

FACE<sub>2</sub>FACE

HESSEN



# LOEWE

## ABSCHLUSSBERICHT



**LOEWE-Schwerpunkt  
FACE<sub>2</sub>FACE – Folgen des Klimawandels,  
Anpassung an den Klimawandel und Verminderung  
der Treibhausgas-Emissionen bis 2050**

# Inhalt

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

Im LOEWE-Schwerpunkt FACE<sub>2</sub>FACE werden die Auswirkungen des Klimawandels auf bedeutende landwirtschaftliche Ökosysteme erforscht. Ziel von FACE<sub>2</sub>FACE ist es, den Einfluss vor allem von erhöhten atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf die Wechselwirkungen von Pflanze und Umwelt zu untersuchen. Es sind vor allem die Reaktionen der Pflanzen und deren Zusammenspiel mit den Stoffkreisläufen unter einem sich ändernden Klima, die im FACE<sub>2</sub>FACE Verbund erforscht werden. Daraus ergibt sich auch die Zusammensetzung des Forschungsverbunds, der federführend von der Justus-Liebig-Universität Gießen geleitet wird. Im engen Verbund mit der Hochschule Geisenheim University werden die Freiland-CO<sub>2</sub>-Anreicherungsanlagen betrieben, wobei in Gießen der Schwerpunkt auf Grünland und in Geisenheim der Schwerpunkt auf Wein und Gemüse liegt. Weitere Partner sind die Philipps-Universität Marburg mit Expertise in Fernerkundung und Langzeitdatenanalyse, sowie das Max-Planck-Institut für Terrestrische Mikrobiologie in Marburg, um die mikrobiellen Veränderungen zu verstehen. Darüber hinaus ist das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) an FACE<sub>2</sub>FACE beteiligt, wodurch gewährleistet wird, dass die Ergebnisse für Politik, Schule und Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.



Mit dem FACE<sub>2</sub>FACE Verbund ist ein weltweit einzigartiger Langzeit-Forschungsverbund entstanden, der eine Keimzelle für internationale Kooperationen und sich daraus ergebende Verbundprojekte ist. Eine Ausweitung auf landwirtschaftliche Feldfrüchte, vor allem im ökologischen Landbau, wird die Möglichkeiten für Klimafolgenforschung weiter ausbauen.



Prof. Dr. Christoph Müller, PhD  
Kordinator des LOEWE-Schwerpunktes Sensors Towards Terahertz  
Justus-Liebig-Universität Gießen

## Projekthinhalte

### Wissenschaftlich-technische Ausgangslage

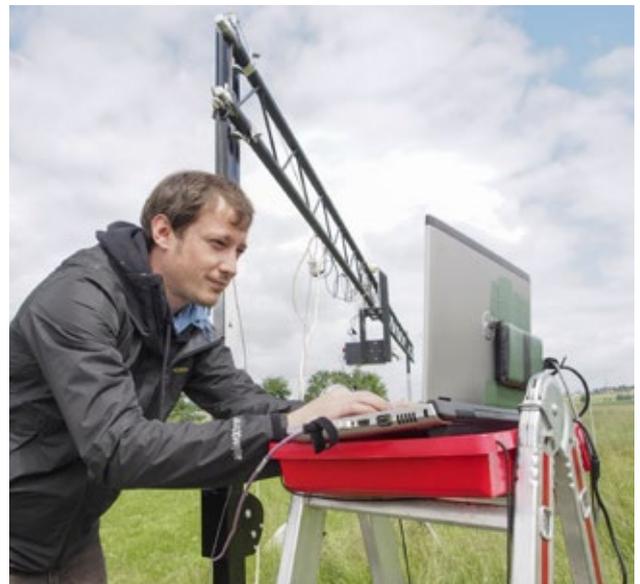
Erhöhte atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentrationen wirken auf das System „Boden-Pflanze-Atmosphäre“, auf Mikroorganismen sowie Pathogene und Insekten. Deren Interaktionen sind aber weitgehend unverstanden und wurden deshalb in diesem Schwerpunkt untersucht. Darüber hinaus gibt es zwar erste Studien über Auswirkungen erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf Inhaltsstoffe der Pflanzenbiomasse in verschiedenen Ökosystemen oder im landwirtschaftlichen Erntegut, aber nur wenige Hinweise auf physiologische und inhaltsstoffliche Veränderungen bei ökonomisch bedeutsamen Spezialkulturen. Die Komplexität dieser Effekte und Interaktionen lässt sich nur mittels großer Freiland-Forschungsinfrastrukturen untersuchen, den sogenannten FACE-Systemen (Free Air Carbon Dioxide Enrichment), von denen weltweit nur ca. 20 aktive Anlagen in unterschiedlichen terrestrischen Ökosystemen existieren. Im LOEWE-Schwerpunkt FACE<sub>2</sub>FACE wurden ein bestehendes und zwei neue hessische FACE-Systeme (Justus-Liebig-Universität Gießen – JLU, Hochschule Geisenheim – HSGM) zu einer Forschungsplattform verzahnt.

