

Aktuelles aus Bildung und Wissenschaft, Forschung und Entwicklung



Alle Abbildungen dieser Heftstrecke, soweit nicht anders angegeben: © Forschungsinstitut STEPS

Das Forschungsinstitut STEPS an der FH Köln im Porträt

- FH Köln fördert selbstständig forschendes Lernen
- Forschung an einer Fachhochschule – das geht
- Prof. Astrid Rehorek im Interview: „Wasser muss für Mensch und Natur als Ressource nutzbar bleiben“
- Strukturiertes Promotionsprogramm: „Vernetzung und Austausch sind sehr wichtig“

Aktuelle Forschungsprojekte und Ergebnisse

- Vier-Nationen-Projekt Enerwater: Wie den Stromverbrauch auf Kläranlagen reduzieren?
- Der Preis der leuchtenden Farbe – zur biologischen Behandlung von Azofarbstoffen

Zugunsten der besseren Lesbarkeit wurde in allen folgenden Berichten des Netzwerk Wissens auf die weiblichen Formen der Stellen-, Funktions- oder Berufsbezeichnungen verzichtet. Wo die männliche Form genannt ist, inkludiert das Personen männlichen und weiblichen Geschlechts gleichermaßen.

Im Themencluster „Wasser, Energie, Umwelt“ erarbeiten Natur- und Ingenieurwissenschaftler gemeinsam Konzepte einer nachhaltigen Technologieentwicklung



Die FH Köln fördert selbstständig forschendes Lernen

Die Fachhochschule Köln fokussiert bei ihren Aktivitäten auf nachhaltige Entwicklungen. In der Lehre bietet sie ihren Studierenden zahlreiche Studiengänge mit Umweltbezug an, wie z. B. den Bachelor- und Masterstudiengang Erneuerbare Energien oder die Masterstudiengänge Green Building Engineering, Integrated Water Resources Management, Natural Resources Management and Development bzw. Renewable Energy Management.

Auch im Forschungsprofil der Hochschule spielt Nachhaltigkeit eine wichtige Rolle. Insbesondere die Wissenschaftler im Themencluster „Wasser, Energie, Umwelt“ suchen nach Lösungen, um mit nachhaltigen Technologien eine wachsende Weltbevölkerung mit sauberem Wasser, Nahrungsmitteln und mit Energie zu versorgen. Dabei können regionale Strategien ebenso eine Rolle spielen, wie globale Lösungsansätze.

Im Themencluster „Wasser, Energie, Umwelt“ ist das Forschungsinstitut STEPS (*Sustainable Technologies and Computational Services for Environmental and Production Processes*) verortet. Hier widmen sich Natur- und Ingenieurwissenschaftler gemeinsam zukunftsweisenden und zukunftsstragenden Konzepten der nachhaltigen Technologieentwicklung. Dabei spielen vor allem Technologien eine Rolle, die einen effizienteren Umgang

mit Energie und Ressourcen ermöglichen und so einen Teil des stetig wachsenden Nahrungs-, Trinkwasser- und Energiebedarfs der Weltbevölkerung kompensieren können.

Die Forschungsaktivitäten im Themencluster – ebenso wie in den anderen Clustern – strahlen in die Lehre zurück und ermöglichen es den Studierenden so, auf aktuellem Stand der Wissenschaft und selbstständig forschend zu lernen.

Fachhochschule Köln

Die Fachhochschule Köln ist die größte Fachhochschule in Deutschland. 1971 startete die Hochschule mit ca. 5000 Studentinnen und Studenten, heute sind es über 23000 Studierende, die sich für einen der über 80 Studiengänge an der Fachhochschule Köln entschieden haben. Insgesamt 11 Fakultäten und das Institut für Tropentechnologie decken Sozial-, Kultur- und Ingenieurwissenschaften ebenso ab wie die Angewandten Naturwissenschaften. Mit diesem Profil fühlt sich die Hochschule verpflichtet, einen nachhaltigen Beitrag zur Weiterentwicklung der Gesellschaft zu leisten.

Forschung an einer Fachhochschule – das geht!

Das Forschungsinstitut STEPS vereint acht Bereiche unter seinem Dach

Kann man an Fachhochschulen forschen? „Aber selbstverständlich“, zeigt sich Prof. Dr. Astrid Rehorek überzeugt. Die Professorin für Chemie muss es wissen. Denn sie leitet das Forschungsinstitut STEPS, das erste Institut der Fachhochschule Köln, das explizit auf Forschungsaktivitäten ausgerichtet ist.

Das Akronym STEPS steht für Sustainable Technologies and Computational Services for Environmental and Production Processes (Nachhaltige Technologien und Computerservices für Umwelt und Produktion). Dahinter verbirgt sich ein weites, wissenschaftliches Betätigungsfeld, in dem über 40 Wissenschaftler der Fachhochschule Köln tätig sind. Fast alle von ihnen haben einen natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Hintergrund und begeistern sich dafür, mit innovativen Technologien nachhaltige Entwicklungen – z.B. der Industrie – voranzutreiben.

Um seine Forschungsvorhaben optimal zu strukturieren und sichtbar zu machen, hat das Institut aktuell acht sich dynamisch entwickelnde Forschungsbereiche (siehe Grafik) aufgestellt, die als eine Kompetenzplattform agieren. Die Forschungsbereiche weisen Schnittstellen zueinander auf. Dies bedeutet, dass viele von Ihnen sich beispielsweise ähnlicher Methoden bedienen oder verwandte Ziele verfolgen.

Zudem arbeiten die Teams in den Forschungsbereichen interdisziplinär: Im Energie- und Ressourcenmanagement beispielsweise sind Automatisierungstechniker und Naturwissenschaftler, die sich mit Projekten im Biogasbereich beschäftigen, ebenso vertreten wie Elektrotechniker, die sich mit aktuellen Fragen zum Energiemanagement und zur Energiespeicherung auseinandersetzen.

Viele Promovierende im Bereich Wasser und Wasserbehandlung

Einen besonderen Stellenwert nimmt der Forschungsbereich *Wasser und Wasserbehandlung* ein. Zum einen weist er verschiedene Schnittstellen mit anderen Forschungsbereichen, wie den Membranprozessen, auf. Gerade in diesem Bereich forschen zum anderen aber auch besonders viele Promo-

vierende. Hier werden zahlreiche Themen abgedeckt, die den effektiven Einsatz der Ressource, die Behandlung von Wasser (Zero-Liquid-Discharge) oder den Gewässerschutz betreffen (siehe S. 755 f., Bericht Azofarbstoffe). Auch Drittmittelprojekte des Instituts beschäftigen sich mit dieser wichtigen Ressource (siehe S. 753 f., Bericht Enerwater).

