

# LOEWE

## ABSCHLUSSBERICHT



**LOEWE-Schwerpunkt  
BioIM – Biomedizinische Technik –  
Bioengineering & Imaging**

# Inhalt

- 2 Statement des Koordinators
- 3 Projektinhalte
- 3 Wissenschaftlich-technische Ausgangslage
- 3 Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen
- 5 Erreichte Strukturentwicklung
- 5 Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld
- 6 Weitere Informationsmöglichkeiten
- 7 Wichtigste Meilensteine des Projekts
- 9 Zahlen und Fakten
- 10 Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und Forschungsinstitute
- 12 Impressum

Als erste Fachhochschule war die Technische Hochschule Mittelhessen (THM) 2008 mit dem Projekt „Biomedizinische Technik – Bioengineering & Imaging BioIM“ in der LOEWE-Förderlinie 2 (LOEWE-Schwerpunkte) erfolgreich. Ziel des Projekts war die Entwicklung zulassungsgerechter Plattformtechnologien und Verfahren für die zellbasierte und partikelbasierte Therapie. Kooperationspartner waren das Institut für Bioverfahrenstechnik und Pharmazeutische Technologie (IBPT), das Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz (IMPS) der THM und die Klinik für Strahlendiagnostik der Philipps-Universität Marburg (bis 2011).



Bis 2011 bewilligte das Land für den LOEWE-Schwerpunkt zunächst 4,2 Mio. Euro. Zusätzlich konnte aufgrund eines Großgeräteantrags bei der DFG ein Laser-Scanning Mikroskop erworben werden. Aufgrund der exzellenten Ergebnisse einer Evaluierung durch externe Gutachter finanzierte das Land den Schwerpunkt bis zum Jahr 2013 mit weiteren 1,7 Mio. Euro. „In den Forschungsfeldern der anwendungsorientierten biopharmazeutischen Forschung, im Segment der weißen und roten Biotechnologien, bei der Herstellung und Messbarkeit von Wirkstoffen sowie der Reproduzierbarkeit galenischer Prozesse und zunehmend in den Verbund-Projekten der optischen Bildgebung können im beantragten Zeitraum weitere exzellente Ergebnisse erreicht werden. Es bestehen gute Chancen auf beachtliche Drittmittel-Einwerbungen“, so das Urteil der Gutachter.

Nach dem planmäßigen Abschluss der Förderung kann die THM eine durchweg positive Bilanz des LOEWE-Schwerpunkts ziehen. Es ist gelungen, auf dem Gebiet der Biomedizinischen Technik/Biotechnologie eine stabile Forschungsinfrastruktur aufzubauen. Die Förderung hat eine exzellente Geräteausstattung ermöglicht und die Institute für erstklassige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter attraktiv gemacht, denen wir zusätzlich Promotionsmöglichkeiten anbieten können. Im kooperativen Promotionskolleg „Bioressourcen und Biotechnologie“ arbeitet die THM mit der Justus-Liebig-Universität Gießen zusammen, im kooperativen Promotionsprogramm „Bioengineering and Imaging“ mit der Philipps-Universität Marburg. Masterstudierende sind in die laufenden Forschungsprojekte einbezogen.

Die Zahl der Kooperationspartner in Deutschland, Europa und Übersee ist signifikant gestiegen. Gleiches gilt für die Summe zusätzlich eingeworbener Drittmittel. Größter Erfolg ist die Beteiligung der des IBPT der THM am „LOEWE-Zentrum für Insektenbiotechnologie und Bioressourcen“ (ZIB), die ohne eine Förderung des LOEWE-Schwerpunkts BioIM nicht möglich gewesen wäre.



Prof. Dr.-Ing. Peter Czermak  
Kordinator des LOEWE-Schwerpunkts BioIM  
Technische Hochschule Mittelhessen

## Projekthalte

### Wissenschaftlich-technische Ausgangslage

Das Hauptziel des Projektes war die Kontrolle von Stofftransportvorgängen in Bioprocessen und Geweben mittels innovativer bildgebender Verfahren. Moderne Therapien von z. B. Parkinson, Diabetes mellitus oder Schlaganfall benötigen große Mengen an Stammzellen, Viren oder wirkstoffhaltigen Partikeln. Deren Herstellung sollte durch eine Online-Prozessanalytik mit bildgebenden Verfahren kontrolliert werden.

