



Bundesanstalt für  
Landwirtschaft und Ernährung

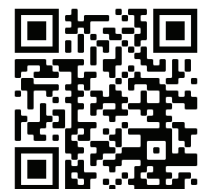
Beauftragt durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

# Innovationstage 2020

Für eine starke Landwirtschaft und sichere Ernährung  
20. und 21. Oktober auf [www.innovationstage-digital.de](http://www.innovationstage-digital.de)





# Innovationstage 2020

Für eine starke Landwirtschaft und sichere Ernährung  
20. und 21. Oktober auf [www.innovationstage-digital.de](http://www.innovationstage-digital.de)

# Inhalt

- 14    Grußwort der Bundesministerin für Ernährung und Landwirtschaft**
- 16    Grußwort des Präsidenten der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung**
- 18    Einleitung**
- 20    Forum**
- 20    Mobiles Bodenproben-Labor und Datenfusion für den ressourceneffizienten Pflanzenbau (soil2data)
- 23    Die Diagnose im Feld - Big Data basierte Ursachenklärung für satellitenerfasste Standortunterschiede (BigPicture)
- 26    Standardisierung der GeoBox-Infrastruktur - Phase 1: Dezentrale Datenhaltung und regionale Vernetzung (GeoBox-I)
- 28    Kostengünstige, autonome Plattform zur mechanischen Unkrautbekämpfung bei empfindlichen Kulturen mit unterschiedlichem Pflanzabstand in Baumschulen (AMU-bot)
- 30    Untersuchung der Wirksamkeit verfahrensintegrierter, baulich-technischer Maßnahmen zur Minderung der Emissionen von Ammoniak, Geruch und Methan in der Schweine- und Milchviehhaltung und Einrichten einer Datenplattform (EmiMin)
- 33    Zertifizierung, Weiterentwicklung und Kommerzialisierung des
- 33    innovativen Schweinswal-Warngerätes PAL (PAL-Komm)
- 36    Messsystem zur automatisierten Frühdiagnostik von Klauenerkrankungen mittels akustischer Analyse des Körperschalls von Bewegungsabläufen bei Rindern (SoundHooves)
- 38    Intelligente LED-Leuchte für die Funktionsbereiche „Fressen“, „Liegen“ und „Laufen“ in der Milchviehhaltung II (I\_LED\_Milchvieh\_II)
- 40    Entwicklung eines intelligenten (Verpackungs-)systems zur sensorgestützten Prognose des tatsächlichen Verfallsdatums von Lebensmitteln (IntelliDate)
- 42    Ökonomisch bewertetes und simulationsgestütztes Vorgehensmodell für die Reduzierung von Verlusten bei Rüst- und Reinigungsprozessen von Herstell- und Verpackungsanlagen für Lebensmittel (VoReVe)

## 44 Sektion 1: Klimaschutz und -anpassung in der Tierhaltung

- 44 Regionale Renaissance von Roggen und Raps zur Reduktion von Problemen in Pflanzenbau und Tierproduktion durch Reevaluation der Inhaltsstoffe und deren gezielte Nutzung zur Förderung des Umwelt-, Tier- und Verbraucherschutzes (6-R-Konzept)
- 46 Minderung der Methanemissionen bei der Milchkuh mittels 3-Nitrooxypropanol (3NOP) und Variation des Konzentratanteils in der Ration (MethaNiKuh)
- 48 Senkung der Methan- und Stickstoffemissionen in der Milcherzeugung durch innovatives Fütterungscontrolling und -management (ReMissionDairy)
- 50 Biomarker für die ruminale und endogene N-Utilisation zur Reduktion der N-Emission (BlueCow)
- 52 Effiziente Güllebehandlung reduziert Ammoniak- und Methanemissionen sowie Güllelagerkapazitäten bei gleichzeitigem P-Recycling (ASAP)
- 55 Minderung von Ammoniak- und Treibhausgasemissionen und Optimierung der Stickstoffproduktivität durch innovative Techniken der Gülle- und Gärresteausbringung in wachsende Bestände (GülleBest)
- 57 Entwicklung einer Nachrüstlösung zur Säure-Applikation in Flüssigmistkanälen von Tierställen (SAFT)
- 60 Zucht auf Futtereffizienz und reduzierten Methanausstoß beim Milchrind (eMissionCow)
- 63 Nachhaltige Bekämpfung der Moderhinke bei Schafen (MoRes)
- 65 Management von resistenten Wanderratten (*Rattus norvegicus*): Monitoring und Strategieentwicklung zur Prävention nagetierübertragener Krankheiten (ResRaMa)
- 67 Gnitzen als Vektoren von Viren in Deutschland unter Berücksichtigung sich ändernder klimatischer Bedingungen (CeratoVir)

## 69 Sektion 2: Nachhaltiger Pflanzenschutz

- 69 Evaluierung neuartiger biologischer Saatguttechnologien zur Abwehr von Schadinsekten in Raps (InRaps)
- 71 Entwicklung nicht-chemischer Saatgutbehandlungsverfahren zur Kontrolle samen- und bodenbürtiger Pathogene an Mais (SaatMaisPlus)

- 73 Entwicklung neuartiger Formulierungen für verhaltensmanipulierende Strategien zur biologischen Bekämpfung von *Cacopsylla picta*, dem Überträger der Apfeltriebsucht (PICTA-KILL)
- 76 Optimierung einer Attract & Kill-Strategie zur Drahtwurm-Kontrolle im Kartoffelanbau als Beitrag zum nachhaltigen Pflanzenschutz (ATTRACAP)
- 79 Entwicklung einer nachhaltigen und umweltschonenden Regulierungsstrategie von Drahtwürmern im integrierten und ökologischen Kartoffelanbau auf der Basis anwenderfreundlicher Bodengranulate und spritzbarer Formulierungen des insektenpathogenen Pilzes *Metarhizium brunneum* (Agri-Met)
- 81 Entwicklung eines breit wirksamen mikrobiologischen Präparates zur Bekämpfung pilzlicher Pflanzenkrankheiten (mikroPraep)
- 83 Morphologisch-molekulare Identifikation von Käferarten an Verpackungsholz im Bereich der Pflanzengesundheit (PHID-Coleo)
- 85 Diagnostik zur nachhaltigen Bekämpfung von Kartoffelkrebs (DIANA)
- 87 Entwicklung praktikabler Maßnahmen zur Schließung der Verschleppungswege von Kartoffel- und Zuckerrübenzystennematoden (Glob-RISK)
- 89 Entwicklung einer innovativen Technologie zur Beizung von Getreidesaatgut ohne Wirkstoffabrieb zur Risikominderung für Naturhaushalt und Anwender (INTEGRA)
- 91 Autonome Kamera-Steuerung einer Hacke zur Unkrautbekämpfung in Getreide mit engen Reihenabständen (Hackroboter)
- 93 Adaptive Fahrgassenabschaltung bei Feldspritzgeräten (FaGAbS)
- 95 Assistenzsystem zur teilflächenspezifischen Applikation von Pflanzenschutzmitteln (AssSys)
- 97 Entwicklung einer flugrobotergestützten Expertenplattform für einen präzisen Pflanzenschutz im Erwerbsobstbau (Corona-PRO)
- 100 Entwicklung eines Prognose- und Entscheidungshilfesystems zur Bekämpfung des Gelbrostes (*Puccinia striiformis*) und Schwarzrostes (*Puccinia graminis*) in Winterweizen (PROGPUC)
- 102 Integration von Hangneigungsaufgaben in den Pflanzenschutz-Anwendungs-Manager (PAM 3D)
- 104 Entwicklung einer Online Entscheidungshilfe für die Berechnung der notwendigen Aufwandmengen von Wachstumsreglern in Wintergetreide (OPTI-Reg)

- 106 Verbundprojekt: Einsatz von NFC Technologie beim Monitoring pflanzlicher Schaderreger (BoniTag)
- 108 Abschätzung des Befallsrisikos von Vergilbungsviren der Zuckerrübe – Vorausschauende Entwicklung von Kontrollstrategien unter Berücksichtigung der Neonicotinoid- und Insektizidresistenz Problematik des Insektenvektors (NYC)
- 110 Entwicklung eines praxistauglichen Diagnoseverfahrens für *Tobacco Rattle Virus* in Kartoffel (TRV2GO)
- 112 Entwicklung eines automatisierten Entscheidungshilfe Systems für den biologischen und integrierten Pflanzenschutz unter Glas (DSSARTH)
- 114 Serviceorientierte Vernetzung von Wetterdaten und Modellergebnissen von Schaderregerprognosen am Beispiel von ZWIPERO (ZwiebelNetz)
- 117 Netzwerk für den Wissenstransfer und die Implementierung der Leitlinien Integrierter Pflanzenschutz im Sektor Vorratsschutz (VSnet)
- 120 Neue Verfahren der optischen Früherkennung und der schadstofffreien Bekämpfung vorratsschädlicher Insekten mit Laserstrahlen (Insektenlaser)

## 122 **Sektion 3: Digitalisierung in der Land- und Ernährungswirtschaft**

- 122 Innovationsprozess zur Entwicklung einer online-Plattform, die die Schnittstelle zwischen lebensmittelpendenden Unternehmen aus Industrie und Handel an die Tafeln digitalisiert und vereinfacht (eco-Plattform)
- 125 Früherkennung von Apfelfriebsucht und Birnenverfall durch Remote sensing und Auswertung mit Methoden des maschinellen Lernens (Digitaler Obstbau)
- 127 Weiterentwicklung der Anwendung „Elektronischer Beratungsassistent“ für die Getreideproduktion (E-BAs2)
- 129 Gassenaufschluss 2.0: Digitalisierung der Planung und Prozesssteuerung für die Walderschließung auf Basis von Modellen und Algorithmen zur optimalen Ressourcenschonung (Gassenführung)
- 132 Adaptive Regelung der Ernte- und Reinigungsorgane bei Rübenrodern auf Basis bildbasierter Qualitätsbewertung (ARERO)
- 135 Entwicklung eines intelligenten Curtain-Lüfter-Sensor-Systems zur Optimierung des thermischen Komforts von Rindern (iCurS)

- 137 Verbesserung des Betriebsmanagements durch Kombination von Stall- und Weidedaten (CowData)
- 139 Vernetzungs- und Transferprojekt zur Digitalisierung in der Landwirtschaft (DigiLand)
- 141 Sektion 4: Innovationen im Lebensmittelhandwerk**
- 141 Entwicklung eines Verfahrens zur Sporentfernung aus Rohmilch in handwerklichen Käseereien zur nachhaltigen Steigerung der Produktqualität (sporoCLEAR)
- 143 Entwicklung regionaler Bio-Würzsaucen auf Lupinenbasis als salzreduzierte, glutenfreie Alternative zu Sojaprodukten (FLAVORLOOP)
- 145 Funktionalisierung insekten-basierter Mehle mittels Extrusion für die Zubereitung von Backwaren (InsekBack)
- 148 Entwicklung eines neuartigen enzymatischen Lyse-Verfahrens für die fermentative Umwandlung von Restbrot mit speziellen Aromakomponenten in ein für die Backwarenproduktion geeignetes Hydrolysat (CarumFerm)
- 150 Das Bäckerhandwerk von morgen – Wettbewerb und Positionierungsbestimmung (InnoBaecker)
- 152 Appetit auf den Beruf - Das digitale Coachingprogramm für Betriebe im Lebensmittelhandwerk (Appetit)
- 153 Schaffung eines Bestell- und Informationsdienstes zur Erschließung und Erhaltung von Absatzmärkten des regionalen Lebensmittelhandwerks in Deutschland (RegioBite)
- 155 Konzeption und Entwicklung eines Informationssystems zur qualifizierten Herkunftskennzeichnung für das deutsche Ernährungshandwerk (Herkunftstool)
- 158 Netzwerk für Wissenstransfer im Lebensmittelhandwerk (transNetz)



## 160 Sektion 5: Klimaschutz in der Pflanzenproduktion

- 160 Sensordatenbasierte Services zur bodenschonenden Bewirtschaftung und umweltgerechten Düngung durch Kombination unterschiedlich skalierte Geodaten. Kooperation und Beratung von Maschinenringen beim Praxistransfer durch Mobile AgrarPortale (SOFI)
- 162 Reduktion von THG-Emissionen und Ammoniak durch optimiertes N-Management (Green-Windows4\_0)
- 165 Optimierte Stickstoffdüngung durch mehrparametrische Datenfusion und präzise Applikation in Echtzeit (FuzzyFarmer)
- 167 Minderung von Treibhausgasemissionen in der Pflanzenproduktion durch standortangepasst optimierte Zwischenfruchtanbausysteme (THG-ZWIFRU)
- 170 Weizen in effizienten Fruchtfolgen im Zusammenspiel einer idealen Erschließung von Nährstoffen (WinEffizient)
- 173 Technische Verfahren für geschlossene Pflanzenproduktionssysteme zur Minderung von THG-Emissionen und klimawandelbedingtem abiotischen Stress (MinTHG)
- 175 Klimaschutzorientierte Bioabfallverwertung für die Landwirtschaft (KlimaBioHum)
- 177 Genetische Analyse der Regulation von Stickstoffeffizienz und Selektion von effizienten Winterweizensorten aus der MAGIC-WHEAT Population WM-800 als Beitrag zum Klimaschutz durch die Landwirtschaft (MAGIC-Efficiency)
- 179 Innovative Modellierungsansätze in der Rapsproduktion für eine gesteigerte Stickstoffnutzungseffizienz und Minderung von Lachgasemissionen (ModelLowN)
- 182 Proaktive pflanzengesundheitliche Risikoanalyse durch Modellierung und Monitoring: Anpassung an langfristige Risiken durch klimasensitive Schadorganismen (ProgRAMM)
- 184 Verringerung der Distickstoffmonoxidemission beim hydroponischen Anbau von Pflanzen im Gewächshaus (HydroN2O)
- 187 Innovative und modellbasierte landwirtschaftliche Informationstechnologie zur Unterstützung von teilschlagspezifischem Bodenkohlenstoffmanagement zur Nutzung des Bodens als CO<sub>2</sub>-Senke (CarboCheck)
- 189 Prognose und Detektion von Pilzkrankungen im Weinbau durch feinmaschige Messung des Mikroklimas und Einsatz bildgebender Messverfahren (FungiSens)

## 191 Sektion 6: Nachhaltige Grünlandwirtschaft

- 191 Selektive, nicht-chemische Bekämpfung von Giftpflanzen in extensiven Grünlandbeständen (SELBEX)
- 194 Satellitengestützte Information zur Grünlandbewirtschaftung (SattGrün)
- 197 Grünlandschutz durch ein innovatives Bio-Weiderindkonzept (GiB)
- 199 Optimierte Konservierung von Grünlandaufwüchsen als Maßnahme zur Verbesserung der Proteinversorgung von Milchkühen (OptiKons)

## 202 Sektion 7: Ressourcenschonende Lebensmittelherstellung

- 202 Entwicklung einer Sensorverpackung zur Frischekontrolle von Fleisch und Fisch (FRESH)
- 204 Entwicklung intelligenter Verpackungslösungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz in Supply-Chains kühlpflichtiger Lebensmittel (Intelli-Pack)
- 206 Nachhaltige Verpackungslösungen aus Makroalgen für den Lebensmittel-Handel (Mak-Pak)
- 208 Nutzbarmachung von *Lactococcus piscium* für die Regulierung von Fleischverderb und -reifung in Schutzgas- und Skin-Verpackungen (MEATME)
- 210 Entwicklung und Validierung neuer Methoden für den qualitativen und quantitativen Nachweis von Fischen, Krebs- und Weichtieren sowie Insekten als potentielle Lebensmittelallergene (AQUALLERG-ID)
- 212 Entwicklung von innovativen Untersuchungsverfahren als Voraussetzung für die Produktion sicherer und qualitativ hochwertiger Krustentiererzeugnisse und ein ressourcenschonendes Bestandsmanagement (KrustInUVa)
- 214 Effiziente Vermeidung von Lebensmittelabfällen in der Außer-Haus-Verpflegung (ELoFoS)
- 217 Nutzbarmachung biologischer Ressourcenvielfalt für die Etablierung stabiler Konsortien in Sauerteigen (KONSTABLE)

- 219 Innovative und zuverlässige Nachweismethoden für Lebensmittelallergene (AllergenAffinity)
- 221 Ressourcenschonende Herstellung von Buntsäften durch gezielten Einsatz moderner Keltertechnologien (ReBuTech)
- 223 Technische Gewinnung von Lactoferrin aus Sauermolke mittels innovativer Magnetseparation (LactoMag)
- 225 Entwicklung innovativer Analysenverfahren zum Nachweis von Molkenproteinen und Etablierung von Biomarkern als Qualitätsparameter bei Molkenprotein angereichertem Schnittkäse (Molkkäse)
- 228 Einsatz von UV/UV-LED-Strahlung zur Reduktion von Mikroorganismen auf Eiern (UVegg)
- 231 Energieeffiziente und produktschonende Erhitzungs- und Trocknungsverfahren für Lebensmittel durch Einsatz neuartiger Mikrowellentechnologie (NEWWAVE)
- 233 Sensorbasierte Überwachung des Reinigungsbedarfs und des Reinigungsergebnisses in geschlossenen Systemen (SensoRein)
- 236 Vernetzung bioeffizienter physikalischer Detektions- und Prozessierungsmodule zur nachhaltigen Reinigung und Desinfektion in der Lebensmittelproduktionskette (PROMONA)
- 238 Kaskadierte und flexible Nutzung von thermischer Energie in milchverarbeitenden Betrieben mit Schwerpunkt auf die Steigerung der Energieeffizienz von Reinigungssystemen (BlueMilk)
- 241 Anpassung mikrobiologischer Qualitätsbestimmung bei Rohmilch an moderne Produktionsbedingungen durch Entwicklung und Integration innovativer Schnellmethoden (NextMilQ)
- 244 Sektion 8: Monitoring & Klimaanpassung in der Pflanzenproduktion**
- 244 Optimierung von Anbaustrategien und -verfahren zur Klimaanpassung – Analyse und Bewertung auf Landschaftsebene unter besonderer Berücksichtigung von Interaktionen mit dem Pflanzenschutz, der Produktivität, der Fruchtartenverteilungen und den THG-Emissionen (OptAKlim)
- 247 Entwicklung von Indikatoren zur Bewertung der Ertragsfähigkeit, Nutzungsintensität und Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Böden in Deutschland (SOIL-DE)

- 251 Monitoring des organischen Bodenkohlenstoffs mittels Methoden der Fernerkundung und der Proximal-Bodenerfassung (SOCmonit)
- 253 Ein Bewertungstool für Kategorien der Schutzwürdigkeit und für ein fernerkundungsbasiertes Monitoring landwirtschaftlich genutzter Moore (BEWAMO)
- 255 Ein Beitrag des Weinbaus zu den Klimaschutzzielen der COP21-Konferenz von Paris: Sensoreinsatz im Weinbau mit minimiertem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck durch Humusspeicherung und PIWI-Sorten (VitiSoil)
- 258 Strategien zum Schutz von Getreide vor klimabedingt zunehmenden Pilzkrankheiten (GetreideProtekt)
- 260 Der prognostizierte Klimawandel und seine mittel- und langfristigen potentiellen Auswirkungen auf wichtige Pflanzenkrankheiten und auf die Fungizidwirksamkeit im Ackerbau in Deutschland (SIMKLIMA)
- 262 Analyse des Einflusses der Temperatur auf die Sensitivität von Rapsorten und -genotypen gegen TuYV und tierische Schaderreger (Blattläuse) (TEMPER)
- 264 Einfluss wesentlicher Faktoren des Klimawandels auf die Interaktion von Schädlingen mit ihren Kulturpflanzen und Berücksichtigung der Ergebnisse bei deren Bekämpfung in Obst- und Weinbau (KLIMAKOM)
- 267 Forschungsbegleitung für klimagerechtes Handeln in der Landwirtschaft (KlimAgrar)

## 269 Sektion 9: Ressourceneffiziente Düngung

- 269 Steigerung der Stickstoffdüngeneffizienz und Abbau der Stickstoffbilanzüberschüsse in der Backweizenerzeugung durch Ausnutzung neuer spezifischer Sorteneigenschaften (N-DECREASE)
- 272 Smartphone basierte optische Verfahren zur Charakterisierung von Einzelkomponenten bei der Herstellung von mineralischen Mischdüngern und Ableitung von Streueigenschaften zur optimierten Streueinstellung bei Zentrifugalstreuern (OptiBlend)
- 274 Elektrisch angetriebene Einarbeitungswerkzeuge zur kombinierten Wirtschaftsdüngerausbringung und Bodenbearbeitung für eine mehrlagige, definierte Einbringung bei reduziertem Zugkraftbedarf (KombiWkz)
- 276 Optimierung der N-Düngung im Freilandgemüsebau (MoDeN)

**279**    **Sektion 10:**  
**Innovative Lösungen zur Verbesserung des Tierwohls**

- 279    Konsortialprojekt zum Verzicht auf Schwanzkupieren beim Schwein (KoVeSch)
- 281    Entwicklung eines mobilen Fischtransportsystems mit integrierter Wasseraufbereitung (FiT)
- 284    Mobilstallhaltung von Legehennen: Innovationen zur Umsetzung eines gesetzeskonformen Hygienemanagements in der Praxis (Hyg-MobiLe)
- 286    Etablierung neuer Gesundheitsmerkmale in der Zucht durch Aufbau einer weiblichen Lernstichprobe für die genomische Selektion beim Braunvieh (BraunviehVision)
- 289    Entwicklung eines Bewertungssystems zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit und der Umweltwirkungen von Pferdehaltungen als EDV-basiertes Beratungsinstrument (BestTUPferd)
- 292    Analyse der Lokomotion des Milchrindes mit einem innovativen Druckmesssystem zur nachhaltigen Optimierung von tierartgerechten Haltungsverfahren (KlauSens)



### Liebe Leserinnen und Leser,

für eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Landwirtschaft von morgen, für gesunde und sichere Lebensmittel jeden Tag braucht es immer wieder neue Impulse, neue Ideen, neue Lösungen. Denn die Anforderungen nehmen zu: So muss sich die deutsche Landwirtschaft auf dem Weltmarkt behaupten und gleichzeitig die eigene Bevölkerung mit gesunden, sicheren und regionalen Lebensmitteln versorgen. Muss ihren Ertrag sichern und gleichzeitig nachhaltig und umweltschonend sein.

Forschung ist ein zentraler Schlüssel, um die Wettbewerbsfähigkeit unserer Landwirtschaft europa- und weltweit zu stärken und langfristig zu sichern. Und gleichzeitig die berechtigten Anliegen der Gesellschaft an eine umweltbewusste und klimafreundliche landwirtschaftliche Produktion zu berücksichtigen. Das Innovationsprogramm meines Ministeriums unterstützt diese Forschung seit Jahren erfolgreich, derzeit mit 56 Millionen Euro jährlich.

In diesem Tagungsband bekommen Sie Einblick in unsere aktuellen Forschungsprojekte. Zum Beispiel die Entwicklung eines Verpackungssystems, das, statt des Mindesthaltbarkeitsdatums, das tatsächliche Verfallsdatum eines Lebensmittels prognostiziert und auf der Verpackung mittels eines Sensorlabels angibt. Verbraucher können so ganz einfach Lebensmittelverschwendung vermeiden. Oder eine Methode zur automatisierten Aussparung der Fahrgassen, damit weniger Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden können. Der Landwirt kann dadurch Kosten sparen. Die natürlichen Ressourcen und die Umwelt werden geschont. Pflanzenschutzmittel sind wichtig um Schädlinge zu bekämpfen und Ernten zu sichern. Aber auch hier gilt, so viel wie nötig, so wenig wie möglich.

Zwei Beispiele von insgesamt 128, die zeigen, wie vielfältig und zukunftsweisend die Innovationsforschung meines Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft ist. Forschung für eine modernere Agrar- und Lebensmittelwirtschaft, die die Wettbewerbsfähigkeit unserer Bäuerinnen und Bauern europa- und weltweit stärkt und langfristig sichert. Und gleichzeitig die berechtigten Anliegen der Gesellschaft an eine umweltbewusste und klimafreundliche landwirtschaftliche Produktion berücksichtigt.

Mein Ministerium unterstützt alleine im Rahmen der Innovationsförderung 155 Forschungsprojekte zum Thema der Einflüsse von Klimaänderungen auf die Landwirtschaft. Hierfür sind Ausgaben von über 33 Millionen Euro vorgesehen. Mir ist sehr wichtig, dass diese Forschungsergebnisse nicht „im Schrank verstauben“, sondern veröffentlicht werden. Die Innovationstage 2020 sind eine gute Gelegenheit, sich über zahlreiche und unterschiedliche Forschungsfelder zu informieren und viele Projekte konkret kennenzulernen. Auch wenn, wegen Corona, nur ein virtueller Austausch möglich ist, bin ich zuversichtlich, dass es konstruktive Diskussionen, neue Erkenntnisse und interessante Eindrücke geben wird.

Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, wünsche ich spannende Einblicke in die aktuellen Forschungsprojekte!

Herzliche Grüße

Ihre

A handwritten signature in blue ink, reading 'Julia Klöckner', written in a cursive style.

Julia Klöckner  
Bundesministerin für Ernährung und Landwirtschaft



## Grußwort

„Eine starke Landwirtschaft sowie eine ausgewogene und sichere Ernährung“ – beides ist für uns Menschen essentiell, aber nicht selbstverständlich. Dies hat ein Ereignis wie die Corona-Pandemie deutlich gemacht. Aber auch unabhängig davon wachsen die Herausforderungen: In Zeiten des Klimawandels gilt es Wege zu finden, wie sich die Landwirtschaft an die Folgen der Erderwärmung anpassen und gleichzeitig einen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Auch die Digitalisierung der Praxis soll gelingen und künftig Landwirtinnen und Landwirten die Arbeit auf dem Feld oder im Stall erleichtern. In der Tierhaltung geht es nicht nur um Effizienz, sondern auch um das Tierwohl, um zukunftsfähig zu sein. Nicht zuletzt muss auch die Wertschätzung gegenüber denen zurückgewonnen werden, die tagtäglich für unsere Ernährung sorgen.

Nur auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse und wirtschaftlicher Innovationen lassen sich die Herausforderungen unserer Zeit meistern. Aus diesem Grund betreut die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) seit über 14 Jahren als Projektträger zukunftsweisende Projekte für eine nachhaltige, ressourcenschonende und gleichzeitig leistungsstarke Land- und Ernährungswirtschaft. Erfolgreich sind wir dabei aber nur, wenn gute Ergebnisse und erfolgreiche Innovationen Einzug in die Praxis finden. Das Programm zur Innovationsförderung des BMEL baut deshalb explizit auf die enge Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft. Aktuell unterstützt die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung als Projektträger die Forschungszusammenarbeit zu



ganz verschiedenen Themen in über 749 Teilprojekten. Wir begleiten die unterschiedlichen Stadien des Innovationsprozesses - von der ersten Idee bis zum serienreifen Produkt. Die Innovationstage sind der Ort, an dem der Erfolg dieser Gemeinschaft greifbar und die Themenvielfalt der Forschungslandschaft sichtbar werden. Der Austausch zwischen den Menschen hinter den Projekten schafft neue Impulse für künftige Innovation in der gesamten Branche.

Auch im pandemiegeprägten Jahr 2020 wollen wir als starke Gemeinschaft aus Wirtschaft und Wissenschaft, Politik und Verwaltung über unsere Arbeit unsere Ziele und Erfolge diskutieren. Auf den Innovationstagen präsentieren dazu über 100 Projekte ihre Ergebnisse in digitalen Beiträgen.

In einem solchen digitalen Forum verschmelzen Texte, Fotos, Audios und Videos zu Multimedia-Reportagen. Sie berichten, wie in Projekten aus vielversprechenden Ideen marktreife Produkte und praxisrelevante Verfahren werden.

Seien Sie live dabei und machen Sie mit, wenn Experten in Online-Workshops über Herausforderungen und Lösungswege der marktorientierten Agrarforschung diskutieren.

Nutzen Sie die vielfältigen Möglichkeiten, die die Innovationstage Ihnen bieten. Stärken Sie unsere Zusammenarbeit und beschreiten Sie mit uns den Weg hin zu einer starken, nachhaltigen und zukunftsorientierten Land- und Ernährungswirtschaft.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen einen anregenden, spannenden und aufschlussreichen Besuch unserer digitalen Innovationstage 2020!



Dr. Hanns-Christoph Eiden  
Präsident der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

# Einleitung

Alle zwei Jahre treffen sich Akteure der Wissenschaft, Wirtschaft und Politik auf den Innovationstagen, um aktuelle Themen und Herausforderungen der Land- und Ernährungswirtschaft zu diskutieren und interdisziplinäre Kontakte zu knüpfen. Auch in diesem Jahr sollten die Innovationstage unter dem Titel „Für eine starke Landwirtschaft und sichere Ernährung“ in bewährter Weise wieder in Bonn stattfinden.

Infolge der weltweiten Corona-Pandemie und der damit verbundenen Beschränkungen sowie notwendigen Schutzmaßnahmen ist die Realisierung der für den 20. und 21. Oktober 2020 geplanten Innovationstage in Form einer Präsenzveranstaltung jedoch nicht möglich. Dennoch möchte Ihnen das Team der Innovationsförderung auch in dieser Situation die Möglichkeiten bieten, sich über aktuelle Entwicklungen rund um zukunftsfähige Landwirtschaft und Ernährung zu informieren, wertvolle Kontakte zu knüpfen und Ihre Netzwerke auszubauen. Denn wir sind überzeugt, dass insbesondere in Zeiten der globalen Corona-Pandemie eine Plattform für Dialog und Wissensaustausch umso wichtiger ist. Unter dem Titel „**Innovationstage 2020 – digital**“ stehen die Themen Klimaschutz und Anpassung unserer Landwirtschaft an die Folgen der Erderwärmung, Pflanzenschutz, Digitalisierung, zukunftsfähige Nutztierhaltung, nachhaltige Grünlandwirtschaft, intelligente Verpackungen und das Lebensmittelhandwerk im Mittelpunkt. Ab dem 20. Oktober 2020 können Sie sich auf der neuen Innovationstage-Homepage [www.innovationstage-digital.de](http://www.innovationstage-digital.de) über die Vielfalt zukunftsweisender Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) im Rahmen des Innovationsprogramms gefördert und vom Projektträger der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (ptble) betreut werden, informieren.

Denn auch auf den ersten digitalen Innovationstagen geht es um aktuelle Herausforderungen – jedoch mit neuen Präsentationsformaten. Über 100 neuartige und vielversprechende Projekte werden mit Hilfe von umfangreichem Bildmaterial, Videos und anderen Formaten anschaulich und greifbar präsentiert. In kleinen Web-Reportagen erfahren Sie zudem, wie aus innovativen Ideen zum Projektende marktfähige Produkte und Dienstleistungen werden.

Zur Förderung von Vernetzungs- und Transferaktivitäten werden am **20. und 21. Oktober 2020** darüber hinaus interaktive Online-Workshops zu den Themen Klimawandel, Lebensmittelhandwerk, Gartenbau 4.0 und Digitalisierung im Pflanzenschutz angeboten.

Auch in diesem Jahr erwartet Sie somit ein interessantes und vielseitiges Programm. Das Team der Innovationsförderung freut sich auf Ihren diesmal digitalen Besuch „Für eine starke Landwirtschaft und sichere Ernährung“. Wir hoffen trotzdem, dass auf den nächsten Innovationstagen wieder ein persönliches Begegnen, Diskutieren und Netzwerken möglich sein wird.

# Forum



## **Mobiles Bodenproben-Labor und Datenfusion für den ressourceneffizienten Pflanzenbau (soil2data)**

### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Arno Ruckelshausen  
Hochschule Osnabrück, Osnabrück  
a.ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

### **Verbundpartner**

ANEDO GmbH  
Bodenprobetechnik Nietfeld GmbH  
iotec GmbH,  
LUFA Nord-West  
MMM tech support GmbH & Co KG

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Die kleinräumige Kenntnis von Bodeneigenschaften stellt eine wesentliche Grundlage für den Pflanzenbau dar und bestimmt maßgeblich den Ressourceneinsatz. Bisherige Verfahren – mit Labormessungen der Bodenproben – bieten keine Optionen für eine Online-Verifizierung der Messresultate und erfordern eine Bodenentnahme mit entsprechenden Transportprozessen. Im Projekt soil2data wird ein mobiles Feldlabor für verschiedene Trägerfahrzeuge entwickelt, welches während der Überfahrt die Bodenproben sammelt und aufbereitet, die Bodenanalyse durchführt und den Boden nach der Messung auf dem Acker belässt. Der hohe Automatisierungsgrad und das lokale Datenmanagement mit der Anbindung an externen Datenplattformen schaffen Flexibilität in Verbindung mit ökologischen und ökonomischen Verbesserungen. Eine dynamische Anpassung der Bodenbeprobungsplanung ist ebenfalls möglich. Neben der automatischen Bewertung der Daten bieten sich Potenziale für individuelle Auswertungen zur Beratung; Beispiele sind das Ertrags- und Düngemanagement. Die Bodenproben-Aufnahme und -Abgabe wird für autonome und personengebundene Trägerfahrzeuge genutzt. Mit am Markt verfügbaren Systemen des Kooperationspartners Bodenprobetechnik Nietfeld werden personengebundene Lösungen entwickelt, die auch für Traktoren oder feldtaugliche PKWs geeignet sind.

## Ergebnisse

Innovative ionensensitive Feldeffekttransistoren stellen die Sensorschlüsselkomponente des Moduls dar; hier konnte in den letzten Jahren ein „Lab on Chip“ realisiert werden. Im Projekt werden diese Sensoren zur Messung der Nährstoffe  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (verkürzte Schreibweise: N,K,P), des pH-Wertes und der Leitfähigkeit genutzt. Abbildung 1 zeigt den kundenspezifischen soil2data-ISFET-Sensor. Die Entwicklung analoger Schaltungen und des digitalen Systems zur Integration der Sensoren, Signalverarbeitung und Kommunikation stellen die Grundlage für die Messung, Kalibrierung und Nutzung der Daten dar. Die Aufnahme des trockenen Bodenmaterials mit Bohrstock, der Transport mit Sammelbehältern, die Aufbereitung zur Flüssigextraktion und Filterung wurden unter Durchführung umfangreicher Versuche konzipiert und realisiert, ebenso Kalibrier- und Evaluationsverfahren. Die Zusammenführung der Hard- und Softwarekomponenten werden zum „Field-Lab“ als Modul für die verschiedenen Trägerfahrzeuge integriert. Abbildung 2 zeigt als Beispiel die Integration des Moduls in die autonome Feldroboterplattform BoniRob im Rahmen von Feldversuchen. Für die Bodenbeprobungsplanung wurde eine flexible Software unter Integration von Anwender-Feedback entwickelt.

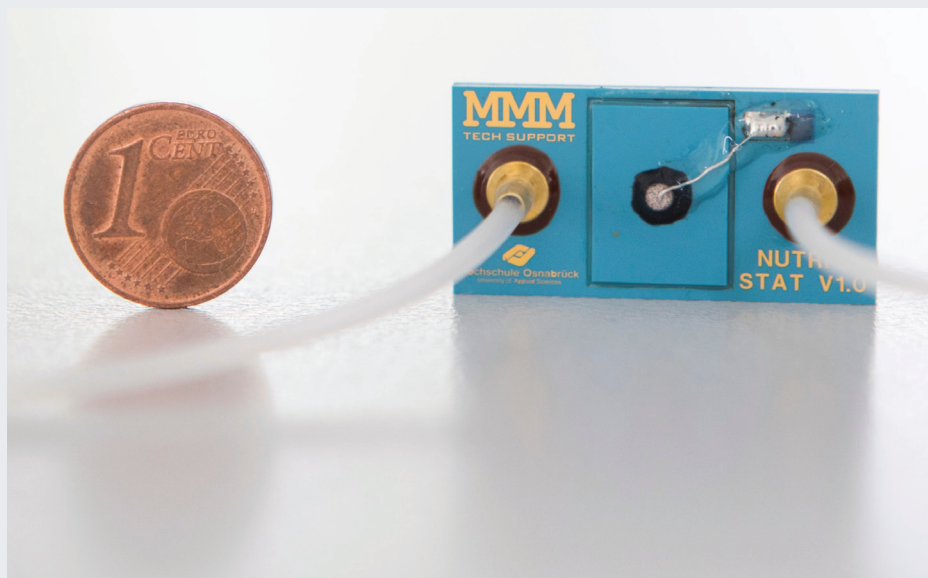


Abbildung 1: soil2data-Sensor mit ionensensitiven Feldeffekttransistoren (ISFETs) zur Messung von Bodeneigenschaften.



Abbildung 2: Feldversuch mit dem „soil2data-FieldLab“, integriert in die autonome Trägerplattform BoniRob.

## Verwertung

Im Rahmen des Projektes konnte die Machbarkeit eines mobilen Feldlabors nachgewiesen werden. Auf dieser Grundlage bieten sich dem Konsortium mit Unternehmen der Bodenprobetechnik, der Sensor-, Schaltungs- und Softwareentwicklung gute Voraussetzungen zur Umsetzung der Forschungsergebnisse in produktnahe Lösungen. Die Partner LUFA Nord-West und Hochschule Osnabrück ergänzen diese Perspektiven durch Bezüge zur Praxis und Wissenschaft. Die Methodik der Bodenextraktion orientiert sich an der VDLUFA-Methode, damit die Interoperabilität mit der VDLUFA-Düngeempfehlung gewährleistet ist. Das Konsortium hat daher einen gemeinsamen Antrag „Modulare mobile Bodensensorik-Technologien für nachhaltiges Nährstoffmanagement (prototypes-soil2data)“ gestellt, der ebenfalls im Innovationsprogramm der BMEL gefördert wird. Ziel des Vorhabens ist die gemeinsame Entwicklung eines Prototyps des Gesamtsystems auf Grundlage einer im Markt befindlichen Trägerplattform und einzelner Module wie „soil2liquid“ oder „liquid2data“.



### Die Diagnose im Feld - Big Data basierte Ursachenklärung für satellitenerfasste Standortunterschiede (BigPicture)

#### Projektkoordinator

Dr. Katrin Kohler  
Spatial Business Integration GmbH, Darmstadt  
k.kohler@spatial-business-integration.com

#### Verbundpartner

rasdaman GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Satellitenbilder zeigen die Reaktion der Pflanzen auf unterschiedliche Einflüsse, die auf das Wachstum, die Vitalität, den Gesundheitszustand und das Ertragspotenzial einwirken. Das Ziel des Projektes *BigPicture* war es, die digitale Prozesskette von der Satellitenbildbasierten Erkennung von Wachstumsunterschieden im Feld bis hin zur Informationsbasierten Maßnahmenempfehlung zu automatisieren. Hierzu sollten Pflanzensymptome sowie ihre Ursachen in Satellitenbildern erfasst, Diagnosen gestellt und hieraus Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Dies setzte Methoden für den Umgang mit Big Data voraus, da Satellitendaten als eine große Anzahl von Einzeldateien in Spezialformaten vorliegen, welche ihre Verarbeitung komplizieren. Im Projekt wurden daher raum-zeitliche Datenwürfel aus den Bildern aufgebaut, um die Prozessierung zu beschleunigen.

Durch die Bündelung der Kompetenzen von *SBI GmbH* als Spezialist für Satellitenbildbasierte Produkte für die Landwirtschaft und *rasdaman GmbH* als Experte für Big Data Rasterdienste konnten an einer großen Stichprobe von Feldern und unter Kombination verschiedenartigster Daten die Zusammenhänge erarbeitet werden. *BASF SE* unterstützte die Arbeiten durch den Zugang zu Landwirten für die Datenerfassung auf Referenzfeldern sowie bei der kundenorientierten Lösungsentwicklung

### Ergebnisse

Die Untersuchungen fokussierten auf die Diagnose von Bodenunterschieden, Schäden durch Pflanzenkrankheiten, Frost und Dürre (Abbildung 1) sowie deren Risikoabschät-

zung, basierend auf einer vorangegangenen Kundenbedarfsanalyse. Hierin begründete sich auch die Entwicklung des Prototyps einer App, die, per Auswertung einer mehrjährigen Zeitreihe von Satellitenbildern, Satellitenbildkarten langfristig stabiler Bodenunterschiede in Feldzonen anzeigt und so die variable Ausbringung von Dünger, Pflanzenschutzmitteln sowie Saatgut unterstützt. Ein wesentlicher Fortschritt wurde erzielt, indem die in den Satellitenbildern erfassten Wachstumsunterschiede mit Hilfe weiterer Parameter interpretiert wurden. Die auf Modellen basierenden multifaktoriellen Abfragen konnten in etwa einer Stunde für ganz Deutschland durchgeführt werden.

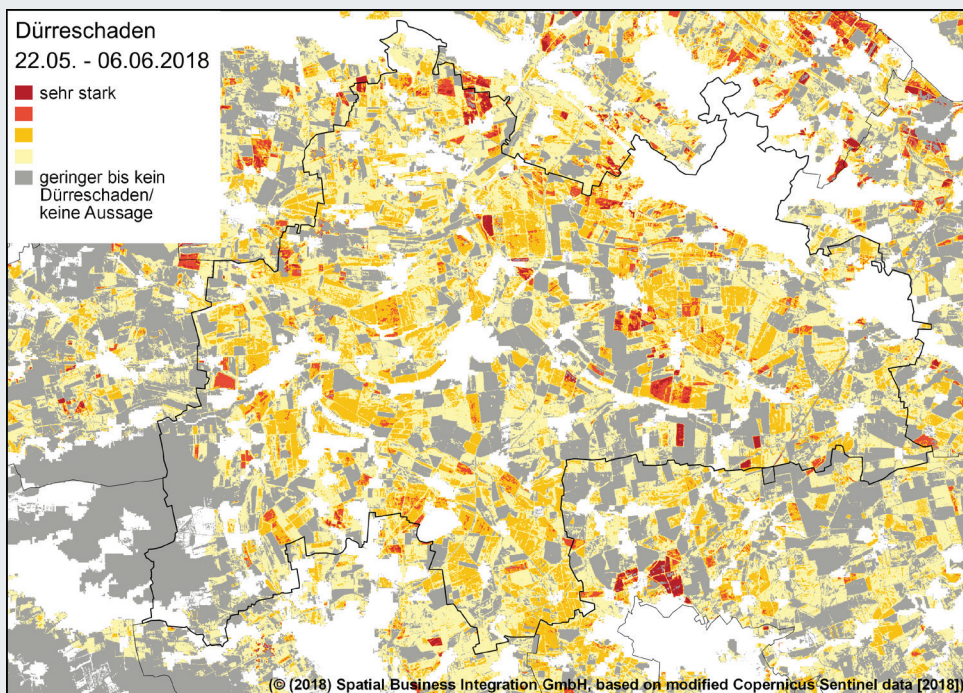


Abbildung 1: Ergebnis der Satellitenbild- und Modell-basierten Diagnose von Dürreschäden im Landkreis Sömmerda/Thüringen in 2018.

Viele heterogene, großvolumige Daten mussten für die Diagnosen analysiert werden, darunter Satellitendaten, abgeleitete Produkte, Zeitreihen, Wetter-, Boden- und Höhendaten. Raumzeitliche Datenwürfel machen aus solchen Myriaden von Einzeldateien übersichtliche, analysefertige Daten. Das Prinzip agiler Datenwürfel wurde vom rasdaman-Team erfunden und im rasdaman-System umgesetzt. Dieser hochskalierbare Server beruht auf einer Anfragesprache, in welcher Nutzer jederzeit jede Anfrage stellen können, von einfacher Extraktion über Visualisierung bis zu hochkomplexer Analyse. Im Server werden diese Anfragen individuell optimiert, direkt in Maschinencode übersetzt und parallelisiert ausgeführt. Insgesamt ergibt sich eine marktführende Performance und Flexibilität, die vom Research Data Alliance (RDA) Report ([https://rd-alliance.org/system/files/Array-Databases\\_final-report.pdf](https://rd-alliance.org/system/files/Array-Databases_final-report.pdf)) bestätigt wurde – rasdaman kann 304-mal schneller sein als andere Werkzeuge.



### **Verwertung**

Die Verwertung richtet sich auf den Markt der Präzisionslandwirtschaft und hier auf die Ertragssicherung bei ressourceneffizienter, umweltschonender und nachhaltiger Agrarproduktion. Landwirte sollen auf in Satellitenbildern entdeckte Phänomene in ihren Schlägen aufmerksam gemacht werden, Behandlungsvorschläge erhalten und Satellitenbildkarten zur Maschinensteuerung auslesen können. Der verfolgte Lösungsansatz schafft eine deutliche Überlegenheit gegenüber Informationsservices, die bei der Bereitstellung von nicht interpretierter Satellitenbildinformation enden.

### **Standardisierung der GeoBox-Infrastruktur - Phase 1: Dezentrale Datenhaltung und regionale Vernetzung (GeoBox-I)**

#### **Projektkoordinator**

Dr. Wolfgang Schneider  
Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück,  
Bad Kreuznach  
wolfgang.schneider@dlr.rlp.de

#### **Verbundpartner**

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI)  
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)  
Technische Universität Darmstadt  
Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und  
Programme im Pflanzenschutz  
expeer GmbH

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Ziel des Vorhabens GeoBox-I ist die experimentelle Entwicklung, Erprobung und Verbreitung eines praxistauglichen Prototypen einer standardisierten und resilienten GeoBox-Infrastruktur zur dezentralen Datenhaltung und regionalen Vernetzung in der Landwirtschaft. Austauschmöglichkeiten zwischen öffentlichen Stellen/Dienstleistern und den landwirtschaftlichen Betrieben werden verbessert und wichtige Basisdaten für die Betriebe einfach zugänglich gemacht. Es entsteht eine Infrastruktur, die auch bei weiträumigen Störungen Arbeit erlaubt und so die Resilienz des Gesamtsystems erhöht.

### **Ergebnisse**

Die angestrebten Ergebnisse umfassen Implementierung und Roll-out mehrerer Komponenten:

(1) GeoBox-Client: Mobile App für gängige Smartphones/Tablets, die eine weitgehende Interaktion mit landwirtschaftlichen Daten ermöglicht. Zentral sind

- » Darstellung der Felder des Betriebs; Modifikation von Feld- oder Schlaggrenzen
- » Eingabe von standortbezogenen Informationen
- » Kommunikation mit Dritten (GeoBox-Messenger/Chat), dazu gehören z.B. Übermitteln von Aufträgen an Dienstleister und Empfang von Informationen öffentlicher Stellen.

(2) Betrieblicher Server („Hofbox“): Hier laufen die Daten der verschiedenen Mobilgeräte des Betriebes zusammen; ferner werden hier von öffentlicher Seite bereitgestellte Basisdaten (wie Geo-Basisinformationen) repliziert und ganz oder in Auszügen an betriebliche Mobilgeräte verteilt. Die Hofbox ermöglicht mehrjährige Auswertungen durch eine semantische Suche über die gesammelten Daten.

(3) Semantische Modellierung der Daten: Eingaben werden mit domänenspezifischen Ontologien verlinkt. Entsprechende Vokabularien, bereitgestellt von KTBL, umfassen z.B. auch AGROVOC-Inhalte der FAO. Die Verwendung vorgegebener Term-Listen erleichtert die Eingabe und sichert branchenweite Eindeutigkeit der Bezeichnungen.

(4) Formularkonzept für Abfrage und Übermittlung von Daten: Dienstleister können zu ihren jeweiligen Angeboten „Auftragsformulare“ übermitteln. Die Datensätze werden in der Geo-Box weitgehend automatisch befüllt und vom Auftraggeber (Landwirt) vor dem Versenden bestätigt.

Ein Spezialfall ist die Definition von Standard-Reports für öffentlich relevante Meldungen; z.B. stellt der „Feldpass“ die auf einem Feld/Schlag durchgeführten Aktivitäten auch über mehrere Jahre strukturiert dar.

Resilienz durch konsequente Befolgung des „offline-first“ Prinzips: Der Datentransfer zwischen öffentlicher Seite, Hofbox und Mobil-Client erfolgt in der Regel als Synchronisation verteilter Datenbanken - alle Teilnehmer speichern den relevanten Datenbestand. Im Störfall ist damit lokale Arbeit, Übergang zu betrieblichen oder regionalen Inselnetzen und notfalls Ausdrucken feldrelevanter Informationen mit Notstrom gesichert.

## Verwertung

Aktuell sind mobile Clients, Auftragsformulare und der Ontologie-Background i.w. fertig und werden vom Partner expeer produktfähig gemacht. Die Hofbox mit Replikationsmöglichkeiten existiert als Demo und wird in Phase II des Projekts vervollständigt.

GeoBox-I ist das Rückgrat einer dezentralen Datenhaltung und regionalen Vernetzung in der Landwirtschaft. Die langfristige Bereitstellung öffentlicher Basisdaten und Vermittlung von Standard-Vokabularen und -Formaten schließen den flankierenden Betrieb öffentlicher Server ein (siehe [Video zur GeoBox-Infrastruktur](#)). Die Entwicklung in Richtung etablierter Labs für „Resilientes Smart Farming“ illustriert die Anschlussfähigkeit im öffentlichen Interesse.

### **Kostengünstige, autonome Plattform zur mechanischen Unkrautbekämpfung bei empfindlichen Kulturen mit unterschiedlichem Pflanzabstand in Baumschulen (AMU-bot)**

#### **Projektkoordinator**

M.Sc. Kevin Bregler

Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart  
kevin.bregler@ipa.fraunhofer.de

#### **Verbundpartner**

KommTek, Bosch  
Hörmann Pflanzen

### **Kurzfassung**

#### **Ziel**

Das Ziel der Entwicklung des AMU-Bots ist, bereits funktionierende Ansätze aus dem Bereich der automatisierten Unkrautbekämpfung zu nutzen und sukzessive zu verbessern. Das Verbesserungspotential gegenüber vorangegangenen Projekten wurde insbesondere in der Reduktion der Kosten des Gesamtsystems sowie der Flexibilität im Einsatz in verschiedenen Pflanzenkulturen gesehen.

Zur Reduktion der Kosten sollten neue Sensor und Aktor-Konzepte entwickelt und validiert werden sowie eine bereits am Markt etablierte Basisplattform so konfiguriert werden, dass eine wirtschaftliche Basis für das Gesamtsystem AMU-Bot erreicht werden kann. Die Idee eines modularen Agrarroboters, wie in dem Vorgängerprojekt AgriApps, sollte nicht weiterverfolgt werden, sondern stattdessen die Spezialisierung auf Anwendungsfall der Beikrautregulierung in einem komplexen System wie den Baumschulkulturen forciert werden.

#### **Ergebnisse**

Die drei wesentlichen Teilsysteme wurden im Rahmen des Projektes AMU-Bot neu- oder weiterentwickelt. Eine Plattform basierend auf dem RoboFlail mini, die neben den günstigen Investitionskosten auch noch sehr robust in der Applikation ist, ein Sensorkonzept zur Erkennung von Pflanzenreihen und Einzelpflanzen sowie ein kostengünstiger Manipulator zu Unkrautbekämpfung.

Als Ausgangslage der Entwicklung der Plattform diente der RoboFlail mini von KommTek. Durch den hohen Energiebedarf von 20kW des Gesamtsystems und der geplanten Verwendung eines Hauptreihen- und eines Zwischenreihenwerkzeugs zur ganzheitlichen Bekämpfung der Unkräuter in den Baumschulkulturen, musste allerdings von der reinen Adaption der Plattform abgesehen werden.

Mit einem Kawasakimotor vom Typ FD851 und einer Lichtmaschine kann die benötigte elektrische Leistung für den Antrieb der Werkzeuge bereitgestellt werden und zusätzlich ein Hydraulikaggregat betrieben werden.

Zur Integration von Motor und Aggregaten war der Aufbau eines neuen Chassis erforderlich, was insgesamt zu einer ganzheitlichen Neukonstruktion der Plattform führte.

Das Sensorkonzept zur Navigation und zur Erkennung der Einzelpflanzen sowie Pflanzenzwischenräumen konnte zur Minderung der Kosten reduziert werden auf zwei Laserscanner vom Typ FX10 von Nippon Signal und eine Inertialmesseinheit von Xsens zur Erkennung der Pflanzreihen und Einzelpflanzen. Weitere Sensoren wurden nicht verwendet. Nahezu alle Softwaremodule wie Datenfilterung, Detektion der Bodenebene, Detektion der Pflanzen und der Pflanzenreihe sowie die Berechnung der Fahrkommandos wurden hinsichtlich Robustheit optimiert. Mit dem neuen Sensorkonzept und den entwickelten Softwaremodulen konnten Pflanzen mit einer Höhe zwischen 0,7 m – 2 m erfolgreich getestet werden.

Zur genauen Positionierung wurde außerdem eine Inertialmesseinheit mit integriertem GPS-Empfänger verwendet, deren Werte als Ersatz der nicht verwendbaren Odometerdaten mittels Kalman-Filter fusioniert wurden.

Auch die Detektion der Einzelpflanzen und der Pflanzzwischenräume wurde durch einen FX10 Laserscanner erreicht.

Durch die Neuentwicklung eines höhenverstellbaren Manipulators mit einer aktiv aktiverbaren Lineareinheit zum Erreichen der Pflanzzwischenräume können Unkräuter sowohl zwischen den Pflanzreihen als auch zwischen Einzelpflanzen entfernt werden. Als Werkzeuge wurden dabei in der Landwirtschaft vielfach bewährte Kreiseleggen benutzt.

### **Verwertung**

Reinkulturen sind in vielen Bereichen des Gartenbaus zu finden. Hierunter zählen nicht nur Baumschulen, sondern auch der Gemüsebau und Anbau von Strauchfrüchten. Mit dem AMU-Bot wurde eine ausbaufähige Grundlage geschaffen, um Vermarktungsfähige Systeme im Zeitfenster von 3-5 Jahren anzubieten.

Teilsysteme, wie die Pflanzenerkennung, können außerdem aus wissenschaftlicher Sicht weiterentwickelt werden, beispielsweise hinsichtlich der Klassifizierung der Pflanzen zur Integration weiterer Pflanzenschutzaufgaben, die durch eine Plattform, wie den AMU-Bot durchgeführt werden könnten.

Dafür bieten sämtliche Teilkomponenten des AMU-Bots eine sehr gute Ausgangslage.



**Untersuchung der Wirksamkeit verfahrensintegrierter, baulich-technischer Maßnahmen zur Minderung der Emissionen von Ammoniak, Geruch und Methan in der Schweine- und Milchviehhaltung und Einrichten einer Datenplattform (EmiMin)**

**Projektkoordinator**

Dr. Katrin Wagner & Ewald Grimm  
 Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.,  
 Darmstadt  
 k.wagner@ktbl.de, e.grimm@ktbl.de

**Verbundpartner**

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
 Universität Hohenheim  
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn  
 Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V.  
 Deutsche Zentralbibliothek für Medizin - Informationszentrum  
 Lebenswissenschaften

**Projekthomepage**

<https://www.ktbl.de/themen/emimin/>

## Kurzfassung

### Ziel

Im Rahmen des Verbundprojektes EmiMin wird die Wirksamkeit verfahrensintegrierter, baulich-technischer Maßnahmen zur Minderung der Emissionen von Ammoniak, Geruch und Methan in der Schweine- und Milchviehhaltung in Versuchs- und Praxisställen untersucht. Die Ergebnisse und Forschungsdaten werden in einer neu entwickelten Forschungsdatenbank dokumentiert, im Fachrepositorium Lebenswissenschaften publiziert und für weitere Forschungszwecke frei zugänglich zur Verfügung gestellt.

Folgende Maßnahmen werden untersucht:

### Schweinehaltung

- » Einsatz von Urease-Inhibitoren im Stall und im Auslauf
- » Verfahren zur Güllekühlung und Verkleinerung des Güllekanals im Stall
- » Kot-Harn-Trennung mit Unterflurschieberentmistung im Auslauf
- » Kombination oben erwähnter Maßnahmen

## Milchviehhaltung

- » Einsatz planbefestigter Böden mit schneller Harnableitung und Reinigung durch angepasste Schieber im Laufbereich
- » Einsatz perforierter Böden mit Spaltenabschlusskappen und Reinigungsrobotern im Laufbereich

## Ergebnisse

Die technischen Einrichtungen zur Applikation von Ureaseinhibitor wurden in Schweineställen eingebaut und erste Emissionsmessungen durchgeführt. Der Inhibitor wird in unterschiedlichen Aufwandmengen und auf unterschiedliche Arten appliziert, dadurch werden verschiedene Minderungspotenziale erwartet.

Die Reduktion der Gülletemperatur mittels schwimmender Kühlrippen in Schweineställen zeigt deutliches  $\text{NH}_3$ -Emissionsminderungspotential und bewährt sich in der Praxis. Jedoch besteht Optimierungsbedarf hinsichtlich des damit verbundenen Energieeinsatzes. Eine eindeutige Minderung ist auch durch Oberflächenverkleinerung im Güllekanal mittels regelmäßig entleerter v-förmiger Wannen erkennbar.

Vorversuche zur Entwicklung einer abgestimmten Methodik für Emissionsmessungen in freibelüfteten Schweineställen mit Auslauf wurden erfolgreich beendet. Die Minderungsmaßnahme Unterflurschieber ist in drei von vier Standorten eingebaut und erste Messungen fanden statt. Messungen der Kombination von Inhibitor und Unterflurschieber folgen.

Die Minderungsmaßnahme emissionsarmer planbefestigter Boden in Milchviehställen wurde nachgerüstet. Der Boden wurde von den Tieren gut angenommen, die Stallbetreiber berichten von einer erhöhten Trittsicherheit und Sauberkeit sowie einer deutlichen Minderung des Geruchs.

Zwei Milchvieh-Praxisställe wurden mit emissionsreduzierenden Dichtungsklappen ausgestattet. Nach einer mehr als 6-monatigen Adaptionsphase, in der sich keine negativen Auswirkungen auf die Sauberkeit des Spaltenbodens zeigten, wurde in beiden Ställen mit der Installation der Messeinrichtungen begonnen. Die ersten Emissionsmessungen laufen.

Im Hinblick auf das Forschungsdatenmanagement ist die Publikation der Forschungsdaten im Fachrepositorium Lebenswissenschaften vorbereitet: in Abstimmung mit allen Verbundpartnern wurde die Veröffentlichung bereinigter Messwerte auf Basis des Messereignisses sowie deren Dokumentation durch projektspezifische Metadaten beschlossen. Die Forschungs- bzw. Emissionsdatenbank ist im Aufbau.

## Verwertung

Durch das Verbundprojekt wird eine einheitliche Datengrundlage zur Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Emissionsminderung aufgebaut. Die Ergebnisse dienen folgenden Zwecken:

- » Entscheidungshilfe für das BMEL auf nationaler (TA Luft) und europäischer Ebene (NEC-Richtlinie)
- » Förderung tier- und umweltgerechter Haltungsverfahren durch Unterstützung von Stallbaugenehmigungen

Alle Daten und Ergebnisse werden in einer Datenbank für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt. Die Datenbank ist für Daten aus anderen Projekten offen. Aktualisierungen und Ergänzungen der Datenbank durch neuere Erkenntnisse sind jederzeit möglich. Der für EmiMin auf Grundlage des Datenmanagement-Softwaretools RDMO4Life entwickelte Datenmanagementplan kann zukünftig in anderen agrarwissenschaftlichen Forschungsprojekten eingesetzt werden.



## Zertifizierung, Weiterentwicklung und Kommerzialisierung des innovativen Schweinswal-Warngerätes PAL (PAL-Komm)

### Projektkoordinator

Prof. Dr. Boris Culik

F<sup>3</sup>: Forschung . Fakten . Fantasie, Heikendorf

bculik@fh3.de

### Projekthomepage

[www.f3mt.net](http://www.f3mt.net)

## Kurzfassung

### Ziel

Der neu entwickelte PAL („Porpoise Alert“, siehe Abbildung 1) imitiert die Warnsignale von Schweinswalen, um sie auf ihrer zur Ultraschallorientierung und Kommunikation genutzten Frequenz von 133 kHz vor Stellnetzen zu warnen.

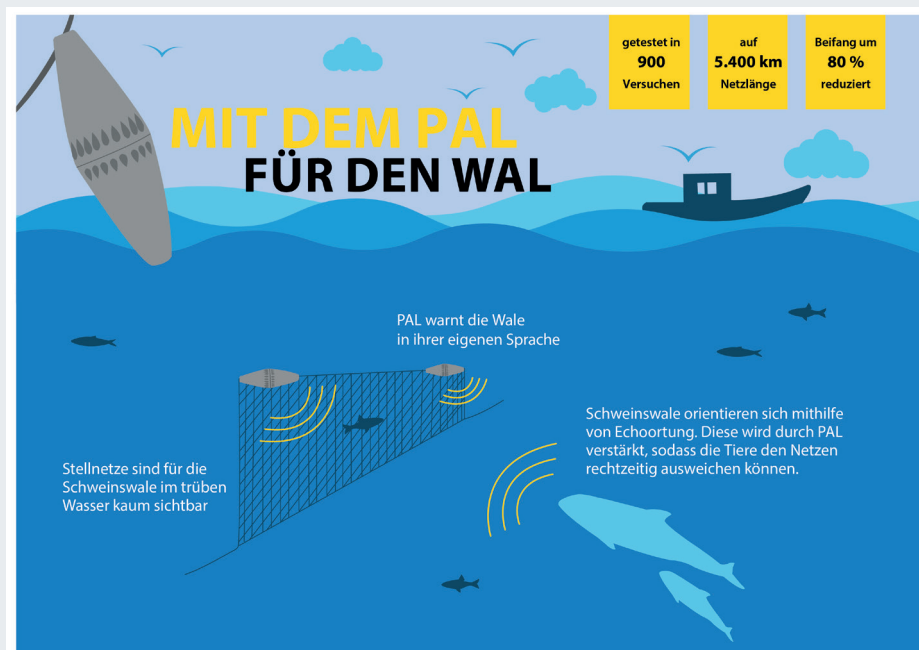


Abbildung 1: Einsatz des Warngerätes PAL zur Beifangverringern in der Fischerei.

Freilandversuche zeigen, dass die Kleinwale Echoortungsaktivität und Mindestabstand zum PAL erhöhen und somit das Kollisionsrisiko mit Netzen verringern. Versuche des Thünen-Instituts für Ostseefischerei mit professionellen Fischern zeigen, dass der PAL den Beifang in der westlichen Ostsee um über 70 % verringert.

Seit April 2017 erprobt das Ostsee-Informations-Centrum in Eckernförde die Eigenschaften des PAL mit Fischern in Schleswig-Holstein. Die Erfahrungen dienen dazu, den PAL zu verbessern, wobei Stromverbrauch und Handhabung im Vordergrund stehen.

Der optimierte PAL soll einer breiteren, weltweiten Vermarktung zugeführt werden. Die Entwicklung von weiteren akustischen Warnsignalen und die Anwendbarkeit in Fischereien vor Island und Bulgarien werden gemeinsam mit Kollegen in professionellen Fischereien vor Ort untersucht. Die Verringerung von Massenstrandungen von Grindwalen an gefährlichen Stränden, die Vermeidung von Kollisionen mit Meeressäugern und die Reduzierung des Beifangs von Pinguinen in der Stellnetzfisherei runden die PAL-Entwicklung ab.

### **Ergebnisse**

Die Software des PAL wurde weiter verbessert und umfangreich getestet. Der Stromverbrauch des PAL wurde soweit wie möglich verringert und alle unnötigen Schaltvorgänge vermieden. Das Ergebnis ist eine um 45 % längere Lebensdauer bei gleicher Batterie und besserer Funktionalität. Ein gut hörbares Bereitschaftssignal ist jetzt für 3 Minuten hörbar, wenn der PAL aus dem Wasser kommt. So können Fischer nach jedem Hol akustisch prüfen, ob das Gerät aktiv ist, bzw. ein defektes Gerät direkt austauschen.

Die neue Software wurde ab Juni 2019 auf 1.500 PAL aus der Schleswig-Holsteinischen Fischerei aufgespielt. Dabei stellte sich heraus, dass 1,5 – 2 Jahre nach Erstauslieferung nur bei rund 1/3 der Geräte die Batterie leer war. Sehr wenige Geräte (< 0,7 %) waren beschädigt: Der PAL wurde von Anfang an auf Nachhaltigkeit ausgelegt.

Die Wirksamkeit eines neuen Alarmsignals wurde im Sommer 2019 während eines Freilandversuchs vor der dänischen Küste getestet. Dabei sank die Anzahl der aufgezeichneten Klicks pro Stunde signifikant von 53,4 (Kontrolle, n=69 Stunden) auf 6,9 (Pal-Einsatz, n=41; t-Test, zweiseitig, p=0.001). Die Anzahl von Schweinswalddetektionen (Detection positive minutes per hour) sank von 2,07 auf 0,44 (t-Test, zweiseitig, p=0.001).

### **Verwertung**

Das Ostsee-Infocenter orderte in 2019 rund 1.000 neue PAL, um Anfragen seitens der Schleswig-Holsteinischen Fischer gerecht zu werden. Das neu entwickelte Alarmsignal wurde 2019 erfolgreich in der Stellnetzfisherei auf Steinbutt in Bulgarien, sowie in der Dorschfisherei vor Island getestet und verringerte dort den Beifang von Schweinswalen signifikant. Auch Versuche an Pinguinen dauern an.



Abbildung 2: Prominente Unterstützung des PAL-Einsatzes zum Schutz der Schweinswale. Von links: der ehem. schleswig-holsteinische Umweltminister Dr. Robert Habeck, Lorenz Markwardt, Vorsitzender des Landesfischereiverbandes, Hannah Sliwka, Leiterin des OIC Eckernförde und Wolfgang Albrecht, Vorsitzender des Fischereischutzbundes. (Flensburger Tageblatt vom 19.7.2018. <https://www.shz.de/lokales/eckernfoerder-zeitung/porpoise-alert-fischer-warnen-und-schuetzen-meeressaeger-id20475547.html>).

Bei der Bundesmarine wird der PAL als Vergrämungsgerät vor der Durchführung von Sprengungen eingeplant. Eine erste Gerätelieferung wird aktuell auf Robustheit gegenüber Schockwellen getestet. Im Rahmen von Hafen-Neubauprojekten wurde 2019 der PAL an zwei Baustellen in der Kieler Förde eingesetzt, um Meeressäuger vor Verletzungen zu schützen.

Gemeinsam mit einer Studiengruppe der FH-Flensburg wurden Schaubilder und eine Kundenbefragung entwickelt, um im Rahmen einer positiven Intervention Verständnis für die Nachhaltigkeit des Projekts zu wecken und den PAL-Einsatz positiv zu begleiten.



### **Messsystem zur automatisierten Frühdiagnostik von Klauenerkrankungen mittels akustischer Analyse des Körperschalls von Bewegungsabläufen bei Rindern (SoundHooves)**

#### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Oliver Hensel & Boris Kulig  
Universität Kassel, Witzenhausen  
agrartechnik@uni-kassel.de, bkulig@uni-kassel.de

#### **Verbundpartner**

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover  
Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG  
Projektunterstützer: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen  
Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Riswick

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Primäres Ziel des Projekts war es, ein System zur automatisierten Frühdiagnostik von Klauenerkrankungen bei Milchkühen zu entwickeln. Ein erfolgversprechender Ansatz war, den Trittschall zu analysieren, der sich bei gesunden und lahmen Tieren unterscheidet. Dieser kann mit Hilfe von Sensoren aufgenommen und durch stochastische Modelle ausgewertet werden. Es sollte ein einfaches robustes Messsystem, basierend auf einem Körperschallaufnehmer, montiert an einer Messstrecke, entwickelt werden. Folgende Eigenschaften muss das System haben: (1) Eine einfache Integrierbarkeit in vorhandene Stallsysteme; (2) Das Tier selbst sollte keinen Sensor tragen; (3) Die Erfassung der Trittschalldaten, die Auswertung und Meldung von Lahmheit müssen vollständig automatisiert und tierindividuell erfolgen.

### **Ergebnisse**

Die als Ziel des Projektes definierten Eigenschaften des Systems wurden umgesetzt. Der modulare Aufbau aus einer Sensoreinheit und einem Prozessrechner ermöglicht eine Anpassung an praxisrelevanten Stallhaltungssysteme von Milchkühen. Eine vom Stallboden akustisch entkoppelte Messplatte mit Körperschallaufnehmern erfasst den Trittschall der Milchkühe. Die Kühe, die die Messstecke passieren, werden über RFID-Chip erkannt. Die Sounddateien des Trittschalls werden den Tieren zugeordnet. Der Trittschall wird mit Hilfe von Datenaufbereitungsskripten und einem Machine-Lear-

ning-Algorithmus in Beziehung zum Laufverhalten der Kühe gesetzt. Geprüft wurden die Algorithmen „Neuronales Netz“ und „Random Forest“. Das Prädiktionsmodell berechnet eine Lahmheitswahrscheinlichkeit, bzw. gibt eine Zuordnung zu den Klassen „lahm“ oder „nicht lahm“ aus. Als Referenz (Zielgröße) bei der Entwicklung des Prädiktionsmodells diente die klinisch-visuelle Bonitur von Lahmheit. Ein entsprechendes Boniturschema wurde im Rahmen des Projektes erarbeitet und erprobt. Ebenso wurde auf die verifizierten Ergebnisse aus der Klauenpflege zurückgegriffen.

Das beste gefundene Modell war ein Random Forest mit einem  $R^2$  von 0,67 im Trainings- und einem  $R^2$  von nur 0,03 im Validierungsdatensatz. Die Missklassifikationsrate lag im Trainingsanteil bei 7 %, im Validierungsanteil aber bei 29 %. Eine Veränderung der Kosten in der Missklassifikationsmatrix durch Verschiebung des Cutoff-Wertes für die Zuordnung in Klasse „lahm“ von 0,5 auf 0,4 erbrachte zwar ein deutlich besseres Modellergebnis (Cohen's Kappa zwischen Diagnose oder Prognosewert = 0,8; Sensitivität = 0,81 und Spezifität = 0,97), aber das Modell ist damit immer noch nicht hinreichend fähig. Grundsätzlich hat das Modell aber im Vergleich zu anderen automatischen und manuell-visuellen Bonituren und Prädiktionsmodellen, veröffentlicht in einschlägiger Literatur, eine ähnliche Sicherheit. Verbesserungen an Hard- und Software des Messstands werden derzeit erprobt und versprechen erheblich fähigere Ergebnisse.

### Verwertung

Als Fazit aus der bedingt tauglichen Qualität der gefundenen Prädiktionsmodelle wurden Verbesserungen im Wesentlichen für die Hardware des Messstands, aber auch für die Deskriptoren aus den Körperschalldateien und die Modellkonzeption vorgeschlagen. Diese werden derzeit erprobt und umgesetzt.

Alleinig ist das gefundene Modell derzeit noch nicht ausreichend als Prädiktionsmodell, aber im Zusammenspiel mit anderen Tierwohlindikatoren ergeben sich Synergien. Ein Risikoindex gebildet aus vorliegendem Modell kombiniert mit den Daten anderen Sensorsystemen in Melkständen (Eutergesundheit), Konditionssensoren (BCS) und Sensoren für die Erfassung von Lokomotions- und Fressverhalten wäre denkbar. Eine Integration des gefundenen Modells in ein Herdenmanagement- oder ein Qualitätsmanagementsystem ist möglich und wird angeraten. Das in dieser Arbeit entwickelte und erprobte Messsystem kann zu einem Risikobewertungsmodell für Lahmheiten in erheblichen Umfang beitragen.

Eine Weiterentwicklung des Messsystems und des gewählten Machine-Learning-Ansatzes ist angeraten und wird als erfolgsversprechend eingeschätzt.

## **Intelligente LED-Leuchte für die Funktionsbereiche „Fressen“, „Liegen“ und „Laufen“ in der Milchviehhaltung II (I\_LED\_Milchvieh\_II)**

### **Projektkoordinator**

Prof. Dr.-Ing. Eva Schwenzfeier-Hellkamp  
Fachhochschule Bielefeld, Bielefeld  
eva.schwenzfeier-hellkamp@fh-bielefeld.de

### **Verbundpartner**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
DeLaval Services GmbH  
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen  
Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Das Ziel des Vorhabens I\_LED\_Milchvieh\_II bestand in der Weiterentwicklung der Basisleuchte hin zur Marktreife sowie der Entwicklung einer Premium- und Deluxevariante mit zusätzlichen Funktionen. Die zusätzlichen Funktionen waren in der optimierten Nutzung des natürlichen Tageslichts (Premium-Leuchte) und der Nachbildung des natürlichen Tageslichtspektrums durch die Deluxe-Leuchte definiert. Als zentraler Aspekt wurde die biologische Wirksamkeit des Lichts auf die Rinder unter Praxisbedingungen untersucht. Im Weiteren wurde eine Analyse des Marktumfelds sowie die daraus folgende Definition der Erfolgsfaktoren für die Marktreife durchgeführt. Zudem wurde die Optimierung der Instandhaltungsfreundlichkeit unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten vorgenommen. Aufbauend auf den Optimierungen waren anschließend der Bau einer ersten Kleinserie der Deluxe-Leuchte sowie deren Einsatz im Rahmen von Praxis- und Funktionstests in der Labor- und der Stallumgebung als Bestandteil des Projektes geplant.

### **Ergebnisse**

Die gesetzten Zielvorstellungen konnten alle erfüllt werden. Zudem wurden mit der Basis- und der Deluxe-Leuchte die Grundlagen für die Entwicklung von LED-Leuchten im landwirtschaftlichen Umfeld geschaffen, die sich am Sehvermögen von Mensch und Tier, sowie der biologischen Wirkung von Licht orientieren. Weiterhin konnte ein erster Schritt hin zu einem am Tageslicht orientierten Beleuchtungssystem für Milchviehställe gemacht werden.

Die konzipierte Kleinserie konnte in einem Liegeboxenlaufstall des Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse installiert und lichttechnisch vermessen

werden. Im Rahmen von zwei Versuchen, die jeweils in den Wintermonaten durchgeführt wurden, konnte gezeigt werden, dass die Beleuchtungsstärke einen signifikanten Einfluss auf die Liegedauer hatte. In einem weiteren Versuch wurden Betrachtungen unter dynamischer und statischer LED-Beleuchtung durchgeführt. Die Aufzeichnung der Aktivität erfolgte mittels Pedometern. In diesem zweiten Versuchsansatz zur dynamischen Beleuchtung konnte jedoch nur ein Trend und dementsprechend kein durchgehend signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.

### **Verwertung**

Die wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse wird durch den Industriepartner DeLaval vorgenommen. Die Basisleuchte ist am Markt unter den Bezeichnungen CL6000 und CL9000 erhältlich. Die Deluxe-Leuchte ist ein Prototyp und muss noch zur Marktauglichkeit weiterentwickelt werden. Gleiches gilt für die Konstantlichtsteuerung, die in Kombination mit der Basisleuchte, die Premiumleuchte darstellt.

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse wurden wissenschaftlich bereits 2018 auf der internationalen Ethologietagung in Freiburg und auf der Tagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V. vorgestellt. 2019 wurde das Projekt bei der DVG Tagung in München präsentiert. Außerdem gab es Vorträge und Veröffentlichungen vor potentiellen Nutzern und Bauberatern.

Zusätzlich erfolgte an der FH Bielefeld und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft ein Wissenstransfer in die Lehre. Studierende wurden im Rahmen von studentischen Arbeiten und Projekten eingebunden. Ergebnisse konnten in die Lehrveranstaltungen Effiziente Lichttechnik, Produkt-Risikomanagement, Intelligente Energiesysteme (FH Bielefeld) und in den Studiengang Agrarwissenschaften der TU München aufgenommen werden. Darüber hinaus konnte der wissenschaftliche Mitarbeiter Daniel Werner seine Promotion in dem Themenumfeld abschließen. Betreut wurde er dabei u. a. von Prof. Dr. sc. agr. habil. Klaus Reiter und Prof. Dr. Ing. Eva Schwenzfeier-Hellkamp.

## Entwicklung eines intelligenten (Verpackungs-)systems zur sensorgestützten Prognose des tatsächlichen Verfallsdatums von Lebensmitteln (IntelliDate)

### Projektkoordinator

Dominik Noroschat

Institut für Distributions- und Handelslogistik des VVL e. V., Dortmund

d.noroschat@vvl-ev.de

### Verbundpartner

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung

QuoData GmbH

REWE Markt GmbH

Deutsches Milchkontor GmbH

Micro-Sensys GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Verbraucher, die sich auf das Mindesthaltbarkeitsdatum verlassen und dieses als Verbrauchsdatum interpretieren, sind fälschlicherweise der Meinung, dass Produkte mit abgelaufenem Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) automatisch nicht mehr genusstauglich sind. In diesem Fall werden häufig Lebensmittel entsorgt, die noch zum Verzehr geeignet wären. Ähnliches gilt dabei für den Handel. Auch hier kommt es vor, dass Lebensmittel, die noch verzehrt werden könnten, entsorgt werden, weil das Mindesthaltbarkeitsdatum überschritten wurde.

73 Prozent an vermeidbaren Lebensmittelverlusten entsteht durch Konsumverluste, obwohl das Problembewusstsein ausgeprägt ist. Laut einer Studie der Bundesregierung sind 96 Prozent der Befragten der Meinung, dass Essen in den Müll geworfen wird, das ohne Risiko noch verzehrt werden könnte. Weitere vermeidbare Lebensmittelverluste entstehen durch Prozess-, Verteilungs- (Groß- und Einzelhandel) und Konsumverluste beim Großverbraucher.

Ein wesentlicher Grund für die Konsumverluste ist, dass nur ungenaue Informationen zur tatsächlichen Haltbarkeit der Produkte vorliegen.

Ziel des Projektes ist es, den Zeitpunkt des Verderbs von Lebensmitteln genau vorherzusagen und damit eine verfrühte Entsorgung zu verhindern, dabei wird das Haltbarkeitsdatum kontinuierlich neu berechnet. Hierfür wird ein Prognosealgorithmus entwickelt, der dies in Abhängigkeit von äußeren Einflussparametern, wie etwa Temperatur oder Lichteinfall, ermöglicht. Äußere Einflüsse werden dabei durch ein zu entwickelndes Sensorlabel erfasst, welches in die Produktverpackung integriert wird.



Die notwendigen Daten werden mithilfe einer neuartigen Smartphone-APP ausgelesen und zur Berechnung an eine Cloud gesendet. Im Anschluss erhält der Anwender eine genaue Prognose darüber, wie lange das Produkt noch haltbar ist.

Es wird ein intelligentes Sensorlabel entwickelt, das in Milchverpackungen integriert wird und exakt prognostiziert, wie lange die Milch noch haltbar ist. Dadurch wird verhindert, dass Milch, die noch genießbar ist, zu früh entsorgt wird, wodurch Lebensmittelabfälle reduziert werden.

### **Ergebnisse**

Es wurden die chemisch/physikalischen und sensorischen Qualitätsveränderungen von ESL-Milch während der Alterung untersucht. Hierzu wurde die Milch unter definierten Bedingungen gelagert und nach geeigneten Zeitintervallen auf Qualitätsveränderungen geprüft. Aus den erzielten Ergebnissen wurden Korrelationen zwischen Milchqualität und Alterung erstellt und die zugrundeliegenden Kinetiken bestimmt. Diese dienen als die Basis für die Erstellung eines mathematischen Modells.