„Der besondere Stellenwert von Wasser ergibt sich zum einen daraus, dass Wasser eine Lebensgrundlage aller Menschen, Tiere und Pflanzen darstellt. Zum anderen ist Wasser aber auch die einzige Ressource, die nicht nachgebildet wird, sondern im Kreislauf geführt werden muss. Man kann Wasser in dem Sinne nicht „verbrauchen“, aber man kann es so verschmutzen, dass es für Mensch und Natur unbrauchbar wird. In unserem Forschungsbereich gehen wir in vielen Projekten der Frage nach,

wie das verhindert werden kann,“ erklärt Prof. Rehorek, die gemeinsam mit Matthias Balsam, einem ihrer Doktoranden, den Forschungsbereich koordiniert.

Die Expertise der beteiligten Wissenschaftler umfasst mehr als die chemische, biologische oder sonolytische Wasserbehandlung oder das energieeffiziente Wasserressourcenmanagement. Auch das Wassermanagement und die prozessanalytische Reaktionsaufklärung sind wichtige Forschungsfelder. Matthias Balsam widmet sich in seiner Dissertation der Aufklärung des biologischen Abbaus ausgewählter anthropogener Stoffe, die z.B. in die Klassen der Pharmazeutika, Pestizide und Desinfektionsmittel fallen. „Dazu verwende ich moderne Analysetechniken wie LC-MS/MS Systeme, mit denen ich spezifische Informationen zum Abbauverhalten und



zu potenziell kritischen Metaboliten und Transformationsprodukten erhalte“, erklärt der Doktorand. „Zum Glück gibt es hier, im Center für Prozessanalytik und Prozessanalysetechnik, viel Fachwissen und umfangreiche Methodenkenntnisse, was mein Thema anbelangt.“

Auch in den anderen Forschungsbereichen und bei forschungsbereichsübergreifenden Projekten funktioniert die wissenschaftliche Zusammenarbeit. Dies liegt an der freiwilligen, historisch gewachsenen Mitgliederstruktur: Das Forschungsinstitut STEPS ist aus einer Kompetenzplattform hervorgegangen, die bis 2012 öffentlich gefördert und nach externer Evaluation zur Weiterführung als Institut empfohlen wurde.

Mitgliederzahl seit 2013 verdoppelt

Seit 2013 können sich alle interessierten, engagierten und forschungstarken Wissenschaftler der Hochschule um Mitgliedschaft bewerben. Auch Wissenschaftler, die außerhalb der FH Köln tätig sind, können als Gastmitglied aufgenommen werden. Aus diesem Grund konnte das Institut seine Mitgliederzahl in den vergangenen zwei Jahren fast verdoppeln. Insbesondere die Zahl der promovierenden Mitglieder ist stark gestiegen. Die Verantwortlichen werten das als erfreuliche Entwicklung, da es – neben der Bündelung der Forschungsaktivitäten und der Erzeugung von Synergien und Mehrwerten für die beteiligten Forscher – ein wesentliches Ziel des Instituts ist, den wissenschaftlichen Nachwuchs optimal zu fördern (siehe S. 751 f.).

In naher Zukunft will das Institut weitere Forschungsprojekte in seinem Themenbereich angehen. Einige der in diesem Jahr



Im Bereich Wasser und Wasserbehandlung forschen besonders viele Promovierende

gestellten Drittmittelanträge waren bereits erfolgreich. Hier setzt man bei STEPS nicht nur auf umfangreiche Anträge bei den öffentlichen Mittelgebern wie der Deutschen Forschungsgemeinschaft, sondern auch auf vergleichsweise kleine Projekte mit regionalen Unternehmen. „Die Kooperation mit Unternehmen bringt dem Institut viel mehr als nur Forschungsgelder ein“, sagt Prof. Dr. Ingo Stadler vom Forschungsbereich Energie- und Ressourcenmanagement. „Wir können auch Anwendungsmöglichkeiten unserer Technologien testen und

uns mit den Entwicklern aus der Praxis über neue Methoden und Theorien austauschen. Deswegen freuen wir uns immer über Anfragen aus den Unternehmen.“

Kontakt:

Dr. Anne-Kathrin Hillenbach
 Fachhochschule Köln
 Forschungsinstitut STEPS
 Betzdorfer Str. 2, 50679 Köln
 Tel. (0221) 8275-2036
anne-kathrin.hillenbach@fh-koeln.de
www.steps.fh-koeln.de

Expertise der Forschungsbereiche Wasser, Membran & Energie

Bereich Energie- und Ressourcenmanagement

Der Forschungsbereich widmet sich den Prozessen, die (erneuerbare) Energie erzeugen, speichern und effizient nutzen.

Koordinator: Prof. Dr. Michael Bongards

- erneuerbare Energiesysteme
- Bioenergie im ländlichen Raum
- Wasser-, Abwasser- und Energienetze
- Wertschöpfungsketten mit Einsatz von Reststoffen
- Potenzial- und Prozessanalyse für die energieeffiziente Produktion



Bereich Membranprozesse

Der Forschungsbereich widmet sich Forschungsfragen rund um die Entwicklung und Nutzung von Membranen und berücksichtigt hier vor allem Prozesse, die mit der Wasseraufbereitung in Verbindung stehen.

Koordinator: Prof. Dr. Gerd Braun

- Entwicklung von Membran-Prozessen
- Membrandestillation
- Modul-Entwicklung
- Hochdruck-Gastrennung
- membrangestützte Wertstoff-Rückgewinnung
- Scaling und Fouling Untersuchungen
- Membran-Autopsie



Bereich Wasser und Wasserbehandlung

Der Forschungsbereich widmet sich den Prozessen rund um die Ressource Wasser, insbesondere der Wasseranalytik, Aufbereitung und Behandlung.

Koordinatorin: Prof. Dr. Astrid Rehorek

- neue Kontaminationen an anthropogenen Schadstoffen und Pathogenen
- prozessanalytische Reaktionsaufklärung und Verfahrensentwicklung
- Verfahrensoptimierung für Synthese-, Prozess-, Sicker-, Gär- und Abwässer
- biologische, chemische und sonolytische Wasserbehandlung
- industrielle und Umweltbiotechnologie
- Hydrologie, Hydrometrie und Telemetrie
- Wassermanagement
- dezentrale Wasserbehandlung und marktfähige Techniken für den ländlichen Raum
- energieeffizientes Wasserressourcenmanagement





„Wasser muss für Mensch und Natur als Ressource nutzbar bleiben“

Fair gehandelter Kaffee, Tüftler innovativer Forschungsanlagen, anwendungsorientierte Praxisprojekte für Bachelor- und Masterstudierende – ja bitte! Im Interview mit gwf-Wasser|Abwasser spricht die Geschäftsführende Direktorin des Forschungsinstituts STEPS an der FH Köln **Prof. Dr. Astrid Rehorek** über Nachhaltigkeit, Unterschiede zwischen Forschung an Universitäten und Fachhochschulen sowie Schnittstellen zur Lehre.

