



LOEWE

ABSCHLUSSBERICHT



**LOEWE-Schwerpunkt
IPF – Integrative Pilzforschung**

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 Wichtigste Meilensteine des Projekts
- 7 Weitere Informationsmöglichkeiten
- 8 Zahlen und Fakten
- 9 Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und Forschungsinstitute
- 11 Impressum

Pilze sind überall. Nach den Bakterien sind Pilze die am weitesten verbreitete Lebensform der Erde. Sie finden sich in der Tiefsee und im Hochgebirge, in Gesteinen und im Wasser, auf und in anderen Lebewesen, in Wüsten, Regenwäldern und an den Polen. Pilze sind artenreicher als Pflanzen, Fische und Säugetiere zusammen, und Schätzungen zufolge sind mindestens 90% ihrer Arten noch unentdeckt.

Dies steht in starkem Kontrast dazu, dass Pilze aus der Lebensmittelproduktion und der Medizin nicht wegzudenken sind. So werden Pilze beispielsweise nicht nur direkt gegessen, sondern werden auch benötigt, um Brot, Käse, Wurst und Wein herzustellen. Für die Medizin liefern sie zahlreiche Wirkstoffe, so beispielsweise Antibiotika, Hormone und Immunsuppressiva, sie sind aber auch in der Grundlagenforschung von Interesse und einige Grundprinzipien der Zellfunktion sind zuerst an Pilzen untersucht worden. Überdies sind Pilze in der Biotechnologie nutzbar, beispielsweise als Produzenten von Zitronensäure und von Enzymen für Waschmittel. Mit den wenigen Pilzarten, die für diese Zwecke nutzbar gemacht wurden, werden jährlich mehrere Milliarden Euro erwirtschaftet.

Die große Lücke zwischen der vorhandenen, weitgehend unerforschten Pilzdiversität und der enormen wirtschaftlichen Bedeutung von wenigen Pilzarten und -produkten zeigt, dass die Erforschung der Pilzdiversität und ihrer Nutzungsmöglichkeiten ein gewaltiges Potenzial für wissenschaftliche Erkenntnisse und wirtschaftlichen Nutzen birgt.

Daher hatte sich der LOEWE-Schwerpunkt für Integrative Pilzforschung (IPF) zum Ziel gesetzt, Forschung im Bereich der Biochemie, Biotechnologie und Molekularbiologie um die Dimension der pilzlichen Biodiversität zu erweitern. Gleichzeitig werden dabei Biodiversitätsstudien synergistisch um biochemische und molekularbiologische Aspekte ergänzt. Durch dieses Konzept gelang es, mit interdisziplinären Forschungsprojekten, Neuland zu betreten, Ergebnisse in internationalen Fachzeitschriften zu veröffentlichen, mehrere Patente anzumelden und weitere Drittmittel aus Wissenschaftsförderung und Industrie einzuwerben, sowie dadurch die Integrative Pilzforschung als Thema in den beteiligten Institutionen, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Justus-Liebig-Universität Gießen, Philipps-Universität Marburg und Universität Kassel fest und dauerhaft zu verankern. Damit wirkt die LOEWE-Förderung weit über die Zeit der Bewilligung hinaus und wird auch in Zukunft eine wichtige Grundlage für erfolgreiche Drittmittelinwerbungen und die Entwicklung von koordinierten Forschungsprogrammen sein.

Prof. Dr. Marco Thines

Koordinator des LOEWE-Schwerpunktes für Integrative Pilzforschung (IPF)
Goethe-Universität Frankfurt am Main und Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung





Tuber uncinatum, ein Schwarzer Trüffel, der auch in Deutschland vorkommt

Projekthalte

Wissenschaftlich-technische Ausgangslage

Traditionell sind die Forschungsdisziplinen der Molekularbiologie und Biochemie eng verknüpft, jedoch besteht eine große Lücke zwischen diesen Disziplinen und der Biodiversitätsforschung. Dadurch bleibt ein großes Potenzial für Synergien ungenutzt, das in der Einbeziehung von evolutiven Gesichtspunkten in die biochemische und molekularbiologische Forschung besteht. Dadurch könnten Einblicke in die mögliche Vielfalt von Substanzklassen gewonnen werden, die Funktionen von biologischen Katalysatoren besser verstanden werden sowie die Signalverarbeitung und Herstellungswege für nutzbare Stoffe aufgeklärt werden.

