereits besuchten Module angeknüpft. Im Anschluss wurden gemeinsam Lösungswege diskutiert und eine umfangreiche Benutzerstudie konzipiert, die die Druckresultate des herkömmlichen 3D-Druckers mit dem neuartigen 3D-Drucker vergleichen sollte. Anschließend entwickelten die Studierenden in mehreren Iterationen unter Anleitung einige Testprototypen und erstellten zugehörige 3D-Modelle. Die Studierenden bekamen eine Einweisung in die Technik des 3D-Druckens und erzeugten anschließend selbstständig die Testprototypen jeweils auf beiden 3D-Druckern.

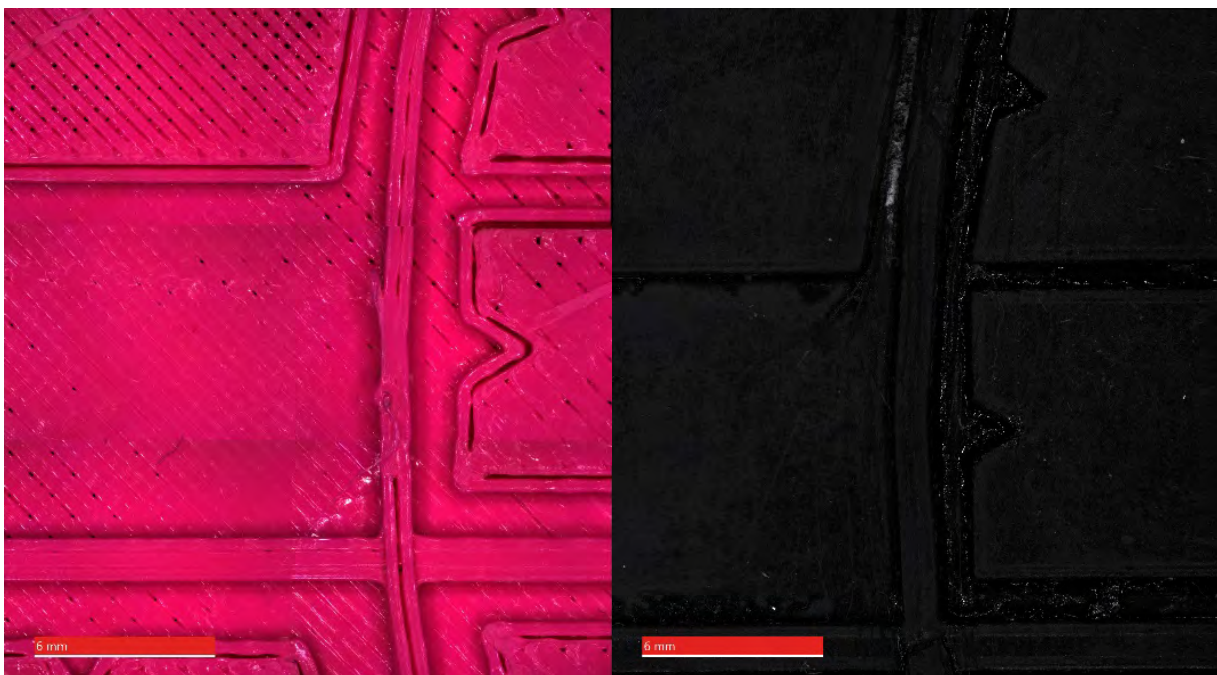


Abbildung 2: Vergrößerte Aufnahme eines 3D-Drucker nach dem Schmelzschichtungsverfahren (links) und dem Stereolithographieverfahren (rechts).

Es wurden insgesamt drei verschiedene Tests zu unterschiedlichen für taktile Karten relevanten Merkmalen durchgeführt. Jeder dieser Testfälle wurde mit jeweils einer einführenden Karte erklärt und mit drei weiteren Karten getestet (siehe Abbildung 3). Jede der Karten wurde sowohl mit dem Schmelzschichtungsverfahren als auch mit dem Stereolithographieverfahren ausgedruckt - damit wurden insgesamt 24 taktile Karten erstellt.

Die Benutzerstudie wurde mit elf Teilnehmenden durchgeführt, die alle Schülerinnen und Schüler der Blindenbildungsanstalt Nürnberg (BBS) waren. Das durchschnittliche Alter der Teilnehmenden betrug 16,81 ( $\pm 1.54$ ) Jahre. Die Teilnehmenden galten als gesetzlich blind, wovon ein Proband noch große Umrisse in Farbe und ein anderer noch grobe Konturen erkennen konnte. Für beide war es jedoch unmöglich, Details der Testkarte optisch zu erkennen. Während sechs Teilnehmende von Geburt an blind waren, erblindeten drei weitere in den ersten vier Lebensjahren. Zwei der Probanden erblindeten erst vor wenigen Jahren. Die Vorerfahrungen mit taktilen Karten waren gemischt. Während vornehmlich die jüngeren Teilnehmenden noch keinerlei Erfahrung mit dem Lesen von taktilen Karten aufweisen konnten, hatten die älteren Teilnehmenden schon einige Erfahrung damit gesammelt.