Die eingesetzten Methoden sollen zu automatisierten Verfahren führen, die eine Anwendung nach modernsten Richtlinien wie GMP (Good Manufacturing Practice) und PAT (Process Analytical Technologies) in der pharmazeutischen und biotechnologischen Industrie gewährleisten. Schwerpunkte in der Forschung sind die Standardisierung der Herstellung, die Prozesskontrolle, eine Optimierung von Zellkultivierungssystemen sowie die Entwicklung von zulassungsgerechten nano- und mikropartikulären Transportsystemen zur Anwendung auf der Haut. Dafür werden bildgestützte Verfahren zum Nachweis des Stofftransports in Bioprocessen und Geweben entwickelt und Simulationsmodelle für Transportmechanismen aufgebaut. Ziel ist es, zu einem besseren Verständnis der biologischen Prozesse des Lebens auf zellulärer und molekularer Ebene und damit zur Aufklärung der Ursachen von Erkrankungen beizutragen, um so neue Wege der Therapie zu eröffnen.

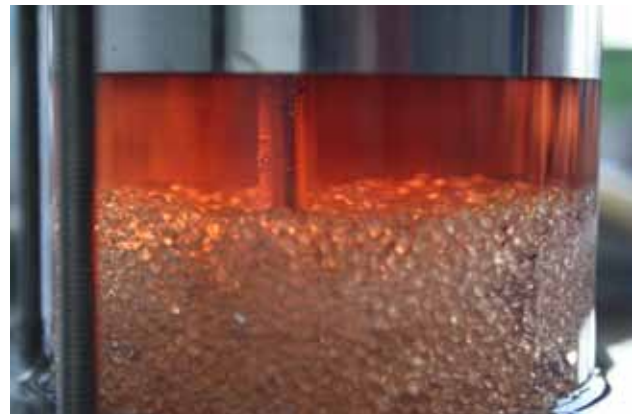
### Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen

Der LOEWE-Schwerpunkt BioIM entwickelt automatisierte Bioreaktorsysteme, die eine hochreine und reproduzierbare Herstellung zelltherapeutischer und biopharmazeutischer Produkte gewährleisten. Dazu werden innovative Online- und bildgebende Verfahren eingesetzt, die einen Einblick in den Produktionsprozess ermöglichen. Somit entfällt eine Quelle für Kontaminationen, und Störungen im Prozess können früh wahrgenommen und gegebenenfalls korrigiert werden. Eingesetzt werden die Verfahren zum Bei-

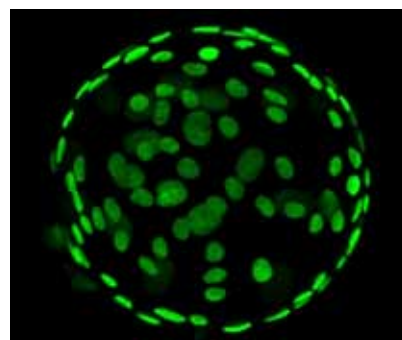
spiel für die Herstellung von Viruspartikeln oder die Expansion von Stammzellen bzw. für die Proteinproduktion.