Darüber hinaus wurde ein Sensor-Datenlogger für sichtbares Licht, UV-Index und Temperatur mit NFC-Schnittstelle entwickelt. Dieser dient der Erfassung von Umweltparametern, die auf das Lebensmittel einwirken, von der Herstellung bis zum Verbrauch. Zusätzlich können weitere Produktdaten auf diesem Sensorlabel abgelegt werden, die dem Verbraucher zum Beispiel Auskunft über Herkunft und MHD geben können. Das Sensorlabel kann mittels Smartphone und einer ebenfalls entwickelten Android-Bibliothek ausgelesen werden und ist je nach Art der Anbringung mehrfach an Produkten verwendbar.

Es wurden Funktionsprüfungen hinsichtlich der Hard- und Softwarekomponenten in einem Auto-ID Prüflabor durchgeführt. Zudem konnte durch Belastungstests die notwendige Robustheit des Sensorlabels nachgewiesen werden. Aufbauend auf eine Prozessanalyse der relevanten Logistikprozesse wurde eine Methodik für einen Leitfadens für den speziellen Einsatz des Sensorlabels erarbeitet.

### **Verwertung**

Geplant sind die Anmeldung von Schutzrechten für den Prognosealgorithmus, die Vermarktung des Sensorlabels, das Angebot von webbasierten Dienstleistungen zur Generierung von Qualitätsdaten sowie die Durchführung von Beratungsprojekten zum neuartigen Verpackungssystem.

## Ökonomisch bewertetes und simulationsgestütztes Vorgehensmodell für die Reduzierung von Verlusten bei Rüst- und Reinigungsprozessen von Herstell- und Verpackungsanlagen für Lebensmittel (VoReVe)

### Projektkoordinator

Dr. Sven Spieckermann  
SimPlan AG, Hanau  
info@SimPlan.de

### Verbundpartner

Hochschule Hannover  
Frozen Fish International GmbH  
FRoSTA AG

## Kurzfassung

### Ziel

Das übergeordnete Ziel des Vorhabens ist die systematische Reduzierung des Aufwandes an Zeit, Personal, Energie und Stoffen für immer häufiger werdende Rüstvorgängen durch technische, produktionsorganisatorische, betriebswirtschaftliche und personelle Optimierung insbesondere am Beispiel der fleisch-, fisch- und gemüseverarbeitenden Industrie. Im Fokus stehen wissenschaftlich fundierte Methoden und Strategien zur permanenten Reduzierung von Verlusten vor, während und nach dem Rüsten und Reinigen. Projektziel ist auch, die nicht nur einmalig, sondern - aufgrund der wettbewerbsbedingt ständigen Veränderung der Produktionsprozesse - immer wieder erforderlichen Rüstzeitanalysen selbst effektiver und insbesondere aussagesicherer zu gestalten. Die im Ergebnis der industriellen Forschung am Beispiel von Tiefkühlkost erzeugenden Anlagen zu generierenden Methoden und Strategien müssen deshalb in innovative, simulationsgestützte Werkzeuge implementierbar sein. Diese Werkzeuge sollen in innovativer Weise logistische, energetische und betriebswirtschaftliche Aspekte in die Bewertung einbeziehen.

### Ergebnisse

Erstmalig konnten für Verarbeitungsanlagen zur Herstellung und Verpackung von Lebensmitteln das bisher nur subjektiv anerkannte Phänomen langanhaltender, nicht-linearer Verluste beim Hochfahren nach den Rüstvorgängen nachgewiesen, in reproduzierbare, mathematisch beschreibbare Phasen unterteilt und betriebswirtschaftlich als Zusatzkosten bewertet werden (Abbildung 1).

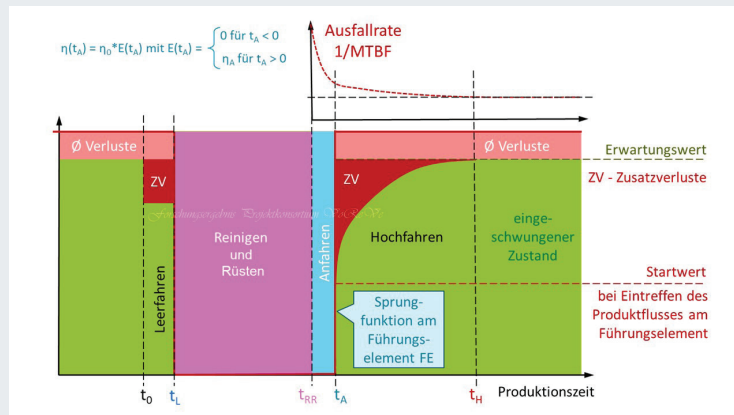


Abbildung 1: Phasen und Verluste in einem Umstellprozess.

Diese gegenüber dem eingeschwungenen Zustand signifikant erhöhten Verluste können aufgrund der gewonnenen Expertise ganz konkreten technischen Lösungen, Handlungsfolgen und Einstellarbeiten zugeordnet und darauf aufbauend durch Automatisierungstechnische und konstruktive Maßnahmen, Know-how Verbesserungen und Motivationsgenerierung aktiv reduziert werden. Anhand dessen war es möglich, ein instrumentalisierungsfähiges sowohl ingenieurtechnisches als auch betriebswirtschaftliches Prozessmodell zu generieren. Über die rein mengen- und kostenbezogene Rüstzeitoptimierung hinaus, steht insbesondere ein nachhaltiger Ressourceneinsatz (Rohstoffe, Energie, Medien, Mensch) im Vordergrund.

## Verwertung

Bei den produzierenden Unternehmen der Lebensmittelindustrie erfolgt die direkte Verwertung der Projektergebnisse durch minimierten Ressourceneinsatz sowie Steigerung sowohl der Produkt- und Prozesssicherheit als auch der Liefersicherheit u. a. in Engpasssituationen wie der Corona-Krise. Der Projektkoordinator erhöht mit dem Projekt seine Beratungskompetenz für die produzierenden Unternehmen und den zugehörigen Maschinen- und Anlagenbau der Lebensmittelindustrie und steigert die Effizienz seiner spezifischen Softwaretools für die Unterstützung in Planungs- und Produktionsprozessen. Dabei erhöht die innovative und zuvor nicht verfügbare Kalkulation und Simulation der Hochlaufverluste nach dem Rüsten die Entscheidungssicherheit signifikant.

Die Hochschule Hannover erweitert mit der Projektarbeit ihr anwendungsbereites und praxisgerechtes Lehr- und Forschungsprofil auf dem Gebiet der Verarbeitungsanlagen. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse finden sofortigen Eingang in die Lehrveranstaltungen der Bachelor- und Masterstudiengänge und sowohl über die Absolvent\*innen als auch postgraduale Weiterbildungs-, Konferenz- und Workshopangebote in die Unternehmens- und Produktionsführung der Lebensmittelindustrie. Dies stärkt insbesondere den wirtschaftlich hochrelevanten KMU Bereich. Die wissenschaftlichen Ergebnisse und nachhaltige Verwertung sind integraler Bestandteil der interdisziplinären Aktivitäten des Forschungsclusters Lebens(mittel-)qualitäten der Hochschule Hannover respektive der Abteilung Bioverfahrenstechnik.

# Sektion 1: Klimaschutz und -anpassung in der Tierhaltung

**Regionale Renaissance von Roggen und Raps zur Reduktion von Problemen in Pflanzenbau und Tierproduktion durch Reevaluation der Inhaltsstoffe und deren gezielte Nutzung zur Förderung des Umwelt-, Tier- und Verbraucherschutzes (6-R-Konzept)**

**Projektkoordinator**

Prof. Dr. Christian Visscher  
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover  
christian.visscher@tiho-hannover.de

**Verbundpartner**

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn  
Freie Universität Berlin  
KWS Lochow GmbH

**Projekthomepage**

<https://www.kws.com/de/de/produkte/getreide/roggen/6-r-konzept/>

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines auf Roggen (und auch Raps) fokussierten Mischfutterkonzeptes, um in Anpassung an klimatische Veränderungen (zunehmend trockenere Sommer) längerfristig die Möglichkeit einer Ernährung mit regional nachhaltig angebautem Getreide und Proteinträgern in der Schweineproduktion zu sichern. Dabei werden spezifische Inhaltsstoffe des Roggens (Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)/ Polyfructane/Arabinoxylane) gezielt zur Förderung der Tiergesundheit (Darmmorphologie, Immunsystem und intestinale Mikrobiota sowie Schleimhaut des Gastrointestinaltraktes), der Lebensmittelqualität (geringere Risiken in der Ebermast), des Verbraucherschutzes (Minderung der Salmonellen-Prävalenz) und des Tierschutzes (Verhalten) genutzt.

## Ergebnisse

Bisherige Ergebnisse zeigten, dass die Futtermittelaufnahme und Tageszunahmen auch bei sehr jungen Schweinen und maximalen Mischungsanteilen von Roggen und Raps (z. B. 60 % Roggen und 28 % Raps) unbeeinflusst blieben. Der Futteraufwand stieg tendenziell mit steigendem Roggenanteil und signifikant bei Einsatz von Raps ab Mischungsanteilen von 16 %, neben einem signifikanten Rückgang der Verdaulichkeit von Rohprotein und organischer Substanz (oS). Weitere Versuche zeigten ebenfalls diese Verhältnisse (keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Leistungsparameter bei Einsatz von bis zu 48 % Roggen und 30 % Raps), aber tendenziell bessere Leistungen in den Gruppen, die Soja statt Raps erhielten. Weitere Untersuchungsschwerpunkte werden die Darmmorphologie, das darmassoziierte und systemische Immunsystem und die Komposition des intestinalen Mikrobioms sein.

Weiterhin führten steigende Roggenanteile im Futter zu höheren relativen Chymusmassen im Colon sowie höheren Massen des entleerten Organs (nachgewiesene geringere praecaecale, aber höhere postileale Verdaulichkeit und somit Fermentation von oS und stickstofffreien Extraktstoffen (NfE) von Roggen und Raps im Vergleich zu Weizen und Soja). Eine tendenziell steigende Konzentration von Butyrat im Colon- und Caecumchymus junger Schweine wurde nachgewiesen. Bei *in-vitro*-Fermentation verschiedener Substrate auf Roggen- bzw. Weizenbasis zeigte sich anhand der Gasproduktion eine höhere Fermentierbarkeit der roggengestützten Substrate sowie tendenziell höhere Produktion von Butyrat.

Bei experimenteller Infektion mit *Salmonella* Typhimurium gingen die Ausscheidungsraten bei Einsatz von 69 % Roggen anstatt 69 % Weizen in der Ration ab 14 Tagen post infection signifikant zurück. Auch im Caecum kam es zu signifikant reduzierten quantitativen Keimnachweisen.

Einflüsse des Fütterungskonzeptes auf das Verhalten werden derzeit mithilfe KI-gestützter Systeme untersucht.

## Verwertung

Vorbehalte gegenüber einem Einsatz höherer Anteile von Roggen und Raps im Mischfutter wurden nicht bestätigt. Hohe Weizenanteile (bis 69 %) können direkt nach dem Absetzen komplett durch Roggen ersetzt werden, ohne signifikante Leistungseinbußen bzw. nachteilige Effekte auf die Kotqualität zu erhalten. Ebenso wird ein hoher Rapsanteil in Kombination mit einem hohen Roggenanteil im Mischfutter von jungen Mast Schweinen gut vertragen und gefressen. Ein möglicher Einfluss auf das Verhalten (und damit das Tierwohl) mithilfe digitalen Bewegungstrackings verspricht weitere wertvolle Erkenntnisse. Perspektiven für einen Einsatz von Roggen bei Sauen und abgesetzten Ferkeln werden in einem weiteren Verbundprojekt (Rye-SaFe) untersucht. Die Erkenntnisse und Ergebnisse können insgesamt für eine Neuformulierung von Fütterungsempfehlungen bzw. Ergänzung von Bedarfsformulierungen genutzt werden.

## Minderung der Methanemissionen bei der Milchkuh mittels 3-Nitrooxypropanol (3NOP) und Variation des Konzentratanteils in der Ration (MethaNiKuh)

### Projektkoordinator

Dr. Dirk von Soosten

Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Institut für Tierernährung, Braunschweig

dirk.von\_soosten@fli.de

### Verbundpartner

DSM Nutritional Products AG (DSM)

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Projektes ist die Methanemissionsminderung (3NPO) bei Milchkühen durch die innovative Substanz 3-Nitrooxypropanol bei variierenden Konzentratfutteranteilen in der Ration zu quantifizieren und die Futterverwertung zu verbessern (siehe Abbildung 1).

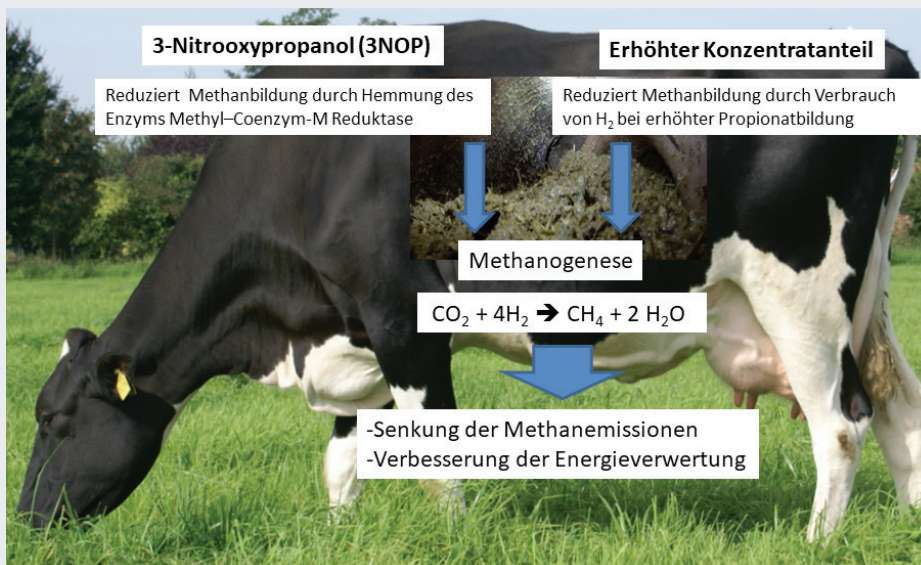


Abbildung 1: Methanemissionsminderung bei der Milchkuh mittels 3-Nitrooxypropanol (3NOP) bei Variation des Konzentratfutteranteils in der Ration (MethaNiKuh).

Dazu wurden Milchkühe während der Transitphase mit variierenden Konzentratfutteranteilen in der Ration sowie mit und ohne Supplementation von 3-Nitrooxypropanol gefüttert. Die ruminalen Methanemissionen wurden mit dem Greenfeed-System quantifiziert (siehe Abbildung 2).

## Quantifizierung der Methanemissionen mit dem Greenfeed System

**Prinzip:** Messung der **Methankonzentration** und des **Luftvolumenstroms** zur Berechnung des Methanmassenflusses

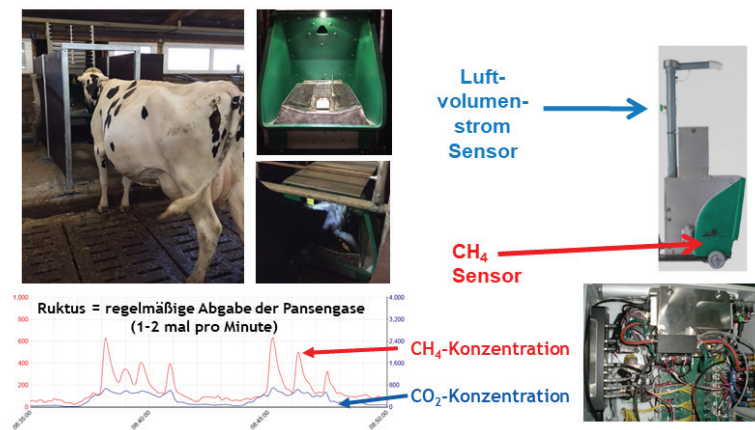


Abbildung 2: Greenfeed-System zur Quantifizierung der Methanemission.

### Ergebnisse

Die Trockenmasse (TM)-Aufnahme war in den Gruppen mit einem hohen Konzentratfutteranteil höher im Vergleich zu den Gruppen mit einem niedrigen Konzentratfutteranteil. Die Supplementierung von 3NOP zeigte jedoch keinen Einfluss auf die TM-Aufnahme. Die Methanemissionsintensität (g CH<sub>4</sub>/ kg energiekorrigierte Milch) wurde in den 3NOP supplementierten Gruppen um ca. 28 % reduziert.

### Verwertung

Die Verwertung der Ergebnisse soll u.a. in Form von Präsentationen auf Tagungen der angewandten praxisorientierten Wissenschaft erfolgen (z.B. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung). Dadurch wird ein Transfer der aus dem Projekt abgeleiteten Empfehlungen zur Rationsgestaltung hinsichtlich der Senkung der Methanemissionen in die Wirtschaft ermöglicht.

### Senkung der Methan- und Stickstoffemissionen in der Milcherzeugung durch innovatives Fütterungscontrolling und -management (ReMissionDairy)

#### Projektkoordinator

PD Dr. habil. Kathrin F. Stock & Dr. Folkert Onken  
vit – Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w. V.,  
Verden;  
Deutscher Verband für Leistungs- und  
Qualitätsprüfungen e. V., Bonn  
friederike.katharina.stock@vit.de,  
folkert.onken@dlq-web.de

#### Verbundpartner

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
agrosom GmbH  
fodjan GmbH  
Landeskrollverband Weser-Ems e. V.  
Landesverband Baden-Württemberg für Leistungsprüfungen in der  
Tierzucht e. V.  
Milchkontroll- und Rinderzuchtverband eG, Sächsischer  
Landeskrollverband e. V.

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Projektes ist der an die tierische Produktion gerichteten Forderung nach Strategien zur Steigerung der Produktionseffizienz und Minimierung der Klima- und Umweltwirkungen nachzukommen. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung praxistauglicher Anwendungen zum Fütterungscontrolling und -management, die den Landwirt bei Kontrolle und Optimierung der Effizienz der Milchproduktion und damit Emissionswirkung seines Betriebes, v.a. hinsichtlich Methan- und Stickstoffemission, zu unterstützen. Über einen Zeitraum von 24 Monaten werden hierfür in Pilotbetrieben aus verschiedenen Regionen und mit unterschiedlichen Rationsgestaltungen systematische, standardisierte Datenerhebungen durchgeführt, die die Stoffströme sowie Mengen und Inhaltsstoffe von Futter und Milch umfassen. Durch Verknüpfung mit Daten aus Routineuntersuchungen der Milchleistungs- und Milchgüteprüfung und Angaben zum Betrieb sollen vorhandene Informationen optimal genutzt und verfügbare Algorithmen zur Einschätzung der Emissionswirkung überprüft und verfeinert werden. Die Anknüpfung an bestehende Datenerfassungssysteme stellt einen hohen Abdeckungsgrad im deutschen Milchrindersektor sicher und trägt zusammen mit unterstützenden Maßnahmen zum Wissenstransfer dazu bei, Optimierungspotenziale maximal zu erschließen.

Eine zentrale Rolle spielt die Bereitstellung des Prototyps für ein Webportal, über das jeweils aktuelle Analyseergebnisse, Effizienzkennzahlen und Methan-Emissionsschätzwerte als Basis für innovatives Controlling und Management der Fütterung bereitstehen.



Im Milchviehbetrieb bereits vorliegende Daten und Auswertungen werden hiermit bedarfsgerecht und zukunftsorientiert ergänzt und aufgewertet, so dass durch ReMissionDairy ein Beitrag zur Steigerung der Produktionseffizienz und zur Senkung der Emissionen der Milcherzeugung geleistet wird.

### **Ergebnisse**

Das im August 2018 gestartete Projekt gewährt durch die Datenerfassung in 29 Praxisbetrieben einen differenzierten Einblick in die Fütterung und das Fütterungsmanagement in der deutschen Milchproduktion. Der enge Austausch mit den Projektlandwirten erwies sich als unverzichtbar, um Möglichkeiten und Grenzen der erweiterten betrieblichen Dokumentation zu erkennen und für die Entwicklung praxis- und bedarfsgerechter Anwendungen zu berücksichtigen. Die aktive Einbindung der Praxis in die Projektausgestaltung ist wichtig, um lösungsorientiert arbeiten und Akzeptanz, Routine- und Anschlussfähigkeit der Projektergebnisse sichern zu können.

Die hohen Anforderungen, die hinsichtlich Häufigkeit und Umfang von Aufzeichnungen an die Landwirte gestellt werden, motivierten zur möglichst umfassenden Erschließung der Wege zum elektronischen Datenaustausch mit der im Betrieb eingesetzten Technik. So ließen sich neue Schnittstellen implementieren, über die sich betriebliche Fütterungs- und Milchleistungsparameter automatisiert abrufen lassen.

Die heterogenen Betriebsstrukturen und die unterschiedlichen Rahmenbedingungen der Milchproduktion spiegeln sich auch in der Fütterung und im Fütterungsmanagement wider. Erste Analysen deuten auf eine deutliche Variation in den betrieblichen Kennwerten zur Produktionseffizienz, Methan- und Stickstoffemission hin. Dies impliziert Spielraum für individuelle Optimierungen, die nun gezielt unterstützt und begleitet werden.

### **Verwertung**

Die zu entwickelnde innovative Web-Plattform dient als Basis für das betriebliche Fütterungscontrolling und -management und stellt aktuelle Kennzahlen zur Effizienz zur Verfügung. So unterstützt ReMissionDairy deutschlandweit Landwirte dabei, Managemententscheidungen auf Tiergruppen- und Herdenebene informationsbasiert zu treffen. Optimierungsmaßnahmen können unter Berücksichtigung von Tiergesundheitsaspekten gezielt geplant und umgesetzt werden, um die Produktionseffizienz betriebsindividuell und nachhaltig zu steigern und die Umweltwirkung des einzelnen Betriebes zu reduzieren.

**Biomarker für die ruminale und endogene N-Utilisation zur Reduktion der N-Emission (BlueCow)****Projektkoordinator**

Prof. Dr. Norbert Reinsch  
Leibniz Institut für Nutztierbiologie, Dummerstorf  
reinsch@fhn-dummerstorf.de

**Verbundpartner**

Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. (vit)  
Milchkontroll- und Rinderzuchtverband eG

**Kurzfassung****Ziel**

Ziel dieses Verbundprojektes ist es, Stickstoff-Emissionsminderungspotentiale durch Nutzung der genetischen Diversität für den Milchnitrogengehalt durch Verwendung Genom- und Mikrobiom-basierter züchterischer Maßnahmen in Kombination mit einer Niedrigproteinfütterung auszuschöpfen, um so das Stickstoff-Recycling und die Stickstoff-Effizienz bei Milchkühen zu verbessern. Im Einzelnen sollen sowohl unter Praxis- als auch unter standardisierten Versuchsbedingungen folgende Ziele verfolgt werden:

1. Ableitung eines relativen Zuchtwertes für Milchnitrogen (RZMHst), um über züchterische Ansätze Stickstoffemissionen über Kot und Urin zu verringern.
2. Aufklärung physiologischer Mechanismen einer verringerten N-Ausscheidung durch Analyse des Stickstoffrecyclings in Milchkühen mit divergenten RZMHst und Fütterung einer Niedrig- und Kontrollprotein Diät.
3. Identifizierung von molekularen Pfaden und Kandidatengenomen für die Ableitung von Biomarkern für die Züchtung und individualisierte und situative Versorgung von Milchkühen durch Analyse der Beziehung zwischen endogener Stickstoffverteilung und -ausscheidung, Pansenmikrobiota und genomischer Variation.
4. Evaluierung innerfamiliärer genetischer Variation des RZMHst und Empfehlungen zur optimalen Anpaarungsplanung.

## Ergebnisse

Eine neue und effizientere Art zur Berechnung der Mendelschen Varianz von Zuchtwerten innerhalb von Familien konnte im Verlauf des Projektes entwickelt werden. Obwohl die Mendelsche Segregation in verschiedenen Familien unabhängig voneinander stattfindet, kann mit Hilfe geeigneter Annahmen auch eine Kovarianz zwischen den additiven Werten der Gameten von zwei Individuen abgeleitet werden. Um einen eindeutigen Wert für das gesamte Genom mit einer willkürlichen Reihenfolge der Haplotypen für einzelne Chromosomen zu erreichen, werden die Beiträge zur Gesamtkovarianz getrennt nach Chromosomen berechnet und ihre absoluten Werte aufsummiert. Diese können als Ähnlichkeit zwischen Individuen interpretiert werden. Dieses Prinzip lässt sich auf additive Werte von Zygoten und Ähnlichkeiten zwischen Elternpaaren verallgemeinern und als Ähnlichkeitsmatrizen für potenzielle Eltern darstellen. Erste Zuchtwerte für Milchrinder wurden erstellt und die prinzipielle Anwendung bei der Bestimmung optimaler Paarungsentscheidungen unter Beibehaltung einer möglichst großen Haplotypenvielfalt ausgearbeitet.

## Verwertung

Mittelfristig kann anhand der Ergebnisse eine Neubewertung des Milchwahstoffgehaltes für die Optimierung der Rationsgestaltung von Milchkühen unter Berücksichtigung des jeweiligen Genotyps erfolgen. Dies ist Grundlage für eine weitere Aufklärung von genetischen Ursachen für unterschiedliche N-Effizienzen auf genomischer Ebene. Sollte sich die genannte Vermutung bestätigen, so bestünde die Möglichkeit die Milchwahstoff- oder auch die Urin-Creatinin-Konzentration als Biomarker für die Selektion auf einen verminderten Stickstoff-Fußabdruck aus der Milchkuhhaltung zu verwenden.

## Effiziente Güllebehandlung reduziert Ammoniak- und Methanemissionen sowie Güllelagerkapazitäten bei gleichzeitigem P-Recycling (ASAP)

### Projektkoordinator

Dr. Joachim Clemens  
SF-SoepenberGmbH, Hünxe  
j.clemens@soepenberG.com

### Verbundpartner

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Hochschule  
Magdeburg-Stendal

## Kurzfassung

### Ziel

Das Projekt soll einen Experimentalreaktor zur Güllebehandlung entwickeln, um Folgendes zu erreichen:

- » Stark reduzierte  $\text{NH}_3$ -Emissionen während der externen Güllelagerung durch Alkalisierung und anschließendem batchweisen Strippen der Gülle und Produktion von Ammoniumsulfat als Mineraldünger.
- » Unterbindung der Methanbildung in der Gülle aufgrund des hohen pH und des freien  $\text{NH}_3$ .
- » Die flüssige Phase ist nicht nur N, sondern auch P abgereichert, da die Festphase separiert wird und durch die Zugabe von pH-wirksamen Kalk oder Magnesium eine P-Verschiebung in die Festphase möglich wird. Dadurch erfolgt eine P-Reduktion in der flüssigen Phase und es entsteht ein nährstoffreicher organischer Dünger, der die Möglichkeit zum P-Export aus dem Betrieb bietet.
- » Hygienisierung der Gülle durch hohen pH-Wert und freies Ammoniak.

### Ergebnisse

In Laborversuchen (Overmeyer et al. 2020) konnte gezeigt werden, dass die Lagerungsbedingungen und die -dauer einen deutlichen Einfluss auf die Pufferkapazität der Gülle haben. Daher wird für die Phosphor-Fällung eine Alkalisierung in einem sehr frühen Stadium empfohlen, um den Basenverbrauch zu minimieren. Um aber möglichst viel  $\text{NH}_3$ -Stickstoff durch Strippen aus der Gülle zu entfernen, sollte die Alkalisierung erst dann erfolgen, wenn der Harnstoff vollständig abgebaut wurde, auch wenn dies den

Verbrauch von Basen deutlich erhöht. Für einen stabilen und hohen Gülle pH ist eine vorgeschaltete Gülleseparierung notwendig. Die Alkalisierung von Flüssigmist mit zweiwertigen basisch wirksamen Kationen ist preiswerter als die Nutzung von einwertigen basisch wirksamen Kationen. Allerdings erfolgt die pH-Anhebung dann langsamer. Um den Chemikalieneinsatz gering zu halten, ist vor der Alkalisierung eine intensive Belüftung der Gülle sinnvoll. Dadurch erfolgt eine  $\text{CO}_2$ -Strippung und der pH-Wert steigt um etwa 1 bis 1,5 pH Einheiten. Die Schaumbildung ist bei der Belüftung im Gegensatz zur Gülleensäuerung bis etwa pH 10 gering. Der anfallende P-reiche Schlamm kann in die Separationsvorlage zurückgepumpt und dort mit den Feststoffen separiert werden. Eine P-Elimination von bis zu 95 % mittels zweiwertiger Kationen ist damit in separierter Gülle möglich. Die umfangreichen Untersuchungen zur  $\text{CH}_4$ - und  $\text{NH}_3$ -Bildung bei der Lagerung von alkalisierter Gülle laufen noch.

Zentrales Aggregat zur Gülleaufbereitung ist die Fest/Flüssig-Separation mittels Schneckenpresse. Diese soll als erste Aufbereitungsstufe eingesetzt werden (siehe Abbildung 1). Die erzeugte feste Phase aus Schweinegülle lässt sich ohne weitere Hilfsmittel/Zuschlagsstoffe einfach kompostieren und somit hygienisieren. Weiter ist festzustellen, dass das C:N-Verhältnis während der Kompostierung von 27 auf 15 absinkt.

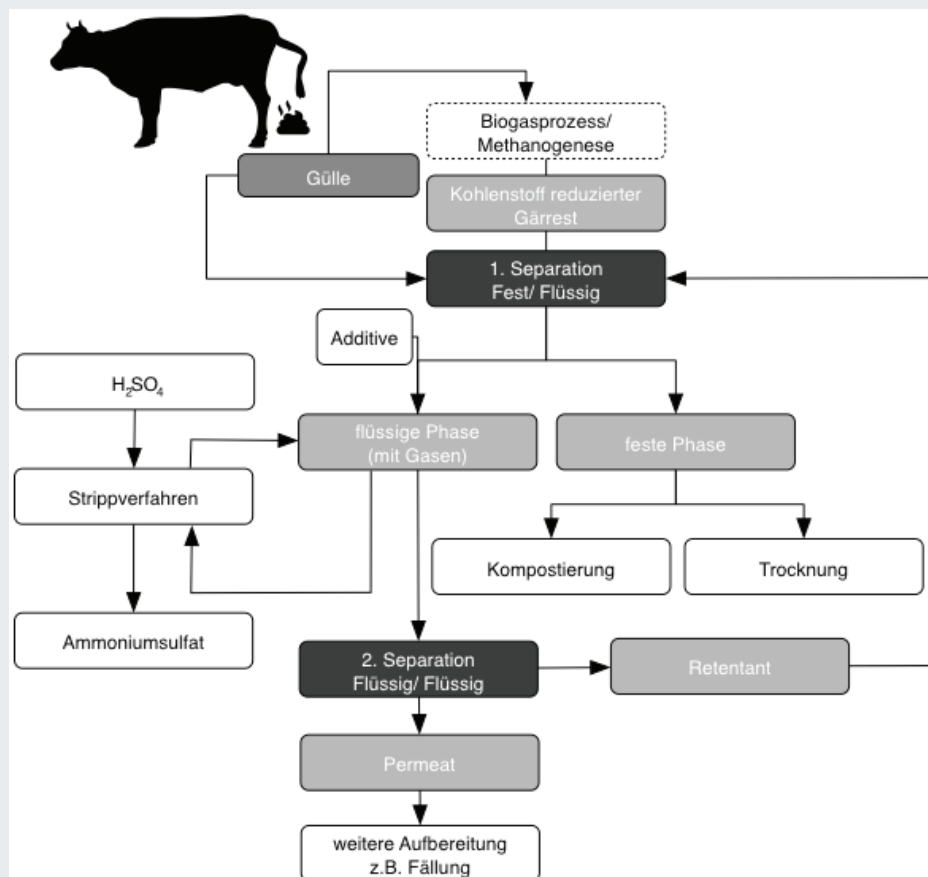


Abbildung 1: Verfahrensschema des ASAP-Prozesses.

Die flüssige Phase wird im Reaktor unter Zugabe von zuvor genannten Additiven konditioniert und gestrippt. Das Stripppgas wird über einen geschlossenen Kreislauf einer sauren Wäsche zugeführt, um konzentriertes Ammoniumsulfat als ASL-Dünger herzustellen.

Danach ist ggf. eine zweite Separation vorgesehen, die weitere Feststoffe anreichern soll und die wieder der fest/flüssig-Separation zugeführt werden. Die Technik und die Kriterien an die zweite Separation werden gerade diskutiert.

### **Verwertung**

Das Verfahren kann bei Landwirten zum Einsatz kommen, um  $\text{NH}_3$ - und  $\text{CH}_4$ -Emissionen zu reduzieren. Zusätzlich verringert es die P-Konzentration in der Gülle, so dass der größte Massenstrom der Gülle – die Flüssigkeit – betriebsnah und damit kostengünstig verwertet werden kann.



### **Minderung von Ammoniak- und Treibhausgasemissionen und Optimierung der Stickstoffproduktivität durch innovative Techniken der Gülle- und Gärresteausbringung in wachsende Bestände (GülleBest)**

#### **Projektkoordinator**

Dr. Caroline Buchen-Tschiskale  
Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig  
caroline.buchen@thuenen.de

#### **Verbundpartner**

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Hochschule Osnabrück, Universität Hohenheim, SamsonAgro A/S

#### **Projekthomepage**

<https://www.guellebest.de/>

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Mit der Implementierung der Düngeverordnung 2017 wurde u.a. angestrebt umweltbelastende Nährstoffverluste zu verringern und die Stickstoffeffizienz zu verbessern. Gülle und Gärreste dürfen ab 2020 auf bestellten Ackerflächen (auf Grünland ab 2025) nur noch bodennah und streifenförmig ausgebracht werden. Durch längere Sperrfristen und die Beschränkung der Gülleausbringung im Herbst verlagert sich die Ausbringung zunehmend ins Frühjahr und in wachsende Bestände. Hier können flüssige Wirtschaftsdünger nicht eingearbeitet werden, so dass die Gefahr hoher Ammoniakemissionen besteht, die den Düngerwert verringern und die Umwelt belasten. Die nährstoffeffiziente, umwelt- und klimaschonende Ausbringung von Gülle und Gärresten ist daher eine der wichtigsten Klimaschutzmaßnahmen im Pflanzenbau.

Im Verbundprojekt „GülleBest“ werden deshalb innovative und emissionsarme Ausbringungstechniken in einem Netzwerk abgestimmter Feldversuche an Versuchsstandorten in Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Baden-Württemberg in Winterweizen und im Dauergrünland untersucht und bzgl. ihres Minderungspotentials für Ammoniak (NH<sub>3</sub>)- und Lachgas (N<sub>2</sub>O)-Emissionen bewertet, die Stickstoffeffizienz der Düngung, sowie die ökonomischen und betrieblichen Vor- und Nachteile beurteilt.

Die Ergebnisse verbessern die Datengrundlage zur Berechnung der Emissionsminderungen von NH<sub>3</sub> und N<sub>2</sub>O in den Emissionsinventaren Deutschlands und werden für die

standortoptimierten Empfehlungen zur effizienten und emissionsarmen Düngung mit Gülle und Gärresten genutzt.

### Ergebnisse

Im Versuchsjahr 2019 zeigten sich insgesamt niedrige Stickstoffverluste bei allen Ausbringungsverfahren. Das größte  $\text{NH}_3$ -Minderungspotential konnte durch die Ansäuerung der Gülle mit Schwefelsäure erzielt werden (bis zu 62 % auf Dauergrünland in Kiel). Auch durch den Einsatz der Schlitztechnik konnten die  $\text{NH}_3$ -Verluste relativ zu Schleppschuh um 10 bis 35 % reduziert werden.  $\text{NH}_3$ -Verluste von zusätzlich im Winterweizen untersuchten Gärrestvarianten waren im Vergleich zu den Güllevarianten um bis zu 60 % höher. Durch Ansäuerung konnte aber auch hier eine Reduktion der  $\text{NH}_3$ -Emissionen um bis zu 50 % erreicht werden.

Während  $\text{NH}_3$ -Verluste nur kurzfristig nach den Düngeterminen im Frühjahr auftreten, entstehen  $\text{N}_2\text{O}$ -Verluste über das gesamte Jahr hinweg. Die  $\text{N}_2\text{O}$ -Flüsse zeigten an allen Versuchsstandorten einen typischen Jahresverlauf mit den höchsten  $\text{N}_2\text{O}$ -Verlusten zur Düngung im Frühjahr und z.T. auch zur Bodenbearbeitung im Herbst. Die kumulierten  $\text{N}_2\text{O}$ -Jahresemissionen lagen im Dauergrünland auf einem Emissionsniveau von 0,6 bis 4 kg N ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup>. Im Winterweizen zeichnet sich ein insgesamt höheres  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsniveau ab (bis zu 7 kg N ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup>). Die höchsten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen treten bei der Ausbringung mit Schleppschuh- im Dauergrünland bzw. Schleppschlauchtechnik im Winterweizen auf. Die Gülleinjektion mit Schlitztechnik führte nicht zu einer Erhöhung der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen.

Neben den  $\text{NH}_3$ - und  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen werden auch die Erträge, die N-Aufnahme in die Pflanzen und das N-Auswaschungspotential untersucht, um eine standortdifferenzierte Bewertung der unterschiedlichen Ausbringungstechniken im Kontext von Klimaschutz und ökonomischen Fragestellungen zu gewährleisten.

### Verwertung

Die erzielten Ergebnisse leisten einen wichtigen Beitrag zur Klimaschutzstrategie der Bundesregierung im Bereich der Landwirtschaft und stärken die Datengrundlage zur Berechnung der Emissionsminderungen von  $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$  in den Emissionsinventaren Deutschlands. Durch die Quantifizierung der einzelnen N-Verlustpfade wird eine standortoptimierte Düngeempfehlung in Abhängigkeit der Ausbringungstechnik für wachsende Bestände ermöglicht. Weiterhin dient die Gesamtbewertung der neuen Applikationstechnologien für Gülle und Gärreste in wachsenden Beständen der landwirtschaftlichen Beratung und der Förderung der Einführung emissionsarmer Technologien.



## Entwicklung einer Nachrüstlösung zur Säure-Applikation in Flüssigmistkanälen von Tierställen (SAFT)

### Projektkoordinator

Prof. Dr. Wolfgang Büscher  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik,  
Bonn  
buescher@uni-bonn.de

### Verbundpartner

HAGRONIC GmbH & Co. KG  
SF SoepenberGmbH

## Kurzfassung

### Ziel

In Deutschland stammen über 90 % der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft. Um diese (insbesondere aus der Tierhaltung) zu senken, soll im Rahmen des Forschungsprojektes „SAFT“ eine Technologie entwickelt werden, mit der der im Stall lagernde Flüssigmist durch Säurezugabe auf einen konstant niedrigen pH-Wert (5,5) eingestellt werden kann. Ziel ist es, die Ammoniak- und gleichzeitig auch die Methanemissionen des Stalles zu minimieren und somit die Raumluftqualität für Tier und Mensch zu verbessern. Der Fokus liegt dabei auf einer technischen Nachrüstlösung, sodass die Möglichkeit der Ansäuerung von Flüssigmist auch in bereits bestehenden Stallanlagen realisiert werden kann.

### Ergebnisse

In den vorangestellten Laborversuchen konnte festgestellt werden, dass die notwendige Säuremenge zur Einstellung des Ziel-pH-Wertes von der Pufferkapazität des Flüssigmistes abhängig ist. Diese wird durch die Flüssigmistart, der Lagerdauer des Flüssigmistes sowie die Lagertemperatur beeinflusst (siehe Abbildung 1). Ebenso wurde mit verschiedenen Säuren auf Laborebene getestet, in wie weit eine einmalige Ansäuerung zur langfristigen pH-Absenkung führen kann. Die Ergebnisse zeigen, dass eine dauerhafte pH-Wert Reduktion auf 5,5 auch bei vorheriger Separation oder anaerober Lagerung nicht mit einer einmaligen Ansäuerung realisiert werden kann. Daher sollte die stallinterne Ansäuerung – insbesondere auch auf Grund der täglich anfallenden Exkrememente – in mehreren (wöchentlichen) Intervallen erfolgen.

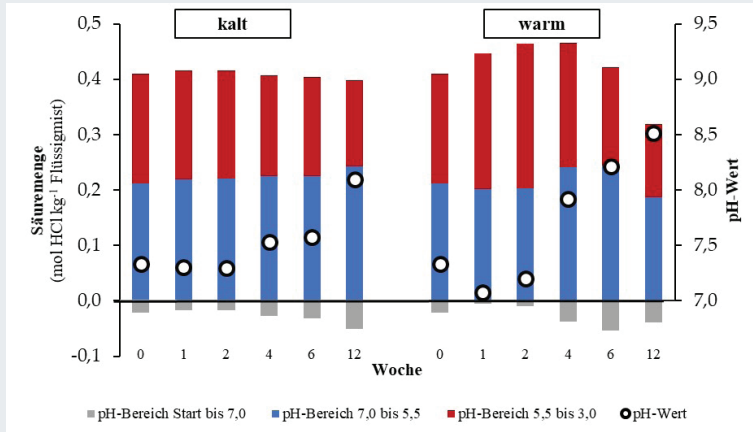


Abbildung 1: pH-Wert von Mastschweineflüssigmist sowie der Säureverbrauch bei kalten ( $4,7 \pm 1,1$  °C) und warmen ( $23,6 \pm 2,1$  °C) Lagerungsbedingungen im pH-Bereich Start bis 7,0, 7,0 bis 5,5 und 5,5 bis 3,0 während einer Lagerungsdauer von 12 Wochen (modifiziert nach Overmeyer et al. 2020).

Auf der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn wurde eine erste Versuchsanlage zur Ansäuerung im Schweinemaststall installiert (siehe Abbildung 2). Der erste Mastdurchgang zeigte eine deutliche Reduktion der klimarelevanten Emissionen im Versuchsabteil mit Ansäuerungsanlage (mit 60 %-iger Schwefelsäure) im Vergleich zu dem Referenzabteil ohne Ansäuerung des Flüssigmistes ( $\text{NH}_3$ : Reduktion um ca. 40 %,  $\text{CH}_4$ : Reduktion um ca. 50 %). Auf Grund gezielter Managementmaßnahmen konnten zu keinem Zeitpunkt für Tiere und Menschen gefährdende Schwefelwasserstoffkonzentrationen im Stallabteil gemessen werden!

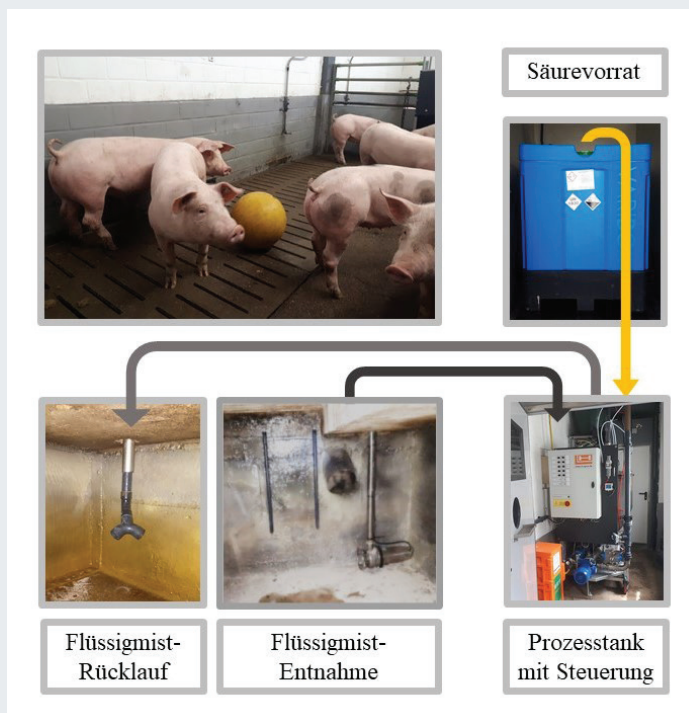


Abbildung 2: Aufbau der installierten Anlage zur Flüssigmistansäuerung im Schweinemaststall der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst, Königswinter.

Des Weiteren wurde erstmals ein Online-Messsystem zur Erfassung der Füllstandshöhe der Säure im doppelwandigen Lagercontainer entwickelt, welches diese Daten direkt in die Logistiksoftware des Lieferanten integriert. So steht immer ausreichend Säure zur Verfügung, ohne dass sich der Landwirt mit der Säurebeschaffung befassen muss. Dadurch ist der Arbeitsschutz gewährleistet und Säure kann zu niedrigen Kosten zum Stall angeliefert werden, da der Säurelieferant mehrere Landwirte mit einer Lieferung versorgen kann.

### **Verwertung**

Die entwickelte Technik leistet einen Beitrag zu Umweltschutz und Tierwohl. Über den Einsatz dieser Nachrüstlösung für bestehende Schweineställe hinaus, könnten Milchviehställe ein weiteres Einsatzgebiet sein, da es in diesem Sektor keine nachgeschalteten Systeme zur Ammoniakemissionsminderung (wie bspw. Abluftreinigungsanlagen) gibt. Die Projektpartner werden auch weiterhin die gewonnenen Ergebnisse auf internationalen Tagungen vorstellen sowie in wissenschaftlichen Journalen veröffentlichen.



### Zucht auf Futtereffizienz und reduzierten Methanausstoß beim Milchrind (eMissionCow)

#### Projektkoordinator

Dr. Sebastian Klein  
Förderverein Bioökonomieforschung (FBF) e.V., Bonn  
ks@fbf-forschung.de

#### Verbundpartner

Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung (vit) w.V.  
Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen (DLQ) e.V.  
Tier und Daten GmbH  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)  
Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN Dummerstorf)  
Landesverband Baden-Württemberg für Leistungsprüfungen  
in der Tierzucht e.V. (LKV Baden-Württemberg)  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU)

#### Projekthomepage

[www.emission-cow.de](http://www.emission-cow.de)

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Projektes *eMissionCow* ist es durch die züchterische Verbesserung der Futtereffizienz beim Milchrind eine verbesserte Produktionseffizienz der Milcherzeugung zu erreichen und so einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Mittelfristig sind eine gezieltere Zucht auf einen reduzierten Methanausstoß sowie eine insgesamt verbesserte Stickstoffeffizienz in der Erzeugung von Milch und Rindfleisch wesentliche Aspekte des Projektes.

Die Basis für die züchterische Umsetzung bilden einzeltierbezogene Daten zu Energieaufnahme und Leistung aus 13 deutschen Versuchsbetrieben. Durch die differenzierte Phänotypisierung werden Grundlagen für effizienzorientierte Zuchtstrategien erarbeitet. Für eine praktische Umsetzung in der Zuchtwertschätzung muss jedoch die zugrundeliegende Datenbasis durch eine deutlich erhöhte Tierzahl erweitert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen verschiedene Hilfsmerkmale optimiert, validiert und angewendet werden. Somit wird mittelfristig die phänotypische Basis für die wachsende weibli-

che Lernstichprobe für die genomische Selektion in der Milchrinderzucht (Holstein und Fleckvieh) weiter ausgebaut. Die sinnvolle Einbeziehung komplexer Effizienzmerkmale wird hierdurch erst ermöglicht (s. Abbildung 1).

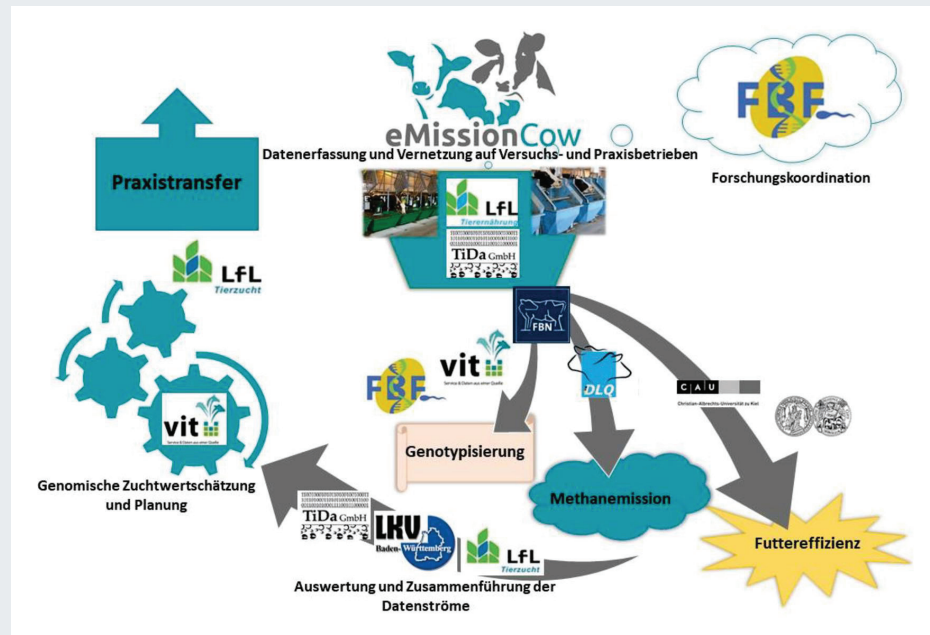


Abbildung 1: Das Konzept von eMissionCow. Die Datenerfassung aus dem Projekt *optiKuh*, für die Züchtung auf Futtermehrfähigkeit und -effizienz, wird im Projekt *eMissionCow* weitergeführt und erweitert. Erhobene Futter- und Tierdaten werden auf den Versuchsbetrieben mit den Milchanalysen des mittleren Infrarot-Spektrums (MIR) für die Entwicklung einer MIR-Schätzgleichung für Futtereffizienz genutzt. Für die Weiterentwicklung der europäischen Schätzgleichung für Methan, *MethaMIR*, werden Methanemissionsmessungen an Fleckviehkühen in Respirationsskammern durchgeführt. Parallel werden Daten der einzeltierbezogenen Methanemission (Messung mit Laser-Methan-Detektor) in Relation zu Genotyp, Respirationsskammer und MIR-Daten gesetzt.

## Ergebnisse

Derzeit erfolgt die Datenerfassung und Phänotypisierung. Gleichzeitig werden die datenliefernden weiblichen Tiere genotypisiert. Aktuell liegen ca. 900 Genotypen vor. Lasermethanmessungen wurden ebenfalls bei 900 Tieren durchgeführt. Nasschemische Harnstoffuntersuchungen der Milch sowie die Analyse der Milchspektraldaten erfolgen routinemäßig über die verantwortlichen Landeskontrollverbände im Rahmen der Milchgüteuntersuchung. Die Exterieurbeurteilungen und Gewichtserfassung der Kühe wurden in die Arbeitsroutine der zur Jungtierklassifizierung beauftragten Mitarbeiter der jeweiligen Zuchtorganisationen eingebettet. Die Respirationsskammeruntersuchungen an 20 Fleckviehkühen zur Ermittlung der konkreten Methanemissionen an verschiedenen Grobfuttermischungen am FBN in Dummerstorf wurden bereits abgeschlossen. Nach Zusammenführung aller erhobenen Daten über das Datenbanksystem der TiDa GmbH und der Rechenzentren des vit und der LfL können die ersten genetischen Parameter für die verschiedenen Effizienzmerkmale geschätzt werden.

## **Verwertung**

Die Berechnung und Ausgabe von Zuchtwerten für Effizienzmerkmale unter Berücksichtigung des Futteraufnahmevermögens in der Milchrinderzucht ist oberstes Verwertungsziel. Dies soll eine gezieltere Selektion besonders effizienter Tiere für die Landwirte erleichtern und resultiert in besser an die Erfordernisse der Landwirte angepassten Milchkuhherden mit verbesserter Futtereffizienz sowie besserer Stoffwechselstabilität. In den Versuchsbetrieben erhobene Effizienzparameter sollen als Referenz für die flächendeckende Phänotypisierung in Praxisbetrieben über vereinfacht zu erfassende Hilfsmerkmale genutzt werden. Insgesamt soll das Image der landwirtschaftlichen Tierzucht durch die Erhaltung der Balance von Effizienz-, Umwelt-, Gesundheits- und Leistungsmerkmalen in der Zucht gestärkt werden.

### Nachhaltige Bekämpfung der Moderhinke bei Schafen (MoRes)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. Ottmar Distl  
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover  
ottmar.distl@tiho-hannover.de

#### Verbundpartner

Dr. Heinz Strobel, Schafpraxis  
Baumann GmbH  
Data Service Paretz

### Kurzfassung

#### Ziel

Ziel des Vorhabens ist die Quantifizierung von klimatisch- und Herdenmanagement bedingten Faktoren auf das Auftreten von Moderhinke und die Epidemiologie des Erregers *Dichelobacter nodosus*, die Charakterisierung der Virulenz und Dynamik des Moderhinke-Erregers *Dichelobacter nodosus* die Charakterisierung von genetisch bedingter tierindividueller Resistenz, Toleranz und Empfänglichkeit für Moderhinke sowie die Aufklärung tierindividueller genetischer Mechanismen der Resistenz, Toleranz und Resilienz.

#### Ergebnisse

Die Moderhinke stellt eine der wirtschaftlich wichtigsten Erkrankungen in der Schafhaltung und die häufigste Klauenerkrankung bei Schafen dar. Moderhinke ist in den Schafbeständen sehr weit verbreitet. Ein nationales Erfassungssystem für alle Schafherden ist anzuraten. Dafür wurde ein portables elektronisches Erfassungssystem entwickelt, das für die tierindividuelle Erfassung von elektronischen Ohrmarken und Datenaufnahme vor Ort geeignet ist. Das Handheld-Gerät (Reader) ist flexibel programmierbar und verfügt über einen Speicherumfang für mehr als 5.000 Tiere. Alle für das MoRes-Projekt notwendigen tierspezifischen Daten werden über den Reader anhand vorgegebener Felder und vordefinierter Bezeichnungen bzw. Werte erfasst. Die auf dem Reader gespeicherten Daten können auf einen PC oder das Programm SchafPC zur weiteren Bearbeitung übertragen werden.

Bisher wurden in mehr als 200 Schafherden aus 14 verschiedenen Bundesländern bei mehr als 10.000 Schafen Untersuchungen auf Moderhinke durchgeführt. Bei diesen Tieren wurde die Moderhinke klinisch beurteilt sowie weitere tierärztliche Befunde registriert, die Herdenumwelt mit Deskriptoren erfasst und von jedem Tier Klautupfer- und EDTA-Blutproben asserviert. Die Proben werden zur quantitativen Bestimmung von

benignen und virulenten Erregerstämmen und zur Genotypisierung der Schafe mittels dem ovinen Illumina Beadchip 50K/600K verwendet. Die Wissensvermittlung wird in Form von „Stable Schools“ und Informationsveranstaltungen für Schafhalter und -züchter durchgeführt. Dies umfasst die Erläuterung der klinischen Erscheinungsbilder von Moderhinke, die Eigenschaften des Erregers und fördernde Umweltbedingungen zur Verbreitung und Persistenz in Herden, Behandlungs- und Sanierungsstrategien und die praktische Durchführung von Herdensanierungen.

Die Klassifizierung der allelischen Unterschiede TA/CG der Nukleotide 661/662 im aprV2 und aprB2 Gen erfolgt mit einer kompetitiven und hochspezifischen qRT-PCR Methode. Schafe mit klinischen Anzeichen einer Moderhinke in Form einer Unterminierung des Klauenhorns zeigten eine sehr hohe Detektionsrate für virulente Erregerstämme. Zwischen Schafrassen und zwischen Tieren innerhalb Rassen zeigten sich sehr große Unterschiede in der Prävalenz des Erregers. Genetische Analysen ließen erkennen, dass die Empfänglichkeit der Schafe für Moderhinke sehr unterschiedlich hoch ist und die Heritabilitäten im moderaten bis hohen Bereich liegen. Eine nachhaltige Bekämpfung der Moderhinke ist nur über die Identifizierung von genetisch resistenten Tieren und Linien möglich. An einer Implementierung einer Zuchtstrategie und eines genomischen Zuchtprogrammes auf Moderhinke-Resistenz wird daher gearbeitet.

### **Verwertung**

Mit den bisherigen innovativen Entwicklungen können nachhaltige, digital unterstützte Sanierungsprogramme in Abhängigkeit von der Virulenz der Erreger, Umweltfaktoren und der Genetik der Schafe etabliert werden. Für Zuchtprogramme unter Nutzung der genomischen Information von genomweiten SNP-Genotypisierungsdaten wurden die Grundlagen gelegt. Über die Kompletengenomsequenzen von einer großen Zahl von Schafen werden neue Erkenntnisse zur Resistenz und Resilienz gegen Moderhinke gewonnen und erlauben die Wahl geeigneter Schafrassen für die jeweiligen Standorte.



## Management von resistenten Wanderratten (*Rattus norvegicus*): Monitoring und Strategieentwicklung zur Prävention nagetierübertragener Krankheiten (ResRaMa)

### Projektkoordinator

Dr. Alexandra Esther  
Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI),  
Münster  
alexandra.esther@julius-kuehn.de

### Verbundpartner

Dr. Nicole Klemann

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel ist das Erarbeiten von Maßnahmen für ein effektives Management von Wanderratten mit möglichst geringem Umweltrisiko, die auch die Etablierung von resistenten Wanderratten auf landwirtschaftlichen Betrieben verzögern. Mit der Auswertung von Monitoringdaten sowie Laboranalysen zu Resistenz, Krankheitserregern und Rodentizidrückständen in Kombination mit verschiedenen Hygienemethoden wird eine entsprechende Strategie für Landwirte entwickelt. Durch die Anwendung der Strategie soll der Schutz von Mensch und Nutztieren vor Pathogenen und ebenso der derzeit fehlende Pflanzenschutz vor Wanderratten nachhaltiger als gegenwärtig abgedeckt werden.

### Ergebnisse

Die ersten Ergebnisse aus den Monitoringdaten zeigen, dass gezielte Management- und Hygienemethoden eine effektive Kontrolle von Wanderratten auf landwirtschaftlichen Betrieben mit Nutztierhaltung unterstützen. Dabei verzögerte sich die Wiederbesiedlung durch Wanderratten auf den untersuchten Betrieben, wenn Hygienemaßnahmen, wie z. B. die Beseitigung von Abfallhaufen, in Kombination mit einer Bekämpfung durchgeführt werden. Durch Hygienemaßnahmen war die Rattenaktivität, sprich der Monitoringköderruß und die Laufaktivität, nach der Bekämpfung nachhaltig reduziert. Dieser wirkungsvolle Effekt kann jedoch durch angrenzende wasserführende Gräben gemindert werden, da diese die Zuwanderung von Ratten unterstützen.

Laboranalysen zeigten ein deutliches Vorkommen von resistenten Wanderratten. Von 234 untersuchten Tieren wiesen 70 eine heterozygote und 54 eine homozygote Mutation auf und 70 entsprachen dem Wildtyp. Rückstände von Rodentiziden in der Leber hatten 93 % der Tiere, wobei die meisten hohen Konzentrationen an Brodifacoum oder Difencoum nachgewiesen wurden und bei den resistenten Tieren vorkamen. Die Pathogen-

analysen zeigten einzelne Vorkommen von Leptospiren, sowie verschiedene Arten von Enterokokken, Laktobazillen und Staphylokokken.

### **Verwertung**

Jede Verzögerung der Wiederbesiedlung von Wanderratten bedeutet potenziell ein gemindertem Infektions- und Umweltrisiko, da weniger Tiere vorkommen und Rodentizide seltener eingesetzt werden müssen. Die exakte Auslage von Köder ausschließlich an nachgewiesenen aktiven Befallsstellen ist erfolgreich und kann unnötige Köderauslagen, die ein Risiko für Mensch und Tier bedeuten, verhindern. Mit der Strategie erhalten Landwirte somit eine Entscheidungshilfe für Kontroll- und Hygienemethoden, die eine effektive und nachhaltige Kontrolle von Wanderratten auf landwirtschaftlichen Betrieben mit Nutztierhaltung unterstützen.

## Gnitzen als Vektoren von Viren in Deutschland unter Berücksichtigung sich ändernder klimatischer Bedingungen (CeratoVir)

### Projektkoordinator

PD Dr. Helge Kampen

Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit,  
Greifswald

helge.kampen@fli.de

### Verbundpartner

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

## Kurzfassung

### Ziel

Gnitzen (Fam. Ceratopogonidae) sind Überträger des Blauzungenvirus (BTV) und des Schmallenberg-Virus (SBV). Im Rahmen eines Monitoring-Projekts unter Einbeziehung ausgewählter landwirtschaftlicher Sentinel-Betriebe sollen Daten zum räumlich-zeitlichen Auftreten potentieller Vektorarten und zur aktuellen Virus-Zirkulation in Deutschland gewonnen werden. Tests zur genetischen Artidentifizierung der Gnitzen sollen weiterentwickelt und vereinfacht werden. In den Hochsicherheitslaboren des FLI sollen Gnitzen gezüchtet und Infektionsversuche unter variablen Klimabedingungen durchgeführt werden.

Die gewonnenen Daten sollen helfen, die Epidemiologien der Krankheiten und die Rolle der Überträger – insbesondere vor dem Hintergrund eines sich verändernden Klimas – besser zu verstehen, Risikoanalysen zu ermöglichen und gezielte prophylaktische und – im Falle von Krankheitsausbrüchen – reaktive Maßnahmen zu unterstützen.

Die Innovation des Verbundvorhabens besteht in der Neu-/Weiterentwicklung, Etablierung und Bereitstellung von Methoden, die für die wissenschaftliche Erforschung von Gnitzen als Überträger des BTV und des SBV fundamental sind sowie in den wissenschaftlichen Resultaten selber.

### Ergebnisse

Obwohl aus dem Monitoring bisher im Wesentlichen nur regionale Daten aus limitierten Zeiträumen vorliegen, scheint die Gnitzenaktivität in Deutschland sowohl saisonal länger als auch in den Frühjahrs- und Herbstmonaten intensiver zu sein als noch in den Zeitperioden des ersten BTV- (2007-2009) und des ersten SBV-Ausbruchs (2011-2013). Auf Grundlage dieser Daten konnte eine „vektorfremde/-arme Zeit“ im Winter vorgeschlagen werden, in der die Gnitzenaktivität unter einen festgelegten Schwellenwert fällt und

daher Lockerungen von Handelsbeschränkungen mit Wiederkäuern aus einer Blauzungen-Restriktionszone möglich sind. Zudem erbrachte die bisherige Datenauswertung das Vorkommen zweier neuer Gnitzenarten für Deutschland.

Bei der Entwicklung der Tests zur genetischen Artidentifizierung der Gnitzen stehen die Arten des *Obsoletus*- und *Pulicaris*-Komplexes im Fokus. Für den *Obsoletus*-Komplex wird derzeit eine quantitative und multiplexfähige realtime PCR als Methode entwickelt, die eine zuverlässige Identifizierung der Komplexarten *C. obsoletus*, *C. scoticus* und *C. chiopterus* sowie der nahverwandten Art *C. dewulfi* ermöglichen soll. Parallel wird eine konventionelle PCR für den *Pulicaris*-Komplex entwickelt, die alle potenziellen Vektorarten dieses Komplexes identifizieren soll.

Das Virus-Screening von im Monitoring 2019 gesammelten Gnitzen ergab mehrere SBV-Nachweise, vorwiegend in Ost- und Süddeutschland. Der saisonal früheste Nachweis gelang in Ende April 2019 gesammelten Gnitzen. BTV wurde bisher nicht detektiert. Die Ergebnisse spiegeln wider, dass SBV im Jahr 2019 häufig im Säugetierwirt (= Wiederkäuer) auftrat, während BTV in Wiederkäuern kaum nachgewiesen wurde.

Für Infektionsversuche konnte eine *Culicoides sonorensis*-Kolonie am FLI etabliert werden. *In vivo*-Infektionsversuche mit unterschiedlichen Virusstämmen dauern an. Um die Funktion viraler Proteine im Insektenvektor näher zu bestimmen, werden *in vitro*-Infektionsversuche mit rekombinant hergestellten SBV-Deletionsmutanten im Gnitzen-Zellkultursystem durchgeführt. Mittels vergleichender Transkriptomanalysen wird die zelluläre Antwort auf die Virusinfektion untersucht.

### **Verwertung**

Die Ergebnisse werden im Rahmen der Prävention von Tierkrankheiten verwertet. Sie sollen der Analyse des Risikos von Gnitzen-assoziierten Viruserkrankungen von Wiederkäuern in Deutschland sowie ggf. der Entwicklung von Strategien und Maßnahmen zu ihrer Vermeidung dienen. Die unmittelbare Verwendung der im Projekt gewonnenen Daten liegt in ihrer Publikation in wissenschaftlichen Fachzeitschriften sowie ihrer Präsentation auf nationalen und internationalen Fachtagungen. Die in der Datenbank gesammelten Daten stehen zukünftigen Forschungsprojekten zur Verfügung.

# Sektion 2: Nachhaltiger Pflanzenschutz



## Evaluierung neuartiger biologischer Saatguttechnologien zur Abwehr von Schadinsekten in Raps (InRaps)

### Projektkoordinator

Dr. Steffen Rietz  
NPZ Innovation GmbH, Holtsee  
s.rietz@npz-innovation.de

### Verbundpartner

W. von Borries-Eckendorf GmbH & Co. KG  
Georg-August Universität Göttingen

## Kurzfassung

### Ziel

Der chemische Pflanzenschutz in der Landwirtschaft wird wegen möglicher Nebenwirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt allgemein kritisch gesehen und es besteht der Wille, dessen Anwendung zu verringern. Im Rahmen des InRaps-Projektes wird das Potenzial biologischer Saatgutbehandlungen für die Kontrolle des Rapserdflahs (*Psylliodes chrysocephala* L.) und der Kleinen Kohlfliege (*Delia radicum* L.) im Raps erforscht. Schwerpunkt bildet hierbei die Behandlung von Rapssaatgut mit Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) oder natürlichen Präparaten (z.B. Pflanzenextrakten), um eine Abwehr oder eine erhöhte Widerstandsfähigkeit der Jungpflanzen gegen diese Schädlinge zu bewirken. In Biotests unter kontrollierten Bedingungen werden verschiedene sogenannte umweltfreundliche Saatgutbehandlungen (USB) mit den Schädlingen getestet. Zudem ergeben biochemische Analysen Aufschluss über Änderungen im pflanzlichen Stoffwechsel nach einem Befall bzw. in Wechselwirkung mit der Saatgutbehandlung, um somit Kenntnisse über Mechanismen der Wirt-Insekt Interaktion zu erlangen. Die Anwendbarkeit der umweltfreundlichen Saatgutbehandlung im Feld bildet einen weiteren Schwerpunkt von InRaps. Dies beinhaltet die Optimierung der Verfahrenstechnik zur Saatgutbehandlung und die Überprüfung vielversprechender USB-Kandidaten aus dem Labor im Feld. Die Ergebnisse des InRaps-Projektes sollen Aufschluss über biologische Saatgutbehandlungen als mögliche Alternative gegen Schadinsekten geben.

## Ergebnisse

Im Rahmen des InRaps Projektes wurden ca. 30 verschiedene umweltfreundliche Saatgutbehandlungen (USB) in ihrer Wirkung auf den Rapserrdfloh und die Kleine Kohlfliege hin untersucht. In Keimfähigkeits- und Triebkrafttest wurde zunächst deren Eignung für die Saatgutbehandlung festgestellt. Im zweiten Schritt wurden aus den mit USB behandelten Samen Pflanzen angezogen und im Labor den Schädlingen ausgesetzt. Sofern die USB zu einer Reduktion des Insektenfraßes geführt hat, wurde sie unter Feldbedingungen getestet. Im Rahmen von fünf Aussaaten verteilt auf vier Standorte innerhalb Europas konnten drei USB identifiziert werden, deren Applikation zu einer verbesserten Widerstandsfähigkeit gegenüber den Schädlingen führte (siehe Abbildung 1). Im Vergleich mit einem synthetischen Insektizid war die Effektivität der USB jedoch niedriger und variabler.

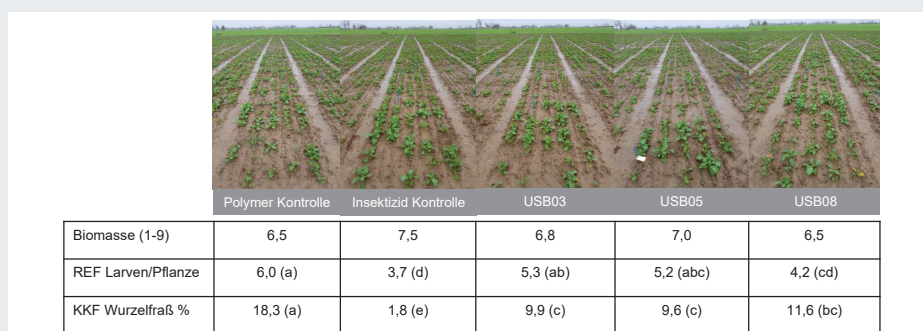


Abbildung 1: Herbstbonitur der Biomasse am Standort Groß Lüsewitz (05.11.2019) nach Befall mit Rapserrdfloh (REF, *P. chrysocephala*) gemessen an 20 Pflanzen je Prüfglied, in 4 Wiederholungen (80 Pflanzen) und Wurzelfraß in % der Kleinen Kohlfliege (KKF). Bonitur der Biomasse von schwach (1) bis stark (9) wüchsig.

Biochemische Analysen zeigen, welche Metaboliten in Raps nach Befall mit dem Rapserrdfloh aktiviert bzw. reprimiert werden und somit an der Abwehrreaktion der Pflanze beteiligt sind. In geringem Umfang wurden auch unterschiedliche Brassica-Arten im Labor auf Toleranz gegen die Schädlinge hin untersucht. Im Ergebnis zeigten einzelne Akzessionen verringerte Fraßschäden, diese Ergebnisse bedürfen aber der Verifizierung.

## Verwertung

Bereits zum jetzigen Zeitpunkt stellen die drei wirkungsvollsten USB vielversprechende Saatgutbehandlungen für die Praxis da. Durch die Optimierung dieser USB soll auch nach Projektende eine weitere Verbesserung der Schädlingsabwehr erreicht werden. Sofern die Wirkung auf einem schnelleren Wachstum beruht, könnte sich dies insbesondere während der Jugendentwicklung auch positiv auf die Toleranz gegenüber abiotischem Stress (z.B. Trockenheit) oder für die Nährstoffeffizienz auswirken. Somit wird aus wirtschaftlicher Sicht Potenzial gesehen, die erlangten Erkenntnisse aus dem InRaps-Projekt für die Steigerung der Werthaftigkeit von Saatgut zu verwenden. Aus wissenschaftlicher Sicht bieten die erlangten Erkenntnisse zu molekularen Prozessen in der Raps-Erdflöhe Interaktion eine gute Grundlage, um gezielt die Funktion von Stoffwechselwegen oder Verbindungen zu untersuchen.

## Entwicklung nicht-chemischer Saatgutbehandlungsverfahren zur Kontrolle samen- und bodenbürtiger Pathogene an Mais (SaatMaisPlus)

### Projektkoordinator

Dr. Tim Birr  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel  
t.birr@phytomed.uni-kiel.de

### Verbundpartner

Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)  
Christian-Albrechts-Universität  
ABiTEP GmbH  
EVONTA-Service GmbH  
Deutsche Saatveredelung AG

## Kurzfassung

### Ziel

Im Rahmen von „SaatMaisPlus“ werden neue, nicht-chemische Saatgutbehandlungen mit Wirksamkeit gegen samen- und bodenbürtige Pathogene (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*) entwickelt. Im Mittelpunkt stehen die physikalische Saatgutdesinfektion mit niederenergetischen Elektronen und die Saatgutbeizung mit Mikroorganismen (Einzelverfahren und Kombination). Die Verfahren werden im Labor, im Gewächshaus und im Feld getestet (Pflanzenverträglichkeit, wachstumsfördernde Effekte, antagonistisches Potenzial). Ziel ist die Entwicklung einer praktikablen, nachhaltigen ressourcen- und umweltschonenden Saatgutbeizungsstrategie.

### Ergebnisse

Zuallererst wurden Mikroorganismen (MO) von Maiswurzeln isoliert und auf ihre Pflanzenverträglichkeit und antagonistische Wirksamkeit gegenüber *Fusarium*, *Rhizoctonia* und *Pythium* untersucht. Für die Beizung mit MOs wurden geeignete Formulierungen entwickelt und optimiert (Staubfreiheit, Abriebfestigkeit, Fließfähigkeit, Überlebensraten der MOs). Die Saatgutdesinfektion mittels Elektronen wurde auf die spezifischen Anforderungen von Mais angepasst (Samenschalendicke, Lage des Embryos, Kornform, Behandlungsintensität).

Versuche mit unterschiedlich stark kontaminierten Saatgutpartien zeigten, dass durch die Elektronenbehandlung der samenbürtige Befall (*Fusarium*) deutlich reduziert und die Keimfähigkeit nicht negativ beeinflusst wurde. Die selektierten MOs wurden einzeln und in Kombination mit der Elektronenbehandlung in Gewächshausversuchen gegen

samen- (*Fusarium*) und bodenbürtige Pathogene (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*) sowie auf wachstumsfördernde Effekte getestet.

Die in den Versuchen selektierten MOs, die eine antagonistische Wirkung gegenüber samen- und bodenbürtigen Erregern oder pflanzenwachstumsfördernde Eigenschaften aufwiesen (u. a. Anzahl aufgelaufener Pflanzen, Wuchshöhe, Trockenmasse, Reduktion Befallsstärke), wurden 2018 und 2019 an verschiedenen Standorten Norddeutschlands solo und in Kombination mit der Elektronenbehandlung in Feldversuchen getestet. Das Jahr 2018 war durch eine ausgeprägte Dürre gekennzeichnet, was starke Einbußen im Pflanzenwuchs und bei den Erträgen zur Folge hatte.

In 2019 konnte an den meisten Standorten ein unbefriedigender Feldaufgang mit vielen Fehlstellen im Bestand über nahezu alle ausgedrillten Varianten beobachtet werden (Ausnahme chemische Standardbeize). Alles deutet auf eine unzureichende Wirkung der eingesetzten MOs gegenüber bodenbürtigen Pathogenen aufgrund der sehr niedrigen Bodentemperaturen (Kälteeinbruch) während der Keimungs- und Auflaufphase hin.

Es wurden wertvolle Erkenntnisse zur Anwendung von MOs und der Elektronenbehandlung gegenüber pilzlichen Schaderregern gewonnen. Im Freiland zeigten die bisher geprüften MOs nicht den gewünschten Erfolg, jedoch lässt sich anhand der Ergebnisse ableiten, dass mit geeigneten MOs die Widerstandskraft der Pflanzen gestärkt werden kann.

## Verwertung

- » Erstellung von Veröffentlichungen
- » Etablierung standardisierter Inokulationsmethoden für die Erreger *Fusarium*, *Pythium* und *Rhizoctonia* an anderen relevanten Kulturpflanzen sowie von Testsystemen zur Beurteilung der Wirksamkeit verschiedener Saatgutbehandlungen
- » Gewinnung neuer, auf andere Wirt-Parasit-Systeme übertragbarer Erkenntnisse zur Interaktion zwischen Pathogen und antagonistischen MO sowie Interaktion zwischen Pflanze und antagonistischen MO (Wurzelbesiedlung)
- » Beurteilung des Schädigungspotenzials samenbürtiger und bodenbürtiger Pathogene an Kulturpflanzen unter kontrollierten und Feldbedingungen
- » Überprüfung und Anwendung der erarbeiteten Methoden, MO, Formulierungen, Elektronenbehandlungen und Verfahren an anderen Kulturen
- » Etablierung und Intensivierung langfristiger Kooperationen mit Partnern aus dem Bereich der Saatgutbehandlung und -vermarktung zur Förderung von Innovationen in der nicht-chemischen Saatgutbehandlung für die ökologische und konventionelle Landwirtschaft



**Entwicklung neuartiger Formulierungen für verhaltensmanipulierende Strategien zur biologischen Bekämpfung von *Cacopsylla picta*, dem Überträger der Apfeltriebsucht (PICTA-KILL)**

**Projektkoordinator**

Prof. Dr. Anant Patel  
 Fachhochschule Bielefeld, Bielefeld  
 anant.patel@fh-bielefeld.de

**Verbundpartner**

Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)  
 BIOCARE Gesellschaft für biologische Schutzmittel mit beschränkter Haftung  
 Insect Services GmbH

**Kurzfassung**

**Ziel**

Die Apfeltriebsucht ist eine der wirtschaftlich bedeutendsten Krankheiten im Kernobstanbau in Europa. Verursacht wird die Krankheit von einem zellwandlosen Bakterium, welches durch den Sommerapfelblattsauger *Cacopsylla picta* übertragen wird. Eine direkte Bekämpfung der Apfeltriebsucht ist nicht möglich, sodass zum Schutz der Pflanzen der Krankheitsüberträger bekämpft werden muss. Die Vektorbekämpfung gestaltet sich allerdings problematisch, da in Deutschland und der Schweiz weder für den Ökolandbau noch den konventionellen Anbau Pflanzenschutzmittel gegen den Sommerapfelblattsauger zugelassen sind.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung innovativer Formulierungen, die verhaltensmanipulierende Duftstoffe verlangsamt freisetzen und einen entomopathogenen Pilz enthalten. Über dieses System sollen die Apfelblattsauger zur Duftstoffquelle gelockt werden und sich dort über Kontakt mit dem entomopathogenen Pilz infizieren („Attract-and-Kill-Strategie“).

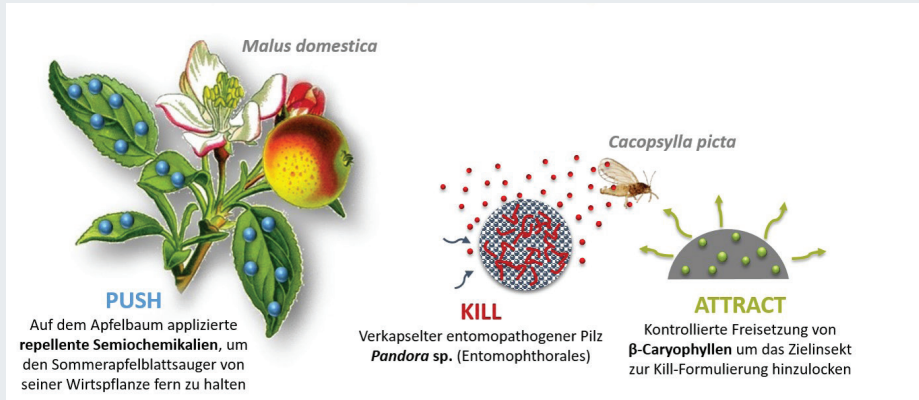


Abbildung 1: Das Verhalten des Sommerapfelblattsaugers wird durch volatile Lock- und Schreckstoffe so manipuliert, dass er sich von der Wirtspflanze fern hält und gleichzeitig zu einer abtötenden Formulierung, die einen entomopathogenen Pilz enthält, gelockt und letztendlich abgetötet wird.

## Ergebnisse

In diesem Projekt wurden bereits neuartige Formulierungen (Kapseln, Linsen, Pasten) auf Basis von volatilen Lock- und Schreckstoffen und einer insektenabtötenden Komponente entwickelt.

Für die kontrollierte Freisetzung volatiler Lock- und Schreckstoffe wurde, insbesondere für das in einem Vorgängerprojekt als Attraktant für *C. picta* identifizierte  $\beta$ -Caryophyllen, eine gänzlich neuartige Formulierung entwickelt (siehe Abbildung 2). Die Ausdauer und Rate der Lockstoff-Freisetzung wurde in Laborversuchen unter statischen und dynamischen Klimabedingungen untersucht und die Wirksamkeit in Olfaktometerversuchen mit dem Zielinsekt überprüft.



Abbildung 2: Neuartige Formulierung für die kontrollierte Freisetzung volatiler Semiochemikalien.