Die Studie wurde blind und randomisiert durchgeführt. Dabei bekamen die Teilnehmenden für jede der drei Aufgaben eine einheitliche Einweisung und konnten die jeweilige Aufgabe hierbei an einer Testkarte lösen (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Karten zu Testfall 1 (oben: Schmelzschichtungsverfahren, unten: Stereolithographieverfahren). Die beiden Karten auf der linken Seite dienen dabei als zur Erklärung der jeweiligen Aufgaben für die an der Studie Teilnehmenden.

Vor dem Start des jeweiligen eigentlichen Tests wurde den Teilnehmenden die Gelegenheit gegeben, offene Fragen zur Aufgabe zu klären. Bei der Testdurchführung wurden Zeiten für die Aufgabenerledigung sowie Erfolgsraten beim Erkennen bestimmter Kartenmerkmale gemessen. Erste Auswertungen mit teils signifikanten Ergebnissen liefern erste Hinweise darauf, dass die, für das Schmelzschichtungsverfahren aktueller Consumer-3D-Drucker charakteristischen, Druckartefakte den Erkundungsprozess von blinden Menschen stören können.

## 5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die erhobenen Daten der durchgeführten Benutzerstudie mit der Blindenbildungsanstalt Nürnberg können für mehrere Fragestellungen nützlich sein. Auch der angeschaffte Stereolithographie-Drucker hat weiter Verwendung und ist für die Einbindung in zukünftige Lehrveranstaltungen und Bachelor- bzw. Masterarbeiten vorgesehen.

Die abschließende Auswertung der Daten dauert noch bis zum Ende des Wintersemesters an. Momentan wird dazu eine Veröffentlichung verfasst, welche die Studie beschreibt. Bei entsprechenden Resultaten der Auswertung ist das Einreichen einer gemeinsamen Veröffentlichung auf einer einschlägigen Konferenz im Jahr 2016 geplant.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Götzelmann, T. 2014. Interactive Tactile Maps for Blind People using Smartphones' Integrated Cameras. *Proceedings of the Ninth ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS'14)* (Dresden, Germany, 2014), 381–385.
- [2] Götzelmann, T. and Pavkovic, A. 2014. Towards Automatically Generated Tactile Detail Maps by 3D Printers for Blind Persons. *14th International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICHP'14)* (2014), 1–7.

# Freescal Cup

**Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari**  
Fakultät Informatik  
Technische Hochschule Nürnberg

**Tobias Wägemann**  
Fakultät Informatik  
Technische Hochschule Nürnberg

## **Zusammenfassung:**

In dem Lehrforschungsprojekt „Freescal Cup“ wurde studentischen Projektgruppen die Teilnahme an dem gleichnamigen Studierenden-Wettbewerb der Firma Freescale Semiconductor, einem der größten Hersteller für Halbleiterprodukte weltweit, ermöglicht. Der Wettbewerb ist im Bereich des autonomen Fahrens angesiedelt: Die Studierenden modifizieren und programmieren dabei spezielle Modellfahrzeug-Bausätze und treten mit den resultierenden Fahrzeugen in einem Wettbewerb gegen andere Studierende aus aller Welt an. Die Modellfahrzeuge müssen in der Lage sein, autonom einen Rundkurs zu absolvieren, welcher mit Kreuzungen, Hügeln und weiteren Hindernissen gespickt ist. Die Autos folgen per Kamera einer Markierung auf der Rennstrecke, die während der Fahrt nicht verlassen werden darf. Beim „Freescal Cup“ entscheidet dabei die Rundenzeit über Erfolg und Misserfolg. Für das Lehrforschungsprojekt konnte ein Team bestehend aus drei Studierenden, entsprechend des Regelwerks des Wettbewerbs gewonnen werden. Das Team nahm an der mitteleuropäischen Vorausscheidung teil, konnte sich allerdings leider nicht für das Europa-Finale qualifizieren.





## 1. Projektdaten

Fördersumme	3.500 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2015
Fakultät	Informatik
Projektleitung	Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:ramin.tavakolikolagari@th-nuernberg.de">ramin.tavakolikolagari@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage

Das Lehrforschungsprojekt der Fakultät Informatik sollte studentischen Projektgruppen die Teilnahme am sogenannten *Freescale Cup* ermöglichen. Der *Freescale Cup* ist ein von der Fa. Freescale Semiconductor, Inc. ausgerichteter, internationaler Studierenden-Wettbewerb, bei dem eine Vielzahl teilnehmender Teams mittels autonom fahrender Modellfahrzeuge auf Rennstrecken, die mit Hindernissen gespickten sind, um Bestzeiten konkurrieren.

Die teilnehmenden Renn-Teams bestehen aus Gruppen von Bachelor- und Masterstudierenden verschiedener Universitäten und Hochschulen aus aller Welt. Im vergangenen Jahr umfasste das Teilnehmerfeld 484 Studierende, organisiert in 143 Teams, von 50 Universitäten und Hochschulen aus 16 verschiedenen Ländern. Die teilnehmenden Teams müssen sich zunächst in regionalen Qualifikationsausscheiden beweisen und können sich durch ein Abschneiden in den oberen Rängen für die Teilnahme an den internationalen Wettbewerben qualifizieren. Hierbei sei erwähnt, dass das Freescale-Cup-Team der Fakultät Informatik der TH Nürnberg sich letztes Jahr bei der ersten Teilnahme am Wettbewerb unmittelbar für die internationalen EMEA-Finals qualifizieren konnte. Dieser Initialerfolg soll im Rahmen des betreffenden Lehrforschungsprojektes weiter ausgebaut werden.