Das Forschungsinstitut STEPS trägt Nachhaltigkeit im Namen. Das ist ja zunächst einmal ein eher abstrakter Begriff. Was verstehen Sie – speziell für den Forschungsbereich Wasser und Wasserbehandlung – denn konkret darunter?

Prof. Dr. Astrid Rehorek: Nachhaltig bedeutet für uns nicht einfach nur „langfristig“. Wir teilen die Definition von Nachhaltigkeit, wie sie in politischen Kontexten vorherrscht: Hier vereint der Begriff ökologische, ökonomische und soziale Aspekte. Speziell für den Wasserbereich bedeutet dies, dass Wasser

für Mensch und Natur als Ressource nutzbar bleiben muss und dass zu dieser Nutzbarmachung Technologien einzusetzen sind, die so effizient und kostengünstig sind, dass sie auch in weniger wohlhabenden Ländern Verwendung finden können.

Der Begriff Nachhaltigkeit wird in der derzeitigen umweltpolitischen Diskussion nahezu inflationär verwendet. Muss heutzutage eigentlich alles „nachhaltig“ sein?

Rehorek: Sie haben Recht, dass der Begriff inflationär verwendet wird. Zu-

dem ist er nicht rechtlich geschützt. Aber dennoch ist das Konzept der Nachhaltigkeit unglaublich wichtig. Nur ein Umgang mit unseren Ressourcen, der dem Nachhaltigkeitsgedanken folgt, kann in unserer industrialisierten Welt sichern, dass die Ressourcen der Erde auch für kommende Generationen verfügbar sind.

Was tun die Wissenschaftler bei STEPS, damit der Begriff in ihrer Forschung nicht zum Lippenbekenntnis verkommt?



Prof. Astrid Rehorek: „Ein Forschungsinstitut an einer Fachhochschule ist sinnvoll, weil hier die vielen Forschungsaktivitäten gebündelt werden können, weil so ein wissenschaftliches Netzwerk entsteht und wissenschaftlicher Austausch institutionell ermöglicht wird.“

Rehorek: Zunächst einmal das, was Wissenschaftler in erster Linie tun sollten, nämlich forschen und entwickeln. Vielleicht ein kleines Beispiel: Mein Doktorand Christoph Steiner optimiert in seiner Doktorarbeit diverse Verfahren zur Aufbereitung und zum sicheren Umgang mit Deponiesickerwässern. Seine Arbeit schützt das Grundwasser in der Region und kann als Beispiel für andere Regionen dienen.

so ein wissenschaftliches Netzwerk entsteht und wissenschaftlicher Austausch institutionell ermöglicht wird. Das sind die wesentlichen Gründe, aber es gibt auch viele weitere: Zum Beispiel wird bei STEPS sehr industrie-, aber weniger erfahrungsfähigen Kollegen der Einstieg in die Forschung erleichtert, indem sie Mentoren finden und in bestehende Projekte eingebunden werden.

„Forschungsprojekte in interdisziplinären Verbänden sind unsere Stärke“

Also ein besonderes Augenmerk auf den Gewässer- und Ressourcenschutz in der Forschung. Und sonst?

Rehorek: Zudem versuchen wir, den Nachhaltigkeitsgedanken auch in die Öffentlichkeit zu tragen. Wir haben uns beispielsweise mit einer Diskussionsrunde an den Deutschen Aktionstagen Nachhaltigkeit beteiligt, die Schülern sowie deren Eltern eine wissenschaftliche Antwort auf Umweltfragen des Alltags geben sollte. Und in einigen Kleinigkeiten achten wir natürlich auch ganz praktisch auf einen nachhaltigen Alltag in der Forschung: Wenn Sie uns besuchen, werden wir Ihnen fair gehandelten Kaffee anbieten, in Labor- und Technikbereichen wird auf Materialersparnis bzw. sinnvolle Abfallvermeidung und -verwertung geachtet.

Welche Kriterien spielen bei der Bearbeitung der Forschungsprojekte am Forschungsinstitut STEPS außerdem eine Rolle?

Rehorek: Grundsätzlich sind unsere Mitglieder natürlich frei in Ihrer Forschung. Wir freuen uns aber besonders über Projekte, die in interdisziplinären Verbänden erforscht werden, da wir hier eine besondere Stärke des Instituts sehen.

Seit 2013 besteht das Forschungsinstitut an der Fachhochschule Köln. Bringen Sie bitte auf den Punkt: Warum macht ein Forschungsinstitut an einer Fachhochschule Sinn?

Rehorek: Weil hier die vielen Forschungsaktivitäten gebündelt werden können, weil

Unterscheiden sich Forschungsarbeit oder auch Forschungsschwerpunkte an einer Fachhochschule im Vergleich zu denen an einer Universität?

Rehorek: Natürlich unterscheidet sich die Forschungsarbeit teilweise noch. Unser Budget für Forschung ist leider einfach geringer – sowohl was die Geräteausstattung als auch das Personal anbelangt.

Wo hat eine Fachhochschule aber vielleicht doch die Nase vorn?

Rehorek: Wir haben zum Beispiel tolle Industriekontakte und einige unserer Doktoranden sind richtige Tüftler, die sich eigene, innovative Forschungsanlagen selbst für Ihre Bedürfnisse herrichten. In der Industriepraxis kommt dies wahrscheinlich sehr gut an, dass unsere Doktoranden Laboranlagen oder sogar halbertechnische Anlagen selbst (mit)entwickelt und zum großen Teil auch selber gebaut haben.

Inwieweit kommt die Arbeit am STEPS nicht nur Promovierenden, sondern auch Bachelor- oder Master-Studierenden an der FH Köln zugute?

Rehorek: Insbesondere dadurch, dass die anwendungsorientierten, industrie- und marktnahen STEPS-Projekte zahlreiche Möglichkeiten für Praxisprojektangebote und Themen für Bachelor- oder Master-Projekte liefern. Hier investieren wir gern, denn es hilft, die Wissens- und Betriebskontinuität, die Forschung braucht, zu sichern.

