



1 Vorbemerkungen

Der vorliegende Institutsbericht des Institutes für Chemische und Thermische Verfahrenstechnik der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig für die Jahre 2017 und 2018 soll Ihnen einen Überblick über unsere Aktivitäten in Forschung und Lehre sowie über den Tellerrand des Institutes hinaus auf Fakultät und TU geben.

Die wichtigsten Neuerungen am ICTV sind sicherlich die Berufung von Frau Juniorprofessorin Dr. Julia Großeheilmann für das Arbeitsgebiet „Pharmazeutisch-chemische Reaktionstechnik“ sowie der Bezug des neuen Zentrums für Pharmaverfahrenstechnik. Frau Prof. Großeheilmann stellt sich und ihr Programm in Forschung und Lehre im Anschluss an diese Vorbemerkung vor. Sie ergänzt mit ihren Aktivitäten die bestehenden Arbeitsgebiete

- Fouling und Reinigung,
- Innovative Apparate und Anlagenkonzepte,
- Nachhaltige Produktionstechnologien sowie
- Pharmazeutische und biotechnologische Prozesse.

Ein durchgängiges Merkmal unserer Forschungsaktivitäten in den letzten Jahren war die – zum Teil federführende – Mitwirkung in größeren, koordinierten Verbundforschungsprojekten. Einige der dabei behandelten Themen wurden in dem aus Industrie und Akademia besetzten Arbeitskreis der ProcessNet-Initiative „Wanted Technologies“ angeregt und vorbereitet.

In dem Arbeitsgebiet „Fouling und Reinigung“ wird eine breite Spanne grundlagen- wie anwendungsbezogener Projekte bearbeitet. In vier DFG-geförderten Arbeiten untersuchen wir lokale Foulingvorgänge, die Reinigung immergierter Systeme, Wirkmechanismen des Partikelfoulings auf strukturierten Oberflächen sowie den Effekt zwitterionischer Oberflächen auf das Fouling. Das Foulingverhalten fertiger wie reagierender Polymerlösungen und dessen Beeinflussung durch Oberflächenmodifikationen ist Gegenstand eines AIF-Projektes. Das zunehmende Bestreben, weg von starren Betriebsprotokollen hin zu zustands- und produktbezogener Prozessführung untersuchen wir in mehreren Projekten zur sensorgeführten Reinigung, zur Entwicklung einer Cleaning-Map für eine energie- und ressourcenoptimierte Reinigung sowie zur Reinigung von Membranen oder mikrostrukturierten Apparaten. Zusammen mit der Fa. Löhcke GmbH erforschen wir schließlich eine neue Betriebsweise für ein chemisch-physikalisches CIP-Verfahren.

In dem Arbeitsgebiet „Innovative Apparate und Anlagenkonzepte“ startete zum 01.01.2017 das Verbundprojekt „Tropfenentstehung und –reduzierung in Stoffaustauschapparaten TERESA“. Wir untersuchen darin die Tropfenentstehung sowie Vermeidungsoptionen in Zwangsumlauf-Entspannungsverdampfern sowie die multikriterielle Bewertung von Tropfenvermeidungsmaßnahmen. Weitergeführt wurden die Arbeiten zum Einsatz von Turbulenzpromotoren, speziell mit hiTRAN©-Drahtgestrickeinbauten, in Naturumlaufverdampfern sowie bei der



Kondensation in vertikalen Röhren. Angepasste Designs der Einbauten können hier eine deutliche Leistungssteigerung sowie eine Erweiterung der Betriebsbereiche ermöglichen. Neu gestartet wurden Arbeiten zur Kletterfilmverdampfung von Wasser bzw. wässrigen Lösungen. Diese robuste Verdampfungstechnologie erlaubt hohe Eindampferverhältnisse im einmaligen Durchlauf und damit eine produktschonende Eindampfung auch thermisch sensibler Stoffgemische. Letzteres wird auch intensiver untersucht bei der Eindampfung in Dünnschicht- und Kurzwegverdampfern. An einem dampfbeheizten Dünnschichtverdampfer aus Metall werden sowohl das Verweilzeitverhalten wie auch die Verdampfungsleistung charakterisiert. Die Stofftrennung mehrkomponentiger, thermisch sensibler Stoffsysteme in einer Hintereinanderschaltung eines Dünnschicht- und eines Kurzwegverdampfers ist Gegenstand eines weiteren Projektes. Die Rektifikation viskoser Gemische in Packungskolonnen erforschen wir in einem gemeinsamen DFG-Projekt mit Prof. Kenig in Paderborn. Dem Thema Schaumbildung und Schaumvermeidung bei der Verdampfung oder Rektifikation werden wir uns im Rahmen eines größeren Projektclusters aus DFG- und AIF-geförderten Projekten widmen. Projektstart ist Anfang 2019.