Der *Freescale Cup* wird federführend von Freescale Semiconductor, Inc. ausgerichtet und von den namhaften Partnern ARM, Elektrotbit, ams AG und MathWorks unterstützt. Durch die globale Ausrichtung und die schiere Größe des Wettbewerbes kann ggf. zudem eine positive Außenwirkung für die Hochschule erreicht werden. Die Erfahrung des letzten Jahres lässt außerdem vermuten, dass in der lokalen Medienlandschaft ein Interesse an derartigen Themen besteht, wodurch eine positive Außenwirkung weiter verstärkt werden könnte.

In den vergangenen Jahren wurde unter der Leitung von Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari und Prof. Dr. Friedhelm Stappert an der Fakultät Informatik die AG Automotive auf- und ausgebaut, die sich im Rahmen von Lehrveranstaltungen, Seminaren sowie Projekt- und Abschlussarbeiten mit dem Themenkomplex automobile Softwareentwicklung befasst. Die zur erfolgreichen Teilnahme am Freescale Cup benötigten Kompetenzen können sich die Studierenden so z.B. in den Lehrveranstaltungen *Automotive Software Engineering* und *Automotive Systems Modeling* (beide Prof. Dr. Tavakoli) sowie *Echzeitsysteme im Automobil* und *Embedded Systems* (beide Prof. Dr. Stappert) aneignen. Des Weiteren wurde an der Fakultät Informatik eigens für die betreffende Thematik ein *Automotive Labor* geschaffen, wobei die dort zur Verfügung stehende Hardware und Software für das Lehrforschungsprojekt genutzt werden soll. Die Laborausstattung orientiert sich an modernen Standards der Automobilindustrie, so stehen neben realitätsgetreuen Steuergeräten und weiterer automobiler Hardware beispielsweise auch gängige Software-Werkzeuge zur Umsetzung moderner automobiler Softwarearchitekturen.

Die technischen Herausforderungen, mit denen die Studierenden im Rahmen des Lehrforschungsprojektes *Freescale Cup* konfrontiert werden, decken sich in vielen wesentlichen Bereichen mit der Thematik der Automotive-spezifischen Lehrinhalte der Fakultät Informatik. Die Studierenden entwerfen dabei in der Hauptsache Softwarelösungen für spezifische Problemstellungen des autonomen Fahrens. Neben dem Kernproblem der zuverlässigen Wegfindung müssen zudem besondere Streckenschikanen, wie beispielsweise Hügelgipfen oder

Tunnel, gemeistert werden. Parallel dazu muss immer auch die Rennperformance des Modellautos beachtet werden, da die resultierenden Rundenzeiten bei erfolgreicher Absolvierung der Strecke das entscheidende Kriterium sind. Die zur Verfügung stehende Hardwarebasis der Modellautos ist dabei für alle teilnehmenden Teams identisch. Dies hat zur Folge, dass – trotz technischem Bezug – die Qualität der implementierten Softwarelösungen die wichtigste Einflussgröße für die resultierende Rennperformance der Fahrzeuge ist.

### 3. Ziele des Forschungsprojekts

Neben den unschätzbaren Erfahrungen für die Studierenden, die sich durch die Teilnahme an dem studentischen Wettbewerb ergeben, verfolgt die Fakultät Informatik das Ziel eines interdisziplinären, fakultätsübergreifenden Austauschs durch die Nutzung der Räumlichkeiten auf dem Nuremberg Campus of Technology zur Unterbringung der Rennstrecke, wo auch an dem RoboCup der Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik gearbeitet wird. Daraus ergeben sich nützliche Synergieeffekte.

Eine spezifische Herausforderung dieses Vorhabens ist die AUTOSAR-basierte Umsetzung der generellen Freescale-Cup-Aufgabe: AUTOSAR ([www.autosar.org](http://www.autosar.org)) ist ein internationaler Standard der Automotive Domäne und gibt konkrete Vorgaben bei der Entwicklung automobiler Systeme vor. Das studentische Team ist nun aufgefordert, konform zu diesem Industriestandard bei der Entwicklung vorzugehen, also die Softwareentwicklung auf den entsprechenden Abstraktionsebenen abzubilden und dann unter Verwendung professioneller Werkzeuge (SystemDesk von dspace und Tresos Studio von Elektrobot) die Software zu entwickeln. Das Team besteht daher aus zwei Bachelorstudierenden und einem Masterstudierenden, wobei letzterer vor allem die Verantwortung für die AUTOSAR-konforme Umsetzung trägt. Aufgrund eines längeren Ausfalls des Master-Studenten konnte die vollständige Umsetzung in AUTOSAR nicht abgeschlossen werden. Doch die hilfreichen Vorarbeiten werden momentan in einer eigenen Abschlussarbeit zu Ende geführt.