Existieren Schnittstellen zwischen der Forschung am STEPS und der Lehre an der FH Köln?

Rehorek: Sehr enge sogar. Wir könnten schon rein finanziell nicht als quasi internes Graduiertenkolleg agieren, wenn wir als Betreuer von Promovierenden nicht aktiv fachlich und thematisch passende Lehrmodule kreieren und für unsere drei Fakultäten absichern würden. Das ist insbesondere für den Masterbereich wichtig.

Zum Schluss ein Blick in die Zukunft: Wo soll STEPS in, sagen wir, fünf Jahren stehen?

Rehorek: STEPS soll als erstes Forschungsinstitut unserer Hochschule in fünf Jahren nicht mehr „nur“ Forschungsleuchtpunkte eines breiten ingenieur- und naturwissenschaftlichen Feldes bündeln und vertiefen, sondern Bestandteil mehrerer erfolgreicher In-Institute sein, die in weiterentwickelten, strukturierten Verbänden mit lokalen und internationalen Universitäten agieren und eigenen jungen Nachwuchswissenschaftlern auf einem hohen Niveau den Spaß und die Kreativität der Forschung vermitteln können.

Frau Prof. Rehorek, vielen Dank für das Interview.



Zur Person

Prof. Dr. Astrid Rehorek ist Geschäftsführende Direktorin des Forschungsinstituts STEPS, Gründungsdekanin der Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften und Professorin für Chemie an der Fachhochschule Köln. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Biochemischen Verfahrenstechnik, Analytischen Chemie und Prozessanalysetechnik.

„Vernetzung und Austausch sind sehr wichtig“

Doktoranden profitieren von guten Kontakten zu Universitäten, wissenschaftlicher Diskussion und finanzieller Unterstützung

Fachhochschulen haben kein Promotionsrecht – aber herausragende Absolventen, die sich mittels einer Promotion akademisch weiterqualifizieren möchten. Diese Nachwuchswissenschaftler wollen intensiv forschen, doch vielen von ihnen fehlen die Netzwerke, um einen Betreuer an einer Universität zu finden, zumal der Konkurrenzdruck an den Universitäten in einigen Fächern immens ist.

Fachhochschulen, die sich für diese Absolventen verantwortlich fühlen, finden seit einigen Jahren Mittel und Wege, eine Promotion zu ermöglichen. Einer der Wegbereiter ist das Forschungsinstitut STEPS an der Fachhochschule Köln. Hier werden Promovierende in kooperativen Promotionsverfahren neben ihren Fachhochschulbetreuern auch von interessierten Universitätsprofessoren unterstützt, gefördert und intensiv betreut. Doch wie funktioniert das in der Praxis?

„Zunächst müssen Positionen geschaffen werden, in denen Forschung einen wichtigen Teil der Dienstaufgaben einnimmt“, erläutert Prof. Dr. Michael Bongards, Vorstandsmitglied des Instituts. „Wir waren mit einem Antrag auf eine NRW-Kompetenzplattform erfolgreich, die zehn Stellen für Promovierende ermöglichte“, untermauert Prof. Dr. Astrid Rehorek, die die Kompetenzplattform ins Leben gerufen hat. „Diese Kompetenzplattform, die vom Ministerium 2012 zur Verstetigung empfohlen wurde, bildete den Ausgangspunkt für unser nun etabliertes Forschungsinstitut STEPS“, führt die Institutsdirektorin des im Juni 2013 gegründeten STEPS-Instituts weiter aus. In dieses sind aktuell 20 Promovierende integriert, die über einzelne Projektstellen, zum Beispiel mit Industriepartnern, oder aber auch über Planstellen der Fakultäten finanziert werden.

Wenn die finanzielle Sicherheit für die Promotionskandidaten hergestellt ist, wird eine Kooperation mit einem universitären Partner vorbereitet. Hier zahlt es sich aus, dass viele Professoren des Forschungsinstituts gute persönliche Kontakte mit den Universitäten pflegen und eine gute Vertrauensbasis vorhanden ist. Die Doktoranden können daraufhin Kontakt zum



Informeller Austausch von drei Promovierenden des Forschungsbereichs „Membranprozesse“

universitären Partner aufbauen und sich an den Fakultäten als Promovierende aufnehmen lassen, auch wenn sie überwiegend an der Fachhochschule Köln arbeiten und forschen.

Optimale Betreuung im strukturierten Promotionsprogramm

Spätestens ab diesem Zeitpunkt möchte das strukturierte Promotionsprogramm des Forschungsinstituts STEPS seine Promovierenden optimal fördern. Das Programm setzt unter anderem auf gute Betreuung, Weiterbildungsmaßnahmen, Vernetzung und finanzielle Unterstützung bei Konferenzreisen und Publikationen. „Alle unsere Promovierenden haben Betreuungsvereinbarungen, die ihnen transparent machen, was von ihnen erwartet wird, aber auch, was sie von ihren

Professoren erwarten dürfen“, erklärt Dr. Anne Hillenbach, Koordinatorin des Forschungsinstituts und des STEPS-spezifischen Doktorandenseminars.

In strukturierten Promotionsprogrammen wird nicht nur auf die „Fürsorge“ des Doktorvaters gesetzt. Im Forschungsinstitut STEPS haben die Promovierenden die Gelegenheit, sich in die unterschiedlichen Forschungsbereiche einzubringen und sich dort auszutauschen. Darüber hinaus finden regelmäßig Veranstaltungen für die gesamten STEPS-Mitglieder statt, sodass jeder genau weiß, wo Expertise in bestimmten Bereichen zu finden ist. Das Doktorandenseminar des Instituts ist in diesem Zusammenhang eine Institution an der Fachhochschule: Über 100 Seminare haben bereits stattgefunden. „Die Vernetzung und der Austausch sind sehr

wichtig“, erklärt STEPS-Doktorand Peter Kern. „Hier an der Fachhochschule gibt es ja noch nicht so viele Doktoranden wie an den Universitäten und damit auch weniger informellen Austausch. Umso bedeutender ist es, dass die Vernetzung strukturiert und zentral gefördert wird.“

Nicht nur der Austausch vor Ort wird gefördert, sondern auch der mit der jeweiligen Scientific Community. Deswegen gibt es Unterstützung für Forschungsreisen, Konferenzbesuche oder Messeaufenthalte. „Davon habe ich schon profitiert“, erwähnt STEPS-Doktorandin Christine Kleffner. „Ich hätte meine Konferenzreisen nach Polen und nach Singapur sonst privat finanzieren müssen.“