### Zellbasierte Therapie

Eines der größten sozio-ökonomischen medizinischen Probleme in Industrieländern sind Bandscheibenschäden und damit verbundene Rückenschmerzen. Eine geschädigte Bandscheibe kann derzeit nicht wiederhergestellt werden, weshalb sich die Behandlung auf Schmerztherapien oder Versteifungen der Wirbelsäule beschränkt. Langfristig wäre eine Therapie, welche eine echte Regeneration der Bandscheibe und damit eine vollständige Wiederherstellung der Bandscheibenfunktion bewirkt, zu favorisieren. Im Hinblick auf die speziellen Eigenschaften der Bandscheibe könnte eine Zelltherapie mit zu Bandscheibenzellen vordifferenzierten humanen mesenchymalen Stammzellen (hMSCs) eine attraktive Möglichkeit bieten. Wichtige Forschungsschwerpunkte sind dabei die Etablierung einer zelltypspezifischen Analytik, mit der zwischen hMSCs, Bandschei-



Vermehrung von Stammzellen im Bioreaktor



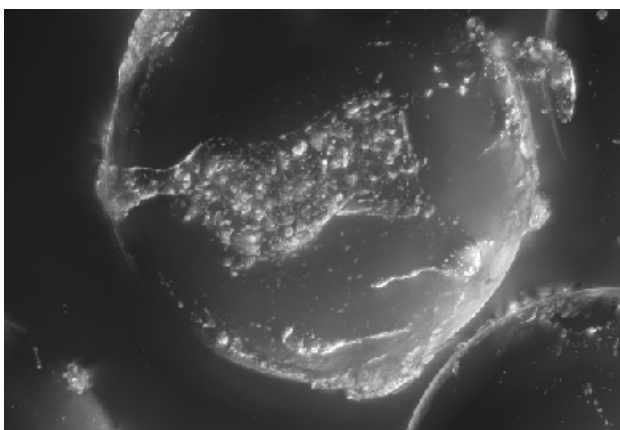
Fluoreszenzfärbung von mit Stammzellen bewachsenen Carriern

benzellen und humanen Knorpelzellen/Chondrozyten unterschieden werden kann. Dazu ist die Raman-Mikroskopie mit anschließender Analyse der zellspezifischen Ramanspektren als nicht-invasive Methode geeignet und wurde im Rahmen des LOEWE-Schwerpunkts für in Hydrogel eingebettete Zellen etabliert. Des Weiteren wurde die Differenzierungsfähigkeit der hMSCs in Bandscheibenzellen analysiert. Hierfür wurden der Einfluss von Wachstumsfaktoren, Matrixkomponenten und mechanischen Stimuli untersucht.

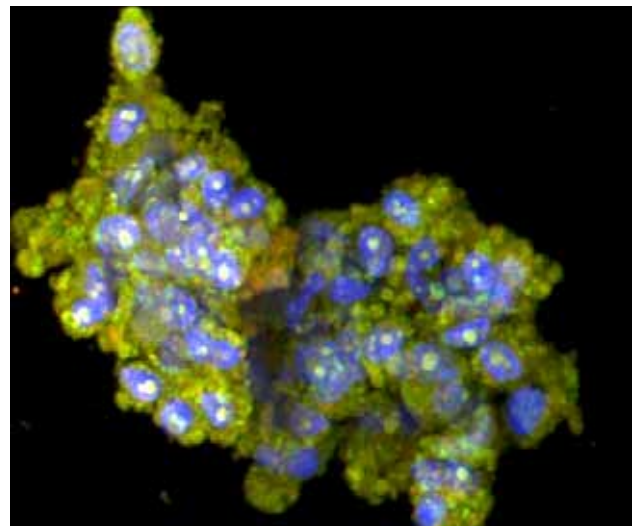
### Virusbasierte Therapie

Der steigende Bedarf an therapeutisch einsetzbaren Viren resultiert auch in höheren Anforderungen bezüglich der Herstellungsprozesse, um ausreichende Virusmengen in zufriedenstellender Qualität zur Verfügung zu stellen. Die Überwachung und Regelung kritischer Prozessparameter mittels geeigneter PAT (Process Analytical Technology) soll helfen, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Ein solches PAT Tool ist die Impedanzspektroskopie. Sie ermöglicht einen zuverlässigen Informationsgewinn bezüglich Wachstum und Morphologie der Wirtszellen nach der Virusinfektion sowie in Hinblick auf adhärent wachsende Zellen in dynamischen Reaktorsystemen. Sie wurde zur Überwachung zwei verschiedener Produktionsprozesse für potenziell therapeutisch einsetzbare Viren im Rührreaktorsystem angewandt. Die Masernvirenproduktion mittels Vero-Zellen erfordert dabei den Einsatz von Mikroträgern als Wachstumsoberfläche, während Sf21-Insektenzellen als klassisches Beispiel für eine Suspensionszelllinie zur Produktion von Baculoviren Verwendung fand.

