

[.-ING]

# TAGUNGSMAGAZIN

Hochschulsymposium  
Biochemical Process Engineering

Wir aktivieren Wissen    Wir schaffen Werte



**Wir sind technische Experten**

11.06.2014  
Kloster Eberbach  
Eltville am Rhein im Rheingau

## Pharmaindustrie 4.0 - Im Mittelpunkt steht der Mensch



Die Pharmastandorte in Deutschland stehen an der Schwelle grundlegender Veränderungsprozesse, die mit den pharmakologischen Chancen der synthetischen Biologie einerseits und dem Zukunftsprojekt einer „Industrie 4.0“ andererseits einhergehen. Auf die Fragestellung von Studierenden der Fachrichtungen Chemie und Biologie, was die Dampfmaschine mit den Arzneimitteln von morgen zu tun habe, wollten die Hochschule Fresenius und die Process [-ING] GmbH mit dem diesjährigen Hochschulsymposium „Biochemical Process Engineering“ am 11.06.2014 im Kloster Eberbach eingehen und Studierenden sowie interessierten Mitgliedern von VDI, GDCh und DECHEMA einen Einblick in eine spannende Prozessindustrie im Wandel ermöglichen.

Über 50 Teilnehmer aus Industrie und Hochschule, davon zahlreiche Studierende der Hochschulen in Frankfurt und Darmstadt, der Hochschule Mittelhessen sowie der Hochschulen Provalids und Fresenius, haben die Einladung zu einem interdisziplinären Gedankenaustausch in dem Mönchsrefektorium des Kloster Eberbach unter der Leitung von Prof. Dr. Leo Gros genutzt.



Gemeinsam mit den weiteren Referenten des Symposiums, namentlich Dr. David Estapé (M+W Process Industries GmbH), Dr. Malte Greune (Sanofi-Aventis Deutschland GmbH), Dipl.-Ing. Oliver Kurz (Vetter Pharma-Fertigung GmbH & Co. KG) und Markus Weise (B.Sc., Process [-ING]), sind wir davon überzeugt, dass die Chemie pharmazeutisch interessanter Wirkstoffe von morgen zunehmend biologischer und die Biologie technischer werden wird. Im Mittelpunkt der „Smart & High Hygienic Factory“ steht dabei der Mensch als Bindeglied zwischen der molekularen Ebene und den wirtschaftlichen Prozessen. Für die Ausgestaltung einer Pharma-industrie 4.0 bedarf es technischer Experten, deren Ausbildung nur durch die Verzahnung von Forschung, Lehre und Praxis gelingen kann.

Wir hoffen, dass die Beiträge des Symposiums 2014 den Studierenden erste Einblicke in die Praxis der Pharmaindustrie in dem Spannungsfeld aus Qualität und Technik sowie den betriebswirtschaftlichen Aspekten bieten konnten. Wir bedanken uns auf diesem Wege sehr herzlich bei allen Mitwirkenden und Teilnehmern des Hochschulsymposiums 2014 und freuen uns auf das nächste Jahr!

Dipl.-Ing.  
Bernd Geis

Geschäftsführer Process [-ING]  
Dozent Prozessoptimierung  
Masterstudiengang Wirtschaftschemie HS Fresenius

Prof. Dr.  
Thorsten Daubenfeld

Studiendekan  
Wirtschaftschemie  
School of Chemistry, Biology & Pharmacy, HS Fresenius

## Die ehemalige Zisterzienserabtei Kloster Eberbach und Carl Remigius Fresenius

Als Tagungsort für das diesjährige Hochschulsymposium Biochemical Process Engineering diente die ehemalige Zisterzienserabtei Kloster Eberbach (Rheingau), die nicht nur aufgrund ihrer einzigartigen Lage und klaren Architektur einen idealen Ort für den Gedanken- und Erfahrungsaustausch zwischen den Referenten und Studierenden darstellt. Nicht weniger interessant ist die Wahl des Tagungsortes auch vor dem Hintergrund, dass der Zisterzienserorden eine bedeutende Wiege der Technik des Mittelalters verkörpert.

### Eine Meisterleistung in Technik, Organisation und Management

Die Zisterzienser gelten als der erste nach Managementprinzipien organisierte Mönchsorden und bereits ab dem 12. Jahrhundert als der erste europäische Großkonzern. Jede Abtei war als „Konzerngesellschaft“ grundsätzlich selbständig, jedoch dem Markenkern „Zisterzienser“ mit den einheitlichen Leitmotiven „Besinnung auf das Wesentliche“ und „keine Einnahmen aus Kapitalerträgen“ verpflichtet.

Die Unternehmensstrategie der Zisterzienser wurde von zwei gegensätzlichen Managementpersönlichkeiten geprägt: Abt Stephen Harding (Organisation und Technik) und Bernhard von Clairvaux (Marketing und Business Development). Der „Managementleitfaden“ des Ordens achtete von Anbeginn auf einheitliche Werte, Prozesse und Bauten. Die Standortplanung und -entwicklung waren für das Autarkiestreben der Zisterzienser überlebenswichtig. Sie gründeten ihre Standorte in der Nähe von Eisenvorkommen, konstruierten und fertigten ihre eigenen Geräte, optimierten als technische Experten des Mittelalters landwirtschaftliche Abläufe und erhöhten die Produktivität durch die Planung und den Bau von innovativen Wassermühlen. Die Beherrschung der Wertkette beinhaltete eigene Verkaufsstellen in der jeweils nächstgelegenen Stadt.



Kreuzgarten mit Blick auf den Kapitelsaal und das Mönchsdomitorium.



Kreuzgarten mit Blick auf den Kreuzgang und das Mönchsrefektorium.

Auch der systematische Niedergang des Konzerns nach gut zwei Jahrhunderten war ein betriebswirtschaftliches Lehrstück: Nach der Hochkonjunktur stolperten die Zisterzienser gerade über ihren eigenen Erfolg, der im Wesentlichen auf der Glaubwürdigkeit ihres Markenkerns basierte. Neben den Kerngeschäften hatten sie sich neuen Einnahmefähigkeiten zugewandt, insbesondere den Zins- und Depositengeschäften. Man expandierte, diversifizierte und scheiterte.

### Carl Remigius und seine Hochschule Fresenius

Zu Beginn des Symposiums zitierte Prof. Dr. Leo Gros, ehemaliger Vizepräsident der Hochschule Fresenius, zur Einstimmung Bernhard von Clairvaux: „Denn nicht das Geistige kommt zuerst, sondern das Natürliche“. Ob Bernhard dabei an eine synthetische Biologie oder daran dachte, dass für die Naturwissenschaften das Experiment die Basis aller Theorie ist und bleibt? Gros' einleitende Worte zum Hochschulsymposium und insbesondere die von ihm geleitete Klosterführung machten deutlich, dass der Begriff „finsternes Mittelalter“ nicht auf die Zisterzienser und ihr Kloster Eberbach zutrifft, wenn auch in dieser Zeit das erworbene Wissen der Antike nicht allen Schichten und Ständen zugänglich war. Die Bedeutung des Wissens rückte erst später unter dem Motto „For knowledge itself is power“ (Francis Bacon, 1561–1626) in den Mittelpunkt einer weltweiten Aufklärungsbewegung. Die lange Wegstrecke zwischen Erkenntnisgewinn und betriebswirtschaftlichem Erfolg sowie die Bedeutung der Ausbildung von technischen Experten ist durch das Zusammenkommen der Faktoren Wissen, Erfahrung, Machbarkeit und Wirksamkeit am Beispiel der Chemie sehr gut ersichtlich. Bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts gleicht die Wissenschaft der Materie jedoch zunächst einer Geheimlehre, in der Alchimisten in ihren Laboren vermeintlich heilsame Tinkturen brauen und vergebens versuchen, wertlose Metalle in edles Gold zu verwandeln. Die systematische Erforschung der Stoffe beginnt erst mit dem Franzosen Antoine de Lavoisier (1743-1794).