Es wurde aus dem Zielinsekt ein bisher unbekannter Pilz isoliert (*Pandora* sp.), der im Vergleich zu anderen bekannten insektenpathogenen Pilzen das Zielinsekt schneller und spezifischer abtötet. Die Voraussetzung für die Nutzbarmachung dieses Pilzes konnte mit der Etablierung eines Fermentationsprozesses mit Potential zur Massenproduktion geschaffen werden. Die anschließende Formulierung der produzierten Biomasse in einer biologisch abbaubaren Hydrogel-Kapsel überführt den Pilz in eine einfach applizierbare Form. Die Wirksamkeit dieser KILL-Formulierung wurde bereits in Laborversuchen mit *C. picta* nachgewiesen. Im Zuge des Projektes wurde zudem das Wirtsspektrum des Pilzes untersucht und das Potential des Pilzes zur Bekämpfung auch weiterer nah verwandter Psyllidenarten erkannt.

In abschließenden Halbfreilandversuchen in 2020 wird das Attract-and-Kill-Konzept durch die Co-Applikation der neuentwickelten Formulierungen unter anwendungsnahen Bedingungen getestet.

### **Verwertung**

Die im Projekt erzielten Ergebnisse werden in die Fertigung neuer Formulierungen zur Bekämpfung von *Cacopsylla picta*, dem Überträger der Apfeltriebsucht, einfließen. Da derzeit kein vergleichbares Produkt auf dem Markt angeboten wird, wird mit der Entwicklung des Produkts ein erheblicher Wettbewerbsvorsprung realisiert. Außerdem steht die universelle Verwendbarkeit der Formulierungen für weitere Wirkkomponenten zur Bekämpfung anderer Zielorganismen in Aussicht. Die gewonnenen Projektergebnisse werden im Transfer die Basis für weitere Projektideen im Bereich des biologischen Pflanzenschutzes und speziell der biologischen Schädlingsbekämpfung bilden.

### **Optimierung einer Attract & Kill-Strategie zur Drahtwurm-Kontrolle im Kartoffelanbau als Beitrag zum nachhaltigen Pflanzenschutz (ATTRACAP)**

#### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Stefan Vidal  
Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen  
svidal@gwdg.de

#### **Verbundpartner**

Fachhochschule Bielefeld  
BIOCARE Gesellschaft für biologische Schutzmittel mit beschränkter Haftung  
Öko-BeratungsGesellschaft mbH  
Bioland Erzeugerring Bayern e.V.  
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Der Kartoffelanbau benötigt dringend innovative Lösungsansätze, um die existenzbedrohende Drahtwurmproblematik in den Griff zu bekommen. Die durch Drahtwurmbefall verursachten wirtschaftlichen Schäden können im Kartoffelanbau bei einem Befall der Knollen über 20 % zu einem Totalschaden führen. Der monetäre Verlust kann bei einer Halbierung des Ertrages bis zu 5.000 €/ha im konventionellen und mehr als das Doppelte im ökologischen Anbau betragen. Das im vorherigen Projekt ATTRACT entwickelte innovative Grundkonzept einer Bekämpfungsstrategie von Bodenschädlingen auf Basis einer Attract & Kill-Kapsel (A&K-Kapsel; Anlocken der Schädlinge durch einen attraktiven Wirkstoff, Abtöten mittels eines entomopathogenen Pilzes) soll im Projekt ATTRACAP optimiert werden. Dabei werden zwei wesentliche Stellschrauben untersucht: Zum einen werden Möglichkeiten einer optimierten Kapselformulierung unter Verwendung weiterer Hilfsstoffe erforscht. Zum anderen werden abiotische und biotische Parameter untersucht, die bei der Ausbringung im Feld einen Einfluss auf die Effizienz der Kapseln haben könnten.

### **Ergebnisse**

Im Projekt wurden im Wesentlichen zwei Forschungsansätze systematisch untersucht. In Labor und Feldversuchen wurde der Einfluss von Bodenparametern (mikrobielle Aktivität, Bodenfeuchte und -temperatur) auf die Wirkungssicherheit der Standardkapseln untersucht. Es zeigte sich, dass insbesondere der Faktor Bodentemperatur für die wirksame Bekämpfung der Drahtwürmer bei der jetzigen Kapselformulierung von Bedeutung sein kann. Eine Variante der Kapsel, bei der ein einfaches Coating mit Pilzsporen zu

einer schnelleren Wirkung führen sollte, brachte bisher keine klaren Vorteile (Abbildung 1). Weitere Versuche hatten zum Ziel, neben CO<sub>2</sub> weitere Anlockstoffe zu finden, um eine bessere Lokalisation der Kapseln durch die Drahtwürmer zu ermöglichen. Mittels Olfaktometer-Versuchen konnten hochwirksame Wirkstoffe identifiziert werden, die in weiteren Versuchen noch in Halbfreilandversuchen getestet werden müssen.

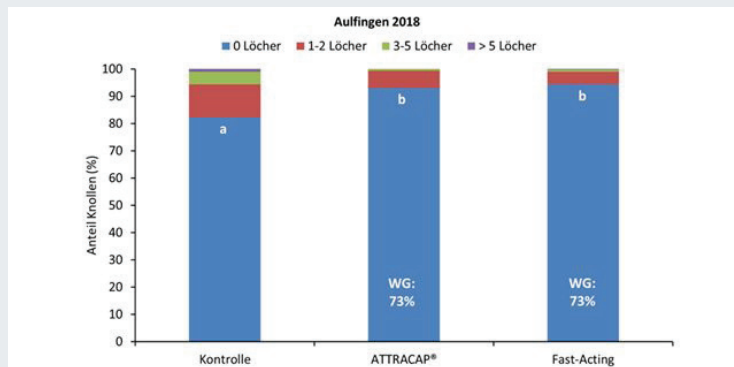


Abbildung 1: Schäden an Kartoffeln, verursacht durch Fraß der Drahtwürmer. Ergebnisse eines Feldversuches unter Verwendung einer neuen trockenen Co-Formulierung der A&K-Kapseln in Aulfingen (LK Tutlingen); Kontrolle = ohne A&K-Kapseln; ATTRACAP® = „alte“ Formulierung ohne Coating; Fast-Acting = zusätzliches Sporen-Coating; WG = Wirkungsgrad, Unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede; glm mit Tukey post hoc.

In einem weiteren Arbeitspaket wurde nach Möglichkeiten gesucht, die Sporulation des Pilzes auf den A&K Kapseln sowie die CO<sub>2</sub>-Produktion zu erhöhen. Dabei ließ sich die über drei Wochen abgegebene Menge an CO<sub>2</sub> deutlich erhöhen und gleichzeitig auch die Sporendichte auf der Kapseloberfläche steigern (Abbildung 2).

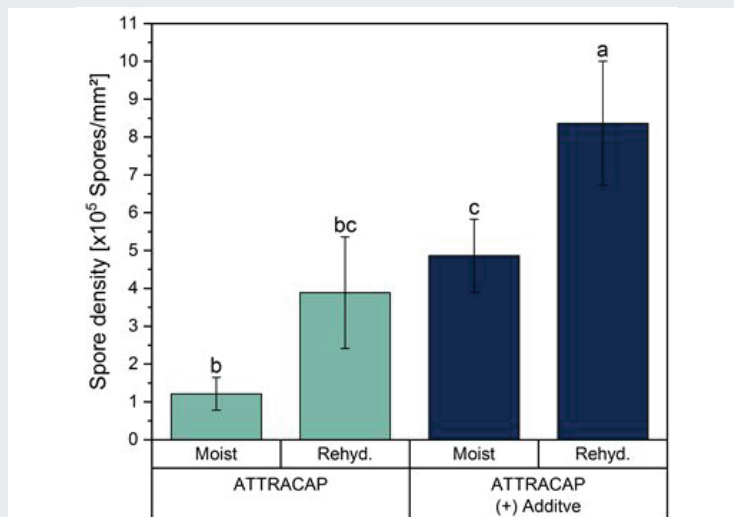


Abbildung 2: Erhöhung der Sporendichte auf einer ATTRACAP® - Kapseloberfläche nach Rehydrierung bei Formulierung mit einem Zusatzstoff. Unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede; ANOVA mit Games-Howell MW±SD n=10

## Verwertung

Seit 2016 ist die Anwendung des Mittels ATTRACAP® gemäß Artikel 53 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 im begrenzten Umfang im Kartoffelanbau erlaubt; erstmals 2020 auch für die Anwendung im Spargelanbau. Eine reguläre Zulassung ist beantragt. Die Firma BIOCARE GmbH, die das innovative Produkt ATTRACAP® herstellt und vertreibt, hat mit dieser Erweiterung ihres Portfolios bereits neue Arbeitsplätze in der strukturschwachen Region Süd-Niedersachsen schaffen können. Diese innovative Bekämpfungsstrategie mittels des Attract & Kill-Ansatzes wird auch für die Anwendung in weiteren Kulturen angestrebt. Dies sichert den vorhandenen Technologievorsprung und die Wettbewerbsfähigkeit der Firma, auch im internationalen Vergleich, und schafft weitere Arbeitsplätze. Das hohe Innovationspotential des Produktes ATTRACAP® wurde bereits durch verschiedene Preisverleihungen an das Team gewürdigt.

**Entwicklung einer nachhaltigen und umweltschonenden Regulierungsstrategie von Drahtwürmern im integrierten und ökologischen Kartoffelanbau auf der Basis anwenderfreundlicher Bodengranulate und spritzbarer Formulierungen des insektenpathogenen Pilzes *Metarhizium brunneum* (Agri-Met)**

**Projektkoordinator**

Dr. Dietrich Stephan  
Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt  
dietrich.stephan@julius-kuehn.de

**Verbundpartner**

Lehner Maschinenbau GmbH  
ABiTEP GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines anwenderfreundlichen Bodengranulates auf der Basis des insektenpathogenen Pilzes *Metarhizium brunneum* zur nachhaltigen und umweltschonenden Regulierung von Drahtwürmern im integrierten und ökologischen Kartoffelanbau. Der innovative Charakter ist, dass diese Pilze im Flüssigfermenter produziert werden und die gesamte Biomasse für die Herstellung von Granulaten im Coatingverfahren verwendet wird. Hierfür soll ein dünner Film aus Biomasse auf abgetötete Hirse oder eine vergleichbare Matrix gesprüht und anschließend getrocknet werden. Wird diese Matrix mit dem Überzug, im Folgenden als Granulat bezeichnet, im Boden ausgebracht, wächst der Pilz auf dem Granulat aus und bildet Sporen. Diese können anschließend die Drahtwürmer infizieren. Im Vergleich zu anderen Granulierverfahren werden nur sehr geringe Biomassekonzentrationen je Granulat verwendet. Außerdem soll die gesamte Biomasse genutzt werden, was sich positiv auf die Produktkosten auswirken wird. Eine Kombination verschiedener Applikationsstrategien – Ausbringung von Bodengranulaten sowie gezielte Anwendung spritzbarer Formulierungen – soll die Wirkungssicherheit erhöhen und das Anwendungsspektrum erweitern. Gegebenenfalls sollen weitere Schutzschichten den Abrieb von Pilzmaterial während der Ausbringung verhindern, so dass kein Wirksamkeitsverlust nach Applikation und keine Gefahr für den Anwender durch das Entstehen von feinen Stäuben ausgehen wird. Durch dieses Verfahren soll ein sicheres, einfach auszubringendes und kostengünstiges Produkt zur nachhaltigen Regulierung von Drahtwürmern zur Verfügung stehen. Das Projekt ist so konzipiert, dass in Zusammenarbeit der Fachdisziplinen Entomologie, Mikrobiologie, Verfahrenstechnik sowie Anwendungstechnik unter Einbeziehung einer Mikroorganismen produzierenden und einer geräteherstellenden Firma die Anwendung insektenpathogener Pilze zur Drahtwurmregulierung optimiert wird und so eine Erhö-

hung der Wirksamkeit bzw. Wirkungssicherheit mit in die Entwicklung eingebunden werden kann. Dies ermöglicht eine schnelle Produktentwicklung sowie eine praxisnahe Prüfung.

### Ergebnisse

Obwohl die Pilzart *Metarhizium brunneum* ein relativ breites Wirtsspektrum aufweist, konnten bisher keine Pilzstämme gefunden werden, die gegen alle fünf bedeutenden *Agriotes*-Arten eine gleich gute Wirkung aufwiesen. Für den geeignetsten Pilzstamm JKI-BI-1450 wurde ein Flüssigfermentationsverfahren entwickelt, das eine ausreichende Biomasseproduktion gewährleistet. Auch wurde eine Übertragung ins Technikum erreicht. Das oben beschriebene Granulierverfahren wurde für ausgewählte *M. brunneum*-Stämme adaptiert und im Heubachttest konnte kein nennenswerter Abrieb beim Granulat als auch während der Ausbringung mit dem Granulatstreuer (AgroDos) unter Verwendung verschiedener Zellenräder nachgewiesen werden. Am Streuer wurden gerätespezifische Veränderungen vorgenommen, so dass verschiedene Ablagemuster im Kartoffeldamm erzeugt werden können. Depot- und Bandablage des Granulats erbrachte bei der Ermittlung der optimalen Verteilung im Freiland in 2019 die beste Wirkung. Ergänzend wurden spritzbare Formulierungen entwickelt. In Freilandversuchen konnte mit einer Aufwandmenge von 60 kg/ha sowie der Kombination einer Granulat- und Spritzbehandlung eine Reduktion des Kartoffelschadens nachgewiesen werden. Auch konnte in diesen Behandlungen ein Anstieg der Pilzkonzentration im Boden belegt werden. Gewächshausversuche konnten diese Ergebnisse bestätigen. In 2019 und 2020 wurden unter Beteiligung verschiedener Landesanstalten weitere Feldversuche zur Wirksamkeit des entwickelten Granulats und einer flüssigen Suspension durchgeführt.

### Verwertung

Ergebnisse wurden auf nationalen wie internationalen Tagungen und Veranstaltungen für die Praktiker zur Diskussion gestellt. In Kooperation mit beiden Industriepartnern sind weitere Schritte in Richtung technische Umsetzung der angestrebten Verfahren initiiert worden.



## Entwicklung eines breit wirksamen mikrobiologischen Präparates zur Bekämpfung pilzlicher Pflanzenkrankheiten (mikroPraep)

### Projektkoordinator

Prof. Dr. Annette Reineke  
Hochschule Geisenheim, Geisenheim  
annette.reineke@hs-gm.de

### Verbundpartner

Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)  
Bio-Protect GmbH  
Technische Universität Berlin

## Kurzfassung

### Ziel

Im Rahmen des Verbundprojektes „mikroPraep“ soll ein auf dem Bakterium *Lysobacter enzymogenes* basierendes, marktfähiges Produkt für den integrierten und biologischen Pflanzenschutz entwickelt werden. Das Präparat soll gegen Oomyzeten und andere pilzliche Schaderreger an unterschiedlichen Kulturpflanzen eingesetzt werden. Zudem sollen Erkenntnisse zu möglichen antagonistischen Wirkungsweisen des Bakteriums, zur möglichen Induktion von Abwehrmechanismen sowie zur potenziellen endophytischen Etablierung in der Pflanze erarbeitet werden. Zur Charakterisierung der Wirkmechanismen werden zwei Isolate von *L. enzymogenes* komplett sequenziert und annotiert, parallel dazu werden aktive Wirkstoffe durch HPLC bestimmt. Die reinen Wirkstoffe und fraktionierten Kulturfiltrate werden auf ihre Wirksamkeit getestet. Mithilfe dieses Wissens soll die Herstellung und Wirksamkeit des fertigen Präparates optimiert werden. Durch die Entwicklung des mikrobiologischen Präparates soll dem Markt eine effektive und nachhaltige Pflanzenschutzstrategie angeboten werden, mit dem Potenzial, den chemisch-synthetischen Wirkstoffeinsatz im Gartenbau zu reduzieren.

### Ergebnisse

Die Wirksamkeit von zwei Isolaten von *L. enzymogenes* (JKI-BI-6432 `creme` und JKI-BI-6432 `gelb`) wurde *in vitro* gegen eine Vielzahl pflanzenpathogener Pilze und Oomyzeten durch Dualkulturen und mittels in Bakteriensuspension getränkten Filterscheiben getestet. Es konnte gezeigt werden, dass beide Isolate über ein breites antagonistisches Potenzial verfügen und verschiedene pilzliche Erreger im Wachstum hemmen. Die unterdrückende Wirkung auf Sporenkeimung (*Venturia inaequalis*, *Phytophthora infestans* und *Uromyces appendiculatus*) und Sporenschlupf (*Pseudoperonospora cubensis*) konnte ebenfalls *in vitro* gezeigt werden. Grundsätzlich zeigen beide Isolate eine Hemmung ge-

gen das gleiche Spektrum an Pathogenen, allerdings war die Effektivität von JKI-BI-6432 `creme` in allen Fällen deutlich höher als von JKI-BI-6432 `gelb`.

Für den Stamm JKI-BI-6432 `creme` wurde nach einer Optimierung des Kulturmediums ein Produktionsverfahren und erste Formulierungen entwickelt, die die Produktion von wirksamen Testpräparaten ermöglichen. Weitere Optimierungen des Produktionsverfahrens sind nach der chemischen Identifikation der gebildeten Wirkstoffe durch den universitären Partner geplant.

Mittels *in vivo* Versuchen in Klimakammern und im Gewächshaus konnte die Wirksamkeit der formulierten Testpräparate von JKI-BI-6432 `creme` bestätigt werden. Hier zeigte sich eine hohe Wirksamkeit gegen Falschen Mehltau (*Pseudoperonospora cubensis*) an Gurke, Krautfäule (*Phytophthora infestans*) an Kartoffel und Falschen Mehltau (*Plasmopara viticola*) an Topfreben. Die Wirksamkeit war in den Gewächshausversuchen vergleichbar mit dem Einsatz von kupferhaltigen Präparaten. Freilandversuche zur Bestätigung dieser Ergebnisse werden im Versuchsjahr 2020 durchgeführt. Die formulierten Testpräparate werden zudem sowohl hinsichtlich technischer Eigenschaften wie Lagerbarkeit, Stabilität und Applizierbarkeit als auch in Bezug auf ihre biologische Aktivität charakterisiert.

### Verwertung

Da die prinzipielle Wirksamkeit von *L. enzymogenes* bereits gegen mehrere Pathogene gezeigt wurde, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass sich im weiteren Verlauf des Projektes ein Pflanzenschutzprodukt mit einem breiten Wirkungsspektrum entwickeln lässt. Nach Abschluss des Projektes wird das Scale-up des Produktionsverfahrens in den industriellen Maßstab erfolgen. Die wirtschaftliche Verwertung erfolgt durch die beteiligte Firma Bio-Protect GmbH. Sofern als Ergebnis des Projektes Schutzrechtsanmeldungen erfolgen, werden diese von der am Konsortium beteiligten Firma unter angemessener Beteiligung des JKI vorgenommen. Sobald ein standardisiertes Produkt aus einer Großproduktion vorliegt, müssen registrierungsrelevante Versuche zur Wirksamkeit und Toxikologie in Auftrag gegeben und ein Dossier für die Zulassung erstellt werden.

## Morphologisch-molekulare Identifikation von Käferarten an Verpackungsholz im Bereich der Pflanzengesundheit (PHID-Coleo)

### Projektkoordinator

Dr. O. Zimmermann  
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ),  
Biologische Diagnosen und Pflanzengesundheit, Karlsruhe  
Olaf.Zimmermann@ltz.bwl.de

### Verbundpartner

Universität Hohenheim

## Kurzfassung

### Ziel

Im internationalen Güterverkehr spielt nach wie vor Holz als Verpackungs- und Transportmaterial eine zentrale Rolle. Da Holzverpackungsmaterialien in der Regel aus kürzlich gefällten Bäumen hergestellt werden, besteht die Gefahr, dass lebende Insekten und andere potentielle Krankheitserreger ungewollt weltweit transportiert werden, wo sie als potentiell invasive Arten massive ökonomische Schäden an heimischen Pflanzenressourcen anrichten können, wie das Beispiel des Asiatischen Laubholzbockes *Anoplophora glabripennis* zeigt. Trotz des internationalen ISPM-15-Standards, werden immer wieder lebende Funde von in Holz lebenden Käfern bei Inspektionen nachgewiesen, vor allem aus den Familien der Bockkäfer (Cerambycidae) und Bohrkäfer (Bostrichidae).

Das übergeordnete Ziel des Verbundprojektes besteht darin, neue Diagnoseverfahren für potenziell invasive Käferarten, die im Rahmen der Kontrollen der Pflanzengesundheit an Verpackungsholz auftreten können, zu entwickeln.

Erstmals erfolgte im Rahmen dieses Projektes die Etablierung der *Genotype-by-Sequencing* (GBS) Methode, einer Hochdurchsatz-Sequenzierungs- und Genotypisierungs- Strategie zur populationsgenomischen Untersuchung des Quarantäneschaderregers Asiatischer Laubholzbockkäfer *Anoplophora glabripennis* (ALB).

Zusätzlich wird erstmals ein Bestimmungskatalog für Verpackungsholzkäfer, sowohl gedruckt als auch online frei zugänglichen Datenbank mit mikroskopischen Merkmalen und genetischen Daten erstellt. Diese Daten stehen den Pflanzenschutzdiensten und kommerziellen Dienstleistern im Bereich der molekularen Artbestimmung zur Verfügung und sind Grundlage für die bundesweite Risikobewertung dieser Arten. Damit verbunden ist die schnelle Entscheidung, angemessene Gegenmaßnahmen zu ergreifen, um eine Etablierung der Schädlinge zu verhindern und somit wirtschaftlichen Schaden abzuwenden.

## Ergebnisse

Mit Hilfe der neuen GBS-Methode wurden über 20.000 SNPs innerhalb aller analysierten ALB Populationen detektiert und die bislang erreichten Projektergebnisse sind wegweisend. Erste populationsgenetische Analysen an diesen Datensätzen zeigten hohe genetisch strukturierte Populationen in den europäischen invasiven Befallsgebieten, bei gleichzeitig eher geringerer genetischer Diversität innerhalb der Populationen. Dies deutet auf eine sehr komplexe Einschleppungsgeschichte hin und macht eine Verschleppung durch den Menschen in den meisten Befallsgebieten eher unwahrscheinlich.

Der Katalog relevanter Käfer aus den Familien Cerambycidae und Bostrichidae an Verpackungsmaterial basiert auf einer intensiven Literaturrecherche und Interviews mit Diagnosespezialisten. Referenzen der recherchierten Arten wurden in nationalen, internationalen und privaten Insektensammlungen untersucht und zu einer in dieser Form in Europa einmaligen Referenzsammlung zusammengetragen, die nun den deutschen Pflanzenschutzdiensten zur Verfügung steht. Insgesamt wurden etwa 420 Exemplare von mehr als 260 Arten aus unterschiedlichen Perspektiven fotografiert (mehr als 2000 Bilder) und mehr als 70 neue DNA-Sequenzen generiert. Zusätzlich wurden Bildbestimmungshilfen für mehr als 160 ausgewählte Arten zusammengestellt.

## Verwertung

Grundsätzlich stärkt diese Forschungsarbeit mit ihrem Vorbildcharakter die Expertise der Pflanzenschutzdienste in Deutschland durch die Vernetzung mit universitärer Forschung. Durch die Verbreitung der wissenschaftlichen Ergebnisse in nationalen und internationalen Veröffentlichungen, sowie einer Diagnose-Datenbank wird ein regelmäßiger internationaler Erfahrungsaustausch der Akteure ermöglicht. Aufbauend auf den Status quo wird somit nach Projektende der bestehende Artenkatalog fortgeführt und um neue Arten ergänzt werden. Die zusammengestellte Referenzsammlung von Käfern und Käferlarven von Bockkäfern und Bohrkäfern an Verpackungsholz im Rahmen dieses Projektes ist die vollständigste Sammlung dieser Art in Europa.

## Diagnostik zur nachhaltigen Bekämpfung von Kartoffelkrebs (DIANA)

### Projektkoordinator

Prof. Dr. Thomas Debener  
Leibniz Universität Hannover (LUH),  
Institut für Pflanzengenetik, Hannover  
debener@genetik.uni-hannover.de

### Verbundpartner

Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)  
BIOPLANT – Biotechnologisches Forschungslabor GmbH  
Solana Research GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Kartoffelkrebs, verursacht durch den Pilz *Synchytrium endobioticum*, ist derzeit der bedeutendste Quarantäne-Schadorganismus für die Kartoffelproduktion in Deutschland. Die Krankheit unterliegt gesonderten gesetzlichen Regelungen. Auf befallenen Flächen besteht ein langjähriges Anbauverbot für Kartoffeln und eine direkte chemische Bekämpfung ist nicht möglich. Daher kann der Erreger ausschließlich durch den Anbau krebsresistenter Kartoffelsorten und Quarantänemaßnahmen eingedämmt werden.

Um den Erreger zu diagnostizieren, sollen effiziente Methoden zum Nachweis in Pflanzen und im Boden, sowie molekulare Marker zur Differenzierung der wirtschaftlich wichtigen Pathotypen 1, 2, 6 und 18 entwickelt werden. Aufbauend auf vorangegangene Untersuchungen zur Genetik der Resistenz gegen den Kartoffelkrebs, sollen diagnostische Marker für eine breite Resistenz gegen mehrere Pathotypen entwickelt werden.

### Ergebnisse

Um ein neues Verfahren zur Identifikation von Krebspathotypen zu entwickeln, wurden in Sterilkulturen *in vitro*-Mikroknollen erzeugt. Bei den bisherigen Untersuchungen der Mikroknollen konnten keine Veränderungen der Pflanzen festgestellt werden. Zusätzlich wurde ein erweitertes Differentialsortiment zur Differenzierung der Krebspathotypen in Labortests validiert. Die Validierung des Differentialsortiments im Feldversuch befindet sich in der Durchführung.

Zur Entwicklung von PCR-gestützten Markern mit hoher Sensitivität beim Nachweis des Kartoffelkrebses wurden zahlreiche Sequenzen aus dem Kerngenom sowie dem mitochondrialen Genom von *Synchytrium* analysiert. Es konnten drei mitochondriale Marker

entwickelt werden, deren Sensitivität jedoch die bereits publizierten Marker auf der Basis von ITS-Sequenzen in der Sensitivität nicht verbessern.

Zur Unterscheidung von Pathotypen wurden 194 zusätzliche SSR Motive analysiert von denen 7 neue SSR Marker zahlreiche Isolate unterscheiden können. Die im Projekt entwickelten SSR-PCR Marker zur Differenzierung der *S. endobioticum*-Pathotypen werden derzeit an weiteren Isolaten getestet.

In der Sorte „Karolin“ konnte eine Resistenz gegen die Krebspathotypen 1, 2, 6, 8 und 18 auf dem Chromosom XI kartiert werden. In dem chromosomalen Bereich liegen mehrere Gene, die zur Gruppe der CNL (coiled-coil) oder TNL (TIR-like) Resistenzgene gehören. Zunächst wurden in resistente Nachkommen der Sorte „Karolin“ RNAi-Konstrukte zur Inaktivierung der Gene EDS oder NDR1 eingebracht, welche an der Signaltransduktion je einer dieser Resistenzgruppen beteiligt sind.

Die Analyse mehrerer transgener Klone pro Konstrukt zeigte in einzelnen Klonen jeweils eine Verringerung der Transkripte von EDS bzw. von NDR1. Knollen dieser Pflanzen werden zurzeit auf den Grad der Anfälligkeit getestet.

Zusätzlich sollen möglichst CNL- oder TNL-Gene direkt durch RNAi-Konstrukte inaktiviert werden. Transgene Klone, die mit Konstrukten sowohl für eine Überexpression von Kandidatengen in anfälligen Genotypen sowie zur RNAi basierten Herunterregulierung in resistenten Genotypen transformiert wurden, wurden auf die Expression der entsprechenden Gene charakterisiert und eine Auswahl dieser Klone befindet sich in der Testung auf Resistenz.

Um die Verbreitung von *S. endobioticum* zu verhindern, wurde eine Monitoring-Strategie für die Testung von Flächen vor dem Anbau von Pflanzkartoffeln entwickelt. So soll eine Infektion von Pflanzkartoffeln über im Boden vorhandene Dauersporen ausgeschlossen werden. Eine praktische Überprüfung der Strategie wird im Rahmen des Folgeprojektes INNOKA erfolgen.

### **Verwertung**

Es wird angestrebt, dass nach Projektende validierte molekulare Marker zur Verfügung stehen, welche die Züchtung resistenter Sorten verbessert. Des Weiteren sollen durch die Optimierung der Nachweismethoden für den Kartoffelkrebs sowie die entwickelte Monitoring-Strategie eine nachhaltige Bekämpfung von *S. endobioticum* unterstützt und das diagnostische Methodenspektrum erweitert werden.

## Entwicklung praktikabler Maßnahmen zur Schließung der Verschleppungswege von Kartoffel- und Zuckerrübenzystennematoden (Glob-RISK)

### Projektkoordinator

Dr. Stephan König  
 Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit, Braunschweig  
 stephan.koenig@julius-kuehn.de

### Kurzfassung

#### Ziel

Kartoffelzystennematoden (*Globodera pallida* und *G. rostochiensis*) und der Rübenzystennematode (*Heterodera schachtii*) können erhebliche Verluste im Kartoffel- bzw. Zuckerrübenanbau bewirken. Insbesondere das Auftreten einzelner Populationen von Kartoffelzystennematoden mit besonderer Virulenz gilt als schwer kontrollierbar und eine Verschleppung ist zu unterbinden. Neben den bereits geregelten Verschleppungswegen der Pflanzkartoffelproduktion und von wurzelnden Pflanzen zum Anpflanzen besteht höchstes Risiko durch bei der Verarbeitung der Kartoffeln und Zuckerrüben anfallende Resterden mit nicht zuzuordnender Herkunft. Im Projekt GlobRISK wird das Ziel verfolgt, aktuelle phytosanitäre Verfahren zur Dekontamination der Resterden zu optimieren und zu ergänzen. Somit soll eine Eintragung von Zystennematoden in landwirtschaftlich genutzte Fläche unterbunden werden. Zeitgleich wird mit der Behandlung der Erden und deren Rückführung ein kontinuierlicher Austrag von Boden aus der landwirtschaftlichen Nutzung verhindert.

Eine Reihe von Verfahren zur Behandlung von Resterden sind bereits beschrieben. Eine gesicherte Datengrundlage zu den beiden Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Nematoden letal wirkenden Faktoren und Prozessen ist jedoch bisher nicht im ausreichenden Maß gegeben. Um die Wirksamkeit der Verfahren bewerten zu können, erfolgte in Vorversuchen der Vergleich verschiedener Methoden zur Bestimmung der Vitalität von *G. pallida*, wie der Schlupftest mit Wurzeldiffusaten der Kartoffel bzw. mit Pikrolonsäure, der Trehalose assay und Färbemethoden (Meldola's blue und Malachitgrün). Dabei lieferte der Schlupftest mit Wurzeldiffusaten die zuverlässigsten Ergebnisse.

#### Ergebnisse

Das Verfahren zur Überflutung von Resterden wird bereits in der Zuckerindustrie angewendet, ist jedoch in der Kartoffelproduktion kaum verbreitet. In dem Versuchsansatz wurden jeweils 150 unversehrte Zysten der *G. pallida*-Population „Kalle“ bzw. der *H. schachtii*-Population „MS (Pathotyp Schach0)“ in Gazesäckchen eingeschweißt

und in Stapelteiche einer Zuckerfabrik eingebracht. Jeweils fünf Säckchen mit Zysten wurden im Intervall von drei Wochen über einen Zeitraum von 90 Tagen entnommen und auf ihre Vitalität und Vermehrungsfähigkeit analysiert. Kartoffelzystennematoden, die für drei Wochen im Stapelteich gelagert wurden, zeigten noch Schlupfaktivität, während nach sechs Wochen Behandlungsdauer kein Schlupf mehr detektiert wurde. Die Behandlung mit Mikrowellen steht ebenfalls unter Begutachtung in diesem Projekt. Hierzu wurden Gasesäckchen mit Nematodenzysten in Resterden eingebettet und einer Behandlung mit Mikrowellen im Magnetron bei 80°C über die Dauer von 15 s - 5 min ausgesetzt und die Vitalität der Larven im Anschluss bestimmt. Bereits nach 15 Sekunden Behandlungsdauer zeigte sich kein Schlupf von Larven beider Arten mehr. Im Gegensatz zu den ersten beiden genannten Verfahren konnte eine Behandlung der Zysten mit ozoniertem Wasser keine Verminderung der Schlupfaktivität der Zysten bewirken und entfällt deshalb für tiefergreifende Analysen.

### **Verwertung**

Die 90-tägige Überflutung in Stapelteichen und auch die kurzzeitige Erhitzung mittels Mikrowellen sind dahingegen potentielle Behandlungen, um Resterden erfolgreich von Nematodenzysten zu dekontaminieren. Bereits gewonnene sowie zu erwartende Erkenntnisse fließen in nationale und internationale Regelungen und Standards zur Minimierung phytosanitärer Risiken ein.



## Entwicklung einer innovativen Technologie zur Beizung von Getreidesaatgut ohne Wirkstoffabrieb zur Risikominderung für Naturhaushalt und Anwender (INTEGRA)

### Projektkoordinator

Dr. Dieter von Hörsten  
 Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI),  
 Braunschweig  
 dieter.von-hoersten@julius-kuehn.de

### Verbundpartner

SATEC Handelsgesellschaft mbH

## Kurzfassung

### Ziel

In den vergangenen Jahren wurde über verschiedene Maßnahmen versucht den Abrieb von wirkstoffhaltigem Beizstaub an Saatgut zu reduzieren. Allerdings lässt sich auch heute noch Wirkstoff in kleinsten Staubmengen nachweisen, der einen negativen Einfluss auf Nicht-Zielorganismen wie zum Beispiel Bienen oder Gewässerorganismen haben kann. Gründe hierfür sind, dass das Saatgut bei Förderung, Transport, und Aussaat mechanisch und physikalisch beansprucht wird, was zum Abrieb von Staubpartikeln aus der Beizschicht führt. Auch bei hochwertig gebeiztem Saatgut aus professionellen Anlagen besteht die Gefahr von Staubabrieb in der weiteren Verfahrenskette. Daher ist es erforderlich, die Beizung von Saatgut weiter zu verbessern, um die Freisetzung von wirkstoffhaltigem Beizstaub zu verhindern. Die Hauptziele des Projektes sind der Schutz des Anwenders und des Naturhaushaltes vor wirkstoffhaltigem Beizstaubabrieb am Saatgut. Im Rahmen des Projektes soll dieses Ziel daher über eine bessere Beizmittelanhaftung am Korn und durch den Einsatz optimierter Beiztechnik erreicht werden.

### Ergebnisse

In zahlreichen Versuchen wurden Parameter betrachtet, die Einfluss auf die Beizstaubentstehung haben können. Zur Bewertung der Beizstaubentwicklung wurde die Heubachmethode genutzt und ausgewählte Beizstaubproben mittels HPLC MS/MS auf ihren Wirkstoffgehalt untersucht.

Auf Grundlage der Versuche wurde festgestellt, dass die Qualität von Getreidesaatgut maßgeblich von der Getreideart, dem eingesetzten Beizmittel, der Zugabe von Klebern zur Haftverbesserung und dem Staubgehalt der Saatware vor der Beizung abhängt. Der Staubgehalt der Saatware hat sich dabei als Parameter erwiesen, der messtechnisch am besten erfasst und durch technische Maßnahmen modifiziert werden kann. Daher

wurde im Projekt der Fokus auf die gezielte Entstaubung des Saatgutes mit dazugehöriger messtechnischer Erfassung gelenkt. Parallel wurde an Möglichkeiten gearbeitet, den Wirkstoffgehalt im Staub zu reduzieren. Dies konnte durch Additive als Ergänzung zum Beizmittel realisiert werden.

In der Kombination einer gezielten Entstaubung mit Zugabe von Additiven in den Beizprozess konnten Heubachwerte von 0,00001 g Staub pro 100 g Saatgut erreicht werden, deren Wirkstoffgehalt im Staub unter 5 % lag.

### **Verwertung**

Die im Projekt entwickelten Konzepte wurden vom Projektpartner in einer Prototypbeizanlage umgesetzt. Die Anlage verfügt über eine optimierte Entstaubung mit integrierter Messtechnik zur kontinuierlichen Staubmessung. Damit bietet die Anlage die Möglichkeit, den Staubgehalt permanent zu überwachen. Damit wird der Saatgutbranche die Möglichkeit eröffnet weitere Qualitätsverbesserungen hinsichtlich Abriebfestigkeit zu realisieren. Die Erkenntnisse des Vorhabens wurden auf Tagungen und anderen Veranstaltungen vor Fachpublikum vorgestellt.

Im Anschluss an das Projekt ist geplant, die Prototypanlage im industriellen Maßstab zu testen. Nach erfolgreicher Markteinführung ist zu prüfen, ob sich die Technologie auf andere Saatgutarten übertragen lässt.

## Autonome Kamera-Steuerung einer Hacke zur Unkrautbekämpfung in Getreide mit engen Reihenabständen (Hackroboter)

### Projektkoordinator

Prof. Dr. Roland Gerhards  
 Universität Hohenheim, Fachgebiet Herbologie, Stuttgart  
 roland.gerhards@uni-hohenheim.de

### Verbundpartner

K.U.L.T. Kress Umweltschonende Landtechnik GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln muss in den kommenden Jahren reduziert werden. Die chemische Unkrautbekämpfung ist in den meisten Kulturpflanzen jedoch kostengünstigster und effektiver als alternative Methoden. Aber die chemische Unkrautbekämpfung verliert durch die Ausbreitung herbizidresistenter Populationen an Wirkungssicherheit. Es wurden in den vergangenen drei Jahrzehnten kaum neue Wirkstoffe und Wirkmechanismen entwickelt. Mechanische Unkrautbekämpfungsverfahren sind wichtige Alternativen zu Herbiziden. Sie können jedoch nur bei trockenen Bedingungen erfolgreich eingesetzt werden. Somit ist das Zeitfenster zur Unkrautbekämpfung kleiner.

Hacksysteme in Kulturpflanzen mit engen Reihenabständen, wie beispielsweise in Getreide, müssen noch entwickelt werden. Im ökologischen Landbau wird bei Reihenweiten ab 20 cm gehackt. Ab ca. 17 cm nimmt der Getreideertrag aber schon signifikant ab. Außerdem besteht bei engen Reihenabständen eine höhere Gefahr, die Kulturpflanze durch das Hacken zu schädigen. Die Fahrgeschwindigkeit ist gering und die Arbeitsbreite niedrig. Diese Einschränkungen verhinderten bisher den Einsatz der mechanischen Unkrautkontrolle im konventionellen Landbau.

Ziel dieser Studie war es, durch die Kombination einer Hacke mit einem kamera-basierten hydraulischen Lenksystem an der Hacke die Unkrautbekämpfung und Flächenleistung in Getreide mit Reihenabständen von 12,5-15 cm zu erhöhen, indem die Schare automatisch zwischen den Getreidereihen geführt werden. Die automatische Reihenführung ermöglicht höhere Fahrgeschwindigkeiten und höhere Bedeckung der Unkräuter mit Boden. Gleichzeitig soll durch eine exakte Werkzeugführung die Schädigung der Kulturpflanzen verhindert werden.

### Ergebnisse

Die besten Ergebnisse bei der Unkrautkontrolle und der Selektivität erzielte ein beidseitig verkleinertes, A-förmiges flaches Schar (Flachhackschar). Dieser Werkzeugtyp

war einfach einzustellen und für Geschwindigkeiten bis 15 km/h unter verschiedenen Bodenbedingungen geeignet. Die zweijährige Versuchsserie zeigte außerdem, dass die besten Bekämpfungserfolge in der Reihe bei einem Verschüttungsgrad von 25 % der Getreideblattfläche erzielt werden konnten. Die Reihenführung in Getreide mit 12,5-15 cm Reihenabstand funktionierte auf Basis einer der Inter-Row Vision Control-Steuerung von Tillet and Hague in Kombination mit einem hydraulisch gesteuerten Parallelverschieberahmen K.U.L.T. Argus (siehe Abbildung 1). Beide Systeme mussten an die Anwendung in Getreide mit engen Reihenabständen angepasst und über einen Controller gesteuert werden. Ein Prototyp mit 3 m Arbeitsbreite wurde gebaut und erfolgreich in 12,5-15 cm Saatreihenweite getestet. Die Flächenleistung lag bei 1,45 ha/h und die durchschnittliche Unkrautbekämpfung zwischen der Reihe bei 94 % und in der Reihe (aufgrund der Verschüttung) bei 45 % pro Durchgang. Die Unkrautbekämpfung war bei 8 km/h 12 % höher als bei 3-4 km/h Fahrgeschwindigkeit. Das kamera-gesteuerte Hacken erhöhte die Getreideerträge signifikant gegenüber der unbehandelten Kontrolle und erreichte in einigen Versuchen das Niveau der Herbizidkontrollen. Um die Flächenleistung weiter zu verbessern, wurde eine 6 m Doppelhacke entwickelt mit zwei unabhängigen 3 m Reihenführungssystemen für je eine Seite. Die gleiche Reihenführungstechnik wie in der 3 m Hacke kam zum Einsatz. Auch dieser Prototyp zeigte gleich hohe Unkrautbekämpfungserfolge bei verdoppelter Flächenleistung.

Die vorgestellte kamera-gesteuerte Hacktechnik ist ein wichtiger Pfeiler des integrierten Pflanzenschutzes und kann mit vorbeugenden und anderen direkten Maßnahmen verbunden werden.



Abbildung 1: Kamera-gesteuerte Hacke mit Flachscharen in Getreide mit engen Reihenabständen.

### Verwertung

Zu diesen Arbeiten wurden wissenschaftliche Manuskripte bei Weed Research, Agriculture, Computer and Electronics in Agriculture und Gesunde Pflanzen eingereicht bzw. veröffentlicht. Die wirtschaftliche Verwertung des Hacksystems erfolgt durch K.U.L.T..

## Adaptive Fahrgassenabschaltung bei Feldspritzgeräten (FaGAbS)

### Projektkoordinator

Dr. Dieter von Hörsten  
Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz,  
Braunschweig  
dieter.von-hoersten@julius-kuehn.de

### Verbundpartner

Horsch Leeb Application Systems GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Das gesellschaftliche Interesse und die politischen Bestrebungen sind derzeit darauf gerichtet, die Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln (PSM) auf das notwendige Maß zu reduzieren und zielgerichteter einzusetzen. Eine technisch vergleichsweise einfache Möglichkeit zur Einsparung von PSM besteht darin, den kulturfreien Fahrgassenbereich von der Applikation auszunehmen. Dies hat zudem den Vorteil, dass dort das Oberflächenabflussrisiko am größten ist.

Bei einer randscharfen Aussparung der Fahrgassen können unter praxisüblichen Arbeits- und Fahrspurbreiten 3 bis 5% an Pflanzenschutzmitteln eingespart werden. Allerdings reicht es dafür nicht aus, einfach zwei oder mehr Düsen abzuschalten, weil damit die hohen Anforderungen an die Qualität der Querverteilung von Spritzgeräten nicht erfüllt werden und es im Randbereich der Fahrgassen zu Unterdosierungen im Bestand kommen kann.

Ziel des Projektes ist es, eine technische Lösung zu entwickeln, die es ermöglicht den Fahrgassenbereich bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln auszusparen und trotzdem die gesetzlich geforderten Anforderungen bezüglich der Qualität der Querverteilung sowie die pflanzenbaulichen Erfordernisse einzuhalten.

### Ergebnisse

Laboruntersuchungen mit verschiedenen Düsenkombinationen und -anordnungen zeigen, dass Einsparungen von PSM durch die Aussparung der Fahrgassen möglich sind und gleichzeitig die Querverteilung den hohen Anforderungen gerecht wird (siehe Abbildung 1). Die Praxistauglichkeit des Systems (siehe Abbildung 2) wird derzeit noch in Feldversuchen unter verschiedenen Rahmenbedingungen untersucht.

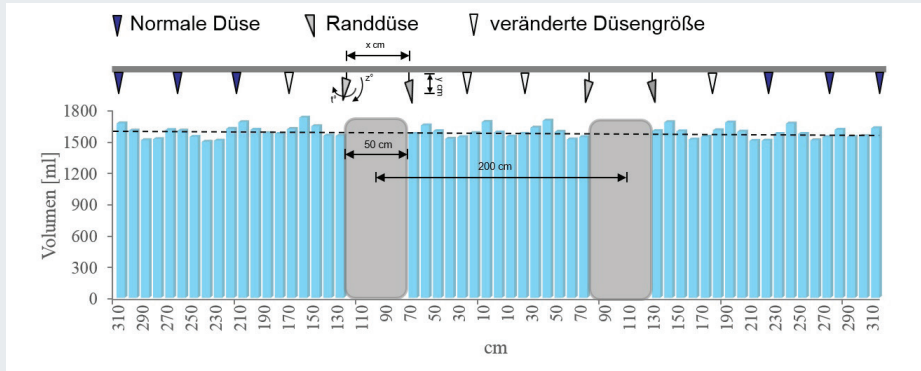


Abbildung 1: Veränderte Düsenkonstellation und -anordnung, 2 m Spurweite, 500 mm Reifenbreite, Spritzdruck 5 bar, Variationskoeffizient: 5,82 %.

## Verwertung

Da die technische Umsetzung am Spritzgerät relativ kostengünstig zu realisieren ist und wegen der PSM-Einsparung auch nur kurze Amortisationszeiträume anfallen, ist das Marktpotenzial solcher Systeme – insbesondere bei Großgeräten mit hoher Auslastung – groß. Nach erfolgreichem Nachweis der Praxistauglichkeit soll die Fahrgassenabschaltung zur Standardausrüstung für neue Feldspritzgeräte werden. Zudem ist geplant auch Nachrüstsätze für im Gebrauch befindliche Geräte anzubieten.



Abbildung 2: Applikation von Pflanzenschutzmitteln mit ausgesparter Fahrgasse.

### Assistenzsystem zur teilflächenspezifischen Applikation von Pflanzenschutzmitteln (AssSys)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. Jens Karl Wegener  
 Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz,  
 Braunschweig  
 jens-karl.wegener@julius-kuehn.de

#### Verbundpartner

GeoInformationsDienst GmbH  
 Herbert Dammann GmbH  
 Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen  
 und Programme im Pflanzenschutz  
 Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V.

## Kurzfassung

### Ziel

Präzisionslandwirtschaft kann mit einer gezielten und hocheffizienten Ausbringung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln die natürlichen Ressourcen und die Biodiversität auf dem Schlag und in unmittelbarer Umgebung schonen. Im Bereich des Pflanzenschutzes ist dazu die teilflächenspezifische Applikation von Pflanzenschutzmitteln eine notwendige Grundvoraussetzung. Ziel ist es eine deutliche Reduktion von Pflanzenschutzmitteln und somit eine situationsgerechte und umweltschonendere Agrarproduktion zu erzielen. Der Anteil an Wirkstoffen, der potentiell in die verschiedenen Kompartimente des Naturhaushaltes verfrachtet werden kann, wird im Sinne einer modernen, standortangepassten und ressourceneffizienten Bewirtschaftung reduziert, indem der Wirkstoff positionsgenau auf der Zielfläche, dem Ort des tatsächlichen Bedarfs, appliziert wird. Bisher basiert die Teilflächenbehandlung auf dem Wissen und der Erfahrung des Anwenders/Betriebsleiters und auf Bonituren. Dies wird sich mit dem zunehmenden Einsatz von digitalen Systemen, wie Sensorik, Satellitendaten und Drohnen wesentlich verändern.

### Ergebnisse

Es wird ein Assistenzsystem entwickelt, das mit Hilfe verschiedener Services die Erstellung von Applikationskarten ermöglicht und dabei verschiedenste Informationsquellen als Webservices zur Verfügung bereitstellt. Der Dateninput besteht zunächst aus langjährigen Ertragsdaten, Unkrautkarten, digitalen Höhendaten, Satellitendaten aber auch Bestandsaufnahmen per Drohne, die im Assistenzsystem prozessiert, vom Anwender nachbearbeitet werden können und vom Feldspritzgerät mit Hilfe des erzeugten Kartenmaterials vollautomatisch und teilflächenspezifisch appliziert werden. Das Assistenzsys-

tem begleitet den Anwender durch den gesamten Prozess - Planung, Vorbereitung, Applikation und Dokumentation - des Pflanzenschutzes. Dazu werden z.B. mittelspezifische Abstandsauflagen, Anwenderschutzbestimmungen, das Driftminderungspotenzial der eingesetzten Technik, die aktuellen Witterungsbedingungen etc. vom digitalen Assistenzsystem herangezogen und bei den Empfehlungen berücksichtigt.

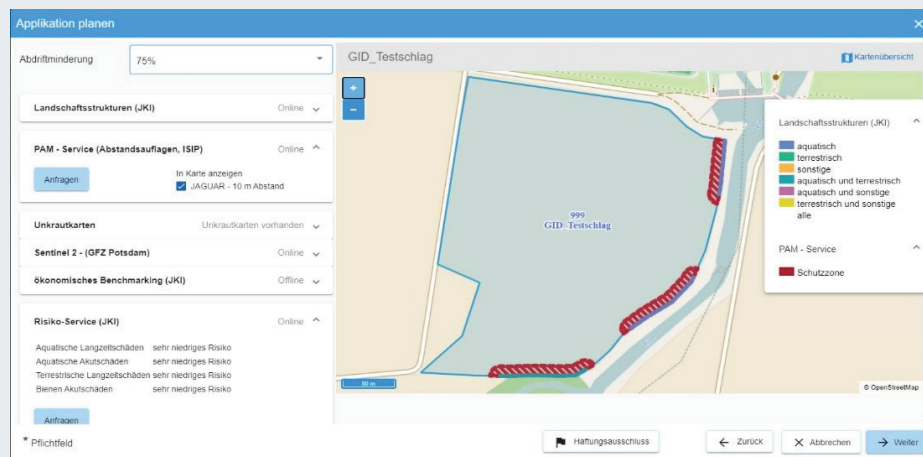


Abbildung 1 Assistenzsystem in der Maske der externen Services.

Abbildung 1 zeigt einen Blick auf das digitale Assistenzsystem in der aktuellen Betaversion. Die externen Webservices werden online angesprochen und können über standardisierte Schnittstellen genutzt werden. Die Einbindung von weiteren Webservices von Drittanbietern soll weiter ausgebaut werden, um die Informationsqualität der Applikationskarten weiter zu verbessern. Aktuell sind Services zur Unkrautererkennung und teilflächenspezifischen Befallsgefahr im Aufbau. Der Nutzen des digitalen Assistenzsystems beschränkt sich nicht nur auf Geräte mit Direkteinspeisung. Auch für konventionelle Spritzgeräte können Applikationskarten mit verfügbaren Funktionalitäten erzeugt werden. Im digitalen Assistenzsystem erzeugte Daten werden nach der Durchführung der Maßnahme zum Zweck der Dokumentation in die Ackerschlagkartei übernommen.

## Verwertung

Feldspritzgeräte werden auf fast allen modernen, konventionell wirtschaftenden Ackerbaubetrieben eingesetzt. Eine Reduzierung der Pflanzenschutzmittelaufwendungen, durch den teilflächenspezifischen Einsatz einer Feldspritze mit Direkteinspeisung ist in hohem Maße gegeben. Dadurch wird im Wesentlichen der Naturhaushalt geschont sowie der Schutz des Anwenders erhöht. Für moderne Feldspritzgeräte ist es wichtig eine Informationsumgebung zu entwickeln, worin schon vor der Applikation Daten zusammenfließen und Entscheidungen getroffen werden können. Mit dem Assistenzsystem soll genau dies umgesetzt werden, um der praktischen Landwirtschaft ein Tool zur Verfügung zu stellen, mit dem Applikationskarten erstellt werden können, nach denen Feldspritzgeräte automatisch arbeiten. In diesem Projekt soll mit allen Projektpartnern ein umfassendes und in der Praxis erprobtes System geschaffen werden, welches als Gesamtziel die Entwicklung eines marktfähigen Assistenzsystems hat.



## Entwicklung einer flugrobotergestützten Expertenplattform für einen präzisen Pflanzenschutz im Erwerbsobstbau (Corona-PRO)

### Projektkoordinator

Dr. Michael Pflanz und Dr. Michael Schirrmann  
Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam  
mpflanz@atb-potsdam.de

### Verbundpartner

Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee (KOB),  
CiS GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Das Projekt Corona-PRO entwickelte ein neues Verfahren zur räumlich-adaptiven Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) für den Erwerbsobstbau. Dazu wurde die Baumgeometrie von einzelnen Obstgehölzen und Fruchtwandabschnitten (Kronenhöhe und Volumen, Blattfläche) mittels hochauflösender automatisierter UAV-Luftbildaufnahmen errechnet. Ziel war es, die Struktur von Plantagen durch photogrammetrische Auswertung möglichst exakt digital zu rekonstruieren, um die Ausbringungsmenge an der Pflanzenschutzspritze durch Applikationskarten ortsspezifisch steuern zu können. Corona-PRO ist ein kartenbasierter Ansatz (Offline-Konzept). Hierdurch kann die Auswertung von Sensordaten an einen Dienstleister verlagert werden, der im Ergebnis Applikationskarten zur Verfügung stellt.

### Ergebnisse

Der im Projekt entwickelte kartenbasierte Ansatz zur PSM-Ausbringung im Obstbau mittels Extraktion morphologischer Baumparameter aus UAV-Luftbildern wurde durch Applikationsversuche validiert und optimiert. Das Konzept der Expertenplattform Corona-PRO, die Prozesskette und prinzipielle Umsetzung eines adaptiven Pflanzenschutzes im Obstbau konnten belegt werden. Die gesamte Prozesskette von der Aufnahme bis zur Generierung von 3D-Modellen und Applikationskarten wurde mit Daten der Versuchstandorte Bavendorf und Marquardt mehrmals durchlaufen, systematisch getestet, erweitert und teilweise automatisiert. Als Teil dieser Prozesskette wurden die Flugplanung von UAVs, die Datengenerierung und insbesondere die Extraktion von Baumparametern aus 3D-Punktwolken optimiert. Einige Teile der Prozesskette wurden angewendet, um den Einfluss der Bildinformationen (Auflösung, Bitrate, Kompression) auf die Qualität der generierten 3D-Punktwolken zu untersuchen. Dies wirkte sich auf die Genauigkeit der Applikationskarte aus und kann Rückschlüsse geben, in welchem Maß die Bildauflösung reduziert werden kann (z.B. bei größerer Flughöhe) ohne die Applikationssicherheit zu gefährden. Größere Flughöhen können die Flächenleistung einer Drohne erhöhen.

Darüber hinaus wurden im Projektverlauf Erkenntnisse über die Ableitung phänologisch veränderlicher Merkmale von Fruchtgehölzen gewonnen, um künftig Wachstumsprognosen und Ernteschätzungen geben zu können.

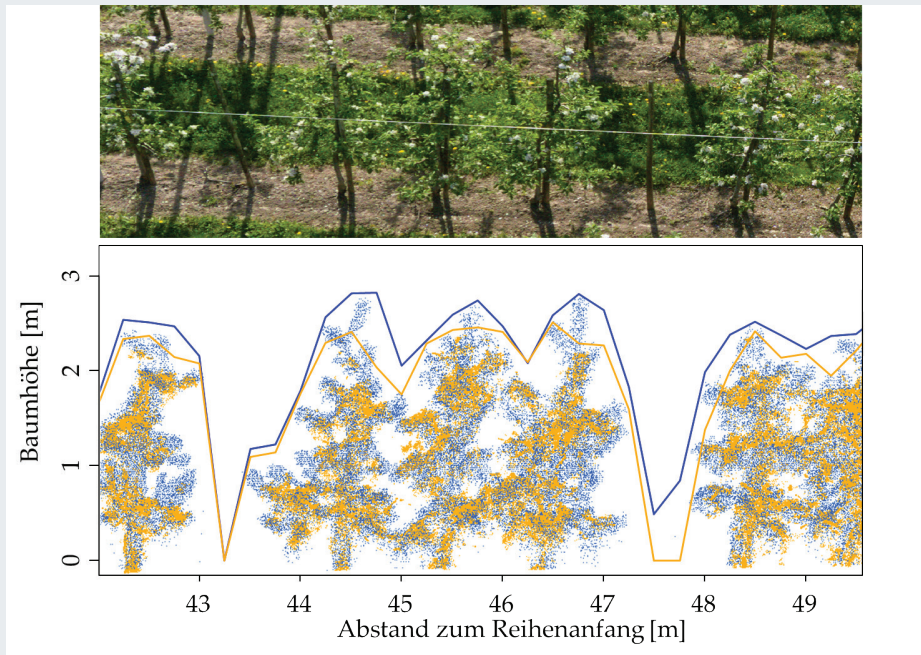


Abbildung 1: Detailansicht (Ausschnitt) einer UAV-Befliegung am Standort Bavendorf im Versuchsjahr 2019. Das Luftbild (oben) deckt sich mit der darunter dargestellten Punktwolke. Die Farbdarstellung bezieht sich auf die Daten der UAV-Befliegung (orange) und den Referenzmessungen mittels LiDAR (blau). Die Hüllkurven zeigen Abweichungen zwischen UAV-Messungen und Referenz (Hobart, M., M. Pflanz, C. Weltzien, and M. Schirrmann. 2020. Growth Height Determination of Tree Walls for Precise Monitoring in Apple Fruit Production Using UAV Photogrammetry. Remote Sensing 12: 1656.).

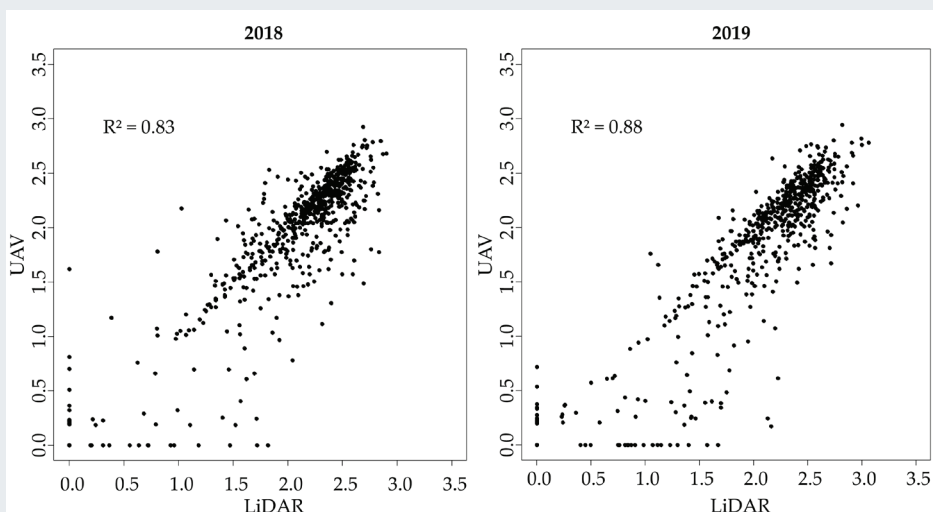


Abbildung 2: Korrelation zwischen den aus UAV-Daten abgeleiteten Baumhöhen und Referenzmessungen für den Versuchsstandort Bavendorf (2018 und 2019).

### Verwertung

Um ein grundlegendes Verständnis über die physiologischen Veränderungen mehrjähriger Phytosysteme aufbauen zu können, ist die Etablierung räumlich und zeitlich hochauflösender Monitoringsysteme unentbehrlich. Hierbei wird Corona-PRO einen wissenschaftlich begutachteten Beitrag leisten (Open Access-Veröffentlichung im Journal *Remote Sensing*). Durch den Austausch und die Diskussion der Forschungsergebnisse sind folglich neue wissenschaftliche Kooperationen innerhalb und außerhalb des ATB zu erwarten. Für die Einführung in die obstbauliche Praxis konnte gezeigt werden, dass photogrammetrische Modelle von Baumstrukturen sinnvoll und zielführend eingesetzt werden können, um Pflanzenschutzmittel exakt und nachhaltig auszubringen.

### Entwicklung eines Prognose- und Entscheidungshilfesystems zur Bekämpfung des Gelbrostes (*Puccinia striiformis*) und Schwarzrostes (*Puccinia graminis*) in Winterweizen (PROGPUC)

#### Projektkoordinator

Dr. Bettina Klocke  
Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI),  
Kleinmachnow  
bettina.klocke@julius-kuehn.de

#### Verbundpartner

Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen  
und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP)  
Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V. (ISIP)

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Projektes ist es, ein Prognose- bzw. Entscheidungshilfemodell (EHS) zur Bekämpfung des Gelb- und Schwarzrostes für den praktischen Weizenanbau zu entwickeln, das genutzt werden kann, um den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln durch Befallsprognosen auf das notwendige Maß zu reduzieren und Behandlungstermine zu optimieren. Zusätzlich wird ein Sortenmodul integriert, das es ermöglicht, die Sortenresistenz in die Bekämpfungsentscheidung einzubeziehen. Die Bereitstellung des EHS auf der Internetplattform ISIP wird Landwirten wichtige Hinweise und Empfehlungen geben können, welche Maßnahmen für ihre Situation an ihrem Standort optimal sind.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse zur Epidemiologie der beiden Roste zeigen, dass sich die Kardinaltemperaturen hinsichtlich der Uredosporenkeimung deutlich voneinander unterscheiden. Während die Grenzbereiche der Schwarzrostsporenkeimung bei 5°C und 30°C lagen, war eine Keimung beim Gelbrost im Bereich von 0°C bis 20°C möglich. Optimal keimte der Schwarzrost bei Temperaturen von 10°C bis 25°C, der Gelbrost bei 5°C. Nach einer Blattnässedauer von nur zwei Stunden begann die Keimung beim Schwarzrost, wohingegen beim Gelbrost ein deutlicher Keimbeginn erst nach vier Stunden auftrat. Die Latenzzeit wurde an Keimpflanzen unter definierten Bedingungen untersucht und war beim Schwarzrost bei 25°C mit sieben Tagen deutlich kürzer als bei 10°C mit 16 Tagen. Dennoch trat auch bei 10°C eine hohe Befallshäufigkeit und -stärke auf. Bei optimalen Wechseltemperaturen für den Erreger (20/10°C Tag/Nacht), war die Latenzzeit der Gelbrostisolate bereits nach neun Tagen abgelaufen. Bei konstanten 5°C betrug sie bei der Hälfte der Pflanzen 26 Tage. Der Befallsverlauf der Erreger wurde darüber hinaus

auch im Freiland untersucht. In allen Jahren war eine gute Differenzierung der Sorten hinsichtlich des Gelb- und Schwarzrostbefalls möglich und der Befallsaufbau deutlich zu unterscheiden.

Basierend auf den epidemiologischen Daten wurde ein Prognoseansatz entwickelt, der die einzelnen Prozesse der Gelb- und Schwarzrostinfektion auf Grundlage von Schlag- und Witterungsparametern berechnet. Das EHS bedient sich dabei flächendeckend zur Verfügung stehender Daten für Temperatur, Niederschlag und relativer Luftfeuchte und berechnet daraus die für eine erfolgreiche Infektion maßgebliche Blattbenetzung. Auf Basis der Versuchsdaten sowie spezieller Sortenversuche der Landespflanzenschutzdienste wurde ein funktioneller Zusammenhang zwischen den Witterungsparametern und den wesentlichen Parametern einer Epidemie hergestellt. Die modellierten Prozesse Infektion, Inkubation, Latenzzeit sowie der infektiöse Zeitraum wurden in ein HLIR-Epidemie-Modell integriert. Neben den meteorologischen Faktoren wird der Einfluss der Sorteneigenschaften auf den Verlauf der Rostepidemie im EHS berücksichtigt.

Nach Abschluss des Vorhabens werden die EHS in das Internet Beratungssystem ISIP.de integriert und flächendeckend für deutsche Anbauggebiete validiert. Eine erste Version der EHS wird für das Erntejahr 2021 zur Verfügung stehen.

### **Verwertung**

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse zur Epidemiologie deutscher Gelbrost- und Schwarzrostrassen sowie die Entwicklung der EHS und dessen Etablierung auf dem Internetportal ISIP sind eine wesentliche Grundlage für eine zukünftige effektive Rostbekämpfung im Winterweizenanbau. Das große Gefährdungspotential des Gelbrostes zeigte sich in den letzten Jahren nicht nur in Deutschland, sondern in ganz Nordwesteuropa, was einen hohen Fungizideinsatz zur Folge hatte, sofern keine resistenten Sorten angebaut wurden. Das Jahr 2013 zeigte, dass auch der Schwarzrost in Deutschland zur Gefahr werden kann. Die wärmer werdenden Vorsommer in Deutschland könnten zukünftig zur Etablierung dieses Erregers führen, dessen Kontrolle durch das entwickelte EHS frühzeitig möglich werden wird.

## Integration von Hangneigungsaufgaben in den Pflanzenschutz-Anwendungs-Manager (PAM 3D)

### Projektkoordinator

Dr. Stephan Estel  
Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Programme und Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz (ZEPP), Bad Kreuznach  
estel@zepp.info

### Verbundpartner

Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V.  
John Deere GmbH & Co. KG  
Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.

## Kurzfassung

### Ziel

Laut aktueller Gesetzgebung muss bei Anwendung von Pflanzenschutzmitteln entlang gewässernaher Schläge mit einer Hangneigung von mehr als 2% ein 5 bis 20 m breiter, bewachsener Randstreifen angelegt werden. Alternativ können auch Mulch- oder Direktsaatverfahren und Auffangsysteme genutzt werden (siehe Abbildung. 1)

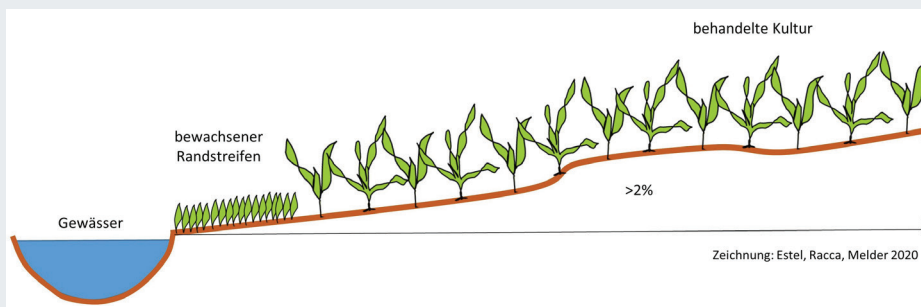


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines geneigten Schlages mit Gewässerrandstreifen.

Obwohl Hangneigungsaufgaben bußgeldbewehrt und CC-relevant sind, gibt es derzeit keinerlei Instrumente, die eine nachvollziehbare und kostengünstige Berechnung der Hangneigung ermöglichen. Das Projekt PAM 3D hat zum Ziel, eine praxistaugliche Anwendung für die automatisierte und teilflächenspezifische Berechnung der Hangneigung zu entwickeln. Der geplante, webfähige Hanglagenservice soll ermitteln, ob bei gegebener Hangneigung und gewähltem Pflanzenschutzmittel ein Gewässerrandstreifen notwendig ist und wenn ja, diesen berechnen und mittels Web-Viewer darstellen. Hierzu sollen alle relevanten Höhendaten aus verschiedensten Quellen (Satelliten-, Laser-, Traktor- und Drohnendaten) hinsichtlich ihrer Eignung analysiert und für den Hanglagenservice aufbereitet werden. Weiterhin soll eine Anbindung an den bereits beste-

henden PAM-Services erfolgen. Dieser wurde 2015 von der DLG mit Gold prämiert und ermöglicht schon jetzt die Einhaltung von Abstandsaufgaben durch die Berechnung von Randstreifen und maschinenlesbare Applikationskarten. Über PAM 3D werden so die für die Berechnung der Hangneigung erforderlichen Höhendaten in den PAM-Service integriert.

### Ergebnisse

Die Auswertung der Höhendaten ergab, dass die amtlichen Laserdaten, sofern frei verfügbar, die genauesten und kostengünstigsten Höhenmodelle liefern (siehe Abbildung 2). Neben der hohen Auflösung und Lage- und Höhengenaugigkeit ist ihre Eigenschaft Vegetation zu durchdringen ein entscheidender Vorteil gegenüber anderen Höhendaten. Ist ein GNSS- Spurlenkensystem vorhanden und wird ein Echtzeit-Positionierungs-Service verwendet, stellen Traktordaten eine adäquate Alternative zu kostenpflichtigen Laserdaten dar. Drohnendaten liefern ebenfalls hochwertige Höhenmodelle, erfordern jedoch ein hohes Maß an technischem Verständnis und Kenntnisse des Luftrechts. Satellitendaten sind zwar oft frei verfügbar, weisen jedoch i. d. R. eine geringe Detailschärfe sowie Höhengenaugigkeit auf. Zudem kann nicht ermittelt werden, ob ein Schlag zum Aufnahmezeitpunkt vegetationsfrei gewesen ist, woraus sich weitere Unsicherheiten für die Berechnung der Hangneigung ergeben.

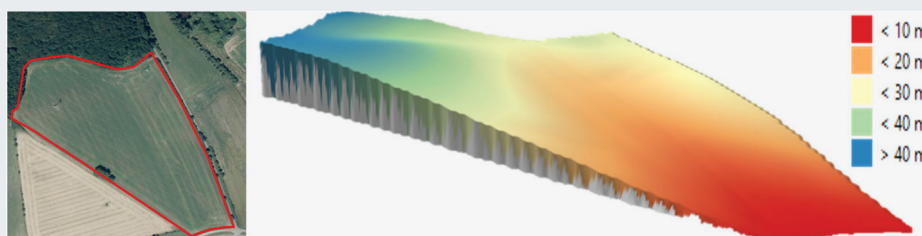


Abbildung 2: Ein laserbasiertes Höhenmodell eines stark geneigten Hangs (~ 40 m Höhenunterschied).

Für PAM 3D wurde ein intelligenter Algorithmus entwickelt, der die Hangneigung ausgehend von der Böschungsoberkante des Gewässers in regelmäßigen Abständen berechnet. Diese Methode ermöglicht im Unterschied zum einfachen Feldmittelwert die Beurteilung von Teilflächen bzw. Risikozonen des Schlages. Dies ist vor allem dann interessant, wenn nur geringe Anteile des Schlages tatsächlich abfluss- oder erosionsgefährdet sind.

### Verwertung

Nach Projektende kann in 2021 von einer kommerziellen Verfügbarkeit des Web-Service ausgegangen werden. Im Ergebnis wird dem Nutzer ein Web-Service zur Verfügung stehen, der es ihm ermöglicht mit Höhendaten aus verschiedenen Quellen gesetzliche Abstands- und Hangneigungsaufgaben automatisiert und nachvollziehbar zu erfüllen. PAM 3D kann so zu einer nachhaltigeren Anwendung von Pflanzenschutzmittel führen und wird zu einer Schonung angrenzender Gewässer und Saumbiotope beitragen.

### Entwicklung einer Online Entscheidungshilfe für die Berechnung der notwendigen Aufwandmengen von Wachstumsreglern in Wintergetreide (OPTI-Reg)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. Joachim Kakau  
Hochschule Osnabrück, Osnabrück  
j.kakau@hs-osnabrueck.de

#### Verbundpartner

Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen  
und Programme im Pflanzenschutz  
Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) e.V.

## Kurzfassung

### Ziel

Das Entscheidungshilfesystem (EHS) OPTI-Reg hat zum Ziel, die notwendigen Aufwandmengen von Wachstumsreglern in Wintergetreide in Abhängigkeit von der Sorte und ihrer spezifischen Lagerneigung, der Bestandsdichte, dem Aussaattermin und der Stickstoffversorgung sowie der Witterung zu berechnen. Grundlage für die Entwicklung des EHS sind mehrfaktorielle Freiland- und Halbfreilandversuche an den Standorten Osnabrück und Bad Kreuznach. Sie dienen der Quantifizierung des Einflusses von Bestandsdichte, Stickstoffdüngung, Sorte, Aussaattermin, Aufwandmenge und der Kombination von Wachstumsreglern mit Fungiziden bzw. Herbiziden. Als weitere wichtige Einflussfaktoren werden Standortdaten und Witterungsparameter untersucht. Insbesondere der Witterungseinfluss erfordert eine tagesaktuelle Neuberechnung der einzusetzenden Aufwandmenge. Zur Determinierung der Haupteinflussfaktoren und deren Gewichtung werden Korrelationen zwischen dem Einsatztermin und der Aufwandmenge des Wachstumsreglers mit der Halmlänge, dem Halmdurchmesser, der Halmwandstärke, den Internodienlängen sowie Ertragsdaten untersucht. Zudem werden Erhebungsdaten aus aktuellen Wachstumsreglerversuchen der Pflanzenschutzdienste der Bundesländer sowie Daten der Landessortenversuche herangezogen.

### Ergebnisse

Erste Auswertungen der Freilandversuche zeigen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den Ertrag, bedingt durch den Einsatz von Wachstumsregulatoren. Die Pflanzenlänge hingegen zeigte, wie erwartet, signifikante Unterschiede zur Kontrolle, nicht aber zwischen den zwei Anwendungsstufen von Wachstumsregulatoren. Die Halbfreilandversuche 2018 und 2019 weisen signifikante Unterschiede der Pflanzenlänge bei Anwendung von verschiedenen Wachstumsreglern in Kombination mit Fungiziden auf. Auch bei der Kombination mit Herbiziden konnten Unterschiede beobachtet werden.



Bei der Auswertung der Höhenmessungen in den Landessortenversuchen konnten spezifische Sortenreaktionen in der Halmlänge, im Vergleich zu der Kontrolle, durch den Einsatz von Wachstumsreglern beobachtet werden.

### **Verwertung**

Durch Lagerbildung in Getreidebeständen kann es zu erheblichen Ertrags- und Qualitätseinbußen kommen, die durch den Einsatz von Wachstumsregulatoren verhindert werden sollen. Werden die Getreidepflanzen durch zu hohe Aufwandmengen oder einer Behandlung zum falschen Zeitpunkt stark eingekürzt, kann es jedoch ebenfalls zu Ertragsverlusten führen und die Umwelt unnötig belasten. Dies sollte im Hinblick auf den Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) unbedingt vermieden werden. Das EHS OPTI-Reg soll es ermöglichen, die Anwendung von Wachstumsreglern hinsichtlich der Aufwandmenge exakter zu planen und damit Umwelt- und Ressourcen zu schonen. Es stellt somit eine wesentliche Grundlage für den integrierten Pflanzenschutz dar. Weiterhin ist es möglich, die EHS, die zunächst nur für Winterweizen entwickelt wird, auch auf andere Wintergetreidearten zu erweitern.

## Verbundprojekt: Einsatz von NFC Technologie beim Monitoring pflanzlicher Schaderreger (BoniTag)

### Projektkoordinator

Dr. Manfred Röhrig  
Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) e.V., Bad Kreuznach  
roehrig@isip.de

## Kurzfassung

### Ziel

Die gezielte und wiederholte Erfassung der Feldsituation (Monitoring) ist ein unverzichtbares Instrument zur Überwachung der Ausbreitung geregelter und ungeregelter Schaderreger. ISIP als Plattform der amtlichen Beratung stellt seit vielen Jahren Werkzeuge zur Eingabe und Anzeige von Monitoringdaten zur Verfügung. Dabei werden verstärkt Smartphones als kostengünstige Technologie zur mobilen Erfassung eingesetzt. ISIP bietet dazu eine betriebssystemübergreifende App an, die einfach an verschiedene Erfassungsszenarien angepasst werden kann. Zusammen mit einem fachspezifischen WebGIS bildet die App das sogenannte Universelle Monitoringwerkzeug (UMW) von ISIP.

Dieses Werkzeug bietet folgende Vorteile: Zum einen erlaubt es die GNSS-Funktionalität des Smartphones, Monitoringstandorte vor Ort zu definieren und wieder aufzufinden, zu nutzen und zum anderen können die in der Folge zu erfassenden Daten mobil eingegeben und bei vorhandener Internetverbindung direkt zu ISIP übertragen werden. Damit wird die Zeit zwischen Erfassung und Veröffentlichung drastisch reduziert.

Ziel des Projekts war die Entwicklung eines Systems zur Identifikation diskreter Boniturobjekte (z. B. Einzelpflanzen, Fallenstandorte) und zur Ansteuerung der Erfassungssapp, des UMW, über Transponder mit Nahfeldkommunikationstechnologie (Near Field Communication, NFC).

### Ergebnisse

Zunächst ging es darum zu überprüfen, ob sich NFC-Transponder grundsätzlich im Kontext der pflanzenbaulichen Freilandproduktion einsetzen lassen. Es wurden verschiedene Transpondertypen beschafft und im Feld (a) in einer sonnenexponierten Lage und (b) in einem Weinberg angebracht.

Es zeigte sich, dass das Gehäusematerial für den Einsatz im Freien entscheidend ist: Gehäuse aus ABS, PVC oder Epoxidharz sind robust und wasserfest, andere Materialien, wie

z. B. PET, sind dagegen nur bedingt wasserfest. Im Test wurden die Transponder regelmäßig ausgelesen und es wurde festgestellt, dass

- » Witterungseinflüsse wie Schwankungen von Temperatur, Luftfeuchte, hohe Global- und UV-Strahlungen sowie Niederschläge
- » Bauform (mit und ohne schützendes Gehäuse)
- » Kulturmaßnahmen u. a. Einsatz von Kupferpräparaten im Pflanzenschutz, die metallische Ablagerungen auf den Transpondern verursachen

keinen Einfluss auf die Funktionstüchtigkeit der Transponder hatten.

Die Transpondertechnologie konnte dagegen nicht zufriedenstellend in den Workflow des UMW eingebunden werden. Aufgrund der geringen Speicherkapazität sind die Möglichkeiten begrenzt, Informationen oder gar Logik zu hinterlegen. Die derzeitige Version der Erfassungssapp, "Collector for ArcGIS" von Esri Inc., stellt zurzeit noch keine hinreichend komfortable Schnittstelle zur Verfügung, um die auf den Transpondern gespeicherten Daten direkt nutzen zu können. Die notwendige Logik muss auf einem Server implementiert werden, was eine Internetverbindung erforderlich macht.

Das Ein- und Auslesen der Transponder ist zwar auf Smartphones mit Android Betriebssystem und iOS ab Version 11 mit kostenfreien Apps möglich, aber diese sind nicht ohne Anleitung intuitiv nutzbar, was dem gewünschten Gewinn an Vereinfachung zuwiderläuft.

### Verwertung

Aufgrund der umständlichen Nutzung und der zwingend notwendigen Onlineverbindung erscheint ein praktischer Einsatz der NFC-Transpondertechnologie derzeit nicht sinnvoll. An der Collector App wird jedoch momentan intensiv gearbeitet: Mit der Technologie „Links zur App“ hat Esri Inc. ein neues, leistungsstarkes Format eingeführt, mit dem es nun möglich ist, den Aufruf der Anwendung tag-spezifisch zu steuern. Damit ist ein großer Schritt in Richtung Praxiseinsatz getan. Was die App noch **nicht** direkt unterstützt, ist das Auslesen von NFC-Transpondern. Dazu ist weiterhin eine zweite App nötig, was die Handhabung des ganzen Systems immer noch sehr umständlich macht. Da Informationen aus QR- und Barcodes bereits ausgewertet werden können, ist davon auszugehen, dass mittelfristig neben der Kamera auch der NFC-Transponder unterstützt wird.