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

Der FACE<sub>2</sub>FACE Schwerpunkt untersuchte den Einfluss einer +20% erhöhten atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration auf die drei in Hessen wichtigen landwirtschaftlichen Kulturen Dauergrünland, Wein und Feldgemüse. Im Dauergrünland konnte im GiFACE (Giessen Free-Air Carbon Dioxide Enrichment) Experiment bestätigt werden, dass der CO<sub>2</sub>-Düngungseffekt das Pflanzenwachstum im Mittel steigert. Neue überraschende Ergebnisse sind, dass Extremwetterereignisse, in welchen die mittleren Temperaturen und/oder Niederschläge deutlich vom langjährigen Mittel abweichen, zum Ausbleiben der Ertragssteigerung unter erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentration führen, sodass die Ernteerträge in Zukunft (Mitte 21. Jahrhundert) aufgrund häufigerer Extremereignisse geringer ausfallen dürften. Erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration verschafft Pflanzenarten mit einer generativen Reproduktion und einer Produktion von Langzeit-Samen einen Konkurrenzvorteil gegenüber Arten mit vegetativer Reproduktion oder Kurzzeit-Samen. Durch die Abnahme des Energiegehaltes des Futters aufgrund steigender CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre, müssen Kühe in Zukunft mehr Grünfutter fressen, um



Gaswechselformung an *Vitis vinifera* L. cv. Riesling in einem FACE-Ring. Abgebildet ist M. Sc. Yvette Wohlfahrt bei der Messung.



Hyperspektrale Messung des Reflexionsgrads der Grünlandvegetation im Gießener FACE Freiland-CO<sub>2</sub>-Anreicherungs-experiment an der Klimafolgenforschungsstation der Universität Gießen, Dipl. Geogr. Wolfgang Obermeier.

duktion und einer Produktion von Langzeit-Samen einen Konkurrenzvorteil gegenüber Arten mit vegetativer Reproduktion oder Kurzzeit-Samen. Durch die Abnahme des Energiegehaltes des Futters aufgrund steigender CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre, müssen Kühe in Zukunft mehr Grünfutter fressen, um



Mikrobielle Gemeinschaften auf Blattoberflächen (Phyllobiom) von links Glatthafer und rechts dem Weißen Labkraut, dargestellt mittels Rasterelektronenmikroskopischer Aufnahmen.

daraus genügend Energie gewinnen zu können. Der Futterwert und die Verdaulichkeit der Pflanzenbiomasse verschlechtern sich unter erhöhtem CO<sub>2</sub>. Mit hyperspektralen Messungen des Reflexionsgrads der Grünlandvegetation konnte gezeigt werden, dass sich die untersuchten Futterqualitätsparameter im Feld optisch, nicht-invasiv und zeitnah mit hoher Genauigkeit bestimmen lassen. Die Ergebnisse der Treibhausgas-Bilanz des GiFACE für den Gesamtzeitraum 1998 – 2017 zeigen, dass sich das Dauergrünland unter erhöhtem CO<sub>2</sub> neben einer erhöhten Ökosystematmung, erhöhter Freisetzung von Lachgas (N<sub>2</sub>O) sowie einer verminderten Aufnahme von Methan (CH<sub>4</sub>) zu einer Treibhausgasquelle entwickelt und es zu keiner vermehrten Kohlenstoffspeicherung im Boden kommt. Unter erhöhtem CO<sub>2</sub> erhöhen sich die Raten der Mineralisation, Nitrifikation und Deni-