*Darstellung von Zellen, die durch Masernviren infiziert sind*



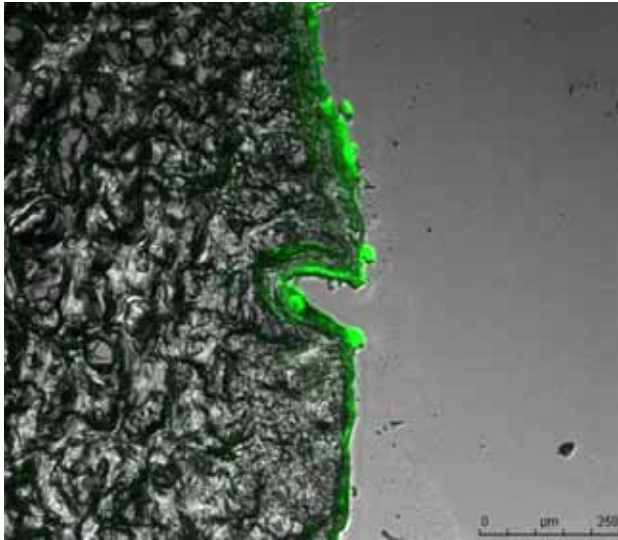
Die anschließende Aufreinigung viraler Partikel in der biopharmazeutischen Technologie stellt hohe Anforderungen an die Produktaufarbeitung. Regulierende Behörden fordern daher valide Verfahren, welche vollständig überwacht werden können. Die Online-Detektion von viralen Partikeln stellt eine Schlüsseltechnologie dar, um virusbasierte Herstellungsprozesse zu optimieren und die Produktsicherheit zu erhöhen.



*Dreidimensionales Konstrukt von Knorpelzellen: Zellkerne sind blau, die kollagenhaltige Matrix ist grün gefärbt.*

### Tissue Engineering

In der regenerativen Medizin werden zunehmend Stammzellen für verschiedene Behandlungen eingesetzt. Die Bereitstellung dieser Zellen kann nur durch ausgereifte und überwachte Prozesse erfolgen, an welche hohe Anforderungen gestellt werden. Diese beinhalten das Prozessmonitoring mit Hilfe von Online-Methoden. Die empfindlichen Stammzellen dürfen durch den Prozess nicht verändert werden. Die Qualität der Zellen steht an erster Stelle. Bis vor einigen Jahren fanden beschriebene Produktionsprozesse für adhärent wachsende Stammzellen primär in statischen Kulturen statt, welche aufwendig, schwer überwachbar und meist ineffizient waren. Zudem war der Prozess nicht PAT-gerecht. Entsprechend groß ist der Bedarf an dynamischen, effizienten und PAT-gerechten Systemen zur Expansion von Stammzellen. Eine Herausforderung besteht dabei in der Online-Messung der adhärent wachsenden Biomasse.



Untersuchung der Penetration von Wirkstoffen in und durch die Haut

### Nano- und Mikroskalierte Trägersysteme

Die dermale Therapie ist die erste Wahl bei der Behandlung von Hautkrankheiten. Der Therapieerfolg kann nur mit der Kenntnis über die genauen Vorgänge nach Applikation von Arzneistoffen auf die Haut optimiert werden. Imaging-Methoden können verwendet werden, um den Wirkstofftransport in die Haut zu untersuchen. Neben der möglichen qualitativen Auswertung der biologischen Proben lag der Fokus im Projekt auf den quantitativen Auswertungen der Hautproben mittels Imaging-Methoden.