## Abschätzung des Befallsrisikos von Vergilbungsviren der Zuckerrübe – Vorausschauende Entwicklung von Kontrollstrategien unter Berücksichtigung der Neonikotinoid- und Insektizidresistenz Problematik des Insektenvektors (NYC)

### Projektkoordinator

Prof. Dr. Mark Varrelmann  
Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen  
varrelmann@ifz-goettingen.de

### Verbundpartner

Leibniz Institut DSMZ GmbH  
Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovationen e.V.

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Projektes ist das Befalls- und Ertragsrisiko von Vertretern des Vergilbungsvirus-Komplexes ohne die Eindämmung des Hauptvektors (Blattlaus) durch Neonikotinoide erstmals abzubilden und zu bewerten. Es sollen die wissenschaftlichen Grundlagen für eine Entwicklung von integrierten Kontrollmaßnahmen geschaffen und die kooperierenden Zuckerrübenzüchtungsunternehmen bei der Entwicklung von Resistenzselektionsprogrammen gegenüber den entsprechenden Viren unterstützt werden. Zur Erreichung dieses Gesamtziels gehört die Durchführung von Monitoringaktivitäten zur Verbreitung der jeweiligen Viren inklusive der Untersuchung ihrer genetischen Variabilität. Darüber hinaus sollen für eine vereinfachte Routinediagnostik differentielle Nachweisverfahren etabliert werden. Weiterhin werden Resistenzprüfverfahren etabliert und der Einfluss der einzelnen Viren in Einzel- und Mischinfektionen auf Ertrag und Qualität untersucht.

### Ergebnisse

In den Erhebungen von 2017 bis 2019 wurden insgesamt rund 6000 Zuckerrübenblattproben aus 10 europäischen Ländern und den USA getestet. Dabei zeigte sich, dass *Beet yellows virus* (BYV) am häufigsten vorkam, gefolgt von den Poleroviren *Beet mild yellowing virus* (BMV) und *Beet chlorosis virus* (BChV) (Tabelle 1). Das Potyvirus *Beet mosaic virus* (BtMV) wurde nur sehr selten gefunden. Zusätzlich wurden ca. 500 Unkrautproben untersucht. Dabei wurden zwar vereinzelt bisher unbekannte Viren gefunden, die möglichen Überdauerungswirte der Vergilbungsviren jedoch nicht identifiziert. Im Vergleich zu früheren Erhebungen scheint sich insbesondere das BYV innerhalb Europas weiter nach Norden ausgebreitet zu haben. Die mittels Hochdurchsatz-Sequenzierung gewonnenen Genom-Sequenzen ausgewählter Proben bilden die Grundlage für die

Entwicklung spezifischer Nachweismethoden für eine Differenzierung der relativ nah verwandten Poleroviren.

	2017				2018				2019			
	Anzahl	BYV	Polero	BtMV	Anzahl	BYV	Polero	BtMV	Anzahl	BYV	Polero	BtMV
Deutschland	2290	381	106	30	961	24	80	4	991*	45	115	5
Großbritannien	74	42	10	18	67	3	24	5	31	11	8	0
Niederlande	123	9	0	1	52	0	0	0	76	1	31	0
Frankreich	363	112	93	20	208	63	0	0	269	8	181	0
Belgien	30	0	0	0	30	0	0	0	30	1	8	0
Italien	60	0	2	0	60	0	0	0	30	2	1	0
Dänemark	31	1	0	0	82	0	0	0	100	0	0	0
Schweden	30	0	0	0	121	0	0	0	120	0	0	0
USA	31	0	0	0	22	3	10	10				
Spanien	60	38	0	0	30	10	0	4	68	62	4	2
Ungarn	30	0	0	0								
<b>Summe</b>	<b>3122</b>	<b>583</b>	<b>211</b>	<b>69</b>	<b>1633</b>	<b>103</b>	<b>114</b>	<b>23</b>	<b>1715</b>	<b>130</b>	<b>343</b>	<b>7</b>

Tabelle 1: Zusammenfassende Darstellung der ELISA Ergebnisse der Projektjahre 2017-2019 (\*inklusive Unkrautproben).

Von den bedeutenden blattlausübertragbaren Vergilbungsviren wurden Erhaltungskulturen etabliert und eine virusfreie Kultur des Vektors *Myzus persicae* auf Zuckerrübe angelegt. Davon ausgehend wurde eine Methode zur Erzeugung von Virus beladenen Vektoren in großer Anzahl für Feldinokulationsexperimente entwickelt. Dabei wurden Faktoren wie die Übertragungseffizienz optimiert. Zur Entwicklung von Resistenzprüfverfahren wurden die Vergilbungsviren in ihrer zeitlichen und räumlichen Ausbreitung innerhalb von inokulierten Pflanzen analysiert. Dabei zeigte sich eine ungleichmäßige Verteilung über die Zeit und in Abh. des Blattalters. Da v.a. die Poleroviren unter Gewächshausbedingungen kaum Symptome ausbilden, wurden Inokulationsexperimente unter Halbfreilandbedingungen angelegt, um das Symptomaufreten verfolgen zu können und Resistenzeigenschaften in Zuchtmaterial identifizieren zu können. Der Einfluss der Virusspezies auf Ertrag und Qualität in Zuckerrübe wurde in Feldversuchen analysiert. Hier konnte eine Methode entwickelt werden, mit der eine schnelle Vektorausbreitung und eine homogene, frühe Infektion mit entsprechenden Ertragsverlusten erreicht werden konnte. Es konnten in Einzel- und Mischinfektionen, Spezies spezifische Ertragsverluste von 7-37 % und Reduktion des Bereinigten Zuckerertrages von 7-43% gemessen werden.

## Verwertung

Die gewonnenen Erkenntnisse über die Verbreitung und Variabilität der Vergilbungsviren ermöglichen eine zielgerichtete Strategieentwicklung für Züchtungsvorhaben, um auch unter Virusbefall eine Ertragssicherung zu gewährleisten. Die Entwicklungen im Bereich Diagnostik, Resistenzprüf- und Inokulationsverfahren für die einzelnen Spezies erlauben einen direkten Transfer zur direkten Anwendung in der Züchtung und in Kombination mit den Ergebnissen zur Verbreitung zu einer verbesserten Abschätzung des Befallsrisikos. Die entwickelte Diagnostik wird für die praktische Nutzung verfügbar gemacht.

### Entwicklung eines praxistauglichen Diagnoseverfahrens für *Tobacco Rattle Virus* in Kartoffel (TRV2GO)

#### Projektkoordinator

Dr. Jost Muth

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.,

Aachen

jost.muth@ime.fraunhofer.de

#### Verbundpartner

Böhm-Nordkartoffel-Agrarproduktion GmbH & Co. OHG

### Kurzfassung

#### Ziel

Die viröse Eisenfleckigkeit der Kartoffel, hervorgerufen durch das *Tobacco rattle virus*, wird zunehmend zu einem Problem. Die resultierenden Knollenmängel führen zu Annahmeweigerung ganzer Partien. Da das Virus aber nicht nur zu sichtbaren Qualitätsmängeln der Knolle führt, sondern sortenabhängig eine Verzögerung des Auflaufens der Pflanzen sowie Ertragseinbußen bis zu 62% bewirkt, ist der tatsächlich verursachte Schaden deutlich höher.

Da keine Resistenzen bekannt sind, ist die frühe und sichere Diagnose infizierter Kartoffelpflanzen ein essentieller Baustein bei der Bekämpfung des Virus.

Derzeit sind zwei Nachweisverfahren zur Diagnose von TRV in Kartoffeln etabliert:

1. ELISA mittels Antisera, welche das Hüllprotein des Virus erkennen, wobei dieser Test das Virus nicht umfassend nachweisen kann, da es auch zu Hüllprotein-freien Infektionen kommt (NM-Typ).
2. Nachweis der RNA1 des Virus in der Knolle mittels RT-PCR. Die RNA Isolierung aus Knollen ist anspruchsvoll, da die Stärkemoleküle den Aufreinigungsprozess stören. Zudem setzt diese Technik eine gute labortechnische Ausstattung mit modernen Analysegeräten voraus.

Ziel des Projekts TRV2GO war daher die Entwicklung eines einfachen, stabilen, sensitiven, ohne spezielle Ausstattung durchführbaren und somit praxistauglichen Diagnoseverfahrens für das Tobacco Rattle Virus (TRV) in Kartoffeln.

Dazu sollten verschiedene Methoden zum Einsatz kommen. Zunächst sollten polyklonale Anti-Transportprotein (TP)-Sera produziert werden, da das Transport Protein im Gegensatz

zum Hüllprotein von der viralen TRV-RNA1 kodiert wird und somit auch in NM-Typ Infektionen vorhanden ist. Im Anschluss sollten diese Antiseren zur Entwicklung eines tragbaren Schnelltests verwendet werden. Parallel sollte versucht werden einen alternativen Nachweis der viralen RNA1 zu entwickeln, der sensitiv aber unabhängig von umfangreicher Laborausstattung ist. Daher sollte der Nachweis auf Basis einer isothermalen Amplifikation erfolgen.

### Ergebnisse

Zur Produktion der Anti TP Seren wurden zunächst die relevanten Virusisolate identifiziert und partiell sequenziert. Die erhaltenen Sequenzinformationen zeigten, dass im Falle des TP die Aminosäuresequenz konserviert war. Außerdem dient der umfangreiche Sequenzvergleich zur Ableitung neuer Primer für die isothermale Amplifikation.

Nach Expression des TP in *E. coli* wurde das Antigen zur Herstellung polyklonaler Anti-TP-Seren verwendet. Außerdem wurden aus dem TP und dem 16 kDa Protein je zwei Epitope selektiert und zur Produktion von Peptidantikörpern verwendet.

Nach ausführlicher Testung der Antiseren zeigte sich, dass diese zwar das Antigen spezifisch erkennen, jedoch keines der Antiseren die nötige Sensitivität besitzt um TRV Infektionen in Knollenmaterial weder im Western Blot, noch im ELISA Experiment zuverlässig nachzuweisen.

Für die Entwicklung eines Nukleinsäure-basierten TRV Nachweises wurden verschiedene Methoden der isothermalen Amplifikation getestet (RPA, Cas9 nickase-based amplification reaction, LAMP). RPA und der LAMP lieferten vielversprechende Ergebnisse. Da die RPA jedoch einen ähnlich hohen präparativen Aufwand wie die RT-PCR erfordert, wurde im Folgenden der Fokus auf die LAMP gelegt und diese für die TRV Detektion weiter optimiert. Da es möglich ist relativ einfache Knollenextrakte als Template einzusetzen und da der Erfolg der Reaktion spezifisch mittels Dipsticks nachgewiesen werden kann, ist es nun möglich die TRV RNA1 schnell und ohne besondere apparative Laborausstattung nachzuweisen.

### Verwertung

Mit Hilfe der neuen TRV Diagnosetechnik ist eine Untersuchung von Knollen und damit eine Unterscheidung viröser von physiologischer Eisenfleckigkeit direkt möglich. Die Testmethode ermöglicht die Überwachung und Qualitätssicherung der Knollenproduktion bezüglich viröser Eisenfleckigkeit und damit eine Identifikation TRV-belasteter Flächen nicht nur wie bisher im Labor und mit aufwändiger Ausrüstung, sondern u. U. direkt vor Ort und mit einer deutlichen Reduktion und Verbrauchsmitteln. Damit fügt sie sich in das bestehende Qualitätsmanagement ein und ersetzt die aufwändige RT-PCR-Analytik.

## Entwicklung eines automatisierten Entscheidungshilfe Systems für den biologischen und integrierten Pflanzenschutz unter Glas (DSSARTH)

### Projektkoordinator

PD Dr. Rainer Meyhöfer  
Leibniz Universität Hannover, Hannover  
meyhoefer@ipp.uni-hannover.de

### Verbundpartner

iotec GmbH  
Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) e.V.  
Katz Biotech AG

## Kurzfassung

### Ziel

Im vorliegenden Projekt steht die Entwicklung einer benutzerfreundlichen Entscheidungshilfe für den Pflanzenschutz unter Glas im Vordergrund. Zentrales Element ist die regelmäßige Erfassung von Insekten im Bestand, die durch automatisierte Prozesse deutlich vereinfacht wird. Das Entscheidungshilfesystem soll eine Plattform zur Strukturierung und Standardisierung von Prozessen bieten, um zu objektiven Pflanzenschutzempfehlungen zu gelangen. Auf Basis verschiedener Module (Datenbank, Monitoring, Prognose) werden detaillierte Informationen zum Istzustand des Befalls (Verteilung, Überschreiten von Schwellenwerten, Nützlingsvorkommen) gesammelt und verarbeitet. Vom Istzustand ausgehend werden Empfehlungen zum Nützlings- und wenn nötig zum Pflanzenschutzmitteleinsatz gegeben. Das System hat ein hohes Entwicklungspotenzial, da viele Informationen zu den wichtigsten Schad- und Nutzarthropoden im Unter-Glas Anbau von Gemüse- und Zierpflanzen in der Literatur bereits verfügbar sind.

### Ergebnisse

Im Rahmen des Verbundprojekts wurde in drei Teilprojekten gearbeitet. Zum einen wurde die Aussagekraft von Monitoringfallen, d. h. farbigen Klebtafeln, untersucht. Zum anderen wurden Simulationsmodelle zur Populationsdynamik von Schädlingen entwickelt, um Pflanzenschutzentscheidungen auch längerfristig absichern zu können. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Populationsentwicklung der Gewächshaus Weiße Fliege und der Schlupfwespe *Encarsia formosa* an Tomate und Gurke sehr gut mit den Fangzahlen auf der Farbtafel korreliert.

Bei der Blattlausbekämpfung konnte diese Beziehung bisher nur für Schlupfwespen und bei der Thripsbekämpfung nur für den Schädling abgesichert werden. Im zweiten



Schwerpunkt wurde die Monitoringfalle durch eine automatisierte Erfassungseinheit (EE) ersetzt. Die EE besteht aus einer mechanischen Komponente, welche die Gelbtafel einmal am Tag optimal für die fotografische Aufnahme mit einer hochauflösenden Kamera positioniert. Die erzeugten Bilder werden mittels verschiedener Algorithmen ausgewertet, d. h. Identifizierung und Extraktion der ROIs sowie Analyse von wesentlichen Bestimmungsmerkmale (Farbe, Textur und Form).

Für die Datenübertragung wurde ein Mesh-Network Konzept entwickelt und für große Anbauflächen um eine Client-Server-Funktionalität erweitert. Zusammengefasst werden alle Module in einer umfassenden Onlineentscheidungshilfe unter [www.isip.de](http://www.isip.de). Dort werden nach Anlage eines virtuellen Gewächshauses auf Basis von Monitoringdaten Empfehlungen zu Art, Ort und Umfang eines Nützlingseinsatzes gegeben. Die Monitoringdaten können entweder manuell eingegeben oder automatisch von einer Erfassungseinheit importiert werden.

Lokale Klimadaten werden in die Modelle eingespeist, die einen gewächshausspezifischen Ausblick auf die Entwicklung von Schaderreger- und Nützlingspopulation geben.

### **Verwertung**

Die automatisierte Entscheidungshilfe wird Betrieben und Beratern der Länder über das Internetportal der amtlichen Beratungsdienste der Länder - [www.isip.de](http://www.isip.de) - zur Verfügung gestellt. Von der wissenschaftlichen Seite steht bei der Verwertung die Beziehung der Insektenanzahl auf der Monitoringfalle mit der aktuellen Populationsdichte von Schädlingen und Nützlingen im Bestand im Vordergrund. Diese Ergebnisse wurden an der LUH für verschiedene Kombinationen erarbeitet und in Form von Abschlussarbeiten, Fachvorträgen und Publikationen verwertet.

Für den Projektpartner iotec GmbH besteht das Verwertungsziel die Demonstratoren der automatischen Erfassungseinheiten weiterzuentwickeln und diese anschließend zu vermarkten. Zudem wird der aktuelle Demonstrator im Projekt IPMaide eingesetzt und erweitert. Eine Grundlage für wichtige Schädlingskomplexe ist somit gelegt, sollte in Zukunft aber um weitere Unterglaskulturen ergänzt und in den Freilandanbau übertragen werden. Durch die Zusammenarbeit mit ISIP ist die Bereitstellung der Entscheidungshilfe für die Praxis über die Projektlaufzeit hinaus gesichert.

### Serviceorientierte Vernetzung von Wetterdaten und Modellergebnissen von Schaderregerprognosen am Beispiel von ZWIPERO (ZwiebelNetz)

#### Projektkoordinator

Dr. Manfred Röhrig  
Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V. (ISIP), Bad  
Kreuznach  
roehrig@isip.de

#### Verbundpartner

Deutscher Wetterdienst (DWD)  
Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz

## Kurzfassung

### Ziel

Für eine Schaderregerprognose werden präzise Informationen über das Mikroklima in einem Bestand benötigt. Ziel des Projekts ist die Nutzbarmachung von modellierten Wetterdaten und Ergebnissen von Modellen zur Schaderregerprognose über serviceorientierte Architekturen. Am Beispiel des Modells ZWIPERO zur Berechnung des witterungsbedingten Befallsrisikos für Falschen Mehltau an Zwiebeln werden sowohl Routinen des Bestandsklimamodells BEKLIMA vom Deutschen Wetterdienst (DWD) als auch Modellergebnisse über ISIP als Webservice zur Verfügung gestellt.

Berater und Landwirte erhalten einen erleichterten Zugang zu computergestützten Entscheidungshilfen und können schlagspezifische Prognosen für das Infektionsrisiko erstellen und die Applikation von Pflanzenschutzmitteln zielgerecht planen.

### Ergebnisse

Neben der Umsetzung der serviceorientierten Vernetzung der einzelnen Module wurden die pflanzengeometrischen Parameter des BEKLIMA an die Zwiebel optimiert und ein Entwicklungsmodell für die Parameter Bestandshöhe und Blattflächenindex (LAI) entwickelt, um eine Anpassung von ZWIPERO an verschiedene Boden- und Klimaräume durchzuführen.

Für die neue Parametrisierung der Zwiebelentwicklung wurden Daten aus Feldversuchen und Praxisschlägen vom Verbundpartner DLR Rheinpfalz, dem DWD und den landwirtschaftlichen Beratungsdiensten aus Nordrhein-Westfalen, Bayern und Niedersachsen ausgewertet. Die Pflanzenparameter werden über Temperatur- und Globalstrahlungssummen errechnet. Beim Vergleich mit den Messdaten wurden bei der

Bestandshöhe gute Übereinstimmungen mit dem Entwicklungsmodell gefunden und eine Unterteilung nach mittelfrühen und mittelspäten Sorten vorgenommen.

Die Bestimmung des LAI mit einem optischen Verfahren hat sich als ungeeignet herausgestellt, weshalb auf die Entnahme von Pflanzen und Bestimmung der Blattfläche per Durchzugsscanner zurückgegriffen wurde. Vermutlich sind die ungewöhnliche Blattgeometrie und die senkrechte Blattstellung der Zwiebel limitierende Faktoren beim optischen Verfahren. Im Gegensatz zur Bestandshöhe wurde aufgrund der geringeren Datenmenge eine sortenunspezifische LAI Entwicklung parametrisiert.

Um verschiedenste Bodentypen zu berücksichtigen, kann über Geo-Koordinaten aus der Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland (BüK1000) ein Bodentyp bestimmt werden. Ebenso ist es möglich, einen Standardboden manuell auszuwählen.

Mit der neuen Bestandsführung des Entwicklungsmodells und den Messwerten einer nahegelegenen Wetterstation wurden die entscheidenden Parameter Bestandstemperatur, -feuchte und Blattbenetzung simuliert und mit Messungen im Bestand validiert (siehe Abbildung 1). Dabei zeigte sich, dass das Bestandsklima durch die neue Modellierung etwas feuchter und kühler wird und durch die temperatur- und strahlungsabhängige Bestandsführung auch im außergewöhnlichen Wetterjahr 2018 näher an den Messungen lag.



Abbildung 1: Blattbenetzungssensor in einem Saatzwiebelpraxisschlag in Niedersachsen.

Der DWD-Webservice kommuniziert intern mit dem BEKLIMA über eine Datenbank und nutzt eine Auftragsverwaltung. Somit entstehen nur bei Neuanlage oder Änderungen der schlagspezifischen Parameter Wartezeiten von einigen Sekunden. Bereits bekannte Aufträge werden täglich mit den Wetterprognosen aktualisiert und vorgerechnet. Somit entstehen bei erneutem Abruf keine Wartezeiten und die Daten können direkt

weiterverarbeitet werden. Der Webservice ist als reine Maschine-zu-Maschine Kommunikation ausgelegt und dient als Eingangsdatensatz für das Modul ZWIPERO. Dadurch wird eine interaktive Nutzung und schlagspezifische Prognose des Modells ermöglicht.

### **Verwertung**

Zum Ende des Projekts steht eine überarbeitete und operationell nutzbare Entscheidungshilfe für das Schaderregermodell ZWIPERO zur Verfügung. Die universelle Schnittstelle zum BEKLIMA eröffnet Möglichkeiten der Berechnungen des Bestandsklimas und angeschlossener Prognosemodelle für andere Kulturen und Schaderreger.



### Netzwerk für den Wissenstransfer und die Implementierung der Leitlinien Integrierter Pflanzenschutz im Sektor Vorratsschutz (VSnet)

#### Projektkoordinator

Nadine Feuerbach  
 Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI),  
 Berlin  
 nadine.feuerbach@julius-kuehn.de

#### Verbundpartner

Bundesverband der Agrargewerblichen Wirtschaft e.V. (BVA)

#### Projekthomepage

<https://www.netzwerk-vorratsschutz.de/vsnet/de/home>

## Kurzfassung

### Ziel

Sowohl aus betriebs- als auch aus volkswirtschaftlicher Sicht ist der Schutz der Ernteprodukte während der Lagerung (Vorratsschutz) unabdingbar, um Befall zu verhindern beziehungsweise diesem entgegenzuwirken. Dafür sind geeignete Lagerstätten, gut ausgebildetes Personal und eine möglichst breite Palette an praktikablen, vorbeugenden und direkten Maßnahmen erforderlich. Um allen Praktikern, die Getreide und andere Schüttgüter lagern, Handlungshilfen für den integrierten Pflanzenschutz (IPS) an die Hand zu geben, wurde die sektorspezifische IPS-Leitlinie für den Vorratsschutz erarbeitet. Diese Leitlinie wurde am 2. Mai 2019 im Bundesanzeiger veröffentlicht und im Anhang 1 des *Nationalen Aktionsplans* zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln aufgenommen. Mit dem „Netzwerk Vorratsschutz“ (VSnet) soll diese Leitlinie in der Praxis erprobt, bekannt gemacht und weiterentwickelt werden (siehe Abbildung 1). Die Verbreitung von anwendungsbereitem Wissen über praktikable, vorbeugende und nichtchemische Maßnahmen trägt dazu bei vermeidbare Lagerverluste zu verringern und die Abhängigkeit des Vorratsschutzes von chemischen Mitteln weiter zu reduzieren. Darüber hinaus soll der Kontakt zwischen Forschung und Praxis weiter ausgebaut werden. VSnet bedient die Punkte „Wissenstransfer“, „Praxisbezug“ und „Netzwerke“.

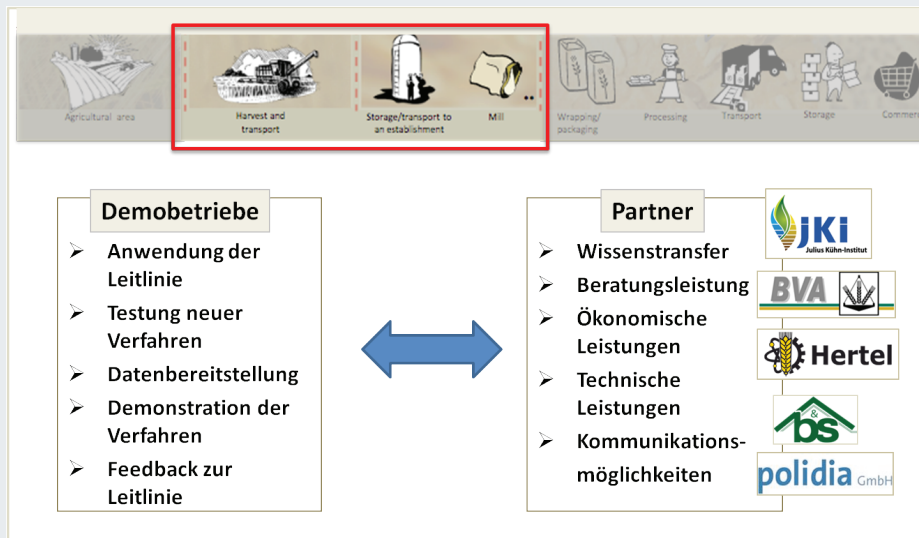


Abbildung 1: Arbeitsweise im VSnet Projekt.

## Ergebnisse

Nach der Erfassung der jeweiligen Lagerpraxis und der aktuellen Umsetzung des Vorratsschutzes bei den einzelnen Demonstrationsbetrieben (siehe Abbildung 2) wurde der individuelle Beratungsbedarf ermittelt. Auf dieser Basis findet durch die Projektpartner eine intensive Betreuung der beteiligten Demonstrationsbetriebe zur Umsetzung der Vorratsschutz-Leitlinie statt. In Abstimmung mit dem jeweiligen Demonstrationsbetrieb werden zudem neue, innovative Vorratsschutzmaßnahmen getestet, wie beispielsweise die nachträgliche, gasdichte Beschichtung eines Silos, Verfahren zur Schlauchlagerung oder der Einsatz von Nützlingen. In VSnet-Seminaren findet ein reger Austausch der Demonstrationsbetriebe untereinander, mit den Projektpartnern und eingeladenen Experten statt. Die Erfahrungen der Demonstrationsbetriebe vermitteln diese auch an Praktiker außerhalb des Projektes. Unter anderem präsentieren sie im Rahmen von „Hoftagen“ interessierten Fachbesuchern die betriebsindividuell umgesetzten Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes im Bereich Vorratsschutz. So hat beispielsweise die Velaro GmbH & Co. KG Anfang November 2019 das nach australischem Standard abgedichtete Silo vorgestellt und über erste Erfahrungen mit der Getreidelagerung in diesem Silo berichtet.



Abbildung 2: VSnet Demonstrationsbetriebe.

## Verwertung

Die zunehmende Globalisierung, der Klimawandel, der Mangel an Pflanzenschutzmitteln und die Zunahme von Resistenzen sorgt dafür, dass der Schädlingsdruck weiter zunimmt. Zum Beispiel begünstigen milde Winter die Etablierung nichtheimischer Schädlingsarten, eine Überwinterung der Schädlinge am und im Lager oder auf den Feldern. Die Zunahme von Wetterextremen führt darüber hinaus zu starken Schwankungen der Erntequalität, sodass Trocknungs- und Reinigungsschritte häufiger notwendig werden. Auf diese Gegebenheiten müssen sich alle Lagerhalter zukünftig einstellen. Im Rahmen des Projektes soll das Schädlingsmonitoring in den Betrieben weiterentwickelt werden.

Aber auch unabhängig von diesen Entwicklungen ist es wichtig, dass die Praktiker das Wissen über die verschiedenen Möglichkeiten einer sicheren Lagerung von Ernteerzeugnissen ausbauen und sie sich einen Überblick über innovative Methoden verschaffen.



### **Neue Verfahren der optischen Früherkennung und der schadstofffreien Bekämpfung vorratsschädlicher Insekten mit Laserstrahlen (Insektenlaser)**

#### **Projektkoordinator**

Dr. Cornel Adler  
Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI),  
Berlin  
cornel.adler@julius-kuehn.de

#### **Verbundpartner**

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.  
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Das Projekt hat zum Ziel, mithilfe künstlicher Intelligenz (KI), ein Kamerasystem zur Bildererkennung vorratsschädlicher Insekten am Beispiel des Kornkäfers und der Dörr-obstmotte zu trainieren. Gedacht ist dabei an eine Nutzung in geschlossenen Vorratslagern oder Räumen der Lebensmittelindustrie, in die Insekten, angelockt durch attraktive Geruchsstoffe aus dem Lagergut oder Lockstoffen von bereits vorhandenen Artgenossen oder paarungsbereiten Partnern, aktiv eindringen. Dieses Eindringen muss durch möglichst gasdichte Baugestaltung unterbunden werden.

Ist doch ein Insekt in das Gebäudeinnere gelangt, wird das Tier durch ein bewegliches Kamerascan- und Lichtsystem optisch erfasst. Die Aufenthaltskoordinaten des Insekts werden nach erfolgter Bestimmung an eine Lasereinheit übermittelt, die das Insekt per Laserstrahl durch einen geeigneten Energieimpuls abtötet. Auf diese Weise können eingedrungene Schadinsekten frühzeitig erkannt und möglichst noch vor der Vermehrung physikalisch abgetötet werden. In Kombination mit schädlingsdichter Bauweise ergibt sich so ein nachhaltiges System des Vorratsschutzes und der Lebensmittelverarbeitung, auch für ökologisch erzeugte Produkte.

Die Kontamination von Lebensmitteln kann frühzeitig unterbunden werden. Dies kommt dem Wunsch der Konsumenten nach unbelasteten Lebensmitteln entgegen und verringert die Abhängigkeit von synthetischen Schädlingsbekämpfungsmitteln sowie deren Risiken (Kontamination der Arbeitsoberflächen, Rückstände im behandelten Lebensmittel, Resistenzbildung bei regelmäßiger, unzureichender Anwendung).



## Ergebnis

Die erste Projektphase wurde nachweislich erfolgreich abgeschlossen. Zunächst erfolgte die Evaluation von Lichtquellen, Kamerasensoren, Lasereigenschaften in Bezug auf die Eigenschaften der Insekten und deren Umgebung. Mithilfe eines intensiven Trainings („deep learning“) des KI-Systems mit Bilddaten aus Fotos und Videos wurde eine Kameradetektion und -erkennung von Kornkäfern und Dörrobstmotten mit hoher Trefferwahrscheinlichkeit möglich. In jedem Fall der Detektion, egal ob Erkennung oder Nichterkennung der abzutötenden Insektenart, erfolgte während des Trainings ein Monitoring zur manuellen Begutachtung.

Die Erkennung gelingt derzeit in einem festgelegten Arbeitsabstand, da die Größe ein wichtiges Entscheidungskriterium ist. Die Insekten nehmen auf dem Kamerasensor nur wenige Pixel ein. Außerdem kann ein leistungsdefinierter Laserstrahl zur Abtötung der Insekten eingesetzt werden, ohne dass es zu Schädigungen von Untergründen oder Getreidekörnern kommt. Mithilfe der Anwendung physikalischer Verfahren in diesem Projekt konnten auch Verhaltensmuster der Insekten sowie biologische Effekte untersucht werden.

## Verwertung

Die Ergebnisse zeigen, dass prinzipiell eine Nutzung des Insektenlasersystems in der Lagerung, der Lebens- und Genussmittelherstellung möglich ist. Denkbar ist eine reine Kameranutzung zur Schädlingsfrüherkennung. In vielen Anwendungsbereichen ist aber auch die Kombination mit dem Laser sinnvoll und erscheint in geschlossenen Räumen (während der Abwesenheit von Personal) sicher einsetzbar.

In einem weiteren Schritt erscheint auch die Anwendung gegen weitere Vorratsschädlinge sowie Hygiene-, Material- und Museumsschädlinge denkbar, die ebenfalls in geschlossenen Räumen auftreten.

Zunächst soll jedoch die synchrone Koordinatenweitergabe an die Laserquelle hergestellt und eine praktische Einsetzbarkeit im Kleinmaßstab geprüft werden.

# Sektion 3: Digitalisierung in der Land- und Ernährungswirtschaft



**Innovationsprozess zur Entwicklung einer online-Plattform, die die Schnittstelle zwischen lebensmittelspendenden Unternehmen aus Industrie und Handel an die Tafeln digitalisiert und vereinfacht (eco-Plattform)**

**Projektkoordinator**

Inga Leffers  
Tafel Deutschland e.V., Berlin  
leffers@tafel.de

**Verbundpartner**

Tafel-Akademie gGmbH, ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH

**Projekthomepage**

<https://www.tafel.de/projekte/tafel-macht-zukunft-gemeinsam-digital/>

## Kurzfassung

### Ziel

Im Mittelpunkt steht die Entwicklung und Pilotierung einer Onlineplattform – der „eco-Plattform“. Gemeinsam mit einer Auswahl von Tafeln sowie Lebensmittelhändlern und -herstellern werden Prozesse der Lebensmittelabgabe an die Tafeln digitalisiert und es wird getestet, wie Prozesse der Lebensmittelannahme und -verteilung optimiert werden können.

Die Kernziele sind:

- » Lebensmittelrettung erhöhen
- » Arbeitsprozesse digital unterstützen und erleichtern
- » Planbarkeit und Kommunikation verbessern
- » Spendendaten erfassen
- » Routenplanung optimieren
- » Verteilung von Lebensmittelspenden verbessern

### Ergebnisse

Die Bandbreite der beteiligten Akteure und die Erschließung des Themas Digitalisierung mit Blick auf die Tafeln machen das Projekt zu einem bislang einmaligen Innovationsvorhaben zur Weiterentwicklung der Tafel-Arbeit. Von Beginn an sind Tafeln in unterschiedlichen Rollen in die Konzeption sowie Testphasen involviert. Sie stellen mit ihrem Feedback sicher, dass eine nutzer\*innenfreundliche und bedarfsgerechte Lösung entwickelt wird. Ehrenamtliche Digital Coaches unterstützen die teilnehmenden Tafeln bei digitalen Fragen. Zudem sind die lebensmittelspendenden Unternehmen aus Handel und Herstellung entscheidende Projektakteure (siehe Abbildung 1).

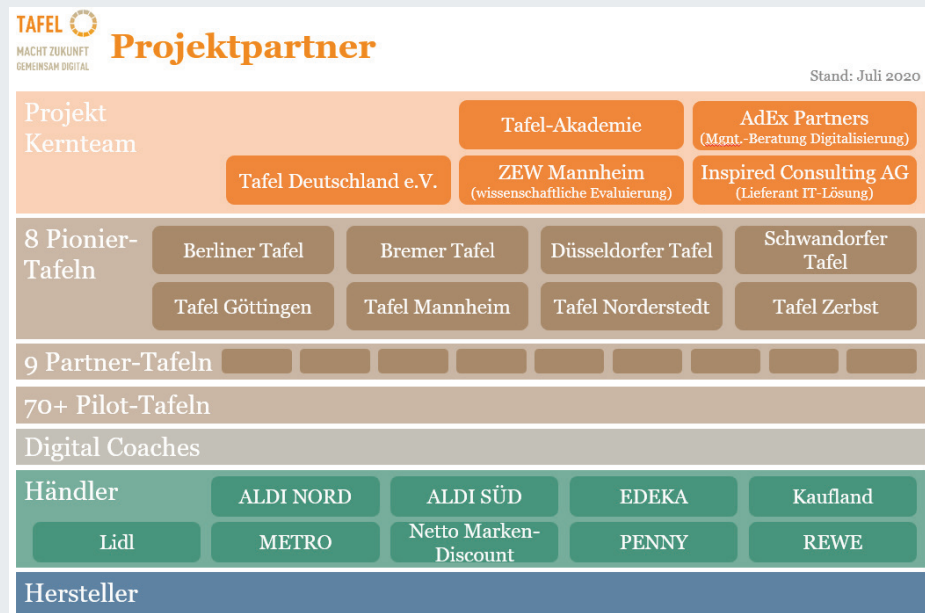


Abbildung 1: Projektpartner

Die eco-Plattform (Abbildung 2) setzt mit ihren sechs modellartigen Bausteinen die Ziele des Projektes um. In aufeinanderfolgenden Phasen werden die Bausteine der eco-Plattform entworfen, programmiert, vor Ort von Tafeln getestet und iterativ auf Basis von User-Feedback angepasst. Je nach Baustein sind die Partnerunternehmen der Händler und Hersteller involviert.

Der erste Baustein („Digitalisierter Lieferschein“) ermöglicht mittels einer Touren-App die digitale Erfassung der Lebensmittelspenden beim Abholen der Ware bei den Märkten. So wird der bis dato bei der Spendenabholung in Papierform ausgefüllte Lieferschein nun sowohl bei Tafeln als auch bei spendenden Betrieben digital erfasst. Die „Übergreifende Dokumentation & Datenerhebung“ (Baustein 2) bietet sowohl für Tafeln als auch für die Unternehmen ein Reporting über die Menge der gespendeten Lebensmittel.

Der dritte Baustein vernetzt die Tafeln im Umkreis miteinander, um den Warenaustausch untereinander zu vereinfachen und fördern. Kann eine Tafel gespendete Waren nicht verwenden, stellt sie diese über die eco-Plattform anderen Tafeln auf dem sogenannten Marktplatz zur Verfügung.

Mit dem vierten Baustein („Anbindung Handel“) werden die Händler technisch an die eco-Plattform angebunden, um die Abholung der Lebensmittelspenden effizienter zu gestalten. Die „Dynamische Routenplanung“ (Baustein 5) ermöglicht eine Optimierung der Routen sowie die Disposition spontaner Spendeneingänge auf die Touren. Die Annahme und Verteilung von Großspenden, die von Herstellern an Tafel Deutschland gespendet werden, wird mit Baustein 6 (Anbindung Hersteller) und in enger Zusammenarbeit mit den Tafel-Landesverbänden weiterentwickelt.

Die Basis der eco-Plattform bildet das Dashboard zur Verwaltung der Stammdaten, Tourenplanung, sowie die Übergreifende Dokumentation und Datenerhebung.



Abbildung 2: Darstellung der 6 Bausteine der eco-Plattform

### Verwertung

Die Ergebnisse erster Live-Tests zeigen, dass eine effizientere Vernetzung der Akteure einen wichtigen Beitrag leisten kann, um die Abholung von Lebensmittelspenden sicherzustellen und Tafel-Prozesse effizienter zu gestalten. Durch die Einführung in die eco-Plattform werden digitale Kompetenzen gestärkt und Berührungspunkte mit neuen Technologien abgebaut. Nicht zuletzt zeigt das große Interesse der Tafeln an der eco-Plattform, bereits in diesem frühen Entwicklungsstadium, die Potentiale für eine Ausweitung der Nutzung im Anschluss an die Pilotierung. Der Weiterbetrieb der eco-Plattform wird über das Projekt hinaus geplant.

## Früherkennung von Apfeltriebsucht und Birnenverfall durch Remote sensing und Auswertung mit Methoden des maschinellen Lernens (Digitaler Obstbau)

### Projektkoordinator

Dr. Wolfgang Jarausch  
 AlPlanta-IPR, RLP AgroScience, Neustadt an der Weinstraße  
 wolfgang.jarausch@agrosience.rlp.de

### Verbundpartner

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.  
 Spatial Business Integration GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Apfeltriebsucht (AT) und Birnenverfall (Pear decline, PD) sind wirtschaftlich bedeutende Phytoplasma-Krankheiten von Apfel und Birne in Europa, für die es keine direkten Bekämpfungsmöglichkeiten gibt. Um eine weitere Ausbreitung dieser Quarantänekrankheiten zu verhindern, helfen nur prophylaktische Maßnahmen, wie eine Bekämpfung der übertragenden Insekten mit Insektiziden sowie die Rodung befallener Bäume. Darüber hinaus erfordert die Eindämmung der Erkrankungen ein koordiniertes regionales Vorgehen. Ziel des Projektes ist es daher, ein Diagnoseverfahren zu entwickeln, das die Krankheiten in Luft- und Satellitenbildern sowohl frühzeitig als auch großflächig erkennen kann. Die durch die Phytoplasmen verursachte biochemische Veränderung in der Pflanze, die sich in einer spezifischen Rotfärbung äußert, soll hierfür genutzt werden. Multi- und hyperspektrale Daten sollen mit Hilfe von Methoden des maschinellen Lernens analysiert und für eine spezifische Fernerkennungsmethode von AT und PD genutzt werden. Die Erkennung auf Basis von Drohnen- oder Satellitendaten soll in einem Entscheidungshilfesystem als Dienstleistung in verschiedener Form für einzelne Anbauer, Genossenschaften oder auf regionaler Ebene für Pflanzenschutzdienste angeboten werden. Die Methode kann dann die arbeitsintensive visuelle Bonitur vor Ort ersetzen und die Diagnosezuverlässigkeit speziell bei Birne verbessern.

### Ergebnisse

Die spezifische Rotfärbung bei einer Infektion mit AT oder PD tritt vom Spätsommer bis zum Herbst auf. Das Projekt läuft deshalb über vier Vegetationsperioden. Erste Ergebnisse liegen bislang für 2019 vor. Die Modellregion zur Etablierung der Fernerkennung von AT und PD ist die Pfalz, in der geeignete Anlagen ausgewählt und visuell auf AT- bzw. PD-Symptome bonitiert wurden. Der spezifische Nachweis eines Phytoplasmabefalls erfolgte mittels molekularem PCR Test. Die Ergebnisse zeigten eine sehr hohe Korrelation (90%) von molekularem Nachweis mit einer vorzeitigen Rotfärbung befallener Apfelbäu-

me. Diese Korrelation ist bei Birne geringer und soll in den Folgejahren näher untersucht werden. Die Rotlaubigkeit bei Apfel konnte auch experimentell mit Versuchspflanzen im Klimaschrank induziert werden. Hierbei spielen spezifische Temperaturschwankungen eine entscheidende Rolle.

Symptomatische und nicht-symptomatische Blätter von Freilandbäumen sowie Versuchspflanzen wurden unter kontrollierten Bedingungen im Labor hyperspektral analysiert. Hierzu wurden hochauflösende Spektalkameras (Hypex VNIR 1600 und SWIR 320m-e) verwendet. Mit Hilfe von Methoden des maschinellen Lernens wurden diejenigen Wellenlängen identifiziert, in denen sich die spektrale Reflexion gesunder und kranker Blätter signifikant unterschied. Die Ergebnisse aus visueller Bonitur und molekularer Analyse dienten als Trainingsdaten für verschiedene statistische Modelle und neuronale Netze. Die so entwickelten Algorithmen ermöglichten eine erste spezifische Detektion von AT und PD. Auf Basis dieser Ergebnisse sollen im 2. Projektjahr Drohnenflüge mit Multi- oder Hyperspektalkameras durchgeführt werden, um eine erste Fernerkennung der Krankheiten zu erreichen.

Um größere Flächen effizient überwachen zu können, werden Satellitenbilder genutzt. In diesen müssen zunächst die Apfel- und Birnenanlagen identifiziert werden. Die Landnutzungsklassifizierung der Obst- und Weinanlagen im Testgebiet gelang mit einer Genauigkeit von 97 % in Satellitenbildern von PlanetScope mit Methoden des maschinellen Lernens. Auch konnten in einem Satellitenbild des WorldView-3 kranke von gesunden Bäumen unterschieden werden.

### **Verwertung**

Die Ergebnisse des 1. Projektjahres zeigen, dass eine Fernerkennung von AT und PD möglich ist. In den Folgejahren muss die Methode optimiert werden und ihre Robustheit bei wechselnden klimatischen Bedingungen beweisen. Dann ist eine erfolgreiche wirtschaftliche Verwertung zu erwarten, da die Methode personalaufwändige Feldbegehungen und teure molekulare Analysen ersetzen kann.



### **Weiterentwicklung der Anwendung „Elektronischer Beratungsassistent“ für die Getreideproduktion (E-BAs2)**

#### **Projektkoordinator**

Dr. Manfred Röhrig  
 ISIP - Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V., Bad  
 Kreuznach  
 roehrig@isip.de

#### **Verbundpartner**

ZEPP - Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und  
 Programme im Pflanzenschutz

#### **Projekthomepage**

<http://www.zepp.info/proj/lp/227-elektronischer-beratungsassistent-2-0>

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Digitale Anwendungen unterstützen die deutsche Landwirtschaft in einer Vielzahl von Bereichen, bspw. bei einem effizienten und zielgerichteten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes. Hierbei kommt dem Einsatz von Entscheidungshilfesystemen (EHS) eine große Bedeutung zu. Im Rahmen des Verbundprojektes „Elektronischer Beratungsassistent: Entwicklung und Implementierung eines Managementsystems für die Getreideproduktion (E-BAs)“ wurde bereits eine mobile Anwendung für Android-Geräte zur umfassenden Planung der Bestandsführung im Winterweizenanbau entwickelt. Die App nimmt eine logische Verknüpfung mehrerer EHS auf Basis des aktuell prognostizierten BBCH-Stadiums des Winterweizens vor. Sie beinhaltet damit eine „biologische Uhr“ und stellt dem Nutzer zeitlich relevante, schlagspezifische Prognoseergebnisse zur Verfügung. Das Projekt „E-BAs2“ greift dieses Konzept auf und optimiert das System für den Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis. Dazu wird zunächst eine Anpassung des Konzepts an weitere Agrarkulturen vorgenommen und das EHS-Angebot erweitert. Zukünftig wird der E-BAs2 alle unter isip.de verfügbaren EHS für die vier Haupt-Getreidearten (Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Wintertriticale) mobil anbieten können und als Instrument für den gezielten Wissenstransfer in die Praxis dienen.

## Ergebnisse

Das entwickelte Konzept sieht eine gleichwertige Darstellung von individuellen und tagesaktuellen Prognoseergebnissen sowie aktuellen Beratungshinweisen und Befallserhebungen der Offizialberatung vor. Auf Basis flächendeckend vorliegender Wetterdaten und schlagbezogenen Nutzereingaben werden tagesaktuelle Prognoseergebnisse erzeugt. Die sich daraus ableitenden schlagspezifischen Handlungsempfehlungen, die angezeigten Monitoringstandorte sowie Beratungshinweise werden dabei auf das individuelle Bewirtschaftungsgebiet des jeweiligen Nutzers zugeschnitten. Die Ergebnisse und Informationen sind in maximal drei Ebenen untergliedert (Betriebsübersicht – Schlagübersicht – Detailergebnis) und können sowohl in einer Kartenansicht als auch im Tabellenformat angezeigt werden.

Der Import von Schlagdaten erfolgt zunächst manuell. Ein automatisierter Import aus bereits bestehenden Schlagverwaltungssystemen sowie eine Datenübertragung innerhalb des Systems zum Ende des Projekts sind geplant. Grundsätzlich müssen Schlagdaten nur einmal vollständig eingegeben werden, um alle verfügbaren EHS zu bedienen. Liegen die für die Prognose notwendigen Schlagdaten nur unvollständig vor, wird der Nutzer darüber benachrichtigt (sog. push notification, [https://en.wikipedia.org/wiki/Push\\_technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Push_technology)). Der Zeitpunkt der Benachrichtigung richtet sich nach dem für den Schaderreger relevanten BBCH-Zeitraum und orientiert sich an der schlaggenauen Prognose der Bestandsentwicklung. Optionen zur Individualisierbarkeit der Benachrichtigungsfunktionen runden das Konzept ab und ermöglichen dem Nutzer eine Personalisierung im Sinne des jeweiligen Betriebs.

## Verwertung

Nach Abschluss des Projekts wird der E-BAs als App für die Betriebssysteme Android und iOS zur Verfügung stehen.

Das Projekt wird in wissenschaftlichen und praxisnahen Zeitschriften veröffentlicht sowie bei Fachveranstaltungen vorgestellt und beworben. Dies steigert die wissenschaftliche Reputation der ZEPP und erhöht die Reichweite des ISIP-Angebots, wodurch die Integration der EHS in die landwirtschaftliche Praxis gefördert wird.

Die Anwendung kann zudem als Teil-App in andere Anwendungen integriert werden.

Die hier im Projekt zusammengeschlossenen Einrichtungen sind als kompetente Partner für weitere Kooperationen, auch im europäischen Raum, interessant und haben somit bessere Chancen für Anschlussaufträge.





$$a_{ij}x^j \leq b_i$$

# GASSE 2.0

**Gassenaufschluss 2.0: Digitalisierung der Planung und Prozesssteuerung für die Walderschließung auf Basis von Modellen und Algorithmen zur optimalen Ressourcenschonung (Gassenführung)**

#### Projektkoordinator

Dr.-Ing. Ina Ehrhardt

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung, e.V.,  
Magdeburg

ina.ehrhardt@iff.fraunhofer.de

#### Projekthomepage

<https://www.holzlogistik.iff.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/gasse20.html>

## Kurzfassung

### Ziel

Maßnahmen der Walderschließung sind Voraussetzung für spätere Pflegemaßnahmen, Durchforstungen und den Abfluss des Holzes. Die einzelnen Bestandteile der Erschließung müssen im Sinne einer schadensminimierenden, ökologisch und ökonomisch erfolgreichen Waldwirtschaft optimal aufeinander abgestimmt werden. Der Feinaufschluss von Waldbeständen hat dabei eine herausragende Bedeutung und erfordert vor dem Hintergrund ökologischer Wirkungen auf Boden und Bestand, ökonomischer Effekte für den Forstbetrieb sowie technischer und ökonomischer Auswirkungen auf die Leistungserbringung der eingesetzten Forstunternehmen zwingend eine vorausschauende Planung.

Bislang wird die Erschließung, insbesondere die Lage und der Verlauf von Rückegassen, durch das Forstpersonal im Wesentlichen auf Basis ihrer Orts- und Fachkenntnisse geplant. Unterschiedliche Geländebedingungen im Wald, die den Einsatz forstlicher Technik abhängig von der Hangneigung streng limitieren, zeigen beispielhaft Herausforderungen, vor denen das Forstpersonal im Entscheidungsprozess steht.

Die Gassenplanung ist daher nicht nur sehr zeitaufwändig, sondern auf Grund zahlreicher weiterer Einflussgrößen auch so komplex, dass ein optimales Ergebnis zu selten erzielt werden kann. Dieser Umstand steht im Widerspruch zum forstlichen Grundsatz, dass Erschließungswegenetze langfristig Bestand haben müssen. Da in diesem Prozess bislang nur bedingt technische Hilfsmittel zur Verfügung stehen, hatte das Projekt

Gassenaufschluss 2.0 das Ziel, mit der Entwicklung geeigneter Modelle, Verfahren und Algorithmen zu einer deutlichen Verbesserung im Prozess beizutragen.

## Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts wurden Möglichkeiten zur Unterstützung sowohl der Planung von Gassennetzen als auch der Steuerung von deren operativer Umsetzung geschaffen. Dabei ist es erstmals gelungen, richtungs- und technikabhängige Höhenhindernisse im Geländeverlauf eines Waldgebiets auf Basis des digitalen Geländemodells zu berechnen, zu visualisieren und für eine algorithmenbasierte Planung im Forst als ergänzende Datengrundlage zur Verfügung zu stellen (siehe Abbildung 1).

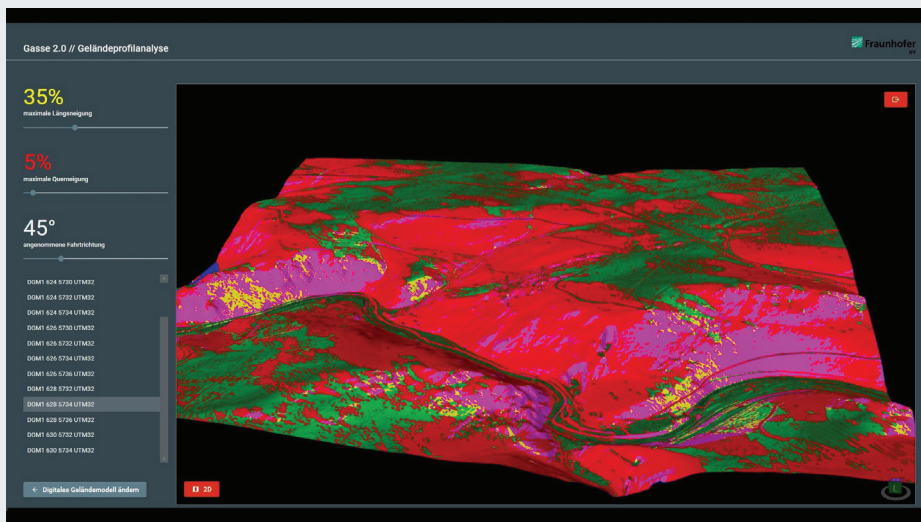


Abbildung 1: Visualisierung berechneter Höhenhindernisse auf Basis des DGM1.

In einem weiteren Schritt erzeugen mathematische Optimierungsalgorithmen auf der Grundlage vorhandener, geodatenbasierter Informationen alle zulässigen Gassennetzvarianten für einen konkreten Planungsfall. Diese werden rechnerisch in Sekundenschnelle einer Bewertung unterzogen. Ein Ranking der hinsichtlich ökologischer, ökonomischer und betrieblicher Kriterien jeweils besten Planungsvarianten unterstützt das Forstpersonal bei der Auswahl einer optimalen Lösung (siehe Abbildung 2).

Bezeichnung	techn. Erschließungsgrad	Ø Transport-Distanz	Verlust an Produktionsfläche	Befahrungsintensität	Abw. bzgl. Windrichtung	Gassendichte	Ø Gassenlänge
aktuell dargestellt	68,72 %	303,89 m	8373,81 m <sup>2</sup>	0 %	22,5 °	362,64 m/ha	75,03 m
X max. Erschließung	68,72 %	303,89 m	8373,81 m <sup>2</sup>	0 %	22,5 °	362,64 m/ha	75,03 m
X min. Rückeent.	-45,57 %	-78,1 m	-5548,06 m <sup>2</sup>	0 %	+22,5 °	-263,49 m/ha	+58,31 m
X min. Verlustfläche	-54,71 %	-7,26 m	-6689,01 m <sup>2</sup>	0 %	+17 °	-317,01 m/ha	-13,67 m
X min. Bef.intens.	-12,11 %	+8,03 m	-1592,84 m <sup>2</sup>	0 %	0 °	-78,37 m/ha	-5,52 m
X gegen Hauptwindr.	-7,24 %	+24,7 m	-841,85 m <sup>2</sup>	0 %	-22,5 °	-39,13 m/ha	+21,65 m
X min. Gassendichte	-54,71 %	-7,26 m	-6689,01 m <sup>2</sup>	0 %	+17 °	-317,01 m/ha	-13,67 m
X min. Gassenlänge	-54,71 %	-7,26 m	-6689,01 m <sup>2</sup>	0 %	+17 °	-317,01 m/ha	-13,67 m

Abbildung 2: Bewertung verschiedener Kenngrößen einer Gassennetzvariante.

Ergänzend wurde ein Verfahren für die Forstunternehmen, die den Gassenaufschluss praktisch umsetzen, entwickelt. Auf Basis vorhandener Lokalisierungstechnologien wird dokumentiert, ob der geplante Gassenverlauf eingehalten wird. Insbesondere bei auftretenden Störungen oder Abweichungen wird in Abstimmung mit dem Forstpersonal der weitere Arbeitsverlauf in geeigneter Form angepasst.

### Verwertung

Auf Grundlage der konzipierten Verfahren und erfolgreich umgesetzten Algorithmen stehen Demonstrationslösungen sowohl für die Planungsunterstützung als auch für operative Steuerungsprozesse zur Verfügung. Beide Verfahren wurden in der betrieblichen Praxis des zum Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt gehörenden Forstbetriebs Oberharz untersucht und hier getestet. Die Ergebnisse zeigten die Mehrwerte deutlich auf, die eine algorithmenbasierte Planungsunterstützung bei einer routinemäßigen Verwendung in der Forstwirtschaft bietet. Mit den entwickelten Verfahren kann in der forstlichen Praxis nicht nur die Effizienz im Planungsprozess erhöht, der Aufwand für das Forstpersonal gesenkt sowie eine ökonomische und ökologische Bewertung der Planungen unter Berücksichtigung betriebspezifischer Ziele verwirklicht werden. Damit wird auch ein Beitrag zur Erhöhung der (langfristigen) Planungssicherheit und zur Sensibilisierung des Forstpersonals für Konsequenzen planerischer Entscheidungen geleistet.

## Adaptive Regelung der Ernte- und Reinigungsorgane bei Rübenrodern auf Basis bildbasierter Qualitätsbewertung (ARERO)

### Projektkoordinator

Dr.-Ing. Jan Schattenberg, Technische Universität Braunschweig,  
Braunschweig  
j.schattenberg@tu-braunschweig.de

### Verbundpartner

CLK GmbH, HOLMER Maschinenbau GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Das Ziel des Verbundprojektes ARERO war es, ein neuartiges Assistenz- und Regelsystem zu entwickeln und zu erproben, bei dem die Erntequalität auf der Maschine online erfasst und die Rode- und Reinigungsorgane adaptiv an die jeweiligen Feldverhältnisse angepasst bzw. dem Fahrer Handlungsempfehlungen gegeben werden. Die wissenschaftlichen und technischen Arbeitsziele waren dabei die Abbildung der Wirkzusammenhänge im Rübenroder, die Entwicklung einer bildbasierten Qualitätsbewertung der Rüben im Erntebetrieb und die Optimierung der Maschineneinstellung, mit dem Ziel, den Ertrag zu steigern und Kosten zu minimieren (siehe Abbildung 1).

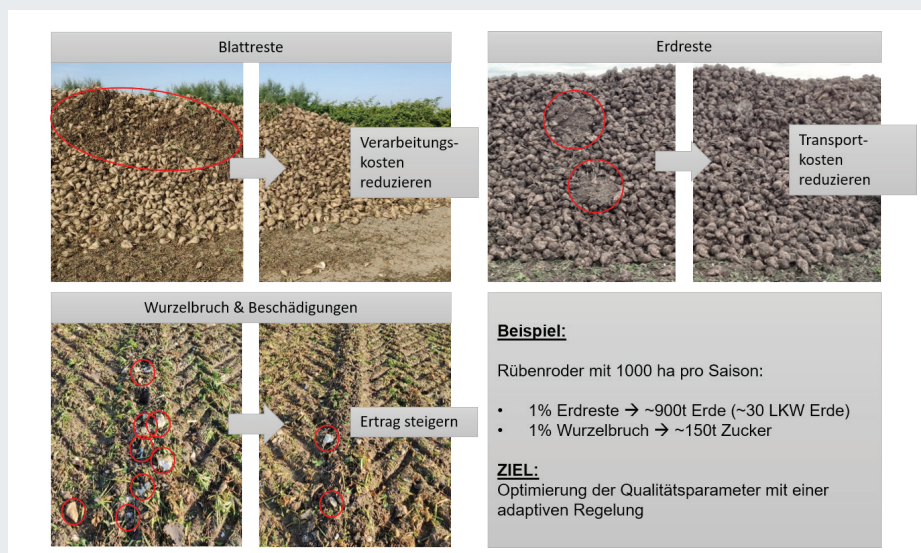


Abbildung 1: Potentiale der Optimierung von äußeren Qualitätsparametern bei der Ernte von Zuckerrüben anhand von drei Beispielen (Blattreste, Erdreste und Wurzelbruch & Beschädigungen).

Die Herausforderungen waren zum einen die Entwicklung eines bildbasierten Sensorsystems für die Online-Qualitätsbewertung und zum anderen das Sammeln des Expertenwissens für die algorithmische Abbildung der Wirkzusammenhänge des Ernteprozesses und eine darauf aufbauende Optimierung der Maschineneinstellung hinsichtlich Qualität und Effizienz.

### **Ergebnisse**

Im Vorhaben wurde ein Köpfbunkerroder mit einem Kamerasensor ausgestattet, der für die Online-Erfassung von Qualitätsparametern in den ersten Versuchsreihen speziell konfiguriert wurde. Bei der Datenerhebung mit der ausgerüsteten Maschine wurden anschließend die Maschinenparameter gezielt von den Fahrern manipuliert, um verschiedene Variationen der Erntequalität erfassen zu können. Parallel dazu wurde das benötigte Expertenwissen dokumentiert und die Maschinendaten für die Abbildung der Wirkzusammenhänge aufgezeichnet.

Für die Umsetzung der maschinellen Auswertung der Bilddaten stellte die wechselnde Sonneneinstrahlung ein komplexes Problem dar, dessen Lösung mittels Hard- und Software untersucht wurde. Die besten Ergebnisse lieferte schließlich der Einsatz von Deep Learning Algorithmen, da diese durch das gezielte Training eine gegenüber der Sonneneinstrahlung robuste Segmentierung von Qualitätsmerkmalen ermöglichten.

Zur Modellierung der Wirkzusammenhänge und für die Bewertung der Bildverarbeitungsalgorithmen wurden die erhobenen Daten auf Basis des Expertenwissens maschinell geclustert. Anschließend wurde anhand der Cluster ein Datensatz für die Auslegung der Algorithmen ausgewählt, der eine gute Verteilung der Qualitäts- und Maschinenparameter im Parameterraum hat. Für die Modellierung der Prozesse wurden verschiedene Methoden des maschinellen Lernens untersucht. In Abbildung 2 ist die berechnete Qualität anhand der funktionalen Zusammenhänge aus dem geeignetsten Prozessmodell über der Expertenbewertung für den Datensatz dargestellt.

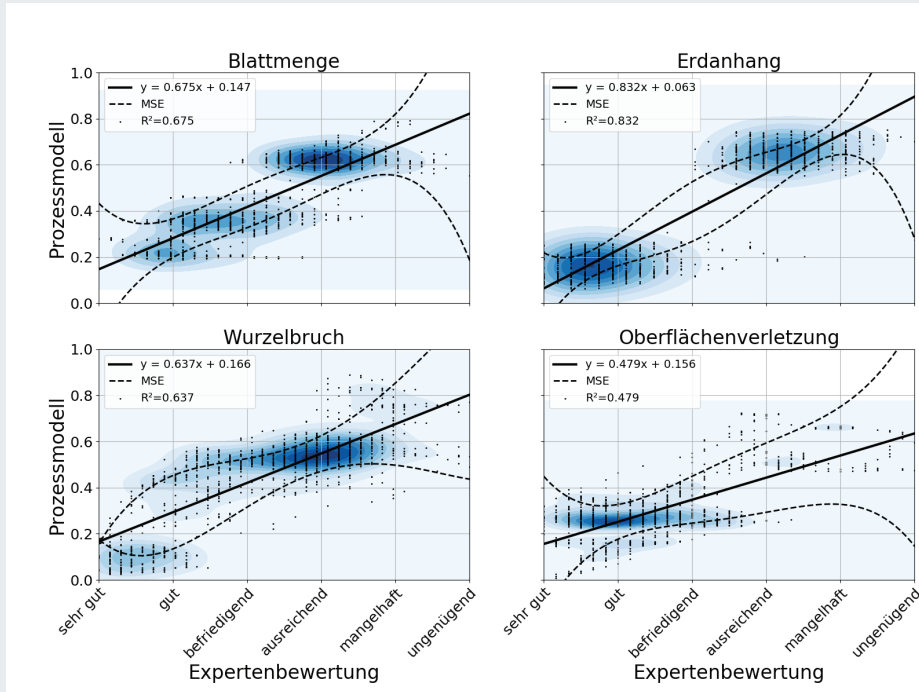


Abbildung 2: Prozessmodelle zur Abbildung der Qualitätsparameter mittels der Maschinendaten. Die Qualitätsparameter wurden durch die Bewertung der Kameradaten durch Experten bestimmt.

Zur Erprobung wurde das System auf einem Jobrechner implementiert und in Feldversuchen getestet. Die Handlungsempfehlungen wurden schließlich in Rücksprache mit den Fahrern zumeist positiv bewertet und spiegelten die optimale Einstellung der Fahrer wider.

## Verwertung

Im Projekt konnte der *Proof of Concept* für eine adaptive Regelung eines Köpfbunkerroders anhand einer bildbasierten Qualitätsbewertung erbracht werden. Aufgrund der technischen Erfolgsaussichten wurden im Projektzeitraum ein Schutzrecht angemeldet und eine Skizze für ein Nachfolgeprojekt eingereicht. Aufbauend auf den bisherigen Forschungs- und Entwicklungsergebnissen sollen darin die Ergebnisse abgesichert und die Lücke zwischen dem prototypischen Funktionsnachweis und einem Vorserienprodukt minimiert werden. Die Ergebnisse aus dem *Proof of Concept* sind vielversprechend und stellen eine breite Nutzung in Aussicht, um die zunehmende Komplexität der Maschinen beherrschbar zu machen und die Maschine weitgehend automatisch zu parametrieren.

## Entwicklung eines intelligenten Curtain-Lüfter-Sensor-Systems zur Optimierung des thermischen Komforts von Rindern (iCurS)

### Projektkoordinator

Prof. Dr.-Ing. Eva Schwenzfeier-Hellkamp  
 Fachhochschule Bielefeld, Bielefeld  
 eva.schwenzfeier-hellkamp@fh-bielefeld.de

### Verbundpartner

DeLaval Services GmbH  
 ATS Elektronik GmbH  
 Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen  
 Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse

## Kurzfassung

### Ziel

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines intelligenten Curtain-Lüfter-Sensor-Systems für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung mit dem Fokus auf der Milchviehhaltung, das mit einer neuen bezahlbaren Systemsteuer- und Regeleinheit einschließlich Stallsensornetzwerk gesteuert wird und somit zu einem bedarfsorientierten Stallklima für Mensch und Tier beiträgt. Durch das Zusammenwirken einer geeigneten Sensorik sowie einer adaptiven Systemsteuer- und Regeleinheit können die einzelnen Funktionsbereiche der Tiere sowie die Mikroklimazonen innerhalb der Stallumgebung gezielt optimiert werden.

Durch eine im Curtain integrierte Beleuchtungstechnologie kann zusätzlich die Synchronisierung des Tierverhaltens unterstützt und als Nacht- und Sicherheitsbeleuchtung verwendet werden. Die Nutzung einer kostengünstigen Sensorik schafft Anreize, eine Überwachung der Schadgase auch über die gesetzlichen Anforderungen hinweg zu realisieren. Die Sensorik soll dabei kabellos und wartungsarm über einen Funkstandard realisiert werden, um hier ein hohes Maß an Nutzerakzeptanz zu generieren. Die Steuerung des Curtain-Lüfter-Sensor-Systems soll darüber hinaus mit einem neuartigen Ortungssystem kombiniert werden. Durch die Detektion des Landwirtes kann somit eine weitere Regelgröße (Anwesenheit Mensch) für das Stallklima eingeführt werden, da dieses sich in Abhängigkeit der Anwesenheit von Menschen ändern sollte. Einen zusätzlichen Mehrwert bietet das System im Sinne einer Einzelarbeitsplatzabsicherung des Landwirts, welche von den Berufsgenossenschaften gefordert wird. Per Mobile-App für Smartphones oder Tablets soll dem Landwirt die einfache und verständliche Möglichkeit zur Parametrierung und Überwachung des Systems gegeben werden. Des Weiteren kann bei kritischen Situationen unmittelbar eine Alarmierung auf das Display des Mobilgerätes abgegeben sowie ein Notruf abgesetzt werden. Darüber hinaus dient das System zur Lokalisierung der Tiere, die mit der Detektion der Bewegungserfassung einhergeht.

### **Ergebnisse**

Nach einer ausführlichen Anforderungsanalyse, welche sich hauptsächlich mit der Sensorik und den vorhandenen Stallsystemen befasst hat, werden aktuell erste Testdurchläufe mit Sensoren in der Stallumgebung erprobt. In der Stallumgebung sollen verschiedene Parameter aufgenommen werden, die einen Einfluss auf das Stallklima haben. Hierbei steht vor allem die Einbindung der Sensoren im Curtain im Fokus. Sowohl die Integration im Curtain als auch die Genauigkeit und die Lebensdauer der Sensoren sind ausschlaggebend für den Erfolg des Projekts. Erste Ergebnisse sollen zum Ende des aktuellen Jahres vorliegen.

### **Verwertung**

Die Vermarktung des Gesamtsystems soll nach erfolgreichem Abschluss des Projektes über den Partner DeLaval erfolgen, wobei die Firma ATS Elektronik die Teilkomponenten zuliefern wird. Bei dem Unternehmen DeLaval handelt es sich um einen weltweit führenden Anbieter von Produkten und Lösungen für die Milchwirtschaft mit einem gut ausgebauten globalen Distributionsnetz und somit hervorragenden Marktzugängen. Der landwirtschaftliche Markt wird vom Unternehmen ATS Elektronik GmbH bisher nur regional mit dem Schwerpunkt der drahtlosen Kommunikationstechnologie bedient und insoweit ist ein direkter Marktzugang zu den anzusprechenden Märkten und Zielgruppen nicht vorhanden. Bei dem hier vorgestellten Projekt handelt es sich durch die Kooperation mit DeLaval für die ATS Elektronik GmbH um die Erschließung eines bisher nicht bedienten Marktes bzw. einer bisher nicht bedienten Zielgruppe.

Zusätzlich wird die Fachhochschule Bielefeld die wissenschaftliche Verwertung übernehmen und gewonnene Erkenntnisse weiter in die Forschung einbringen und in der Lehre präsentieren. Haus Düsse wird sich ebenfalls das gewonnene Wissen zu Nutzen machen und den Wissenstransfer in die Praxis übernehmen.



### Verbesserung des Betriebsmanagements durch Kombination von Stall- und Weidedaten (CowData)

#### Projektkoordinator

Dr. Marianne Cockburn  
Agroscope, Tänikon (Schweiz)  
marianne.cockburn@agroscope.admin.ch

#### Verbundpartner

Thünen-Institut für Ökologischen Landbau  
Humboldt-Universität zu Berlin, ILVO (Belgien)

#### Projekthomepage

<https://www.cowdata.info>

## Kurzfassung

### Ziel

Während der täglichen Arbeit auf landwirtschaftlichen Betrieben fällt besonders zu Zeiten der zunehmenden Technisierung eine große Menge unterschiedlicher Daten an. Auf Milchviehbetrieben sind dies zum Beispiel Daten über die Milchleistung, die Fütterung, das Weidemanagement und das Wetter. Auch Daten zur Tiergesundheit und zum Verhalten werden regelmäßig aufgezeichnet.

In der Regel werden diese wertvollen Informationen durch verschiedene Systeme und in unterschiedlichen Formaten erfasst, die nicht oder nur in geringem Maße kompatibel miteinander sind. Da die Verknüpfung und Interpretation oftmals mit einem sehr großen Aufwand verbunden sind, kann das volle Potential, das diese Informationen eigentlich für das Betriebsmanagement haben, meist nicht ausgeschöpft werden.

Das Projekt CowData möchte diesem Problem entgegenwirken und hat es sich zum Ziel gemacht, eine generische Datenplattform zu entwickeln, um all die täglich anfallenden Informationen zu vereinen und durch intelligente Interpretation für das Betriebsmanagement nutzbar zu machen. Zusätzlich werden auf den Versuchsbetrieben der Projektpartner neue Algorithmen entwickelt, um weitere Anwendungsmöglichkeiten zu schaffen. Auf diese Weise sollen die Vorteile solch einer Plattform auf der Betriebsebene, aber auch im Sinne des Tierwohls erschlossen und demonstriert werden.

## Ergebnisse

Endgültige Ergebnisse liegen derzeit noch nicht vor. Derzeit wird intensiv an der Forschungs-Datenplattform gearbeitet, welche alle wesentlichen Datenströme bündeln soll, die für fundierte Entscheidungen im Betriebsmanagement notwendig sind.

Die Algorithmen und Erkenntnisse aus den Versuchen, die in diese Plattform fließen sollen, sind bereits fortgeschritten. In einem Versuch konnte gezeigt werden, dass auch Kühe in intensiven Haltungssystemen eine gewisse *circadiane* Rhythmik entwickeln können, diese aber bestimmten Faktoren, wie beispielsweise dem Melkmanagement, unterliegt. Die Ergebnisse der Studie sollen dazu beitragen, zukünftig Defizite in Tierwohl und -gesundheit automatisiert aufzudecken.

Es finden außerdem parallel zwei Versuche zum Thema Weidemanagement statt, bei denen geprüft wird, ob aus dem Verhalten der Tiere abgeleitet werden kann, wann die Weidefläche gewechselt werden sollte. Diese Information erleichtert zum einen das Management, garantiert zum anderen aber auch, dass die Milchleistung weidender Kühe durch eine adäquate Fütterung stabil gehalten werden kann und die Weideflächen für eine nachhaltige Nutzung geschont werden.

Neben weiteren Versuchen zu Pansenazidose und Bewegungsmustern als Indikator für Tierwohl und -gesundheit, wird eine Studie zum Thema Stressempfinden beim Trockenstellen durchgeführt. Hier wird getestet, ob anhand des Verhaltens der Tiere Stresssituationen identifiziert werden können und ob das Haltungssystem einen Einfluss auf die Stressreaktion hat. Auch hier ist die Datenaufnahme noch nicht abgeschlossen.

Bisher konnte festgestellt werden, dass die Datenerfassung technische Schwierigkeiten birgt. So wurde beobachtet, dass die Messung der Grashöhe auf der Weide mit dem „Grasshopper“ vielen Einflussfaktoren unterliegt und nicht alle Sensoren zur Verhaltensmessung für den täglichen Einsatz in der Praxis geeignet sind, da sie bei längerer Anwendung auf der Weide Verletzungen am Tier verursachen können.

## Verwertung

Da der Großteil des Projektvorhabens noch nicht abgeschlossen ist und derzeit nur bedingt Ergebnisse vorliegen, können hier noch keine klaren Aussagen getroffen werden.

Die Vorteile der in der Entwicklung befindlichen Datenplattform sollen durch verschiedene Workshops entsprechenden Interessenten vermittelt werden. Innerhalb des Projektes entwickelte Algorithmen sollen soweit möglich weiter getestet und optimiert werden, um später einen möglichst breiten Anwendungsbereich zu finden.

### Vernetzungs- und Transferprojekt zur Digitalisierung in der Landwirtschaft (DigiLand)

#### Projektkoordinator

Dr. Simon Walther  
Thünen-Institut, Braunschweig  
simon.walther@thuenen.de

#### Verbundpartner

Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI)

### Kurzfassung

#### Ziel

Digitale Technologien können einen wichtigen Beitrag liefern, die gesellschaftlichen und politischen Anforderungen an die Landwirtschaft der Zukunft zu erfüllen. Vor diesem Hintergrund werden viele Forschungsprojekte angestoßen, um künftig die Chancen der Digitalisierung nutzen zu können, negative Umweltauswirkungen der Landwirtschaft zu verringern, Tierwohl zu erhöhen und die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Betriebe zu verbessern. Um dabei Synergien zu fördern ist es wichtig, die Projekte zu vernetzen und den Wissenstransfer zwischen ihnen zu fördern. Gleichzeitig stellt sich die Frage, welche Schwerpunkte künftige Förderinitiativen setzen sollten und wo Rahmenbedingungen ggf. angepasst werden müssen, um die Potenziale der Digitalisierung bestmöglich auszuschöpfen und dabei Nachteile und Risiken zu minimieren.

Ziel des Projekts DigiLand ist es, Antworten hierauf zu liefern. Dabei kommt ein iterativer Prozess mit Forschenden, Landwirten und Experten aus der Wirtschaft zum Einsatz. Zunächst werden wesentliche Entwicklungen identifiziert. Eine anschließende Technologiefolgenabschätzung lässt sozioökonomische Auswirkungen erkennen, auf deren Basis Politikempfehlungen formuliert werden. Workshops als Teil des Prozesses dienen darüber hinaus auch dazu, die Beteiligten zu vernetzen und Synergien zu fördern

#### Ergebnisse

Eine Datenbank mit BMEL-Digitalisierungs-Förderprojekten wurde erstellt und ein Klassifizierungssystem entwickelt, nach dem diese sortiert und gefiltert werden können. Die Datenbank wird kontinuierlich gepflegt und aktualisiert, auch mit Projekten anderer Ministerien. Die Projekte der „Richtlinie über die Förderung von Innovationen in der Agrartechnik zur Steigerung der Ressourceneffizienz (Big Data in der Landwirtschaft)“ des BMEL wurden hinsichtlich der entwickelten Technologien ausgewertet und Experteninterviews mit Projektnehmern durchgeführt. Basierend darauf sowie auf Recherchen über Entwicklungen in der Wirtschaftspraxis wurden fünf wesentliche Entwicklungsbe-

reiche, in denen Digitalisierung Nutzen für Landwirte, Unternehmen und Gesellschaft generiert, identifiziert:

- » Arbeitserledigung (zunehmende Automatisierung bis hin zur Autonomie, Koordination von Akteuren)
- » Präzision (kleinere Managementeinheiten bis hin zur Einzelpflanze/Einzeltier)
- » Entscheidungsfindung (datengetriebene Entscheidungen, besseres Verständnis von Wirkzusammenhängen, bessere Prognosen)
- » Wertschöpfungskettenübergreifender Nutzen (Dokumentation, Rückverfolgbarkeit, Nachweis und Entlohnung besonderer Produktionsweisen u.dgl.)
- » Enabler für Neue Inputs und Outputs (z.B. durch neue Züchtungstechnologien)

In bislang zwei Workshops wurden mit Forschenden und Experten aus der Wirtschaft anhand von Szenarien mögliche Entwicklungspfade, Chancen, Herausforderungen und Forschungsbedarfe ermittelt. Die Ergebnisse sind Grundlage der begonnenen Technologiefolgenabschätzung, bei der der Einsatz dieser Technologien modelliert und ökonomisch bewertet wird.

### **Verwertung**

Die gewonnenen Erkenntnisse werden in die Förderlandschaft des BMEL zurückgespiegelt. Durch die Technologiefolgenabschätzungen können entsprechender Forschungsbedarf und Regelungslücken erkannt und kommuniziert werden.

Die in der Entwicklung befindliche Website dient als Hub zur Vernetzung und Orientierung über die Forschungsaktivitäten im Bereich Digitalisierung in der Landwirtschaft über die Förderstruktur des BMEL hinaus und als Plattform für neue (Förder-) Bekanntmachungen.

Als ein Teilaspekt der Vernetzung und des Transfers finden die Ergebnisse Eingang in eine VDI-Richtlinie und eine VDI-Expertenempfehlung. In einem eintägigen VDI-Expertenforum werden insbesondere die Zwischenergebnisse aus dem Richtlinienprojekt vorgestellt und diskutiert. Der VDI-Fachbeirat Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik begleitet das Teilprojekt.

Die Ergebnisse des Projekts werden außerdem in Publikationen über die entsprechenden Kanäle veröffentlicht.

# Sektion 4: Innovationen im Lebensmittelhandwerk

**Entwicklung eines Verfahrens zur Sporentfernung aus Rohmilch in handwerklichen Käsereien zur nachhaltigen Steigerung der Produktqualität (sporoCLEAR)**

**Projektkoordinator**

Prof. Dr. med. vet. habil. Volker Krömker  
Hochschule Hannover, Hannover  
volker.kroemker@hs-hannover.de

**Verbundpartner**

GEA Westfalia Separator Group GmbH  
Vorwerker Diakonie gGmbH  
Biohof Eilte Gbr, Bioland e.V.

## Kurzfassung

### Ziel

In Deutschland gibt es insgesamt rund 1.000 Hofkäsereien, von denen in etwa 70 % Bio-Betriebe sind. In der handwerklichen Käseherstellung treten im Käse vermehrt durch Clostridien verursachte Spätblähungen als Produktfehler auf. Clostridien sind anaerobe Mikroorganismen, deren vegetative Zellen und Sporen über Erde und Grassilage auf die Zitzenhaut der Kühe gelangen und so weiter in die Rohmilch übertragen werden können. Der Käsefehler verursacht infolge einer Buttersäuregärung eine Fehllochung und einen atypischen Geschmack. Bei starken sensorischen Veränderungen gelangen die Käse nicht in die Lebensmittelkette, sondern werden entsorgt.