### 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

In dem Lehrforschungsprojekt *Freescale Cup* wurde studentischen Projektgruppen die Teilnahme an dem gleichnamigen Studierenden-Wettbewerb der Firma Freescale Semiconductor, einem der größten Hersteller für Halbleiterprodukte weltweit, ermöglicht. Der Wettbewerb ist im Bereich des autonomen Fahrens angesiedelt: die Studierenden modifizieren und programmieren dabei spezielle Modellfahrzeug-Bausätze und treten mit den resultierenden Fahrzeugen in einem Wettbewerb gegen andere Studierende aus aller Welt an. Die Modellfahrzeuge müssen in der Lage sein, autonom einen Rundkurs zu absolvieren, welcher mit Kreuzungen, Hügeln und weiteren Schikanen gespickt ist. Die Autos folgen per Kamera einer Markierung auf der Rennstrecke, die während der Fahrt nicht verlassen werden darf. Beim Freescale Cup entscheidet dabei die Rundenzeit über Erfolg und Misserfolg. Für das Lehrforschungsprojekt konnte ein Team bestehend aus drei Studierenden entsprechend des Regelwerks des Wettbewerbs gewonnen werden. Das Rennteam besuchte das Freescale-Cup-Qualification-Event in Deggendorf, wo es sich allerdings nicht für das Europa-Finale qualifizierte.

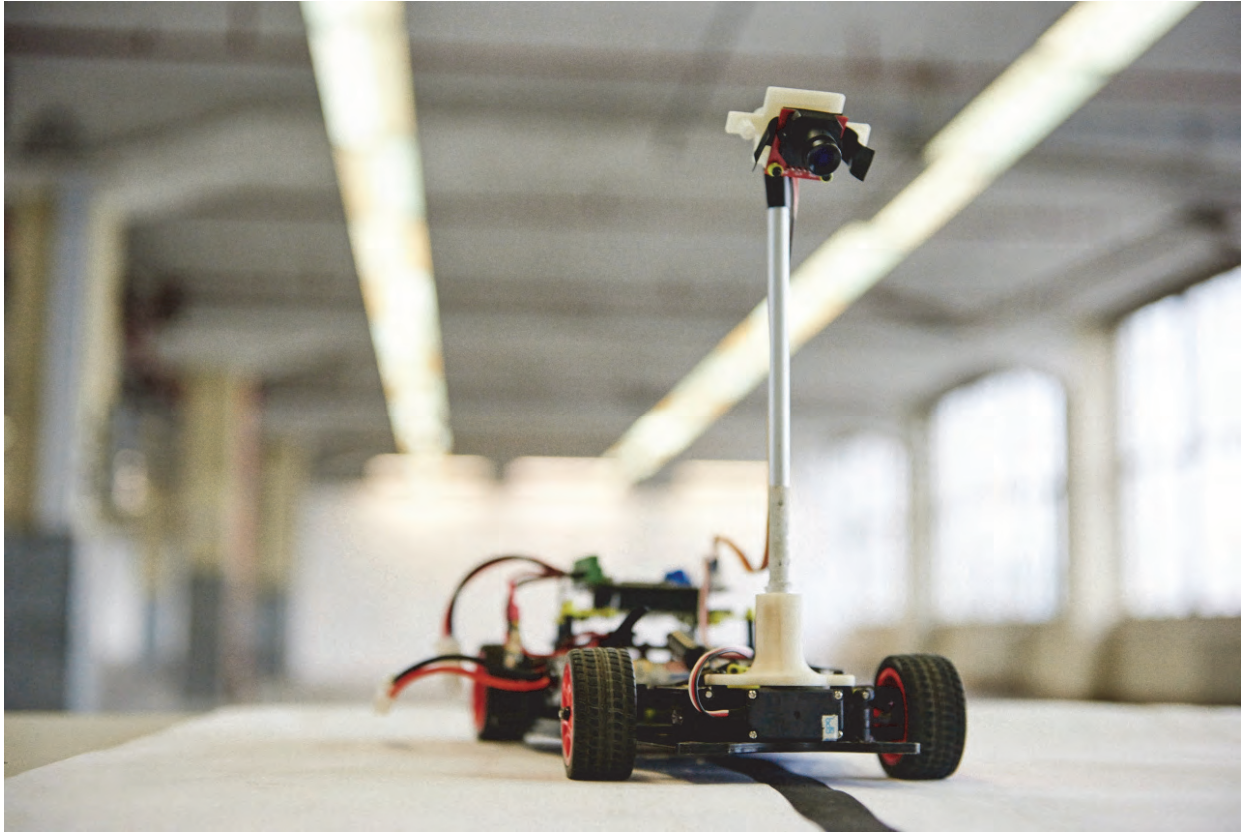


Abbildung 1: Das Modellfahrzeug auf der Teststrecke am NCT. Foto: R. Tavakoli Kolagari

## 5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Ergebnisse des Teams werden in einem Wiki (Confluence) dokumentiert, an dem nachfolgende Gruppen weiter arbeiten können. Diese Form der Dokumentation bietet den Vorteil der flexiblen Erweiterbarkeit sowie der singulären Quelle im Vergleich zu eigenständigen Projektberichten.

Basierend auf den Vorarbeiten durch die Teilnahme am Freescaple Cup sowie der AUTOSAR-Fragestellung ergaben sich eine Reihe von Forschungsfragestellungen, die momentan in einer Bachelorarbeit und die künftig in dem Projekt „OHM Runner“ (gefördert von der Staedtler Stiftung) bearbeitet werden.