trifikation und führen zur Verdopplung der abgegebenen N<sub>2</sub>O-Menge. Eine mögliche Beteiligung der pilzlichen Gemeinschaft an den erhöhten N<sub>2</sub>O-Emissionen unter erhöhten atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen wurde bestätigt. Die ökosystemaren Veränderungen konnten erfolgreich mit Modellen simuliert werden, wodurch die Möglichkeit besteht, Projektionen für die Zukunft zu errechnen. Neu ist der beobachtete kombinierte Effekt von erhöhtem CO<sub>2</sub> und Hitze, der zu einer signifikanten Verringerung der pilzlichen Häufigkeit führt. Ebenfalls neu sind die Erkenntnisse, dass erhöhtes CO<sub>2</sub> und erhöhte Temperatur dazu führen, dass häufige und für die Pflanze vorteilhafte Bakteriengattungen (*Shingomonas*, *Methylobacterium*) von potenziell pflanzen- und humanpathogenen Bakteriengattungen (*Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae*) verdrängt werden.

Weinberg-FACE-Ring an der Hochschule Geisenheim University.





Erfassung des Holzertrages der FACE-Reben beim Rebschnitt zur Beurteilung der Wüchsigkeit, M. Sc. Yvette Wohlfahrt.

Künstliche Infektion von Trauben im Freiland mit Larven des Bekreuzten Traubenwicklers.



Im Geisenheimer Weinberg-FACE zeigte sich in den ersten drei Jahren der 20%igen CO<sub>2</sub>-Anreicherung, dass beide Rebsorten (Riesling, Cabernet Sauvignon) unter erhöhtem CO<sub>2</sub> in allen Versuchsjahren positiv auf CO<sub>2</sub> reagierten. Dieses zeigte sich durch erhöhte Nettophotosyntheseraten, gesteigerter lateraler Blattflächenbildung sowie einem Anstieg des Traubenertrags (+18 % ab dem zweiten Untersuchungsjahr), und somit einem erhöhten Energieumsatz. Eine verbesserte intrinsische Wassernutzungseffizienz (Verhältnis des während der Photosynthese fixierten Kohlenstoffs zum Wasserverlust) konnte unter erhöhtem CO<sub>2</sub> beobachtet werden. Geringfügige Veränderungen, die unter erhöhtem CO<sub>2</sub> in der inhaltsstofflichen Zusammensetzung von Beeren und Most auftraten, führten zu keiner qualitativen Veränderung im Wein. Die Treibhausgasflüsse im Weinberg wurden durch erhöhtes CO<sub>2</sub> nicht signifikant verändert. Die beta-Diversität der Bakterien- und Pilzgemeinschaft im Weinbergboden veränderte sich unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen. Reben (cv. Riesling), die unter erhöhtem CO<sub>2</sub> wachsen, zeigen anatomische Adaptionen, indem sie z. B. eine größere Anzahl an Spaltöffnungen bilden. Bei der Interaktion von Weinreben mit Schaderregern, wie dem Befall mit Falschem Mehltau und auch nach Fraß durch Larven des Traubenwicklers (*L. botrana*), zeigten die Reben physiologisch einen deutlichen CO<sub>2</sub>-Effekt, indem die Synthese von pflanzlichen Sekundärmetaboliten und damit die Abwehrreaktionen aktiviert wurden. Die Populationen des Traubenwicklers adaptierten sich ebenfalls physiologisch und zeigten nach mehreren Generationen eine verkürzte Entwicklung.