In der industriellen Käseherstellung werden Clostridien sporen mechanisch durch eine Entkeimungsseparation der Milch bei Temperaturen von 55 - 60 °C reduziert. Handwerkliche Kleinbetriebe haben sich vor allem auf die Rohmilchkäseherstellung spezialisiert, bei welcher die Milch jedoch nicht über die Gewinnungstemperatur von ca. 40 °C erwärmt werden darf. Damit ist das gängige Verfahren der Entkeimungsseparation nicht ohne verfahrenstechnische Anpassungen anwendbar. Zusätzlich zum mechanischen Trennverfahren arbeiten konventionelle Betriebe mit Zusatzstoffen wie Nitrat, Nisin

oder Lysozym. Sie verhindern das Auskeimen der Clostridiensporen im Käse. Diese dürfen in der ökologischen Käserei bei der Käseherstellung nicht eingesetzt werden, da sie nicht in der Positivliste der Verordnung (EG) 889/2008 gelistet sind. Somit stehen aktuell für die biologische handwerkliche Herstellung von Käse weder die mechanischen noch die chemischen Verfahren zur Verfügung. Ziel dieses Projektes ist folglich die Entwicklung eines Verfahrens, das eine Entkeimungsseparation der Milch im kontinuierlichen Durchfluss unter den geforderten Bedingungen ermöglicht.

Mit diesem Forschungsprojekt werden regional produzierende, handwerklich arbeitende Käsereien dabei unterstützt, ein hochqualitatives und sicheres Lebensmittel unter Verzicht auf den Einsatz von Zusatzstoffen herzustellen. Im Projekt soll ein mechanisches Verfahren zur Milchentkeimung in Modulbauweise entwickelt werden, bei welcher die Separation der Clostridiensporen bei einer Milchttemperatur von ca. 40 °C möglich ist. Geringere Produktverluste tragen zu einer Erhöhung der Nachhaltigkeit und damit zur ökonomischen Stärkung handwerklicher Käsereien bei. Dies fördert die Konkurrenzfähigkeit handwerklich produzierender Käsereien.

### **Ergebnisse**

In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner GEA Westfalia Separator Group GmbH wurde der Separator konzipiert und fertiggestellt. Es erfolgte die Installation und Inbetriebnahme der Anlage im Milchtechnikum der Hochschule Hannover. Für erste Versuche wurde Milch mit anaeroben Sporenbildnern definiert beimpft, anschließend separiert und die Abscheiderate durch mikrobiologische Untersuchungen bestimmt. Im Rahmen dieser Versuche sollen die Effekte unterschiedlicher Entkeimungstemperaturen (von 5 °C bis max. 40 °C) und -drehzahlen sowie des Einsatzes verschiedener Greifer und der mehrfachen Zentrifugation auf die Abschieberate charakterisiert werden.

### **Verwertung**

Derzeit sind keine Entkeimungstechniken zur Entfernung von Clostridien aus Rohmilch kommerziell verfügbar. Die Zielerreichung dieses Projekts wird Kleinkäsereien, deren Rohmilch von mit Silage gefütterten Tieren gewonnen wurde, gänzlich neue Produktsicherheiten und Qualitäten erschließen. Zudem wird den individuellen Verbrauchererwartungen, wie hohe Lebensmittelsicherheit, Verzicht auf Zusatzstoffe, natürlicher Geschmack oder Regionalität entsprochen. Die Produktion und den Vertrieb des Systems wird nach Abschluss des Vorhabens der Partner GEA Westfalia Separator Group GmbH übernehmen. Mit diesem neuen Produkt kann weltweit ein ganz neuer Kundenkreis gewonnen werden. Der Bioland Verband kann seinen Mitgliedern Wege zu einer nachhaltigeren Lebensmittelproduktion weisen.

### Entwicklung regionaler Bio-Würzsaucen auf Lupinenbasis als salzreduzierte, glutenfreie Alternative zu Sojaprodukten (FLAVORLOOP)

#### Projektkoordinator

Prof. Rudi F. Vogel  
Technische Universität München, Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie,  
Freising  
rudi.vogel@tum.de

#### Verbundpartner

Purvegan GmbH

### Kurzfassung

#### Ziel

Der Markt für Würzsaucen, die durch Fermentation pflanzlicher Substrate hergestellt werden, besitzt in Europa ein zunehmendes Wachstumspotential. Asiatische Sojasoßen werden in einem zweistufigen Verfahren mit dem Pilz *Aspergillus sojae* (Koji-Fermentation) und einer angeschlossenen Reifung bei hohen Salzgehalten durch Salz-tolerante Bakterien und Hefen (Moromi-Fermentation) hergestellt. Da die Nachfrage nach regional und biologisch erzeugten Lebensmitteln steigt, wird in diesem Projekt die Eignung der Lupine für die Herstellung alternativer, salzreduzierter Würzsaucen überprüft.

Ob das traditionelle Herstellungsverfahren von Sojasauce auf Lupinen übertragbar ist und dieselben typischen Mikroorganismen am Prozess beteiligt sind, ist bisher nicht bekannt. Ziel des Projektes ist die Charakterisierung und Beherrschung der Mikrobiota und Bestimmung der Parameter der optimalen Fermentation zur Herstellung einer glutenfreien, sensorisch attraktiven Würzsauce auf Basis von regional biologisch erzeugten Lupinensamen.

#### Ergebnisse

Zunächst wurde die Zusammensetzung und Dynamik der Mikrobiota der Koji- und Moromi-Fermentation charakterisiert. Die Identifizierung der Mikroorganismen erfolgte durch den Vergleich von Spezies-spezifischen MALDI-TOF-MS Subproteom-Mustern mit Datenbanken. Dabei wurde gezeigt, dass die Mikrobiota typische Vertreter der Sojasaucen-Mikrobiota des Typs „tamari-shoyu“ enthält. Während zu Beginn der Fermentation die Diversität der Spezies noch sehr hoch ist, haben sich nach ein paar Wochen das Milchsäurebakterium *Tetragenococcus halophilus* (*T. halophilus*) und die Hefe *Debaryomyces hansenii* (*D. hansenii*) durchgesetzt und die Fermentation dominiert. Die in Sojasaucen mit Weizenanteil typische Hefe *Zygosycharomyces rouxii* (*Z. rouxii*) wurde nicht gefunden. Ein Beimpfen des Moromi-Ansatzes mit einem ausgereiften Moromi-Ansatz beschleunigte die Moromi Fermentation. Im Aromaprofil, das mittels Gaschromatographie

matographie (*head space-Analyse*) untersucht wurde, konnten einige Pyrazine und Alkohole detektiert werden, es fehlten jedoch die für „koikuchi-shouyo“ bzw. „usukuchi-shouyu“ typischen Furanone, die *Z. rouxii* zugeordnet werden, sowie Ester und weitere Aromastoffe.

Der Einfluß des Salzgehaltes auf die Mikrobiota-Dynamik und das Aromaprofil wurden untersucht. Es zeigte sich, dass sich zwischen 10 und 15 % NaCl im Moromi *T. halophilus* und die Hefe *D. hansenii* durchsetzten. Bei 20 % konnte jedoch ausschließlich die Hefe überdauern. Bei steigender Salzkonzentration benötigte *D. hansenii* jedoch länger, um eine messbare Zellzahl zu erreichen. Zur Verbesserung der Koji-Fermentation wurde ein Protease-Assay für die Messung der proteolytischen Aktivität im Moromi und Koji adaptiert. Damit ist es nun möglich das Temperaturprofil während der Koji-Fermentation zu optimieren, da eine hohe Aktivität der sekretierten Pilzenzyme ausschlaggebend ist für die Moromi-Fermentation. Die genetische Diversität von *T. halophilus* erwies sich in RAPD-PCR Analysen als hoch. Dagegen etablierte sich nur ein *D. hansenii*-Stamm.

### **Verwertung**

Es gibt derzeit keine konkurrierenden Lupinen-Produkte dieser Art auf dem Markt. Der Salzgehalt hat einen Einfluss auf die Sicherheit und das Aroma des Produkts, außerdem kann der Einsatz von ausgewählten Stämmen den Prozess optimieren. Durch die Entwicklungen in diesem Projekt kann damit eine Umsatzsteigerung erreicht werden. Geplant ist ein weltweiter Vertrieb der Würzsaucen auf Lupinenbasis.

Die Ergebnisse wurden auf der Lupinen-Netzwerk-Jahrestagung (20. November 2019) in Güstrow vorgestellt. Weitere Vorträge auf internationalen Tagungen (z.B. „FEMS Symposium on Lactic Acid Bacteria“) und Publikationen (z.B. „International Journal of Food Microbiology“, „Yeast“) sind während und nach der Projektlaufzeit geplant. Zudem werden die Forschungsergebnisse unmittelbar in Lehrveranstaltungen („Entwicklung von Starterkulturen“, „Lebensmittelmikrobiologie“) übernommen.



### Funktionalisierung insekten-basierter Mehle mittels Extrusion für die Zubereitung von Backwaren (InsekBack)

#### Projektkoordinator

Dr. Anna-Kristina Marel  
Max Rubner-Institut Karlsruhe, Karlsruhe  
anna-kristina.marel@mri.bund.de

#### Verbundpartner

Karlsruher Institut für Technologie – Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik (KIT-LVT)  
SKZ-KFE gGmbH  
Europäisches Zentrum für Dispersionstechnologien (SKZ/EZD)  
Störmühle GmbH

### Kurzfassung

#### Ziel

Da die Vereinten Nationen bis zum Jahr 2050 eine Verdopplung der Nachfrage nach Proteinen aus tierischen Quellen prognostizieren, besteht die Notwendigkeit, nachhaltige Proteinquellen zu identifizieren und zugänglich zu machen. Hierbei sind Insekten durch ihr gutes ernährungsphysiologisches Profil und der Möglichkeit einer vergleichsweise ökologischen Erzeugung eine vielversprechende Option.

Sind Insekten in Lebensmittel also als solche nicht mehr zu erkennen, steigt die Bereitschaft der Konsumenten zum Verzehr. Brot als traditionelles Lebensmittel kann ein geeigneter Träger sein, um den Verbraucher an den Konsum von Insekten heranzuführen. Dabei muss gewährleistet werden, dass durch den Einsatz von Insekten als Inhaltsstoff, der Geschmack, die Backeigenschaften und damit die Textur, im Vergleich zu herkömmlichen Backwaren, nicht nachteilig verändert werden.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung von backfähigen Mehlen, die mit Insektenpulver aus den Larven des Mehlkäfers *Tenebrio molitor* (Mehlwürmer) angereichert sind. Dazu wird die Extrusion als ein häufig in der Lebensmittelindustrie eingesetztes Verfahren verwendet (siehe Abbildung 1). Durch die thermomechanische Beanspruchung des Rohstoffes im Prozess können seine techno-funktionellen Eigenschaften verändert werden. Auch die ernährungsphysiologischen Eigenschaften können beeinflusst werden.

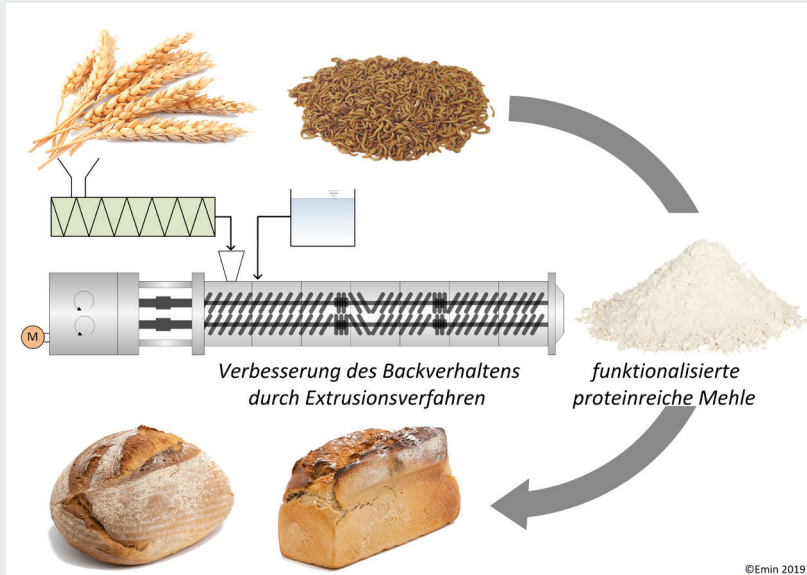


Abbildung 1: Funktionalisierung insekten-basierter Mehle in einem Doppelschneckenextruder für die Zubereitung von Backwaren.

## Ergebnisse

Die Mehlwürmer werden zunächst in einem optimierten Verfahren für den Extrusionsprozess vorbereitet. Dies beinhaltet die Säuberung und Gefrierdrying der Insekten. Im Extrusionsprozess können durch Variation der Prozessparameter (Drehzahl, Wassergehalt, Schneckenkonfiguration) die Prozesseigenschaften sowie die techno-funktionellen Eigenschaften der erzeugten insekten-basierten Mehle modifiziert werden (siehe Tabelle 1). Dabei ist zu sehen, dass der spezifische mechanische Energieeintrag (SME) durch Erhöhung des Wassergehaltes (Extrudat 1 zu 3), durch Verringerung der Schneckendrehzahl (Extrudat 2 zu 3) und durch Veränderung der Schneckenkonfiguration (Extrudat 1 zu 4) verringert werden kann. Für extrudierte Insekten wurden kleinere Wasserlöslichkeitsindizes (WSI) gemessen, was auf eine strukturelle Modifikation der Proteine hindeutet.

Tabelle 1 Prozessparameter der Extrusion und funktionelle Eigenschaften der insekten-basierter Mehle

Probenname	Schneckenkonfiguration	Drehzahl (min <sup>-1</sup> )	Wassergehalt (%)	SME (Whkg <sup>-1</sup> )	Temp. Düsen-eingang (°C)	Water Solubility Index (%)	Water Absorption Index (-)
Unbehandelte Insekten	-	-	-	-	-	32,9 ± 1,2	1,8 ± 0,0
Extrudat 1 (A)	Knetblock + Rückwärtselemente	1000	10	126	101	20,0 ± 0,5	1,9 ± 0,0
Extrudat 2 (B)	Knetblock + Rückwärtselemente	500	40	13,7	95	25,7 ± 1,3	2,5 ± 0,6
Extrudat 3	Knetblock + Rückwärtselemente	1000	40	26,3	95	19,2 ± 1,0	1,7 ± 0,1
Extrudat 4	Nur Vorwärtselemente	1000	10	83,1	102	23,9 ± 0,4	1,7 ± 0,3

Außerdem wurden weitere Eigenschaften der Extrudate wie Zusammensetzung und die Verdaulichkeit der enthaltenen Proteine untersucht (siehe Tabelle 2). Dabei zeigte sich, dass die Extrusion die Proteinverdaulichkeit verbessert.

Tabelle 2 Eigenschaften der im Backversuch eingesetzten Materialien

Probenname	Proteingehalt (%)	Fettgehalt (%)	Aschegehalt (%)	Restwassergehalt (%)	Proteinverdaulichkeit (%)
Extrudat A	45,62 ± 0,35	23,68 ± 1,45	4,55 ± 0,03	7,39 ± 0,06	43,46 ± 2,35
Extrudat B	42,03 ± 0,21	28,17 ± 2,52	4,48 ± 0,03	10,42 ± 0,16	44,81 ± 0,95
ganze MW C	53,60 ± 0,09	38,69 ± 0,62	3,94 ± 0,03	2,29 ± 0,29	38,48 ± 3,43
Weizenmehl D	11,76 ± 0,03	4,15 ± 0,99	0,79 ± 0,08	9,18 ± 0,67	23,91 ± 2,31

Die Extrudate und die unbehandelten Insekten wurden in einem Trockenvermahlungsprozess (Feinprallmühle) zerkleinert. Auf Grund des hohen Fettanteils der Insekten ist eine Vermahlung nur durch Beimengen von Mehlen möglich. Dies reduziert den Fettgehalt und stellt einen störungsfreien Zerkleinerungsprozess sicher. Der maximale Anteil der Mehlwürmer im Mehl betrug 20 %. Die Zieleinheit von 800 µm konnte für alle Versuchsprodukte erreicht werden. Durch das Verarbeiten der beiden Bestandteile ist das vermahlene Produkt eine direkt einsatzfähige Mehlmischung.

Um den Einfluss des Extrusionsprozesses auf die Backeigenschaften zu untersuchen, wurde aus unbehandelten Insekten sowie Extrudat 1 (A) und Extrudat 2 (B) ein Weizenmischbrot mit 5 % und 20 % Insektenmehlanteil hergestellt und mit einem klassischen Weizenbrot verglichen.

Neben den Backeigenschaften der Weizenmischbrote wurde eine deskriptive, sensorische Prüfung durchgeführt, bei welcher auch die Akzeptanz der insektenhaltigen Brote abgefragt wurde. Die Brote mit einem Insektenmehlanteil von 20 %, sowie Brote aus nicht extrudierten Mehlwürmern wurden als bitter beschrieben. Entsprechend gering war die Akzeptanz. Das Brot aus Extrudat A zeigte eine sehr hohe Akzeptanz beim Tester.

### Verwertung

Zum jetzigen Zeitpunkt des Projektes konzentrieren sich die Verwertungsmöglichkeiten hauptsächlich auf der Bekanntmachung des Projektes über vorrangig populärwissenschaftliche Medien.

## Entwicklung eines neuartigen enzymatischen Lyse-Verfahrens für die fermentative Umwandlung von Restbrot mit speziellen Aromakomponenten in ein für die Backwarenproduktion geeignetes Hydrolysat (CarumFerm)

### Projektkoordinator

Dr. Ingo Klarholz  
ttz Bremerhaven, Bremerhaven  
iklarholz@ttz-bremerhaven.de

### Verbundpartner

Bäckerei Storch

## Kurzfassung

### Ziel

Das Ziel des Projektes ist die Aufwertung bzw. vollständige Rückführung von Restbrot (Kümmelroggenbrot) in den Produktionsprozess durch die Entwicklung eines neuen spezifischen Fermentationsverfahrens zur Verflüssigung und/oder Verzuckerung bzw. Hydrolyse von Restbrot. Es entsteht eine Art „Brotsirup“, der wiederum auf vielfältige Weise weiterverarbeitet werden kann. Der spezielle Fokus liegt hier auf der Erhaltung und Ausweitung der regionalen Geschmacksvielfalt, insbesondere des Kümmelgeschmacks im Allgemeinen, der sich vor allem im Bereich der Roggenbrote widerspiegelt, aber auch die Entwicklung von neuen Produktvariationen in der Brot- und Kleingebäcksparte sowie im Segment der Feinbackwaren. Klassische „Altbrotrückführungsmethoden“, beispielsweise mittels einer „Brot-Maische-Methode“, sind auf Grund der speziellen Kümmelbroteigenschaften wie einer hohen Aromaintensität und negativen Beeinflussung der Produktionsabläufe durch die ätherischen Ölkomponenten nicht geeignet.

### Ergebnisse

Es wurde ein Verfahren für eine gleichmäßige Zerkleinerung des Restbrotes entwickelt. Dabei wird das Restbrot zuerst mit einem sogenannten Restbrotzerkleinerer in ca. 12 mm große Stücke aufgeteilt. Das so zerkleinerte Restbrot wird auf eine Restfeuchte von durchschnittlich 4,9 % getrocknet und anschließend mit einer einfachen Mühle auf eine Partikelgröße von  $\leq 2$  mm gemahlen. Von den im Restbrot enthaltenen Bestandteilen sollten die Stärke, Cellulose und Hemicellulose mittels fermentativer Hydrolyse in ihre jeweiligen Monomere abgebaut werden. Für diese fermentative Hydrolyse konnte ein entsprechender Enzymmix aus Amylase, Cellulasen, Glucosidasen und Carbohydrasen definiert und erfolgreich getestet werden. Die Auswahl der potentiell geeigneten Enzyme erfolgte derart, dass ihre Reaktionsparameter wie Temperaturoptimum und pH-Optimum zueinander passten und der Fermentationsprozess in einem sogenannten einstufigen Verfahren durchgeführt werden konnte. Bisher wurden zwei Fermentati-

onsprotokolle erfolgreich etabliert. Im einen erfolgt die Hydrolyse über einen Zeitraum von 6 Stunden bei Einsatz von 0,3 % eines jeden Enzyms bezogen auf die Trockenmasse Restbrot und im anderen Protokoll erfolgt sie über einen Zeitraum von 23 Stunden bei Einsatz von 0,1 % eines jeden Enzyms bezogen auf die Trockenmasse. Am Ende des Fermentationsprozesses erfolgte zur Verbesserung der Haltbarkeit eine Pasteurisierung des entstandenen Brotsirups für 15 Minuten bei 90°C. Bezogen auf die Trockenmasse konnte mit diesen optimierten Hydrolyseverfahren beispielsweise eine Ausbeute an Glucose von durchschnittlich 66,9 % erreicht werden. Zur Ermittlung des Potenzials dieses Brotsirups „CarumFerm“ in Bezug auf seine technofunktionellen Eigenschaften hin wurden erste backtechnologische Untersuchungen durchgeführt. Hierfür wurden zunächst Versuche mit der Modellbackware Kleingebäck am Beispiel Weizenbrötchen durchgeführt. Durch den Einsatz des Brotsirups konnte die bisher verwendete Menge an Hefe und Malz jeweils deutlich reduziert werden. Außerdem konnten positive Effekte bezüglich einer Verbesserung des Geschmacks und einer verlängerten Frischhaltung bei Einsatz des Brotsirups „CarumFerm“ beobachtet werden.

### **Verwertung**

Es wird ein anwendungsspezifisches Lyseverfahren zur hydrolytisch-enzymatischen Spaltung der kritischen Inhaltsstoffe von kümmelsamenhaltigen Roggenbrotten entwickelt. Des Weiteren wird eine Restbrotverwertung zur Generierung neuer technofunktionaler Eigenschaften hinsichtlich einer weiteren backtechnologischen Verwertung realisiert.

Die bisher erreichte Einsparung von Backhilfsmitteln / Malz sowie Hefe soll noch weiter optimiert und auf andere Produkte erweitert werden.

### **Das Bäckerhandwerk von morgen – Wettbewerb und Positionierungsbestimmung (InnoBaecker)**

#### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Rainer Kühn

Verein zur Förderung des Instituts für Genossenschafts- und Kooperationswesen an der Justus-Liebig-Universität Gießen e.V., Gießen

Rainer.Kuehl@agrar.uni-giessen.de

#### **Verbundpartner**

Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks e.V.

### **Kurzfassung**

#### **Ziel**

Technologischer und gesellschaftlicher Wandel prägen das Bäckerhandwerk und fordern die Anpassungsfähigkeit der Handwerksbetriebe heraus. Einerseits stellen die noch unklare Wertschätzung handwerklicher Herstellungsprozesse und die unsteten Einkaufspräferenzen auf Konsumentenseite Herausforderungen für die Branche dar. Andererseits gilt es dem Verdrängungswettbewerb der Handwerksbetriebe untereinander sowie dem Wettbewerb mit dem Lebensmitteleinzelhandel (LEH) angemessen zu begegnen. Zudem ist die Frage zu stellen, inwieweit die zu beobachtende Wandlung traditioneller Geschäftsmodelle hin zur Systemgastronomie den handwerklichen Charakter von Bäckereien beeinflussen wird. Diese Herausforderungen begründen die vorliegende Untersuchung zur Wettbewerbsfähigkeit des Bäckerhandwerks und zur Aufdeckung von Innovationsaktivitäten und -potenzialen. Die Untersuchung berücksichtigt sowohl die Konsumenten- als auch die Handwerksseite. Folgende Zielsetzungen liegen dem Projekt zugrunde:

1. Untersuchung der Einkaufsmotivation bei Backwaren und der Wertschätzung des Bäckerhandwerks auf Konsumentenseite
2. Analyse derzeitiger Innovationsaktivitäten und -potenziale in Handwerksbäckereien
3. Erarbeitung von Differenzierungs- und Innovationspotenzialen für Handwerksbäckereien

#### **Ergebnisse**

Zur Untersuchung des Einkaufsverhaltens bei Backwaren und der Einstellung zum Thema Bäckerhandwerk auf Konsumentenseite wurden im März 2020 in einer bevölke-

rungsrepräsentativen Befragung, die auf umfassender Literaturrecherche und qualitativen Vorstudien basiert, 2.501 Teilnehmer aus Deutschland befragt. Demnach suchen 54 % der Befragten eine Bäckerei als Haupteinkaufsstätte für Backwaren auf. Hier werden als am häufigsten gekaufte Produkte Brötchen und Brote und als durchschnittliche Ausgaben pro Woche ca. 13 € angegeben. Die restlichen 41 % der Befragten verteilen sich hauptsächlich auf verschiedenen Formate des LEHs. Zwischen diesen beiden Hauptgruppen der Backwareneinkäufer können signifikante Unterschiede festgestellt werden. Während im Bereich Einkaufsmotivation LEH-Kunden vorwiegend durch Faktoren wie dem Preis und der Vereinbarkeit aller Einkäufe an einem Ort geprägt sind, stellen bei Bäckereikunden auch hedonistische Faktoren wie der Spaß am Backwareneinkauf oder auch die Unterstützung des Fortbestandes des Backwaren-Geschäftes wesentliche Faktoren dar, die die Einkaufsstättenwahl bestimmen. Darüber hinaus ist auch die Wertschätzung des Bäckerhandwerks bei Bäckereikunden signifikant höher ausgeprägt. So würden 78 % der befragten Bäckereikunden darauf achten, dass die gekauften Backwaren aus handwerklicher Herstellung stammen. Zudem geben 95 % der Bäckereikunden an, dass sie bereit seien für handwerkliche Produkte mehr Geld auszugeben als für industriell hergestellte, sowie dass ein Wunsch nach mehr Backwaren aus handwerklicher Produktion bestehe. Bei einem Vergleich der Qualität von industriell und handwerklich hergestellten Backwaren stellt sich heraus, dass lediglich etwa ein Viertel der Bäckereikunden diese als gleichwertig empfinden, unter den LEH-Kunden jedoch ca. zwei Drittel. Diese Ergebnisse werden im weiteren Vorgehen mit den Resultaten der Befragung der Handwerksbetriebe konfrontiert und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

### **Verwertung**

Die Projektergebnisse und die Daten aus der Befragung der Konsumenten sowie der ausstehenden Befragung der Bäckereifachbetriebe werden aufbereitet und dem Bäckerhandwerk zur Verfügung gestellt. Unter anderem wird dies in Form der Einrichtung einer Datenbank mit Fallstudien über Erfolgskonzepte und Innovationsideen, die im Rahmen des Projektes identifiziert und erstellt wurden, geschehen. In diesem Rahmen können die Projektergebnisse auch einen Beitrag zum Bildungs- und Beratungsangebot des Bäckerhandwerks genutzt werden. Darüber hinaus werden die Ergebnisse sowohl in wissenschaftlichen Journals als auch in praxisorientierten Fachzeitschriften veröffentlicht.



### **Appetit auf den Beruf - Das digitale Coachingprogramm für Betriebe im Lebensmittelhandwerk (Appetit)**

#### **Projektkoordinator**

M.A. Nadine Rüweling  
Wurstgeschwister GmbH, Südlohn-Oeding  
nadine@wurstgeschwister.de

#### **Projekthomepage**

[www.appetitaufdenberuf.de](http://www.appetitaufdenberuf.de)

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Das Ziel des Projektes ist die Erstellung einer digitalen Plattform für das strategische Personal-Recruiting im Lebensmittelhandwerk. Diese digitale Plattform richtet sich an GeschäftsführerInnen und BetriebsleiterInnen in kleinen und mittelständischen Betrieben, die über keine eigenen Personalabteilungen verfügen.

Mit Hilfe von adäquat aufbereiteten Inhalten werden auf der Plattform Wege und Ideen zum Marketing und zur Gewinnung sowie Bindung von Auszubildenden und Fachkräften aufgezeigt.

### **Ergebnisse**

Für eine Ist-Analyse wurden im ersten Schritt Interviews mit der Betriebsleitung von kleinen und mittelständischen Bäckereien und Metzgereien geführt. Darauf aufbauend wurden verschiedene Themen in den Bereichen Personalbindung, Personalmarketing sowie Personalgewinnung erstellt und jeweilige Inhalte abgeleitet. Diese Inhalte und Handlungsempfehlungen stehen in unterschiedlichen Darstellungsformen wie Videos, Podcasts sowie Interviews auf der Plattform [www.appetitaufdenberuf.de](http://www.appetitaufdenberuf.de) zur Verfügung.

### **Verwertung**

Die Plattform [www.appetitaufdenberuf.de](http://www.appetitaufdenberuf.de) soll dazu beitragen, dass Lehrstellen besetzt werden und die Zahl der Auszubildenden im Lebensmittelhandwerk steigt. Durch die Plattform wird der Betriebsleitung ein Werkzeug für die Selbsthilfe an die Hand gegeben.



## Schaffung eines Bestell- und Informationsdienstes zur Erschließung und Erhaltung von Absatzmärkten des regionalen Lebensmittelhandwerks in Deutschland (RegioBite)

### Projektkoordinator

Dr. Sven Abels  
Ascora GmbH, Ganderkesee  
abels@ascora.de

### Verbundpartner

snoopmedia GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

RegioBite ermöglicht es regionalen Erzeugern sich und ihre Produkte auf einer webbasierten Plattform zu präsentieren. Konsumenten können sich vorab über vorhandene Produkte informieren, Vorbestellungen tätigen und sofort bezahlen. Eine bessere Vernetzung und die Option der Vorbestellung ermöglicht eine optimierte Handelskette.

Das Ziel des Projekts RegioBite ist es dabei, die Kommunikation zwischen Erzeuger und Konsument maßgeblich zu verbessern und sowohl technikaffinen als auch technikfernen Zielgruppen den Weg in die digitale Zukunft zu erleichtern.

Die 3 Kernelemente des Informationssystems lassen sich dabei wie folgt zusammenfassen:

- » *Unternehmens- und Produktpräsentation*: Einfache und intuitive Gestaltung einer Onlinepräsenz, die es ermöglicht, Kunden durch mediale Aufbereitung der Angebote, wie z.B. standortspezifische Empfehlung, zu gewinnen.
- » *Verbesserte Kommunikation zwischen Erzeuger und Konsument*: Verschiedene Marketing-Werkzeuge werden bereitgestellt, um Kunden aktiv zu kontaktieren.
- » *Individuelle Bestellverwaltung*: Das System integriert eine ganzheitliche Vorbestellverwaltung, bei der eine Bestellzusammenstellung für den Konsumenten, mediale Aufbereitung des Bestellauftrages für das Lebensmittelhandwerk und eine Bestellbestätigung inklusive optionaler Angaben zu Bezahlmethoden, Vereinbarung der Abholung, etc. enthalten ist.

Des Weiteren ist es dem Projektverbund wichtig die Lebensmittelverschwendung von produzierten Lebensmitteln zu verringern und somit die Nachhaltigkeit zu steigern. Mit RegioBite wird direkt an der Quelle gehandelt. Nützliche Vermarktungs-Werkzeuge

sind in der Lage erkannte Überproduktionen innerhalb kürzester Zeit zu bewerkstelligen, um Lebensmittelverschwendung zu verhindern.

### **Ergebnisse**

RegioBite durchbricht die derzeitige analoge Handelskette regionaler Produkte und bietet mit einem digitalen System weitere zukunftssichere Vermarktungsmöglichkeiten. Während der Entwicklung wird besonders auf die Wünsche der Anbieter und Konsumenten geachtet. Erste Umfragen während der Projektlaufzeit haben bereits ergeben, dass die Idee hinter RegioBite positiv bewertet wird, und vor allem während der Corona-Krise deutlich an Wert gewonnen hat. Die Ergebnisse dieser Umfragen resultierten in detaillierten und priorisierten Anforderungen, die für eine strukturierte technische Umsetzung behilflich ist. Weiterhin wurde bereits basierend auf den Anforderungen Screendesigns im iterativen Prozess fertiggestellt, um darauffolgend die weiteren technischen Entwicklungen fortzuführen.

Das webbasierte System wird über einen üblichen Browser vom PC aus nutzbar sein, zudem wird die Nutzung via Smartphones und Tablets abgedeckt werden. Beide Varianten bieten eine Benutzung ohne Komfortverlust an.

### **Verwertung**

RegioBite soll nach Projektende nahtlos weitergeführt und dauerhaft gewartet und erweitert werden. Die Partner sind davon überzeugt, dass RegioBite zur Erschließung und Erhaltung von Absatzmärkten des regionalen Lebensmittelhandwerks in Deutschlands direkt beiträgt und damit regionalen Erzeugern einen hohen Mehrwert bietet. Gleichzeitig wird auch Verbrauchern ein hoher Mehrwert geboten, da diese beispielsweise durch das Vorbestellsystem und die verbesserte Kommunikation profitieren. Um das System auch in Bereichen mit erhöhten Hygieneanforderungen zu nutzen, ist angedacht, moderne Technologien wie zum Beispiel sprachbasierte Interaktionsmöglichkeiten zu integrieren, um die Nutzung während des laufenden Betriebes zu garantieren.

Eine sehr große Herausforderung für das Projekt ist die Überzeugungsarbeit von regionalen Betrieben, in die digitale Welt einzusteigen. Es gibt bereits ähnliche Portale, doch die Flächenabdeckung ist noch verhältnismäßig gering zur Masse des regionalen Lebensmittelhandwerks. Dafür muss eine passende Marketingstrategie entworfen werden, um den Bekanntheitsgrad zu steigern.



### **Konzeption und Entwicklung eines Informationssystems zur qualifizierten Herkunftskennzeichnung für das deutsche Ernährungshandwerk (Herkunftstool)**

#### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Luisa Menapace  
Technische Universität München (TUM) Wissenschaftszentrum Weihenstephan-Lehrstuhl Governance im internationalen Agribusiness, Freising  
luisa.menapace@tum.de

#### **Verbundpartner**

agromind – Marion Hofmeier

#### **Projekthomepage**

<https://agrolabel.de>

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Ziel des Projektes ist die Konzeption und der Aufbau eines Informationssystems für das deutsche Ernährungshandwerk, mit dem kleine und mittlere Unternehmen (KMU) unter Zuhilfenahme qualifizierter Herkunftangaben Absatzmärkte ausbauen und erschließen können (siehe Abbildung 1). Neben einer Gesamtübersicht der Möglichkeiten und Nutzungseffekte soll eine „Toolbox“ entwickelt werden, mit der Lebensmittelunternehmer eigenständig eine herkunftsbezogene Marketingstrategie planen und steuern können. Diese Toolbox beinhaltet Informationen rund um qualifizierte Herkunftangaben (Zeichen der EU, Zeichen des Bundes, Zeichen der Bundesländer), Entscheidungshilfen, Checklisten, Kalkulationsvorlagen und -tools, die im zeitlich begrenzten Tagesgeschäft unterstützen sollen.

Des Weiteren werden für die Umsetzung Schulungsmodule und Seminarveranstaltungen entwickelt, die mit Handwerksverbänden, Organisationen und weiteren Multiplikatoren den nötigen Praxistransfer generieren sollen.



Abbildung 1: Darstellung der Projektziele und Projektverantwortlichkeiten, eigene Darstellung.

## Ergebnisse

Die Begrifflichkeiten „Ernährungshandwerk“ und „Lebensmittelhandwerk“ sind im wissenschaftlichen Kontext noch nicht eindeutig definiert. Ein Ansatz zur Definition und Klassifizierung des Lebensmittelhandwerks wurde daher entwickelt. Dieser soll im weiteren Projektverlauf weiter konkretisiert werden.

Darüber hinaus wurden die für das Deutsche Ernährungshandwerk relevanten Labels erfasst und hinsichtlich der Kriterien (1) Transparenz, (2) Qualitätsanforderungen, (3) Zertifizierung und (4) Herausgeber bzw. Lizenzgeber bewertet. Der Fokus wurde auf unabhängig kontrollierte Qualitätszeichen mit transparent kommunizierten Kriterien gelegt. Diese bilden die Basis der weiteren Untersuchungen.

Auf Grundlage der Literaturrecherche und semi-strukturierten Interviews wurde ein Fragebogen für die Unternehmensbefragung entwickelt. Mit der Hilfe eines erfahrenen Marktforschungsinstitutes wurde eine telefonische Befragung von 500 Unternehmen des deutschen Lebensmittelhandwerks durchgeführt. Die Ergebnisse liegen mittlerweile vor und werden Ausgangspunkt für weitreichende Analysen der Einstellungen, Potenziale und Barrieren gegenüber der Adoption qualifizierter Herkunftsangaben durch Unternehmen des Lebensmittelhandwerks bilden.

Bisher wurden mehr als 1.500 Institutionen systematisch erfasst, die als Netzwerkpartner oder Multiplikatoren für das Projekt in Frage kommen. Erste Gespräche mit einigen dieser Institutionen fanden bereits statt.

Zudem wurden bereits erste Methoden und Materialien entwickelt, die einzelbetriebliche und gemeinschaftliche Marketingprozesse des Lebensmittelhandwerks erleichtern, wie z.B. Hilfestellungen im Zertifizierungsprozess, digitale Vorlagen für eine effektive Kundenkommunikation. Unter der Domain [www.agrolabel.de](http://www.agrolabel.de) wurde eine Projektwebsite konzipiert. Dort soll später das „Herkunftstool“ ausgebaut werden.

### Verwertung

Das deutsche Ernährungshandwerk erhält wichtige Informationen sowie Hilfestellungen, die Einzelbetriebe bei der Diversifizierung unterstützen und den KMU helfen, am Markt langfristig konkurrenzfähig zu sein. Hierfür werden in dem „Herkunftstool“ eine Vielzahl von Materialien zur Verfügung gestellt, welche einzelbetrieblich und auch im Sinne des Gemeinschaftsmarketings für verschiedene Gruppierungen genutzt werden können.

Des Weiteren sollen Seminar- und Infomaterialien relevanten Verbänden, Institutionen und Marketinggesellschaft zur Verfügung gestellt werden.



Abbildung 2: Collage zum agrolabel, eigene Darstellung.



### Netzwerk für Wissenstransfer im Lebensmittelhandwerk (transNetz)

#### Projektkoordinator

Marcus Schmid  
agrathaer GmbH, Müncheberg  
marcus.schmid@agrathaer.de

#### Projekthomepage

[https://www.agrathaer.de/de/projekt/  
netzwerk-lebensmittelhandwerk-transnetz](https://www.agrathaer.de/de/projekt/netzwerk-lebensmittelhandwerk-transnetz)

## Kurzfassung

### Ziel

Mit dem Programm zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) soll u.a. das Lebensmittelhandwerk zukunftsgerichtet im Sinne einer nationalen und internationalen Konkurrenzfähigkeit sowie als attraktive und vielfältige Branche für qualifiziertes Personal und Kunden aufgestellt werden. Im Rahmen des Programms werden insgesamt 10 Innovationsprojekte mit 22 Teilprojekten gefördert, die die Tradition und Vielfalt des Lebensmittelhandwerks in Deutschland mittels neuer Ideen erhalten und ausbauen sollen.

Mit dem Vorhaben „Netzwerk für Wissenstransfer im Lebensmittelhandwerk“ (trans-Netz), welches die geförderten Innovationsprojekte als Vernetzungs- und Transfervorhaben begleitet, werden drei Ziele verfolgt:

1. die Etablierung einer übergreifenden Vernetzung zwischen und mit den Akteuren des Lebensmittelhandwerks, insbesondere der vom BMEL geförderten Innovationsprojekte;
2. der Aufbau von themenspezifischen Clustern im Lebensmittelhandwerk;
3. der Wissens- und Ergebnistransfer für verschiedene Zielgruppen.

Damit trägt transNetz zur Schaffung eines Innovationsökosystems innerhalb des Lebensmittelhandwerks bei, das eine zukunftsgerichtete Entwicklung des Lebensmittelhandwerks beschleunigt und somit sicherstellt, dass auch kleinere Betriebe konkurrenzfähig bleiben und qualifiziertes Personal halten oder gewinnen können.

Die Partizipation des Lebensmittelhandwerks, aber auch von Akteuren aus Wissenschaft und Verwaltung, spielen bei transNetz eine große Rolle. Wir nutzen dazu den Design Thinking Ansatz, um Lösungen in einem kreativen Prozess und unter ständiger Rückkopplung mit dem Lebensmittelhandwerk zu entwickeln.

### **Ergebnisse**

Am 09.12.2020 fand das erste Netzwerktreffen in der Kalkscheune, Berlin mit Akteuren im Lebensmittelhandwerk statt.

Für die Etablierung einer übergreifenden Vernetzung wurde eine Desktoprecherche zu den vorhandenen Rahmenbedingungen, Themen, Akteuren und Vernetzungsstrukturen durchgeführt und die ersten Analysen der für das Lebensmittelhandwerk relevanten politischen, technologischen und strukturellen Rahmenbedingungen liegen vor. Dazu wurden auch über 40 Interviews mit den verschiedensten Akteuren (Lebensmittelhandwerksbetriebe, Vertreter von Verbänden und Innungen, Forschenden an wissenschaftlichen Einrichtungen sowie Ministeriums- und Behördenvertreter) geführt. Im Juli 2020 wird eine deutschlandweite Online-Befragung zum Innovationsgeschehen gelauncht, die allen Akteuren im Lebensmittelhandwerk die Möglichkeit gibt, an der Ausgestaltung des Innovationsökosystems aktiv mitzuwirken.

### **Verwertung**

BMEL, BLE und die Innovationsprojekte erhalten neues Methodenwissen und praktische Umsetzungsformate zu Innovationsentwicklung und Wissenstransfer im Lebensmittelhandwerk. Das führt zur Steigerung der Innovationskompetenz in der Branche und zu einer höheren Innovationsfrequenz.

# Sektion 5: Klimaschutz in der Pflanzenproduktion

**Sensordatenbasierte Services zur bodenschonenden Bewirtschaftung und umweltgerechten Düngung durch Kombination unterschiedlich skaliert Geodaten. Kooperation und Beratung von Maschinenringen beim Praxistransfer durch Mobile AgrarPortale (SOFI)**

**Projektkoordinator**

Dr. Matthias Trapp  
RLP AgroScience GmbH, Neustadt an der Weinstraße  
matthias.trapp@agrosience.rlp.de

**Verbundpartner**

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück (DLR-RNH),  
Universität Trier, Maschinen- und Betriebshilfsring Trier-Wittlich e.V.,  
PREMOSYS GmbH

**Projekthomepage**

<https://www.unter-2-grad.de/projekte/sofi/>

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel ist es, durch Kombination heterogener Sensordaten eine webbasierte Anwendung zu entwickeln, die es Landwirten und überbetrieblichen Organisationen erlaubt, die Befahrbarkeit bzw. das Verdichtungsrisiko landwirtschaftlicher Flächen abzuschätzen und damit einen Beitrag zur umweltgerechten Düngung zu liefern. Dazu werden aktuelle Wetter- und Satellitendaten, Messwerte aus Böden und Sensordaten der Landmaschinen kombiniert, um relevante Bodenwasserhaushaltsgrößen zu bestimmen und Simulationsmodelle zu kalibrieren. Diese geben auf unterschiedlichen Skalenebenen Auskunft über den aktuellen Feuchtezustand des Bodens und ermöglichen so eine bodenschonende Bewirtschaftung.



Diese Informationen dienen der Etablierung von Methoden zum Aufbau eines überbetrieblichen Flächenmanagements zur besseren Verteilung von Güllekapazitäten, der standort- und witterungsangepassten Bodenbearbeitung sowie umweltgerechten Düngung und damit der Risikominimierung von klimarelevanten Emissionen.

Die Kombination dieser standortbezogenen Daten ermöglicht erstmals die Ableitung von raumzeitlich hochauflösenden Prognosekarten als Dienst für Landwirte, Lohnunternehmer und Maschinenringe.

Als Ergebnis entsteht ein Set flexibel einsetzbarer Geodatenätze, die in Experten- und Beratungstools in webbasierten Medien (Apps), aber auch in bestehende, zum Teil fahrzeugbasierte Agrar-Softwarelösungen eingebunden werden können, um dort Steuerungsprozesse zu optimieren. Durch die enge Anbindung an bestehende öffentliche Portale, wie das Digitale AgrarPortal in Rheinland-Pfalz (RLP), können die Ergebnisse schnell und effizient allen beteiligten Landwirten und überbetrieblichen Organisationen zur Verfügung gestellt werden.

### **Ergebnisse**

An drei repräsentativen Standorten in RLP und Baden-Württemberg erfolgen bodenphysikalische und -mechanische Untersuchungen und kontinuierliche Messungen zum Bodenwasserhaushalt. Regelmäßige Feldmessungen ermöglichen eine Bewertung der räumlichen Verteilung der Bodenfeuchte. Zur Ableitung hydraulischer Eigenschaften werden Pedotransferfunktionen plausibilisiert und zur lokalen Modellierung in das Wasserhaushaltsmodell WaSiM überführt. Die modellierte Bodenfeuchte dient als Eingangsparmeter für Modelle zur Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit der Böden.

Eine landesweite Modellierung zur täglichen Vorhersage der potenziellen Bodenfeuchte erfolgt mit dem eindimensionalen Bodenwasserhaushaltsmodell Simpel auf Basis tagesaktueller Wetterdaten (Niederschlag, Verdunstung, Temperatur, Evapotranspiration) für die Kartenflächen der Bodenschätzung.

Zum Vergleich mit den Ergebnissen aus den Simulationsmodellen wurde ein performanter Zugriff auf Copernicus-Daten (S1, S2) realisiert und erste Auswertungen durchgeführt.

Zur Dokumentation der Gülleausbringung in Grünland wird ein optisches Messsystem entwickelt, das im visuellen Spektrum arbeitet. Mittels Farbmessung werden verschiedene Eigenschaften (z. B. Red Edge) bestimmt und u. a. auch zur Ableitung der Bodenfeuchte genutzt.

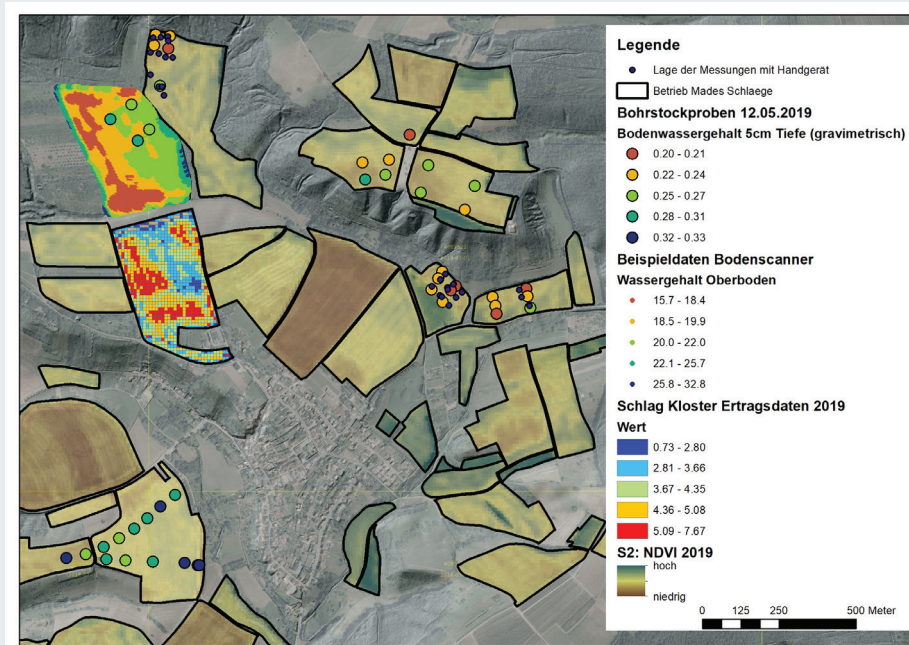


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung der Geodatensammlung- und harmonisierung in Sponheim.

## Verwertung

Als wissenschaftliche Verwertung ist die Publikation relevanter Ergebnisse zur Ermittlung der aktuellen Bodenfeuchte und zur Bewertung des Verdichtungsrisikos von Ackerböden geplant.

Eine Schutzrechtsanmeldung für das optische Messsystem wurde von der Firma PRE-MOSYS getätigt; ob diese durchsetzbar ist, wird sich im Projektverlauf herausstellen. Auf dieser Basis wird ggf. eine kommerzielle Vermarktung durch den Projektpartner PREMOSYS angestrebt. Der für den Klimaschutz entscheidende Praxistransfer der SOFI-Ergebnisse in Form von standort- und situationsangepassten Handlungsanleitungen wird derzeit exemplarisch auf die Tools GeoBox-Viewer und -Messenger ausgerichtet. Erste Tests erfolgen im Rahmen des Digitalen AgrarPortals RLP. Ein länderübergreifender Einsatz wird konzeptionell und organisatorisch vorbereitet.

## Reduktion von THG-Emissionen und Ammoniak durch optimiertes N-Management (Green-Windows4\_0)

### Projektkoordinator

Prof. Dr. Urs Schmidhalter  
Technische Universität München, Freising-Weihenstephan  
schmidhalter@wzw.tum.de

### Verbundpartner

AGRAVIS NetFarming GmbH

### Projekthomepage

<https://www.unter-2-grad.de/projekte/greenwindows4-0/>

## Kurzfassung

### Ziel

Die GreenWindows 4\_0 Technologie erhöht die Stickstoffeffizienz durch Entwicklung innovativer Mess- und Bewertungsverfahren und durch optimierte Düngungsalgorithmen.

Bessere Kenntnisse des im Boden vorhandenen/verfügbaren Stickstoffs, des N-Bedarfs und des N-Status der Pflanzen, der Zusammensetzung und Wirkung flüssiger organischer Wirtschaftsdünger, sowie ihrer technischen Behandlung und ihres emissionsmindernden Einsatzes erhöhen die Stickstoffeffizienz und reduzieren Treibhausgas-Emissionen und tragen zu wesentlichen Innovationen bei.

### Ergebnisse

Das Vorhaben optimiert sowohl die mineralische wie auch die organische N-Düngung. Das Projekt arbeitet an einer Vereinfachung der  $N_{\min}$ -Untersuchung wie auch an einer vereinfachten optischen Erfassung der Nitratmessung. Erste Ergebnisse zu einer leistungsfähigen Erfassung der N-Mineralisierung liegen vor. Der N-Status wie auch die Biomasse von Pflanzen können verlässlich und effizient erfasst werden (Prey and Schmidhalter, 2019a,b). Die Übertragung der terrestrischen nicht-invasiven Erfassung des N- und Biomassestatus von Pflanzen auf drohnen- bzw. satellitengestützte Erfassung wird zurzeit durchgeführt. N-Düngung erfolgt basierend auf mehrjährigen Ernteerträgen. Um diese satellitengestützt zu erfassen, wurde eine Prozedur zur Klassifikation von Fruchtarten entwickelt und die Güte der satellitengestützten Erfassung der Erträge von Winterweizen bewertet. Um Stickstoff optimiert einzusetzen, muss neben dem N-Status der Pflanzen die Heterogenität der Standorte erfasst werden; entsprechende Methoden werden zurzeit weiterentwickelt. Ammoniakverluste aus Harnstoffverlusten wurden

bayernweit und mit einem teilrepräsentativen Set von Böden aus Deutschland bewertet und erwiesen sich als wesentlich niedriger als in der nationalen Emissionsinventur festgelegt. Indirekte TGH-Emissionen aus stickstoffhaltigen Mineraldüngern waren im Vergleich zu direkten Lachgasemissionen niedrig (Hu et al., 2020).

Organische flüssige Wirtschaftsdünger können im Gegensatz zu üblichen Annahmen effizient durch repräsentative chemische Analysen erfasst werden, auch mit einfachen technischen Messsystemen. Emissionsmindernde Techniken der Gülleausbringung reduzieren wesentlich Ammoniakverluste. Emissionsfaktoren nach Ausbringung von Gülle auf Grünland müssen neu bewertet werden. Alternative Verfahren zur Minderung von Ammoniakverlusten durch Güllezusätze inkl. Säure wurden bewertet. Ammoniakverluste lassen sich durch Säurezusätze wesentlich reduzieren, während andere chemisch-physikalisch oder biologisch wirkende Zusätze wenig Wirkung zeigen.

### Verwertung

Bisherige Ergebnisse wurden veröffentlicht bzw. in der Öffentlichkeit kommuniziert. Eine weitergehende Umsetzung der erzielten Ergebnisse in leistungsfähige Farm-Managementsysteme mit ergänzenden Kooperationspartnern wird in 2021 erfolgen.

Prey, L. and Schmidhalter, U., 2019a. Sensitivity of Vegetation Indices for Estimating the Vegetative N Status in Winter Wheat. *Sensors* 19, 3712. DOI: 10.3390/s19173712.

Prey, L., Schmidhalter, U., 2019b. Temporal and Spectral Optimization of Vegetation Indices for Estimating Grain Nitrogen Uptake and Late-Seasonal Nitrogen Traits in Wheat. *Sensors* 19, 4640. DOI: 10.3390/s19214640.

Hu, Y., Gaßner, M.P., Weber, A., Schraml, M., Schmidhalter, U. 2020. Direct and indirect effects of urease and nitrification inhibitors on N<sub>2</sub>O-N losses from urea fertilization to winter wheat in southern Germany. *Atmosphere* (in revision).

Schmidhalter, U., Buchhart, C., Böse, S., Riesch, S., Pulfer, M., Haas, C., Heilmeier, M., Gottschalk, R., Heer, W. (2019) Ammoniakverluste nach Gülledüngung. [https://www.pe.wzw.tum.de/fileadmin/forschung/projekte/Guellezusaetze\\_11072019.pdf](https://www.pe.wzw.tum.de/fileadmin/forschung/projekte/Guellezusaetze_11072019.pdf)

Schmidhalter, U. 2020. Digitales Nährstoffmanagement - Herausforderungen, Entwicklungen und Perspektiven. [https://www.youtube.com/watch?v=GD90pY7\\_4bQ](https://www.youtube.com/watch?v=GD90pY7_4bQ)

### Optimierte Stickstoffdüngung durch mehrparametrische Datenfusion und präzise Applikation in Echtzeit (FuzzyFarmer)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. Hans W. Griepentrog  
 Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion, Stuttgart  
 hw.griepentrog@uni-hohenheim.de

#### Verbundpartner

TU Chemnitz  
 Professur für Regelungstechnik und Systemdynamik  
 Hanse Agro Beratung und Entwicklung GmbH  
 Disy Informationssysteme GmbH  
 Yara GmbH & Co. KG  
 Rauch Landmaschinenfabrik GmbH

#### Projekthomepage

<https://www.unter-2-grad.de/projekte/fuzzyfarmer/>

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Projektes „FuzzyFarmer“ ist eine auf Expertenwissen basierende, kleinräumig angepasste N-Düngung zu realisieren. Eine Optimierung des Anbaumanagements soll zu wirksamen Minderungs- und Anpassungsoptionen führen, um damit negative klimaschädigende Effekte zu minimieren. Konkrete Arbeitsziele des Vorhabens sind:

- » durch ein auf der Fuzzy Set Theorie basierendes System Expertenwissen zu nutzen, um eine mehrparametrische Datenfusion zur Ausgabe von kleinräumig angepassten N-Dosiermengen zu realisieren.
- » durch die Entwicklung von Modellen des Sensor-Streuer-Systems die Applikation von Mineraldünger mit Schleuderstreuern hinsichtlich Dosierung und Verteilung als Teilschlagtechnik wesentlich zu verbessern.
- » durch eine automatisierte, durchgängig digitale Prozesskette den Aufwand für Düngplanung und -dokumentation deutlich zu minimieren.

### Ergebnisse

In Form einer Bedarfs-, Anforderungs- und Systemdefinition wurden der Aufbau des Gesamtsystems und einzelner Teilsysteme spezifiziert.

In 2019 wurden Mess- und Boniturdaten erhoben. Da die Interaktion von unterschiedlichen, die Bestandesentwicklung beeinflussenden Parametern im Saisonverlauf sehr dynamisch ist, wird die Parameterverknüpfung vor jeder Gabe überprüft und gegebenenfalls angepasst. Es wurde ein erstes Fuzzy Inferenzsystem entwickelt, bei dem die Biomasseinformation aus dem Echtzeit-Biomassesensor mit Bodenleitfähigkeitsdaten verknüpft wird. Nach der Simulation von Entscheidungs- und Fusionsalgorithmus wurde eine Echtzeit-Steuerung entwickelt, welche in 2020 genutzt wird, um die fuzzy-logische Verknüpfung dieser Parameter in Großparzellenversuchen zu testen. Die Rauch GmbH hat dazu in Streuversuchen passende Einstellungen für den Schleuderstreuer ermittelt. Von Hanse Agro wird die fuzzy-logische Parameterverknüpfung an einem weiteren Standort getestet, wobei statt der Echtzeit-Datenfusion ein zweiphasiger Ansatz angewendet wird.

Von Disy wurde ein Geo Data Warehouse aufgebaut, über welches derzeit z.B. Biomassekarten zur Verfügung gestellt werden können. Über ein User-Interface sollen dem Experten solche Informationen in aufbereiteter Form zur Verfügung gestellt werden und darauf basierend der Entscheidungsalgorithmus vom Experten für die konkrete Applikation definiert werden. Für das User-Interface wurden erste Mockups entwickelt.

Die TU Chemnitz hat mit Streubildern der Rauch GmbH unterschiedliche Ansätze zur Modellierung und Optimierung des Streubildes, unter anderem mithilfe von Model Predictive Control, untersucht. Es wurde eine echtzeitfähige Steuerung für den Applikationsalgorithmus entwickelt, welche dann kein Modell des Prozesses mehr benötigt.

### **Verwertung**

Die neu entwickelte Methode zur multiplen Datenfusion in einem Fuzzy System hat wegen ihres einfachen Aufbaus und der Flexibilität eine hohe praktische Relevanz. Dabei sind neben der N-Düngung zukünftig auch andere Anwendungsfelder zur unscharfen Modellierung denkbar. Fortschritte bei der Optimierung der Düngerapplikation können aufgrund ihrer Repräsentativität einen positiven Einfluss auf die Regelung von komplexen, technischen und nichttechnischen Systemen haben. Die Echtzeitanpassung der Streueinstellung zur Optimierung der Verteilgenauigkeit ist ein vielversprechendes Konzept, das zu weiteren Effizienzsteigerungen in der mineralischen Düngung beitragen kann.

Die Praxispartner kommen aus den unterschiedlichen Bereichen Agronomie, Agrartechnik und IT. Zusammen können die Projektergebnisse zu einem Dienstleistungsbündel weiterentwickelt werden. Durch eine Marktverbreitung der im Projekt entwickelten Technologien für eine umweltschonende N-Düngung ist ein positiver Beitrag zum Klimaschutz zu erwarten.

Erste Projektergebnisse wurden von der TU Chemnitz und der Universität Hohenheim bereits in Konferenzbänden publiziert. Die jeweiligen Arbeiten finden bereits erste Anwendung in der Lehre im Bereich der Optimierung, Steuerung und Regelung von komplexen Systemen.

### Minderung von Treibhausgasemissionen in der Pflanzenproduktion durch standortangepasst optimierte Zwischenfruchtanbausysteme (THG-ZWIFRU)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. Henning Kage  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel  
kage@pflanzenbau.uni-kiel.de

#### Verbundpartner

Universität Hohenheim  
Georg-August-Universität Göttingen  
P. H. Petersen Saatzucht Lundsgaard GmbH  
Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Institut für Zuckerrübenforschung  
Landwirtschaftskammer Niedersachsen

#### Projekthomepage

<https://www.unter-2-grad.de/projekte/thg-zwifru/>

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Projekts ist die Minderung von Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft durch Optimierung der positiven Effekte des Zwischenfruchtanbaus. Dabei liegen drei Wirkpfade im Fokus: Reduktion der direkten  $N_2O$ -Emissionen, verringerte Nitratusträger durch Sickerwasser sowie ein reduzierter N-Düngebedarf in den Folgekulturen. Dazu sollen im Projekt praxistaugliche Methoden zur Abschätzung der in der Zwischenfruchtbiomasse gebundenen N-Mengen sowie der in den Folgekulturen zu erwartenden N-Freisetzung für unterschiedliche Zwischenfruchtarten und -bestände entwickelt werden. Weiterhin soll anhand des im Projekt quantifizierten Klimaschutzpotentials des Zwischenfruchtanbaus dargelegt werden, welche Weiterentwicklungen im Bereich der THG-Inventarisierung erforderlich werden und wie politische Anreize zur Förderung des Zwischenfruchtanbaus zum Klimaschutz beitragen können.

### Ergebnisse

*N-Aufnahme der Zwischenfrüchte und  $N_{min}$ -Verlauf nach Körnererbse (Göttingen; Hohenheim) bzw. Winterraps (Kiel, Uelzen)*

Die Brache als Kontrolle zeigte hohe  $N_{min}$ -Werte im Herbst 2019 und z.T. starke Auswaschungsverluste bis März. Zwischenfrüchte reduzierten dieses Verlustrisiko, indem sie Boden-N in der Biomasse fixierten (siehe Abbildung 1). Die N-Aufnahmen schwankten je

Standort und Jahr zwischen 60 - 120 kg N ha<sup>-1</sup> (vorläufiges Ergebnis), wobei Ölrettich und Winterroggen rasch viel Boden-N aufnehmen konnten, was zu niedrigen N<sub>min</sub>-Werten am Vegetationsende führte. Die N<sub>min</sub>-Werte unter der Sommerwicke waren generell höher. Das Abfrieren frostempfindlicher Zwischenfrüchte führte mehrortig zum Anstieg der N<sub>min</sub>-Werte im Oberboden, besonders nach Ölrettich und Rauhafer. Mulchen verursachte ebenfalls einen raschen Anstieg der N<sub>min</sub>-Werte in der obersten Schicht.

Erste Ergebnisse zur Ertragswirksamkeit der Zwischenfrüchte auf die 1. Folgefrucht zeigen, dass die Zuckerrüben nach Winterroggen in Göttingen einen signifikant niedrigeren Zuckerertrag erzielten als alle anderen Varianten. Dies zeigte sich am Standort Hohenheim nicht. Bei Mais ist die Ertragsreaktion auf die N-Gabe generell schwach ausgeprägt, wobei besonders beim Rauhafer eine starke N-Immobilisierung vermutet werden kann, hervorgerufen durch ein weites C-N-Verhältnis in der Biomasse.

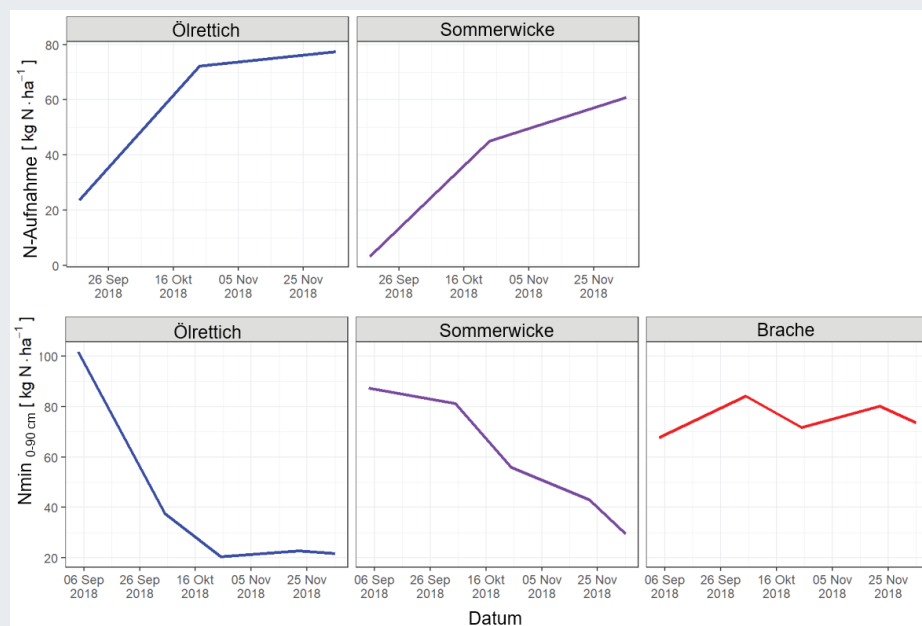


Abbildung 1: Dynamik der N-Aufnahme und N<sub>min</sub>-Reaktion für Ölrettich und Sommerwicke sowie unbegrünte Brache am Standort Kiel.

### N<sub>2</sub>O-Emissionen

Bezüglich direkter N<sub>2</sub>O-Emissionen wurden geringe mittlere N<sub>2</sub>O-Flüsse während der Zwischenfruchtphase gemessen, wofür Trockenheit und milde Winter ursächlich erscheinen. Bei abgetrorenem Ölrettich traten die höchsten N<sub>2</sub>O-Emissionen auf, gefolgt von Rauhafer (siehe Abbildung 2). Generell sind die kumulierten N<sub>2</sub>O-Emissionen stets höher als die der Brache. Höhere N<sub>2</sub>O-Peaks traten standortübergreifend nach Umbruch und Einarbeitung der Zwischenfrüchte auf. Der Umsatz frischer organischer Substanz des Winterroggens z.B. führte zu hohem O<sub>2</sub>-Verbrauch, was in Kombination mit hohen



Wassergehalten zu anaeroben Bedingungen und erhöhten  $N_2O$ -Emissionen aus der Denitrifikation führte. Die  $N_2O$ -Emissionen während der 1. Folgefrucht sind maßgeblich durch die N-Gabe geprägt.

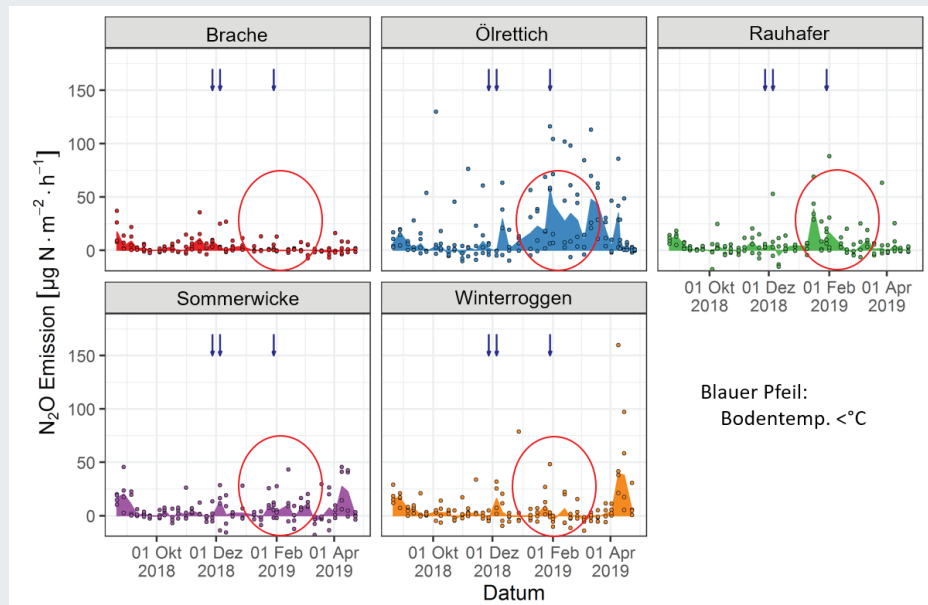


Abbildung 2: Dynamik der  $N_2O$ -Emissionen für Zwischenfrüchte und unbegrünte Brache am Standort Kiel (rote Kreise markieren Vegetationsruhephase).

## Verwertung

Die Ergebnisse werden die Aktivitäten des Partners Petersen Saatzucht Lundsgaard GmbH im Bereich der Entwicklung und Zusammenstellung von Standort-angepassten Zwischenfrüchten / Zwischenfruchtmischungen unterstützen. Die entwickelten Schätzmethode für die N-Aufnahme durch bzw. N-Freisetzung aus Zwischenfrüchten können bei der Düngeempfehlung Berücksichtigung finden. Die Ergebnisse können auch zur Bewertung von Zwischenfruchtssystemen im Kontext direkter und indirekter  $N_2O$ -Emissionen dienen. Die Kopplung der Arbeiten an die prozessorientierte dynamische Modellierung und damit die Entwicklung von Prognosemodellen stellt dabei einen wichtigen Transferpfad dar.

### **Weizen in effizienten Fruchtfolgen im Zusammenspiel einer idealen Erschließung von Nährstoffen (WinEffizient)**

#### **Projektkoordinator**

Dr. Andreas Stahl  
Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen  
Andreas.Stahl@agrار.uni-giessen.de

#### **Verbundpartner**

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, NPZ Innovation GmbH  
W. von Borries-Eckendorf GmbH & Co. KG

### **Kurzfassung**

#### **Ziel**

Übergeordnetes Ziel des Vorhabens ist die Steigerung der Trockenstresstoleranz und Nährstoffnutzungseffizienz von Winterweizen im optimierten Fruchtfolgesystem. Dazu werden in WinEffizient Ergebnisse vorausgehender Studien zu Genotypen mit einem besonders gestärkten Wurzelwachstum genutzt, um Weizenlinien mit einem größeren Wurzelsystem zu erzeugen, die an variable Anbaubedingungen besser angepasst sind. Zusammen mit einem daraufhin optimierten pflanzenbaulichen Düngemanagement im Fruchtfolgesystem Raps/Mais-Weizen ist es das Ziel, beides – Ökobilanz und Resilienz des Weizenanbaus – zu verbessern.

#### **Ergebnisse**

Das Projekt stützt sich auf bekannte Allele für ein gesteigertes Wurzelwachstum aus chinesischen Merkmalsträgern, die in vorausgehenden Studien entdeckt worden sind. Basierend auf diesem Wissen sind molekulargenetische Marker für Haploblöcke mit einem putativen Effekt auf die Größe des Wurzelsystems erfolgreich entwickelt worden. Die Marker dienen dazu, Weizengentypen hinsichtlich ihrer Veranlagung zu testen und zu selektieren, ohne ein extrem aufwendiges Auswaschen der Wurzeln im Rahmen einer phänotypischen Selektion praktizieren zu müssen.

Um die Wirkung der Allele, die mit einem gesteigerten Wurzelwachstum assoziiert sind, funktionell eingehender analysieren zu können und ihre Relevanz im Hintergrund europäischen Materials zu prüfen, ohne die maskierenden negativen agronomischen Eigenschaften des Merkmalsspenders zu erfassen, werden nah-isogene-Linien (NILs) erzeugt. Dafür ist der Merkmalsdonor mit drei Eliteweizensorten unterschiedlicher Qualitätseinstufung verkreuzt worden (Genius [E], Leandrus [A] und Elixer [C]). Die Kreuzungsprodukte wurden anschließend mehrmals mit den Eliteeltern zurückgekreuzt. Hierbei kamen die zuvor genannten molekularen Marker zum Einsatz. Derzeit liegen

insgesamt 175 F1BC2 Produkte vor. Von ihnen ausgehend sollen bis zur Aussaat vor dem Winter 2020-2021 F1BC3-Linien entwickelt und in kontrollierten Containerversuchen einer intensiven Analyse unterzogen werden.

Parallel dazu finden Prüfungen der Merkmalsdonoren und -rezipienten in einer Fruchtfolgesequenz mehrertig (n=3) und unter verschiedenen N-Weizendüngestrategien statt (siehe Abbildung 1). Dadurch wird ermöglicht, Aussagen zur Wasser- und Stickstoffeffizienz von Weizen in den Kontext unterschiedlicher pflanzenbaulicher Ausgangslagen zu stellen (Tabelle 1).



Abbildung 1: Etablierung von Vorfruchtenszenarien am Versuchsstandort Groß Gerau. Die Luftaufnahme (großes Bild) zeigt den Anbau von Raps und Mais (Bildeinschub) jeweils in einer berechneten (links) und unberechneten (rechts) Variante. In jeder Berechnung x Vorfrucht-Kombination wurde als weiterer Faktor eine divergierende N-düngung platziert, um kontrastierende N-Bilanzüberschusszenarien der Vorfrüchte erzeugen zu können. Im darauffolgenden Jahr werden Weizen genotypen in jedem der erzeugten Szenarien geprüft (Fotos: Stjepan Vukasic).

Tabelle 1: N-Flüsse für den Vorfruchtversuch 2018-2019 Raps am Standort Merbitz.

Frühjahrs-N <sub>min</sub> [kg/ha] (0-60 cm)	Düngung	N-Entzug Korn [kg/ha]	N-Saldo [kg/ha]	Nachernte-N <sub>min</sub> vor WW kg/ha (0-60 cm)
197 (20.02.19)	ohne	97 (± 2,22)	+100	109 (15.10.19)
197 (20.02.19)	+100 kg N (05.03.19)	98 (± 3,05)	+199	137 (15.10.19)

(Angaben ± Standardabweichung)

### **Verwertung**

Die aus WinEffizient hervorgehenden NILs sollen perspektivisch als Grundlage für Weizenzuchtstämme dienen, die unter limitierter Wasserverfügbarkeit und reduziertem Stickstoffangebot resilienter als herkömmliche Weizensorten sind. Diese können zur Entwicklung effizienterer Sorten beitragen, die auch unter widrigen Bedingungen noch eine backfähige Weizenproduktion erlauben. Mittel- bis langfristig kann durch die Kombination von verbesserten Sorten und adjustiertem Anbau- bzw. Düngemanagement ein Beitrag zur Reduktion der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen erwartet werden.

## Technische Verfahren für geschlossene Pflanzenproduktionssysteme zur Minderung von THG-Emissionen und klimawandelbedingtem abiotischen Stress (MinTHG)

### Projektkoordinator

Dr. Dennis Dannehl  
Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, FG Biosystemtechnik, Berlin  
Dennis.Dannehl@hu-berlin.de

### Verbundpartner

DH Licht GmbH  
Klasmann-Deilmann GmbH  
RAM GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Eine der größten Herausforderung für die Menschheit ist die Folgeneindämmung der weltweiten Klimaveränderungen, die hauptsächlich durch THG-Emissionen verursacht werden. Einen Beitrag dazu sollen intelligent gesteuerte Gewächshaussysteme im Vorhaben MinTHG leisten. Das Hauptziel liegt darin, innovative technische Verfahren für das Gesamtsystem Gewächshaus zu entwickeln, wodurch THG-Emissionen, aber auch der Frischwasser- und Düngerressourcenverbrauch reduziert werden. Unter anderem sollen mikroklimatische Bedingungen und Wachstumssubstrate in semi-geschlossenen Produktionssystemen optimiert werden, um unabhängig von den Klimaveränderungen die Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung mit hochwertigen Produkten zu gewährleisten. Dabei liegt der Fokus auf der Integration eines innovativen Kühlverfahrens (Wasservorhang) zur Energiegewinnung, der Entwicklung neuer pflanzenangepasster CO<sub>2</sub>-, Energieschirm- und Nährlösungssteuerungsstrategien sowie neuer Substrate für semi-geschlossene Gewächshaussysteme, die unter Berücksichtigung der Reduzierung abiotischer Stressfaktoren vorgenommen werden. Innerhalb der Untersuchungen zu den Veränderungen des Phänotyps in Abhängigkeit der angewendeten Verfahren sind die gemessenen Phytosignale und Laboranalysen Teil des Projekts.

### Ergebnisse

In Versuchen wurden ein fadengeführter und freifallender Wasservorhang (B = 2 m) für die Kühlung bzw. Energiegewinnung getestet. Basierend auf den Anemometermessungen wurde ein Luftvolumenstrom von 7.629 m<sup>3</sup>/h für die freifallende und 2.954 m<sup>3</sup>/h für die fadengeführte Variante berechnet, wodurch der freifallende Wasservorhang für eine

bessere Durchmischung der Gewächshausluft prädestiniert ist. Mit dem freifallenden und fadengeführten Wasservorhang wurden 6,4 kW und 5,0 kW Kälteleistung entsprechend erreicht. Anschließend wurde der Prototyp des Wasservorhangs (16 m) installiert. Mit angeschlossener Wärmepumpenkühlung wurden bis zu 40 kW Kälteleistung erreicht.

Durch den kleiner dimensionierten Wasservorhang konnte die Lichtintensität um 9 % gegenüber dem herkömmlichen Kühlsystem mit installierten Kühlrippenrohren erhöht werden. Allein durch diesen Effekt wurde der Ertrag nach einer 4-wöchigen Ernte um 22 % signifikant erhöht. Durch die semi-geschlossene Gewächshausführung können 54 % des eingesetzten CO<sub>2</sub> zur Ertragssteigerung eingespart werden. Weiterhin kann der Wärmeverbrauch im Mittel um 9,4 %/d reduziert werden, wenn die Energieschirmsteuerung nicht nach Lichtsumme, sondern nach der Photosynthese gesteuert wird. Die CO<sub>2</sub>-Applizierung in verschiedenen Höhen zeigte nicht die erwarteten Effekte. Unabhängig von der Applikationshöhe wurde ein annähernd homogener CO<sub>2</sub>-Anstieg und eine homogene CO<sub>2</sub>-Verteilung gemessen. Eine CO<sub>2</sub>-Einsparung durch diese Maßnahme gibt es nicht. Zur CO<sub>2</sub>-Emmissionseinsparung wurden weiterhin alternative organische Substrate für Steinwolle getestet. Getrocknetes Moos und Holzreststoffe sind geeignet als Ersatzstoffe. Die physikalischen Eigenschaften dieser Substrate liegen in den Optimalbereichen. Die Pflanzenmorphologie und -physiologie der Tomatenpflanzen wurden nicht negativ beeinflusst.

### **Verwertung**

Erfindungen oder Schutzrechtsanmeldungen sind im Rahmen des Projektes nicht geplant, werden aber auch nicht ausgeschlossen. Es sollen Unternehmen der Steuer- und Regeltechnik und Substratherstellerfirmen gefunden werden, die die Neuentwicklungen unter Berücksichtigung der erforschten Wechselbeziehungen zwischen mikroklimatischen Bedingungen, Substraten und den Pflanzen im Rahmen einer Produktentwicklung in ihre Systeme implementieren.

Mit den ermittelten Stressgrenzwerten der Gemüsekulturen können zum ersten Mal Phytosignale aktiv in verschiedene Steuer- und Regelstrategien integriert werden, um THG-Emissionen und Wasserressourcen einzusparen und um abiotischen Stresszuständen entgegenzuwirken. Es kann Wissen zur Wirkung der geänderten Mikroklimabedingungen auf Ertrag und Qualität generiert werden.

### Klimaschutzorientierte Bioabfallverwertung für die Landwirtschaft (KlimaBioHum)

#### Projektkoordinator

Dr. Jürgen Reinhold  
Förderverband Humus e. V., Zossen  
jreinhold@fvh-humus.de

#### Verbundpartner

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH,  
TERRA URBANA Umlandentwicklungsgesellschaft mbH

#### Projekthomepage

<https://www.fvh-humus.de/projekte>

## Kurzfassung

### Ziel

Das Gesamtziel des Vorhabens besteht in der Entwicklung einer Pilot-Version für eine Klimaschutz-Gütesicherung bei der Herstellung von Bioabfallprodukten nach Kreislaufwirtschafts- und Düngerecht. Damit wird eine Vorlage geschaffen, die durch die Bioabfallwirtschaft als Maßnahme einer freiwilligen Selbstregulierung der Wirtschaft genutzt werden kann. Zu diesem Zweck sollen auf dem Lebensweg von Bioabfall ab der Anlieferung bei den Kompostierungs- und Vergärungsanlagen bis zur Abgabe der Bioabfallprodukte an landwirtschaftliche Betriebe klimarelevante Wirkungen (CO<sub>2</sub>-Fussabdruck) bewertet werden. Es werden Emissionsmessungen an ausgewählten Bioabfallbehandlungsanlagen in Deutschland vorgenommen.