Präsidium unterstützt extern finanziertes Graduiertenkolleg

Das Präsidium der Fachhochschule Köln und die beteiligten Fakultäten unterstützen das Forschungsinstitut STEPS mit Nachdruck dabei, seine Fördermaßnahmen für den wissenschaftlichen Nachwuchs auszubauen. Ersteres finanziert für fünf Jahre die Koordination des Kollegs, die Fakultäten bewilligen Mittel für die Reisekostenunterstützung und die Weiterbildung der Promovierenden. „Langfristig hätten wir aber auch gern ein drittmittelfinanziertes Graduiertenkolleg“, sagt Prof. Dr. Gerd Braun, der von Anfang an aktiv dabei war und in der Institutsleitung eine der drei Gründungs-

fakultäten vertritt. Bezüglich der dazu notwendigen guten Zusammenarbeit mit einer Universität ist man an der FH Köln sehr optimistisch. Prof. Dr. Klaus Becker, Vizepräsident für Forschung und Wissenstransfer, meint: „Die Professoren arbeiten gemeinsam mit den Doktoranden seit mehreren Jahren fachlich sehr intensiv an wissenschaftlichen Fragestellungen und haben vorbildliche Strukturen aufgebaut. Wir planen in Kooperation mit einer Partneruniversität, dies zukünftig in ein extern finanziertes Graduiertenkolleg zu überführen.“ Bis dahin funktioniert die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses an der FH Köln aber auch weiter in bewährter Form.



Im Forschungsinstitut STEPS haben Promovierende die Gelegenheit, sich in die unterschiedlichen Forschungsbereiche einzubringen und dort auszutauschen

Netzwerk Wissen

Universitäten und Hochschulen stellen sich vor:

Studiengänge und Studienorte rund ums Wasserfach im Porträt – in der technisch-wissenschaftlichen Fachzeitschrift gwf-Wasser | Abwasser

Kontakt zur Redaktion

Katja Ewers, E-Mail: ewers@di-verlag.de,
Stephanie Fiedler, E-Mail: fiedler@di-verlag.de



Wie den Stromverbrauch auf Kläranlagen reduzieren?

Vom Vier-Nationen-Projekt Enerwater erwarten beteiligte Hochschulen und Unternehmen einen Impuls für die Entwicklung einer europäischen Richtlinie

Peter Kern, Michael Bongards, Andreas Cronrath



Die europäischen Kläranlagen verbrauchen jährlich etwa 15 000 Gigawattstunden Strom und damit rund ein Prozent der Energieproduktion des Kontinents. Um diesen Wert zu reduzieren, haben sich neun Hochschulen und Unternehmen aus Spanien, Deutschland, Italien und Großbritannien zu dem Forschungsprojekt ENERWATER zusammengeschlossen. Das Projekt wurde im Frühjahr 2015 gestartet und wird sich in den nächsten drei Jahren mit den Themen Energieerfassung und -einsparung beschäftigen. In Deutschland beteiligen sich die Fachhochschule Köln und der Gummersbacher Aggerverband.

Projektziele

Das Ziel des im Rahmen der Life Actions im EU-Förderprogramm Horizont 2020 geförderten Projektes ist die Entwicklung eines Vergleichsstandards für den Energieverbrauch von Kläranlagen, also eines Benchmarks auf europäischer Ebene. Dazu werden Daten von 500 europäischen Kläranlagen gesammelt und in einer gemeinsamen Benchmarking Datenbank erfasst.

Da viele der öffentlich verfügbaren Daten zum Energieverbrauch aggregiert sind und nur den Gesamtverbrauch der Anlagen wiedergeben, werden zusätzlich europaweit 50 Kläranlagen mit Energie-Monitoring-Systemen ausgestattet. Diese erlauben es, den Energieverbrauch jeder einzelnen Verfahrensstufe exakt und in Echtzeit zu erfassen. Dabei wird großer Wert darauf gelegt, ein möglichst breites Spektrum an Größenklassen und Verfahrensarten abzudecken. Außerdem ist es wichtig, die verschiedenen klimatischen Bedingungen in den Partnerländern abzudecken. Die gesammelten Daten werden wiederum online in eine gemeinsame Datenbank gespeist.

Am Ende des Projektes stehen eine Benchmark-Datenbank und eine standardisierte Methodik zur Erfassung der Energiedaten für Anlagenbetreiber. Damit wird es ihnen möglich sein, ihren Ist-Zustand mit diversen anderen Anlagen zu vergleichen und zeitgleich die kritischen Verfahrensstufen zu identifizieren. Um den Aufwand für Betreiber gering zu halten, werden Energieeffizienzklassen (A, B, C, D, ...) gebildet, die den Energieeffizienzklassen von

Elektrogeräten ähneln. Auf diese Weise wird es möglich sein, auf einen Blick zu erfassen, ob ein Handlungsbedarf besteht.

Langfristig ist das Ziel des Projektes, eine EU Richtlinie zur Erfassung und Kategorisierung von Energieverbräuchen von Kläranlagen vorzubereiten und entsprechend den Energiebedarf zu reduzieren.

Herausforderung: Vergleichbarkeit von Kläranlagen

Eine der zentralen Herausforderungen im Projekt ist die Entwicklung eines Vergleichsstandards. Während es in Deutschland bereits Verfahren, wie z. B. im Arbeitsblatt DWA-A 216 beschrieben, gibt, ist dies auf europäischer Ebene noch nicht flächendeckend gesichert. Dies beginnt bereits damit, dass man entscheiden muss, ob man den Energieverbrauch pro Einwohner-

wert (EW), pro Schmutzmenge oder pro Liter Abwasser bewertet.

Des Weiteren muss man sich auf praktische Parameter, wie z. B. CSB und $\text{NH}_4\text{-N}$, einigen. Je nach Land weichen die relevanten einwohnerbezogenen Parameter sowie die gesetzlichen Grenzwerte voneinander ab. Würde man dies ignorieren, wäre eine deutsche Kläranlage, welche die strengen deutschen Grenzwerte einhalten muss, bei einfacher Betrachtung der EW benachteiligt.