Um diese Synergien erreichen zu können, ist eine Konzentration von Arbeitsgruppen mit Expertise im Bereich der Biodiversitätsforschung und solchen mit Expertise im Bereich der Molekularbiologie und Biochemie nötig. Hierzu bietet Hessen im Bereich der Pilzforschung eine hervorragende Basis, da an den hessischen Universitäten eine bundesweit einzigartige Häufung von Professuren vorhanden ist, die an der Erforschung der pilzlichen Biodiversität arbeiten, und zugleich sind mehrere international ausgewiesene Professorinnen und Professoren im Bereich der Molekularbiologie und Biochemie in Hessen tätig.

Das Ziel des LOEWE-Schwerpunktes Integrative Pilzforschung (IPF) war es daher, die pilzliche Vielfalt in einer großen Breite in bislang stark auf Einzelorganismen fokussierten Forschungsdisziplinen zu nutzen und der hessischen Wirtschaft und Wissenschaft nachhaltige Anstöße zu geben.

Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen

Durch die bislang nur in seltenen Fällen verwirklichte Zusammenarbeit zwischen Biodiversitätsforschern mit Biochemikern, Biotechnologen und Molekularbiologen wurde ein einzigartiger Mehrwert geschaffen, der es ermöglichte, eine neue Dimension in der Nutzung der Pilze zu erschließen und die gegenseitige Isolierung dieser Forschungsdisziplinen zu überwinden. Dies hat es ermöglicht, einen wegweisenden, international sichtbaren, anwendungsorientierten Forschungsschwerpunkt aufzubauen und somit auch Zugang zu neuen Forschungs- und Anwendungsfeldern zu eröffnen. Dabei wurde eng mit verschiedenen Unternehmen im Bereich der Kultivierung, der Biochemie und der Biotechnologie zusammengearbeitet und nachhaltig ein stabiles Netzwerk der anwendungsorientierten Pilzforschung in Hessen etabliert. Zur Erreichung dieser Ziele wurden Projekte in drei Projektbereichen bearbeitet, bei denen stets biochemische und molekularbiologische Aspekte mit Aspekten der Biodiversität verknüpft waren.

Projektbereich „Biodiversität und Kultivierung der Pilze“

Der Aufbau einer Prozesskette zur Charakterisierung und Kultivierung von Pilzen war ein wichtiges Ziel, da die erarbeitete Bioressource so gesichert und den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in IPF zur Verfügung gestellt werden konnte. Die IPF-Stammsammlung ist im Verlauf des Projektes auf mehr als 3.000 Stämme angewachsen, wobei sämtliche Stämme auch molekular charakterisiert wurden. Die Mehrzahl der Stämme wurde für die Analyse ihrer Inhaltsstoffe an die Sichtung-Prozesskette des IPF-Projektbereichs „Biochemie und Biotechnologie“ weitergegeben. Dabei wurden in zahlreichen Arten neue chemische Substanzen gefunden, die in Zukunft auf ihre Nutzungsmöglichkeiten hin untersucht werden können. Die Stammsammlung von IPF wird daher noch viele Jahre eine wichtige Ressource für die an IPF beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sein. Durch die Forschung im Projektbereich Biodiversität und Kultivierung konnten wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass im Nationalpark Kellerwald-Edersee zahlreiche sehr seltene Pilze vorhanden sind, die Naturnähe anzeigen und die erst das Überleben von Hirschkäfern, Juchtenkäfern und anderen seltenen Tieren ermöglichen. Darüber hinaus wurden in Hessen und den Tropen zahlreiche, der Wissenschaft zuvor unbekannte Pilzarten entdeckt und beschrieben, Erkenntnisse zur Diversität und Ökologie von Parfumflechten und Mykorrhizapilzen gewonnen und festgestellt, dass die Wurzeln einer einzigen Pflanzenart Lebensraum für hunderte verschiedener Pilze liefern können, die auf unterschiedliche Weise mit dieser und untereinander interagieren.