Dabei wird vom Nachweis der folgend genannten Detailzielstellungen ausgegangen:

- » Bioabfallkomposte und -gärprodukte (aus Biogut und Grüngut) sind im Vergleich zu anderen organischen Düngern besonders schwer abbaubar.
- » Die hygienisierende und stabilisierende Behandlung von Bioabfällen erfolgt
  - verlustarm (insbesondere bei C<sub>org</sub> und N<sub>ges</sub>)
  - bei geringem Verbrauch an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten und
  - THG-emissionslimitiert.
- » Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten können in einer Pilot-Version für eine Klimaschutz-Gütesicherung der Bioabfallbehandlung zusammengefasst werden.

## Ergebnisse

Am 05.02.2019 fand im Umweltbundesamt ein Workshop zum Thema „Klimaschutz in der Bioabfallverwertung“ statt. Teilnehmer waren Betreiber von Bioabfallverwertungsanlagen sowie behördliche und wissenschaftliche Branchenvertreter. Der Workshop richtete sich vorrangig an klimabewusste Vertreter von Bioabfallbehandlungsanlagen und zielte auf die Sensibilisierung der Branche für den Klimaschutz während des Herstellungsprozesses von organischen Düngern und Bodenverbesserungsmitteln. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen informierten über den aktuellen Kenntnisstand der Entstehung und Bewertung von Treibhausgas-Emissionen und dem Verbrauch von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten während der Rotte- und Gärungsprozesse und klärten über Entwicklungspotenziale auf. Es wurde ein Aufruf zur Projektunterstützung an die Bioabfallanlagenbetreiber erarbeitet.

Das Untersuchungsprogramm in den Bioabfallbehandlungsanlagen der Praxispartner für 2020 ist erarbeitet und mit den Partnern abgestimmt worden. Im Vorhaben wurden insgesamt 3 Messkampagnen für die Emissionsmessungen an den Anlagen geplant:

1. Messkampagne (2019): 13 Anlagen (davon 11 bisher emissionsseitig bemessen)
2. Messkampagne (2020): Anlagenauswahl mit Parametervariation (Sommermessphase), zzgl. 2 Anlagen aus der 1. Messphase, die in 2019 noch nicht bemessen werden konnten
3. Messkampagne (2021): Anlagenauswahl mit Parametervariation (Wintermessphase)

Die Betriebsweise der Bioabfallbehandlungsprozesse in Verbindung mit den klimarelevanten Emissionen werden an den ausgewählten Anlagen für Parameter untersucht, von denen erwartet wird, dass sie die Emissionssituation der Mieten wesentlich beeinflussen können:

- » Häufigkeit der Umsetzung der Miete
- » Schüttdichte
- » Belüftung der Miete
- » Mietengeometrie (Dreieck-, Tafelmiete)
- » Unterschiedliche Abdeckung der Miete (mit und ohne Abdeckung).

## Verwertung

Die Übernahme der Innovation in die Praxis wird auf freiwilliger Basis möglich sein.

Die Ergebnisse des Verbundvorhabens dienen der Optimierung des Anlagenbetriebes von Bioabfallbehandlungsanlagen durch Aufzeigen wesentlicher Emissionsquellen und Optimierungsmaßnahmen, die auch eine wirtschaftliche Optimierung der Anlagen ermöglichen. Im Ergebnis wird ein Vorschlag für die Gütesicherung bei der Behandlung von Bioabfällen in Abstimmung mit den Projektpartnern und dem Projektbeirat auf der Basis der Emissionsmessungen und THG-Bilanzen mit dem Ziel entwickelt, den Klimaschutz bei der Bioabfallbehandlung nach Umsetzung der Maßnahmen in der Praxis deutlich zu stärken. Die Erkenntnisse dienen zudem als Basis für die zukünftige Planung und Strategieentwicklung bei der Abfallbehandlung für politische Entscheidungsträger.



### **Genetische Analyse der Regulation von Stickstoffeffizienz und Selektion von effizienten Winterweizensorten aus der MAGIC-WHEAT Population WM-800 als Beitrag zum Klimaschutz durch die Landwirtschaft (MAGIC-Efficiency)**

#### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Klaus Pillen  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale)  
klaus.pillen@landw.uni-halle.de

#### **Verbundpartner**

Forschungszentrum Jülich GmbH  
BASF Belgium Coordination  
Center Comm.V  
Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V. (GFPI)

#### **Projekthomepage**

<https://www.unter-2-grad.de/projekte/magic-efficiency/>

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Das Verbundprojekt MAGIC-Efficiency hat zum Ziel, die genetische Regulation der Stickstoffeffizienz von der Wurzel bis zur Einlagerung ins Korn mittels sensorgestützter Phänotypisierung zu analysieren und stickstoffeffiziente Genotypen aus der kürzlich erstellten multiparentalen Winterweizenpopulation MAGIC-WHEAT WM-800 zu selektieren.

Langfristig sollen die Methoden der sensorgestützten Phänotypisierung in der praktischen Weizenzüchtung implementiert werden, um den Selektionsprozess zu optimieren und zu beschleunigen und dadurch eine nachhaltige Steigerung der Effizienz der gegenwärtigen Weizenzüchtung zu erreichen.

### **Ergebnisse**

Im ersten Feldversuchsjahr 2019 wurden von 848 Prüfgliedern je Stickstoffdüngungsstufe (N+ Variante 240 kg/ha, N- Variante 100kg/ha) verschiedene agronomische Merkmale sowie die mittels NIRS erhobenen Parameter Kornprotein-Gehalt, Kornstärke-Gehalt, Feuchtkleber, Hektolitergewicht und Sedimentationswert, erhoben.

Weiterhin wurden während der Vegetationsperiode 11 Überflüge mit den beiden DJI-Drohnen Phantom 4Pro (RGB-Kamera, 112,4 Megapixel) und Matrice 600 (Multispektralkamera MCAW, Thermalkamera) durchgeführt.

Die Stickstoffvarianten unterschieden sich in ihrem mittleren Ertrag um ca. 10 dt/ha, einige Genotypen brachten aber auch unter Stickstoffmangel gute Erträge mit einem Maximum von 81,68 dt/ha und lagen damit nur ca. 6 dt/ha unter dem Ertragsmaximum der N+ Variante. Da Halle ein trockener Standort mit mittleren Böden ist, wird der Ertrag zusätzlich reduziert.

Der Proteingehalt im Korn zeigt eine gute Variation und Wiederholbarkeit in beiden Varianten. Die N- Variante zeigt einen höheren Proteingehalt im Korn, dies lässt sich vermutlich durch den Verdünnungseffekt erklären, welcher durch den deutlich höheren Ertrag in der N+ Variante entsteht.

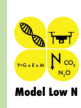
Der Proteinertrag zeigt deutlich, dass die erhöhte Düngung in der N+ Variante einen Einfluss auf den Proteingehalt im Korn hat und widerlegt die negative Beziehung zwischen hoher Düngung und geringem Kornproteingehalt.

Für das Merkmal Ertrag konnten anhand der Drohnendaten durch das RFM-Modell gute Vorhersageergebnisse erzielt werden. Der mittlere Vorhersagefehler (RMSE) lag in beiden Stickstoffstufen bei 4,90 dt/ha in der N- und 5,45 dt/ha in der N+ Variante und einem R<sup>2</sup>-Wert von 0,70 (N-) bzw. 0,71 (N+).

Für das Merkmal Proteingehalt lag der mittlere Vorhersagefehler bei 0,75 % (N-) bzw. 0,78 % (N+) Proteinkonzentration im Korn und einem R<sup>2</sup>-Wert von 0,63 in der N- und 0,33 in der N+ Variante.

### **Verwertung**

Die Verwertung der Ergebnisse im Rahmen von Publikationen, Sortenanmeldungen und durch die Etablierung der sensorgestützten Phänotypisierung zur Selektion der Nährstoffeffizienz werden erst ab 2021/22 realisiert werden.



### **Innovative Modellierungsansätze in der Rapsproduktion für eine gesteigerte Stickstoffnutzungseffizienz und Minderung von Lachgasemissionen (ModelLowN)**

#### **Projektkoordinator**

Dr. Amine Abbadi  
NPZ Innovation GmbH, Holtsee  
a.abbadi@npz-innovation.de

#### **Verbundpartner**

LIMAGRAIN GmbH  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Justus-Liebig-Universität Gießen

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Das Ziel des Vorhabens besteht in der Verbesserung der Ökobilanz zukünftiger Winterrapssorten als Beitrag zur Erfüllung des Klimaschutzplanes. Die verfolgte Forschungsstrategie fokussiert eine Reduktion klimarelevanter Emissionen und eine Anpassung an neue Produktionsbedingungen.

Basierend auf Erkenntnissen jüngster Studien ist geplant, Genotypen mit ausgeprägten N-Effizienz-steigernden Merkmalen zur Erstellung einer micro Nested Association Mapping Population (microNAM) zu nutzen. Um Merkmalskombinationen der microNAM genau abzubilden, werden Drohnenflüge und spektrale Reflexionsmessungen eingesetzt und vegetationsbegleitend das Wachstum erfasst. Zeitreihen von Bestandesparametern sollen in Kombination mit einem georeferenzierten und entwicklungsspezifischen Umweltmonitoring die Abbildung der Genotypeigenschaften im Wachstumsmodell ermöglichen. Im Weiteren sollen physiologische Wachstumsmodelle zusammen mit genomweiten molekularen Markern der microNAM auf der Basis von „Machine-Learning“ Verfahren in iterativen Modellierungsansätzen integriert werden, um die Interaktion von GxPxE unter N-Limitierung in einem multidimensionalen Versuchsdesign vorherzusagen.

## Ergebnisse

Im Vorhaben wurden microNAMs (n= 250) und Testhybriden (n= 500) mit zwei Testern erstellt. Die microNAMs wurden an 2 Standorten bei niedriger N-Düngung in der Saison 2018/19 geprüft. Ein Großteil der Testhybriden ist 2-jährig an 5 Standorten mit verschiedenen Boden- und Umweltbedingungen sowie N-Düngungsstufen in Prüfung. Laufend werden Bonituren, Sensor-gestützte Phänotypisierungen sowie Boden- und Umweltmessungen durchgeführt, um Daten zur Interaktion von GxExM unter verschiedenen N-Düngungsstufen zu erheben. Zusätzlich werden die microNAMs genotypisiert. Die Daten der Genotypisierung werden zusammen mit den erhobenen Phänotyp- und Ertragsdaten der Testhybriden unter reduzierter N-Düngung sowie ggf. mit Umweltdaten kombiniert und für Vorhersage-Algorithmen genutzt.

Zur Kalibrierung der Sensoralgorithmen, Ermittlung verschiedener Vegetationsindices und Datengenerierung für die Ertragsmodellierung unter niedrigem Stickstoff werden seit der Saison 2018/19 2-jährige Versuche mit einem diversen Genotypenset (n= 8) und 4 N-Düngungsstufen an 2 Standorten durchgeführt. Für die präzise Kalibrierung werden multispektrale Aufnahmen, destruktive Untersuchungen der Parameter zur Biomasseentwicklung sowie Stoffverteilung und -dynamik (C/N) getätigt (siehe Abbildungen 1 und 2). Zusätzlich wird der Samenertrag erfasst und Inhaltsstoffe mittels NIRS untersucht. Erste Kalibrierungen zwischen multispektralen Vegetationsindices und pflanzlichen Parametern zeigen eine gute Korrelation ( $R^2_{adj} = 0,92$  bzw.  $0,82$ ,  $p < 0,001$ ) zwischen geschätzten N-Konzentrationen bzw. Sprosstrockenmassen und gemessenen Referenzdaten. Neben der Kalibrierung werden auch Effekte der N-Düngungsstufen auf die Bestandesentwicklung, N-Aufnahme, Kornerträge sowie Öl- und Proteinkonzentration des Ernteguts analysiert. Für einige Parameter wurden statistische Trends zwischen Genotypen sowie Düngungsstufen beobachtet, welche in weiteren Versuchen validiert werden.

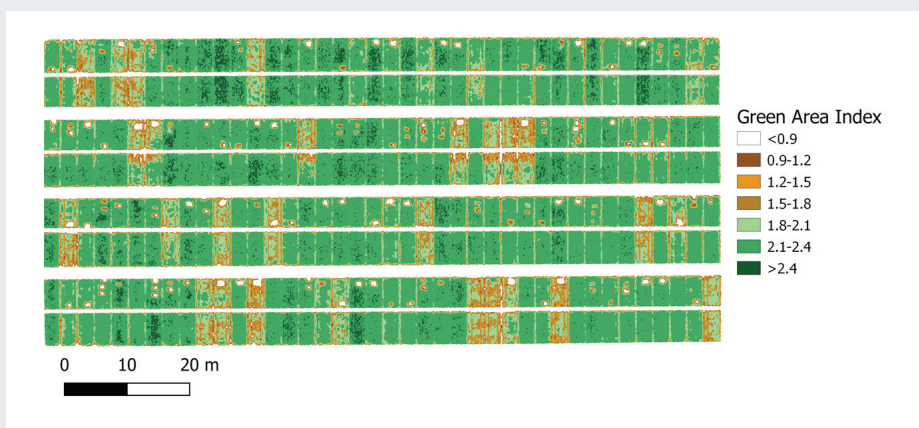


Abbildung 1: Green Area Index (GAI) im N-Steigerungsversuch am Standort Hohenschulen kurz vor Beginn der Blüte im Versuchsjahr 2019. Hierfür wurden die spektralen Kanäle der Drohnenaufnahmen gemäß der Kalibrierungsgleichung miteinander verrechnet.

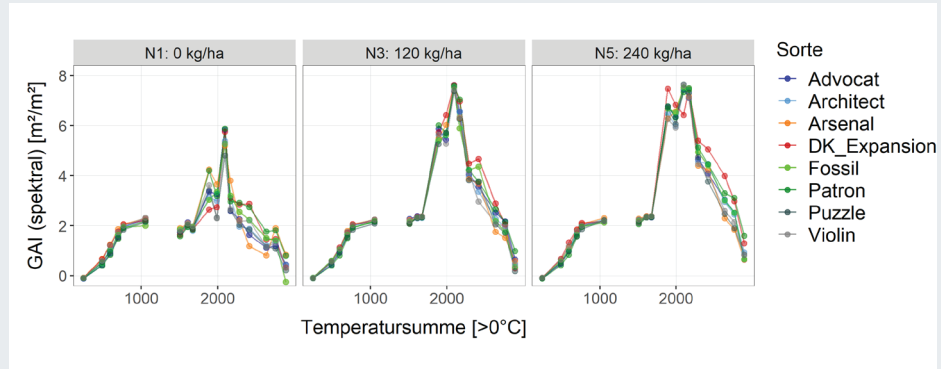


Abbildung 2: Verlauf des über Drohnenaufnahmen errechneten Green Area Index (GAI) von 8 Sorten aufgeteilt in 3 Düngungsstufen über den Vegetationszeitraum 2019 am Standort Hohenschulen.

### Verwertung

Um negative Effekte auf die Umwelt zu reduzieren, soll ModelLowN die modellunterstützte Züchtung von ertragreicheren und N-effizienteren Sorten vorantreiben. Verschiedene Daten aus Genotyp/Phänotyp/Umwelt werden mit einem Ertragsbildungsmodell kombiniert und auf Interaktionen zwischen verschiedenen Merkmalen analysiert. Integrierte Modelle werden erstellt, die zur Identifizierung von Sortenkandidaten mit einer deutlich besseren N- und Klimabilanz genutzt werden können.

Mittel- bis langfristig kann ein erheblicher Beitrag zur Reduktion der THG-Emissionen im Rapsanbau erwartet werden, da durch die züchterische Verbesserung der N-Effizienz sowohl durch eine geringere N-Düngung die  $\text{CO}_2$ -Emissionen als auch die direkten sowie indirekten Lachgasemissionen im Feld gesenkt werden.



## Proaktive pflanzengesundheitliche Risikoanalyse durch Modellierung und Monitoring: Anpassung an langfristige Risiken durch klimasensitive Schadorganismen (ProgRAMM)

### Projektkoordinator

Dr. Gritta Schrader & Dr. Anne Wilstermann  
 Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI),  
 Braunschweig  
[gritta.schrader@julius-kuehn.de](mailto:gritta.schrader@julius-kuehn.de), [anne.wilstermann@julius-kuehn.de](mailto:anne.wilstermann@julius-kuehn.de)

### Verbundpartner

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) e.V.  
 Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)

## Kurzfassung

### Ziel

Das Projekt ProgRAMM verfolgt zwei Hauptziele. Die Entwicklung eines prozessbasierten Modells zur Simulation des Etablierungspotenzials und der Ausbreitung von klimasensitiven Schadorganismen an Pflanzen (KSO) in Deutschland. Bei KSO ist künftig eine deutliche Änderung ihres Schadpotenzials durch klimatische Veränderungen zu erwarten. Das modular entwickelte Modell nutzt aktuelle Klimadaten und -projektionen und das Wirtspflanzenvorkommen, um die dynamische Ausbreitung von KSO zu simulieren. Die Bewertung des langfristigen Risikos durch KSO für Risikoanalysen soll durch das Modell wissenschaftlich begründet werden. Das Modell wird kostenfrei als Open-Source zur Verfügung gestellt. Zweites Projektziel ist die Schaffung einer Datengrundlage über das Einwanderungsverhalten von KSO anhand eines Monitorings von Beispielorganismen. Das Monitoring ermöglicht die Identifikation besonders anfälliger Gebiete für eine Erstbesiedelung durch KSO in Deutschland und liefert die Daten zur Validierung des Modells.

### Ergebnisse

Das Modell besteht aus drei Submodellen (SM), die sich noch in der Entwicklung befinden.

Das Wirtspflanzen-SM bildet die aktuelle Verteilung der Wirtspflanzen ab und projiziert zukünftige Wirtspflanzenverteilungen unter Berücksichtigung veränderter klimatischer und politischer Rahmenbedingungen. Bisher wurde ein Modell zur Wirtspflanzenver-

teilung basierend auf der Agrarstatistik und aktuellen Flächengeometrien von landwirtschaftlicher Landnutzung (ATKIS, InVeKoS) entwickelt. Mit dem Modell wird eine deutschlandweite Wirtspflanzenbank für zunächst landwirtschaftliche Kulturen auf Rasterbasis (1 km<sup>2</sup>) erstellt. Schrittweise wird diese Datenbank um andere Wirtspflanzen erweitert.

Im Habitat-SM wird die bioklimatische Eignung anhand der Bedürfnisse der Organismen bestimmt. Das Ausbreitungs-SM dient der Vorhersage der künftigen Ausbreitung. Die Grundstruktur des Modells zur Bestimmung der klimatischen Eignung ist bereits funktional und befindet sich in der Kalibrierungsphase. Erste Verteilungs- und Risikokarten wurden erstellt.

Hoch aufgelöste Klimasimulationen dienen als Grundlage für die Berechnung der Submodelle. Um eine umfassende Unsicherheitsanalyse der zukünftigen Klimaänderungen zu ermöglichen, wird auf ein umfassendes Ensemble von regionalen Klimaprojektionen unter Berücksichtigung verschiedener sozioökonomischer Entwicklungspfade zurückgegriffen. Systematische Fehler der Modellsimulationen wurden durch neueste Bias-Adjustierungsverfahren minimiert. Die Erstellung des Klimamodellensembles ist abgeschlossen.

Die Monitoring-Ergebnisse der sechs Beispielorganismen aus dem Untersuchungsjahr 2019 liegen vor und liefern einen ersten Einblick in die Ausbreitung von klimasensitiven Schadorganismen in Deutschland. Ein Netzwerk zur Früherkennung von invasiven Schaderregern wurde aus Experten, den Pflanzenschutzdiensten der Bundesländer und interessierten Bürgern für eine Früherkennung von Schadorganismen aufgebaut und die Öffentlichkeit durch einen „Citizen Science“-Ansatz direkt angesprochen und für die Pflanzengesundheit sensibilisiert.

### **Verwertung**

Die Ergebnisse werden in Risikoanalysen verwendet, um die Risiken durch Schadorganismen besser einschätzen zu können. Die Identifizierung von Hochrisikogebieten für ihre Ansiedlung sollen die Planung der nationalen Erhebungsaktivitäten von Schadorganismen unterstützen. Das Habitat-Modell ist modular gestaltet, so dass es für neue Fragestellungen (neue Anbaustrategien und Klimaszenarien) und Organismen angepasst und erweitert werden kann. Mit der Entwicklung eines Verfahrens zur Identifizierung langfristiger pflanzengesundheitlicher Risiken durch Schadorganismen, die durch den Klimawandel begünstigt werden, soll das Projekt einen nachhaltigen Beitrag zur Sicherung der Pflanzenressourcen in Deutschland leisten. Das Modell und die Projektergebnisse sollen digital der Wissenschaftsgemeinde kostenlos zur Verfügung gestellt werden.

## Verringerung der Distickstoffmonoxidemission beim hydroponischen Anbau von Pflanzen im Gewächshaus (HydroN2O)

### Projektkoordinator

Dr. Dietmar Schwarz

Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) e.V., Großbeeren

schwarz@igzev.de

### Verbundpartner

Fontana Gartenbau GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Das Projekt beschäftigt sich mit dem Einfluss verschiedener Anbaubedingungen auf die Freisetzung von Distickstoffmonoxid ( $N_2O$ ) in Gewächshauskulturen. Ziel ist es, die  $N_2O$ -Emission im hydroponischen Anbau von Gemüsepflanzen (z.B. Tomate, Gurke) zu bestimmen und zu reduzieren.

### Ergebnisse

Im Projekt HydroN2O wurden erstmals die  $N_2O$ -Emissionen aus dem hydroponischen Gewächshausanbau von Tomaten und Gurken unter Produktionsbedingungen und über die gesamte Anbauperiode untersucht. Dazu wurden in der Fontana Gartenbau GmbH in ca. zweiwöchigen Abständen geschlossene Kammern um die bepflanzten Substratmatten angebracht und die Anreicherung von  $N_2O$  in der Kammerluft durch die Entnahme von Gasproben und deren Analyse am GC verfolgt. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass hydroponisch kultivierte Tomaten und Gurken aufgrund des intensiven Anbaus zwei- bis dreimal höhere  $N_2O$ -Emissionen (z.B.  $2,3 \pm 1,3 \text{ kg}_{N_2O-N} \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  für Tomaten aus der Steinwoll-Hydroponik; Abb. 1) als vergleichbare Freilandkulturen aufweisen. Trotzdem fallen die in HydroN2O erzielten Messwerte deutlich geringer aus als bisher angegeben (ca. 70 % weniger  $N_2O$ -Freisetzung). Bezieht man zudem den sehr hohen Ertrag im Gewächshaus ein (bis zu  $500 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  für Tomaten), fallen die  $N_2O$ -Emissionen pro kg Ernteprodukt gering aus, im Mittel  $6 \text{ mg kg}^{-1}$ . Des Weiteren ist der durchschnittliche Emissionsfaktor ( $\text{kg } N_2O-N \text{ pro kg Dünger-N}$ ) mit 0,4 % bei Tomaten und 0,1 % bei Gurken sehr niedrig. Wir postulieren daher, dass  $N_2O$ -Emissionen aus deutschen Gewächshäusern nur unwesentlich zur Erhöhung der Freisetzung von Treibhausgasen beitragen.



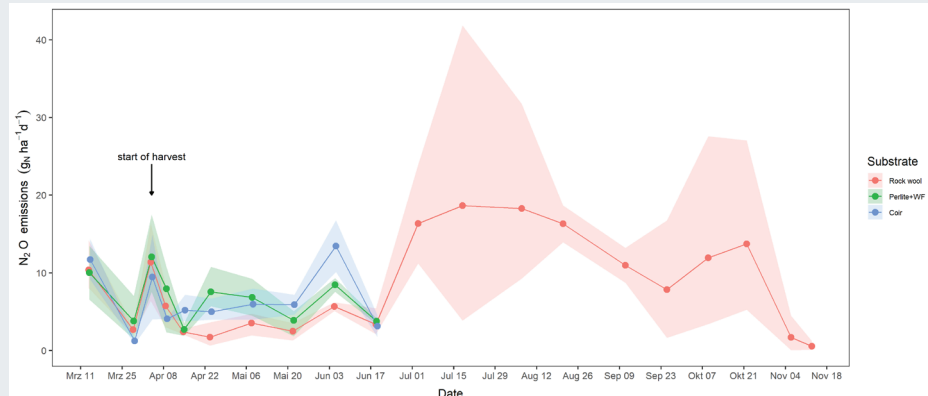


Abbildung 1: N<sub>2</sub>O-Emissionsraten (Mittelwerte ± 95 % Konfidenzintervalle) der Tomatenkultur der Fontana GmbH 03/2019 bis 11/2019 (Anbau auf Steinwollmatten (rot) über die gesamte Saison erfasst, Anbau auf Kokosfasermatten (blau) und Perlit-Holzfasermatten (grün) nur anfänglich untersucht).

Ein weiterer Teil des Projekts beschäftigt sich mit verschiedenen Faktoren, welche die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus hydroponischen Systemen beeinflussen können. Hierzu wurden Versuche im Gaswechselgewächshaus des IGZ durchgeführt. Dort können in zwei Gewächshauskabinen mit jeweils vier Reihen, welche bis zu 12 Pflanzen enthalten, kontinuierlich die N<sub>2</sub>O-Emissionsraten im abgedichteten Wurzelraum jeder Reihe untersucht werden. Dazu werden die N<sub>2</sub>O-Konzentrationen der ein- und ausströmenden Luft mit einer ca. 40-minütigen Auflösung an einem Infrarot-Gasanalysator gemessen. Die bisherigen Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst. In einer Tomatenkultur konnte gezeigt werden, dass eine höhere Temperatur im Wurzelraum zu einer signifikanten Erhöhung der N<sub>2</sub>O-Emissionen führt. Im Gegensatz dazu konnte im zweiten Versuch kein Effekt der Fruchtmasse bzw. des Spross:Wurzel-Verhältnisses gefunden werden. Einen sehr großen Einfluss hatte die Substratauswahl auf die N<sub>2</sub>O-Emissionen (dritter Versuch). Auch in der Wiederholung (vierter Versuch) wurde eine signifikante Erhöhung der N<sub>2</sub>O-Emissionen bei Verwendung von Grünschnitt-Kompost gegenüber Perlit als Substrat gefunden. Der Vergleich der beiden Versuche zeigt, dass die N<sub>2</sub>O-Emissionen stark im Jahresverlauf und selbst zwischen den Wiederholungen variieren können, insbesondere bei der Verwendung von organischem Substrat. Weitere Faktoren wie die Nährlösungszusammensetzung (pH-Wert und Nitrat:Ammonium-Verhältnis) und die Bewässerungstechnik werden ebenfalls am IGZ untersucht.

Tabelle 1: Kumulative N<sub>2</sub>O-Emissionen aus verschiedenen Versuchen im IGZ-Gaswechselgewächshaus.

Versuch	Dauer (d)	Kultur	Faktor	Stufe	Kumulative N <sub>2</sub> O-Emissionen (g <sub>N<sub>2</sub>O-N</sub> ha <sup>-1</sup> )		
					Mittelwert*	SD*	P**
1	81	Tomate	Wurzelraum-Temperatur	15 °C	141	2	<0.001
				25 °C	177	21	
2	78	Tomate	Fruchtmasse (Spross:Wurzel)	Hoch	141	20	0.657
				Niedrig	137	24	
3a	34	Gurke	Substrat	Perlit	121	6	<0.001
				Kompost	149	15	
3b	30	Gurke	Substrat	Perlit	338	8	<0.001
				Kompost	1221	524	

\*Mittelwerte und deren Standardabweichung (SD) von n = 4 Wiederholungen (n = 3 für 15 °C in Versuch 1)  
\*\*Exakte P-Werte aus Permutations-Varianzanalysen für den Effekt der jeweiligen Versuchsstufen auf die kumulativen N<sub>2</sub>O-Emissionen

## Verwertung

Es wurden erstmals belastbare Daten zur N<sub>2</sub>O-Freisetzung bei der Produktion von Gemüse im Gewächshaus gesammelt. Nach abschließender Analyse soll der vollständige Datensatz für die Entwicklung und Testung von N<sub>2</sub>O-Minderungsstrategien sowie für die Erstellung eines „N<sub>2</sub>O-Fußabdrucks“ für den Gewächshausanbau genutzt werden. Ein entsprechendes Werbekonzept für umweltfreundlich lokal produzierte Produkte soll erarbeitet und der „N<sub>2</sub>O-Fußabdruck“ bekannt gemacht werden.



**Innovative und modellbasierte landwirtschaftliche Informationstechnologie zur Unterstützung von teilschlagspezifischem Bodenkohlenstoffmanagement zur Nutzung des Bodens als CO<sub>2</sub>-Senke (CarboCheck)**

**Projektkoordinator**

Sofia Heukrodt  
Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig  
sofia.heukrodt@thuenen.de

**Verbundpartner**

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
HELM Software

**Projekthomepage**

[www.carbocheck.de](http://www.carbocheck.de)

## Kurzfassung

### Ziel

Humus (organische Bodensubstanz) besteht zu ca. 50 % aus Kohlenstoff (C). Durch gezielten Humusaufbau können Landwirt\*innen dazu beitragen, C in Form von CO<sub>2</sub> der Atmosphäre zu entziehen, langfristig in ihren Böden zu speichern und damit Klimaschutz zu betreiben. Die Projektpartner\*innen von CarboCheck arbeiten an der Entwicklung einer neuen Anwendung, die Humusbilanzen und -trends standortspezifisch vorher-sagen kann. Dabei wird darauf geachtet, dass diese Anwendung benutzerfreundlich in der landwirtschaftlichen Praxis genutzt werden kann. Ziel ist die leicht verständliche Bereitstellung von Informationen zur Humusentwicklung auf einzelnen Ackerschlägen. Landwirt\*innen sollen durch wenige Klicks in der CarboCheck-Software Auskunft darüber erhalten, ob sie mit ihrem aktuellen Management Humusvorräte auf- oder abbauen. Auf Grundlage wissenschaftlich getesteter Bodenkohlenstoffmodelle ermöglicht CarboCheck einen Humus-Check für individuelle Fruchtfolge- und Bewirtschaftungsformen für jeden einzelnen Schlag. Das Ergebnis wird u.a. in Form einer Ampel dargestellt, wobei grünes Licht Humusaufbau, rotes Licht Humusabbau und gelbes Licht keine signifikante Änderung des Humusvorrats signalisiert. Außerdem kann ausprobiert werden, wie sich eine Veränderung der Bewirtschaftung auf die Humusbilanz auswirken würden.

## Ergebnisse

Um die CarboCheck-Anwendung möglichst praxisnah zu gestalten, erfolgten im Rahmen des Projektes eine Umfrage unter rund 800 Landwirt\*innen sowie zwei Workshops mit Akteur\*innen aus der landwirtschaftlichen Praxis. Die Umfrage ergab, dass an nur 40 % der landwirtschaftlichen Betriebe jemals Humusbilanzen aufgestellt wurden. In der Umfrage und den Workshops wurde deutlich, dass in der Praxis dafür hauptsächlich die VDLUFA-Methode angewendet wird. Diese berücksichtigt aber keine Informationen zu Boden, Klimadaten oder den aktuellen Humusgehalt und ist nicht entwickelt worden, um schlagspezifische Veränderungen der Humusvorräte abschätzen.

Im Gegensatz dazu basiert die Humusbilanzierung der CarboCheck-Anwendung auf bereits international etablierten Bodenkohlenstoff-Modellen, die verschiedene standortspezifische Daten zu Klima und Boden einbeziehen. Die Modellvalidierung erfolgt am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung und am Thünen Institut für Agrarklimaschutz. Die Modelle wurden zu einem Modellensemble zusammengefügt und als Prototyp programmiert bereits an den Projektpartner HELM Software übergeben. Dort soll die CarboCheck nun als Testversion in die bestehende Ackerschlag-Software integriert werden. Das Modellensemble wird momentan an Daten von Dauerfeldversuchen (LTE) und Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) validiert.

Als wichtige Eingangsgröße für die Modelle muss der aktuelle Humusgehalt möglichst genau angegeben werden. In der oben erwähnten Umfrage zeigte sich, dass nur knapp 25 % der Landwirt\*innen die Humusgehalte ihrer Böden bereits einmal analysieren lassen hat. Dadurch entsteht Unsicherheit bei der CarboCheck-Humusbilanzierung. Die noch zu entwickelnde Cpix-App benötigt nur ein Foto des Oberbodens und den Standort, um aus den Farbinformationen und zusätzlichen Geodaten den aktuellen C-Gehalt abzuschätzen. Es konnte bereits gezeigt werden, dass die Farbinformation die Vorhersage von Humusgehalten stark verbessern kann.

## Verwertung

Der Projektpartner HELM Software wird die CarboCheck-Anwendung in seine Ackerschlag-Software integrieren und vertreiben. Eine frei zugängliche browser-basierte Version wird bereitgestellt, sodass alle Landwirt\*innen die CarboCheck-Anwendung nutzen können. Aufgrund des positiven Feedbacks auf Umfrage und Workshops gehen wir davon aus, dass viele interessierte Landwirt\*innen CarboCheck nutzen werden, um gezieltes Humusmanagement zu betreiben oder ihr aktuelles Humusmanagement zu bewerten bzw. verbessern.

## **Prognose und Detektion von Pilzkrankungen im Weinbau durch feinmaschige Messung des Mikroklimas und Einsatz bildgebender Messverfahren (FungiSens)**

### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Joachim Müller  
 Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik (440e), Stuttgart  
 joachim.mueller@uni-hohenheim.de

### **Verbundpartner**

GeoSens GmbH  
 Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein und Obstbau Weinsberg  
 Felsengartenkellerei Besigheim eG

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Die Früherkennung und Prognose von Pilzkrankungen im Weinbau soll mittels sensorgestützter Erfassung des Mikroklimas und optischer Erkennung des Gesundheitszustandes der Weinreben ermöglicht und verbessert werden, um frühzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Hierfür werden räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Daten erfasst und in das etablierte VitiMeteo-Prognosemodell integriert. Dadurch erhöht sich die Genauigkeit und Aussagekraft des Modells, sodass Pflanzenschutzmaßnahmen beispielsweise nicht mehr präventiv für eine ganze Region, sondern schlagspezifisch und zeitlich definiert angewandt werden können. Um dieses Ziel zu erreichen, setzt das Projekt an verschiedenen Punkten auf verschiedenen Ebenen an. So wird ein kostengünstiges Echtzeit Messsystem zur engmaschigen Erfassung von Umweltparametern in anspruchsvoller Agrarumgebung entwickelt und erprobt. Des Weiteren werden mittels verschiedener optischer- und bildgebender Verfahren, wie beispielsweise hyperspektraler Aufnahmen mittels Multikopter, mögliche Befallsszenarien von Pilzkrankheiten untersucht. Anhand der gewonnenen Daten wird die Modellprognose für Pilzkrankungen räumlich und zeitlich präzisiert und validiert.

### **Ergebnisse**

Zur kostengünstigen und zuverlässigen Echtzeiterfassung von Umweltdaten wurde ein Messkopf mit Funkmodul auf Basis des „LoRa“ Übertragungsverfahren mit dem LoRa-WAN Protokoll entwickelt. Die drahtlos-Sensornodes basieren auf einer Low Power MCU um Batterielaufzeiten über ein Jahr zu gewährleisten. Sie können mit verschiedenen Sensoren kombiniert werden. Die erfassten Daten werden über MQTT abgerufen und auf einem dedizierten Server weiterverarbeitet und visualisiert. Die Integration der Daten in das Prognosesystem von Vitimeteo und die angepasste Darstellung ist Bestandteil laufender Arbeiten.

Mehrere Versuchsflächen wurden zur Durchführung von Langzeitversuchen mit dem Sensorsystem ausgestattet. Die bisherigen Projektergebnisse zeigen, dass die zuverlässige Datenerfassung gewährleistet ist. Die erfassten Klimadaten zeigen auch kleinräumig relevante Variationen auf. Dies gilt besonders für Schwellenwerte, wie z.B. Luftfeuchte und Blattfeuchte, die für Pilzinfektionen im Weinbau besonders wichtig sind und das lokale Risiko eines Befalls deutlich beeinflussen.

Topfversuche wurden durchgeführt um den Verlauf des Pilzbefalls *Oidium* mit (Echter Mehltau) und *Plasmopara viticola* (falscher Mehltau) an Weinreben mittels optischer Methoden zu erfassen und spektrale Signaturen zu identifizieren. Im Freiland wurden mittels Multikopter multispektrale Untersuchungen durchgeführt und Verfahren zur Identifikation von Infektionen im Weinberg erarbeitet. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die optische Früherkennung von Krankheiten möglich ist und räumliche Informationen zum Krankheitsbefall in der Laubwand visualisiert werden können (Abbildung 1).

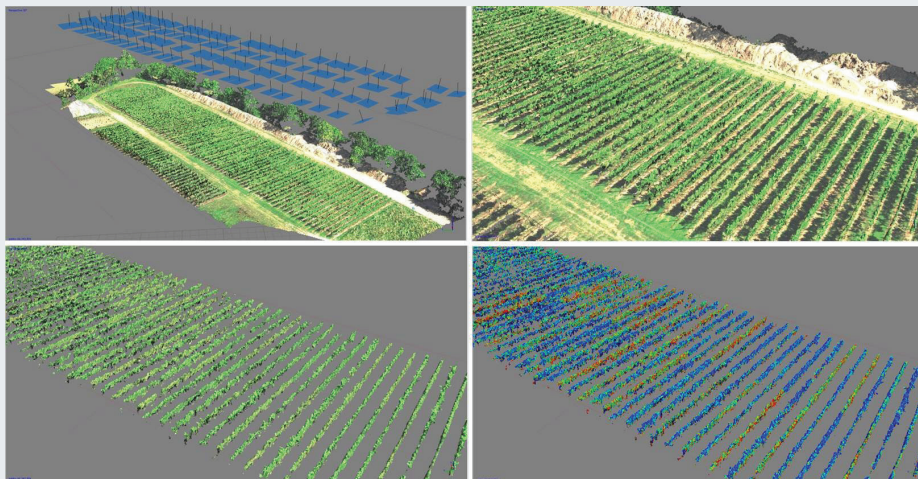


Abbildung 1: Auswertung multispektraler Datensätze eines Oidiumbefalls (unbehandelte Kontrollen) in der Versuchsfläche Grabenäcker der LVVO Weinsberg.

## Verwertung

Die Erkennung von Rebkrankheiten im Weinberg ist immer noch weitgehend Handarbeit (Bonitierung). Durch die Anwendung neuer Technologien wie sensorgestützter Modellprognosen, sowie hyperspektraler, drohnengestützte Datenerfassung wird der Winzer bei der Optimierung seiner Arbeitsprozesse unterstützt. Qualitätseinbußen durch Infektionen mit Schaderregern werden eingeschränkt und das Risiko von Ausfällen wird reduziert. Qualifizierte Aussagen über das Infektionsrisiko ermöglichen eine optimierte zeitliche und räumliche Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, wodurch die Umweltwirkungen verringert und variable Kosten eingespart werden können. Das Projekt wird einen wichtigen Beitrag zur Digitalisierung des Weinbaus durch die Bereitstellung technischer Innovationen liefern und aufzeigen, wie neue Technologien die Effektivität von Pflanzenschutzmaßnahmen und die Sicherung des heimischen Weinbaus gewährleisten können.

# Sektion 6: Nachhaltige Grünlandwirtschaft

## Selektive, nicht-chemische Bekämpfung von Giftpflanzen in extensiven Grünlandbeständen (SELBEX)

### Projektkoordinator

Prof. Dr.-Ing. Albert Stoll  
Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU),  
Nürtingen  
albert.stoll@hfwu.de

### Verbundpartner

K.U.L.T. Kress Umweltschonende Landtechnik GmbH,  
Landschaftserhaltungsverband Konstanz e.V.

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung einer selektiven, nicht-chemischen Bekämpfungsmethode gegen Giftpflanzen in extensiven Grünlandbeständen am Beispiel der Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*) (HZL). Das Verfahren beruht auf einer Bestandserfassung zum Zeitpunkt der Blüte im Herbst mit einer RGB-Kamera und einer Drohne, einer bildanalytischen Erkennung der HZL mit neuronalen Netzen, einer entsprechenden Positionsbestimmung sowie einer kleinräumigen Bekämpfung im Frühjahr. Zur Bekämpfung sollen zwei verschiedene Maschinen- bzw. Fahrzeugkonzepte entwickelt werden, die in der Lage sind, eine aus der Bildanalyse abgeleitete Applikationskarte abzuarbeiten. Zusätzlich soll ein geeigneter Verfahrensablauf gefunden werden, damit die Bildaufnahmen und die Bekämpfungsmaßnahmen zu einem geeigneten Zeitpunkt durchgeführt werden können. Ergänzend werden auch Erkennungssysteme für Jakobs-kreuzkraut (*Senecio jacobaea*) entwickelt.

## Ergebnisse

Blühende HZL konnten mit einem Fehler von maximal 0,20 m in Orthofotos abgebildet werden. Dazu mussten die Orthofotos aus Einzelbildern zusammengesetzt werden, die mit einer Vollformatkamera mit 24 MP aus einer Flughöhe von 10 m und einer Bildüberlappung von 40 % aufgenommen wurden. Die Bilder wurden mit ausgelegten und mit RTK-GNSS (Real Time Kinematic Global Navigation Satellite System) eingemessenen Markern im Feld georeferenziert.

Mit Hilfe neuronaler Netze konnten blühende HZL in den Bildern erkannt werden. Dazu wurde der U-Net-Ansatz verwendet und optimiert. Zusätzlich wurde eine Nachverarbeitung der Vorhersagen entwickelt, um die Erkennungsqualität zu steigern. Das Verfahren wurde mit zwei Tests ausgewertet. Zum einen wurden gelabelte Bilder zufällig in Trainings- und Testdatensatz eingeteilt und zum anderen wurde der Detektor auf Bildern von zwei von drei Feldern trainiert und auf dem dritten getestet. Es ergab sich eine Detektionsrate der HZL von 89 % (Petrich et al. 2020).

Im Rahmen von Feldversuchen wurden verschiedene Schnittzeitpunkte im Hinblick auf die Zurückdrängung der HZL untersucht. Als bisher wirkungsvollste Maßnahme hat sich ein früher Schnitt im April mit einer Wiederholung des Schnittes nach etwa 3 Wochen herausgestellt. Dadurch wurden der sichtbare Bestand der HZL bis zum Zeitpunkt des Heuschnitts Mitte Juni um 83 % reduziert. Der Wiederaustrieb im darauffolgenden Frühjahr lag unter 50 %.

Aktuell befinden sich zwei Bekämpfungsgeräte im Aufbau. Das fahrerlose Gerät baut auf dem Trägerfahrzeug Oz der Firma Naio auf, das einen Sichelmäher mit einer Arbeitsbreite von 0,40 m aufnimmt (siehe Abbildung 1). Das Traktor gebundene Gerät wird im Frontkraftheber aufgenommen und hat 10 Schnittsektionen mit jeweils 0,25 m Arbeitsbreite. Beide Gerätetypen werden mit zentimetergenauem RTK-GNSS zur Positionsbestimmung im Feld und einer Steuerung ausgestattet, die in der Lage ist, Applikationskarten abzarbeiten. Beide Geräte sollen im Frühjahr 2021 in befallenen Grünlandbeständen erprobt werden.



Abbildung 1: Trägerfahrzeug Oz der Firma Naio mit angebautem Sichelmäher.



### **Verwertung**

Die Ergebnisse sollen mit Praktikern in Workshops diskutiert werden und darauf aufbauend Möglichkeiten wie z. B. Dienstleistungsangebote entwickelt werden.

Die entwickelte automatisierte teilflächenspezifische und nicht-chemische Unkrautbekämpfung der HZL im Grünland stellt zurzeit ein konkurrenzloses Verfahren dar und ist nicht am Markt verfügbar. Das entwickelte Verfahren kann die bisher übliche Praxis des manuellen Entfernens oder des flächendeckenden Mulchens der HZL ersetzen. Die Anwendung könnte unter der Voraussetzung geeigneter Erkennungsverfahren und Anpassungen auch auf andere Schadpflanzen ausgedehnt werden.

**Satellitengestützte Information zur Grünlandbewirtschaftung (SattGrün)****Projektkoordinator**

Prof. Dr. Claas Nendel  
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg  
nendel@zalf.de

**Verbundpartner**

Humboldt Universität zu Berlin,  
Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Halle/Leipzig,  
Deutscher Wetterdienst,  
VISTA Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH,  
FarmFacts GmbH

**Kurzfassung****Ziel**

Dauergrünland als einer der weit verbreiteten Vegetationstypen in Deutschland trägt über die Tierproduktion erheblich zur Ernährungssicherheit bei. Eine zeitnahe Überwachung ihres Systems bietet eine Reihe von Möglichkeiten, um die Grünlandproduktivität nachhaltig und gleichzeitig leistungsfähig zu gestalten. SattGrün arbeitet an der Bereitstellung technisch innovativer Produkte in Form von Entscheidungshilfen für das Grünlandmanagement, mit dessen Hilfe (1) die Wirtschaftlichkeit von Grünlandbetrieben, (2) die Resilienz der Grünlandstandorte im Klimawandel und (3) der Schutz des Bodens und des Grundwassers als Ressource in ganz Deutschland befördert werden soll. Fernerkundungsdaten und Agrarökosystemmodelle sind zwei sich komplementär ergänzende Quellen, die verwendet werden können, um bessere Informationen zum Verständnis des Grünlandökosystems bereitzustellen. Beide Quellen leiden jedoch unter großen Unsicherheiten. Unsere Ziele sind: (i) der Entwurf und die Implementierung eines robusten Beobachtungsschemas zur Assimilation von Satelliten-Daten in Grünland-Agrarökosystemmodelle für die Analyse und Bewertung von Produktivität und ausgewählten Ökosystemleistungen von intensiv bewirtschafteten Grünlandstandorten, (ii) die Verminderung von vorhandenen Unsicherheiten in Modellparametern durch Nutzung von Fernerkundungsdaten und -methoden, und (iii) die Erhöhung der Genauigkeit der Biomasseschätzung. Das MONICA-Modell (Nendel et al. 2011) wurde zur Simulation von biophysikalischen Prozessen im Grünland-Ökosystem für Deutschland verwendet. Das Modell wurde unter Verwendung eines Anpassungsalgorithmus für sequentielle Unsicherheit mit mehreren Zielen kalibriert. Die Daten wurden in zwei Schritten in MONICA assimiliert. Zuerst wurden die Anzahl und Zeit der Schnittzeitpunkte, der Beginn der Vegetationsperiode, und die LAI-Werte (Blattfläche) aus intraanuellen Zeitreihen von Satellitenbild-Kompositen ermittelt (Griffiths et al. 2013). Die Grünlandphänologie (Be-

ginn der Vegetationsperiode, Schnittzeitpunkte) jedes Grünland-Standortes wurde dann mit Forcing-Methoden in MONICA assimiliert (siehe Abbildung 1). Als nächstes wurden die aus Sentinel 1- & 2-Satellitenbildern abgeleiteten LAI-Werte mithilfe eines Partikelfilters in MONICA assimiliert (siehe Abbildung 1).

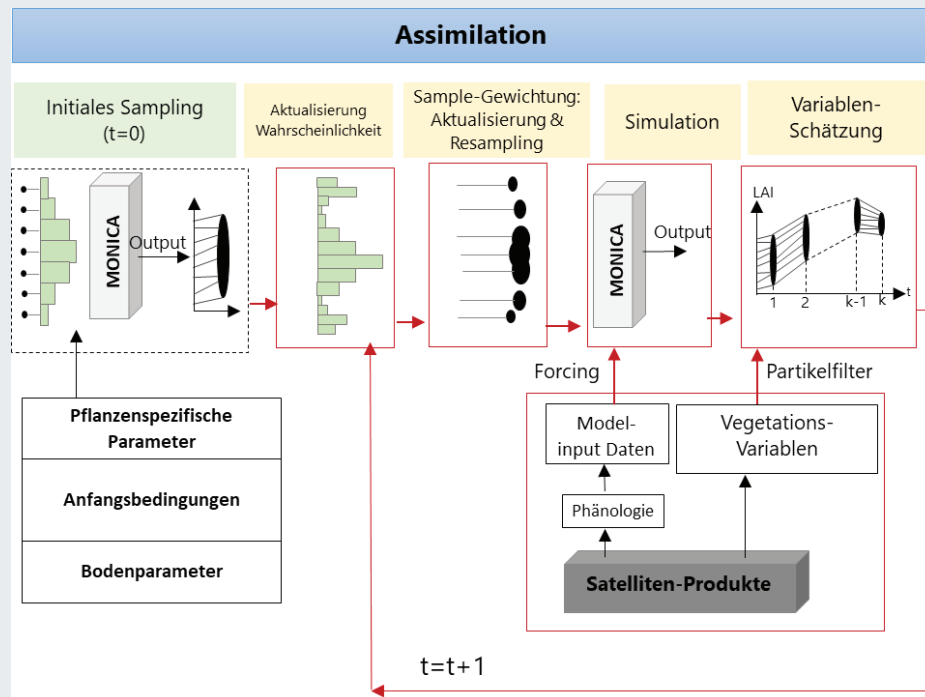


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Protokolls zur Integration von Modelldaten.

## Ergebnisse

Zunächst wurde deutschlandweit extensiv (2 und 3 Schnittzeitpunkte) und intensiv (4 und 5 Schnittzeitpunkte) bewirtschaftetes Dauergrünland simuliert (Abbildung 2). Der Vergleich von vier Mahdregimen zeigt ein annähernd ähnliches räumliches Muster mit einer erkennbar hohen Produktivität in Nordwestdeutschland und niedrigen Werten in Mitteldeutschland. Die Unsicherheit der simulierten Grünlandproduktivität in intensiv bewirtschaftetem Grünland ist im Vergleich zu extensiven Grünlandflächen signifikant größer. Der Unterschied zwischen den unteren und oberen Unsicherheitsgrenzen der Grünlandproduktivität kann in intensiv bewirtschafteten Grünlandflächen auf  $3 \text{ t ha}^{-1}$  ansteigen, während diese Zahl in extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen maximal  $2 \text{ t ha}^{-1}$  beträgt. Unter Nutzung dieser Information folgt nun als nächster Schritt die Assimilation von Blattflächen und Biomasse aus den Satellitenbildern in die MONICA-Simulation, sobald aktuelle Aufnahmen verfügbar werden.

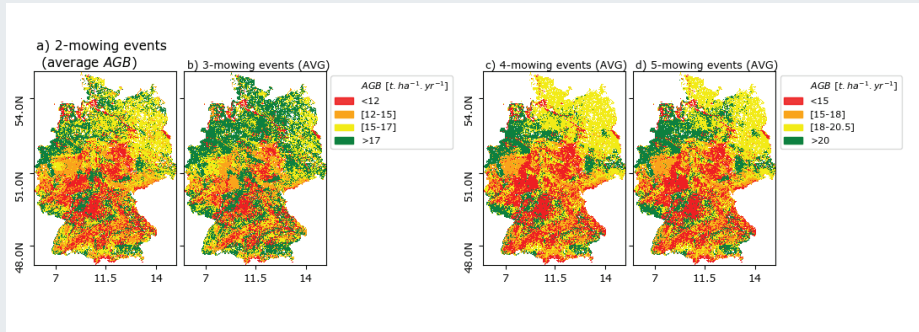


Abbildung 2: Räumliche Verteilung der durchschnittlichen Grünlandproduktivität im historischen Zeitraum 1990-2017 für Flächen mit extensiver (2 und 3 Mahdereignisse) und intensiver (4 und 5 Mahdereignisse) Bewirtschaftung.

## Verwertung

Das finale Produkt des SattGrün-Projekts wird als Entscheidungshilfe-Werkzeug auf der Website des DWD präsentiert werden. Es wird Landwirte über den optimalen Mahdzeitpunkt informieren, basierend auf Simulationen der aufgewachsenen Biomasse und der Befahrbarkeit der Grünlandflächen. Ein ähnliches Produkt, als flächenscharfes Beratungswerkzeug, werden auch die Wirtschaftspartner des Projekts in ihrem Angebot präsentieren.

### Grünlandschutz durch ein innovatives Bio-Weiderindkonzept (GiB)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. Enno Bahrs  
 Universität Hohenheim, Stuttgart  
 bahrs@uni-hohenheim.de

#### Verbundpartner

Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung  
 Grünlandwirtschaft  
 Milchwirtschaft  
 Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW)  
 Georg-August-Universität Göttingen  
 EDEKA Südwest Fleisch GmbH

### Kurzfassung

#### Ziel

Durch die Weiterentwicklung und weitere Inwertsetzung einer vorhandenen, aber nicht ausreichend entwickelten Wertschöpfungskette (WSK) „Bio-Weiderindfleisch der Region Südschwarzwald“, soll Extensivgrünland in der Bewirtschaftung gehalten und dabei die Anforderungsprofile der Rindfleischproduktion sowie des Natur-, Umwelt- und Klimaschutzes bestmöglich miteinander vereinbart werden. Als Teilziel wurde eine Leitfadentwicklung für die erfolgreiche Etablierung von Bio-Weiderindfleisch formuliert, die mit Kostenrechnungsmethoden, Handlungsbarriereforschung bei Einzelhändlern sowie Akzeptanz- und Zahlungsbereitschaftsanalysen bei Verbrauchern flankiert werden, mit denen die vertikale Integration innerhalb der Wertschöpfungskette und der Absatz gefördert werden sollen. Weiterhin soll ein Sammelstallkonzept konzipiert werden, um eine ganzjährige Marktbeschickung, mit gleichbleibend hohen Schlachtkörperqualitäten und ein höheres Tierwohl bei besserer Ausnutzung des regionalen Naturschutzgrünlands sicherzustellen. Darüber hinaus besteht die Motivation, auch gefährdete Rinderrassen in diese WSK ausreichend zu integrieren, um Bestände zu schützen. Weiterhin soll, auch mit Unterstützung eines Grünlandmonitorings, ein Weideinformationssystem für eine bestmögliche Nutzung des (Naturschutz-) Grünlands bei höchstmöglichen Tageszunahmen der Weiderinder entwickelt werden. Schließlich soll auch ein Indikatorenset bedeutender Einflussfaktoren dieser WSK im Südschwarzwald entwickelt werden, um die Übertragbarkeit auf andere geeignete Regionen Deutschlands zu prüfen.

#### Ergebnisse

Das Grünlandmonitoring wurde umgesetzt, mit dem ein Ausgleich zwischen Landwirtschaft und Naturschutz initiiert sowie Leistungen des regionalen Grünlands geprüft wurden. Das Weideinformationssystem ist noch in der Entwicklung. Mastleistungen

unterschiedlicher Rinderrassen auf unterschiedlichem Grünland wurden erfasst. Das Sammelstallkonzept wurde in Abstimmung auf das Einsatzgebiet entwickelt. Dezentrale Lösungen haben sich durch die Integration von Kälbern aus der Biomilchproduktion im Projektgebiet ebenfalls als vorteilhaft gezeigt. Weiterhin wurden verschiedene Kostenrechnungsmethoden geprüft, mit dem Ergebnis, dass Vollkostenrechnungen mit Betriebszweiganalysen bislang das praktikablere Instrument im Vergleich zum alternativ geprüften Target Costing sind. Akzeptanz- und Zahlungsbereitschaftsanalysen bei Verbrauchern konnten umgesetzt werden, um den Leitfaden für eine erfolgreiche Umsetzung der WSK, gemeinsam mit den Praxispartnern, weiterzuentwickeln.

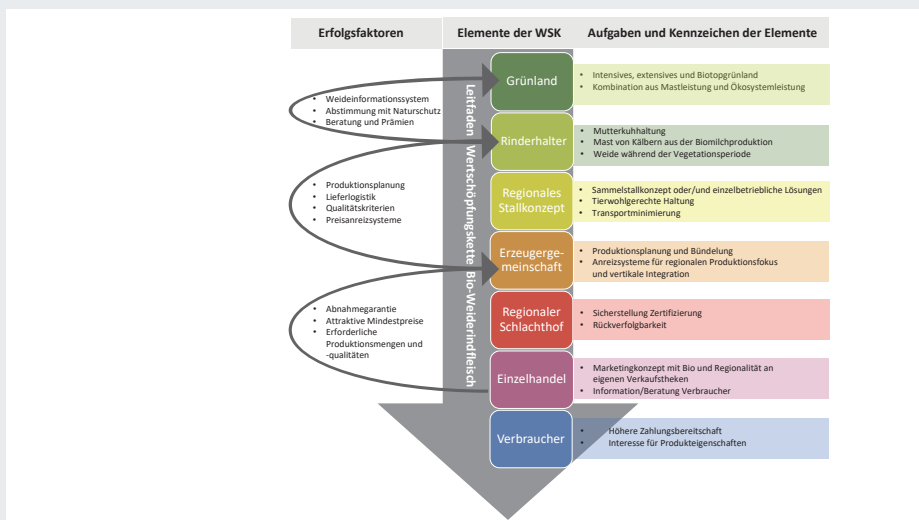


Abbildung 1: Leitfaden der Wertschöpfungskette Bio-Weiderindfleisch mit seinen Erfolgsvariablen und Elementen sowie dazugehöriger Aufgaben und Kennzeichen

Fast alle Ergebnisse wurden bereits in die Praxis integriert und haben dazu beigetragen, im Projektverlauf die Anzahl der für die WSK produzierten Rinder je Jahr auf ca. 1.400 zu verdoppeln, bei ca. 150 beteiligten Landwirten (Steigerung von ca. 50 % während der Projektlaufzeit). Flächen des (Naturschutz-) Grünlands der Region können damit auf lange Dauer in der Bewirtschaftung gehalten werden. Ein Indikatorenset für die Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf andere Regionen wurde entwickelt.

## Verwertung

WSK mit Leitfaden und Sammelstallkonzept, das Indikatorenset sowie Erfahrungen des Ausgleichs von Naturschutz und Landwirtschaft können für andere Regionen nutzbar sein, um Grünland stärker in Wert zu setzen und damit zu erhalten.

Das Weideinformationssystem kann nach Fertigstellung großflächig, über das Projektgebiet hinaus eingesetzt werden.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen zu GiB sind in Planung. Zahlreiche Praxisveröffentlichungen zu GiB sind erfolgt.

### **Optimierte Konservierung von Grünlandaufwüchsen als Maßnahme zur Verbesserung der Proteinversorgung von Milchkühen (OptiKons)**

#### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn  
ksue@itw.uni-bonn.de

#### **Verbundpartner**

Evonik Nutrition & Care GmbH

### **Kurzfassung**

#### **Ziel**

Grünlandaufwüchse stellen eine kostengünstige, regionale und nachhaltige Möglichkeit dar, die Versorgung von Wiederkäuern hinsichtlich Energie und Protein zu gewährleisten. Allerdings wird der Stickstoff (N) in Milchviehbetrieben oftmals nicht optimal genutzt, da es während der Konservierung von Grünlandaufwüchsen zu einer Verringerung des Proteinwerts kommt. Im vorliegenden Projekt sollen verschiedene Ansätze untersucht werden, den Proteinwert von Grobfutterkonserven zu verbessern. Hydrolysierbare Tannine (HT) beispielsweise binden Proteine und beeinflussen die mikrobielle Aktivität in Silagen, wodurch der Abbau von Rohprotein (XP) und die Bildung von Nichtprotein-N (NPN) verringert werden kann. Die Projektergebnisse sollen den Mehrwert hochwertiger Grünfütterkonservate verdeutlichen und aufzeigen wie aus vorhandenen Grobfuttermitteln eine erhöhte Milchleistung generiert werden kann. Gleichzeitig lassen sich durch eine verbesserte N-Nutzungseffizienz Umweltemissionen in Form von Ammoniak oder Nitrat reduzieren und die Abhängigkeit von importierten Eiweißfuttermitteln verringern.

#### **Ergebnisse**

Um die Effekte von HT auf die chemische Zusammensetzung von Silagen und das Futterwahlverhalten von Wiederkäuern darzustellen, wurden über zwei Jahre mehrere sortenreine Grünlandaufwüchse (Luzerne, Welsches Weidelgras & Rotklee) mit unterschiedlichen Trockenmasse (TM)-Gehalten ( $\approx 20$  und  $35$  % TM) und HT-Konzentrationen (0, 2 und 4 % der TM) mit jeweils vier Wiederholungen siliert. Nach einer Mindestlagerdauer von 90 Tagen erfolgte eine umfangreiche chemische Analytik sämtlicher Silagevarianten, mit Fokus auf Rohproteinzusammensetzung und Gär säurecharakteristika. Für die systematische Untersuchung verschiedener Einflussfaktoren auf die Akzeptanz und das Futterwahlverhalten von Wiederkäuern wurden bewährte Präferenzversuche mit Ziegen durchgeführt. Nach 7-tägigen Adaptationsphasen wurden sämtliche paarweisen

Kombinationsmöglichkeiten von Silagen in zufälliger Reihenfolge geprüft und die Kurzzeitfutteraufnahme (g TM/180 min) erfasst.

Die Applikation von HT (4 % der TM) führte zu signifikanten Veränderungen innerhalb der Rohproteinfraktionen. Insbesondere in Nasssilagen konnte durch HT-Zulage zwischen 100 bis 150 g/kg XP mehr moderat abbaubares Reinprotein im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle ermittelt werden. Im Gegenzug verringerten sich die NPN-Anteile, wie beispielsweise Ammoniak-N. Des Weiteren wurde festgestellt, dass durch zunehmende Konzentrationen an HT die Bildung von flüchtigen Verbindungen und Gärprodukten verringert wurde.

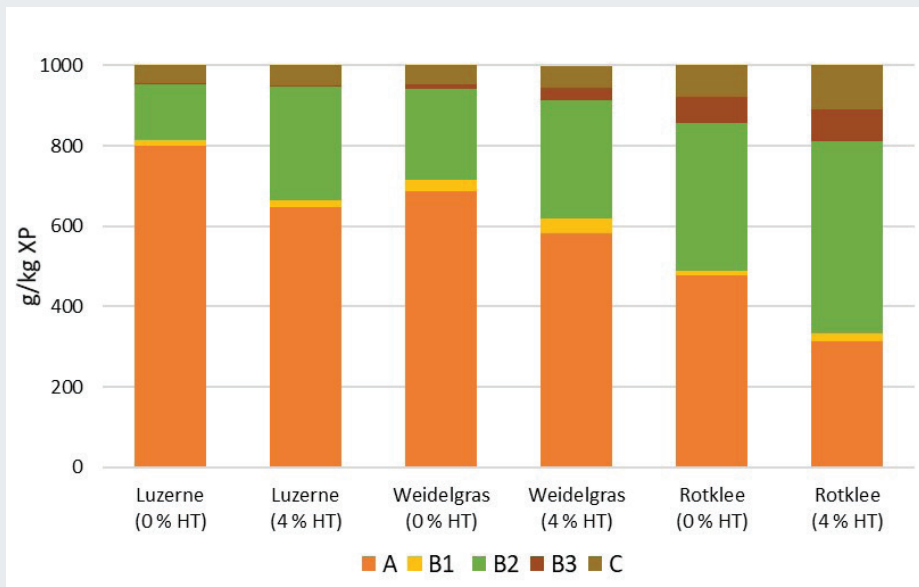


Abbildung 1: Effekt unterschiedlicher Tanninkonzentrationen auf die Rohproteinfraktionen in Luzerne-, Welsches Weidelgras- und Rotklee silagen. 0 % HT = 0 % hydrolisierbare Tannine; 4 % HT = 4 % hydrolisierbare Tannine (in der Trockenmasse); XP = Rohprotein; A = Nichtprotein-Stickstoff; B1 = Ruminale schnell abbaubares Reinprotein; B2 = Ruminale moderat abbaubares Reinprotein; B3 = Ruminale langsam abbaubares Reinprotein; C = Ruminale unverdauliches Rohprotein.

In den Futterwahlversuchen zeigte sich, dass HT keine negativen Effekte auf die Futterakzeptanz von Anweilsilagen haben. Bei Nasssilagen konnte die Akzeptanz durch Zugabe von HT gesteigert werden.



Tabelle 1: Kurzzeit-Trockenmasseaufnahme (g/180 min) von Luzerne-, Weidelgras- und Rotkleeilage mit verschiedenen Trockenmassegehalten und Tanninkonzentrationen im Wahlversuch mit Ziegen

Varianten	g TM/kg LM <sup>0,75</sup>			
	Luzerne	Weidelgras	Rotklee	Alle Grünfutter
T0lo	7,3 <sup>e</sup>	13,7 <sup>b</sup>	9,2 <sup>cd</sup>	10,1 <sup>c</sup>
T2lo	7,3 <sup>e</sup>	19,0 <sup>a</sup>	8,1 <sup>d</sup>	11,6 <sup>c</sup>
T4lo	9,7 <sup>d</sup>	19,4 <sup>a</sup>	13,7 <sup>bc</sup>	13,7 <sup>b</sup>
T0hi	23,4 <sup>a</sup>	22,6 <sup>a</sup>	14,1 <sup>ab</sup>	19,7 <sup>a</sup>
T2hi	18,7 <sup>b</sup>	22,1 <sup>a</sup>	16,5 <sup>a</sup>	19,2 <sup>a</sup>
T4hi	17,9 <sup>bc</sup>	22,2 <sup>a</sup>	15,9 <sup>a</sup>	18,8 <sup>a</sup>
Heu	16,0 <sup>c</sup>	15,5 <sup>b</sup>	8,3 <sup>d</sup>	13,8 <sup>b</sup>
Ø	14,3	18,9	12,0	15,3

LM0.75 = metabolische Körpergröße; TM = Trockenmasse; Ø = Durchschnitt;  
T0, T2, T4 = Konzentration von hydrolysierbaren Tanninen in Silagen (0 %, 2 % bzw. 4 % der TM; hi = hoher Anwelkgrad (≈ 35 % TM); lo = niedriger Anwelkgrad (≈ 20 % TM); Heu = Luzerneheu dient in allen Versuchen als einheitliche Kontrolle.  
a-e Werte mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb einer Spalte unterscheiden sich signifikant (P < 0,05)

## Verwertung

Das Projekt soll ermöglichen, die Fachgebiete Futterkonservierung und Tierernährung intensiver miteinander zu verknüpfen, die Erkenntnisse über wissenschaftliche Publikationen weltweit zu verbreiten und Beratungsempfehlungen zu präzisieren. Lässt sich durch den Einsatz von HT der Protein- und Futterwert von Silagen merklich verbessern, übersteigt der erzielbare Mehrwert die anfallenden Produktkosten, indem der Zukauf teurer Eiweißfuttermittel verringert werden kann. Es sollen außerdem Anreize für zukünftige Produkt-Neuentwicklungen besonders im Bereich der Applikationstechnik geschaffen werden.

# Sektion 7: Ressourcenschonende Lebensmittelherstellung

## Entwicklung einer Sensorverpackung zur Frischekontrolle von Fleisch und Fisch (FRESH)

### Projektkoordinator

Dr. Sabine Trupp  
Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien  
EMFT, München  
sabine.trupp@emft.fraunhofer.de

### Verbundpartner

EVONIK Operations GmbH  
Wipak Walsrode GmbH  
MOCOM GmbH & Co KG  
Siegwerk Druckfarben AG & Co. KGaA  
MuWe Fleischhandels GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Im Verbundvorhaben FRESH erfolgt die Entwicklung einer intelligenten Verpackung mit integrierter Sensorfunktion zur Anzeige der mikrobiologischen Qualität von Lebensmitteln. Dazu werden farbwechsel-basierte Sensormaterialien (optische Chemosensoren), die deutlich unterhalb der Geruchsgrenze auf das Vorhandensein biogener Amine ansprechen, in Lebensmittelverpackungen integriert. Die Möglichkeit zur Bewertung der tatsächlichen mikrobiologischen Belastung von Lebensmitteln kann zu einer Steigerung der Produktsicherheit und zu einer Verringerung der Lebensmittelabfälle am Ende der Wertschöpfungskette beitragen. Dabei liefert die Sensorverpackung Informationen, ob Lebensmittel mit abgelaufenem Mindesthaltbarkeitsdatum noch genießbar sind oder Abweichungen in der Kühlkette sich negativ auf die Produktqualität und -sicherheit ausgewirkt haben. Gerade bei Lebensmitteln mit einem hohen Frischegrad und besonderer Anfälligkeit gegenüber mikrobiellen Verderbsprozessen, wie rohe Fleisch- und Fischprodukte, wird durch die Möglichkeit zum realen Frischemonitoring ein nachhaltiger Umgang mit Ressourcen möglich.

### **Ergebnisse**

Beim mikrobiellen Verderb von Fleisch- und Fischprodukten entstehen biogene Amine als flüchtige Gase, welche als Indikator für den Frischezustand dieser Lebensmittel herangezogen werden. Die Sensorverpackung zeigt beim Überschreiten eines Grenzwertes an biogenen Aminen eine deutliche Farbreaktion, wodurch der Verbraucher durch bloßes Betrachten der Verpackung ohne weiteres Equipment zuverlässig über die tatsächliche Produktqualität informiert wird. Die intelligente Verpackung erlaubt somit eine schnelle Qualitäts- und Sicherheitsbeurteilung von Lebensmitteln.

### **Verwertung**

Aufbauend auf dem aktuellen Stand werden Weiterentwicklungen der Sensormaterialien für eine Verknüpfung des Themas mit der Digitalisierung erfolgen. Die Verwertung wird sich in den Bereichen Materialentwicklung und Data Mining, Sensor Data Fusion und Data Services bewegen, die eine Verknüpfung der Materialwelt mit der Datenwelt ermöglicht und dadurch neue Geschäftsmodelle und interdisziplinäre Kooperationen erreichen wird, die zum Nutzen der Kunden angewandt werden.

### Entwicklung intelligenter Verpackungslösungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz in Supply-Chains kühlpflichtiger Lebensmittel (Intelli-Pack)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. Judith Kreyenschmidt  
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, ITW, Cold Chain Management Group, j.kreyenschmidt@uni-bonn.de

#### Verbundpartner

Europäische Fachhochschule Brühl,  
 Fachbereich Handels- und Logistikmanagement  
 Universität Bayreuth  
 Forschungsstelle für Deutsches und Europäisches Lebensmittelrecht  
 Fachhochschule Münster  
 iSuN - Institut für Nachhaltige Ernährung  
 Bizerba Labels & Consumables GmbH  
 European EPC Competence Center GmbH  
 Genusshandwerker GmbH & Co. KG  
 Wolf GmbH  
 Landpack GmbH  
 Metro AG

## Kurzfassung

### Ziel

Das Ziel des interdisziplinären Forschungsvorhabens „Intelli-Pack“ ist es, für unterschiedliche Supply-Chains nachhaltige und neuartige intelligente Verpackungssysteme zu entwickeln, um langfristig die Qualität, Sicherheit, Prozesseffektivität und Ressourceneffizienz kühlpflichtiger Produkte zu verbessern. Hauptansatz ist die Messbarkeit der Haltbarkeit in Echtzeit an jedem Punkt der Supply-Chain durch Informationen der intelligenten Verpackungen. Dies ermöglicht ein besseres Monitoring sowie Entscheidungen basierend auf aktuellen Resthaltbarkeiten. Ausschüsse in temperaturgeführten Ketten können so signifikant reduziert und der Qualitätszustand und die Produktsicherheit durch verbesserte Prozesse angehoben werden.

Weitere Schwerpunkte sind Studien zur Verbraucherakzeptanz, die Einbindung der Zusatzinformationen in eine bestehende Traceability-Software, rechtliche Aspekte, die Validierung der Systeme in Pilotstudien sowie die Erstellung einer Online-Plattform, um Unternehmen bei der Implementierung zu unterstützen. Obwohl intelligente Verpackungssysteme seit vielen Jahren erforscht werden, bietet das Forschungsprojekt nun einen innovativen und interdisziplinären Implementierungsansatz unter Berücksichtigung individueller Anforderungen und der Einbindung in digitalisierte Systeme.

## Ergebnisse

Die Entfärbekinetik der intelligenten Verpackungen und die Verderbsprozesse der untersuchten Lebensmittel (rohe Rostbratwurst, Fresh-Cut-Salat) zeigen eine hohe Übereinstimmung, sodass die Labels zur Resthaltbarkeitsvorhersage genutzt werden können.

Der Prototyp der Smartphone-Applikation bietet vielversprechende Anwendungsmöglichkeiten. Es kann ein Bild eines eines Time Temperature Indicators (TTIs) aufgenommen und anhand der ermittelten RGB-Werte eine temperaturabhängige Resthaltbarkeit für ein Produkt angezeigt werden. In Laborversuchen wurden Rohdaten zu unterschiedlichen Abständen, Winkeln, Belichtungen sowie unterschiedlichen CCD-Chips verschiedener Smartphones erzeugt.

Entsprechend der Erfassung durch die Smartphone-Applikation wurden Schnittstellen definiert, die Informationen zur Resthaltbarkeit sowie weitere Informationen im zentralen EPCIS Repository speichern. Für die Versandboxen im Onlinehandel wurde ein TTI-Port entwickelt, der den äußeren Zugang zur Auslesung ermöglicht.

Laut bisheriger rechtlicher Analyse besteht Raum für eine ergänzende Angabe der individuell berechneten Resthaltbarkeit eines Produktes, sofern sich die Angabe nicht mit dem Informationsgehalt des MHD überschneidet und die Angabe den ihr eigenen Informationsgehalt deutlich macht. Eine solche freiwillige Angabe könnte auch der deutsche Gesetzgeber empfehlen. Auch die bisherigen Verbraucherstudien bestätigen die Kombinierbarkeit des MHDs mit intelligenten Verpackungen in einer Übergangsphase. Außerdem wurde bestätigt, dass Lebensmittelabfälle – v.a. in Haushalten mit uninformierten Verbrauchern – reduziert werden können.

## Verwertung

Nach jetzigem Stand werden die wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Erfolgsaussichten besonders aufgrund der Vorteile des neuartigen Gesamtsystems und der guten Zusammenarbeit im interdisziplinären Konsortium als sehr vielversprechend bewertet. Die intelligenten Systeme eröffnen unter den Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit, des Verbraucherschutzes und einer ressourceneffizienten Lebensmittelproduktion einen vollkommen neuen Weg. Es ist möglich Ressourcen und Kosten einzusparen, indem logistische Funktionen, z.B. Distribution, und Prozesse, u.a. Lagerung und Transport, optimiert werden.

Aufgrund der Entwicklungen für unterschiedliche Anwendungsfelder ist nach Projektende eine schnelle Verwertungsmöglichkeit in verschiedenen Bereichen abzusehen. Somit ist zu erwarten, dass das Projekt einen großen Wettbewerbsvorteil für die deutsche Wirtschaft in vielen Anwendungen erzeugt und zur Sicherung und Schaffung neuer Arbeitsplätze und Steigerung der Nachhaltigkeit kühlpflichtiger Supply-Chains beiträgt.



### Nachhaltige Verpackungslösungen aus Makroalgen für den Lebensmittel-Handel (Mak-Pak)

#### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr.-Ing. Frederike Reimold  
 Hochschule Bremerhaven, Bremerhaven  
 freimold@hsbremerhaven.de

#### Verbundpartner

Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung  
 NORDSEE GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Das Ziel des Mak-Pak -Projektes war es, eine nachhaltig produzierte und idealerweise essbare Verpackungslösung als Darreichungsform für Lebensmittel im to-go-Bereich zu entwickeln. Dabei sollte die Verpackungslösung ausschließlich aus marinen, spezifischen Makroalgen-Rohstoffen bestehen. Um dieses Ziel zu erreichen wurden drei Teilziele bearbeitet. Zum einen mussten marine Rohstoffe identifiziert und nach ihrer Eignung als Rohstoff für Verpackungsmaterial selektiert werden. Die selektierten Makroalgenarten sollten zur Biomassegenerierung weiterhin in Labor- und anschließenden Technikumsversuchen in eine Zucht überführt werden. Die technische Entwicklung erfolgt mit dem Ziel, ein bzw. mehrere Makroalgenmaterialien unter der Beachtung der technischen Umsetzbarkeit, Marktfähigkeit und lebensmittelrelevanten Kriterien umzusetzen. Dabei sollte weiterhin die Auf- oder Einbringung von marinen Zusatzingredienten ermöglicht werden, um einen funktionellen wie auch ernährungsphysiologischen Vorteil des Makroalgenmaterials zu erreichen. Zum Abschluss wurde ein Beta-Testing eines ausgewählten Prototyps intern und extern durch Kunden und Mitarbeiter eingeplant. Die Zusammenarbeit erfolgte dabei durch die Hochschule Bremerhaven, das Alfred-Wegener-Institut und dem Industriepartner Nordsee.

## Ergebnisse

Das Projekt Mak-Pak hat zur erfolgreichen Entwicklung eines funktionellen Verpackungsprototyps auf Basis von Makroalgen inklusive der angeschlossenen Makroalgenkultivierung im Labor- und Technikumsmaßstab geführt. Die funktionellen Verpackungsmaterialien aus Makroalgen können dabei in ihren Eigenschaften variiert und unter anderem durch faserbasierte Verfahren hergestellt werden. Die Makroalgenmaterialien sind dabei im Idealfall essbar, kompostierbar und können als flexible wie auch feste Strukturen gestaltet werden. Dies ist dabei von der Makroalgenart wie auch der Verarbeitung abhängig und kann nach den gewünschten Eigenschaften eingestellt werden. Weiterhin wurden durch funktionelle und essbare Überzüge die Barriereeigenschaften und die ernährungsphysiologische Qualität optimiert. Die Selektion der Makroalgen für die Verpackungsmaterialien hat dabei Grün- und Rotalgen als mögliche Rohstoffe identifiziert, die in landbasierenden Aquakultursystemen im Labor- und Technikums-Maßstab überführt wurden. Dadurch konnte qualitativ hochwertige und lebensmittelkonforme Biomasse generiert werden, die durch die Kultivierungsbedingungen (z.B. Licht und Salzgehalt) in deren funktionellen Inhaltsstoffe optimiert werden konnten. Im externen Beta-Testing des Prototyps mit Beispielprodukten (Backfisch und Kartoffelsalat) bewerteten 79 – 91 % der Kunden die essbare Makroalgenverpackung als gut bis sehr gut. Zusätzlich beurteilten rund 97 % der befragten Kunden die Idee einer essbaren Algenverpackung als gut bis sehr gut.

## Verwertung

Die Entwicklung des Makroalgenmaterials hat in einer Gemeinschaftserfindung gemündet, die beim Deutschen Patentamt angemeldet wurde. Weiterhin ist geplant die bisherigen Prototypen und Kultivierungsmethoden weiter zu optimieren und in den Industriemaßstab mit Hilfe weiterer Industriepartner und einer öffentlichen Förderung zu überführen (Antragstellung Mak-Pak Scale-Up). Dabei soll die Markteinführung einer kompostierbaren und idealerweise essbaren Makroalgenverpackung ermöglicht werden. Das Projekt Mak-Pak hat durch die aktuelle Thematik der Reduktion von Verpackungsmaterialien, das öffentliche Interesse geweckt und ist in einigen Medienbeiträgen, auf wissenschaftlichen Konferenzen und in Publikationen vorgestellt worden.

### Nutzbarmachung von *Lactococcus piscium* für die Regulierung von Fleischverderb und –reifung in Schutzgas- und Skin-Verpackungen (MEATME)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. Rudi F. Vogel & Dr. Maik Hilgarth  
Technische Universität München, Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie,  
Freising  
maik.hilgarth@tum.de

#### Verbundpartner

Chr. Hansen GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Die Produktion von Frischfleisch erfordert erhebliche Ressourcen an pflanzlichen Rohstoffen, Energie und Wasser. Darüber hinaus ist Frischfleisch leicht verderblich und wird deshalb vielfach in Vakuum- und Schutzgaspackungen verpackt, um das Mindesthaltbarkeitsdatum zu verlängern. Allerdings hängt der Verderbsverlauf von Höhe und Art der Initialkontamination ab und ist damit hohen Schwankungen unterworfen. Dies führt dazu, dass entweder nach Ablauf des Haltbarkeitsdatums noch einwandfreie Packungen entsorgt werden oder das Fleisch vor Ablauf bereits verdorben ist.