Im Arbeitsgebiet „Nachhaltige Produktionstechnologien“ konnte durch die Einwerbung des Verbundprojektes „Skalierbare Milli- und Mikroproduktionstechnik zur energieeffizienten kontinuierlichen Fertigung in der Prozessindustrie Mi²Pro“ die Thematik der Umstellung von absatzweise betriebenen auf kontinuierliche Prozesse weiter vertieft werden. Mit vier verschiedenen Industriepartnern, den Firmen Amino GmbH, AURO Pflanzenchemie AG, Cargill Deutschland GmbH und Merck KGaA, werden Verfahrensweisen sowie dabei zu beherrschende Herausforderungen experimentell und theoretisch untersucht. Dabei kommt einer schnellen, prozessintegrierten Analytik zur Zustandserkennung und Prozessführung eine wachsende Bedeutung zu. Hier konnten wir in den letzten Jahren eine sehr erfolgreiche Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Rädle, am Center for Mass Spectroscopy and Optical Spectroscopy, der Hochschule Mannheim aufbauen. Die gleiche Thematik – Batch to conti-Transfer – behandelt ein Kooperationsprojekt mit der Fa. AURO zur Herstellung hochfeststoffhaltiger Wandfarbe. Hier konnten wir zeigen, dass selbst Produkte mit einem Feststoffanteil bis zu 50 % in Milliproduktionsanlagen kontinuierlich gefertigt werden können. In einem weiteren Verbundprojekt widmen wir uns zusammen mit mehreren Industrie- und akademischen Partnern der „Entwicklung einer Verwertungstechnologie für PET-Altkunststoffe aus Multilayer- und anderen Abfallverbunden – solvoPET“. Dieses vom BMBF geförderte Projekt unter Führung der Rittec Umwelttechnik GmbH erforscht ein wertstoffliches Recycling PET-haltiger Materialien zu den Grundmonomeren Terephthalsäure und Monoethylenglykol. Und in einer weiteren Kooperation mit der Fa. Amino untersuchen wir die Salzausschleusung aus einem Nebenproduktstrom mittels Elektrodialyse zur Erhöhung der Wertproduktausbeute.

Im Arbeitsgebiet „Pharmazeutische und biotechnologische Prozesse“ untersuchen wir für verschiedene pharmazeutisch relevante Wirkstoffe die kontinuierliche, teils



mehrstufige Synthese und Aufarbeitung. Dabei soll auch ein neuer Apparatetyp, der Archimedische Schraube Kristallisor Reaktor ASKR zum Einsatz kommen. Dieser erlaubt eine kontinuierliche Kristallisation mit einer Verweilzeitverteilung entsprechend einer Kolbenströmung. In Fortführung eines DFG-Projektes erforschen wir die bienzymatisch katalysierte Synthese von Laminaribiose und nutzen dafür dynamische Methoden zur schnellen Bestimmung von Adsorptionsgleichgewichten mit minimalen Probenmengen. Und schließlich werden in der NTH-Forschergruppe ElektroBak innovative Materialien und Konzepte für mikrobielle elektrochemische Systeme untersucht.

Seit Herbst 2017 können wir die Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Pharmaverfahrenstechnik in den Räumlichkeiten des Forschungszentrums für Pharmaverfahrenstechnik durchführen. Neben zwei Laboren und einem zweigeschossigen Technikum haben wir dort entsprechende Büros bezogen. Dafür haben wir das Biozentrum nach 29 Jahren verlassen und die Aktivitäten des ICTV am Langen Kamp zusammengeführt. Nun geht es darum, die gegebenen infrastrukturellen und räumlichen Möglichkeiten zur Einwerbung koordinierter und interdisziplinärer Forschungsaktivitäten zu nutzen.

Dass dies für die TU insgesamt sehr gut gelingen kann hat der Erfolg in der Exzellenzinitiative des Bundes für gleich zwei Exzellenzcluster gezeigt: die beiden Forschungsprojekte „SE²A – Sustainable and Energy Efficient Aviation“ sowie „Quantum Frontiers“ im Bereich der Messtechnik starten zum 01.01.2019 mit ihren Aktivitäten.