Projektbereich „Biochemie und Biotechnologie der Pilze“

Der Aufbau einer Prozesskette für die chemische Sichtung von Pilzen, von der Erfassung der produzierten Substanzen bis zur Strukturaufklärung war ein wichtiges Ziel dieses Projektbereichs, um so rasch potenziell nutzbare Kandidaten zu identifizieren und in Zusammenarbeit mit den anderen Projektbereichen das Nutzungspotenzial zu ergründen. Da nicht alle Pilze gleichermaßen einfach anzuziehen sind und einige sogar ohne ihren Pflanzenpartner nicht überlebensfähig

sind oder nur extrem langsam wachsen, wurden biotechnologische Möglichkeiten geschaffen, um Enzyme, die zur Produktion von Stoffen oder ihren Abbau verantwortlich sind, zu produzieren. Durch die Forschung im Projektbereich Biochemie und Biotechnologie wurden zahlreiche neue Produktionswege für potenziell nutzbare Substanzen entschlüsselt und zum Teil in andere Pilze übertragen. Diese Forschung führte auch zur Einreichung mehrerer Patente, die in den kommenden Jahren in Kooperation mit Firmen im Bereich der Biotechnologie genutzt werden sollen. Ein weiterer Schwerpunkt des Projektbereiches lag in der Erforschung von flüchtigen Stoffen, beispielsweise pilzlichen Aromastoffen. Dabei konnte festgestellt werden, dass Pflanzen in der Lage sind, flüchtige Stoffe von Pilzen, die Pflanzen schädigen können, zu erkennen und dass das komplexe Trüffelaroma sowohl vom Trüffelpilz selbst, als auch von den mit ihm vergesellschafteten Bakterien hergestellt wird.

Projektbereich „Genetik und Genomik der Pilze“

Auch in diesem Projektbereich war der Aufbau einer zentralen Prozesskette, die allen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des Schwerpunktes zugänglich ist, eine wichtige Aufgabe. Hier wurde eine Prozesskette zur bioinformatischen Erfassung, Charakterisierung und Analyse von Genom- und Transkriptomdaten etabliert. Dadurch wurde die komplette Erbinformation mehrerer Pilzarten erfasst und charakterisiert, sowohl von solchen, die für die menschliche Gesundheit wichtige Substanzen herstellen können, als auch von Pflanzenschädlingen, Speisepilzen und einem Pilz, der als Modellsystem für die Erforschung der Pilzentwicklung dienen kann. Die aus der Analyse der Erbinformation gewonnenen Erkenntnisse bieten dabei ein hohes Anwendungspotenzial und es ist geplant, entsprechende Anwendungen zu patentieren. Durch die Forschung im Projektbereich Genetik und Genomik der Pilze konnte unter anderem die Produktion von ernährungsphysiologisch wertvollen Carotinoiden verbessert werden, neue Erkenntnisse zum biologischen Altern gewonnen werden, Erbgutabschnitte für die Bildung von Substanzen mit medizinischem und biotechnologischem Anwendungspotenzial identifiziert werden und Parallelen in der Evolution verschiedener Pflanzenpathogene gefunden werden.



Clathrus archeri – Tintenfischpilz

Erreichte Strukturentwicklung

IPF ist ein Forschungsverbund unter Federführung der Goethe-Universität Frankfurt am Main, dem daneben Arbeitsgruppen der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung mit Sitz in Frankfurt am Main angehören, sowie Arbeitsgruppen der Universitäten Kassel, Marburg und Gießen. Durch die Einrichtung von Prozessketten in den einzelnen Projektbereichen ist eine Infrastruktur entstanden, die auch über das Auslaufen der Förderung hinaus nutzbar ist, so zum Beispiel auch die umfangreiche Pilzstammensammlung des IPF. Es wurden zahlreiche Kooperationen etabliert, aus denen heraus wissenschaftliche Publikationen mit Beteiligung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern verschiedener Standorte entstanden sind. Diese bieten die Basis für eine weitere Zusammenarbeit, für die bereits Drittmittel eingeworben wurden und für die weitere koordinierte Projekte (Graduiertenkollegs, Sonderforschungsgebiete) beantragt werden können. Es wurde somit eine Basis der Zusammenarbeit geschaffen, die ein tragfähiges Fundament für die kooperative For-