Ziel des Projekts ist es, die Menge an weggeworfenem Fleisch zu reduzieren. Dazu soll das Potenzial von Stämmen des Milchsäurebakteriums *Lactococcus (Lc.) piscium* zur Regulierung des Fleischverderbs, über eine Erhöhung der Lebensmittelsicherheit, bis hin zu einer Reifekultur für Fleisch in Schutzgas- und Skin-Verpackungen nutzbar gemacht und dadurch ein völlig neues Marktsegment für die Anwendung sicherer mikrobieller Kulturen erschlossen werden.

### Ergebnisse

Bisher wurden von ca. 5000 Isolaten 20 repräsentative Stämme von *Lc. piscium* differenziert und ausgewählt. Diese wurden hinsichtlich ihrer Biodiversität molekular sowie physiologisch charakterisiert und einer Sicherheitsbewertung unterzogen, die keine Hinweise auf ein Risiko durch eine Anwendung dieser Stämme in Lebensmitteln ergab. Darüber hinaus wurden 4 Stämme ausgewählt, die in weiterführenden Durchsetzungsversuchen sowie Pilotanwendungen eingesetzt werden. In einem Genom-weiten Screening konnten Markergene identifiziert werden, die potenziell für Bakteriozine und Proteine mit Lysozym-Domänen kodieren und Kandidaten für die Ursache einer Unterdrückung von unerwünschten Verderbsbakterien darstellen. Diese Unterdrückung wurde auch in Auftropf- und Kreuzausstrich-Verfahren auf Festmedien sowie in



Ko-Kultivierung in Flüssigmedium nachgewiesen. Dabei zeigte sich, dass der Grad der Unterdrückung sowohl stammspezifisch für *Lc. piscium* als auch abhängig von der Art des getesteten Verderbsbakterium ist.

### **Verwertung**

Eine Praxisrelevanz ist aufgrund der hohen Mengen an weggeworfenem Fleisch sehr hoch. Zudem besteht die Möglichkeit einer Vereinfachung der Logistik über die Harmonisierung/Verlängerung der Lagerfähigkeit. Zudem können die hygienische Sicherheit von Frischfleisch verbessert und die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen verringert werden. Die Anwendung von natürlichen Kulturen ist der weitgehend vom Verbraucher abgelehnten Anwendung von Stoffen weit überlegen. Durch die Kooperationsarbeit sind umfangreiche Erfahrungen in der Entwicklung und Vermarktung von Starterkulturen, sowie Kenntnisse rechtlicher Rahmenbedingungen zum Einsatz mikrobieller Kulturen vorhanden. Die Chance auf eine Markteinführung entsprechender Starterpräparate ist vor dem genannten Hintergrund hoch.

## Entwicklung und Validierung neuer Methoden für den qualitativen und quantitativen Nachweis von Fischen, Krebs- und Weichtieren sowie Insekten als potentielle Lebensmittelallergene (AQUALLERG-ID)

### Projektkoordinator

Dr. Jutta Zagon  
Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Berlin -Jungfernheide  
jutta.zagon@bfr.bund.de

### Verbundpartner

ifp - Institut für Produktqualität GmbH  
IMGM Laboratories GmbH  
FRoSTA AG

## Kurzfassung

### Ziel

Das Projekt beinhaltet drei Teilziele. Das BfR entwickelt und validiert Low-Density-PCR Arrays für einfaches und effizientes Screening auf Fisch, Krustazeeen, Weichtierarten sowie Insekten in Lebensmitteln. Parallel entwickelt der Verbundpartner ifp innovative immunochemische Schnelltests und ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) zum Nachweis und zur Bestimmung der kennzeichnungspflichtigen und umfangreichen Gruppen aquatischer Organismen und Insekten. Als dritter Partner arbeitet IMGM Laboratories an NGS (Next Generation Sequencing)-basierten Methoden. Das Projekt verfolgt somit das übergreifende Ziel, derzeitige Lücken hinsichtlich der Analytik extrem artenreicher Allergengruppen zu schließen (siehe Abbildung 1). Dabei finden auch erstmalig Insekten, welche wie die Krebstiere zu den Gliederfüßern zählen, als neuartige Lebensmittel Beachtung. Hinsichtlich der Referenzmaterialien und Informationen zur Marktsituation wird dieses Projekt von der Firma FRoSTA AG unterstützt.

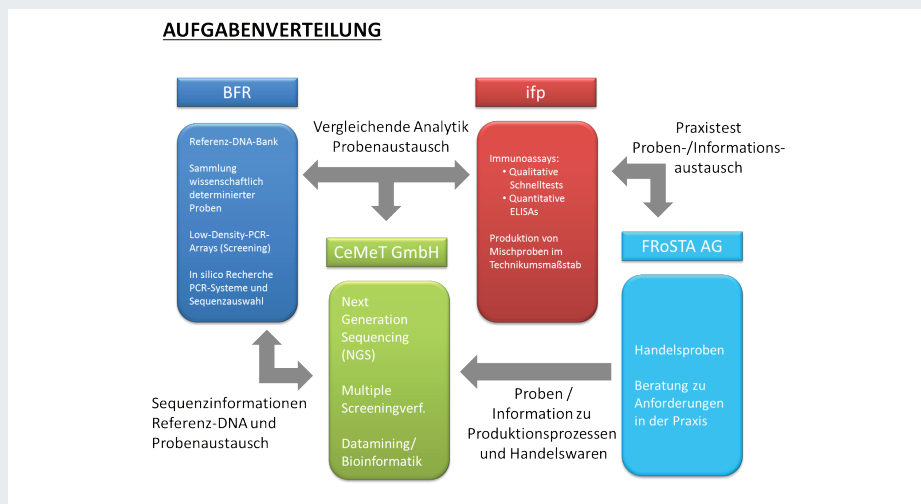


Abbildung 1: Arbeitsteilung zwischen den Verbundpartnern.

## Ergebnisse

Am BfR wurde erstmalig ein PCR-System zur Detektion von Schnirkelschnecken entwickelt und erfolgreich etabliert. Des Weiteren wurde ein PCR-System etabliert und validiert, welches alle untersuchten Arten der Unterordnung der Pleocyemata aus der Ordnung der Zehnfüßkrebse detektiert. Hierzu zählen die Teilordnungen wie z.B. Brachyura, Caridea und Astacidea. Die Sensitivität beläuft sich auf 1–10 ppm. Weitere Systeme, die die Taxagruppen der Krebs- und Weichtiere abdecken, wurden auf Basis von in silico Recherchen entwickelt. IMGGM hat zunächst durch Projektpartner bereitgestellte Proben verschiedener Taxa auf Verfügbarkeit von Vollgenomsequenzen geprüft. Daran schlossen sich bioinformatische Simulationen von Sequenzauswertungen an. Hierbei wurde versucht die Sensitivität des Nachweises einzelner Taxa bei Metagenomanalysen einzuschätzen. In einer ersten Metagenomanalyse wurden Mischungsverhältnisse von *Gadus chalcogramma* und *Penaeus monodon* eingesetzt und einer „library preparation“ unterzogen. Im Weiteren werden die Ansätze sequenziert und bioinformatisch ausgewertet. Hierfür wurde eine bioinformatische „pipeline“ aufgebaut, welche fortan weiterentwickelt wird.

Am ifp konnten bisher für die wichtigsten Handelsarten von Fischen, Krustazeen, Mollusken und für verschiedene Insektenpezies Antikörper gewonnen werden. Für die Gruppierung der Fische ist bereits durch Kombination unterschiedlicher „Fischantikörper“, ein allgemeiner Nachweis des Lebensmittels „Fisch“ im Schnelltest mit einer Sensitivität von ca. 10 ppm möglich. Das gleiche wird aktuell jeweils für einen allgemeinen Nachweis der Gruppen Mollusken, Krustazeen und Insekten entwickelt.

## Verwertung

Das BfR stellt Standardmethoden für die Lebensmittelkontrolle zur Verfügung. Durch effizientes Screening auf allergene Spezies werden wirtschaftliche Ressourcen in der amtlichen Kontrolle eingespart. Die etablierten PCR-Methoden werden hierzu einen großen Beitrag leisten. Das übergreifende Pleocyemata-System hebt sich von allen anderen bisher publizierten Systemen ab die, diese Unterordnung betreffen und weist Potential für eine zukünftige amtliche Methode auf.

IMGGM erweitert das Portfolio an potentiellen Nachweisverfahren zur amtlichen Lebensmittelkontrolle durch Testung moderner Metagenomanalysen. Vorteilhaft hierbei ist, dass „nicht zwingend zielgerichtet“ die biologische Diversität in der Lebensmittelprobe erfasst wird, sondern ein umfängliches Abbild aller Taxa erhalten wird. Somit können auch Taxa erfasst werden, die zunächst nicht als Ziel definiert waren bzw. bei spezifischen Testungen eventuell nicht erfasst werden.

Der Vertrieb der immunologischen Tests wird über das bereits bestehende internationale Vertriebsnetz der ifp GmbH erfolgen, so dass die neuen Produkte sofort nach Markteintritt weltweit verfügbar sind.

## Entwicklung von innovativen Untersuchungsverfahren als Voraussetzung für die Produktion sicherer und qualitativ hochwertiger Krustentiererzeugnisse und ein ressourcenschonendes Bestandsmanagement (KrustInUVa)

### Projektkoordinator

Ute Schröder

Max Rubner-Institut Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel - Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Kiel

ute.schroeder@mri.bund.de

### Verbundpartner

Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume

Wald und Fischerei

Intertek Food Services GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

In Deutschland gehören Krustentiere aktuell mit einem Marktanteil von 7,4 % zu den fünf populärsten Fischereierzeugnissen. Ein großer Anteil der Krustentiererzeugnisse wird bereits verarbeitet importiert, sodass morphologische Merkmale für eine Artidentifizierung nicht mehr herangezogen werden können. Dabei rücken die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen und das allergene Potential von Krustentierarten immer mehr in den Vordergrund.

Ziel dieses Projekts ist es daher, ein Portfolio an verschiedenen DNA- und Protein-basierten Analyseverfahren zu entwickeln, um eine effektive amtliche Lebensmittelkontrolle sowie eine Überprüfung der Import- bzw. Rohwaren durch die Unternehmen im Rahmen der gesetzlich geforderten Eigenkontrolle zu ermöglichen. Eine konsequent durchgeführte Kontrolle entlang der gesamten Produktionskette ist die Voraussetzung für ein nachhaltiges Handeln und einen schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen. Zudem sollen Möglichkeiten für den Nachweis von potentiell allergenen Proteinen mit Hilfe eines massenspektrometrischen Verfahrens aufgezeigt werden. Authentisches Referenzmaterial mit gesicherter Herkunft bildet dabei die Grundlage für die Entwicklung der Methoden. Die daraus generierten DNA-Sequenzen sollen in der öffentlich zugänglichen Referenzdatenbank [www.aquagene.org](http://www.aquagene.org) und anderen Datenbanken zur Verbesserung der aktuellen Datenlage führen.

## Ergebnisse

Die Sammlung von authentischem Referenzmaterial im Rahmen des Projektes orientiert sich an der Marktrelevanz, an der Differenzierungsmöglichkeit einzelner Arten sowie an der Notwendigkeit zur Überprüfung der Spezifität der zu entwickelnden Methoden. Bisher konnten 23 verschiedene Krustentierarten als authentisches Referenzmaterial aus unterschiedlichen Ländern gesammelt, morphologisch bestimmt und sequenziert (Barcodes) werden.

Real-time PCR-Systeme stehen in vielen Kontrolllaboren zur Verfügung. Als Schnellmethode liefern sie innerhalb weniger Stunden ein Ergebnis. Es wurde ein Multiplex-Verfahren entwickelt, das den gleichzeitigen Nachweis von vier marktrelevanten Krustentierarten erlaubt.

Die Nutzung der NGS-Technologie als weitere DNA-basierte Methode zur Differenzierung von Speziesmischungen, deren genaue Deklaration ebenso gesetzlich gefordert ist, befindet sich derzeit in erster Testung.

Protein-basierte Analyseverfahren mittels LC-MS/MS finden ihre Berechtigung bei ausgewählten Fragestellungen wie der Speziesidentifizierung oder dem Nachweis allergener Proteine. Als erster Schritt wurde eine robuste Probenaufarbeitung entwickelt und etabliert, sodass im Anschluss an die LC-MS-Messung aus den Peptidprofilen ausgewählter Krustentiere Spezies-spezifische und Allergen-spezifische Peptidmarker identifiziert werden können.

Die MALDI-ToF-MS nutzt zur Artidentifizierung den Abgleich Spezies-spezifische Proteinmuster und stellt im Bereich der Mikroorganismen ein bereits etabliertes Schnellverfahren dar. Im Projekt wurde dieses Prinzip erfolgreich für die Anwendung bei Krustentieren optimiert und die Durchführbarkeit dargelegt.

## Verwertung

Die Sammlung marktrelevanter Krustentiere und die Veröffentlichung der daraus generierten DNA-Sequenzen und Protein- bzw. Peptidmuster werden zukünftig die Anwendung sicherer Nachweisverfahren garantieren. Die entwickelten DNA- und Protein-basierten Verfahren bieten Kontrolllaboren die Möglichkeit, je nach Fragestellung und Ausstattung eine für sie geeignete Methode zur Identifizierung von Krebstieren zu wählen. Darüber hinaus sind diese Methoden als ein wichtiger Beitrag zum Verbraucherschutz und zur Eindämmung ressourcenschädigender illegaler Fischereipraktiken zu sehen. Nach Abschluss des Projektes werden eine Standardisierung und die Aufnahme in der amtlichen Methodensammlung angestrebt. Die Ergebnisse zu den Spezies-spezifischen Peptiden von Krebstieren mit allergenem Potential können einen wichtigen Beitrag zu zukünftigen Anschlussprojekten im Rahmen der Allergenforschung leisten.

## Effiziente Vermeidung von Lebensmittelabfällen in der Außer-Haus-Verpflegung (ELoFoS)

### Projektkoordinator

Dr. Thomas Schmidt

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig  
thomas.schmidt@thuenen.de

### Verbundpartner

Universität Stuttgart  
Institut für Siedlungswasserbau  
Wassergüte- und Abfallwirtschaft

Weitere Unterstützer:

Maritim Hotelgesellschaft mbH  
Deutsche See GmbH  
Wurst-Fleischwaren-Service Vertriebsgesellschaft mbH  
MediClin à la Carte GmbH

### Projekthomepage

<https://elofos.de/>

## Kurzfassung

### Ziel

Die Vereinten Nationen haben die Vermeidung von Lebensmittelabfällen in die Agenda 2030 für eine nachhaltige Entwicklung aufgenommen. Ziel ist die Halbierung der entstehenden Lebensmittelabfälle auf Einzelhandels- und Verbraucherebene sowie die Reduzierung der Lebensmittelabfälle entlang der Produktions- und Lieferkette. Vor diesem Hintergrund erarbeitet das Thünen-Institut zusammen mit der Universität Stuttgart im Rahmen des nationalen Forschungsvorhabens „ELoFoS“ effiziente Maßnahmen zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen in der Außer-Haus-Verpflegung. Dabei werden Strategien und Innovationen am Praxisbeispiel Großküchen mit Zulieferern und Verwertern entwickelt (Abb. 1).

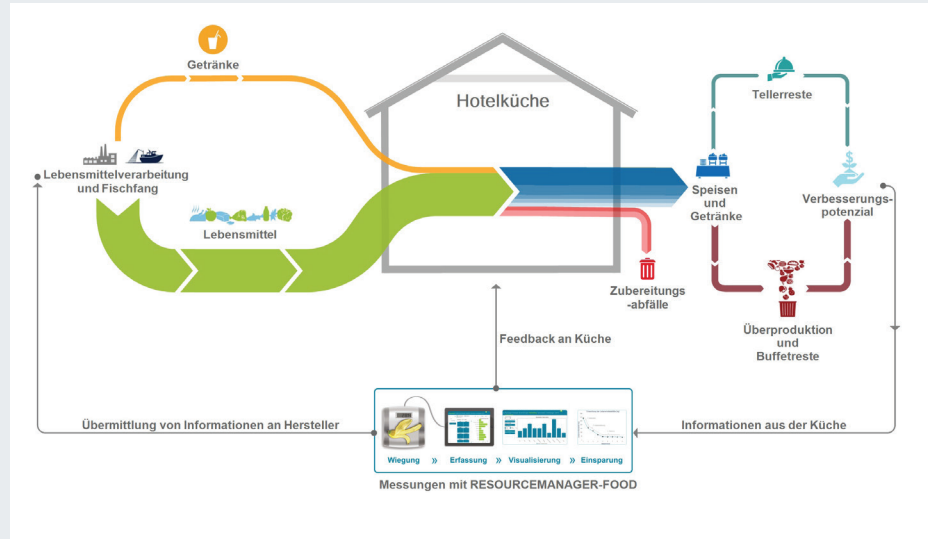


Abbildung 1: Vermeidung von Lebensmittelabfällen und Schnittstellenoptimierung durch Einsatz technischer Messinstrumente.

## Ergebnisse

Grundlage für die Entwicklung von Lösungsansätzen ist zunächst die Kenntnis über die Abfallmengen, deren Entstehungsort sowie deren Ursachen. Zur Erfassung dieser Informationen in Einrichtungen der Außer-Haus-Verpflegung wurde ein Messinstrument entwickelt, das eine Wiegung der Lebensmittelabfälle noch am Ort der Entstehung ermöglicht. Der RESOURCEMANAGER FOOD automatisiert die Wiegung der Lebensmittel durch direkte Anbindung einer elektronischen Waage an einen Touch-PC um, die Mengen an weggeworfenen Lebensmitteln noch am Anfallort zu erfassen. Das Potential zur Einsparung an Lebensmittelabfällen unterscheidet sich in den jeweiligen gastronomischen Einrichtungen sowohl im Umfang als auch in der Ursache. Die Ableitung von geeigneten Vermeidungsstrategien erfolgt aufbauend auf den hinzugewonnenen Erkenntnissen aus den Messungen. Die Entwicklung der Vermeidungsstrategien variiert dabei in Abhängigkeit von standortspezifischen Gegebenheiten wie der Betriebsgröße oder der Küchenausstattung und wird von weiteren Faktoren beeinflusst, wie z.B. dem Zubereitungsverfahren (Warmverpflegung, Cook and Chill, etc.) oder dem Speisenangebot (à la carte, Buffet, Menü, etc.). Die Lebensmittelabfälle am Frühstücksbuffet eines Hotelbetriebs konnten im Rahmen des Projektes bereits erfolgreich vermieden werden. Die Buffetreste erreichten nach den ersten fünf Messmonaten ein konstant niedriges Niveau, was einer Reduzierung der Lebensmittelabfälle um mehr als 64,3 % und einer monetären Einsparung von über 9.000 EUR pro Küche und Jahr entspricht.

## Verwertung

Die Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus Hotelküchen auf andere Verpflegungsformen gestaltet sich im Einzelfall aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen und spezifischen Anforderungen als schwierig. Im Bereich der Krankenhausverpflegung werden Produktionsmengen anders geplant, produziert und ausgegeben als in Hotels. Voraussetzung für eine erfolgreiche Verwertung des Messsystems ist eine systemunabhängige Softwarelösung, die den individuellen und vielfältigen Anforderungen anderer Branchen und Einrichtungen des Gastgewerbes gerecht wird. Hierfür wird die technische Weiterentwicklung des bestehenden Messsystems angestrebt. Es wird eine Smartphone-Applikation entwickelt, in der eine drahtlose Anbindung der Waage über Bluetooth möglich ist (Abb. 2).

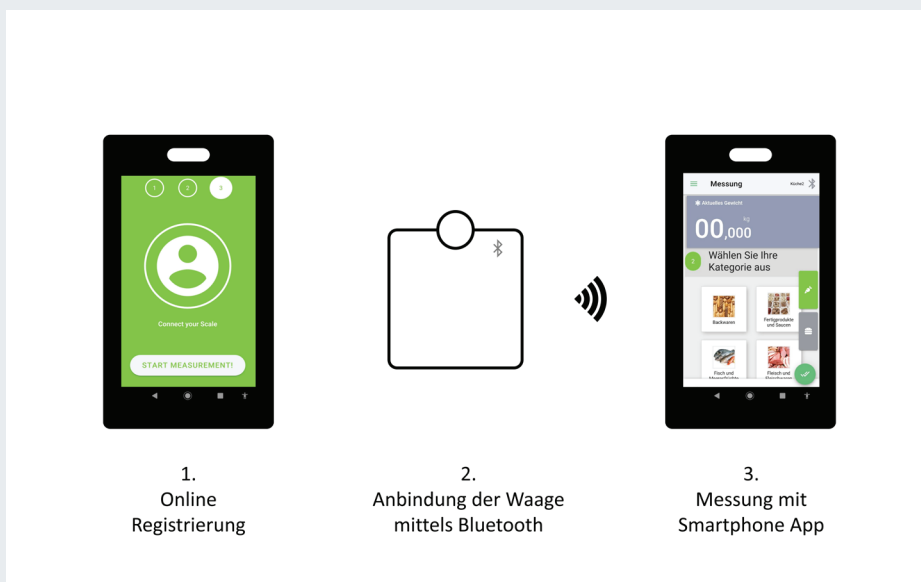


Abbildung 2: Smartphone-Anwendung und Anbindung der Waage mittels Bluetooth.

Die Smartphone-Anwendung steht seit Juli 2020 als Beta-Version in App-Stores der gängigen Smartphone-Betriebssysteme zum Download bereit. Die gesammelten Messdaten werden in der Cloud gespeichert und werden von jedem Benutzer individuell in der online zugänglichen Administrationsoberfläche verwaltet. Damit können Unternehmen wie Hotelketten das System in mehreren Küchen und an verschiedenen Standorten gleichzeitig betreiben und die Messwerte zentral über die Cloud verwalten und überwachen. Die Smartphone-Anwendung bietet ein breites Spektrum an Möglichkeiten um, Daten zu dokumentieren, zu berichten und zu analysieren. Der technische Fortschritt und die laufende Systementwicklung sind wichtige Faktoren, die eine gute Grundlage für das spätere Scale-up darstellen.



## Nutzbarmachung biologischer Ressourcenvielfalt für die Etablierung stabiler Konsortien in Sauerteigen (KONSTABLE)

### Projektkoordinator

Prof. Rudi F. Vogel  
Technische Universität München, Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie,  
Freising  
rudi.vogel@tum.de

### Verbundpartner

Ernst Böcker GmbH & Co. KG

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Projektes ist die Entwicklung neuartiger, getrockneter oder gefrorener Sauerteigpräparate, die stabile, durchsetzungsfähige, gut präparierbare Konsortien aus Milchsäurebakterien und Hefen enthalten. Es wird ein Verständnis dazu erarbeitet, welche molekularen Mechanismen die Stabilität eines mikrobiellen Konsortiums aus Milchsäurebakterien und Hefen in Sauerteigpräparaten begründen. Hierzu werden durch vergleichende Proteomik und Transkriptomik dieser Organismen in Einzelkulturen gegenüber dem Zusammenleben in stabilen Gemeinschaften bestimmt. Dadurch werden molekulare Marker definiert, die zum erleichterten Auffinden stabiler Partnerschaften von Milchsäurebakterien und Hefen verwendet werden können. Die nachhaltige und ressourcenschonende Nutzung der biologischen Vielfalt fermentativer Organismen in der Sauerteigfermentation wird über die Charakterisierung der Stabilität ausgewählter Gemeinschaften von Milchsäurebakterien und Hefen erreicht. Hierzu wird die Stabilität und Dynamik der Mikrobiota in Sauerteigpräparaten ermittelt.

### Ergebnisse

*Fructilactobacillus sanfranciscensis* ist ein Schlüsselorganismus in Typ-1-Sauerteigfermentationen. Verschiedene Stämme von *F. sanfranciscensis* wurden aus unterschiedlichen Sauerteigfermentationen isoliert. Um diese voneinander zu unterscheiden, wurde ein stammspezifisches Nachweissystem etabliert. Dafür wurde die CRISPR-Locus-Length-Heterogeneity (CLLH) PCR entwickelt, welche die stammspezifische Länge des CRISPR-Locus detektiert. Somit konnten spezifische Stämme in einer Sauerteigfermentation nachgewiesen werden.

Für die Sauerteigfermentation wurden verschiedene Stammkombinationen von *F. sanfranciscensis* aufgrund ihrer genetischen und physiologischen Eigenschaften ausgewählt. Diese Stammkombinationen von *F. sanfranciscensis* wurden jeweils mit den Hefen

*Kasachstania humilis*, *Saccharomyces cerevisiae* oder keiner Hefe als Starter für eine Roggensauerteigfermentation eingesetzt. Dabei zeigte sich, dass die eingesetzten Stämme aufgrund ihrer Verhaltensweisen in drei verschiedene Gruppen eingeteilt werden konnten. Gruppe a) konnte sich unabhängig von den eingesetzten Hefen immer nach 10 Tagen Fermentation durchsetzen. Gruppe b) waren Stämme, deren Durchsetzung Hefeabhängig war und Gruppe c) waren Stämme, die sich nie in einer Sauerteigfermentation gegen die anderen *F. sanfranciscensis* Stämme durchsetzen konnten.

Folgende stabile mikrobielle Konsortien in Roggensauerteigfermentationen konnten identifiziert werden. Die Hefe *K. humilis* TMW3.1034 und *F. sanfranciscensis* TMW 1.392 sowie die Hefe *S. cerevisiae* TMW3.1064 und *F. sanfranciscensis* TMW 1.907 erwiesen sich als stabile Konsortien in Sauerteigfermentationen. Zusätzlich waren die Stämme aus Gruppe a) stabil in den Sauerteigfermentationen unabhängig von der eingesetzten Hefe.

Zusätzlich wurde die Säurestresstoleranz von *S. cerevisiae* untersucht. Dabei wurden Hefestämme, die aus einem Sauerteig isoliert wurden, mit der Referenzhefe *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen ATCC® 204508™ verglichen. Dabei zeigte sich, dass die *S. cerevisiae* Isolate aus Sauerteig eine höhere Lactat- und Acetatoleranz aufwiesen.

### Verwertung

Die Chance auf eine Markteinführung entsprechender Backzutaten/Sauerteigpräparate ist aufgrund der bereits bestehenden und bisher ungedeckten Nachfrage hoch. Die Risiken bestehen in der Identifizierung stabiler, stresstoleranter Konsortien. Die Erreichung gleichbleibender Reproduzierbarkeit und Haltbarkeit der Präparate ist zwingende Voraussetzung für eine Markteinführung. Durch die genetische und metabolische Charakterisierung der Stresstoleranz der ausgewählten Mikroorganismen und die Bestimmung von Markern für die metabolische Basis ihrer Interaktion und ggf. Symbiose, erhöht sich die Chance zu deren Auffindung erheblich, weil von der Empirie auf eine wissenschaftsbasierte Auswahl übergegangen werden kann.

## Innovative und zuverlässige Nachweismethoden für Lebensmittelallergene (AllergenAffinity)

### Projektkoordinator

Prof. Dr. Jens Brockmeyer  
Universität Stuttgart, Stuttgart  
jens.brockmeyer@lc.uni-stuttgart.de

### Verbundpartner

Axel Semrau GmbH & Co KG

## Kurzfassung

### Ziel

Das Ziel ist die Entwicklung innovativer neuer Analysenverfahren zur schnellen und reproduzierbaren Detektion verschiedener Lebensmittelallergene mittels Massenspektrometrie. Die Kontamination von Lebensmitteln mit Allergenen ist aktuell eine der zentralen Herausforderungen im Bereich der Lebensmittelsicherheit in industrialisierten Ländern. Ein wesentlicher Baustein eines effektiven Allergenmanagements ist deshalb die Etablierung leistungsfähiger und spezifischer Analysenverfahren. Für die spezifische und sensitive Quantifizierung von Allergenen in verarbeiteten Lebensmitteln sind derzeit keine zufriedenstellenden Analysemethoden in der Routine verfügbar. In diesem Projekt wird daher eine automatisierte Multimethode entwickelt, die den Nachweis und die Quantifizierung der relevanten Allergene über die Detektion von Peptid-Biomarkern ermöglicht (targeted proteomics) und relevante Einflussparameter der Quantifizierung systematisch identifiziert und optimiert.

### Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurden für diverse pflanzliche und tierische Lebensmittelallergene geeignete Peptidmarker identifiziert und validiert. Dies sind insbesondere Marker zu Schalenfrüchten und Nüssen, Soja, Erdnuss, Weizen und Senf. Ein wesentliches Ergebnis ist die Abgrenzung zu verwandten pflanzlichen Spezies. Für Senf ist dies beispielsweise die Abgrenzung zu einer Vielzahl weiterer *Brassicacea*, für Weizen eine Abgrenzung zu anderen allergenen und nicht allergenen Getreiden und *Poaceae*. Für tierische Allergene wurde insbesondere Milch, Ei sowie Krustentiere und Fisch untersucht und Peptidmarker für alle genannten allergenen Lebensmittel identifiziert. Das wesentliche Ergebnis ist hierbei die Identifikation von Markern für allergene Proteine in Fraktionen von Ei und Milch (Eiklar und Eigelb sowie Molkenfraktion bzw. Caseine). Bei den Untersuchungen zu Allergenen aus Fisch und Krustentieren ist insbesondere die Speziesvielfalt eine relevante Herausforderung für eine leistungsfähige Allergendetektion. Hier konnten Mar-

kerpeptide aus den allergenen Parvalbuminen für 45 Fischarten identifiziert werden sowie Tropomyosin-Marker für den Nachweis von Allergenen aus 30 Krustentierarten.

Für die Automatisierung der Probenvorbereitung konnten die wesentlichen Parameter identifiziert werden, diese werden aktuell optimiert. Der Einfluss verschiedener Verarbeitungsprozesse auf das Allergenprofil und den Nachweis auf die Peptidmarker wurde systematisch untersucht.

### **Verwertung**

Die Verwertung der erhaltenen Projektergebnisse umfasst:

- » Vertrieb eines Komplettpaketes zur automatisierten Probenvorbereitung für die massenspektrometrische Allergenanalytik
- » Erstellung einer umfassenden Datenbank valider Peptidmarker für den spezifischen Nachweis und die Quantifizierung der in der EU geregelten relevanten Allergene
- » Systematische Erfassung der Einflussparameter der Quantifizierung
- » Adaption und Erweiterung der im Rahmen des Projektes erarbeiteten Protokolle und Automatisierungen auf weitere Fragestellungen in der Forschung und Entwicklung

### Ressourcenschonende Herstellung von Buntsäften durch gezielten Einsatz moderner Keltertechnologien (ReBuTech)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. rer. nat. habil. Andreas Schieber  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn  
schieber@uni-bonn.de

#### Verbundpartner

Envisio Cosulting GmbH  
Haus Rabenhorst O. Lauffs GmbH & Co. KG

### Kurzfassung

#### Ziel

Eine innovative Kelterei muss die Safterstellung gezielt auf die Rohware abstimmen, um neben einer hohen Saftausbeute die gewünschten Inhaltsstoffe in großer Menge in den Saft zu überführen. Trotzdem verbleibt der Trester als Reststoff, der wertvolle Inhaltsstoffe wie Ballaststoffe und sekundäre Pflanzenstoffe enthält. Die nachhaltige Produktion schließt daher die Verwertung der Trester mit ein. Die wertschöpfende Weiterverarbeitung der Trester im eigenen Unternehmen sollte dabei bevorzugt werden. Im Projekt sollen Strategien zur nachhaltigen und ressourcenschonenden Produktion ausgewählter Beerensäfte entwickelt werden. Die Arbeiten beinhalten die Optimierung der Saftausbeute und die Verwertung der Nebenprodukte. Die Saftausbeute soll durch kombinierte Anwendung von Enzymen und Ultraschall maximiert werden; anschließend werden die Säfte durch sensorische Tests und chemisch-analytische Charakterisierung mit denen der konventionellen Produktion verglichen. So sollen qualitativ hochwertige Säfte erzeugt werden, die sich durch hohe Gehalte an Polyphenolen auszeichnen. Durch eine optimierte Herstellungspraxis werden dabei Energiekosten gesenkt, Ausbeuten erhöht und so eine verbesserte Wettbewerbsfähigkeit der Hersteller geschaffen. Für den verbleibenden Trester sollen weitere Perspektiven aufgedeckt werden, die eine wertschöpfende Verwendung gewährleisten. Diese Strategien umfassen die Extraktion wertgebender Inhaltsstoffe wie Polyphenole, die Gewinnung von Kernöl sowie die Weiterverwendung der ballaststoffreichen Reste in anderen Produkten wie Müsli.

#### Ergebnisse

Derzeit befindet sich das Projekt in der zweiten Stufe. In der ersten Projektstufe wurden die Rohwaren und die Enzympräparate charakterisiert. Diese Daten dienen für die übrigen Arbeiten im Projekt als Referenz. Die zweite Projektstufe dient der Entwicklung bzw. der Optimierung der einzelnen Behandlungsverfahren.

Es wurden die in der Fruchtsaftindustrie üblicherweise verwendeten Enzyme mittels standardisierter Verfahren charakterisiert, wodurch im weiteren Projektverlauf auch

unterschiedlichen Chargen reproduzierbar angewendet werden können. Für die untersuchten Früchte stehen nun Polyphenolprofile der jeweiligen Rohware, der industriell hergestellten Säfte sowie der entstandenen Trester zur Verfügung, anhand derer die im Technikumsmaßstab hergestellten Säfte und deren Trester bewertet werden können. Abbildung 1 zeigt exemplarisch die Werte der Anthocyangehalte, die als farbgebende Inhaltsstoffe die Qualität maßgeblich beeinflussen.

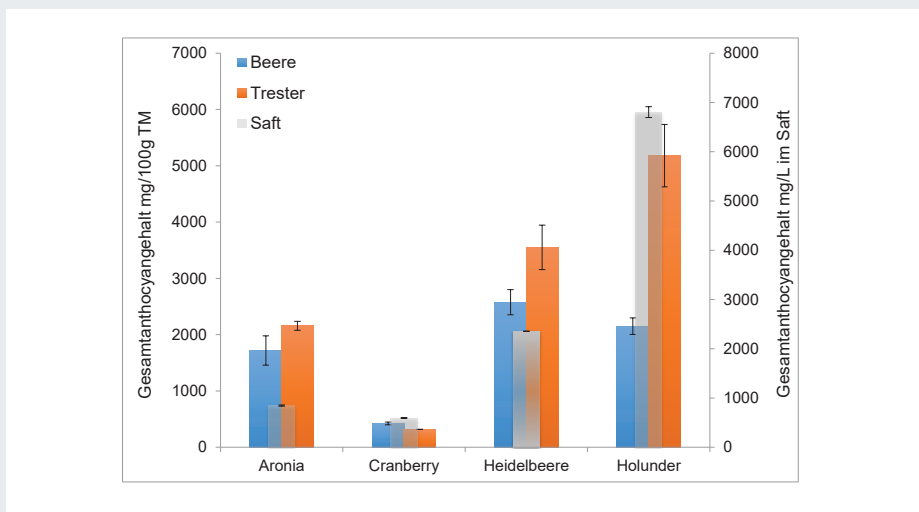


Abbildung 1: Anthocyangehalte in Beeren, Säften und Trestern.

Im weiteren Verlauf des Projektes werden die Polyphenoloxidasen der unterschiedlichen Früchte isoliert und charakterisiert, um ihre Inaktivierungskinetik zu bestimmen und so die thermische Behandlung während der Saftherstellung zu optimieren.

Die dritte Projektstufe dient der Umsetzung der Ergebnisse im Pilotmaßstab sowie der Kommunikation und Verwertung der Ergebnisse in der Industrie.

### Verwertung

Die im Projekt optimierten Methoden der enzymatischen und thermischen Behandlungen können in den Produktionsablauf der beteiligten Safthersteller übernommen werden. Die entwickelten Methoden zur Tresterverwertung können bei Übertragbarkeit in den industriellen Maßstab ebenfalls in den Produktionsablauf integriert werden. Die im Rahmen des Projektes erzielten Ergebnisse werden in Projekte von weiteren Beratungskunden aus der gesamten Lebensmittelindustrie übernommen. Die ersten Ergebnisse sollen demnächst bereits in einem wissenschaftlichen Manuskript veröffentlicht werden. Im dritten Projektjahr soll ein Workshop veranstaltet werden, zu dem interessierte Firmen und Verbände eingeladen werden und in dessen Rahmen die Ergebnisse des Projektes vorgestellt werden. Der enge Kontakt mit dem potentiellen Nutzerkreis und die Kommunikation mit Wirtschaft und Verbänden werden maßgeblich zum Wissenstransfer beitragen.

### Technische Gewinnung von Lactoferrin aus Sauermolke mittels innovativer Magnetseparation (LactoMag)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. Sonja Berensmeier  
Technische Universität München, München  
s.berensmeier@tum.de

#### Verbundpartner

Universität Hohenheim  
Schwarzwaldmilch GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Beim Herstellen fermentierter Milchprodukte wie Quark, Frischkäse oder Skyr fallen mehr als 2 Mio. t Sauermolke pro Jahr in Deutschland an. Im Gegensatz zu Süßmolke, die eine hochwertige Proteinquelle darstellt, ist eine Weiterverarbeitung von Sauermolke aufgrund des niedrigen pH-Wertes ( $\text{pH} < 4,8$ ) und ihrer Zusammensetzung (hohe Salzfracht, Vorhandensein von Mikroorganismen, geringer Proteingehalt) eine technologische Herausforderung. Die Verwertung von Sauermolke findet überwiegend in der Form von Viehfutter oder als Substrat für die Biogaserzeugung statt. Damit stellt sich die Frage: Welche Stoffe könnten aus Sauermolke gewonnen werden, um die Wertschöpfung und Nachhaltigkeit von Sauermilchprodukten zu steigern?

Lactoferrin ist ein funktionelles Molkenprotein, das in geringer Konzentration in Molke vorkommt ( $c < 100 \text{ mg/L}$ ). So fördert Lactoferrin die Eisenresorption im Darm und wirkt sich positiv auf das Knochenwachstum aus. Neben seiner antimikrobiellen Wirkung, sind aktuell die antiviralen Eigenschaften, die sich unter anderem gegen SARS-CoV, Hepatitis B und C oder HIV Erreger richten, von besonderem Interesse. Im Lebensmittel-/ Life-Science Bereich findet Lactoferrin Verwendung als Nutraceuticals, Zusatz in Sportler- und Säuglingsnahrung oder zur Konservierung von Fleisch.

Bisher wird Lactoferrin über chromatografische Verfahren aus Süßmolke oder Magermilch gewonnen. Diese Verfahren erfordern große Aufwendungen hinsichtlich der eingesetzten Ressourcen. Ziel des Verbundprojektes ist das Erforschen eines ressourceneffizienten Verfahrens zur Gewinnung von Lactoferrin aus ungenutzten Nebenströmen. Hierzu soll Sauermolke in einem ersten Schritt durch Filtration konditioniert werden. Angestrebt wird ein möglichst hoher Lactoferringehalt. In einem zweiten Prozessschritt soll Lactoferrin mittels magnetischer Adsorbentien aus der konditionierten Molke isoliert und gereinigt werden.

## Ergebnisse

Zu Beginn des Projekts lag der Schwerpunkt auf der Etablierung geeigneter Methoden zur Lactoferrinbestimmung. Hierzu wurde eine RP-HPLC Methode entwickelt, mit der sich die bovinen Molkenproteine Lactoferrin, Lactoperoxidase, Serumalbumin,  $\alpha$ -Lactalbumin und  $\beta$ -Lactoglobulin in Molke quantifizieren lassen. Ergänzend wurde ein kompetitiver ELISA etabliert (siehe Abbildung 1), der bereits geringe Lactoferrin-gehalte ( $< 1 \text{ mg/L}$ ) zuverlässig in unterschiedlichen Matrices detektiert. Die Analyse der Molken verschiedener Hersteller offenbarte starke Schwankungen bezüglich des Proteingehalts und dessen Zusammensetzung. Abhängig von den Prozessbedingungen während der Verarbeitung zu den verschiedensten Milchprodukten, variierte der Lactoferringehalt in den getesteten Sauermolken (=Nebenstrom) zwischen  $0 - 80 \text{ mg/L}$ .

Mittels Cross-flow Filtration lassen sich auch geringe Konzentrationen um den Faktor 20 erhöhen, wodurch eine effiziente Isolierung und Reinigung in den nachfolgenden Prozessschritten ermöglicht wird. Der hierzu eingesetzte Magnetseparator wurde hinsichtlich verfahrenstechnischer Kenngrößen (Flussrate, Verweilzeit, Partikelrückhaltung) charakterisiert und ein geeignetes Adsorbermaterial steht zur Verfügung.

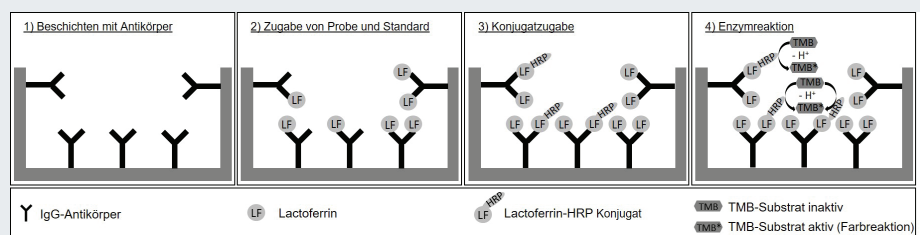


Abbildung 1: Schematische Darstellung des kompetitiven ELISA zur Quantifizierung von Lactoferrin. IgG-Antikörper werden durch hydrophobe Wechselwirkungen auf eine Mikrotiterplatte gebunden (1), anschließend erfolgt die Zugabe der Probe (2). Unbesetzte Bindestellen werden durch das Lactoferrin-HRP Konjugat belegt (3). Es folgt eine enzymatische Farbreaktion (4).

## Verwertung

Das Verfahren soll dazu beitragen die Wertschöpfung der Milchverarbeitung zu steigern und den Rohstoff Milch nachhaltig zu verwerten. Die Nachfrage nach Lactoferrin steigt seit Jahren, weshalb neue Rohstoffquellen, wie z. B. Sauermolke erschlossen werden müssen, indem innovative Verfahren und sequentielle Prozesse erforscht und entwickelt werden. Neben der wissenschaftlichen Verwertung in Form von Beiträgen auf Tagungen und in Fachjournalen, besteht ein Bestreben nach internationalen Schutzrechten.



## Entwicklung innovativer Analysenverfahren zum Nachweis von Molkenproteinen und Etablierung von Biomarkern als Qualitätsparameter bei Molkenprotein angereichertem Schnittkäse (Molkkäse)

### Projektkoordinator

Dr. Dierk Martin  
 Max Rubner Institut (MRI), Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Kiel  
 dierk.martin@mri.bund.de

### Verbundpartner

Universität Hamburg (UHH),  
 Hamburg School of Food Science,  
 Institut für Lebensmittelchemie,  
 Deutsches Milchkontor GmbH (DMK),  
 SGS Germany GmbH (SGS)

## Kurzfassung

### Ziel

Im Rahmen einer nachhaltigen und ressourceneffizienten Käseproduktion sollen entsprechende Herstellungsverfahren zur Implementierung von Molkenproteinen gesetzlich zugelassen werden. Die Voraussetzung hierfür stellt im Sinne des Verbraucherschutzes eine valide Analysenmethode dar, mit der eine Differenzierung von traditionell hergestelltem Käse und mit Molkenprotein angereichertem Käse ermöglicht wird. Der amtlichen Lebensmittelüberwachung in Deutschland kann diese Methode dann zukünftig zur Überprüfung der Kennzeichnung der verschiedenen Produkte dienen und somit zum Schutz der Verbraucher vor Täuschung beitragen.

Nach der Herstellung und Reifung von Molkenprotein angereichertem Schnittkäse im Technikums- (beim Partner MRI) sowie Industriemaßstab (beim Partner DMK), dienen diese Käse der Entwicklung von analytischen Methoden zur Bestimmung des Molkenproteinanteils. Die Kernansätze zur Methodenentwicklung basieren hierbei hauptsächlich auf proteomischen Methoden mittels HPTLC MS und HPLC MS.

### Ergebnisse

Die Laufmittelzusammensetzung zur Trennung der Milchproteine mithilfe der Hochleistungsdünnschichtchromatographie (HPTLC) wurde erfolgreich optimiert. Darüber hinaus wurde eine Proteolyse-Methode adaptiert, die sich für verschiedene Enzyme anwenden lässt. Von sieben getesteten Enzymen zeigten vor allem Asp-N, Lys-C und Trypsin die schärfsten und am besten getrennten Bandenmuster (siehe Abbildung 1).

Neben der eindimensionalen Entwicklung konnte auch die zweidimensionale Trennung von mit Trypsin abgebauten Milchproteinen erfolgreich angewendet werden. Außerdem wurde eine Methode zur Extraktion der Peptide und Proteine aus Käse entwickelt. Mit Hilfe von ZipTips® kann eine schnelle Aufreinigung und Konzentrierung der Analyten aus dem zunächst erstellten Extrakt erfolgen. Des Weiteren wurde als selektives Nachweisverfahren der Molkenproteine und -peptide eine Immunfärbung erfolgreich entwickelt. Die Identifizierung der Peptid- und Proteinbanden soll massenspektrometrisch mithilfe von HPTLC-MALDI-TOF-MS/MS erfolgen, wobei erste Banden bereits analysiert wurden.

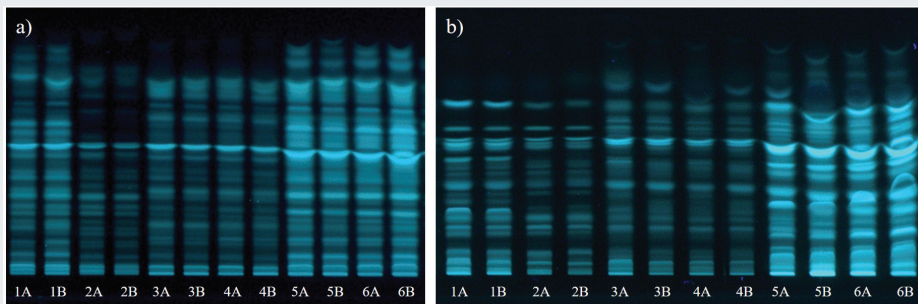


Abbildung 1: Proteolytischer Abbau von Käseproben unterschiedlicher Prozessstufen mit a) Trypsin und b) Asp-N. Verwendete Proben: A: „Standardkäse“, B: Käse mit 30 % hocherhitzter Milch; 1: Kesselmilch, 2: Molke, 3: Käse – vor dem Salzbad, 4: Käse – nach dem Salzbad, 5: Käse – nach 3 Wochen Reifung, 6: Käse – nach 6 Wochen Reifung.

Eine Protein /Peptidextraktionsmethode wurde für die Käsematrix erfolgreich entwickelt. Die ersten Analysen der nativen Molkenproteine mittels HPLC UV ergaben, dass natives  $\alpha$ -Lactalbumin und  $\beta$ -Lactoglobulin im Verlauf der Käsereifung proteolytisch nicht abgebaut werden. Die entsprechenden Gehalte im Standardkäse gegenüber dem Molkenprotein angereicherten Käse sind erwartungsgemäß geringfügig höher. Darüber hinaus deuten die ersten Ergebnisse bei der Entwicklung einer HPLC FLD Methode zur Bestimmung der Gesamtgehalte einzelner Milchproteine, also auch der denaturierten Molkenproteine im Käse darauf hin, dass der Gesamtgehalt an  $\beta$ -Lactoglobulin (denaturiert und nativ) im Reifungsverlauf konstant bleibt. Die Peptidspektren des Standardkäses sowie des Molkenprotein angereicherten Käses nach tryptischem Verdau, HPLC-Auftrennung und massenspektrometrischer Detektion sind vergleichbar (siehe Abbildung 2). Die softwaregestützte Datenauswertung der Peptidspektren mittels Proteome Discoverer™ ergab, dass es jedoch Unterschiede in der Menge bzgl. der aus  $\beta$ -Lactoglobulin gebildeten Peptide gibt.

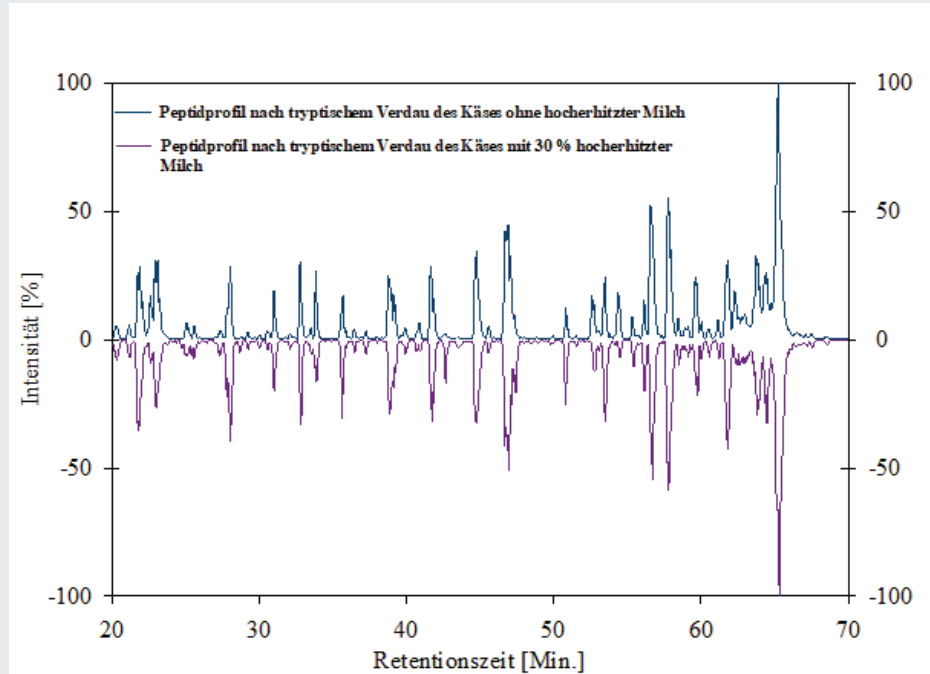


Abbildung 2: LC MS Chromatogramm. Peptidprofile der Käse nach sechs Wochen Reifungszeit, nach Durchführung eines tryptischen Verdau.

### Verwertung

Nach erfolgreicher Ausführung der Forschungsarbeiten können die Verfahren zur Molkenproteinanreicherung für KMU und Großunternehmen der Milchindustrie mit geringen investiven Mitteln und relativ einfachen technologischen Maßnahmen zeitnah umgesetzt werden. Bei Projektende stehen die Ergebnisse aus der Projektforschung der milchverarbeitenden Wirtschaft direkt zur Verfügung. Neue Verfahren oder Produktentwicklungen können dann ggf. patentiert werden. Weiterführende Untersuchungen sowie die Prüfung der Applikation der entwickelten neuen Analysenverfahren an anderen Käsesorten sind denkbar. Hieraus würden sich für die Milchindustrieunternehmen dann auch Innovationen bei anderen Käsesorten ergeben.

## Einsatz von UV/UV-LED-Strahlung zur Reduktion von Mikroorganismen auf Eiern (UVegg)

### Projektkoordinator

Univ.-Prof. Dr. Uwe Rösler  
Freie Universität Berlin, Fachbereich Veterinärmedizin, Institut für  
Tier- und Umwelthygiene, Berlin  
uwe.roesler@fu-berlin.de

### Verbundpartner

Löwendorfer Geflügelhof GmbH  
OSA Opto Light GmbH  
SKS Sondermaschinen- und Fördertechnikvertriebs-GmbH  
Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) - Abt. 4 Biologische Sicherheit  
Fachgruppe 42, Lebensmittelhygiene und – virologie

## Kurzfassung

### Ziel

Die mögliche Kontamination von Konsumeiern mit Zoonoseerregern ist ein großes Problem der Lebensmittelproduktion. Da die UV-C-Strahlung die Fähigkeit besitzt, Mikroorganismen zu inaktivieren, wird diese bereits zur Oberflächenentkeimung ausgewählter Lebensmittel angewendet.

Das Ziel des Projektes „UVegg“ ist die Erarbeitung und Etablierung von Techniken und Verfahren zur praxisreifen und unbedenklichen Anwendung von UV-C-Licht auf Eiern sowie der Nachweis der Effizienz einer UV-C-Behandlung von Konsumeiern zur Reduktion von Mikroorganismen. Dazu wird zunächst ein Versuchsstand im Modellmaßstab entwickelt, mit welchem die Wirkung von konventionellem UV-C mittels Quecksilberdampfampfen und alternativ von neu entwickelten, innovativen UV-C-LED-Strahlern ermittelt und verglichen werden können (siehe Abbildung 1). Neben einem Kontrollbakterienstamm zur Etablierung des Kontaminationsmodells wird das Spektrum an grampositiven und gram-negativen bakteriellen Zoonoseerregern stellvertretend anhand von Extended-Spektrum Beta-Laktamase produzierenden *Escherichia coli* (ESBL; *blaCTX* und *blaTEM*), Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA; spa-Typ t1451 und t011), *Enterococcus faecium*, *Campylobacter jejuni* sowie *Salmonella* Enteritidis und *Salmonella* Typhimurium abgebildet. Auf Grundlage der gewonnenen Ergebnisse wird anschließend eine Evaluation in einer Eisortieranlage in der Praxis durchgeführt.

## Ergebnisse

Der entwickelte Eierbestrahlungs-Versuchsstand (siehe Abbildung 1) konnte seine Eignung für die Evaluierung sowohl der UV-C als auch der UV-C-LED Behandlung unter Beweis stellen.

Für die Schaffung vergleichbarer Ergebnisse wurde ein Versuchsprotokoll etabliert, welches auf einer Oberflächenbeprobung von Eiern durch Tupfer beruht. Die experimentelle Kontamination der Eioberfläche erfolgt mit definierten Bakteriensuspensionen in drei unterschiedlichen Dosen, welche jeweils zusätzlich keine, eine geringe (3 g bovines Serumalbumin (BSA)/Liter) und eine hohe organische Belastung (10 g BSA/L und 10 g Hefeextrakt/L) aufweisen. Dabei wird eine Kontaminations- bzw. Wiederfindungsrate von  $10^2$ ,  $10^4$  und  $10^6$  KbE/cm<sup>2</sup> der eingesetzten Bakterienstämme in den Vorversuchen ohne UV-Exposition sowie keiner organischen Belastung angestrebt, um den Einfluss einer geringen und hohen organischen Belastung auf die Wiederfindungsrate sowie den Effekt von konventionellem UV-C zu UV-C-LED zu analysieren.

Die anvisierten Wiederfindungsraten konnten trotz methodisch bedingter Schwankungen reproduzierbar für alle untersuchten Stämme in den Vorversuchen erreicht werden. Nach experimenteller Kontamination schwanken die Verluste in der Wiederfindung ohne organische Belastung auf der Eioberfläche dabei von 1 Log-Stufe (MRSA) bis zu 3 Log-Stufen (*E. coli* Kontrollstamm). Der Zusatz einer organischen Belastungssubstanz führt tendenziell zu höheren Wiederfindungsraten auf den Eiern.

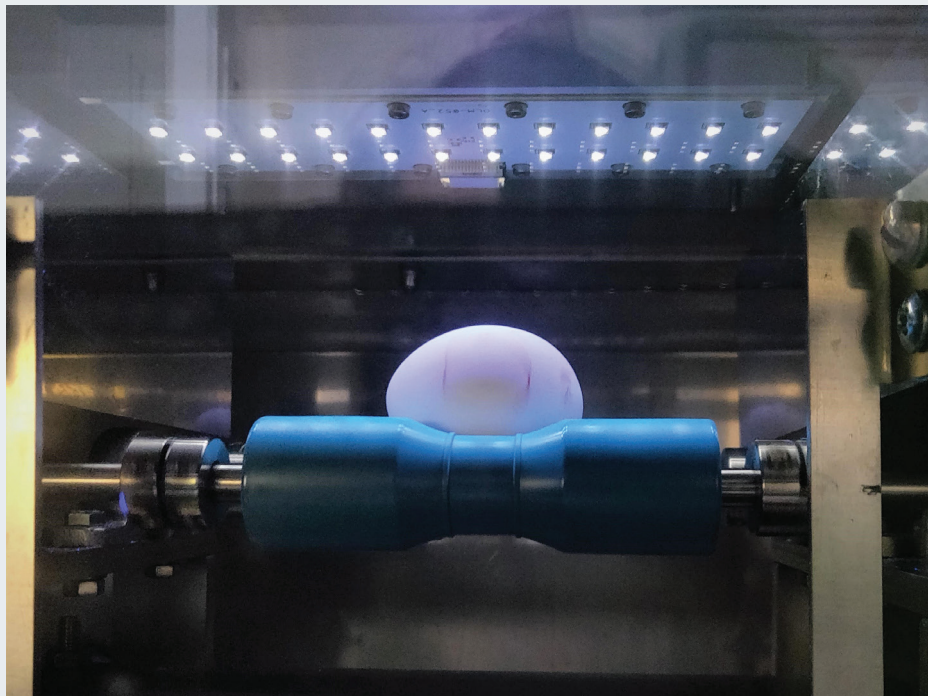


Abbildung 1: Versuchsstand mit UV-C Bestrahlung eines experimentell mit Bakterien kontaminierten Eies mittels LED.

Derzeit wird die Effizienz einer Behandlung mit konventionellem UV-C und vergleichend dazu mit UV-C-LED bei experimentell mit Bakterien kontaminierten Eier vergleichend für alle Bakterien-Stämme untersucht. Der Einsatz von konventionellem UV-C als auch von UV-C-LED führt zu einer signifikanten Reduktion der bakteriellen Last auf der Eioberfläche. Die Reduktionen sind dabei jedoch sowohl stammspezifisch, als auch abhängig von der eingesetzten Dosis und Belastungssubstanz.

### **Verwertung**

Die Bestrahlung mit UV-C durch LED-Technik soll deutschlandweit eine verbesserte mikrobiologische Sicherheit des Lebensmittels „Ei“ ermöglichen. Das im Rahmen des Verbundprojekts entwickelte UV-C-LED-System wurde nach den Parametern von realen Praxisbedingungen konzipiert, sodass es sehr einfach in den Betriebsablauf bestehender Eierpackstellen implementierbar ist. Die aktuell mit Ausnahmeregelung bereits eingesetzten Bestrahlungsanlagen mit umweltschädlichen und wenig energieeffizienten Quecksilberdampflampen in den Betrieben sollen außerdem durch die innovative und umweltverträgliche LED-Technik ersetzt werden.

## Energieeffiziente und produktschonende Erhitzungs- und Trocknungsverfahren für Lebensmittel durch Einsatz neuartiger Mikrowellentechnologie (NEWWAVE)

### Projektkoordinator

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Kulozik  
Technische Universität München, Lehrstuhl für Lebensmittel- und Bio-Prozesstechnik (LMBPT) Freising  
ulrich.kulozik@tum.de

### Verbundpartner

Fricke und Mallah Microwave Technology GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

NEWWAVE verfolgt das Ziel die Qualität, Sicherheit und Haltbarkeit von mikrowellenerhitzten Lebensmitteln unter Vermeidung von Hot und Cold Spots zu steigern. Weitere Ziele von NEWWAVE sind die Beschleunigung von Vakuum- und Gefriertrocknungsverfahren für Lebensmittel und mikrobielle Starterkulturen, sowie die Verbesserung deren Energieeffizienz, der Qualität der getrockneten Lebensmittel und Starterkulturen, insbesondere deren Wertstoffgehalt.

### Ergebnisse

Die größte Herausforderung bei der Wärmebehandlung von Lebensmitteln unter Verwendung der herkömmlichen Mikrowellensysteme mit Magnetronen ist die Inhomogenität der Temperaturverteilung im Erwärmungsgut. Im Rahmen von NEWWAVE wurden daher in einer Studie ein neuartiges halbleiterbasiertes Mikrowellensystem mit einem herkömmlichen magnetronbasierten Mikrowellensystem verglichen. Für die Wärmebehandlungsversuche wurden Gellan-Gel-Quader verwendet, die Maillard-Reaktionssubstrate als Modellnahrungsmittelprobe enthalten. Um beide Systeme zu bewerten, wurden Proben an verschiedenen Positionen des Drehtellers in beiden Mikrowellenkammern mit und ohne Drehung des Drehtellers und bei unterschiedlichen Mikrowellenleistungsniveaus untersucht. Um die Gleichmäßigkeit der Mikrowellenerwärmung zu untersuchen, wurden faseroptische Temperatursensoren für die Temperaturmessung verwendet. Die Ergebnisse der Temperaturmessung wurden mit der durch die Maillard-Reaktion induzierten braunen Farbbildung innerhalb der Proben verglichen. Die Ergebnisse zeigen gleichmäßigere und homogenere Farbänderungen und Erwärmungsmuster von Proben, die im halbleiterbasierten Mikrowellensystem verarbeitet wurden. Die Studie wurde in der Arbeitsgruppe des Projektkoordinators am LMBPT von Frau Dr. Somayeh Taghian Dinani und Herrn M.Sc. Peter Kubbutat durchgeführt und

in der Zeitschrift „Innovative Food Science and Emerging Technologies“ veröffentlicht (<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102376>). Eine auf Basis der Ergebnisse vom Verbundpartner Fricke und Mallah Microwave Technology GmbH aufgebaute Technikumsanlage wird dem LMBPT ab Herbst 2020 für weitergehende Untersuchungen zur Verfügung stehen.

### **Verwertung**

Neben der oben genannten wissenschaftlichen Verwertung der Projektergebnisse, ist die im Projekt NEWWAVE entwickelte Technologie bereits im Kundenumfeld des Spezialisten für Sonderanlagenbau mit Mikrowellentechnologie auf großes Interesse gestoßen. Nach Abschluss des Projektes wird die halbleiterbasierte Mikrowellen-Gefriertrocknungstechnologie in das Produktportfolio der Fricke und Mallah Microwave Technology GmbH übergehen. Die Markteinführung und die weltweite Vermarktung sind derzeit in Vorbereitung.



## Sensorbasierte Überwachung des Reinigungsbedarfs und des Reinigungsergebnisses in geschlossenen Systemen (SensoRein)

### Projektkoordinator

Dr.-Ing. Wolfgang Augustin  
Technische Universität Braunschweig, Braunschweig  
w.augustin@tu-braunschweig.de

### Verbundpartner

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eingetragener Verein (Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Institut für Physikalische Messtechnik, Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung),  
Fachverband Nahrungsmittelmaschinen und Verpackungsmaschinen des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (vertritt ein Industriekonsortium aus 25 Firmen)

### Projekthomepage

<https://www.tu-braunschweig.de/sensorein>

## Kurzfassung

### Ziel

Die Anlagenreinigung ist eine Grundvoraussetzung für eine hygienisch sichere Lebensmittelproduktion. Reinigungsprozesse laufen in der Lebensmittelindustrie in vielen Bereichen im CIP-Verfahren ab. Die Anforderungen an die Anlagenreinigung steigen aufgrund der aktuellen Marktentwicklung. Die wichtigsten Gründe dafür sind:

- » Trend zu längeren Produktionszeiten verstärkt das Hygienierisiko bei unzureichender Reinigung, bei gleichzeitig höheren Anforderungen an die Reinigung infolge erhöhter Belastung der Anlagen mit Ablagerungen und Anhaftungen.
- » Trend zu größerer Produktvielfalt und damit kleineren Losgrößen erhöht die Reinigungshäufigkeit bei gleichzeitig sinkender Toleranz gegenüber Verschleppungen von Produktresten in nachfolgende Chargen.
- » Trend zu Frischprodukten bei gleichzeitig steigenden Anforderungen an die Haltbarkeit beim Vertrieb in der Kühlkette.

Stand der Technik sind festgelegte Reinigungsprozeduren, die nicht an den tatsächlichen Reinigungsbedarf und -verlauf angepasst sind, da sie nicht inline validiert werden können. Um auch Worst-Case-Szenarien abzudecken, enthalten diese Sicherheitszuschläge,

die zu einem erhöhten Verbrauch von Reinigungsmedien, Wasser und Energie sowie verlängerten Reinigungszeiten führen.

Das Verbundprojekt zielt darauf, Sensoren und Messstrategien zu entwickeln, die eine sensorbasierte Überwachung des Reinigungsbedarfs und -ergebnisses in geschlossenen Systemen ermöglichen, um damit die Voraussetzung für eine am Reinigungsbedarf und -verlauf orientierte Reinigung zu schaffen. Im Erfolgsfall werden kürzere Reinigungszeiten bei verringertem Einsatz von Energie und Reinigungsmedien und erhöhter Sicherheit bzgl. des Reinigungserfolgs ermöglicht.

### Ergebnisse

Für die Validierung der Sensoren wurde die Technikumsanlage konzeptioniert, gebaut und in Betrieb genommen (siehe Abbildung 1). Drei Modellverschmutzungen (Milchprotein + Mineralien, Stärke, Tomatenmark) wurden ausgewählt, welche in dünnen Schichten abgeschieden und charakterisiert werden konnten. Die Prozessparameter für die Validierung wurden mit den Industriepartnern festgelegt. Ausgewählte Oberflächenbeschichtungen konnten auf glatten sowie strukturierten Substraten abgeschieden und bezüglich ihrer Materialeigenschaften charakterisiert werden. Die grundsätzliche Eignung der betrachteten Sensortechnologien konnte im Labormaßstab erfolgreich nachgewiesen werden:

- » Mit dem *Dickenschwinger* konnte die Abreinigung einer Modellverschmutzung verfolgt werden. Weiterhin konnte die Herausforderung des Druckausgleichs konstruktiv gelöst werden.
- » Die *Fluoreszenzoptische Sonde* liegt ebenfalls ein funktionsfähiger Prototyp vor und wurde erfolgreich an mehreren Modellverschmutzungen getestet.
- » Die *Plasmaspektroskopische Messung* wurde erfolgreich an die Messung in wässrigen Systemen angepasst. Das benötigte Plasma konnte erzeugt und optisch erfasst und analysiert werden.



Abbildung 1: Technikumsanlage.

### Verwertung

Mit den angestrebten Forschungsergebnissen verbessert sich deutlich das Verständnis sensorüberwachter Reinigungsprozesse, was ein erhebliches Potential zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von deutschen Unternehmen auf der ganzen Prozesskette hat, die sich auch im Industriekonsortium abbildet. Es besteht ein erklärter Konsens, die Sensorentwicklung so weit voran zu treiben, dass ein Einsatz in Produktionsanlagen möglich wird. Hierzu werden Anwendungsfälle ausgewählt, die für weite Teile der Lebensmittelindustrie relevant sind. Die Technikumsanlage als Demonstrator unterstützt die Entwicklung der Messverfahren zur Marktfähigkeit. Wesentliche Aspekte für potentielle Kunden werden die Skalierbarkeit und die Ökonomie auf unterschiedlichen Skalen sein. Weitere Wissensfelder ergeben sich aus dem Verfahrenskonzept zur Integration der Sensortechnik in den realen Prozess. Der methodische Ansatz ist auf die Bereiche Umwelttechnik, Chemie und Biotechnik übertragbar.

## Vernetzung bioeffizienter physikalischer Detektions- und Prozessierungsmodule zur nachhaltigen Reinigung und Desinfektion in der Lebensmittelproduktionskette (PROMONA)

### Projektkoordinator

Dr.-Ing. habil. Oliver Schlüter  
Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam  
oschlueter@atb-potsdam.de

### Verbundpartner

Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e. V.  
Silicann Systems GmbH, Walter Gerätebau GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Die Lebensmittelindustrie als eine der umsatzstärksten Branchen in Deutschland und Treiber von Innovationen verzeichnet einen anhaltenden Bedarf an Lösungen zur bestmöglichen Gewährleistung der mikrobiologischen Produktsicherheit für die Verbrauchenden sowie zur Vermeidung von image- und umsatzmindernden Hygienedefiziten. Im Rahmen der vorgesehenen Projektarbeit soll die potenzielle Anwendung von spektraloptischen Kontaminationserfassungsmethoden mit einer maßgeschneiderten Einflussnahme durch Nutzung der Plasmatechnologie exemplarisch für verschiedene Produktionswege im Lebensmittelbereich (frische pflanzliche und tierische Produkte) gekoppelt werden, so dass im Sinne einer nachhaltigen Produktion die Prozesstechnologien optimal für die Realisierung von effizienten Energie- und Stoffkreisläufen ausgelegt werden können. Falls auf ausgewählten Lebensmittelkontaktflächen (z. B. Transportbänder) ein vorher festgelegter kritischer Verschmutzungsgrad mittels optischer Detektion (Farbsensorik und/oder Fluoreszenzspektroskopie) erfasst wird, soll unmittelbar die Reinigung mittels plasma-prozessiertem Wasser ausgelöst werden, so dass eine maßgeschneiderte Hygienisierung „on demand“ realisiert werden kann.

### Ergebnisse

Es wurde ein geeignetes Silikonbandmaterial für die Versuche gewählt, da es sowohl eine geringe Eigenfluoreszenz und damit keine störenden Hintergrundsignale, als auch eine gute Resistenz (keine Verfärbung oder Materialveränderung) gegen Veränderungen durch den Einsatz der Plasmatechnologie aufweist. Als Alternativbandmaterial und zur Überprüfung der Übertragbarkeit der Ergebnisse wurde ein PVC-Band verwendet.

Die Lebensmittelprodukte (Apfel und Hackfleisch) wurden im Fluoreszenzspektrometer vermessen, um geeignete spektrale Anregungs- und Emissionsbereiche zu

ermitteln. Hierbei wurden beim Apfel u.a. neben der aromatischen Aminosäure Tryptophan ( $\lambda_{ex}=290\text{ nm}$ ,  $\lambda_{em}=370\text{ nm}$ ) auch Vitamin B2 ( $\lambda_{ex}=440\text{ nm}$ ,  $\lambda_{em}=520\text{ nm}$ ) und Chlorophyll ( $\lambda_{ex}=420\text{ nm}$ ,  $\lambda_{em}=680\text{ nm}$ ) als fluoreszierende Inhaltstoffe identifiziert. Beim Hackfleisch zeigten sich ebenfalls Tryptophan ( $\lambda_{ex}=290\text{ nm}$ ,  $\lambda_{em}=350\text{ nm}$ ) sowie Flavine ( $\lambda_{ex}=440\text{ nm}$ ,  $\lambda_{em}=480\text{ nm}$ ) und NADH ( $\lambda_{ex}=340\text{ nm}$ ,  $\lambda_{em}=460\text{ nm}$ ) als deutlich detektierbar, wobei Flavine und NADH auch von Bakterien gebildet werden können und somit als Indikatoren für eine mikrobielle Kontamination dienen können. Verschiedene Verschmutzungsszenarien auf den unterschiedlichen Förderbändern wurden mit Farbsensorik in unterschiedlichen Farbräumen angelernt. Hiermit sollen bekannte und unbekannte Kontaminationen kategorisiert werden, um sie später schnell und zielgenau unterscheiden zu können.

Eine Förderbandreinigung mit plasma-prozessiertem Leitungswasser (PPW) zählt zu den indirekten plasma-basierten Dekontaminationen. Die Herstellung des PPW erfolgt in zwei räumlich getrennten Schritten. Der erste Schritt dient der Erzeugung von plasma-prozessierter Umgebungsluft (PPA), wobei Druckluft über eine Plasmafackel geführt wird. Durch diesen Schritt entstehen bei mikrowellen-angeregtem Plasma vor allem Stickoxide, die in einem zweiten Schritt, der PPW-Erzeugung, in Leitungswasser zu Salpetersäure und salpetriger Säure reagieren. Die Lösung wird mittels Düsen auf dem Förderband versprüht und führt somit zu der gewünschten Ablösung der Kontaminaten bei gleichzeitiger Inaktivierung von Mikroorganismen.

### **Verwertung**

Die Reinigungsanlage sowie die grundlegenden Prinzipien sollen als finalisiertes Produkt Eingang in das Portfolio der Walter Gerätebau GmbH finden. Für Silicann Systems GmbH entsteht ein optisches Detektionssystem zur Bestimmung von Verschmutzungsgraden, welches Walter Gerätebau zur Verfügung gestellt werden kann. Hinsichtlich des erforderlichen know hows werden die Firmen durch das ATB und das INP unterstützt, z. B. wird der Einsatz der Plasmatechnologie über das INP und seine Zulieferer gewährleistet.



**Kaskadierte und flexible Nutzung von thermischer Energie in milchverarbeitenden Betrieben mit Schwerpunkt auf die Steigerung der Energieeffizienz von Reinigungssystemen (BlueMilk)**

**Projektkoordinator**

Prof. Dr.-Ing. Uwe Holzhammer  
Technische Hochschule Ingolstadt, Institut für neue Energie-Systeme,  
Ingolstadt  
uwe.holzhammer@thi.de

**Verbundpartner**

Zott SE & Co. KG  
Andechser Molkerei Scheitz GmbH  
Lemmermeyer GmbH & Co. KG  
AGO AG Energie+Anlagen

## Kurzfassung

### Ziel

Um die nationale CO<sub>2</sub>-Neutralität bis 2050 zu erreichen, gilt es Energie einzusparen und die Energienachfrage in Phasen mit geringen erneuerbaren Energien (EE)-Anteilen im Versorgungssystem niedrig zu halten. Dies kann durch eine Optimierung der Effizienz und Flexibilität entlang der gesamten energetischen Versorgungskette mittels Systemeffizienz (SE)-Maßnahmen entsprechend umgesetzt werden. Gesamtziel des Forschungsprojektes ist es die Unternehmen der milchverarbeitenden Industrie auf die Energiewende vorzubereiten, so dass sie gestärkt aus dem Veränderungsprozess hervorwachsen.

### Ergebnisse

Die SE-Potentiale bestehen bei Molkereien im Wesentlichen in den Bereichen Kühlung, Reinigung und Prozesswärmeversorgung. Zur Realisierung kann auf die Optionen Kompressionskälte, Wärmepumpe und BHKW zurückgegriffen und deren optimales Zusammenspiel erarbeitet werden.

Tabelle 1: Integration von Flexibilitäts Optionen und Sektorkopplungsansätze in Molkereien.

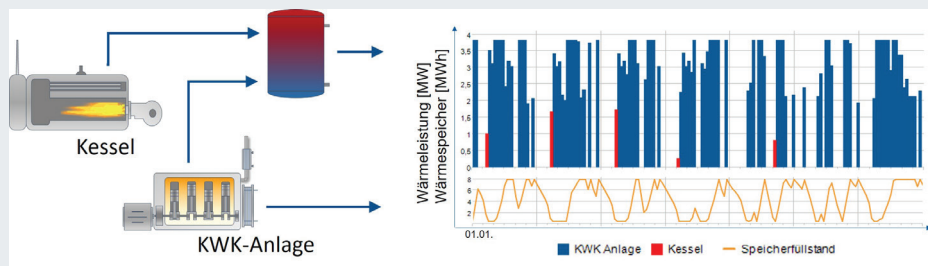
Flexibilitäts Option	Sektorkopplungsansatz	Potenzial bei den Molkereien
Kompressionskälteanlage	„Power2Cool“	Kälteerzeugung bei hohem EE-Anteil im allgemeinen Versorgungssystem und Ausnutzung der Speicherkapazitäten von Kühllagern
Wärmepumpe	„Power2Heat“	Temperaturniveau der ungenutzten Abwärme in Reinigungsanlagen bei hohem EE-Anteil im allgemeinen Versorgungssystem erhöhen
Blockheizkraftwerke (BHKW)	Intelligente Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	Effiziente Erzeugung und intelligenter Einspeisung ins allgemeine Versorgungssystem bei niedrigem EE-Anteil unter Berücksichtigung des Prozesswärmebedarfs

Eine flexibel betriebene Kompressionskälteanlage nutzt Strom in Zeiten von hohem EE-Anteilen im Versorgungssystem zur Kälteerzeugung im „Power2Cool“-Ansatz. Diese kann in Kühllagern unter Verringerung der unteren Kühltemperatur zwischengespeichert werden. Der Kältepuffer dient zur Überbrückung von EE-Flauten.

Das Potential für Wärmepumpen liegt u. a. in der Effizienzsteigerung von Reinigungsanlagen. Die Wärmepumpe bringt Wärmeströme auf ein höheres Temperaturniveau und macht somit Prozessabwärme nutzbar. Für den „Power2Heat“-Ansatz kann Strom mit hohem EE-Anteil aus dem Versorgungssystem genutzt werden.

BHKW können flexibel und intelligent bezogen auf die CO<sub>2</sub>-Minderung agieren. Durch diese Betriebsweise kann KWK Residualleistung und Prozesswärme bei geringer EE-Stromproduktion bereitstellen.

Abbildung 1: Beispiel für Energiebereitstellungskonzept (links) und systemeffizienten Fahrplan zur Energiebereitstellung mit einer KWK-Anlage (rechts).



lung mit einer KWK-Anlage (rechts).

Eine Simulation zur Energieversorgung eines mittelständischen Molkereibetriebes (siehe Abbildung 1) durch ein BHKW mit einem Gesamtjahresverbrauch von 15 GWh Wärme und 10 GWh Strom vergleicht die Szenarien der Eigenversorgung mit Strom und der flexiblen öffentlichen Stromeinspeisung. Die Energiekosten für die Eigenversorgung (Referenz: BHKW mit 1 MW elektrischer Leistung) belaufen sich auf ca. 1,3 Mio. Euro.

Für einen flexiblen Betrieb und Einspeisung ins öffentliche Netz und eine höhere Nutzung der zeitlich versetzt erzeugten Wärme sind Investitionen in Form erhöhter BHKW-Leistung und Wärmespeicher notwendig. Ein Konzept aus einem BHKW mit 3,3 MW elektrischer Leistung und einem Wärmespeicher mit 8 MWh Kapazität besitzt Energiekosten vergleichbar zur Referenz. Die zusätzlichen Investitionen machen einen flexiblen Betrieb unwirtschaftlicher ggü. der Eigenversorgung.

Nimmt man an, dass die zukünftigen Rahmenbedingungen stärker auf die Veränderung der Energiewende eingehen, kann sich ein flexibler BHKW-Betrieb als ökonomisch darstellen. Die Einführung einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung, stärkere Strompreisschwankungen in Folge steigender EE-Strom-Anteile und verstärkte öffentliche Förderung der flexiblen Bereitstellung von Residualleistung sind Indikatoren für diese Entwicklung.

Um den Energiebedarf für Reinigungen niedrig zu halten, werden die Reinigungsmedien teilweise in die Tanks zurückgeleitet. Während der Reinigung gibt das Medium Wärme an die zu reinigende Anlage ab. Bei Spülen mit Frischwasser wird die Anlage stark abgekühlt und verursacht einen hohen Wärmeverlust.

Daraus leitet sich ab, dass Frischwasser erwärmt werden sollte, bevor es durch die zu reinigende Anlage geleitet wird. Dadurch wird die Abkühlung der zu reinigenden Anlage geringgehalten und verursacht eine geringere Abkühlung der Hochtemperatur-Medien. Die Erwärmung des Frischwassers kann mit einer Wärmepumpe geschehen, welche Abwärmeströme nutzt.