Im Gemüse-FACE führte bereits eine leicht reduzierte Wasserversorgung zu signifikanten Veränderungen in der Inhaltsstoffzusammensetzung der Ernteprodukte von Radieschen und Spinat. Gurken zeigten erst nach vierwöchiger reduzierter Wasserversorgung Unterschiede in der Inhaltsstoffzusammensetzung der Früchte. Die in Bezug auf die Frischmasse oftmals erhöhten Gehalte ausgewählter Inhaltsstoffe lassen sich auf mehrheitlich signifikant höhere Anteile der Trockenmasse in den reduziert bewässerten Varianten zurückführen. Im Gegensatz zu Nutzpflanzen wie Getreide weisen Feldgemüse oft eine besonders hohe Senkenkapazität für Kohlenstoff (C) auf und werden vor der Samenreife geerntet. Die C-Senkenkapazität wird bei Feldgemüse durch die Art der Ernteorgane und somit durch den Zeitpunkt der Ernte in Bezug auf den Entwicklungszyklus bestimmt. Eine umfassende Literaturanalyse hat gezeigt, dass im geschützten Anbau eine sehr starke CO<sub>2</sub>-Reaktion zu beobachten ist, in der Reihenfolge: Blattgemüse > Knollen- & Blütengemüse > Fruchtgemüse. Versuche im Klimaschrank haben gezeigt, dass Einlegegurken im vegetativen Stadium bei guter Wasserversorgung nahezu keinen CO<sub>2</sub>-Effekt auf die Organgrößen am Hauptstamm zeigen. Im Gegensatz dazu wirkt bei einer reduzierten Wassergabe erhöhtes CO<sub>2</sub> positiv, sodass die negativen Effekte der reduzierten Wassergabe vermindert werden. Während die CO<sub>2</sub>-Konzentration den Gesamtblattflächenzuwachs beeinflusst, wirkt sich Wasserreduktion außerdem auf das Längen- zu Breitenverhältnis der Blätter aus. Ein funktional-strukturelles Modell wurde erfolgreich für die Gemüsegurke konzipiert.



Messungen und Arbeiten in den Gemüse-FACE-Ringen, Benjamin Spehle im Vordergrund, Viktor Rempel links, Uwe Loos hinten.

## Erreichte Strukturentwicklung

Im Projektzeitraum von FACE<sub>2</sub>FACE konnten die Langzeitdatenreihen des GiFACE umfassend analysiert werden und wichtige neue Erkenntnisse gewonnen werden. Die neuen Weinberg- und Gemüse-FACE-Anlagen sowie das Kombinationsexperiment zur gleichzeitigen CO<sub>2</sub>-Anreicherung und Temperaturerhöhung im Grünland (Giessen T-FACE – free air Temperature warming and Free Air Carbondioxide Enrichment) konnten, zwar mit Verzögerungen, aber trotzdem erfolgreich etabliert werden. Diese neuen Anlagen schaffen eine Basis und völlig neue Möglichkeiten der wissenschaftlichen Kooperation, auf der in künftigen Verbundprojekten aufgebaut wird, um weitere wichtige Erkenntnisse in der Klimafolgenforschung erzielen zu können. Der Profilbereich Klima- und Klimafolgenforschung des Forschungscampus Mittelhessen, welcher die FACE<sub>2</sub>FACE Partner der Justus-Liebig-Universität Gießen und der Philipps-Universität Marburg einschließt, konnte weiter ausgebaut und auch gestärkt werden.

Die hyperspektralen Arbeiten sind Grundlage für den Aufbau von Phänotypisierungskompetenzen, welche in den strukturell wichtigen, gemeinsamen FACE-Experimenten weiter ausgebaut werden. Es wurde auch eine Internet-Plattform zum Informationsaustausch zwischen den Projektpartnern etabliert ([www.FACE2FACE.center](http://www.FACE2FACE.center)). Somit werden neue Daten laufend implementiert und der Wissenschaft sowie der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Die Datenbank bildet die Grundlage für eine integrative Auswertung sowie für die Modellentwicklung. Geplante Modellkonzepte wurden erfolgreich etabliert. Der Modellverbund wurde auch für andere Feldexperimente

gemeinsam mit Kollegen des Thünen-Instituts eingesetzt. Somit konnte gezeigt werden, dass eine grundsätzliche Transferierbarkeit des Modellansatzes gewährleistet ist.

## Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld

Die Anzahl der internationalen FACE-Experimente stagnierte lange Zeit und war sogar etwas rückläufig. Durch die immer deutlicher werdenden Auswirkungen des Klimawandels auf natürliche und landwirtschaftlich genutzte Ökosysteme werden die Fragen der Klimawandelfolgenforschung aber immer dringender und können nur durch große Langzeitexperimente im Freiland beantwortet werden. Mit der Etablierung von drei neuen FACE-Anlagen durch den FACE<sub>2</sub>FACE Schwerpunkt konnte eine international einzigartige Plattform mit herausragender Bedeutung geschaffen werden. Mit den bereits publizierten Ergebnissen des GiFACE im Rahmen des LOEWE-Schwerpunktes wurde dieses Langzeitexperiment ins Rampenlicht gerückt und ein Paradigmenwechsel eingeleitet. Entgegen der bislang angenommenen Perspektive von Photosynthese als Schlüsselement der Kohlenstoffassimilation, deuten die Ergebnisse an, dass z. B. Wasserverfügbarkeit und Meristemaktivität die Photosynthese und somit Kohlenstoffassimilation dominieren. Die völlig neuen Erkenntnisse des FACE<sub>2</sub>FACE Schwerpunktes, dass der Einfluss von Extremwetterereignissen wie Hitze und Dürre nicht nur den CO<sub>2</sub>-Düngungseffekt zunichtemacht, sondern neben Ernteverlusten und Einbußen in der Futterqualität auch die Interaktion mit ober- (Phyllobiom) und unterirdischen mikrobiellen Gemeinschaften (Rhizobiom) verändert, sind von großer Bedeutung für die Pflanzengesundheit und die Treibhausgas-Bilanz des Dauergrünlands.

Die zum Teil bereits eingereichten oder in Vorbereitung befindlichen Publikationen mit den ersten Ergebnissen der Weinberg-FACE und Gemüse-FACE Anlagen in Geisenheim werden ebenfalls einen wichtigen Beitrag in der Klimawandelfolgenforschung leisten können und nationale und internationale Aufmerksamkeit auf sich ziehen.

## Wichtigste Meilensteine des Projekts



*Einsatz einer Drohne zur Aufnahme von hyperspektralen Aufnahmen der Untersuchungsflächen im Giessen FACE und Giessen T-FACE (01.06.2017).*



*Einsatz eines automatischen Messsystems im Giessen T-FACE zur gleichzeitigen zeitlich hochaufgelösten Ermittlung der Treibhausgasflüsse von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O (20.10.2017).*



*Messkampagne zur Überprüfung der CO<sub>2</sub>-Konzentrationsverteilung in den Weinberg-FACE Ringen im Sommer 2015.*



Erste reife Trauben von *Vitis vinifera* L. cv. Riesling (oben) und von *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon (unten) im Weinberg-FACE vor der Lese Sommer 2015.



Etablierung der Radieschen-Produktion in der Gemüse-FACE Anlage, 09.09.2015.

## Weitere Informationsmöglichkeiten

- <http://www.face2face.center>  
Projektseite des LOEWE-Schwerpunkts FACE<sub>2</sub>FACE
- <http://www.proloewe.de/face2face>  
Projektseite des LOEWE-Schwerpunkts FACE<sub>2</sub>FACE bei ProLOEWE
- <https://www.hlnug.de/themen/fachzentrum-klimawandel/veranstaltungen/face2face.html>  
Ergebnispräsentationen des FACE<sub>2</sub>FACE Schwerpunktes am 10.10.2017 in Geisenheim im Beisein der Hessischen Umweltministerin Priska Hinz durch das Fachzentrum Klimawandel des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie
- <https://www.uni-giessen.de/ueber-uns/pressestelle/pm/pm2a-17>  
Presseausendung zum Erscheinen eines Nature Climate Change Artikels über die Einfluss von Extremwetterereignissen wie Hitze und Starkregen auf den Grünlandertrag im GiFACE
- <https://www.nature.com/articles/nclimate3212>  
Wissenschaftlicher Kommentar (englisch) zur Bedeutung von Langzeit-Freilandexperimenten in der Klimafolgenforschung und den Ergebnissen des Nature Climate Change Artikels aus GiFACE