Im Bereich Studium und Lehre wurde zum Wintersemester 2017/18 erstmalig die Zahl von 20.000 Studierenden geknackt und auch im aktuellen Semester sind über 20.000 Studierende immatrikuliert. Allerdings zeigen die Anfängerzahlen leicht nach unten, wenn auch die Anfängerzahlen in unseren Studiengängen Bachelor Bio-, Chemie- und Pharmaingenieurwesen mit 66, Master Bio- und Chemieingenieurwesen mit 50 und Master Pharmaingenieurwesen mit 16 auf einem ordentlichen Niveau sind.

Nun darf ich Sie zur Lektüre unseres aktuellen Institutsberichts einladen. Ich würde mich freuen, wenn Sie darin ansprechende und interessante Themen finden und sehe Ihren Rückmeldungen, Anregungen und Kommentaren gern entgegen.

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, allen Studierenden, die ihre studentischen Arbeiten am ICTV angefertigt haben oder als studentische Hilfskraft bei uns tätig waren, sowie allen akademischen und industriellen Partnern danke ich sehr herzlich für ihr Engagement und konstruktive Mitgestaltung des gemeinsamen Weges.

Braunschweig, im Dezember 2018



Mit der aktuellen Ausgabe des Institutsberichts freue ich mich, Ihnen meine Person und meine Forschung kurz vorstellen zu dürfen. Seit dem 1. August 2017 verstärke ich das ICTV auf dem Gebiet der Pharmaverfahrenstechnik als Juniorprofessorin mit der Denomination „Pharmazeutisch-Chemische Reaktionstechnik“. Diese Professur ist im Rahmen der Wissenschaftsallianz zwischen der TU Braunschweig und der Leibniz Universität Hannover unter der Federführung des niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur aus der Forschungslinie „SMART BIOTECS“ entstanden. In dieser Forschungslinie geht es um die Herstellung neuer Arzneimittel und Entwicklung intelligenter Implantate und deckt dabei die gesamte Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung bis zur patientenspezifischen Lösung ab. Mit meiner Forschung auf diesem Gebiet wird die Struktur am ICTV um das Arbeitsgebiet *Pharmazeutisch-Chemische Reaktionstechnik* erweitert.

Meine wissenschaftliche Laufbahn begann im Jahr 2007 an der Universität Rostock mit einem Chemiestudium (Diplom) und einer späteren Vertiefung im Bereich der Analytischen und Technischen Chemie. Das Studium schloss ich im Jahr 2012 im Bereich der Technischen Chemie mit einer Diplomarbeit zur „Synthese und Rückgewinnung von Organokatalysatoren mittels organophiler Nanofiltration“ ab. Im Anschluss fertigte ich meine Promotionsarbeit am Lehrstuhl für Technische Chemie (AK Prof. Dr. Udo Kragl) zum Thema „Innovative Ansätze zur Katalysatorabtrennung und Wiederverwendung im Bereich der Organokatalyse“ an. Im Rahmen eines Forschungsaufenthaltes an der Queen’s Universität in Kingston, Ontario, Kanada (AK Prof. Dr. Philip Jessop) konnte ich meine Forschung im Bereich der Katalysator-rückgewinnung durch schaltbare Lösungsmittelsysteme erweitern. Nach meiner Promotion im Jahr 2016 lag mein Forschungsschwerpunkt als PostDoc auf die Optimierung chemischer Reaktionen im Bereich der Mikroreaktionstechnik.

Die Einbettung von Organokatalysatoren und Enzymen in ionische Flüssigkeiten basierte Hydrogele zur Katalysatorabtrennung und Wiederverwendung war im Rahmen meiner Promotionsarbeit sowohl als neuartige Immobilisierungsmethode als auch als unkonventionelles Reaktionsmedium interessant. Diese polymerisierten ionischen Flüssigkeiten (PILs) sollen nun am ICTV als neuartige Wirkstofffreisetzungssysteme untersucht werden. Dies erfolgt in Kooperation mit dem Institut für Medizinische und Pharmazeutische Chemie sowie dem Institut für Festkörpermechanik der TU Braunschweig. Das Ziel ist es, Arzneistoffe aus PILs über einen definierten Zeitraum und an einem bestimmten Ort gezielt freizusetzen, um so die Wirkdauer zu steuern und unerwünschte Wirkungen abseits des Wirkorts zu minimieren. Die Forschungsarbeiten auf dem Arbeitsgebiet *Pharmazeutisch-Chemische Reaktionstechnik* finden seit August 2017 in dem Neubau des Zentrums für Pharmaverfahrenstechnik (PVZ) statt. Im September 2017 wurde ich durch meine erste Doktorandin Frau Andrea Mildner verstärkt und die Labore wurden erfolgreich in Betrieb genommen.