Die Arbeiten beschäftigten sich mit der speziellen dermalen Applikation einer neuartigen Wirkstoffklasse, den DNAzymen. Es wurden DNAzym-beladene Applikationssysteme hinsichtlich ihrer Schutzfunktion charakterisiert. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass ein Einschluss des DNAzyms in der inneren Phase von Formulierungen wie der Multiplen Emulsion oder der Wasser-in-Öl Emulsion vor einer enzymatischen Degradierung schützt. Darüber hinaus kann eine Komplexierung des DNAzyms durch Chitosan ähnliche Schutzeigenschaften aufweisen. Hauterkrankungen wie die Atopische Dermatitis sind für diese neuen Wirkstoffe von besonderem Interesse, da der Applikationsort gleich dem Wirkort ist.

### Optische Bildgebung

Imaging-Verfahren sind in viele der Projekte zur PAT-konformen Entwicklung von Wirkstoffen und deren Anwendung essentiell. Im LOEWE-Schwerpunkt BioIM wurden vor allem automatische Verfahren mit anschließender Bildverarbeitung programmiert. Oftmals stellen dabei mikroskopische Aufnahmen von fluoreszenzmarkierten Objekten (z. B. Hautsegmente oder Zellen) die Grundlage dar.

## Erreichte Strukturentwicklung

Eine Nachhaltigkeitsperspektive des LOEWE-Schwerpunkts ist durch das an der THM geschaffene Kompetenzzentrum Biotechnologie und Biomedizinische Physik – BioTecMed gegeben.

Auch durch die intensive Einbeziehung und Nutzung des Anwenderzentrums Medizintechnik in direkter Nachbarschaft zu den forschenden BioIM-Instituten ist eine Weiterführung der anwendungsnahen Forschung und die Einwerbung von Drittmitteln gegeben.

Im neu beantragten und zum Januar 2014 gestarteten LOEWE-Zentrum „Insektenbiotechnologie und Bioressourcen“ ist der LOEWE-Schwerpunkt und BioIM als Verstärkungsprojekt mit den LOEWE-Schwerpunkten „Insektenbiotechnologie“ und „AmibiProbe“ zusammengeführt worden. Hierbei werden die jeweils entwickelten Schlüsseltechnologien weiter synergistisch kombiniert und angewandt.

## Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld

An der THM ist durch die Hochschule das Kompetenzzentrum Biotechnologie und Biomedizinische Physik geschaffen worden. Das Kompetenzzentrum hat das Ziel die beteiligten Personen zusammenzuführen und die vorhandenen Ausstattungen der beteiligten Fachbereiche gemeinsam zu nutzen. Des Weiteren wird die Förderung der Wissenschaft auf dem entsprechenden Gebiet durch die Akquisition und Durchführung von Drittmittelprojekten, die Beobachtung von aktuellen Entwicklungen auf den jeweiligen Fachgebieten sowie einen regelmäßigen Erfahrungsaustausch verstärkt. Auch wird die Zusammenarbeit mit Institutionen außerhalb der Hochschule und der Wirtschaft gestärkt, sowie die Internationalisierung und Profilbildung der Hochschule durch Pflege und Verbesserung der Kontakte zu wissenschaftlichen Einrichtungen mit vergleichbaren Zielsetzungen im In- und Ausland erreicht.

Die Arbeiten im Kompetenzzentrum laufen sehr erfolgreich. So konnten innerhalb des Förderzeit-

raums von BioIM Drittmittel mit einem Gesamtvolumen von knapp 12 Mio. Euro (inkl. LOEWE) eingeworben werden.

Die Zusammenarbeit mit der Justus-Liebig-Universität Gießen und dem Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME im LOEWE-Zentrum „Insektenbiotechnologie und Bioressourcen“ ermöglichen der THM neue Kontakte in die Industrie und eine langfristige Zusammenarbeit. Speziell die im LOEWE-Schwerpunkt BioIM begonnenen Vereinbarungen zu kooperativen Promotionen von THM-Studierenden konnten weiter ausgebaut werden. Dies ist speziell durch die Einbeziehung von zwei THM-Professoren als Honorarprofessoren in die Justus-Liebig-Universität Gießen gegeben.