Umgekehrt wäre zum Beispiel eine spanische Anlage im Nachteil, würde man nur die zu reinigende Wassermenge betrachten, da diese aufgrund der Wasserknappheit mit deutlich höheren Konzentrationen zu kämpfen hat als eine Anlage aus z. B. Großbritannien. Hinzu kommen unterschiedliche nationale Vorstellungen, welche Parameter

Projektpartner nach Ländern

- **Deutschland:** Fachhochschule Köln, Aggerverband (Anlagenbetreiber)
- **Spanien:** Universität Santiago de Compostela, Wellness Smart Cities (Technologie-lieferant), AENOR (Standardisierungsorganisation), Espinaydelfin (Anlagenbetreiber)
- **Italien:** Universität Verona, ETRA Spa (Anlagenbetreiber)
- **Großbritannien:** Cranfield Universität

Zusammenfassung der Ergebnisse für den Anwender

Neben der rein wissenschaftlichen Forschung stellt das Projekt nach Abschluss potenziellen Anwendern ganz konkrete Werkzeuge zur Verfügung:

- eine standardisierte Methode zur Erfassung von Energieverbräuchen, die es spezialisierten Auditoren ermöglicht, Anlagen zu kategorisieren
- eine Benchmark-Datenbank mit Daten von über 500 Kläranlagen
- ein Online-Werkzeug zum direkten Vergleich der eigenen Anlagendaten mit vergleichbaren nationalen und internationalen Anlagen

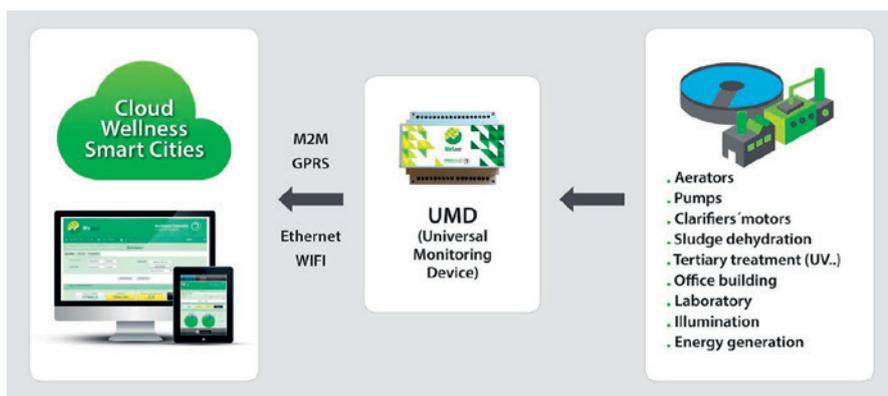


Bild 1: Datenübertragung des Energie-Monitoring-Systems



Bild 2: Kläranlage Krummenohl des Aggerverbandes. © Aggerverband

von besonderer Bedeutung sind. Am Ende muss jedoch ein Verfahren stehen, was für alle potenziellen Anwender mit vertretbarem Aufwand anwendbar ist.

Vorgehen

Europaweite Erfassung von Energiedaten: In der derzeit laufenden Startphase des Projektes beschäftigen sich die Projektbeteiligten unter Führung der Fachhochschule Köln mit der europaweiten Sammlung von Energiedaten aus Kläranlagen. Dazu werden internationale Veröffentlichungen sowie Daten aus nationalen Registern verwendet.

Zeitgleich wird ein Standard zur einheitlichen Erfassung dieser Daten entwickelt. Dies ist insofern schwierig, da die verfügbaren Daten sehr unterschiedlich in ihrer Qualität, ihrem Umfang und ihrem Detailgrad sind. Hinzu kommt, dass unterschiedliche Parameter und Einheiten verwendet werden. Außerdem wurden bereits 50 Kläranlagen, davon allein 20 Anlagen des Aggerverbandes, für die Pilot-Installation von Energie-Monitoring-Systemen identifiziert.

Installation der Energie-Monitoring-Systeme: Die UMDs (Universal Monitoring Devices) werden vom spanischen Technologieunternehmen Wellness Smart Cities hergestellt und geliefert, das bereits große Erfahrung im Bereich des Energie-Monitoring hat. Dabei handelt es sich um kompakte Baugruppen, welche direkt in die Schaltschränke der Kläranlagen integriert werden können. Sie sind in der Lage, über einfache Stromschleifen, Schnittstellen, Vergleichstandards, Modbus- oder

Profibus-Schnittstelle die gewünschten Signale aufzunehmen. Jedes Modul ist mit einem GPRS-Modem ausgestattet, welches die Daten direkt in die sogenannte Wellness Smart Cities Cloud überträgt (**Bild 1**). Da insbesondere bei größeren Anlagen die Schaltschränke für die einzelnen Verfahrensstufen örtlich verteilt sind, bieten diese Module hier die Möglichkeit, ohne großen Aufwand jeden Schaltschrank mit einem eigenen Modul auszustatten.

Für eine Anlage mittlerer Größe (**Bild 2**) wurde bei ersten Untersuchungen festgestellt, dass etwa 18 Signale notwendig sind, um den Energieverbrauch in der gewünschten Detailgenauigkeit zu erfassen. Dies sind neben der Zulaufmenge besonders die Stromverbräuche von Belüftern, Pumpen, Rührwerken etc.

Entwicklung eines Standards: Da die Entwicklung eines Standards ein aufwendiger und komplexer Prozess ist, übernimmt die Betreuung der spanische Partner AENOR. Der Spanische Normungs- und Zertifizierungsverband kann jahrelange Erfahrung bei der Erstellung von Normen vorweisen. Die Erstellung des Vergleichsstandards ist im Projekt ein offener Prozess, welcher versucht, alle Stakeholder mit einzubeziehen, und welcher die bereits bestehenden internationalen Normen berücksichtigt. AENOR organisiert dazu Stakeholder-Workshops zu den Bereichen Abwasser und Standardisierung.

Entwicklung einer Web-Anwendung: Das Frontend für den Endverbraucher wird in Form einer Webseite erstellt. Diese wird wiederum von den Experten von Wellness Smart Cities mit Unterstützung der Projekt-

partner erstellt. Hier sind insbesondere die Anlagenbetreiber gefordert, ihre Bedürfnisse einzubringen. Das fertige Werkzeug bietet dem Anwender die Möglichkeit, die Kenndaten seiner Anlagen anzugeben, die er mithilfe der entwickelten Standardmethode erfasst hat. Auf diese Weise erhält er nicht nur eine Analyse für die gesamte Anlage, sondern auch für die einzelnen Stufen.

Erwarteter Impact

Neben der Lieferung der direkten Ergebnisse möchten die Projektbeteiligten einen Impuls für die Entwicklung einer europäischen Richtlinie geben. Außerdem soll das Projekt die Diskussion im Bereich des Energieverbrauches von Kläranlagen fördern und Motivation für Energiesparmaßnahmen liefern.