Carl Remigius Fresenius (1818 – 1897).



Gedenktafel der GDCh, mit welcher am 18. Juli 2013 das Chemische Laboratorium Fresenius Wiesbaden als zwölfte „Historische Stätte der Chemie“ ausgezeichnet worden ist.

Nach seiner Vorstellung sollen Chemiker ebenso wie die Mathematiker und Physiker systematisch, quantitativ und nicht alleine qualitativ vorgehen und eine einheitliche Nomenklatur verwenden. In Deutschland waren es insbesondere die hessischen Chemiker Justus von Liebig (1803-1873), Friedrich Wöhler (1800-1882) und Carl Remigius Fresenius (1818-1897), die ein belastbares Fundament für den späteren Erfolg der chemisch-pharmazeutischen Prozessindustrie des ersten deutschen Wirtschaftswunders zu Beginn des 20. Jahrhunderts schufen.

Fresenius, der bei Justus von Liebig in Gießen promovierte, hat den Gedanken Lavoisiers in seiner Arbeit zur Analytischen Methodenentwicklung und Qualitätssicherung konsequent angewandt. Schon bei der Gründung der heutigen Hochschule Fresenius im Jahr 1848 sind die methodischen und praktischen Kompetenzen unverzichtbarer Teil seiner Lehre. Fresenius gilt als der Erfinder einer an den Erfordernissen der Prozessindustrie orientierten Ausbildung von Chemikern und Chemieingenieuren. An seinem Lehrinstitut studierten Gründerpersönlichkeiten wie etwa E. Lucius, A. von Brüning, E. von Behring, Carl Leverkus sowie Ludwig und Carl Emmanuel Merck.

Sowohl die Hochschullandschaft, als auch die Unternehmensstrategien der chemisch-pharmazeutischen Industrie haben sich seither gewandelt. Noch heute gehören das Kloster Eberbach und die Hochschule Fresenius (von der GDCh als eine historische Stätte der Chemie ausgezeichnet) zu den Aushängeschildern der Rheingau-Taunus-Region. Gros, der seit mehr als 30 Jahren an der Hochschule Fresenius wirkt, war 2006-2013 einer der 18 Bologna-Experten des Deutschen Akademischen Austauschdienstes. Die Flamme am Brennen halten - das persönliche Motto von Gros spiegelte sich in dem gesamten Verlauf des Hochschulsymposiums Biochemical Process Engineering wider, zu dessen Höhepunkten insbesondere die von ihm geleitete Führung durch die bewegte Geschichte der Zisterzienserabtei Kloster Eberbach und der abendliche Austausch zwischen Referenten und Studierenden gehörte.



Begrüßung durch Prof. Dr. Leo Gros im Mönchsrefektorium.



Prof. Dr. Gros führt durch die Geschichte des Klosters.

## Themenschwerpunkt Pharmaindustrie 4.0

Zweite Pharmakologische Revolution in einer „Industrie 4.0“? Aus der nüchternen Sicht der Ausrüsterindustrie steht das Zukunftsprojekt einer „Industrie 4.0“ für die Einbindung virtueller Repräsentanzen von Anlagen, Apparaten und Komponenten zu cyberphysikalischen Wertkettenarchitekturen, die über ein „Internet der Dinge“ miteinander verbunden werden können. Aus der Sicht der chemisch-pharmazeutischen Prozessindustrie ist jedoch nicht alleine das informationstechnisch Machbare revolutionär. Eine pharmakologische Revolution wird vielmehr an neuen, innovativen Pharmaka und Darreichungsformen, nachhaltig wirksamen Schutzmaßnahmen gegen pandemische Katastrophen und resistente Erreger sowie der Individualisierung der Diagnose, Prävention und Therapie für eine wachsende und älter werdende Gesellschaft gemessen werden.

Der Themenschwerpunkt Pharmaindustrie 4.0 des Hochschulsymposiums 2014 sollte mit den Beiträgen von Prof. Dr. Thorsten Daubefeld, Dipl.-Ing. Bernd Geis und Dr. Malte Greune den Studierenden ein Bild einer sich im Wandel befindenden Prozessindustrie, die Marktcharakteristika von Biopharmazeutika und den Blick des Top-Managements auf die Wahl der Zukunftsstrategien vermitteln.

### Übersichtsbeitrag

#### Die Pharmaindustrie - Rückblick, Einblick, Ausblick

Wer die heutige Pharmaindustrie verstehen oder eine Pharmaindustrie 4.0 gestalten möchte, muss auch verstehen, wie sich die Pharmaindustrie bis dato entwickelt hat. In seinem Übersichtsbeitrag veranschaulichte Dipl.-Ing. Bernd Geis, Geschäftsführer der Process [-ING] GmbH, unter anderem noch einmal den "Werdegang" der chemisch-pharmazeutischen Prozessindustrie, zeigte auf, warum die Besonderheiten der Pharmaindustrie bereits in ihrer Geschichte angelegt sind und wie die Divergenz der Produktionsregime in Deutschland und den Vereinigten Staaten Standortfaktoren und Unternehmensstrategien beeinflussen.



Teilnehmer vor dem Mönchsrefektorium mit Blick auf den Cabinetkeller und das Mönchsdomitorium.



Erfahrungsaustausch zwischen Referenten und Teilnehmern.

Der Vortrag veranschaulichte den Studierenden darüber hinaus Strukturen der Pharmaindustrie und Klassifikationssysteme für die exakte Beschreibung der Arzneistoffe, Arzneimittel und Medizinprodukte sowie den derzeit langen Weg und die zahlreichen Herausforderungen für Technische Experten zwischen der Entdeckung eines potentiellen Pharmakons, seiner Zulassung und der Vermarktung eines Arzneimittels in einem regulierten Marktumfeld. Die Kennzahlen des Arzneimittelmarktes sowie die Gründe für Innovationslücken in der Produktpipeline für die Arzneimittel von morgen leiteten zu dem Ausblick auf eine „Pharmaindustrie 4.0“ über. Nach Ansicht von Geis werden die Chancen der synthetischen Biologie aufgrund der innewohnenden hohen Anzahl großer biogener Moleküle, der Vielzahl von potentiellen Produktvarianten einerseits sowie Zulassungs- und Wettbewerbsrisiken und kleiner Losgrößen andererseits einen deutlichen Einfluss auf den Produktlebenszyklus ausüben.