Im kommenden Jahr sind Kooperationen mit dem Institut für Biochemie, Biotechnologie und Bioinformatik der TU Braunschweig geplant. In diesem Vorhaben soll



die Biokatalyse und Organokatalyse gezielt vereint werden, um die Enantiomerenreinheit von pharmazeutisch aktiven Substanzen in einem Schritt zu steigern. Die kontinuierliche Synthese, die Optimierung von Downstream-Prozessen, die Verfahrensentwicklung für katalytische Reaktionen und die Mikroverfahrenstechnik waren bisher meine Forschungsschwerpunkte, die ich in den nächsten Jahren im Bereich der Pharmaverfahrenstechnik einbringen, sowie weiterentwickeln möchte.

An dieser Stelle möchte ich mich ganz besonders bei Herrn Prof. Scholl und seinen Mitarbeitern für die freundliche Aufnahme am ICTV sowie die wissenschaftliche Unterstützung bedanken. Ich freue mich, in den nächsten Jahren die Forschung am ICTV gemeinsam mitzugestalten und weiter voranzutreiben. Meiner Doktorandin und allen studentischen Mitarbeitern danke ich herzlich für die Mitwirkung an den ersten Aktivitäten und ich hoffe, die Arbeitsgruppe in den nächsten Jahren stetig zu erweitern. Ich bin gespannt auf die kommenden Jahre und freue mich auf zahlreiche interessante Projekte und Kooperationen.

Braunschweig, im Dezember 2018



2 Mitarbeiter

Geschäftsführender Leiter:	Prof. Dr.-Ing. Stephan Scholl		
Sekretariat:		<i>Bis</i>	<i>Ab</i>
	Marion Harms		
	Anike Altschwager		
	Burcu Yildirim	<i>14.11.2018</i>	16.06.2018
Juniorprofessorin:	Prof. Dr. Julia Großeheilmann		01.08.2017
Akademischer Direktor:	Dr.-Ing. Wolfgang Augustin		
Emeritus:	Prof. Dr.-Ing. Matthias Bohnet		
Wissenschaftliche MitarbeiterInnen:		<i>Bis</i>	<i>Ab</i>
	Hannes Deponte M.Sc.		
	Dipl.-Ing. Nathalie Gottschalk		
	Sven Gutperl M.Sc.		
	Dipl.-Ing. Paul Haas	<i>31.12.2017</i>	
	Dave Hartig M.Sc.		
	Janina Heinze M.Sc., geb. Grimm		
	Dipl.-Ing. Steffi Höft	<i>30.04.2018</i>	
	Annika Hohlen M.Sc.		
	Stefan Jahnke M.Sc.		
	Niklas Jarmatz M.Sc.		01.09.2018
	Dr.-Ing. Katharina Jasch		01.01.2017
	Lars Leipert M.Sc.		01.11.2017
	Yan Lu M.Sc.		
	Dipl.-Ing. Marius Meise		
	Andrea Mildner M.Sc.		01.09.2017
	Clemens Müller M.Sc.		01.10.2018
	Dipl.-Ing. André Paschetag		
	Mandy Paschetag M.Sc., ehem. Wesche		
	Esther Peschel M.Sc.		01.01.2018



	Moritz Rehbein M.Sc.		
	Tobias Sauk M.Sc.		
	Dipl.-Ing. Florian Schlüter		
	Lukas Schnöing M.Sc.		
	Natalie Schwerdtfeger M.Sc.		01.01.2018
	Christoph Spiegel M.Sc.		
	Dipl.-Ing. Friederike Stehmann	<i>31.01.2018</i>	
	Alina Uhlendorf M.Sc., geb. Greis	<i>30.09.2018</i>	
	Dipl.-Ing. Nils Warmeling		
	Dipl.-Ing. Marcus Watts, geb. Möbius	30.06.2018	
	Dipl.-Ing. Matthias Wengerter	<i>31.12.2017</i>	
	Hanna Wiese M.Sc.		01.10.2017
Labor:	Sabine Knoblauch		
	Anke Radeleff		
	Simone Schulze		
Elektronikwerkstatt:	Jörg Leppelt		
	Carina Meier		01.03.2018
Technikum:	Karl Karrenführer		
	Sven Lorenzen		
	Nils Bergmann	<i>13.08.2017</i>	28.01.2017
Auszubildende/r:	Nils Bergmann (tech)	<i>27.01.2017</i>	
	Marko Hapke (tech)	<i>17.09.2018</i>	01.08.2017
	Lukas Marx (tech)		
	Burcu Yildirim (kfm)	<i>15.06.2018</i>	
Studentische Hilfskräfte	77		