# Innovation Challenge

**Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari**  
Fakultät Informatik  
Technische Hochschule Nürnberg

**Tobias Wägemann**  
Fakultät Informatik  
Technische Hochschule Nürnberg

## **Zusammenfassung:**

In dem Lehrforschungsprojekt *Innovation Challenge* wurde studentischen Projektgruppen die Teilnahme an dem gleichnamigen Studierenden-Wettbewerb der Firma Freescale Semiconductor, einem der größten Hersteller für Halbleiterprodukte weltweit, ermöglicht. Der Wettbewerb ist im Bereich des autonomen Fahrens angesiedelt: Die Studierenden modifizieren und programmieren dabei spezielle Modellfahrzeug-Bausätze und treten mit den resultierenden Fahrzeugen in einem Wettbewerb gegen andere Studierende aus aller Welt an. Die Modellfahrzeuge müssen in der Lage sein, autonom einen Rundkurs zu absolvieren, welcher mit Kreuzungen, Hügeln und weiteren Hindernissen gespickt ist. Die Autos folgen per Kamera einer Markierung auf der Rennstrecke, die während der Fahrt nicht verlassen werden darf. Bei der diesjährig erstmals stattfindenden *Innovation Challenge* ging es um die Entwicklung eines Prototyps für ein neues Wettbewerbskonzept, bei dem neben den Rundenzeiten auch der Energieverbrauch der Systeme entscheidend in die Bewertung einfließt. Für das Lehrforschungsprojekt konnte ein Team bestehend aus drei Studierenden entsprechend des Regelwerks des Wettbewerbs gewonnen werden. Das Team nahm an der mitteleuropäischen Vorausscheidung in Deggendorf sowie am Weltfinale in Erlangen teil. Bei der *Innovation Challenge* nahmen die Teams allerdings außerhalb des Wettbewerbs teil.



## 1. Projektdaten

Fördersumme	3.500 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2015
Fakultät	Informatik
Projektleitung	Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:ramin.tavakolikolagari@th-nuernberg.de">ramin.tavakolikolagari@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage

Das Lehrforschungsprojekt der Fakultät Informatik sollte studentischen Projektgruppen die Teilnahme an der sogenannten *Innovation Challenge* ermöglichen. Die *Innovation Challenge* ist ein von der Fa. Freescale Semiconductor, Inc. ausgerichtetes Pilotprogramm für einen internationalen Studierenden-Wettbewerb, bei dem eine Vielzahl teilnehmender Teams mittels autonom fahrender Modellfahrzeuge auf Hindernis-gespickten Rennstrecken um Highscores konkurrieren. Die Bewertung erfolgt hier – anders als beim ursprünglichen Freescale Cup – nicht nur auf Basis der Rundenzeiten, sondern auf einer Kombination aus Rennperformance und Energieverbrauch des Fahrzeuges.

Die teilnehmenden Teams verwenden eine neu entworfene Hardwarebasis für ihre Modellfahrzeuge mit nur einem Motor. Ziel des Wettbewerbes ist das absolvieren einer festgelegten Anzahl von Runden, wobei das Siegerteam dasjenige ist, dessen Fahrzeug diese Aufgabe am schnellsten und mit dem geringsten Energieverbrauch bewältigt. Zu diesem Zweck wurde eigens ein spezieller Wirkleistungsmesser entworfen, welcher als Teil der Hardwarebasis zur Verfügung steht.

In den vergangenen Jahren wurde unter der Leitung von Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari und Prof. Dr. Friedhelm Stappert an der Fakultät Informatik die AG Automotive auf- und ausgebaut, welche sich im Rahmen von Lehrveranstaltungen, Seminaren sowie Projekt- und Abschlussarbeiten mit dem Themenkomplex automobile Softwareentwicklung befasst. Die zur erfolgreichen Teilnahme an der *Freescale Innovation Challenge* benötigten Kompetenzen können sich die Studierenden so z.B. in den Lehrveranstaltungen *Automotive Software Engineering* und *Automotive Systems Modeling* (beide Prof. Dr. Tavakoli) sowie *Echtzeitsysteme im Automobil* und *Embedded Systems* (beide Prof. Dr. Stappert) aneignen. Des Weiteren wurde an der Fakultät Informatik eigens für die betreffende Thematik ein *Automotive Labor* geschaffen, wobei die dort zur Verfügung stehende Hardware und Software für das Lehrforschungsprojekt genutzt werden soll. Die Laborausstattung orientiert sich an modernen Standards der Automobilindustrie, so stehen neben realitätsgetreuen Steuergeräten und weiterer automobiler Hardware beispielsweise auch gängige Software-Werkzeuge zur Umsetzung moderner automobiler Softwarearchitekturen.

Die technischen Herausforderungen, mit denen die Studierenden im Rahmen des Lehrforschungsprojekts *Freescale Innovation Challenge* konfrontiert werden, decken sich in vielen wesentlichen Bereichen mit der Thematik der Automotive-spezifischen Lehrinhalte der Fakultät Informatik. Die Studierenden entwerfen dabei in der Hauptsache Softwarelösungen für spezifische Problemstellungen des autonomen Fahrens. Neben dem Kernproblem der zuverlässigen Wegfindung müssen zudem besondere Streckenschikanen, wie bspw. Hügel-pisten oder Tunnel, gemeistert werden.