Geis, der auch im Masterstudiengang Wirtschaftschemie der Hochschule Fresenius als Dozent für Prozessoptimierung tätig ist, kennt die Pharmaindustrie sowohl von der Seite der Produzenten, als auch aus dem Blickwinkel der Beratung, Projektsteuerung und der Sichtweise der Inspektionsbehörden. Die Verfahren sowie die Flexibilität der Produktionsprozesse sind wichtige Faktoren in der Ausgestaltung eines Veränderungsprozesses zu einer „Pharmaindustrie 4.0“. Das Zusammenwachsen der realen mit der virtuellen Welt eröffnet der Pharmaindustrie neue Möglichkeiten für intelligente Produktionssysteme sowie für die Realisierung vernetzter Produktionen mit übergreifenden Logistik- und Wertschöpfungsketten. Die Flexibilisierung der Produktionsprozesse erfordert aber insbesondere die Beherrschung der zunehmenden Komplexität unter Berücksichtigung hoher Anforderungen an die Vermeidung von Kontaminations- und Verwechslungsgefahren. Im Mittelpunkt der „Smart & High Hygienic Factory“ steht aus seiner Sicht dabei der Mensch als Bindeglied zwischen der molekularen Ebene und wirtschaftlichen Prozessen.



Dipl.-Ing. Bernd Geis ([-ING] BiochemPE).

### Rückblick

- Kurzgeschichte der Gesundheitsbranche
- Die Apotheke der Welt
- Amerikanisierungswellen und Divergenz der Produktionsregime

### Einblick

- Der lange Weg zum Arzneimittel
- Der Arzneimittelmarkt: Das Geschäft mit der Gesundheit
- Die Arzneimittel von morgen
- Macht Wissen nichts? Innovationslücken in der Produktpipeline

### Ausblick auf eine Pharmaindustrie 4.0

- Synthetische Biologie und Internet der Dinge
- Aktionsfelder einer Pharmaindustrie 4.0

### Zwischenfazit

- Pharmaindustrie 4.0: Im Mittelpunkt der Mensch

## Forschungsbeitrag Marktanalyse Biopharmazeutika

Prof. Thorsten Daubenfeld, Studiendekan und Professor im Fachbereich Chemie & Biologie der Hochschule Fresenius, ging in seinem Beitrag zur „Marktanalyse Biopharmazeutika“ anschließend näher auf die biopharmazeutische Industrie ein. Unbestritten ist seiner Ansicht nach das Interesse von Ärzten und Patienten an den therapeutischen Möglichkeiten, die durch Biopharmazeutika eröffnet werden. Stellvertretend hierfür nannte er die Indikationsgebiete Diabetes, Krebs oder Multiple Sklerose.

Daubenfeld eröffnete seinen Vortrag über die unter seiner Leitung von Studierenden der HS Fresenius angefertigte Marktstudie mit molekularen Besonderheiten und Stoffklassen der Biopharmazeutika. Die Marktstudie beinhaltet die Kennzahlen der Biopharmazeutika in Deutschland mit den Wachstums- und Zulassungszahlen, der Wettbewerbssituation und unterschiedlichen Geschäftsmodellen. Die Problematik der großen Moleküle und ihre Auswirkung auf die Zulassung, Verfahrensentwicklung und die Finanzierung von Biosimilars rundeten das Bild der Marktanalyse Biopharmazeutika ab.

Daubenfeld war vor seiner Berufung zum Professor an der Hochschule Fresenius als Consultant in der Unternehmensberatung The Boston Consulting Group tätig. Er ist seit 2010 Dozent für Physikalische Chemie und als Studiendekan für den Bachelor- und Masterstudiengang Wirtschaftschemie verantwortlich. Darüber hinaus ist er Mitglied im „AK Wirtschaftschemie“ der „Vereinigung für Chemie und Wirtschaft“ (VCW) in der Gesellschaft Deutscher Chemiker. Nach Ansicht Daubenfelds scheint der Bewegungsraum der Unternehmen, welche Biopharmazeutika herstellen, im Spannungsfeld zwischen politischen Rahmenbedingungen, regulierten Qualitätsanforderungen und finanziellen Erwartungen der Investoren und Aktionäre aktuell immer kleiner zu werden.



Prof. Dr. Thorsten Daubenfeld (Hochschule Fresenius).

### Einblick – Biopharmazeutika

- Molekulare Grundlagen und wichtige Klassen
- Herstellung von Biopharmazeutika

### Überblick – Der Markt für Biopharmazeutika

- Biopharmazeutika in Deutschland
- Marktgröße, Wachstum und Zulassungen
- Wettbewerb, Geschäftsmodelle und Erfolgsfaktoren
- Generika, Biosimilars und Patentausläufe
- Zulassungen von Biosimilars

### Ausblick – Perspektiven und Herausforderungen

- Technische Möglichkeiten
- Finanzierung
- Kosteneinsparung durch Biosimilars
- Kompetenzen
- Demografischer Wandel
- Professionalisierung der Branche

So verwundert es seiner Ansicht nach nicht, dass die Pharmabranche sich angesichts sinkender Renditen (im Sinne eines return on investment) im Blockbustergeschäft in einer Phase der zunehmenden Konsolidierung befindet. Hier scheinen die hochpreisigen und -margigen Geschäfte mit Biopharmazeutika eine interessante Perspektive für eine Post-Blockbuster-Ära zu bieten.

## Übersichtsbeitrag Wertkettenmanagement: Spannungsfeld Autarkie und Transaktionskosten

Abgerundet wurde der Themenschwerpunkt Pharmaindustrie 4.0 des Symposiums Biochemical Process Engineering mit einem echten Highlight, der den Studierenden den Beitrag der Transaktionskostentheorie auf Biopharma-Strategien aus dem 30.000-Fuß-Blickwinkel der Konzernlenkung vorstellte.

Dr. Malte Greune, Dipl.-Kaufmann und Prokurist der Sanofi Aventis Deutschland GmbH, schilderte in seinem Übersichtsbeitrag die Zusammenhänge und Auswirkungen unternehmerischer Entscheidungen zwischen Autarkiestreben und Unternehmenstransaktionen vor dem Hintergrund der Unternehmensgeschichte der Hoechst AG bis zu den Fusionswellen der 1990er bis 2010er Jahre. Den aktuellen Fragestellungen der Vorträge von Geis und Daubenfeld folgend lieferte Greune die betriebswirtschaftlichen Erklärungsansätze im Hinblick auf Portfolioüberlegungen, Synergien und Transaktionskosten.

Der Ausgangspunkt der Transaktionskostentheorie ist die 1937 erschienene Arbeit „The Nature of the Firm“ von Ronald Coase (Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften 1991). Sie geht davon aus, dass – entgegen dem Modell eines vollkommenen Marktes – jede unternehmerische Aktion in einer Marktwirtschaft mit Kosten verbunden ist.



Plausch vor dem Eingang zur Klostersgasse.



Teilnehmer und Redner im Gespräch im Vestibül des Mönchsrefektoriums.



Zuhörer im holzgetäfelten Tagungsraum.