schung zwischen den verschiedenen Standorten bietet. Um eine zukunftsfähige Anbindung aller Arbeitsgruppen zu ermöglichen, wurde zudem eine Vereinsgründung beschlossen, mit deren Hilfe die Arbeit an IPF-verwandten Themen aller Arbeitsgruppen unabhängig von den Drittmittelprojekten erleichtert wird und dem Forschungsverbund eine organisatorische Basis gegeben wird. Darüber hinaus hat der Schwerpunkt den Leitungen der beteiligten Einrichtungen das Potenzial der Pilzforschung und der interdisziplinären Zusammenarbeit verdeutlicht und dadurch dazu beigetragen, dass diese auch weiterhin erhalten bleiben kann, beispielsweise durch die geplante Einrichtung einer weiteren mykologisch ausgerichteten Professur an der Goethe-Universität.

Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld

Die Kooperation der an IPF beteiligten Arbeitsgruppen hat dazu geführt, dass sich ein international sichtbarer, gut vernetzter Forschungsverbund gebildet hat, der eine Keimzelle für zukünftige Entwicklungen in diesem Bereich ist, und an dem mittlerweile auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Mainz beteiligt sind. Durch den Erhalt zentraler Infrastrukturelemente, wie beispielsweise der Kultursammlung und der Genomdatenbank, wirkt IPF nachhaltig strukturbildend. Es ist dadurch ein bundesweit einzigartiger Verbund entstanden, in dem Biodiversitätsforschung sowie Biochemie und Molekularbiologie auf Augenhöhe zusammenkommen.

Fünf IPF-Projektleiter sind auch in anderen (ehemaligen und zukünftigen) LOEWE-Vorhaben aktiv oder assoziiert (BiK-F, SynMikro, Insektenbiotechnologie, SynChemBio, TBG, AROMAplus) und gewährleisten eine synergistische Vernetzung mit diesen. So konnte beispielsweise die Infrastruktur für Hochdurchsatzsequenzierung am Biodiversität und Klima Forschungszentrum (BiK-F) für IPF mitgenutzt werden und diese Arbeiten wiederum sind eine Basis für das neue LOEWE-Zentrum für Translationale Biodiversitätsgenomik (TBG). Im Gegenzug profitieren die Kooperationspartner durch eine bessere Auslastung der Infrastruktur und gemeinsame Publikationen.

Darüber hinaus wurden Kooperationen mit Universitäten in China, Panama, Ecuador, Tschechien, dem Kosovo, Brasilien, den Philippinen und Thailand aufgebaut und Verträge bezüglich der Nutzung biologischer Ressourcen für Panama, Thailand und die Philippinen unterzeichnet. Aufgrund des starken Anwendungsaspektes im IPF haben bereits während der Projektlaufzeit zahlreiche Firmen Interesse an einer Zusam-

menarbeit bekundet (ASA Spezialenzyme GmbH, BASF, Bayer CropScience, BRAIN, Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West gGmbH, druid Austerpilze, Evonik, Heimbach Filtration GmbH, Optiform GmbH, Pilzfarm Noll, Sanofi, Südzucker AG). Erste Kooperationsprojekte zur Nutzung von Ergebnissen aus IPF sind bereits angelaufen und werden in den kommenden Jahren weiter vertieft werden.