## Weitere Informationsmöglichkeiten

### Homepage des LOEWE-Schwerpunkts

#### „Biomedizinische Technik – Bioengineering & Imaging“:

- <http://www.thm.de/bioim/>
- <http://www.thm.de/bioim/schwerpunkt>
- <http://www.thm.de/bioim/aktuelles>
- <http://www.thm.de/bioim/forschergruppen>
- <http://www.thm.de/bioim/beirat>
- <http://www.thm.de/bioim/kooperationen>
- <http://www.thm.de/bioim/download>
- <http://www.thm.de/bioim/kontakt>

### Allgemeine Vorstellung des LOEWE-Schwerpunkts

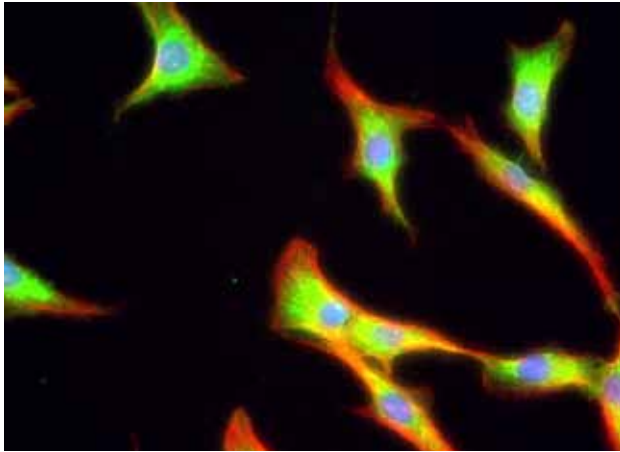
#### „Biomedizinische Technik – Bioengineering & Imaging“ im Rahmen des ProLOEWE Netzwerkes:

- <http://www.proloewe.de/de/loewe-vorhaben/vorhaben/bioim.html>

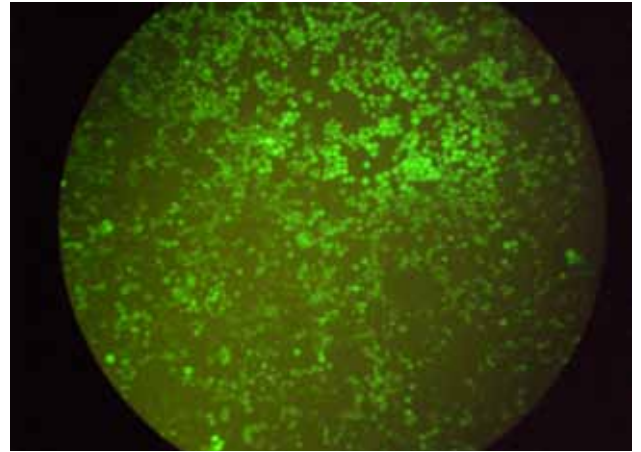
### Vorstellung des Kompetenzzentrums Biotechnologie und Biomedizinische Physik auf der Homepage der THM:

- <http://www.thm.de/site/forschung/forschung-an-der-thm/kompetenzzentren/biotecmed.html>

## Wichtigste Meilensteine des Projekts



Entwicklung von Stammzellen zu Bandscheibenzellen in der sie umgebenden Matrix



Produktion von Baculoviren für die Gentherapie



Produktion von Stammzellen auf Carriern im Einweg-Festbettreaktor für den therapeutischen Einsatz



Entwicklung von Sonden zur PAT-konformen Online-Messung der Biolebensmasse



Integration der Sensorik zur Prozesssteuerung und -automatisierung





Präsentation von Forschungsergebnissen auf 158 nationalen und internationalen Tagungen:

Z. B. 2009: Minisymposium „**Bio-engineering & Imaging**“ auf der ESAO-Jahrestagung (European Society for Artificial Organs) in Compiègne, Frankreich, vom 2. – 5. September 2009



Mitarbeiterqualifizierung:

**2010: Vereinbarungen zwischen THM und der Philipps-Universität Marburg unterzeichnet:**

- a) Kooperatives Promotionsprogramm „Bioengineering & Imaging“
- b) Zusammenarbeit im pharmazeutischen Bereich.