## Themenschwerpunkt Prozessintensivierung

Die Transaktionskostentheorie soll das Zusammenwirken von Unternehmen, Markt und Kooperationen von Unternehmen erklären und Entscheidungsindikatoren bei der Wahl der Organisations- und Kooperationsgestaltung von Unternehmen ermöglichen. Vor diesem Hintergrund vermittelte der Vortrag die Rahmenbedingungen von horizontalen und vertikalen Entwicklungen und die Anwendung der Transaktionskostentheorie bei Make-or-Buy-Entscheidungen (Eigen- oder Fremderstellung), Joint-Venture-Strategien und Beschäftigungsverhältnissen.

Greune, der nach seiner Promotion an der Universität zu Köln als Projektmanager, Werksleiter und Geschäftsführer für die Hoechst AG tätig war, konnte in seinem Beitrag auf einen umfangreichen Erfahrungsschatz in der Pharmaindustrie zurückgreifen. Zu seinen Stationen zählen Tätigkeiten als Global Director und Vice President für Intervet, Schering-Plough und Merck & Co. Seit 2012 ist Greune Head of Diabetes, Oncology & Devices am Sanofi-Standort in Frankfurt. Nach Ansicht Greunes sind die Verbundstrategien zwischen der Chemie- und Pharmaindustrie bei der Forschung und Entwicklung sowie der Herstellung von Biopharmazeutika nicht mehr uneingeschränkt gültig, so dass neue Kooperationsformen Vorteile mit sich bringen. Biopharmazeutika, so Greune, erfordern jedoch ein ausgeprägtes Wertkettenmanagement, da Verfahrensvariationen signifikante Auswirkungen auf die Qualität und Effizienz in der Herstellung ausüben können. Darüber hinaus ist für Greune eine Pharmaindustrie 4.0 eng mit der Personalisierung der Medizin und intelligenten Devices verbunden. Solche Devices können künftig dazu beitragen, dass Arztbesuche von chronisch kranken Patienten minimiert und ein Austausch von Daten zwischen Patient, Arzt und Pharmaunternehmen die Diagnose und Therapie maßgeblich erleichtern.



Dr. Malte Greune (Sanofi-Aventis Deutschland GmbH).

### Fragestellung eines Biopharmaunternehmens

#### Erklärungsansätze

- Portfolioüberlegungen
- Synergien
- Transaktionskosten

#### Horizontale Entwicklung

- Grad der Diversifikation
- Akquisitionen und Synergien

#### Vertikale Entwicklung

- Forschung und Entwicklung: Make-or-Buy?
- Arbeitsteilung und Organisationsmodelle

Der wissenschaftliche Fortschritt auf dem Gebiet der synthetischen Biologie und die technische Umsetzung in flexible industrielle Prozesse bieten neue Möglichkeiten und eröffnen für Pharmaunternehmen Wege jenseits der klassischen Strategien, die häufig auf die Realisierung von Skaleneffekten ausgelegt sind. Im Mittelpunkt der Verfahrens- und Prozessentwicklung in der Pharmaindustrie stehen daher Modularisierungsstrategien für ein komprimiertes Entwickeln und Umsetzen von Produktideen sowie die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit mittels modular skalierbarer Anlagen und Apparate. Ohne eine solide und durchdachte Verfahrens- und Gebäudetechnik als Basis für echte „Multipurpose“-Anlagen einer „Smart & High Hygienic Factory“ sind der Wirksamkeit der Informations- und Automatisierungstechnik klare Grenzen gesetzt. Die vernetzte Bereitstellung von Daten stellt also lediglich einen Teilaspekt der „Smart & High Hygienic Factory“ dar.

In den Erfahrungsberichten von Dr. David Estapé (M+W Process Industries GmbH) und Markus Weise (Process [-ING]) sollte den Studierenden ein erster Eindruck in die Arbeit von Prozessingenieuren bei der Planung von modernen Produktionsanlagen im Hinblick auf die Kultivierung von Mikroorganismen und Zellen (Upstream) sowie der Reinstmedienversorgung einer biopharmazeutischen Produktionsanlage ermöglicht werden.



Gedankenaustausch mit den Referenten.



Zuhörer im Mönchsrefektorium vor dem Holzschrank mit Klosterwappen.

**Erfahrungsbericht  
„Engineering challenges in the field of  
biotechnology“**

Die Herausforderungen moderner Produktionskonzepte für die Planung und Realisierung biotechnologischer Upstream-Prozesse verdeutlichte Dr. David Estapé (M+W Process Industries GmbH), indem er in seinem Vortrag den Blickwinkel der Studierenden auf die Kultivierung von Mikroorganismen und Zellen vom Schüttelkolben auf einen industriellen Maßstab erweiterte. So waren die Studierenden sichtbar beeindruckt von der Anzahl und der Dimension der notwendigen Bioreaktoren sowie von Rohrleitungen und Absperr- und Regelarmaturen, die mit zunehmender Variation von Verschaltungsarten und Reinigungs- und Sterilisationsmodi eine hochkomplexe verfahrenstechnische Anlage bilden.

Estapé ist promovierter Biotechnologe und verfügt über eine langjährige Erfahrung als Technologieberater bei dem weltweit tätigen Anlagenbauunternehmen M+W Process Industries. Vor diesem Hintergrund konnte Estapé nicht nur die gegenwärtigen Trends der Fabrikplanung hin zu einer marktgerechten Skalierung und Reduzierung der Komplexität anhand von realisierten und von der International Society for Pharmaceutical Engineering (kurz ISPE) ausgezeichneten Fabriken aufzeigen. Die Zukunft der Biopharmazeutischen Produktion sieht Estapé auch in der Vereinfachung der für die Prozesse notwendigen Gebäudetechnik.

So endete der kurzweilige Erfahrungsbericht aus der Arbeit eines Bioverfahrensingenieurs mit einem Augenzwinkern Estapés: Unter Anwendung des Konzeptes „Controlled Non Classified in Ball Room: Moving towards one room manufacturing“ könne künftig auch der Tagungsraum des Symposiums im Mönchsrefektorium des Klosters Eberbach von Ingenieuren in kurzer Umbauzeit in eine biopharmazeutische Produktion umgestaltet werden.



Dr. David Estapé (M+W Process Industries GmbH).

**Yesterday**

- How does a Bioengineer look to a Bio-process?
- Engineering: Handling Water in Batches
- Upstream Planning: Bioreactors
- Downstream Planning: Buffer Supply; Engineering Process Equipment
- Engineering: The Final Result
- Biotech Facility: Strong Organization

**Today - Adapting to the Market**

- Keep the Process Smaller and Simple: Mobility, Easy Integration
- Moving Towards Small Scale Facilities, Single-use Equipment
- ISPE Facility of the Year Award (FOYA)
- Biotech Manufacturing Out-Off-the-Shelf

**Tomorrow - Adapting to the Market**

- Keep the Facility Simple: Control Not Classified in Ball Room
- Moving towards one room manufacturing

**Erfahrungsbericht  
Flexibilisierungsstrategie für die  
Reinstmedienversorgung einer  
biopharmazeutischen Produktion**

An die Qualität von Reinstmedien für pharmazeutische Prozesse, namentlich Purified-Water (PW), Water for Injection (WFI), Clean Steam (CS) und komprimierte Gase, werden aus gutem Grund strenge Maßstäbe mit klaren Grenzwerten für die chemische und mikrobiologische Reinheit gelegt. Darüber hinaus stehen diese Reinstmedien häufig im Fokus von Verwarnungen und Abmahnungen von Seiten der Inspektionsbehörden. Die Begriffe Flexibilisierung und Reinstmedien scheinen daher aus Sicht des pharmazeutischen Betreibers zunächst wie ein Widerspruch zu klingen.