Bei der *Freescale Innovation Challenge* muss neben der Rennperformance des Modellautos auch auf den generellen Ressourcenverbrauch geachtet werden, was eine zusätzliche Komplexitätsdimension einführt, die allerdings sehr realitätsnah ist. Weiterhin bekommen die Studierenden nur einen Basisbausatz, die konkrete Hardware und technische Ausgestaltung liegt in der Verantwortung der Studierenden. Darüber hinaus müssen auch die Messtechnologien von den Studierenden entwickelt werden.



### 3. Ziele des Forschungsprojekts

Neben den unschätzbaren Erfahrungen für die Studierenden, die sich durch die Teilnahme an dem studentischen Wettbewerb ergeben, verfolgen wir das Ziel eines interdisziplinären, fakultätsübergreifenden Austauschs durch die Nutzung der Räumlichkeiten auf dem Nuremberg Campus of Technology zur Unterbringung der Rennstrecke, wo auch an dem RoboCup der Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik gearbeitet wird. Daraus ergeben sich nützliche Synergieeffekte.

Speziell bei der Innovation Challenge waren auch interdisziplinäre Denkweisen bei den Studierenden gefragt, da sie sich nicht ausschließlich um die Software und den Hardware-Aufbau kümmern mussten, sondern sich ebenfalls über die Mechanik und letztlich über ein ressourceneffizientes Gesamtsystem Gedanken machen mussten.

### 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

In dem Lehrforschungsprojekt „Innovation Challenge“ wurde studentischen Projektgruppen die Teilnahme an dem gleichnamigen Studierenden-Wettbewerb der Firma Freescale Semiconductor, einem der größten Hersteller für Halbleiterprodukte weltweit, ermöglicht. Der Wettbewerb ist im Bereich des autonomen Fahrens angesiedelt: die Studierenden modifizieren und programmieren dabei spezielle Modellfahrzeug-Bausätze und treten mit den resultierenden Fahrzeugen in einem Wettbewerb gegen andere Studierende aus aller Welt an. Die Modellfahrzeuge müssen in der Lage sein, autonom einen Rundkurs zu absolvieren, welcher mit Kreuzungen, Hügeln und weiteren Schikanen gespickt ist. Die Autos folgen per Kamera einer Markierung auf der Rennstrecke, die während der Fahrt nicht verlassen werden darf. Bei der diesjährig erstmals stattfindenden Innovation Challenge ging es um die Entwicklung eines Prototypen für ein neues Wettbewerbskonzept, bei dem neben den Rundenzeiten auch der Energieverbrauch der Systeme entscheidend in die Bewertung einfließt. Das Rennteam besuchte das Freescale Cup Qualification Event in Deggendorf sowie das Weltfinale in Erlangen, allerdings außerhalb des Wettbewerbs (wie alle an der Innovation Challenge teilnehmenden Teams).



Abbildung 1: Das Modellfahrzeug auf der Teststrecke am NCT. Foto: R. Tavakoli Kolagari



## 5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Ergebnisse des Teams werden in einem Wiki (Confluence) dokumentiert, an dem nachfolgende Gruppen weiter arbeiten können. Diese Form der Dokumentation bietet den Vorteil der flexiblen Erweiterbarkeit sowie der singulären Quelle im Vergleich zu eigenständigen Projektberichten.

Basierend auf den Vorarbeiten durch die Teilnahme an der Innovation Challenge ergaben sich eine Reihe von Forschungsfragestellungen, die momentan in einer Bachelorarbeit und die künftig in dem Projekt „OHM Runner“ (gefördert von der Staedtler Stiftung) bearbeitet werden.



# Formula Student Electric Strohm + Söhne NoRa 3

## **Prof. Dr. Ulrich Grau**

Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik  
Technische Hochschule Nürnberg

## **Teamleitung StrOHM + Söhne e.V.**

Noris Motorsport  
Nürnberg

## **Zusammenfassung:**

Basierend auf den Erfolgen der Saison 2014 mit dem Formula-Student-Fahrzeug NoRa 2 fand das Projekt „Formula Student Bau und Entwicklung eines Rennfahrzeuges“ erneut im Rahmen eines Wahlfaches im Bachelorstudiengang Maschinenbau statt. Ziel des Wahlfaches war es, ein voll funktionsfähiges elektrisch angetriebenes Rennfahrzeug unter Beachtung des offiziellen Formula Student Regelwerkes zu konstruieren und zu bauen. Mit diesem Rennfahrzeug NoRa 3 wurden im Rahmen des Internationalen Konstruktionswettbewerbes Formula Student Electric zwei Wettbewerbe in Italien und Ungarn bestritten.

Neben den technischen Weiterentwicklungen wurden auch weitreichende organisatorische Verbesserungen umgesetzt. Hervorzuheben ist hier die Bildung neuer Abteilungen für Sponsoring und Human Resources. Damit konnten die Kontakte zu externen Partnern weiter intensiviert und das Team deutlich vergrößert werden.