**2013: Erste Promotion in BioIM:** Frau Franziska Ehlicke – „Entwicklung eines injizierbaren Zell-Matrix-Komposites zur Regeneration der Bandscheibe (Nucleus pulposus)“.

**2013: Marie Curie Career Integration Grant (CIG)** für Herrn Dr. Kovacs an der Corvinus University of Budapest, Faculty of Food Science, Department of Food Engineering als Assistant Professor.



Zusammenarbeit im LOEWE-Schwerpunkt Insektenbiotechnologie und Verstetigung von BioIM im LOEWE-Zentrum für Insektenbiotechnologie und Bioressourcen:

**2009: LOEWE-Schwerpunkt „Biomedizinische Technik – Bioengineering & Imaging“ als Plattform im Konzept des LOEWE-Schwerpunkts Insektenbiotechnologie integriert.**

**2013: Beantragung eines LOEWE-Zentrums Insektenbiotechnologie & Bioressourcen** mit der Justus-Liebig Universität und dem Fraunhofer IME; Anbahnung einer Verstetigung durch Aufbau eines Fraunhofer-Institutes.

## Zahlen und Fakten

<b>Förderzeitraum</b>	<b>01.07.2008 – 30.06.2013</b>	<b>Bemerkungen</b>
bis Ende des Förderzeitraums verausgabte LOEWE-Mittel	5.903.600,00 Euro	
bis Ende des Förderzeitraums verausgabte Drittmittel	4.210.765,05 Euro	
eingeworbene Drittmittel	5.975.604,94 Euro	bis 2017
Anzahl der beteiligten Personen	ProfessorInnen: 5 Wiss. MitarbeiterInnen: 79 Technisch-admin. MitarbeiterInnen: 2 Hilfskräfte: 159	davon Drittmittel: MitarbeiterInnen: 39 Hilfskräfte: 65
Anzahl an innerhalb des Förderzeitraums abgeschlossenen Promotionen	1	
Anzahl an Veröffentlichungen in Fachzeitschriften innerhalb des Förderzeitraums	190	davon 20 peer reviewed Abstracts und 83 Buchbeiträge/proceedings
Anzahl an Konferenzbeiträgen innerhalb des Förderzeitraums	158	
Anzahl an innerhalb des Förderzeitraums zugeteilten Patenten	4	

## Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und Forschungsinstitute



### **Institut für Bioverfahrenstechnik und Pharmazeutische Technologie (IBPT), THM, AG Bioverfahrenstechnik, Membrantechnologie und Zellkulturtechnik – BVT**

<http://www.thm.de/ibpt/de/forschung-fue/ag-bvt>

Die AG BVT arbeitet in angewandten F&E-Projekten im Bereich der modernen Bio-, Lebensmittelbio- und Membrantechnologie an der Entwicklung innovativer GMP konformer Bioreaktionssysteme für die Herstellung von stammzellbasierten Produkten für die Zelltherapie; Virusanreicherung und -entfernung bei der Herstellung biopharmazeutischer Produkte; integrierter Verfahren zur Gewinnung von Viren und viraler Partikel für Gen- und Onkotherapie; Entwicklung von Verfahren zur zellbasierten Regeneration von Bandscheiben; Prozessentwicklung und -optimierung für die Herstellung von Impfstoffen; Verfahren zur Herstellung von Produkten aus natürlichen Ressourcen für die Lebensmitteltechnologie sowie Reaktionssysteme für die enzymatische Synthese und Biokatalyse von funktionellen Lebensmittelinhaltsstoffen. Es werden grundlegende Arbeiten zur Kinetik, den Transportvorgängen, zur Prozess- und Systementwicklung biotechnologisch hergestellter Wirkstoffe und Minorkomponenten sowie zellbasierter Systeme untersucht, mit dem Ziel valide Prozesse zu entwickeln.