Markus Weise, Prozessingenieur bei der Process [-ING], stellte in seinem Erfahrungsbericht den Studierenden zunächst die grundsätzlichen Betreiberanforderungen in einem seiner Projekte vor, welches das Conceptual Design und Basic Engineering einer Reinstmedienanlage für die Versorgung einer biopharmazeutischen Produktionsanlage beinhaltete. In diesem Projekt sollte produktionsbedingt eine qualitätstreue Versorgung an 365 d/a mit nur einer jährlichen Wartungswoche sichergestellt werden. Die flüssigen Reinstmedien zirkulieren in einem stetigen turbulenten Fluss durch kilometerlange Ringsysteme und versorgen in dem Projekt kontinuierliche und batchweise arbeitende Prozessverbraucher mit Purified Water und Water for Injection für Upstream, Bioseparation und Downstream sowie Reinigungsprozesse mit unterschiedlichen und wechselnden Verbrauchs- und Lastszenarien sowie Schichtmodellen.



Markus Weise (B.Sc., Process [-ING]).

**Prozessintensivierung und Flexibilisierung**

- Qualitätsattribute Reinstmedienversorgung
- Planungsanforderungen
- Multi-Loop-Ausführung
- Low-bioburden, Sanitisierungs- und Sterilisationsmodi



Erfahrungsaustausch zwischen Teilnehmern und Referenten.

Weise zeigte anhand dieses Praxisbeispiels für das Purified Water System im Folgenden auf, welche Lösungsansätze er und das Planungsteam der Process [-ING] für die Erfüllung der Anforderungen an eine flexible und zugleich hoch-verfügbare Reinstmedierversorgung in dem Projekt erarbeitet haben. Zu diesen Maßnahmen gehören u.a. Multi-Loop Vorlauf-/ Rücklaufverteilungen unter Berücksichtigung von Redundanzen und Lastteilungen, Sub-Loops, in denen heißes, kaltes und ozonhaltiges Purified Water zirkulierend vorgehalten werden und ein schnelles, Loop-spezifisches Umschalten zwischen Verbrauchs-, Low-bioburden- und Heißwassersanitisierungsbetriebsarten möglich wird. Darüber hinaus stellen Einzelsanitisierungen sicher, dass Verschleiß- und störanfällige Komponenten bei laufendem Betrieb ausgetauscht und nach ihrer on-line Sanitisierung betroffener Abschnitte wieder integriert werden können.

Obwohl die technischen Details des Vortrags noch nicht an den Ausbildungsstand von „Freshmen“ der Chemie und Bioverfahrenstechnik angepasst waren, gelang es dem Erfahrungsbericht aus der Projektpraxis den Studierenden aufzuzeigen, dass Flexibilisierung und Modularisierung immer der Erfolg eines akribisch durchdachten Planungskonzeptes und der sorgfältigen Ermittlung von Arbeitsbereichen und Prozesstoleranzen ist, von denen schließlich auch die Robustheit und Validierbarkeit des Prozesses abhängig sind.



Teilnehmer im Vestibül des Mönchsrefektoriums.



Impressionen des jährlichen Hochschulsymposiums 2014.



Die Klosterführung begann im Kreuzgang.

## Themenschwerpunkt Quality-by-Design und Projektmanagement

In der Pharmaindustrie 4.0 rücken die verfahrenstechnischen Kompetenzen sowie die Durchgängigkeit des Engineerings über den gesamten Lebenszyklus unter Anwendung des von den Zulassungsbehörden geforderten „Quality-by-Design“ (kurz QbD) in den Mittelpunkt der Standortentwicklung und -sicherung.

Aus den neuen Möglichkeiten resultieren nun unterschiedliche Konsequenzen. Monoproduktanlagen stehen nicht mehr alleine im Fokus der Standortentwicklung. Durch die Zunahme der notwendigen Flexibilität und der damit einhergehenden Variabilität der Prozessbedingungen in biotechnologischen Produktionsanlagen und Produktionsstätten für sterile Darreichungsformen steht heute vielmehr das ganzheitliche Qualitätsmanagementverständnis eines „Quality-by-Design“ stärker im Vordergrund.

Der Übersichtsbeitrag von Dipl.-Ing. Oliver Kurz, Vetter Pharma-Fertigung GmbH & Co. KG, sollte den Studierenden die Grundlagen und Methoden eines Quality-by-Design vorstellen. Das Vortrageelement des Symposiums Biochemical Process Engineering wurde mit einem kurzen Bericht über derzeit in Arbeit befindliche und geplante Bachelor- und Masterarbeiten zu dem QbD-Einfluss auf Projektkennzahlen abgerundet.

### Übersichtsbeitrag Quality-by-Design: Hintergrund und Anwendung in der Lohnfertigung steriler Fertigarzneimittel

Die überragende Bedeutung steriler Darreichungsformen in einer Pharmaindustrie 4.0 wurde von allen Referenten unabhängig voneinander betont. Die Firma Vetter Pharma-Fertigung in Ravensburg gilt auf diesem Gebiet als Spezialist für die Formulierung, Abfüllung und Verpackung innovativer Arzneimittel, die als Injektionspräparate, d.h. parenteral unter Umgehung des Magen-Darm-Traktes, appliziert und unter hochreinen und zum Teil aseptischen Bedingungen hergestellt werden.



Erfahrungsaustausch zwischen Referenten und Teilnehmern.



Vortrag im Mönchsrefektorium.



Kreuzgang des Klosters Eberbach.

Dipl.-Ing. Oliver Kurz, Vetter Pharma-Fertigung GmbH & Co. KG, veranschaulichte in seinem Vortrag zunächst den Hintergrund des Quality-by-Design und dessen Anwendung in der Lohnfertigung steriler Fertigarzneimittel. Er verdeutlichte, dass nicht nur Wirkstoffe sondern auch die galenische Zubereitung immer komplexer werden. Biogene Arzneistoffe, so Kurz, reagierten nicht selten empfindlich auf Verarbeitungsprozesse oder verlören im Laufe der Zeit ihre Wirksamkeit. Insbesondere auf dem Gebiet der aseptischen Abfüllung von Medikamenten in Ein- und Doppelkammer-Spritzen und der Lyophilisierung von komplexen und sensiblen Molekülen kann die QbD-Methodik eine wichtige Rolle einnehmen.

Dabei handelt es sich um einen ganzheitlichen, proaktiven, wissenschaftlich fundierten und risiko-basierten Ansatz bei der Entwicklung und Herstellung von Arzneimitteln. Ziel ist es, einen Prozess zu entwickeln, in dem die kritischen Schritte, welche die Produktqualität beeinflussen, identifiziert werden, ihr Einfluss gemessen und innerhalb eines vereinbarten Entwicklungskorridors („design space“) festgelegt wird.