## Zahlen und Fakten

Förderzeitraum	01.01.2014 – 31.12.2017	Bemerkungen
bis Ende des Förderzeitraums verausgabte LOEWE-Mittel	5.156.407,72 Euro	
bis Ende des Förderzeitraums verausgabte Drittmittel	3.780.694,00 Euro	
eingeworbene Drittmittel	7.481.957,00 Euro	nur Jahrestanchen des Berichtszeitraums (längste Laufzeit 2020)
Anzahl der beteiligten Personen	18 ProfessorInnen 38 wissenschaftliche MitarbeiterInnen 13 techn.-administrative MitarbeiterInnen	
Anzahl an innerhalb des Förderzeitraums abgeschlossenen Promotionen	0	
Anzahl an Veröffentlichungen in Fachzeitschriften innerhalb des Förderzeitraums	73	
Anzahl an Konferenzbeiträgen innerhalb des Förderzeitraums	83	
Anzahl an innerhalb des Förderzeitraums zugeteilten Patenten	0	

## Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und außeruniversitären Forschungsinstitute

### Justus-Liebig-Universität Gießen

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

Die 1607 gegründete Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU) versteht sich als differenzierte Volluniversität mit 11 Fachbereichen inklusive Rechts-, Wirtschafts-, Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften, als auch Psychologie und Sport-, Natur- und Lebenswissenschaften sowie Veterinär- und Humanmedizin mit einem klaren Fokus in Forschung und Lehre. Das Gesamtprofil der JLU gliedert sich in zwei umfassende Profildbereiche, die Kultur- und die Lebenswissenschaften. Derzeit gehören der Universität rund 29.000 Studierende an, davon sind 10 % internationale Studierende und 25 % internationale Graduierende. Darüber hinaus wird die JLU, als zweitgrößte Universität Hessens, von rund 400 Professuren und 10.000 Mitarbeitenden (inklusive UKGM Gießen) geprägt.



### Hochschule Geisenheim University

<https://www.hs-geisenheim.de/>

Die Hochschule Geisenheim University verbindet in Bildung und Forschung die Stärken von Universitäten und Hochschulen für Angewandte Wissenschaften, den Fachhochschulen. Wir bieten unseren Studierenden acht berufsqualifizierende, praxisorientierte Bachelor-Studiengänge und neun forschungsbasierte Master-Studiengänge. Unser wissenschaftlicher Nachwuchs promoviert in Kooperation mit renommierten Hochschulen im In- und Ausland; von unserem starken internationalen Partnernetzwerk profitieren sowohl Studierende als auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Unsere Forschung ist gleichermaßen anwendungs- und grundlagenorientiert. Ihr Fokus liegt im Bereich der Spezialkulturen im Wein- und Gartenbau und deren vielfältigen Produktions- und Verarbeitungsbereichen. Wir verbinden diese mit der Logistik für Frischprodukte und der Lebensmittelsicherheit, der Betriebswirtschaft und der Vermarktung. Weitere inhaltliche Schwerpunkte liegen in den Planungs- und Gestaltungsbereichen der Landschaftsarchitektur, des Landschaftsbaus und des Naturschutzes. Diese Vielfalt und Internationalität prägen das Geisenheimer Profil.