Wichtigste Meilensteine des Projekts



IPF-Retreat auf Schloss Rauischholzhausen (November 2014)



Patentierte Verfahren zur Gewinnung von Kraftstoffen aus Hefe



Hessentag 2015 in Hofgeismar: Der Hessische Kultusminister Prof. Dr. Alexander Lorz im Gespräch mit Prof. Dr. Marco Thines (Universität Frankfurt/Senckenberg), Prof. Dr. Michael Bölker und Prof. Dr. Gerhard Kost (beide Universität Marburg)



Gewinner und Juroren des IPF Startup-Wettbewerbs im November 2015:
(v. l. n. r.) Jörg Bartsch (Juror), Deepak Kumar (Zweitplatziertes), Silke Beaucamp (Jurorin), Jascha Weisenborn (Zweitplatziertes), Dr. Manfred Spindler (Juror), Prof. Dr. Richard Splivallo (Sieger), Prof. Dr. Eckhard Thines (Juror), Prof. Dr. Marc. Stadler (Juror)



IPF-Forschungserfahrungen sind auch in das Buch „Introduction to Mycology in the Tropics“ von Prof. Dr. Meike Piepenbring eingeflossen. Das Buch ist in englischer und spanischer Sprache erschienen.

Weitere Informationsmöglichkeiten

Integrative Pilzforschung

- www.integrative-pilzforschung.de

ProLOEWE

- <http://www.proloewe.de/ipf>

Zahlen und Fakten

Förderzeitraum	01.01.2013 – 31.12.2016	Bemerkungen
bis Ende des Förderzeitraums verausgabte LOEWE-Mittel	5.169.381,27 Euro	Nach der 3-jährigen Regelförderzeit bis zum 31.12.2015 wurde eine Auslauffinanzierung bis zum 31.12.2016 gewährt.
eingeworbene Drittmittel	6.422.756,87 Euro	Mit Wirkung bis 2020
Anzahl der beteiligten Personen	ProfessorInnen: 14 wiss. MitarbeiterInnen: 25 techn.-admin. MitarbeiterInnen: 2	
Anzahl an innerhalb des Förderzeitraums abgeschlossenen Promotionen	4	3 Abschlüsse bis 09/2017; voraussichtlich 10 weitere abgeschlossene Promotionen bis Ende 2017
Anzahl an Veröffentlichungen in Fachzeitschriften innerhalb des Förderzeitraums	90	Dazu 8 Buch-/Broschürenbeiträge, unter anderem „Introduction to Mycology in the Tropics“, M. Piepenbring, APS Press (Lehrbuch)
Anzahl an Konferenzbeiträgen innerhalb des Förderzeitraums	27	
Anzahl an innerhalb des Förderzeitraums zugeteilten Patenten	3	

Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und Forschungsinstitute

Goethe-Universität Frankfurt am Main

<http://www.uni-frankfurt.de>

Die Goethe-Universität ist federführender Partner in dem LOEWE-Schwerpunkt Integrierte Pilzforschung. 1914 von Bürgerinnen und Bürgern der europäischen Finanzmetropole Frankfurt gegründet, ist die Goethe-Universität heute mit 16 Fachbereichen, knapp 47.000 Studierenden (SS 2017) die drittgrößte und mit drei Exzellenzclustern, zehn Sonderforschungsbereichen (SFB), fünf DFG Graduiertenkollegs und zahlreichen koordinierten Programmen in der Medizin, den Lebens- und den Geistes- und Sozialwissenschaften und 163 Mio. Euro eingeworbener Drittmittel (2016) eine der forschungstärksten Volluniversitäten in Deutschland. Im hessischen Exzellenzprogramm LOEWE war sie bislang mit mehr als 20 bewilligten Einrichtungen erfolgreich. Mit der Transformation in eine Stiftungsuniversität im Jahr 2008 gewann sie ein hohes Maß an Eigenverantwortung.



Justus-Liebig-Universität Gießen

<http://www.uni-giessen.de/index.html>

Die Justus-Liebig-Universität Gießen gehört mit aktuell knapp 29.000 Studierenden und ca. 10.000 Beschäftigten (einschl. Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen) zu den 25 größten Universitäten Deutschlands und ist heute die größte Bildungseinrichtung in der Region Mittelhessen. Als Volluniversität weist die JLU ein breites Fächerspektrum auf, das – organisiert in elf Fachbereichen – die Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, die Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften, die Psychologie und die Sportwissenschaft, die Agrar-, Lebens- und Naturwissenschaften sowie die Veterinär- und Humanmedizin umfasst. Ergänzt werden die Fachbereichsstrukturen durch eine Reihe von interdisziplinären Zentren, die die fachbereichsübergreifende Verbundforschung vorantreiben und alle 5 – 7 Jahre einer Evaluation unterzogen werden.