2.1 Neue Juniorprofessur

Julia Großeheilmann

Studium Universität Rostock, Chemie, Diplom
Studiengang Chemie, Diplom
Promotion Dr. rer. nat.
Innovative Approaches for Catalyst Removal and Recycling in Organocatalysis
ICTV-Arbeitsgruppe Pharmazeutisch-Chemische Reaktionstechnik
- Leitung



2.2 Neue wissenschaftliche MitarbeiterInnen

Niklas Jarmatz

Studium TU Braunschweig,
Studiengang Biotechnologie, Bioprozesstechnik, M.Sc.
Masterarbeit Experimentelle Charakterisierung
und Bewertung von 3D-Elektroden
in bioelektrochemischen Systemen
ICTV-Arbeitsgruppe Fouling und Reinigung



Katharina Jasch

Studium TU Braunschweig,
Studiengang Bioingenieurwesen, Diplom
Promotion Dr.-Ing.
*Bewertung des konvektiven Wärmetransports
und der Effizienz mikrostrukturierter
Oberflächen*
ICTV-Arbeitsgruppe Innovative Apparate und Anlagentechnik
- Leitung





Lars Leipert

Studium

Freie Universität Berlin

Studiengang

Chemie - Master

Masterarbeit

Einflussfaktoren auf die Überzugshaftung bei der kontinuierlichen Schmelztauchveredelung von höherfesten Stählen

ICTV-Arbeitsgruppe

Nachhaltige Produktionstechnologien



Andrea Mildner

Studium

Universität Rostock

Studiengang

Chemie - Master

Masterarbeit

Prozessentwicklung für die selektive Kristallisation von chiralen Aminen aus komplexen Mischungen

ICTV-Arbeitsgruppe

Pharmazeutisch-Chemische Reaktionstechnik



Clemens Müller

Studium

Technische Universität Hamburg

Studiengang

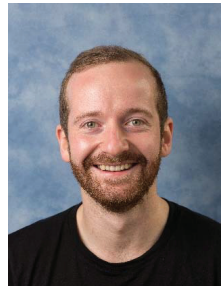
Verfahrenstechnik - Master

Masterarbeit

Einfluss der Kompressionsphase auf die überkritische Trocknung von Aerogelen - ein mathematisches Modell

ICTV-Arbeitsgruppe

Nachhaltige Produktionstechnologien



Esther Peschel

Studium

TU Braunschweig

Studiengang

Maschinenbau, Energie- und Verfahrenstechnik - Master

Masterarbeit

Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in die Verfahrensentwicklung eines Recyclingverfahrens für nicht sortenreine PET-Abfälle

ICTV-Arbeitsgruppe

Nachhaltige Produktionstechnologien



Natalie Schwerdtfeger

<i>Studium</i>	<i>TU Braunschweig,</i>
<i>Studiengang</i>	<i>Bio- und Chemieingenieurwesen - Master</i>
<i>Masterarbeit</i>	<i>Fließbildsimulation einer gekoppelten Dünnschicht- und Kurzwegverdampferstufe zur destillativen Aufreinigung eines MehrkompONENTENGEMISCHES</i>
<i>ICTV-Arbeitsgruppe</i>	<i>Nachhaltige Produktionstechnologien</i>



Hanna Wiese

<i>Studium</i>	<i>TU Braunschweig,</i>
<i>Studiengang</i>	<i>Bio- und Chemieingenieurwesen - Master</i>
<i>Masterarbeit</i>	<i>Adsorptive Abgasreinigung – Reaktive Adsorption im Festbett</i>
<i>ICTV-Arbeitsgruppe</i>	<i>Fouling und Reinigung</i>



3 Lehre und Weiterbildung

3.1 Vorlesungen

Prof. Dr.-Ing. Stephan Scholl

Grundoperationen der Fluidverfahrenstechnik	(WS, VL 02, UE 01)
Hybride Trennverfahren	(SS, VL 02, UE 01)
Chemische Verfahrenstechnik	(SS, VL 02, UE 01)
Computer Aided Process Engineering I (Introduction)	(SS, VL 02, UE 01)
Gestaltung nachhaltiger Prozesse der Energie- und Verfahrenstechnik	(SS, VL 02, UE 01)
Grundlagen der Thermischen Verfahrenstechnik (für Biotechnologen und Pharmaingenieure)	(WS, VL 02, UE 01)
Thermische Verfahrenstechnik für Fortgeschrittene (für Biotechnologen)	(SS, VL 02, UE 01)