Auch war das Team bei weiteren Aktivitäten innerhalb und außerhalb der Hochschule im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hochschule aktiv, unter anderem bei den Schülerinformationstagen und bei der Langen Nacht der Wissenschaften.



## 1. Projektdaten

Fördersumme	6.700 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2015
Fakultät	Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Ulrich Grau
Kontaktdaten	E-Mail: <a href="mailto:ulrich.grau@th-nuernberg.de">ulrich.grau@th-nuernberg.de</a>

## 2. Ausgangslage

Das Formula-Student-Team StrOHM + Söhne ist in der Zwischenzeit ein fester Bestandteil der TH Nürnberg. Basierend auf den Erfolgen der Saison 2014 galt es, das Team weiterzuentwickeln, die Organisation zu verbessern und natürlich ein neues Fahrzeug für die Saison 2015 aufzubauen, um damit an den internationalen Wettbewerben der Formula Student teilzunehmen.

Verschiedene technische Entwicklungen zum Fahrzeug werden dabei im Rahmen von Lehrveranstaltungen oder durch die Betreuung von Abschlussarbeiten im Rahmen des Bachelorstudiengangs Maschinenbau durchgeführt. Projektarbeiten im Team können bei Erfüllung entsprechender Voraussetzungen auch als fachwissenschaftliches Wahlpflichtfach anerkannt werden. Des Weiteren ist eine Anerkennung der Mitarbeit im Team als allgemeinwissenschaftliches Wahlfach fakultätsübergreifend möglich.

Aufbauend auf dem Reglement der Formula Student Electric wird für jede Saison ein neues Fahrzeug entwickelt. Dabei sind strenge Sicherheitskriterien einzuhalten. Eine weitere große Herausforderung nach der erfolgreichen Entwicklung ist die termingerechte Umsetzung der Konstruktionen, die Fertigung und Beschaffung der Komponenten sowie der Zusammenbau und die Inbetriebnahme des Fahrzeugs. Aufgrund des gesamten Umfangs der verschiedenen Disziplinen und der komplexen Bauteile ist dies nur durch eine intensive Teamarbeit und durch Zusammenarbeit mit Partnern aus der freien Wirtschaft möglich.

Ein weiterer wichtiger Aspekt um erfolgreich an den Wettbewerben teilnehmen zu können, ist die Einhaltung eines Terminplanes, in dem wichtige Meilensteine festgelegt sind. Nur wenn alle einzelnen Entwicklungsschritte und Teilsysteme termingerecht fertiggestellt sind, kann ein funktions- und wettbewerbsfähiges Fahrzeug bereitgestellt werden.

## 3. Ziele des Forschungsprojekts

Im Vordergrund des Formula-Student-Teams steht zunächst die Entwicklung des Fahrzeugs. Durch die Einbindung in die internationalen Konstruktionswettbewerbe der Formula Student Electric sind dabei ein entsprechendes Reglement und Regelungen vorgegeben, die sehr stringent kontrolliert werden.

Die beteiligten Studierenden, unabhängig von Studiengang und Studienfortschritt, sollen innerhalb des Teams und den darin gebildeten Abteilungen die Möglichkeit erhalten, ihr vorhandenes Wissen und die persönlichen Fähigkeiten praktisch und zielorientiert einzubringen und wichtige Erfahrungen für das spätere Berufsleben zu sammeln.

Dies sind zum einen natürlich technisch-naturwissenschaftliche Aufgabenstellungen, bei denen das an der Hochschule Gelernte in die Praxis umgesetzt werden kann. Darüber hinaus ergeben sich aber weitere Anforderungen und praktische Erfahrungen im Bereich interdisziplinärer Arbeitsumgebungen und sehr wichtige Erfahrungen im Bereich der Teamarbeit und Organisation. Bei der Entwicklung und dem Bau eines Rennfahrzeuges wird jeder Beteiligte sehr schnell erkennen, dass nur eine strukturierte Gruppe in der Lage ist, diese Aufgabe zu erfüllen. Innerhalb dieser Strukturen sammeln die Beteiligten wichtige Erfahrungen bei der Projektarbeit, der Übernahme von Verantwortung und der Pflege von Netzwerken.

#### 4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Die Saison 2015 des Formula-Student-Rennteam StrOHM + Söhne e.V. der TH Nürnberg war von einigen Neuerungen und innovativen Weiterentwicklungen geprägt.

So wurde die Teamstruktur grundlegend überarbeitet. Neben den altbewährten technischen Abteilungen wurden im Bereich der Organisation neue Abteilungen wie Sponsorenbetreuung, Human Resources und Projektmanagement aufgebaut und integriert. Erfreulich ist auch, dass drei von fünf Positionen innerhalb der Teamleitung für die kommende Saison von Studentinnen besetzt sind.

Vor allem die Abteilung Human Resources erwies sich im Verlauf der Saison 2015 als voller Erfolg. So entwickelten sich die Mitgliederzahlen von 45 Anfang des Jahres 2015 auf 104 Mitglieder im Dezember 2015. Es gelang außerdem, den Anteil der Studierenden aus der Fakultät Betriebswirtschaft von zwei auf zwölf Mitglieder zu erhöhen. Auch konnten neben den Studierenden aus der Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik und der Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik, vermehrt Studierende der Fakultäten Angewandte Chemie, Werkstofftechnik, Verfahrenstechnik und Informatik für das Projekt gewonnen werden.