**IBPT**

Institut für Bioverfahrenstechnik  
und Pharmazeutische Technologie

### **Institut für Bioverfahrenstechnik und Pharmazeutische Technologie (IBPT), THM, AG Biopharmazeutische Technologie**

<http://www.thm.de/ibpt/de/forschung-fue/ag-bpt>

Die AG BPT beschäftigt sich mit der galenischen Entwicklung, der Analytik und der präklinischen Forschung. Die AG verfügt über große Erfahrungen im Bereich der Beurteilung von zellbiologischen Wirkmechanismen von Wirkstoffen. Darüber hinaus verfügt die AG über Expertise, pharmazeutische Technologien mit den pharmazeutischen Anforderungen zu verknüpfen, was den Bereich der Validierung und Qualifizierung von Produktionsverfahren einschließt. Schwerpunkt ist die Entwicklung von Herstellungsmethoden für die Pharmatechnik. Hierbei erfolgt die technische Entwicklung und Optimierung der Herstellung von Formulierungen, mittels unterschiedlicher Herstellungstechnologien. Die AG verfügt über die notwendige messtechnische Ausstattung zur Bewertung der Qualität von nanopartikulären Trägersystemen.

## Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz (IMPS), THM

<http://www.thm.de/imps/>

Das Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz (IMPS) ist im Jahr 2006 als wissenschaftliche Einrichtung gegründet worden, um die strukturellen Rahmenbedingungen der wissenschaftlichen Arbeit im Bereich der Medizinischen Physik an der THM nachhaltig zu verbessern. Die im IMPS bearbeiteten wissenschaftlichen Fragestellungen sind unter anderem: bildgebende Verfahren in der Medizin: Bildqualitätsanalyse, Dosisoptimierung, computerassistierte Diagnose, automatische und quantitative Bildauswertung; optische Computertomographie, Rekonstruktionsverfahren; Dosimetrie ionisierender Strahlung: Monte Carlo Verfahren, Referenzdosimetrie; Bestrahlungsplanung: mathematische Optimierungsverfahren, Modellierung strahlenbiologischer Modelle.



## IMPS

Institut für Medizinische Physik  
und Strahlenschutz

## Philipps-Universität Marburg, Klinik für Strahlendiagnostik

<https://www.uni-marburg.de/fb20/radiologie>

Die Schwerpunkte der Arbeitsgruppe in der Klinik für Strahlendiagnostik des Medizinischen Zentrums für Radiologie liegen auf den Gebieten der Radiofrequenzhardwareentwicklung in der Magnetresonanztomographie, der Methodenentwicklung in der Hochfeldmagnetresonanztomographie sowie der quantitativen Magnetresonanztomographie. Im Mittelpunkt steht dabei die Entwicklung neuer HF-Spulen-Hardware, welche über das Tierexperiment in die humane Bildgebung überführt wird. Multikanalspulen sind in der modernen Magnetresonanztomographie unverzichtbar, da sie nicht nur ein verbessertes Signal ermöglichen, sondern auch die Bildgebung erheblich beschleunigen können. In der quantitativen Evaluation sind im Wesentlichen die Evaluation der Perfusion von Organen im Tierexperiment aber auch in der humanen Anwendung sowie die Entwicklung neuer Applikationen zu nennen.

Philipps



Universität  
Marburg

HESSEN



Das Forschungsförderungsprogramm LOEWE ist eine Förderinitiative des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst.

## Impressum

### Herausgeber:

Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst  
Rheinstraße 23 – 25  
65185 Wiesbaden

### Inhalt:

LOEWE-Schwerpunkt BioIM –  
Biomedizinische Technik – Bioengineering & Imaging

### Redaktion:

LOEWE-Geschäftsstelle im  
Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst

### Layout:

Christiane Freitag, Idstein

### Fotos:

LOEWE-Schwerpunkt BioIM –  
Biomedizinische Technik – Bioengineering & Imaging