Kurz studierte Verfahrenstechnik an der Universität Stuttgart und der Northwestern University, Evanston, USA. Nach seinem Studium war er zunächst als Projektingenieur und später als Leiter Validierung eines Sterilproduktionsbereiches tätig, in welchem er die Planung und Durchführung der physikalisch-technischen und mikrobiologischen Untersuchungen verantwortete. Heute ist Kurz Spezialist für die Quality-by-Design-Methodik und als Abteilungsleiter Qualitätssicherung für vorbeugende Qualitätssicherungsmaßnahmen und die frühzeitige Identifikation von cGMP-Risiken zuständig.



Dipl.-Ing. Oliver Kurz (Vetter Pharma-Fertigung GmbH & Co. KG).

**Einleitung und Hintergründe / Regularien und Vorschriften**

**Systemischer Ansatz – QbD / Vergleich QbD und Traditioneller Ansatz**

**QbD in der Entwicklung**

- Definition der Anforderungen TPP/TPQP
- Kritische Qualitätsattribute (CQA – Design Space)
- Risikoanalyse

**QbD Kontrollstrategie – Kontinuierliche Verbesserung**

Kernpunkt von QbD ist seiner Meinung nach die Idee, dass sich die gewünschte Endqualität eines Produkts bereits durch Maßnahmen während der Entwicklung erreichen lässt. Dafür seien umfassendes Wissen über den Wirkstoff und die Entwicklungs- und Fertigungsprozesse notwendig. Ein weiterer wichtiger Punkt sei das Wissen darüber, welche Risiken mit den Abläufen einhergehen und wie sie sich vermeiden ließen.

Dass die Anwendung von Quality-by-Design ohne die mathematisch-statistische Beurteilung von Daten und Ergebnissen nicht möglich ist, bereitete dem einen oder anderen Studierenden sicher zunächst Unbehagen. Kurz gelang es in dem Übersichtsbeitrag jedoch sehr schnell, die Studierenden anhand von Beispielen von der Notwendigkeit einer exakten Interpretation zu überzeugen. Wenn eine Sicherheit von 99% bei der reproduzierbaren Produktqualität ausreichend sei, so Kurz, würden jährlich 200.000 falsche Medikamentenrezepte in Deutschland ausgestellt werden und jeder Deutsche täglich 15 min unsauberes Trinkwasser zu sich nehmen.

Von den Beispielen in dem Vortrag von Kurz angeregt, versuchte einer der Masterstudenten der Wirtschaftschemie noch während des gemeinsamen Abendessens zum Ausklang des Symposiums, das Restrisiko bei der aseptischen Abfüllung von sterilen Arzneimitteln zu berechnen. Die Einsicht, dass mikrobielle Kontaminationen selten homogen verteilt vorliegen und sich Keime zudem asexuell vermehren, lenkte die Aufmerksamkeit dann jedoch wieder auf die Rheingauer Spezialitäten in der Klosterschänke.

**Sicherheit in der Reproduzierbarkeit von Qualität**

- Reichen 99 % an Sicherheit?
- 200.000 falsche Rezepte pro Jahr in Deutschland bei 99%
- Endqualität eines Produktes schon während der Entwicklung beeinflussen
- Mathematisch-statistische Beurteilung



Blick auf die Basilika vom Kreuzgang aus.

**Erfahrungsbericht  
Der Einfluss von QbD-Elementen auf  
Projektkennzahlen**

Die These, dass die QbD-Methodik nicht nur in der Produktentwicklung sondern auch in der Projektsteuerung von Investitionsprojekten wirksam sein kann, vertrat zum Abschluss des Vortragsteiles Dipl.-Ing. Bernd Geis (Process [-.ING]). Auch im Rahmen des technisch-betriebswirtschaftlichen Projektmanagements sind seiner Ansicht nach die exakte Zieldefinition und das Wissen um die Projektrisiken entscheidend für den Projekterfolg.

Anhand von empirischen Fehlerentstehungs- und Fehlerentdeckungswahrscheinlichkeiten sowie korrespondierenden Fehlerbeseitigungsfolgen und -kosten verdeutlichte Geis den positiven Einfluss einer QbD-konformen Projektorganisation vor dem Hintergrund von Mehrproduktanlagen einer Pharmaindustrie 4.0 und griff dabei die Vorträge von Estapé, Weise und Kurz auf. Standortentwicklung unter Anwendung von Modularisierung und Flexibilisierung könne unter GMP-Bedingungen nur dann erfolgreich gelingen, wenn aus den verschiedenen Produktcharakteristika die Arbeitsbereiche und Prozess-toleranzen der Prozessschritte abgeleitet und in den Planungsprozess, den Bau und in die Validierung systematisch integriert würden.

Hier schließt sich für Geis der Kreis zu der Intention und den Initiatoren des Hochschulsymposiums, der Hochschule Fresenius und der Process [-.ING] GmbH. Für die Gestaltung einer Pharmaindustrie 4.0 benötige man Experten, die als Fach- und Führungskräfte dazu in der Lage seien, sich technisch-organisatorischen Herausforderungen in dem Spannungsfeld aus Qualität, Kosten und Terminen zu stellen. Die Vermittlung der hierzu notwendigen Fach-, Methoden- und Führungskompetenzen erfordert nach seiner Einschätzung aber die Kombination von Lehre und Praxis, die nach einem Bachelorabschluss nur in der Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Wirtschaft entstehen kann.



Dipl.-Ing. Bernd Geis ([-.ING] BiochemPE).

**QbD und Projektkennzahlen**

- Zusammenhang zwischen Fehlerentstehung, Fehlerentdeckung und Fehlerfolgekosten
- Empirische Untersuchung: Einfluss QbD-konforme Projektorganisation
- Synthetische Biologie und Produktlebenszyklus
- Beitrag der Beschleunigung auf den Kapitalwert



Beim Klosterrundgang im Kapitelsaal.

**Expertendiskurs: Auf dem Weg in eine Pharmaindustrie 4.0?**

Im Zentrum der Diskussionen rund um das Hochschulsymposium Biochemical Process Engineering stand der Begriff der „Pharmaindustrie 4.0“, der insbesondere in den Vortragspausen und auch im Nachgang des Symposiums anhand der Skizzen (siehe Abbildung 1-2) diskutiert wurde. Ausgangspunkt der gemeinsamen Überlegungen waren die Darstellungen von Daubenfeld, Geis und Greune, nach denen sowohl der Wissensgewinn und Durchbruch von Innovationen zeitlich versetzt zueinander verlaufen, als auch das technisch Mögliche der industriellen Revolutionen nicht gleichbedeutend mit einer weiteren pharmakologischen Revolution einhergehen müssen.