## Philipps-Universität Marburg

[www.uni-marburg.de](http://www.uni-marburg.de)

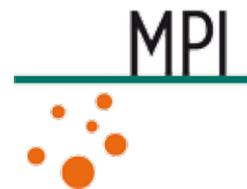
Die Philipps-Universität versteht sich als klassische Volluniversität mit breitem Fächerspektrum. Zu den großen Wissenschaftsbereichen der Philipps-Universität zählen die Infektions- und Tumorforschung, synthetische Mikrobiologie, Materialwissenschaften, kognitive und angewandte Neurowissenschaften, die Untersuchung von Sprachdynamik, die Forschung zu Biodiversität und Klima sowie Konfliktforschung. Diese Bereiche sind in Forschungsnetzwerke eingebunden, die DFG-Sonderforschungsbereiche, Forschungsgruppen, Graduiertenkollegs, Förderungen des Landes (LOEWE), des Bundes, des 8. Forschungsrahmenprogramms der EU und Akademienvorhaben u. a. umfassen und von im Rahmen der Personenförderung mit Preisen ausgezeichnete Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (Leibniz, ERC Grants) einschließen.



## Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie Marburg

<http://www.mpi-marburg.mpg.de>

Mikroorganismen sind die ältesten und bei weitem häufigsten und vielfältigsten Bewohner der Erde. Ihr evolutionärer Erfolg basiert dabei weitgehend auf drei Merkmalen: Ihren immensen metabolischen Kapazitäten, die die aller anderen Lebensformen übertreffen, ihrer Fähigkeit sich an Umweltveränderungen anzupassen und ihrer Vielzahl von Wechselwirkungen mit anderen Organismen. Das Ziel des Max-Planck-Instituts für terrestrische Mikrobiologie (MPIterMic) ist zu verstehen, wie Mikroorganismen auf der molekularen und zellulären Ebene sowie in Lebensgemeinschaften funktionieren. Zu diesem Zweck decken die Gruppen am MPIterMic die mikrobiologische Forschung auf allen Ebenen ab, von der Proteinstrukturbestimmung, der Physiologie, dem Metabolismus, der molekularen und zellulären Mikrobiologie bis hin zu Wirt-Mikroben-Interaktionen und mikrobiellen Gemeinschaften, wobei eine Reihe modernster Technologien in Kombination mit Computermodellierung und -analyse und Ansätzen der synthetischen Biologie eingesetzt werden.



## Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

<https://www.hlnug.de>

Das HLNUG ist eine technisch-wissenschaftliche Umweltbehörde im Geschäftsbereich des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Es werden Naturschutzdaten sowie Daten und Informationen zum Zustand und zur Veränderung der Umweltmedien erfasst, gesammelt, aufbereitet, bewertet und öffentlich zugänglich gemacht. Aus den Daten werden Konzepte, Handlungsempfehlungen und Gutachten erstellt. Auf dieser Basis berät das HLNUG Ministerien und andere Behörden wissenschaftlich, fachspezifisch und praxisbezogen. Es informiert sowohl Fachkreise als auch die Öffentlichkeit.



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 FACE<sub>2</sub>FACE – Folgen des Klimawandels, Anpassung an den Klimawandel und Verminderung der Treibhausgas-Emissionen bis 2050

### Redaktion:

LOEWE-Geschäftsstelle im  
Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst

### Layout:

Christiane Freitag, Idstein

### Fotos:

LOEWE-Schwerpunkt FACE<sub>2</sub>FACE – Folgen des Klimawandels, Anpassung an den Klimawandel und Verminderung der Treibhausgas-Emissionen bis 2050  
Titel: © Sebastian Egli 2018, UMR; S. 3 Abb. 1, S. 5 Abb. 2: © Moustafa Selim, HGU; S. 3 Abb. 2: © Sandro Makowski 2016, UMR; S. 4 Abb. 1: © Ebru Aydogan 2016, JLU; S. 4 Abb. 2: © Winfried Schönbach, HGU; S. 5 Abb. 1: © Susanne Tittmann, HGU; S. 6, S. 8 Abb. 2: © Hannah-Rebecca Klostermann, HGU; S. 7 Abb. 1: © Jochen Senkbeil, JLU; S. 7 Abb. 2: © Gerald Moser, JLU; S. 7 Abb. 3: © Claudia Kammann, HGU; S. 8 Abb. 1: © Yvette Wohlfahrt, HGU