Universität Kassel – Institut für Biologie

<https://www.uni-kassel.de/>

Die Universität Kassel hat im LOEWE-Schwerpunkt IPF einen maßgeblichen Beitrag im Projektbereich „Biodiversität und Kultivierung“ mit der Erfassung der Biodiversität von Pilzen in Nordhessen und an tropischen Standorten geleistet. Es wurden zahlreiche neue Pilzarten beschrieben. Das Fachgebiet Ökologie als Partner des LOEWE-Schwerpunkts ordnet sich in dem Forschungsschwerpunkt „Umwelt, Klima und Ernährung“ der Universität Kassel ein, einem von acht profilbildenden Schwerpunkten. Wissenschaftliche Fächer interdisziplinär weiterzuentwickeln, kennzeichnet die Forschungsschwerpunkte der Universität Kassel, die sich mit nachhaltigen Antworten auf Zukunftsfragen auseinandersetzen. Die Zusammenarbeit mit vielfältigen Partnern in Gesellschaft und Wirtschaft, Kultur und Wissenschaft sind ebenso wie die regionale und internationale Vernetzung wichtig.

Philipps-Universität Marburg

www.uni-marburg.de

Die Philipps-Universität, mit bald 500 Jahren die älteste und traditionsreichste Hochschule in Hessen, versteht sich als klassische Voll-Universität moderner Prägung. Mit ihrem breiten Spektrum geisteswissenschaftlicher Fächer und experimentell anspruchsvollen Naturwissenschaften nutzt sie ihre ideale Plattform für die interdisziplinäre Zusammenarbeit. Sie setzt auf innovative Lehre mit kurzen Studienzeiten, die zum Beispiel mehrfach im hessenweiten Wettbewerb „Exzellenz in der Lehre“ ausgezeichnet wurde. Hervorragend ausgewiesen in der Forschung ist die Philipps-Universität in der Tumor- und Mikrobiologie, der Infektiologie, den Materialwissenschaften und der Nanotechnologie, den Neurowissenschaften, der Sprachwissenschaft sowie in der Friedens- und Konfliktforschung und in weiteren natur- und geisteswissenschaftlichen sowie medizinischen Fachgebieten.

Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung

www.senckenberg.de

Die Natur mit ihrer unendlichen Vielfalt an Lebensformen zu erforschen und zu verstehen, um sie als Lebensgrundlage für zukünftige Generationen erhalten und nachhaltig nutzen zu können – dafür arbeitet die Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung seit 200 Jahren und ist heute eine der wichtigsten Forschungseinrichtungen rund um die biologische Vielfalt. Diese integrative „Geobiodiversitätsforschung“ sowie die Vermittlung von Forschung und Wissenschaft sind die Aufgaben Senckenbergs. Drei Naturmuseen in Frankfurt, Görlitz und Dresden zeigen die Vielfalt des Lebens und die Entwicklung der Erde über Jahrmillionen. Die Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung ist ein Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft. Das Senckenberg Naturmuseum in Frankfurt am Main wird von der Stadt Frankfurt am Main sowie vielen weiteren Partnern gefördert.

U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T



SENCKENBERG
world of biodiversity

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 IPF – Integrative Pilzforschung

Redaktion:

LOEWE-Geschäftsstelle im
Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst

Layout:

Christiane Freitag, Idstein

Fotos:

LOEWE-Schwerpunkt IPF – Integrative Pilzforschung
Titel: © Prof. Dr. Ewald Langer; S. 2 und S. 6 Abb. 1: © Prof. Dr. Marco Thines; S. 3: © Prof. Dr. Richard Splivallo; S. 5 und S. 7 Abb. 2: © Prof. Dr. Meike Piepenbring; S. 6 Abb. 2: © Prof. Dr. Eckhard Boles; S. 6 Abb. 3 und S. 7 Abb. 1: Katharina Hartmann, IPF