**Die Ist-Situation**

Die Strukturaufklärung des Erbguts und die Identifizierung von Restriktionsenzymen sind gelungen, die Sequenzierung des Humangenoms liegt zwischenzeitlich bereits mehr als zehn Jahre zurück. Trotz steigenden FuE-Ausgaben sind die Zulassungszahlen neuer Pharmaka seit 15 Jahren rückläufig und die Ausfallraten in der Zulassung steigen. Das Ende der 1990er Jahre markiert den Startschuss mehrerer - bis heute fortwirkender - Fusionswellen, zunächst zu Life Sciences-Konzernen, dann zu Generika-Riesen. Die Pharmaindustrie versucht, dem Innovationsstau durch Fusionen, Akquisitionen und Umstrukturieren zu begegnen.

**P4-Medizin: prognostisch, personalisiert, präventiv und partizipatorisch**

Eine echte pharmakologische Revolution muss nach Ansicht der Teilnehmer der P4-Regel folgen und die Indikationsgebieten Alzheimer-Demenz, Herz-Kreislauf und Krebs, Infektionskrankheiten und Resistenzen sowie Autoimmunerkrankungen beinhalten.



Teilnehmer des Hochschulsymposiums.



Die Redner des jährlichen Hochschulsymposiums 2014 (v.l.n.r.): Dipl.-Ing. Oliver Kurz, Dipl.-Ing. Bernd Geis, Dr. Malte Greune, Markus Weise (B.Sc.), Prof. Dr. Thorsten Daubenfeld, Dr. David Estapé.

Mittels neuer Therapieformen könnten Nukleotide direkt an den Genen ansetzen und gezielt die Bildung körpereigener Moleküle an und ausschalten. Antikörper können selektiv an eine Krebszelle binden und ihre Zerstörung einleiten und modifizierte Impfstoffe gezielt die Reaktionen des Immunsystems bereits im Vorfeld konditionieren. Eine Schnittstelle zur Medizintechnik sahen die Teilnehmer des Symposiums in dem Tissue Engineering, in welchem neben der strukturegebenden Gerüstbildung und dem Aufbau vitaler Zellen und Gewebes und der Kontrolle der Signaltransduktion komplexe Organe in vitro und in vivo die Produktion von Therapeutika übernehmen könnten.

### Synthetische Biologie und Verkürzung der Zeit von der Produktidee zur Produktionsanlage

Vor diesem Szenario einer P4-Medizin werden es „One-size-fits-all“-Medikamente mit Blockbusterumsätzen in Zukunft schwerer haben und das Motto „If you fail, fail early and cheap“ gewinnt infolgedessen noch weiter an Bedeutung. Neben einer Stärkung der klinischen Forschung (bench-to bedside und bedside to bench) erwarten die Teilnehmer, dass durch die Chancen der Synthetischen Biologie - genau wie bei der synthetischen Chemie vor mehr als einhundert Jahren - die Anzahl vielversprechender biogener Moleküle als Basis für Innovationen und Verbesserungserfindungen stark ansteigen wird. Aufgrund der Besonderheiten der P4-Medizin und der vergleichsweise günstigen Degressionsexponenten einer Economy of Scale für die Produktion biogener Ausgangsstoffe werden in einer „Smart & High Hygienic Factory“ nicht zwingend die großen gegenüber den kleinen Unternehmungen, sondern die schnellen gegenüber den langsamen im Vorteil sein.

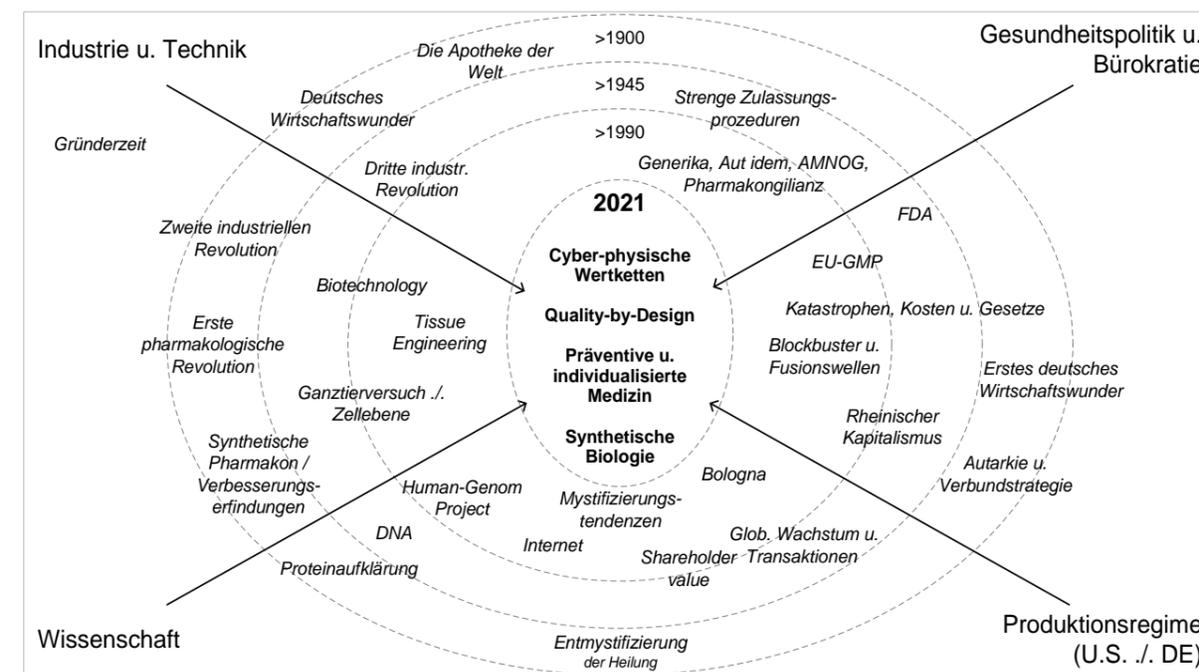


Abbildung 1: Brainstormingdarstellung von Einflussfaktoren auf industrielle / pharmakologische Revolutionen und Rahmenbedingungen von Wirtschaftswundern.

### Was hat die Dampfmaschine mit Arzneimitteln zu tun?

Der Antwort auf die Ausgangsfragestellung, was die Dampfmaschine und Arzneimittel in einer Pharmaindustrie 4.0 gemein haben, sind die Studierenden im Rahmen des Hochschulsymposiums durchaus näher gekommen. Wann das Zusammenspiel einer vierten industriellen mit einer zweiten pharmakologischen Revolution gelingen wird, ist von Einflüssen aus Wissenschaft, Industrie und Technik, der Gesundheitspolitik und Bürokratie sowie von Faktoren des Produktionsregimes abhängig. Alle Referenten des Symposiums waren sich am Ende einig, dass die Bedeutung von Biopharmazeutika zunehmen wird. Unklar ist die Geschwindigkeit, mit der Biopharmazeutika (und auch ihre Nachahmerpräparate, die sogenannten „Biosimilars“) sich im Markt etablieren werden. Antworten auf diese Fragen lassen sich vielleicht im kommenden Jahr geben, wenn die Process [-ING] und die Hochschule Fresenius erneut zum Hochschulsymposium „Biochemical Process Engineering“ einladen.