Weitere Informationen:

Projektwebseite: <http://www.enerwater.eu>

Webseite der Europäischen Kommission:

http://cordis.europa.eu/project/rcn/194621_en.html

Kontakt:

Peter Kern
 Fachhochschule Köln
 Institut für Automation & Industrial IT (AIT)
 Campus Gummersbach
 Steinmüllerallee 1
 51643 Gummersbach
 Tel. (02261) 8196-6434
peter.kern@fh-koeln.de

Der Preis der leuchtenden Farbe

STEPS-Doktorand forscht zur biologischen Behandlung von Azofarbstoffen

Benjamin Frindt, Astrid Rehorek

Seit den 50er-Jahren werden Reaktivfarbstoffe in großen Mengen für die Textilfärbung eingesetzt [1]. Sie bilden feste kovalente Bindungen zwischen Farbstoff und Cellulose-Faser, was zu einer Färbung der Textilien führt. Die Hydrolyse der Reaktivfarbstoffe während des Färbeprozesses stellt eine ernst zu nehmende Nebenreaktion dar, weil die Hydrolyseprodukte nur unzureichend auf die Fasern aufgebracht werden können, bei verschiedenen Seifungsschritten abgewaschen werden und letztendlich ins Abwasser gelangen [2, 3]. Nahezu 90% des verwendeten Wassers fallen daher als Abwasser an [4]. Dies ist umso problematischer, als dass viele der Länder, in denen die Textilien gefärbt werden, unzureichende Abwasseraufbereitungsmöglichkeiten besitzen. Daher sucht man nach einer biologischen Behandlungsmöglichkeit, die ökologisch sinnvoll, aber auch einfach und kostengünstig ist. In diesem Rahmen zielen die Arbeiten darauf ab, die Belastung für Mensch und Umwelt drastisch zu verringern [5].

Zur kostengünstigen, biologischen Behandlung dieser Abwasserströme wird ein zweistufiges Reaktorsystem verwendet [5], in dem die Azofarbstoffe in einer anaeroben Stufe zunächst zu aromatischen Aminen reduziert werden, welche überwiegend als toxisch und karzinogen einzustufen sind [6] (**Bild 1**). Die akkumulierenden Abbauprodukte sollen anschließend in einer aeroben Behandlungsstufe zu unbedenklichen Stoffen weiter abgebaut werden.

Durch die Verwendung von selektiven und hochauflösenden Messverfahren werden die in den einzelnen Reaktorstufen akkumulierenden Transformationsprodukte mittels Online- und Offline-Analysen bestimmt und kontinuierlich erfasst. Neben reaktionsmechanistischen Studien verfolgt STEPS-Doktorand Benjamin Frindt die potenzielle biologische Wirkung des Fermenterinhalt während der Behandlungsprozesse und stellt die Auswirkungen auf Atmungs-, Lumineszenz-

und Wachstumsprozesse mit verschiedenen Methoden zur Toxizitätserfassung dar.

Methodisch wird eine Kombination aus Inline- und Online-Verfahren verwendet. Durch Online-Kopplung mit einer Inline-Probenentnahme können während der biologischen Behandlung repräsentative, feststoff- und sauerstofffreie Proben gewonnen werden. Diese werden direkt und kontinuierlich mit dem vorhanden LC-MS/MS-Analysesystem untersucht und die vorhandenen Stoffkonzentrationen quantitativ bestimmt [8]. Zur präzisen Absicherung der mechanistischen Untersuchungen wurde erstmalig auch die Kopplung einer UHPLC-ICP-MS/ESI-Q-TOF-MS [9] am Umweltforschungszentrum Leipzig eingesetzt. Zur Identifizierung spezieller Verbindungen diente dabei das ICP-MS-Signal (Oxygen mode: m/z 48 SO^+) als Marker für sulphonierte aromatische Amine, welche im Anschluss mithilfe der exakten Masse des ESI-Q-TOF-MS weiter bestimmt

werden konnten. Zudem führte der STEPS-Doktorand mehrere wirkungsbezogene Messungen zur Bestimmung der Toxizität mit mehreren Prozessanalytoren durch. Die inhibierende Wirkung wurde bei diesen Messungen durch Lumineszenzhemmung

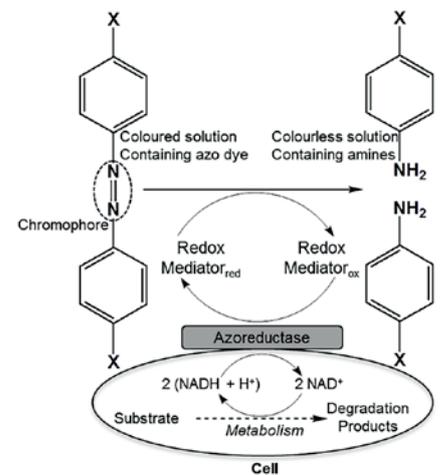


Bild 1: Biologische Reduzierung von Azofarbstoffen [7]

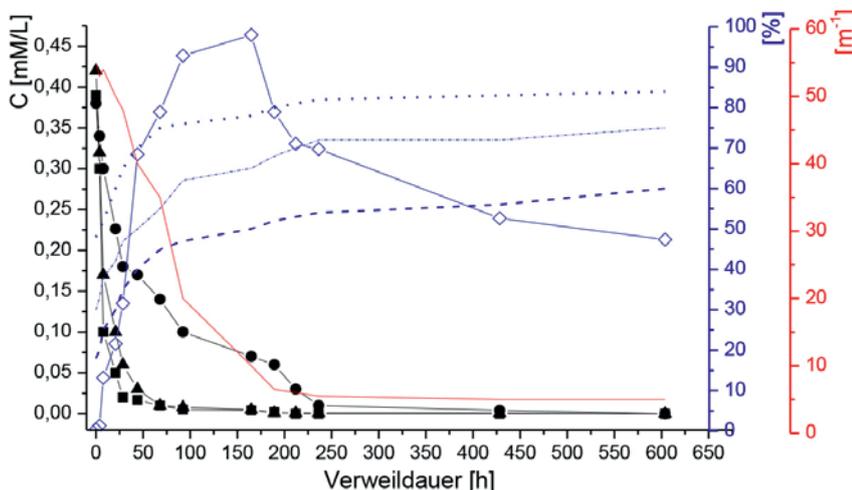
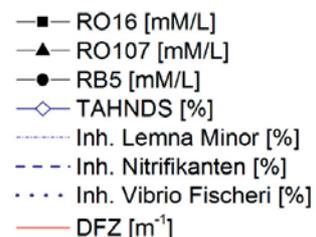


Bild 2: Darstellung des Monitoringkonzeptes [8]



von Leuchtbakterien (*Vibrio Fischeri*), Hemmung der Respirationsrate von Nitrifikanten und Wachstumshemmung von Wasserlinsen (*Lemna Minor*) bestimmt.