Mit Hilfe der neu gegründeten Abteilung Sponsorenbetreuung wurden die Beziehungen zu den unterstützenden Unternehmen weiter intensiviert. Nur durch die Unterstützung aus den Betrieben und Unternehmen ist es überhaupt möglich, ein Rennfahrzeug aufzubauen. Im Jahr 2015 zählten etwa 80 regionale und überregionale Unternehmen zum Unterstützerkreis des Teams StrOHM + Söhne e.V. Den Studierenden wird dabei auch die Möglichkeit gegeben, einige der Unternehmen zu besuchen, um sich mit den Abläufen und Technologien in den Betrieben vertraut zu machen. Hier sind vor allem Besuche bei der Schaeffler AG, der Continental AG in Nürnberg, der ZF Auerbach oder auch der Deinzer Metallverarbeitung zu nennen.



Das Fahrzeug der Saison 2015: Nora 3 im Renneinsatz



Technisch wurden vor allem im Bereich der fahrzeuginternen Kommunikation entscheidende Entwicklungen getätigt. So wurde ein CAN-Bus-System mit innovativen Sensordatenknoten für das Fahrzeug von Studierenden entwickelt und erfolgreich implementiert. Auch das selbstentwickelte Batterie-Management-System wurde weiter verbessert und um neue Funktionen erweitert. Im Bereich der Mechanik wurde vor allem die Fahrwerks- sowie die Rahmengeometrie optimiert und damit weiter das Gesamtgewicht reduziert. Der Antrieb wurde überarbeitet und im Bereich der Getriebeverzahnungen maßgeblich verbessert.

Ein herausragendes Ereignis im vergangenen Jahr war die von den Studierenden organisierte Fahrzeugpräsentation der NoRa 3. Zu diesem „Roll out“ waren die Sponsoren und Unterstützer des Teams eingeladen. Das Interesse an der Veranstaltung war sehr groß, und so konnten viele Firmenvertreter an der Technischen Hochschule Nürnberg begrüßt werden. Daneben gab es im Verlauf des Jahres weitere Beteiligungen bei verschiedenen Veranstaltungen im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit der Hochschule, so zum Beispiel bei den Schülerinformationstagen 2015 oder bei der Langen Nacht der Wissenschaften im Oktober 2015.

Im Rahmen der Formula Student Electric nahm das Team der Hochschule in der Saison 2015 an drei großen Veranstaltungen teil.

Das war zunächst das von ZF organisierte „ZF Racecamp“ in Friedrichshafen. Bei dieser Veranstaltung steht jährlich die Vorbereitung auf die eigentlichen Wettbewerbe der Saison im Vordergrund und bietet die Möglichkeit, mit den Teams der anderen Hochschulen in Kontakt zu treten. Im August und September folgten dann die internationalen Wettbewerbe in Győr (Ungarn) und in Varano de Melegari (Turin, Italien). In Italien konnte nach einem herausragenden 5. Platz in 2014 erneut eine Platzierung in den Top Ten des großen Teilnehmerfeldes erreicht werden.

Trotz der sportlichen Konkurrenz bei den internationalen Wettbewerben sind diese geprägt durch eine teamübergreifende Zusammengehörigkeit, die gemeinsamen Interessen und Ziele und durch eine große gegenseitige Hilfsbereitschaft. All das unabhängig von der Ethnizität, der Nationalität oder der Hochschulzugehörigkeit.



Die beteiligten Teammitglieder von StrOHM + Söhne e.V. beim Internationalen Wettbewerb in Ungarn im August 2015

Die im Rahmen der Lehrforschung bereitgestellten Mittel wurden teilweise für Fahrzeugkomponenten (u.a. Elektronikkomponenten, Dämpfer etc.), im Wesentlichen aber zur Verbesserung der Sicherheit des Projektes verwendet, speziell für einen feuerfesten Sicherheitsschrank zur sicheren Aufbewahrung der Akkuzellen.

## 5. Nachhaltigkeit

Es kann festgestellt werden, dass sich das Projekt Formula Student sehr erfolgreich weiterentwickelt. Erfreulich dabei sind der Zuwachs an Mitgliedern und auch die zunehmende Beteiligung der Studierenden verschiedener Fakultäten. Zwischen den jeweiligen Fahrzeuggenerationen ist eine stetige technische Verbesserung erkennbar.

Die sich beteiligenden Studierenden haben dabei vielfältige Möglichkeiten, wichtige Erfahrungen zu sammeln und das theoretische Wissen der Lehrveranstaltungen praxisnah, interdisziplinär und vertiefend anzuwenden. Der Kontakt zwischen Studierenden und der Wirtschaft wird dabei ebenso gefördert wie die Präsenz der Hochschule in der Öffentlichkeit und in den Unternehmen.

Die Formula Student Electric liefert dabei ein spannendes, motivierendes und internationales Umfeld. Das Formula Student Team der TH Nürnberg ist ein sichtbarer und wertvoller Bestandteil der Hochschule geworden und soll dies auch in Zukunft weiter bleiben.







ISSN 1867-4585

[www.th-nuernberg.de](http://www.th-nuernberg.de)