Die Initiatoren des Hochschulsymposiums, die Process [-ING] und die Hochschule Fresenius, kooperieren erfolgreich im Rahmen der „M.Sc. Executive Initiative“, welche Bachelorabsolventen die Möglichkeit bietet, die Fach- und Methodenkompetenzen des Biochemical Process Engineering praxisnah zu erwerben und mit dem Masterabschluss der Wirtschaftschemie (M.Sc.) zu kombinieren. Eine Akkreditierung des Masterstudiengangs Biochemical Process Engineering ist das nächste Ziel der Kooperationspartner.

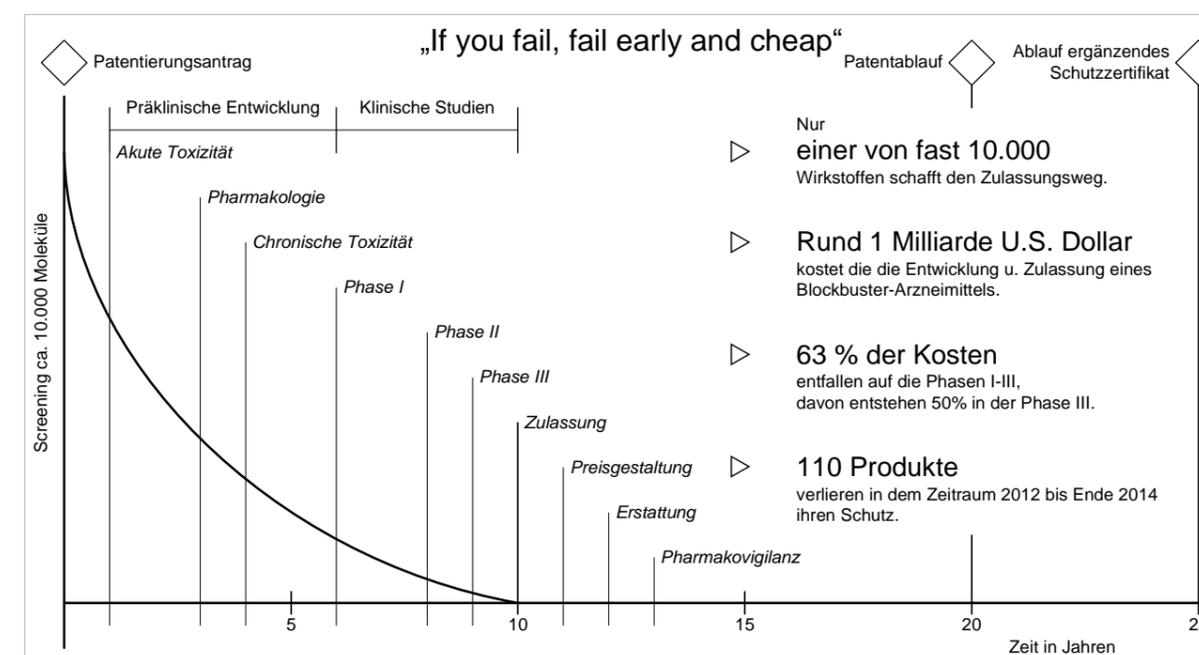


Abbildung 2: Der lange Weg zum Arzneimittel: Nach der systematischen Suche nach den molekularen Zielen, dem Wirkstoffscreening sowie der Synthese-/Verfahrensplanung muss die zulassungsrelevante Beweis-führung der Qualität, Wirksamkeit und Unbedenklichkeit in Form pharmakodynamischer, pharmakokinetischer und klinischer Untersuchungen dargelegt werden.

## Stimmen der Teilnehmer

„Das Symposium hat mein gegenwärtiges Arbeitsgebiet direkt betroffen.“

„Am besten hat mir gefallen, dass die gestellten Fragen auch in den Pausen ausführlich beantwortet wurden.“

„Eine gute Informationsmenge und beeindruckende Referenten.“

„Die Einblicke in die Industrie aus unterschiedlichen Blickwinkeln und Fachbereichen sowie nicht zuletzt der Werdegang der Referenten hat mir sehr gut gefallen.“

„Das Symposium war eine Bestätigung, die richtige Studienrichtung eingeschlagen zu haben.“

„Die Vorträge waren gut aufeinander abgestimmt und verständlich.“

„Das Symposium hat neue Einblicke in die zukünftigen Entwicklungen und Berufsbilder ergeben.“

„Es war sehr aufschlussreich, wie der aktuelle Stand der Pharmaindustrie ist, jedoch zu fachspezifisch und auch etwas zu ausführlich.“

„Die Führung durch das Kloster war ein echtes Highlight.“

„Was dieser Mann [gemeint ist Leo Gros] alles weiß, ist phänomenal.“



Die Initiatoren der M.Sc. Executive Initiative.  
 3. Reihe v.l.n.r.: Thomas Cornehl, Konrad Deubener (B.Sc.), Dipl.-Ing. Ruth Wohlfahrt, Alexander Eden (B.Sc.).  
 2. Reihe v.l.n.r.: Helen Kühn (M.A.), Dipl.-Ök. Kathrin Janisch, Michael Seegmüller (B.Sc.), Markus Weise (B.Sc.), Ilona Striebl (B.Sc.), Dipl.-Ing. Bernd Geis.  
 1. Reihe v.l.n.r.: Prof. Dr. Leo Gros, Prof. Dr. Thorsten Daubenfeld.

### Impressum

Juli 2014

Tagungsmagazin Hochschulsymposium Biochemical Process Engineering

Herausgegeben von  
 Process [-ING] Gesellschaft für Projekt- und Qualitätsmanagement mbH

Redaktion / Gestaltung  
 Bernd Geis, Konrad Deubener, Helen Kühn

Haftungsausschluss  
 Alle Angaben wurden sorgfältig recherchiert und zusammengestellt, dennoch übernimmt [-ING] für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte sowie für zwischenzeitliche Änderungen keine Gewähr.

Zitation

[-ING] (Hrsg.) ; Hochschule Fresenius (Veranst.) ; Process [-ING] (Veranst.): Hochschulsymposium Biochemical Process Engineering (1. jährliches Hochschulsymposium Eltville 2014). Tagungsmagazin Hochschulsymposium Biochemical Process Engineering. Frankfurt : [-ING] Print, 2014.

Copyright 2014 Process [-ING] Gesellschaft für Projekt- und Qualitätsmanagement mbH

Bilder Titelseite (v.l.n.r.): Dipl.-Ing. Bernd Geis ([-ING] BiochemPE) und Prof. Dr. Thorsten Daubenfeld (Hochschule Fresenius), Kreuzgang / Kreuzgarten im Kloster Eberbach, Teilnehmer des Hochschulsymposiums im Mönchsrefektorium.

# [.-ING] BiochemPE

Process [-ING] Niederlassung Idstein | Am Frauwald 5 | 65510 Idstein (Ts.)

Beratung u. Projektsteuerung  
Generalplanung | Fach- u. Projektingenieure | Validierung

Hauptsitz:

Process [-ING] Gesellschaft für Projekt- und Qualitätsmanagement mbH  
Beethovenplatz 1-3 | 60325 Frankfurt am Main (Germany)  
Tel.: +49 (0) 6126 509 600 0

[www.processing-technology.de](http://www.processing-technology.de)