Mithilfe der Online-LC-MS-Analysen konnte er während mehrerer anaerober Batch-Versuche die Abbauraten für eine Mischung von drei unterschiedlichen Farbstoffen (Reactive Orange 16, Reactive Orange 107 & Reactive Black 5), die der Trichromie von Marineblau entsprechen, bestimmen. Zudem wurden die akkumulierenden Transformationsprodukte halbquantitativ über den Behandlungszeitraum verfolgt. Durch die hochauflösenden Analysen konnten zuvor angenommene, biologische Abbauelemente mittels exakter Massenbestimmung bestätigt werden.

Durch die parallel durchgeführten wirkungsbezogenen Messungen mittels der Bypass-gekoppelten Toxizitätsanalytoren konnte bestätigt werden, dass bei der anaeroben Behandlung von Azofarbstoffen mit der Entstehung von aromatischen Aminen eine Zunahme der inhibitorischen Wirkung über den Behandlungszeitraum auf Bakterien und Wasserlinsen nachweisbar ist (Bild 2). Im Gegensatz zur anaeroben Behandlung konnte in der anschließenden aeroben Verfahrensstufe eine Reduzierung der Toxizität festgestellt werden. Dies bestätigt die Notwendigkeit eines zweistufigen Behandlungskonzeptes, da die Farbstoffe lediglich anaerob reaktiv gespalten werden können, jedoch die dabei entstehenden toxischen Abbauprodukte nur mithilfe einer aeroben Behandlungsstufe aufbereitet

werden können. Dabei ist der Einsatz von anaeroben Verfahrensschritten vor der klassischen oxidativen Behandlung einfacher und kostengünstiger als der Einsatz nachgeschalteter aufwendiger Ozonisierungsstufen, über die trotz hohem Sicherheitsbedürfnis weltweit nicht jede Kläranlage verfügen kann.

Bild 3 zeigt den Offline-Toxizitätstest mit einem neuen Bildanalyse-Verfahren zur Bewertung von Abwasserproben [10]. Nach vollständiger Segmentierung der Wasserlinsen konnte mithilfe der Hough-Transformation die Anzahl der Fronds (Blätter) der Wasserlinsen ermittelt werden. Weiterhin konnte durch die korrekte Segmentierung eine Aussage über die bedeckte Oberfläche getroffen werden. Hierdurch wurde ein zusätzlicher Beobachtungsparameter gewonnen. Das Bildanalyse-Verfahren hat dabei den Vorteil, dass die Wasserlinsen bei der Vermessung nicht beschädigt werden.

Anmerkungen/Literatur

[1] Stöhr, R.: Die Hydrolyse von Farbstoffen unter dem Aspekt der Optimierung der kontinuierlichen Nachwäsche bei der Reaktivfärbung von Baumwolle. Dissertation, Universität Stuttgart, 1989.

[2] <http://www.mgh.schulnetz.hamm.de/faecher/chemie/farbstoffe/FB-skriptum2005.pdf>, Abruf am 05.12.2014.

[3] Singh, S.: Microbial Degradation of Synthetic Dyes in Wastewaters. Springer International Publishing Switzerland, 2015, 367 S.

[4] Schöneberger, H.: Zur Abwasserfrage der Textilveredelungsindustrie. Dissertation, TU Berlin, 1996.

[5] Rehorek, A., Plum, A., Senholdt, M., Gornacka, B., Györgyicze, C., Yildiz, B. und Malov, J.: Forschungsprojekt zur Verbesserung des Abbaus von Textilabwässern in einem anaerob/aeroben Reaktor zur Vorbehandlung von Abwasserkonzentraten. Abschlussbericht für das MUNLV 1-231, 2006, 231 S. http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussbericht_Textilabwasser.pdf

[6] Golka, K., Kopps, S. und Myslak, Z.: Carcinogenicity of azo colorants: Influence of solubility and bioavailability. Toxicol. Lett 151 (2004), S. 203–210.

[7] Döpken, E.: Abwasserbehandlung und Prozesswasserrecycling in der Textilveredelungsindustrie. Dissertation, IBVT-Schriftenreihe, Band 19, TU Braunschweig, 2004.

[8] Rehorek, A. und Plum, A.: Online LC-MS-MS process monitoring for optimization of biological treatment of wastewater containing azo dye concentrates. Anal. Bioanal. Chem. 384 (2006), S. 1123–1128.

[9] UHPLC-ICP-MS/ESI-Q-TOF-MS: Ultra high performance liquid chromatography – inductively coupled plasma – mass spectrometry/ Electro spray ionization - quadrupole – time of flight – mass spectrometry

[10] Morath, M.: Entwicklung eines Bildanalyse-Verfahrens zur automatischen Bestimmung der Toxizität von Wasserproben mit Biosensoren. Bachelorarbeit, Fachhochschule Köln, 2014.

Kontakt:

Benjamin Frindt
 Fachhochschule Köln, Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften
 Campus Leverkusen
 Kaiser-Wilhelm-Allee, Gebäude E39
 51373 Leverkusen, Tel. (0214) 32831-4627
 benjamin.frindt@fh-koeln.de

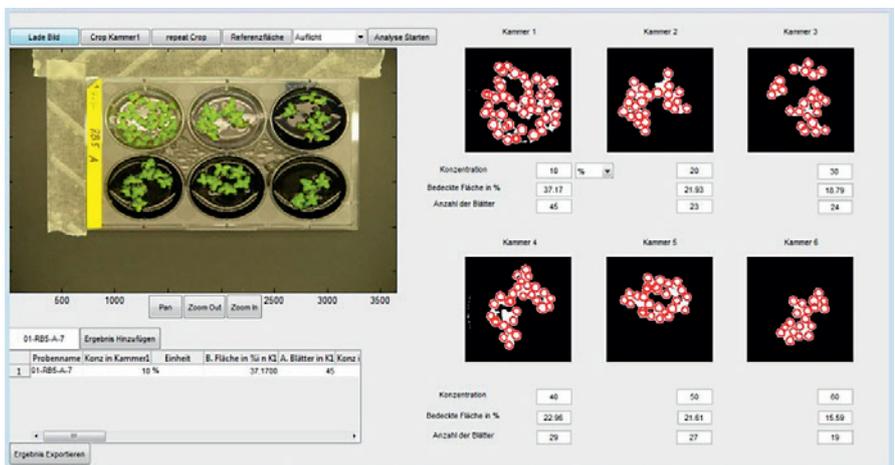


Bild 3: Selbstentwickelter Toxizitätstest *Lemna Minor* [10]