### **Verwertung**

Die erarbeiteten Ergebnisse werden auf drei Expertenworkshops mit der Branche diskutiert. Ergänzend werden wissenschaftliche Beiträge zur Bewertung der Systemeffizienz von Technologien veröffentlicht. Die Arbeiten dienen dazu die Potentiale der Effizienzsteigerung, THG-Minderung und Kostensenkung für die Projektpartner zu erkennen und aufzuzeigen.



## Anpassung mikrobiologischer Qualitätsbestimmung bei Rohmilch an moderne Produktionsbedingungen durch Entwicklung und Integration innovativer Schnellmethoden (NextMilQ)

### Projektkoordinator

Dr. Christina Böhnlein & Prof. Dr. Charles M.A.P. Franz  
Max Rubner-Institut, Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, Kiel  
christina.boehnlein@mri.bund.de

### Verbundpartner

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Mikrobielle Ökologie  
Institute for Food & Health Weihenstephan  
sifin diagnostics gmbh  
Milchprüfring Baden-Württemberg e.V.  
BIOTECON Diagnostics GmbH  
Bentley Instruments Inc.

## Kurzfassung

### Ziel

Ziel des Verbundprojekts „NextMilQ“ ist es, die mikrobiologische Qualitätskontrolle von Rohmilch zu erweitern und an die in Deutschland herrschenden aktuellen Produktionsbedingungen anzupassen. Hierfür werden innovative Schnellverfahren zum differenzierten Nachweis von Verderbserregern, Hygieneindikatoren sowie Mastitiserregern für praktikable Anwendungen in der Praxis entwickelt und validiert. Zudem wird über Hochdurchsatzsequenzierung der Status quo von Rohmilchmikrobiota von Erzeugerhöfen deutschlandweit erfasst, um Kriterien für die Qualitätseinstufung der Milch anhand der neu erfassbaren Qualitätsparameter zu entwickeln und die determinierenden Faktoren für die Zusammensetzung der Mikrobiota bestimmt. Dabei werden Einflussfaktoren unter Herausarbeitung einer saisonalen Abhängigkeit der relevanten Verderbsflora, Indikatorkeime für Hygiene und Mastitiserreger von konventionellen und ökologischen Erzeugerhöfen in Nord- und Süddeutschland analysiert.

Das verwendete Methodenspektrum umfasst eine Vielzahl innovativer Techniken in Form von immunbasierten, molekularbiologischen und kulturellen Schnellnachweisemethoden, die teilweise mit schon vorhandenen durchflusszytometrischen Methoden zur Bestimmung der Milchqualität kombiniert werden.

## Ergebnisse

Aus allen Rohmilchproben wird die bakterielle DNA durch ein optimiertes Protokoll extrahiert und mittels *next-generation-sequencing* (NGS) der 16S-rRNA Gene analysiert (siehe Abbildung 1). Die Mikrobiomdaten der ersten 282 süddeutschen Rohmilchproben wurden in Hinblick auf die quantitative Verteilung einzelner Keimgruppen untersucht, um den Status quo der Zusammensetzung abzubilden. Für jede Probe wurde die sequenzierte, relative Abundanz aller Gattungen mit den absoluten Zellzahlen des BactoCount™ verrechnet. Die größte Streubreite wurde für *Pseudomonas* spp. und *Acinetobacter* spp. ermittelt, deren Keimzahlen von  $<10$  bis  $>10^7$  Zellen/ml lagen. Im Median hohe Werte wiesen mit ca.  $10^4$  Zellen/ml *Corynebacterium* spp. auf, die zur originären Euterflora zählen. Insgesamt eine breite Streuung ( $<10^2$  bis  $>10^6$  Zellen/ml) wurde bisher auch für die Streptokokken ermittelt, die bei der konventionellen Milch im Schnitt etwas stärker vertreten waren als die Staphylokokken. Mit einem Median von  $<100$  Zellen/ml zeigten die Enterobakterien weitestgehend geringe Keimzahlen.

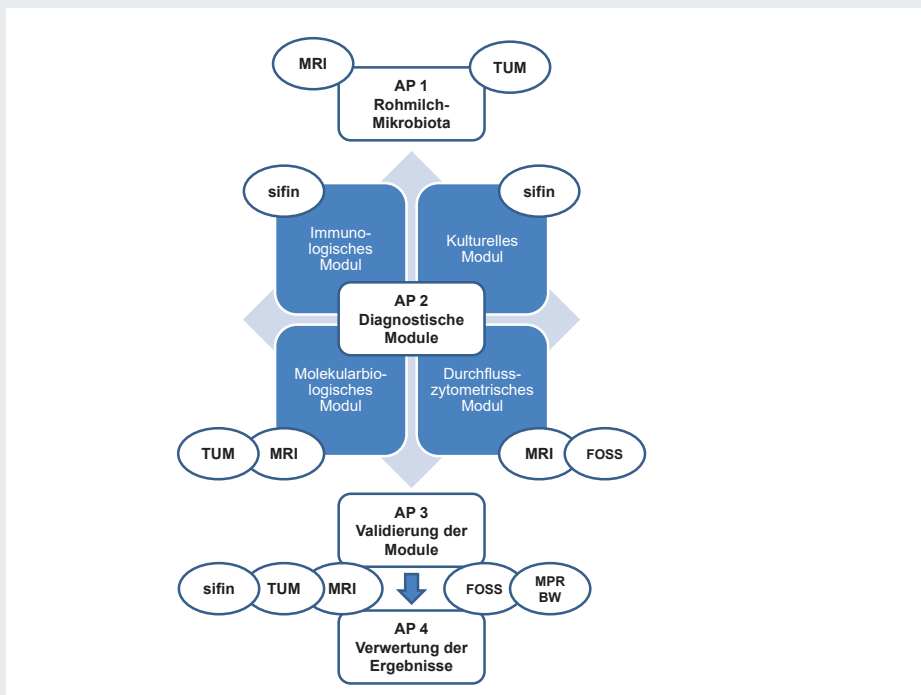


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Arbeitsschritte zur Analyse des Rohmilchmikrobioms.

Bei der Entwicklung der diagnostischen Module diente ein Cocktail aus fünf für die Rohmilchqualität relevanten Vertretern der Gattung *Pseudomonas* als Antigen bei der Immunisierung von Mäusen. Nach positiver Testung der Mausseren und anschließender Fusion konnten unabhängige Zelllinien etabliert werden, die entweder gattungsspezifische Antikörper oder speziesspezifische Antikörper gegen *P. proteolytica* produzieren. Positive Tests im ELISA Format ließen sich teilweise bereits in der Durchflusszytometrie

dotierter Milchproben bestätigen. Hierfür wurde ein Protokoll für die Zellkultur, die Aufreinigung der Antikörper und ihre Konjugation mit verschiedenen Fluoreszenzfarbstoffen entwickelt.

Im Projektverlauf konnte die Rezeptur für ein Agar-Medium entwickelt werden, das den Mastitis-Erregern *Streptococcus uberis*, *S. agalactiae* und *S. dysgalactiae* optimale Wachstumsbedingungen bietet. Aufgrund der Kenntnis über definierte Enzymaktivitäten der Spezies ist es darüber hinaus gelungen, durch charakteristische Koloniefärbung eine optische Differenzierung untereinander zu erzielen.

## Verwertung

Die Ergebnisse des Verbundprojektes ermöglichen eine Umsetzung auf unterschiedlichen Ebenen der Milchproduktion mit unterschiedlichem Zeithorizont. Bereits kurzfristig umsetzbar bieten sie sowohl eine Datenbasis für die Planung effektiver Qualitätskontrollen als auch die dafür notwendigen diagnostischen Tools und Kriterien für die Qualitätseinstufung (siehe Abbildung 2).

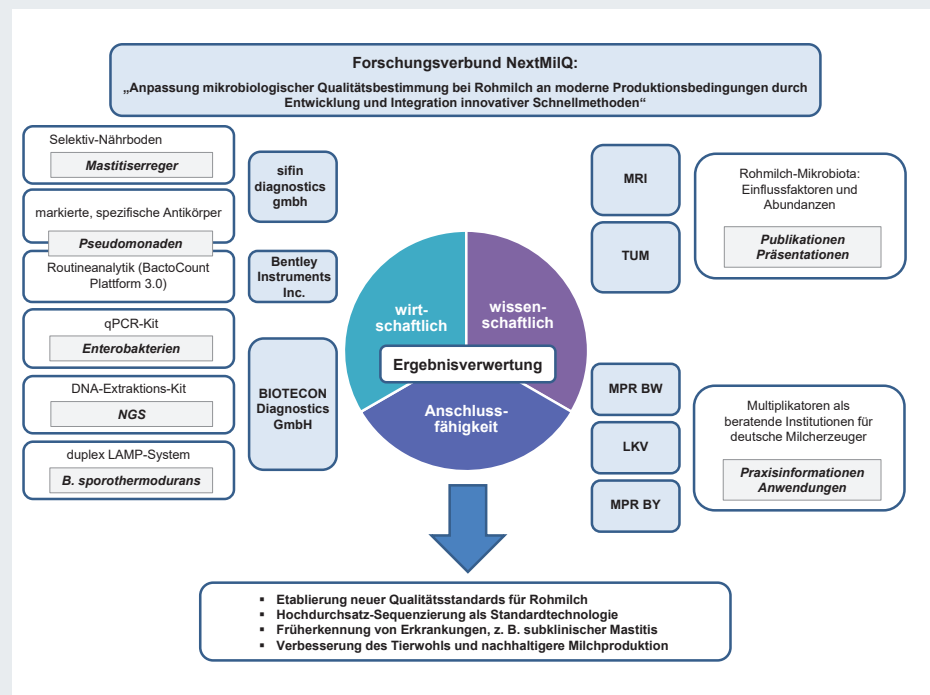


Abbildung 2: Schematische Darstellung der geplanten Ergebnisverwertung für das Verbundprojekt NextMilQ.

# Sektion 8: Monitoring & Klimaanpassung in der Pflanzenproduktion



OptAKlim

**Optimierung von Anbaustrategien und -verfahren zur Klimaanpassung – Analyse und Bewertung auf Landschaftsebene unter besonderer Berücksichtigung von Interaktionen mit dem Pflanzenschutz, der Produktivität, der Fruchtartenverteilungen und den THG-Emissionen (OptAKlim)**

#### **Projektkoordinator**

Dr. Sandra Krengel-Horney  
Julius Kühn-Institut, Kleinmachnow  
sandra.krengel-horney@julius-kuehn.de

#### **Verbundpartner**

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) e.V.  
Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU)  
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.  
Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt (IGLU)

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Ziel des Projekts „OptAKlim“ ist die Weiterentwicklung von Anbaustrategien und -verfahren zur Vermeidung von THG-Emissionen und zur Klimaanpassung in der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der sich im Klimawandel verändernden Pflanzenschutzverfahren, Produktivität der Anbauverfahren und Fruchtartenverteilungen. Grundlage ist eine integrative Analyse und Bewertung der Wirkungen verschiedener Anbaustrategien und -verfahren auf Landschaftsebene. Die Anpassungsmaßnahmen werden in regionale Standardanbausysteme integriert und vor dem Hintergrund regionaler Klimaszenarien sowie hinsichtlich verschiedener Pflanzenschutzszenarien analysiert. Besonderes Augenmerk wird bei der Weiterentwicklung der Anbauverfahren auf deren Trade-offs mit Umweltzielen und auf Interaktionen auf der Landschaftsebene gelegt. Die

Projektergebnisse werden über ein internetbasiertes Informations- und Beratungstool bereitgestellt.

### Ergebnisse

Für die drei Modellregionen Nord, Ost und Südwest werden jeweils drei denkbare Klimaanpassungsstrategien und eine Mitigationsstrategie untersucht, welche auf Regionalworkshops sowie durch Datenanalysen und Literaturrecherchen erarbeitet wurden. Basis der Klimaszenarien sind 17 CORDEX-Modellketten in einer räumlichen Auflösung von etwa 12,5 km, die mit einem am PIK entwickelten Verfahren auf Basis von Rasterdaten des Deutschen Wetterdienstes bias-adjustiert wurden. Zwei Intensitäten des zukünftigen Klimawandels sind darin durch Perioden um die Referenzjahre 2040 und 2060 im RCP8.5-Szenario definiert. Es erfolgte eine Ertragsmodellierung für zehn der wichtigsten Kulturarten der Regionen und deren relative Vorzüglichkeit im Klimawandel. Für die Ermittlung des „Ist-Zustand“ der Landbewirtschaftung in den Regionen wurden, unter Verwendung von statistischen Verfahren, Kulturartenverteilungen je Region durchgeführt. Die Anbacluster wurden mit detaillierten regionalen Standardanbausystemen für die Hauptkulturarten untersetzt. Die aktuellen Arbeiten konzentrieren sich auf die Integration der jeweiligen Anpassungsmaßnahmen in diese regionalen Standardanbausysteme. Des Weiteren laufen derzeit folgende Arbeitsschritte:

- » Definition repräsentativer Pflanzenschutz-Applikationsmuster für drei Behandlungsintensitätsstufen je Region und Kultur
- » Ableitung und Bewertung zukünftiger Applikationsmuster unter Berücksichtigung von pflanzenbaulichen Anpassungsmaßnahmen, Schaderregern und sonstigen Rahmenbedingungen (technische und potentielle politische/rechtliche Einschränkungen)
- » Analyse der Trade-offs der Anpassungsverfahren mit anderen Handlungsfeldern (z. B. THG-Emission, Bodenschutz, Gewässerschutz) mit Ökosystemmodellen und Risikoindikatormodell SYNOPS
- » ökonomische Bewertung der Standardanbausysteme und Klimaanpassungs- und Mitigationsstrategien je Region hinsichtlich betriebswirtschaftlicher Kenngrößen (bzgl. Kosten und Leistungen der weiterentwickelten Anbauverfahren, erforderlichen Feldarbeitstagen, Arbeitsspitzenverteilungen)

Daran anschließend erfolgt mit Hilfe von Indikatoren eine multikriterielle Analyse der Konsequenzen dieser Anpassungsverfahren für die betrachteten Handlungsfelder der landwirtschaftlichen Betriebe (z. B. Klimaschutz, Bodenschutz, Umweltschutz, Ökonomie).

### **Verwertung**

Die Projektergebnisse sollen den Anpassungsprozess in der deutschen Landwirtschaft unterstützen und dazu beitragen, mögliche Konsequenzen und Chancen der betrachteten Anpassungsstrategien an den Klimawandel umfassender als bisher bewerten zu können. Optimierte Anpassungsmöglichkeiten können die Wettbewerbsfähigkeit der Agrarwirtschaft stärken und gleichzeitig zu einer verbesserten Erbringung von Ökosystemdienstleistungen, darunter auch zu einer Minderung von Treibhausgasemissionen, führen.



### Entwicklung von Indikatoren zur Bewertung der Ertragsfähigkeit, Nutzungsintensität und Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Böden in Deutschland (SOIL-DE)

#### Projektkoordinator

Dr. Heike Gerighausen

Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung, Braunschweig

Heike.Gerighausen@julius-kuehn.de

#### Verbundpartner

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Universität Osnabrück

EOMAP GmbH & Co. KG

Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz (MISB)

terrasys.info

## Kurzfassung

### Ziel

Im Vorhaben SOIL-DE werden Indikatoren zur Bewertung der Ertragsfähigkeit, Nutzungsintensität und Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Böden in Deutschland entwickelt. Auf der Grundlage von Basisdaten (z.B. Geländemodelle, Bodenkarten, Klima- und Wetterdaten), Daten der LUCAS-Erhebung, historischen LANDSAT-Satellitendaten, sowie aktuellen Satellitendaten des Copernicus-Programms sollen Bodenqualität und -wertigkeit aktuell und rückblickend abgeschätzt werden. Weiterhin soll flächenhafter Bodenverlust quantifiziert und Risikogebiete mit hohem Ertragspotential und hohem Flächenverlust identifiziert werden. Ein Webviewer wird den Zugriff auf die Daten gewährleisten.

### Ergebnisse

Für die Bewertung der Funktionalität, Nutzungsintensität und Vulnerabilität der Böden wurde eine Vielzahl an Indikatoren und Bodenfunktionen berechnet. Darunter sind das biotische Ertragspotential, Erosionswiderstandfunktion, Abflussregulationsfunktion, Filterfunktionen und das Müncheberg Soil Quality Rating (SQR). Die Anwendung der unterschiedlicheren Funktionen des Landschaftshaushaltes erfolgte zunächst bundes-

weit auf Basis der Bodenübersichtskarte Deutschlands (BÜK1000, Abbildung 1). Zusätzlich zu den Bodendaten der BÜK1000 wurden langjährige Klimadaten des DWD und das digitale Geländemodell Deutschlands hinzugezogen. Die Anwendung der Bewertungsmethoden auf die Bodenübersichtskarte BÜK200 wird erfolgen. Der Grafikdatensatz liegt deutschlandweit vor, allerdings können noch nicht allen Legendeneinheiten Bodenprofilinformationen zugeordnet werden. Eine höher aufgelöste Implementierung der Indikatoren auf regionaler Skala erfolgte bereits beispielhaft für Baden-Württemberg (BK25). Bodendatensätze weiterer Bundesländer werden beschafft. Zudem wurde eine Übersicht über die Verfügbarkeit mittel- und großmaßstäbiger Bodeninformationen Deutschlands erstellt. Nachfolgend werden Fernerkundungsdaten aus dem LANDSAT-Archiv und dem Copernicus-Programm zur Differenzierung der Landnutzung, sowie der Nutzungsintensitäten auf Basis von Fruchtfolgenkartierung eingepflegt.

Mit Hilfe des Soil Composite Mapping Processor (SCMaP) können statistische Informationen zur Nutzungsintensität und weitere Bodenbasisprodukte abgeleitet werden. Bildspektren eines 30-jährigen Bodenkomposits, in welches alle verfügbaren Szenen der Landsat-Satelliten eingehen, wurden mit Bodendaten aus Bayern und Sachsen-Anhalt verknüpft und ein Klassifizierungsmodell je Testgebiet trainiert. Diese Modelle sollen die Ableitung der Bodenparameter aus den Kompositen ermöglichen. Erste Ergebnisse zeigen ein hohes Potential Bodenart, organischen Kohlenstoff- und Humusgehalt abzuleiten (Abbildung 2).

Die LUCAS-Datenbank für Ackerböden wurde ausgewertet und zum Aufbau von Spektralmodellen für Textur und organischen Kohlenstoffgehalt verwendet. Die Modelle zeigten eine höhere Ergebnisgüte für Textur, während  $C_{org}$  unzureichende Schätzungen ergab. Die regionalisierten Prognosemodelle erwiesen sich dabei als genauer als regionsübergreifende Modelle. Weiterhin stellte sich heraus, dass die Probenanzahl der LUCAS-Datenbank für manche Regionen zu gering ist.

Ein Prototyp des Webviewers ist erreichbar via <http://soil-de.eomap.de>.



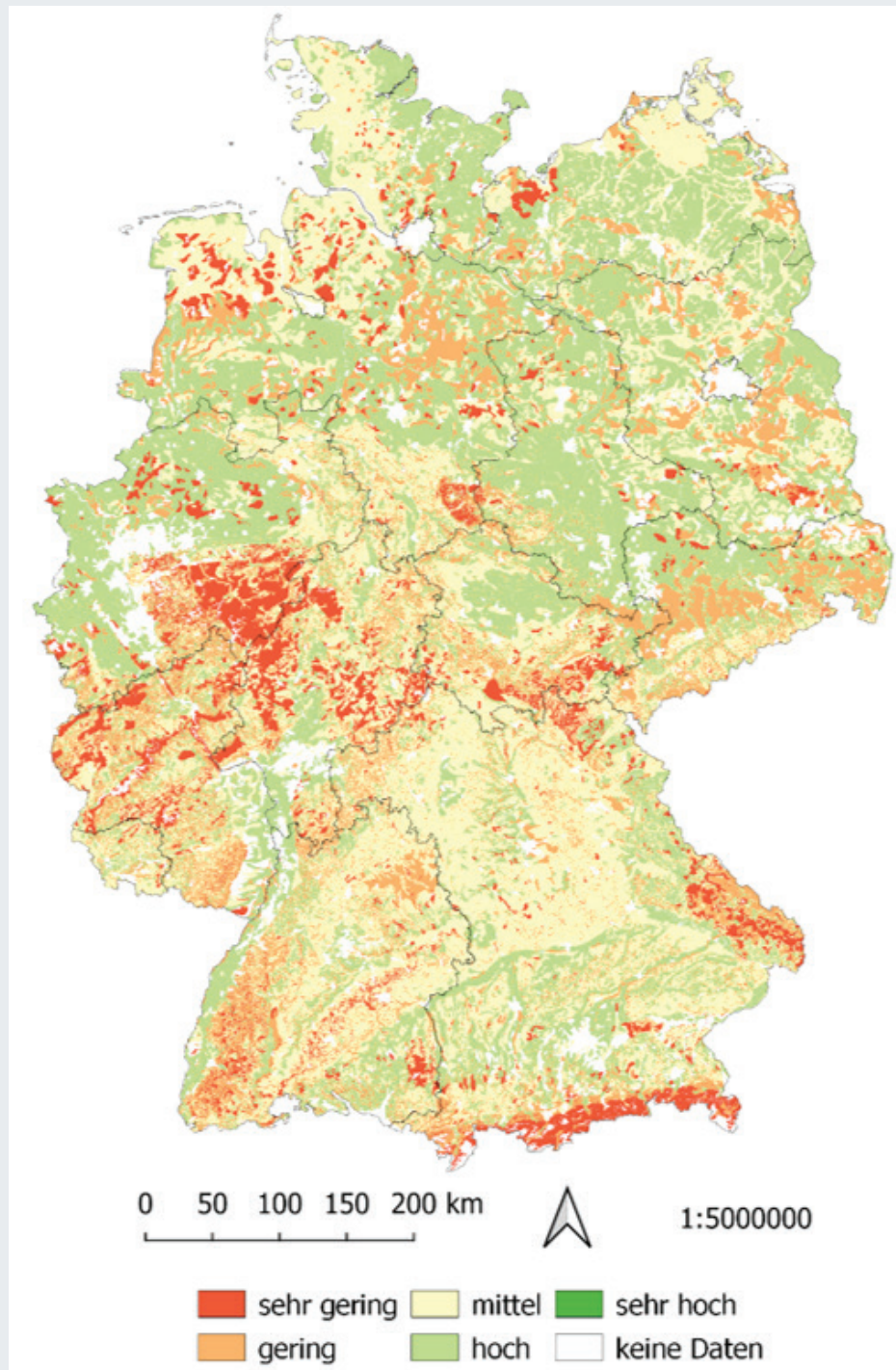


Abbildung 1: Biotisches Ertragspotential auf Basis der BÜK1000 und DWD Daten von 1989-2018. Das biotische Ertragspotential beschreibt das Leistungsvermögen des Landschaftshaushaltes Biomasse zu erzeugen und die ständige Wiederholbarkeit dieses Vorganges zu gewährleisten.

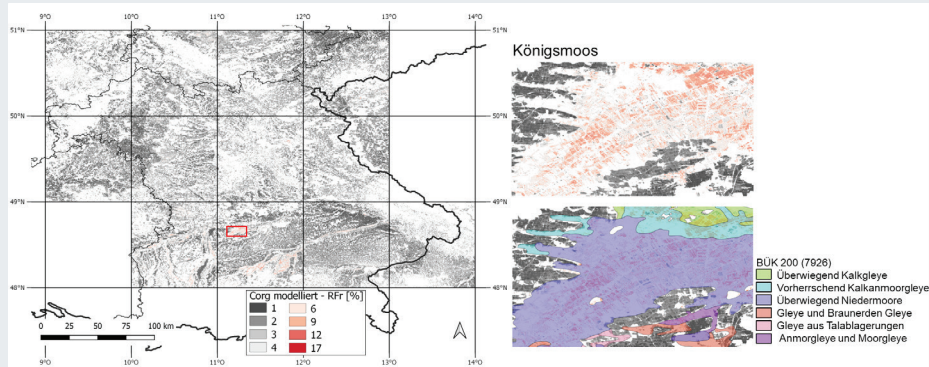


Abbildung 2: Modellierte Gehalte an organischem Kohlenstoff im Boden (C<sub>org</sub>) für Bayern und Vergleich zur BÜK200 für einen räumlichen Ausschnitt zwischen Augsburg und Ingolstadt (Königsmoos).

## Verwertung

Die Bewertung der landwirtschaftlich genutzten Böden liefert aktuelle Informationen über deren Ertragsfähigkeit, Nutzungsintensität und Flächenverlust. Die zusammengestellten Daten können vielfältig genutzt werden. Sie dienen als Datengrundlage für Modellrechnungen oder als Entscheidungshilfe für eine nachhaltige und langfristige Flächenentwicklung. Die flächenhafte Bestimmung des organischen Kohlenstoffgehaltes mittels Fernerkundungstechnologie kann zur verbesserten Inventarisierung von Humus im Oberboden genutzt werden. Darauf basierend können potentielle Quellen und Senken für Treibhausgase identifiziert und Minderungsstrategien durch optimierte Bewirtschaftungspraktiken entwickelt werden.



### Monitoring des organischen Bodenkohlenstoffs mittels Methoden der Fernerkundung und der Proximal-Bodenerfassung (SOCmonit)

#### Projektkoordinator

Dr. Mareike Ließ  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung- UFZ, Halle (Saale)  
mareike.liess@ufz.de

#### Verbundpartner

RSS – Remote Sensing Solutions GmbH

#### Projekthomepage

<https://www.unter-2-grad.de/socmonit.html>

## Kurzfassung

### Ziel

Langzeitfeldversuche (LFVs) untersuchen u.a. den Einfluss der Bodenbearbeitung und Düngung auf den Gehalt des organischen Bodenkohlenstoffs ( $C_{org}$ ). Das Projekt SOCmonit (Abk. Soil Organic Carbon monitoring) verfolgt das Ziel der Standardisierung des räumlich-zeitlichen Monitorings des  $C_{org}$  auf LFV mittels spektraler Messmethoden aus der Fernerkundung und der Proximal-Bodenerfassung. Mathematisch-statistische Modellierungsansätze kommen dabei zum Einsatz, um die Relation zwischen der Zielgröße und den gemessenen Spektren herzustellen. Im Projekt erfolgt ein direkter Vergleich von mehreren Sensorplattformen. Die Verfahren erzeugen unterschiedliche Datenformate und Informationsgehalte: Bildformate in unterschiedlicher räumlicher Auflösung versus Punktspektralmessung, sowie Multispektral- versus Hyperspektralmessung und Feld- versus Labormessung. Sie erfordern dementsprechend unterschiedliche Datenprozessierungsschritte. Simultan zu einem Vergleich der verschiedenen Verfahren und ihrem Informationsgehalt in Bezug auf die Zielgröße  $C_{org}$  wird eine Toolbox in Quellcode offener Software entwickelt. Letztlich erfolgt eine Automatisierung der involvierten Verfahrensschritte der Datenprozessierung und mathematisch-statistischen Modellierung zur  $C_{org}$ -Vorhersage.

### Ergebnisse

Die Auswahl geeigneter Dauerfeldversuche erfolgte in enger Absprache mit den Versuchsverantwortlichen gemäß Relevanz für das Projektvorhaben, sowie logistischer und

technischer Aspekte, so dass die Feldkampagne im Herbst 2018 und 2019 auf den LFVs V120 (Bad Lauchstädt) sowie M4 und P60 (Groß Kreuz) erfolgreich durchgeführt werden konnte (siehe Abbildung 1). Zum Einsatz kamen dabei drei Sensorplattformen aus der Proximalbodenerfassung und der Fernerkundung. Weitere multi- sowie hyperspektrale Messungen erfolgten anschließend an den während der Feldkampagne entnommenen und dann aufbereiteten Bodenproben im Labor. Die Datenerhebung nebst Hyper- und Multispektralmessungen sowie physisch-chemischer Laboranalyse ist abgeschlossen.



Abbildung 1: Eindrücke aus der Feldkampagne zur Datenerhebung. GNSS-Gerät zur zentimetergenauen Einmessung der Probennahmepunkte (links), UAV mit Multispektralkamera (Mitte) und Schlepper gezogenes Feldspektrometer (rechts).

Bisher wurden die Prozessierungsschritte der multispektralen Bildverarbeitung sowie der Analyse und Prozessierung der Punkt- und Transektmessungen der hyperspektralen Messdaten in Form einzelner Bausteine der R-Software-Toolbox implementiert. Dies beinhaltet u.a. die Korrektur der Bildvignette und des Sensorrauschens, sowie Algorithmen für die Informationsextraktion bezüglich der Zielgröße  $C_{org}$  inklusive Streukorrektur, Filter- und Glättungsmethoden. Bei der Modellanpassung lag der besondere Fokus auf dem Vergleich zwischen Feld- und Labordaten. Um perspektivisch auch das großflächige Monitoring zu ermöglichen, erfolgte zudem die Implementierung einer automatisierten Zugriffs- und Verarbeitungsmöglichkeit für Sentinel-2-Daten. Die einzelnen Module gehören der übergreifenden Software-Toolbox an und sind dort entsprechend eingeordnet und verknüpft. Erste Modellanpassungen haben gezeigt, dass weiterer Optimierungsbedarf in der Datenprozessierung besteht.

### Verwertung

Die jeweiligen Datenprozessierungs- und Modellierungsschritte werden in der Programmiersprache und Software-Umgebung „R“ entwickelt und aufbereitet, um diese langfristig als ein frei-verfügbares R-Paket zur Verfügung zu stellen. Dieses vermeidet die Nutzung verschiedener Softwareprodukte im Rahmen der Datenprozessierungs- und Modellierungskette und ermöglicht stattdessen eine umfangreiche Funktionalität in einer Umgebung (R).

## Ein Bewertungstool für Kategorien der Schutzwürdigkeit und für ein fernerkundungsbasiertes Monitoring landwirtschaftlich genutzter Moore (BEWAMO)

### Projektkoordinator

Andreas Herrmann  
Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin  
andreas.herrmann.1@agrar.hu-berlin.de

### Verbundpartner

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Johann Heinrich von Thünen-Institut  
EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Das übergeordnete Ziel des Verbundprojektes ist die Entwicklung eines Bewertungstools, das

1. die Kohlenstoffspeichermengen und den potentiellen mittel- bis langfristigen Kohlenstoffverlust von landwirtschaftlich genutzten Mooren quantifiziert und Kategorien der Schutzwürdigkeit begründet,
2. die unterschiedlichen Auswirkungen der Moorflächenextensivierung und -vernässung auf Grünlandflächen auf die Einkommenssituation von betroffenen Landwirten abschätzt und mögliche Förderinstrumente untersucht, mit denen sich die verändernde Einkommenssituation kompensieren lässt, und
3. ein „Monitoring“-Verfahren zur flächendeckenden Erfassung des hydrologischen Zustandes und der Veränderung von Moorgebieten auf Basis von Radarfernerkundungsdaten (Sentinel-1).

### Ergebnisse

Aus den historischen Datenbanken der Landesämter in Brandenburg und Schleswig-Holstein wurden mit Hilfe von Häufigkeitsverteilungen statistische Leitbodenprofile extrahiert und in Abhängigkeit der Torfsubstrate und Zersetzungsgrade die Kohlenstoffvorräte berechnet. In beiden Projektgebieten wurden abhängig von der Nutzungsintensität in diesem und letzten Jahr Grünlandbonitierungen und Wasserstandsmessungen durchgeführt. Zur Validierung der Radarmessungen wurden zudem Bodenfeuchtesensoren installiert.

In den zwei Moorregionen – Eider Treene Sorge Niederung (SH) und Oberes Rhinluch (BB) mit sehr unterschiedlicher Agrarstruktur wurden insgesamt 15 typische Betriebe befragt. Die Daten dienen als Grundlage für betriebswirtschaftliche Modellierungen mit dem Betriebsmodell Farm Boss (Modell mit linearer Programmierung), die derzeit durchgeführt werden. Zudem wurde die Analyse und Bewertung von möglichen Förderinstrumenten abgeschlossen.

Durch interferometrische Auswertung und Absorptionsmerkmale aus Zeitreihen von Satellitenaufnahmen lassen sich Zustandsänderungen und Bewegungen eines Moorkörpers in einem Testgebiet in Brandenburg bereits flächenhaft nachvollziehen. Bei der Interpretation und Bewertung im Rahmen eines Monitorings spielen jedoch der lokale geographische Kontext und die inhaltliche Ausgangssituation, wie z.B. Nutzungsvereinbarungen, eine wesentliche Rolle.

### **Verwertung**

Die beteiligten wissenschaftlichen Partner erzielen keinen wirtschaftlichen Erfolg mit den Ergebnissen des Projektes, gleichwohl zielt das Projekt konkret auf einen volkswirtschaftlichen Nutzen bzw. Mehrwert. Dies in dem Sinne, dass mit den aufgezeigten Förderinstrumenten zum Moorschutz ein besonders kosteneffizienter Klimaschutz ermöglicht werden soll.

Die flächendeckende Erfassung des hydrologischen Zustands und der Veränderung von Mooregebieten mit Methoden der Fernerkundung soll beim Monitoring zur Einhaltung und Effektivität von Agrarumweltmaßnahmen implementiert werden.

## VitiSoil

**Ein Beitrag des Weinbaus zu den Klimaschutzzielen der COP21-Konferenz von Paris: Sensoreinsatz im Weinbau mit minimiertem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck durch Humusspeicherung und PIWI-Sorten (VitiSoil)**

### **Projektkoordinator**

Dr. Stefan Pätzold

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), Allg. Bodenkunde und Bodenökologie, Bonn

s.paetzold@uni-bonn.de

### **Verbundpartner**

Forschungszentrum Jülich

Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)

Deutscher Raiffeisenverband e.V.

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Im Projekt VitiSoil werden Weinbergsböden als Humus- bzw. Kohlenstoff- (C-) -Speicher bewertet und optimiert. Dazu wurden übliche organische Substrate (Kompost, Biokohle-Kompost-Gemisch) zur Humusbildung in den Unterboden eingearbeitet. Ziel des Projekts ist die präzise – auf modernste Sensoren gestützte – Evaluierung der C-Speicherung, der Treibhausgas- (THG-) -Emissionen und der Auswirkungen auf die Reben. Die tiefe Einarbeitung organischer Substrate kann in Böden, die infolge häufiger Überfahrten (z.B. wöchentlicher Pflanzenschutz) verdichtet sind, zur Beeinträchtigung der Pflanzengesundheit sowie zu unerwünschten THG-Emissionen führen. In VitiSoil wurde deshalb eine neue pilzwiderstandsfähige Rebsorte (PiWi) gepflanzt, welche nur reduzierten Pflanzenschutz benötigt und so hilft, Bodenverdichtungen zu minimieren. Da die Eigenschaften von Weinbergsböden innerhalb eines Schlages sehr stark variieren können, ermöglicht der Sensoreinsatz auf Versuchs- und Praxisflächen die raumzeitlich hoch aufgelöste Untersuchung von Boden und Pflanzen. So soll der Beitrag des Weinbaus zu den Klimaschutzzielen der COP21-Konferenz von Paris präziser als bisher möglich bewertet und der Öffentlichkeit vermittelt werden.

## Ergebnisse

Sowohl die Humusgehalte der Böden als auch das Humusbildungspotential der organischen Substrate wurden mit einem neuen portablen Mittelinfrarotsensor bislang sehr gut erfasst. Da die Bodenart zentrale Bedeutung für die Humusbildung besitzt, wird ihre Untersuchung in hoher räumlicher Auflösung über schleppergestützte, nicht-invasive Sensorverfahren erstmalig im Weinbau erprobt. Neben der elektromagnetischen Induktion konnte die passive Gamma-Spektrometrie während der Fahrt präzise Daten zur Bodenart liefern. Sensor-Kalibrationen für Humus und Bodenart wurden entwickelt; sie spiegeln die hohe räumliche Heterogenität von Weinbergsböden wieder.



Abbildung 1: Mobiles Gamma-Spektrometer zur Erfassung der Bodenart.

Die vorläufigen Ergebnisse der THG-Untersuchungen zeigen, dass die Einbringung der organischen Substrate in den Unterboden bislang keine signifikanten Unterschiede im Redoxpotential der Böden induzierte. Die Emissionen von Lachgas ( $N_2O$ ) und Methan ( $CH_4$ ) spielten in der THG-Bilanz des neu angelegten Weinbergs bisher keine Rolle. Allerdings wiesen alle Versuchsvarianten, insbesondere die Kontrolle ohne Substrateinbringung, hohe  $N_2O$ -Konzentrationen im Unterboden auf. Die  $CO_2$ -Bodenemissionen zeigten die erwartete hohe witterungsbedingte Variabilität, da Bodentemperatur und -feuchte die mikrobielle  $CO_2$ -Bildung steuern.

Pflanzenvitalität und Traubenqualität in den verschiedenen Substratvarianten werden in engen zeitlichen Abständen untersucht. Zur Beurteilung der Pflanzenentwicklung wurden Sensorverfahren etabliert, um den Chlorophyllgehalt als Indikator für Nährstoffversorgung und Pflanzenvitalität zerstörungsfrei im Hochdurchsatz zu erfassen. Hierfür wird ein Hyperspektralsensor eingesetzt, der den visuellen Bereich des Lichts sowie den Nahinfrarot- sowie kurzwelligen Infrarotbereich erfasst und die Evaluierung von Blatt- und Traubeneigenschaften erlaubt.



Nach dem ersten Versuchsjahr sind zwar einige Trends erkennbar, es können aber noch keine gesicherten Aussagen zu Auswirkungen der tiefen Substrateinbringung auf Humusbildung, THG-Emissionen sowie zu Entwicklung und Vitalität der Reben gemacht werden.

### **Verwertung**

Durch die Korrelation von Pflanzeigenschaften mit Treibhausgasemissionen und Bodenparametern können Anbau- und Humuspfleßmaßnahmen umfassender und präziser als bislang möglich bewertet werden. Die im Projekt verwendeten Sensoren, Kalibrierungen sowie Auswerterroutinen können in weiteren Forschungsprojekten, der Rebenzüchtung aber auch in der Praxis zum Einsatz kommen. So könnten beispielsweise (teil-)flächenspezifische Empfehlungen zu Pflanzgut oder Auswahl und Handhabung von organischen Substraten entwickelt werden. Künftig könnten weitere Sensoren auf ein Fahrzeug montiert und direkt in Arbeitsabläufe implementiert werden.

### Strategien zum Schutz von Getreide vor klimabedingt zunehmenden Pilzkrankheiten (GetreideProtekt)

#### Projektkoordinator

Dr. Kerstin Flath

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI),  
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Kleinmachnow  
kerstin.flath@julius-kuehn.de

#### Verbundpartner

Universität Hohenheim,  
Bundessortenamt,  
Strube Research GmbH & Co. KG,  
Limagrain GmbH,  
Hegesaat GmbH & Co. KG,  
PZO Pflanzenzucht Oberlimpurg

## Kurzfassung

### Ziel

Der Klimawandel wird die Bedeutung und den Verlauf von Krankheiten sowie das Verhalten der verursachenden Pathogene grundlegend verändern. Deswegen und durch die zunehmenden Restriktionen beim Einsatz von Fungiziden wird die Resistenzzüchtung einen erhöhten Stellenwert bekommen. Die richtige Strategie ist dabei die Entwicklung von mehrfach-resistenten Sorten (*multiple disease resistance*, MDR), die sowohl gegen mehrere Krankheiten als auch möglichst viele aktuelle Rassen der Erreger widerstandsfähig sind. Dazu sollen (i) ein Pathogen-Screening zum Aufbau eines Frühwarnsystems für aggressive Rostrassen durchgeführt, (ii) die markergestützte Auffindung von Sorten mit MDR mittels Assoziations- bzw. QTL-Kartierung systematisch erforscht und eine genom-basierte Selektionsmethode entwickelt und (iii) Fungizide auf deren Wirksamkeit zur Kontrolle des Weizenschwarzrostes geprüft werden, um kurzfristig auf potenziellen Befall reagieren zu können.

### Ergebnisse

Um ein deutschlandweites Frühwarnsystem für das natürliche Auftreten von Schwarzrost (SR) sowie von neuen Rassen des Gelbrostes (GR) zu etablieren, wurden an zehn Standorten Fangsortimente angebaut, die aus jeweils 13 Winterweizen- und sieben Wintertriticalearten bestanden. Im Jahr 2019 wurden die Differentialarten sowie die GR-resistenten Weizen- und Triticalearten mit Noten von 1 bis 3 bewertet, so dass die Sorten gut gegen GR geschützt waren und keine neuen GR-Rassen aufgetreten sind. Mit Hilfe der SSR-basierten Genotypisierung der aus den Fangsortimenten gewonnenen GR-Isolate konnten die genetischen Gruppen PstS8 (Warrior), PstS10 (Warrior-) und PstS13 (Triticale 2015) detektiert werden.

In den Projektjahren 2019 und 2020 wurden zwei Diversitätssortimente von Wintertriticale und -weizen (1000 bzw. 280 Genotypen) an je vier Orten in Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern angebaut und erfolgreich mit GR (nur Weizen), SR sowie Ährenfusariosen (FUS) inokuliert. Das Rostinokulum bestand aus einem Gemisch jeweils aktueller Rassen. Die Bonitur der Krankheiten, des Ährenschiebens sowie der Wuchshöhe ergab in allen Fällen eine signifikante genetische Variation mit hohen Heritabilitäten. Es wurden sowohl bei Triticale als auch bei Weizen Sorten mit multipler Krankheitsresistenz gefunden (Abbildung 1).

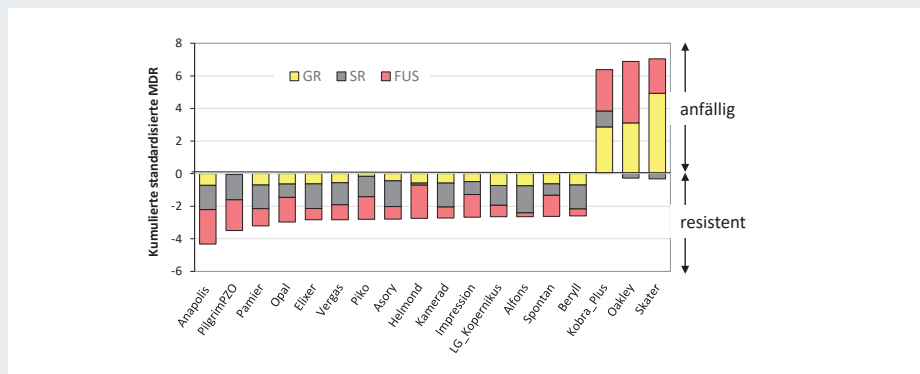


Abbildung 1: Weizensorten mit multipler Krankheitsresistenz gegen Gelbrost (GR), Schwarzrost (SR) und Ährenfusariosen (FUS), verglichen mit den drei anfälligsten Sorten; dargestellt ist die standardisierte Abweichung vom Mittelwert (MDR).

Für die Wirksamkeitsversuche zur Kontrolle des SR wurden bislang 26.000 Einzelpflanzen im Keim- und 900 im Adultpflanzenstadium mit unterschiedlichen Fungiziden, Aufwandmengen und Inokulationsterminen geprüft. Ein Freilandversuch zur Bestimmung des Schadpotenzials des SR wurde erfolgreich durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Wirksamkeit entscheidend vom Zeitpunkt der Applikation und der Wahl des Fungizides beeinflusst wird und eine Behandlung möglichst früh (1 bis 3 Tage vor bzw. nach der Infektion) mit einem potenten Mittel erfolgen sollte, um den Befall bestmöglich einzudämmen.

## Verwertung

Das etablierte Frühwarnsystem für das Auftreten von SR sowie von neuen GR-Rassen ermöglicht den Züchtern frühzeitig zu reagieren und ihr Zuchtprogramm durch die Aufnahme entsprechend wirksamer Resistenzgene anzupassen. Deren Auffindung wird durch das umfangreiche Screening von Triticale- und Weizensorten ermöglicht. Die multiple Phänotypisierung, der Einsatz eng gekoppelter Marker sowie die genom-basierte Selektion auf neue Resistenzgene/-QTL ermöglicht einen rascheren Zuchtfortschritt und eine schnellere Reaktion der Zuchtunternehmen im Hinblick auf neue Rassen. Um zukünftige Rostepidemien weiterhin zu verhindern, werden evidenzbasierte Empfehlungen für eine gezielte Anwendung von Fungiziden zur Bekämpfung von Rostkrankheiten erarbeitet, die eine optimale Terminierung der Fungizidentscheidungen ermöglichen.

## Der prognostizierte Klimawandel und seine mittel- und langfristigen potentiellen Auswirkungen auf wichtige Pflanzenkrankheiten und auf die Fungizidwirksamkeit im Ackerbau in Deutschland (SIMKLIMA)

### Projektkoordinator

Dr. Benno Kleinhenz  
Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP), Bad Kreuznach  
kleinhenz@zepp.info

### Verbundpartner

Syngenta Agro GmbH  
Hochschule Osnabrück, Fachgebiet Integrierter Pflanzenschutz

### Projekthomepage

<https://www.unter-2-grad.de/simklima.html>

## Kurzfassung

### Ziel

In dem Projekt SIMKLIMA soll für das gesamte Bundesgebiet der prognostizierte Klimawandel und seine möglichen Auswirkungen auf Pflanzenkrankheiten im Ackerbau simuliert werden. Hierfür werden durch die ZEPP eine umfangreiche Literaturrecherche, sowie Simulationen auf Basis mittelfristiger (2021 - 2050) und langfristiger (2071 - 2100) Klimaszenarien durchgeführt. Die Syngenta Agro GmbH führt Experimente unter kontrollierten Bedingungen durch, um den Einfluss von steigender Lufttemperatur und steigender CO<sub>2</sub>-Luftkonzentration auf die Pathogenese typischer Krankheiten und die Wirksamkeit verschiedener Fungizide zu untersuchen. Die gewählten Pathosysteme sind: Winterweizen und *Zymoseptoria tritici* (Erreger der Septoria-Blattdürre) sowie Kartoffel und *Phytophthora infestans* (Erreger der Kraut- und Knollenfäule). Die Hochschule Osnabrück erarbeitet Minimierungs- und Anpassungsmaßnahmen im vorbeugenden und direkten Pflanzenschutz für Gerste, Roggen, Triticale, Weizen, Kartoffel, Lupine, Raps und Zuckerrübe, falls sich das Krankheitsrisiko laut Simulationen in diesen Kulturpflanzen zukünftig ändern sollte.

### Ergebnisse

Im Rahmen einer Literaturrecherche wurden mehr als 800 Artikel zu relevanten Themen archiviert. Zum Thema 'Pflanzenkrankheit und Klimawandel' sind es etwa 400 Artikel, wovon mehr als 100 bereits analysiert und die Ergebnisse in einem Reviewartikel veröffentlicht wurden (siehe Juroszek et al. 2020, Plant Pathology 69: 179-193). Hierbei ist hervorzuheben, dass die veröffentlichten Ergebnisse darin übereinstimmen, dass sich

das Risiko für Braunrost im Weizen (*Puccinia triticina*) mittel- (2050) und langfristig (2100) erhöhen wird.

In der Literatur gibt es kaum Studien zum Einfluss der Temperatur auf den Wirkungsgrad von Fungiziden. Weshalb mehrere Experimente zum Einfluss von bis zu sechs verschiedenen Lufttemperaturszenarien auf den Wirkungsgrad verschiedener Fungizide gegen *Zymoseptoria tritici* an Weizen durchgeführt wurden. Steigende Temperaturen (z.B. 16°C und 24°C) verkürzten die Latenzzeit und erhöhten bzw. beschleunigten die Befallsprogression von *Z. tritici*. Vermutlich hat sich durch die höhere Temperatur bei einem Teil der getesteten fungiziden Wirkstoffe der Wirkungsgrad signifikant reduziert (um bis zu 30 %), wobei andere Erklärungen ebenfalls möglich sind (z.B. könnten Zielorte der Wirkstoffe temperatursensitiv sein).

Darüber hinaus wurden konzentrations- und wirkstoffabhängige Unterschiede festgestellt, sowohl *in vitro* (Fungizidtests an Sporen in Mikrotiterplatten; reine Wirkstoffe getestet) als auch *in planta* (Fungizidtests an Weizenkeimpflanzen in Klimakammern; formulierte Produkte getestet). In den *in planta*-Experimenten hatten auch die beiden getesteten Weizensorten (Septoria anfällig vs. resistent) einen Einfluss auf den Wirkungsgrad der Fungizide. Die resistente Sorte unterstützte bzw. erhöhte den Wirkungsgrad der getesteten Fungizide bei steigender Temperatur, was bedeutet, dass die Resistenzausprägung auch unter höheren Temperaturen erhalten blieb. Demnach gibt es viele Interaktionen, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Die hier getroffenen Aussagen stellen nur einen Zwischenstand dar und werden durch weitere Experimente und Analysen überprüft.

### Verwertung

Der Klimawandel wird die Ansprüche an die Gesunderhaltung von Kulturpflanzen im Feld beeinflussen. Das Risiko bestimmter Krankheiten wird sich durch die Erwärmung erhöhen, laut Literaturrecherche trifft dies auf Braunrost und laut Experimente auf *Zymoseptoria tritici* im Weizen zu. Die Anforderungen an und die Bedeutung von Pflanzenschutz, unabhängig ob biologisch oder chemisch, werden sich unter zukünftigen Klimaszenarien in Deutschland erhöhen. SIMKLIMA wird Daten bereitstellen, um zielgerichtet und frühzeitig auf solche Änderungen reagieren zu können. Beispielsweise kann die Erforschung fungizider Wirkstoffe im Labor auf die veränderte Krankheits- und Umweltsituation im Feld ausgerichtet werden.

## Analyse des Einflusses der Temperatur auf die Sensitivität von Rapssorten und -genotypen gegen TuYV und tierische Schaderreger (Blattläuse) (TEMPER)

### Projektkoordinator

Dr. Thomas Thieme  
BTL Bio-Test Labor GmbH Sagerheide, Groß Lüsewitz  
tt@biotestlab.de

### Verbundpartner

Julius Kühn-Institut (JKI)  
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen: Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz  
Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik

## Kurzfassung

### Ziel

Durch den zunehmenden Anbau von Raps sowie bedingt durch den Klimawandel und den Wegfall insektizider Beize haben Schadinsekten und Pathogene in den letzten Jahren an Bedeutung zugenommen. Hierzu zählt das durch Blattläuse übertragene Wasser-rübenvergilbungsvirus (Turnip yellows virus (TuYV)), dessen Infektion sich negativ auf Ertrag und Ertragsqualität auswirkt. Die einzig verfügbare und in Rapssorten enthaltene TuYV-Resistenz aus dem Resynthese-Raps ‚R54‘ führt bei höheren Temperaturen zu einer Zunahme des Virustiters. Mit dem Ziel, einen Ausblick auf die mittelfristige Eignung der ‚R54‘ TuYV-Resistenz im Feld zu geben, ist es notwendig, die Auswirkungen von Klima (Temperatur) auf die tri-trophische Interaktion von Pathogen (TuYV), Vektor (Blattlaus) und Wirt (Raps) zu untersuchen. Hierbei wird ein breites Spektrum resistenter Genotypen, im Feld gesammelter Virusisolate sowie Blattlausklone getestet. Darüber hinaus soll die genetische Charakterisierung von Virusisolaten helfen, den virusseitigen Mechanismus zur Überwindung der Resistenz zu verstehen und anhand spezifischer Sequenzen in Virusisolaten zu erkennen. Zukünftig können so im Feld auftretende Isolate mittels diagnostischer Primer auf ihre „Reaktion“ hinsichtlich Resistenz getestet und der Einsatz resistenter Saatgutes gezielt empfohlen werden.

### Ergebnisse

Es zeigt sich, dass unterschiedliche Blattlausklone das TuYV mit unterschiedlicher Effizienz übertragen können, wobei die Infektionen eines anfälligen Rapsgenotyps sechs Stunden nach Virusakquisition je nach Klon zwischen 0-58 % und zwölf Stunden nach Virusakquisition zwischen 25-83 % liegen. Mittels RT-qPCR konnte in zwei Klonen mit unterschiedlicher Insektizidresistenz nach definierten Zeitpunkten ein signifikant

unterschiedlicher Virusgehalt (von einem getesteten Isolat) nachgewiesen werden. Dieser verhielt sich jedoch gegenläufig zu der zuvor gezeigten Übertragungseffizienz.

Infektiositätstests verschiedener Virusisolate zeigen, dass diese nicht nur unterschiedliche relative Virustiter in anfälligen Pflanzen aufweisen, sondern teils auch einen Rapsgenotyp mit ‚R54‘ TuYV-Resistenz infizieren können. Die Sequenzdaten weisen darauf hin, dass die verwendeten Virusisolate mindestens zwei verschiedenen Genotypen zuzuordnen sind. Zusätzlich wurden TuYV-assoziierte RNAs detektiert, deren biologische Relevanz momentan unklar ist.

Freilandversuche am Standort Quedlinburg mit natürlichem Befall durch *M. persicae* und TuYV demonstrieren, dass nicht alle getesteten Genotypen im Vergleich zum anfälligen Standard einen signifikant geringeren Virustiter zeigen, was möglicherweise auf Umweltfaktoren zurückzuführen ist. Gerade Sachsen-Anhalt ist hierbei aufgrund seiner im deutschlandweiten Vergleich hohen mittleren Jahrestemperaturen eine geeignete Testregion für zukünftige Einflüsse des Klimawandels auf die Landwirtschaft.

### **Verwertung**

Erste Ergebnisse konnten als Vortrag im Rahmen der Internationalen Rapstagung 2019 in Berlin präsentiert werden.

Basierend auf der Auswertung der Sequenzierungsdaten besteht für das beteiligte KMU die Möglichkeit die gewonnenen Erkenntnisse für die Entwicklung diagnostischer Marker zu nutzen.

Das JKI-RS konnte bereits die im Rahmen des Projektes aufgebaute Sammlung von *M. persicae* Klonen in ein weiteres Forschungsprojekt einbringen.

## Einfluss wesentlicher Faktoren des Klimawandels auf die Interaktion von Schädlingen mit ihren Kulturpflanzen und Berücksichtigung der Ergebnisse bei deren Bekämpfung in Obst- und Weinbau (KLIMAKOM)

### Projektkoordinator

PD Dr. Jürgen Gross

Julius Kühn-Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Dossenheim  
juergen.gross@julius-kuehn.de

### Verbundpartner

Hochschule Geisenheim University

## Kurzfassung

### Ziel

Temperaturerhöhung, erhöhte Konzentrationen klimawirksamer Gase (v. a. CO<sub>2</sub>) und die Zunahme von reaktiven Sauerstoffspezies (v. a. Ozon) in unserer Atmosphäre sind Faktoren des Klimawandels, die sich wesentlich auf Pflanzenschutzpraktiken im Wein- und Obstanbau auswirken können. Besonders biologische Pflanzenschutzmaßnahmen, welche auf der Emission von volatilen organischen Komponenten beruhen, können durch klimatische Veränderungen beeinträchtigt werden. Im Projekt KLIMAKOM wird daher der Einfluss dieser Faktoren auf die chemische Kommunikation von Schadinsekten untereinander (intraspezifisch) und mit ihren Wirtspflanzen (interspezifisch) untersucht. Anhand der Ergebnisse werden die Auswirkungen des Klimawandels auf bestehende Monitoring- und Bekämpfungsstrategien beurteilt sowie die Notwendigkeit von Anpassungen an zukünftige Umweltbedingungen ermittelt. Im Zentrum des Projekts stehen zwei Schädlinge, der Bekreuzte Traubenwickler *Lobesia botrana* und der Gemeine Birnblattsauger *Cacopsylla pyri*.

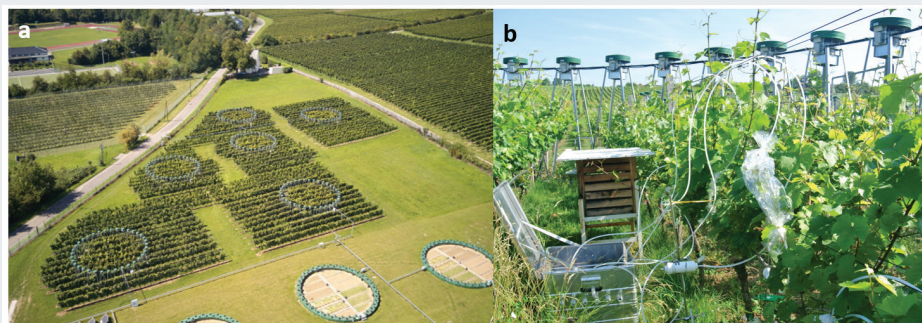


Abbildung 1: a) FACE-Anlage (Free Air Carbon Dioxide Enrichment System) der Hochschule Geisenheim (Foto; HGU), b) Sammlung der Reben-Duftstoffe in der FACE-Anlage (Foto: JKI).



## Ergebnisse

In den bisher durchgeführten Untersuchungen stand die Auswirkung von CO<sub>2</sub> auf die interspezifische Kommunikation beider Insektenarten im Fokus. Dazu wurde die Duftstoffemission von Reben und Birnen unter zwei CO<sub>2</sub>-Konzentrationen gemessen. In der FACE-Anlage (Free Air Carbon Dioxide Enrichment System) an der Hochschule Geisenheim (siehe Abbildung 1) wird der bis 2050 erwartete 20 %ige Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration (ca. 450 ppm) in der Erdatmosphäre simuliert und kann mit den aktuell herrschenden ca. 400 ppm verglichen werden. Die Duftstoffemission der Reben und Birnen wurde zu unterschiedlichen phänologischen Entwicklungsstadien über den Verlauf von zwei Wachstumsperioden ermittelt.

Reben, die unter erhöhtem CO<sub>2</sub>-Gehalt kultiviert wurden, wiesen quantitative Unterschiede von einzelnen Duftstoffen im Vergleich zu Reben, die unter einer normalen CO<sub>2</sub>-Konzentration angebaut wurden (siehe Tabelle 2). Es konnte keine signifikante Veränderung der Duftstoffzusammensetzung in Abhängigkeit vom CO<sub>2</sub>-Gehalt festgestellt werden. Die Unterschiede waren zudem abhängig vom Entwicklungsstatus der Reben. Während für einige der Komponenten bereits die Wahrnehmbarkeit sowie die Relevanz für die Eiablage von *L. botrana* bekannt ist, konnte die Wahrnehmung von weiteren vier Substanzen durch *L. botrana*-Weibchen mittels Elektroantennographie (EAG) im Rahmen des Projektes nachgewiesen werden. Ob diese Komponenten einen Einfluss auf das Verhalten des Traubenwicklers ausüben, ist noch nicht bekannt.

Komponente	CO <sub>2</sub> ambient		CO <sub>2</sub> erhöht		p-Wert	
	Peakfläche * 10 <sup>8</sup>	±SD	Peakfläche * 10 <sup>8</sup>	±SD		
Blüte	4,8-Dimethyl-1,3,7-Nonatrien	1,751	1,482	0,594	0,777	0,011
	Benzaldehyd	17,141	15,891	27,510	16,678	0,040
	cis-3-Hexenylacetat	2,558	2,508	6,086	3,657	0,010
	Eicosan	3,930	3,053	1,553	1,349	0,025
	Undecan	0,927	0,162	1,127	0,215	0,046
	unbekannt_09	2,485	1,517	1,151	1,400	0,032
Unreife Beeren	2,4-Hexadienal	0,000	0,000	0,834	1,697	0,035
	2,6-Dimethyl-2,4,6-Octatriene	5,586	6,826	1,155	1,671	0,032
	4,8-Dimethyl-1,3,7-Nonatrien	76,381	88,908	24,766	36,847	0,040
	Caryophyllen oxid	2,549	2,991	0,630	0,710	0,022
	cis-3-Hexenylacetat	43,553	61,082	78,075	55,950	0,041
reife Beeren	2-Nonenal	0,533	0,794	3,493	5,549	0,032
	4-Nonenal	4,082	4,962	7,740	5,596	0,012
	Heptanal	4,986	2,222	8,886	3,808	0,005
	Nonanal	56,038	29,935	94,828	47,150	0,021
	Octanal	23,007	15,684	35,942	18,241	0,040
	Tridecan	1,068	0,617	0,612	0,531	0,039
	unbekannt_01	3,446	2,559	6,065	3,351	0,036
	unbekannt_08	0,570	1,518	0,000	0,000	0,035

Min  
Max

Tabelle 1: Mittlere Peakflächen (± Standardabweichung) der durch den CO<sub>2</sub>-Gehalt signifikant beeinflussten Duftkomponenten von Reben (Mann-Whitney-U-Test). Die Duftstoffe wurden von Blüten (n<sub>ambient</sub> = 11, n<sub>erhöht</sub> = 13), unreifen Beeren (n<sub>ambient</sub> = 15, n<sub>erhöht</sub> = 15) und reifen Beeren (n<sub>ambient</sub> = 15, n<sub>erhöht</sub> = 15) von unter verschiedenen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen aufgewachsenen Weinreben gesammelt und analysiert. Der Farbverlauf von Gelb nach Grün visualisiert die Größe der Peakflächen.

Die Abgabe einzelner Komponenten im Duftbukett von Birnen, die unter erhöhter  $\text{CO}_2$ -Konzentration gewachsen waren, wurde ebenfalls beeinflusst, insbesondere während der Blattentwicklung zu Beginn der Wachstumsperiode (Mai). Der erhöhte  $\text{CO}_2$ -Gehalt in der Umgebung verringerte die Abgabe verschiedener Terpene. Für verwandte Blattfloh-Arten ist die Wahrnehmung und das verhaltensbeeinflussende Potential einiger Terpene bereits bekannt. Auf die Eiablage von *C. pyri* wirkte sich die veränderte Duftstoffabgabe der Pflanzen jedoch nicht aus. In Wahlversuchen legten weibliche *C. pyri* gleich viele Eier auf Blätter von Birnbäumen, unabhängig vom  $\text{CO}_2$ -Gehalt der umgebenden Luft während der Kultivierung.

Die Versuche zur intraspezifischen Kommunikation und zum Einfluss reaktiver Sauerstoffspezies sind noch nicht vollständig und werden hier nicht berichtet.

### Verwertung

*L. botrana* und *C. pyri* sind wirtschaftlich relevante Schädlinge im Wein- und Obstbau. *C. pyri* ist ein Primärschädling der Birne und Überträger von Phytoplasmen, welche schwerwiegende Pflanzenkrankheiten auslösen. Aktuell wird an der Entwicklung von nicht-chemischen Pflanzenschutzstrategien, basierend auf volatilen Komponenten, zur Bekämpfung von Vektorinsekten verschiedener Phytoplasmosen geforscht. Dabei werden spezifische Lock- und Repellentstoffe in sog. Push-and-Pull-Strategien eingesetzt. Die Erkenntnisse aus diesem Projekt liefern wichtige Hinweise, welche Stoffe sich hierfür unter Klimawandelbedingungen eignen. Traubenwickler werden derzeit erfolgreich mittels Pheromonen im Verwirrverfahren reguliert. Das Projekt wird wichtige Erkenntnisse zur Wirksamkeit dieses Verfahrens sowie zur Orientierung von Traubenwicklern zu ihren Wirtspflanzen unter zukünftigen  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen liefern.

### Forschungsbegleitung für klimagerechtes Handeln in der Landwirtschaft (KlimAgrar)

#### Projektkoordinator

Prof. Dr. Hubert Wiggering  
Universität Potsdam, Potsdam  
claudia.pohl@uni-potsdam.de

#### Projekthomepage

[www.unter-2-grad.de](http://www.unter-2-grad.de)

### Kurzfassung

#### Ziel

Das Vernetzungs- und Transfervorhaben KlimAgrar verfolgt zwei Ziele. Zum einen werden Projektnehmer aus den Förderprogrammen zu Innovationen in den Bereichen „Boden“, „Pflanzenbau“ und „Tierhaltung“ thematisch miteinander vernetzt, so dass sich die Kräfte in der Agrarforschung bündeln lassen. Zum anderen werden die Ergebnisse dieser Förderprojekte in einer Metaanalyse ausgewertet. Die daraus resultierenden Erkenntnisse münden in einer Wissensbasis mit Handlungsempfehlungen für Wissenschaft, Politik und Praxis.

#### Ergebnisse

Unsere inter- und transdisziplinäre Vernetzung findet fachübergreifend in Arbeitstagen und Transferwerkstätten mit den Projektpartnern statt. Bis heute wurden dreizehn Themencluster mit entsprechenden Fachfragen herausgearbeitet, sieben Treffen fanden bereits statt. Die Themencluster werden gemeinsam mit den Betroffenen erarbeitet und diskutiert. Parallel zu den Veranstaltungen werden die Diskussionen und Ergebnisse der Arbeitstreffen in Form einer Nachlese auf unserer Website [www.unter-2-grad.de](http://www.unter-2-grad.de) (Abbildung 1) für alle Projektnehmer online gestellt.

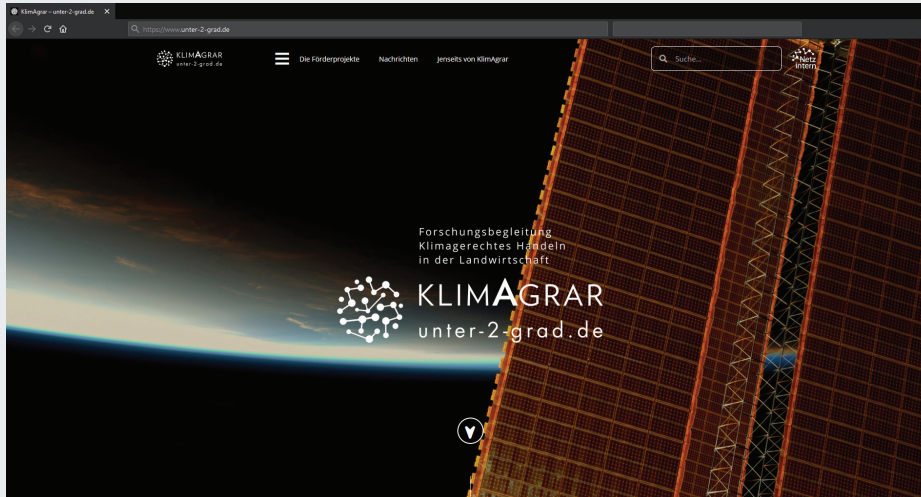


Abbildung 1: Projekthomepage.

Auswahl der Ergebnisse aus den Arbeitstagen und Transferwerkstätten:

- » Über eine noch als interaktiv nutzbarer Web Service einzurichtende Plattform sollen georeferenzierte Daten aus den Förderprojekten allen beteiligten Projekten zur Verfügung gestellt werden.
- » Im Rahmen eines Forums für Landwirte wurde ein Bündel von Handlungsempfehlungen entwickelt zu
  - » neuen Forschungsansätzen in Modellregionen für eine überbetriebliche Klimabilanzierung auf dem Weg zu einer klimaneutralen Landwirtschaft,
  - » Klima-, Natur- und Umweltschutz als eigenem Betriebszweig in der Landwirtschaft.

Auf Initiative von KlimAgrar wurde eine Kooperation mit einer DFG-Forschungsgruppe ins Leben gerufen, in der einige unserer beteiligten Projekte an der nichtinvasiven Bestimmung der Bodenfeuchtedynamik teilnehmen, indem sie eine neue, innovative Methode zur Messung des Neutronenhintergrunds (CNRS) auf ihren Versuchsfeldern in der Praxis anwenden.

### Verwertung

Die Projektarbeiten und -ergebnisse werden in Fachgesprächen (Politik, Wissenschaft) in einen agrarpolitischen Rahmen gestellt und beispielsweise in den Koronivia-Prozess im Rahmen der UN-Klimakonferenzen einbezogen.

Handlungsempfehlungen und Ergebnisse werden direkt an Politikvertreter sowie über Medien und Fachkonferenzen kommuniziert.

# Sektion 9: Ressourceneffiziente Düngung

**Steigerung der Stickstoffdüngeneffizienz und Abbau der Stickstoffbilanzüberschüsse in der Backweizenerzeugung durch Ausnutzung neuer spezifischer Sorteneigenschaften (N-DECREASE)**

**Projektkoordinator**

Dr. Gerhard Rühl  
Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
Braunschweig  
gerhard.ruehl@julius-kuehn.de

**Verbundpartner**

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt  
Max Rubner-Institut Bundesforschungsinstitut für Ernährung und  
Lebensmittel

## Kurzfassung

### Ziel

Die derzeitig teils überhöhten Anforderungen an den Rohproteingehalt (RP), die oftmals mit einer in ihrer Höhe zu hinterfragenden und ökologisch problematischen N-Spät-düngung erzielt werden, verursachen hohe N-Bilanzüberschüsse in der Backweizenerzeugung. Zwar wird die Spätdüngung mit Inkrafttreten der Novellierung der DüV 2020 nicht mehr im bisherigen Ausmaß umsetzbar sein, jedoch wird durch das Festhalten am RP als Hauptbewertungskriterium im Handel der Einstieg von Sorten, die auch bei deutlich geringerem RP sehr gute Backqualität erzielen, in die landwirtschaftliche Praxis erschwert.

Folgende wissenschaftliche und technische Arbeitsziele werden daher im Rahmen des Projekts verfolgt:

- » Erweiterte Charakterisierung der Proteinqualität von Weizensorten
- » Bewertung der Bedeutung des Feuchtklebergehalts (FK) und des Glutenin-Makropolymer (GMP)-Anteils für die Backqualität
- » Prüfung des Aufmischpotentials aktueller Sorten
- » Verbesserung der Kalibrationen zur Schnellabschätzung der Backqualität mittels NIRS und Probelauf bei den Wirtschaftsbeteiligten
- » Informationstransfer der Ergebnisse in die Praxis

Der Ansatz der Prüfung o.g. Qualitätsparameter wird in Abhängigkeit von der N-Düngung durchgeführt. Dazu wurde ein dreijähriger Feldversuch in den Jahren 2016-2019 an zwei Standorten mit zwölf Sorten und zehn N-Düngungsstufen angelegt. Backversuche sowie verschiedene backtechnologische Untersuchungen werden von den Verbundpartnern des MRI und der LLG durchgeführt.

## Ergebnisse

### *Feuchtkleber (FK)*

Da der FK allein die Backqualität nicht ausreichend beschreiben kann, nutzen einige Verarbeitungsbetriebe die Verhältniszahl aus FK und RP. Diese steigt mit zunehmendem Proteingehalt. Es bestehen einerseits starke Sortenunterschiede, das Verhältnis der Sorten zueinander ist jedoch sowohl über die Standorte als auch über die Jahre (mit extrem unterschiedlichen Witterungsverhältnissen bezogen auf 2017) ähnlich.

Die Heritabilität als Maß der Umweltstabilität des Merkmals FK/RP ( $h^2=0,91$ ) ist gegenüber RP ( $h^2=0,79$ ) und Ertrag ( $h^2=0,42$ ) für praxisübliche N-Düngungsstufen am höchsten.

### *Glutenin-Makropolymere (GMP)*

Die Annahme nach Linnemann (2011), die GMP würden die Volumenausbeute (VA) besser beschreiben als der RP, konnte anhand der Projektdaten bislang nicht bestätigt werden. Der AIC-Vergleich zweier linearer Modelle mit den Erklärungsvariablen GMP bzw. RP zeigt, dass der Zusammenhang zwischen dem RP und der VA größer ist als zwischen GMP und VA. Die Belastbarkeit dieser Zusammenhänge wird mit der Auswertung der noch ausstehenden Analytik geprüft.

### *Aufmischwert*

Die Mischungspartner zur Untersuchung des Aufmischeffektes wurden anhand der spezifischen Dehnungseigenschaften ihres Teiges (Extensogrammdaten) ausgewählt. Zweijährige Ergebnisse zeigen, dass der Aufmischeffekt leicht ansteigt je stärker sich die jeweiligen Partner in ihren Dehnungseigenschaften unterscheiden.

### **Verwertung**

Im Rahmen des Projekts werden grundlegende Aussagen zu wichtigen Parametern der Backqualität erarbeitet und bewertet. Auf Basis dieser Ergebnisse können im Anschluss an das Projekt Entscheidungen getroffen werden, ob eine Änderung der Sortenbewertung sowie der Erfassung und Bezahlung von Weizenpartien sinnvoll und möglich ist.

### **Smartphone basierte optische Verfahren zur Charakterisierung von Einzelkomponenten bei der Herstellung von mineralischen Mischdüngern und Ableitung von Streueigenschaften zur optimierten Streueinstellung bei Zentrifugalstreuern (OptiBlend)**

#### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Hans-Werner Olf  
Hochschule Osnabrück, Osnabrück  
h-w.olf@hs-osnabrueck.de

#### **Verbundpartner**

iotec GmbH  
Amazonen Werke H. Dreyer GmbH & Co.KG

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Das Projektziel ist die Verteilgenauigkeit beim Einsatz von mechanisch gemischten Düngern (Mischdünger) in der Landwirtschaft zu verbessern. Dafür wird eine Smartphone-App entwickelt, die die Einzeldünger in Mischungen anhand ihrer optischen Eigenschaften (z.B. Farbe, Form, Textur) erkennt. Durch den Abgleich vorliegender Düngerdaten soll diese App Düngermischern die Empfehlung geben, ob sich die mit dem Smartphone fotografierten Dünger sinnvoll mischen und adäquat ausbringen lassen. Ungeeignete Mischungspartner entmischen sich beim Lagern, Transportieren und Ausbringen mit der Folge, dass Nährstoffe ungleichmäßig auf der Acker- oder Grünlandfläche verteilt werden. Über die App bekommen Landwirte so die Möglichkeit, die Verteilgenauigkeit der gemischten Dünger durch optimierte Streueinstellung zu verbessern.

### **Ergebnisse**

Im Rahmen von Experteninterviews mit Mitgliedern des Bundesverbandes der Düngemischer wurden Informationen über die Auswahl von Düngerkomponenten, praxisübliche Mischungen und gängige Mischtechnik gesammelt. Dadurch ergab sich eine Auswahl von 67 typischen Einzelkomponenten, die zur Charakterisierung chemisch (Labor Hochschule Osnabrück) und physikalisch (Labor Amazonen Werke H. Dreyer GmbH & Co.KG) untersucht wurden. Die physikalischen Tests zeigten Unterschiede z. B. in Schüttdichte, Korngrößenspektrum und der „spezifischen Wurfweite“. Dabei ließ sich feststellen, dass die durchschnittliche Korngröße und die Schüttdichte in engem Bezug zur Wurfweite stehen.

Welchen Einfluss dies beim Streuvorgang hat, wurde in 89 Streutests in einer speziellen Düngerstreuhalle in Horsens (Dänemark) geprüft. Die Ergebnisse der chemischen



Analyse der in Wiegezellen aufgefangenen Düngerproben belegen, dass eine optimale Querverteilung der Düngermenge nicht immer mit einer gleichmäßigen Verteilung der Nährstoffe einhergeht. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn sich die durchschnittliche Korngröße der Einzeldünger stark unterscheidet.

Für die Entwicklung der App-Algorithmen zur Erkennung der Einzelkomponenten wurden mehr als 6.000 Düngerfotos mit einem Spiegelreflexkamerasystem aufgenommen und vom Projektpartner iotec GmbH anhand optischer Merkmale (Farbe, Textur und Form der Körner) mathematisch analysiert. Die daraus erstellten, statistischen Modelle ermöglichten es, Dünger anhand ihrer Merkmale in über 80 % der Fälle voneinander zu unterscheiden. Neben klassischen Verfahren des maschinellen Lernens (Random Forests, Support Vektor Maschinen) wurden auch Methoden aus dem Bereich des Deep Learning (Convolutional Neural Nets) trainiert. Auf dieser Basis erfolgte der erste Test der App unter Feldbedingungen im Jahr 2019. Die Querverteilung der Dünger wurde

dabei per Smartphone (siehe Abbildung 1), Spiegelreflexkamera und im Labor analysierter Düngerproben erfasst.



Abbildung 1: Bildaufnahme des Mischdüngers mittels Smartphone zur optischen Erkennung der Düngeeinzelkomponenten.

In den Feldversuchen hat sich gezeigt, dass die Bilder des Smartphones durch die interne Software so verändert wurden, dass eine Auswertung per App nicht möglich war. Anhand der am PC ausgewerteten Bilder der Spiegelreflexkamera ließ sich jedoch belegen, dass eine optische Erkennung von Düngern grundsätzlich auch im Feld möglich ist. Durch eine „App-optimierte“ Streueinstellung konnte die Querverteilung der Nährstoffe oft verbessert werden.

### Verwertung

Die erzielten Erkenntnisse zum Streuverhalten von Düngermischungen erweitern den Dünge-Service des Projektpartners Amazonen Werke H. Dreyer GmbH & Co.KG. Landwirte, die Amazone Düngetechnik einsetzen, können nun ihren Düngestreuer gezielter für Mischdünger einstellen. Die im Projekt entwickelte Smartphone-App steht derzeit allerdings noch nicht für den Anwender zur Verfügung. Für den Projektpartner iotec GmbH dient dieses Projekt zur Vertiefung der Geschäftsfelder Bildverarbeitung und App-Entwicklung. An der Hochschule Osnabrück haben die Studierenden die Möglichkeit Einblick in moderne Düngetechnik zu bekommen. Zudem eröffnen die Ergebnisse des Projektes weitere Forschungsfelder für die Hochschule.

### **Elektrisch angetriebene Einarbeitungswerkzeuge zur kombinierten Wirtschaftsdüngerausbringung und Bodenbearbeitung für eine mehrlagige, definierte Einbringung bei reduziertem Zugkraftbedarf (KombiWkz)**

#### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Herlitzius

Technische Universität Dresden – Fakultät Maschinenwesen, Institut für Naturstofftechnik, Dresden

herlitzius@ast.mw.tu-dresden.de

#### **Verbundpartner**

Technische Universität München – Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik

Vogelsang GmbH & Co. KG

ZF Friedrichshafen AG

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und Erprobung einer Applikationseinheit mit reduziertem Zugkraftbedarf für Wirtschaftsdünger und Gärreste aus Biogasanlagen. Elektrisch angetriebene Traktionswerkzeuge sollen Einsparungen bei Treibstoffverbrauch an der Zugmaschine und Emissionen aus Abgasen sowie eine Expansion von Einsatzmöglichkeiten für das Kombinationswerkzeug bewirken. Durch die sofortige Wirtschaftsdüngereinbringung wird eine Minderung der Geruchsbelästigungen und die Reduktion der gasförmigen Stickstoffverluste erreicht.

Die Erprobung der einzelnen Funktionselemente erfolgt mehrstufig. Zunächst wird die Optimierung der Gülleschare in der Bodenrinne untersucht, um widerstandsarme Werkzeugkombinationen zum Einsatz zu bringen. Gleiches wird mit den geplanten Antriebs-elementen der Traktionseinheit durchgeführt. In Freilandversuchen werden die Triebkraftbeiwerte der jeweiligen Elemente ermittelt. Die Ergebnisse fließen in die Konstruktion des finalen Funktionsmusters ein.

Da sich der Bestand von Zugmaschinen mit fest eingebautem elektrischen Generator nur langsam entwickelt, wird in den Versuchen ein Powerpack der TU Dresden eingesetzt, welches an der Frontzapfwelle des Zugfahrzeugs angebracht wird und die benötigte Leistung bereitstellt. Es sind Elektromotoren zur Prüfung eingeplant, die für die bodenbearbeitenden und die Zugkraft unterstützenden Anwendungen kein limitierender Faktor sind. Der Aufwand für Kühlleistung und Mechanik bis hin zur anzutreibenden Traktionseinheit bleiben gering. Das Gesamtsystem orientiert sich an sicherheitsrelevanten Erfordernissen und steht dem Vorhaben als fertig steuerbare Systemlösung zur Verfügung.

## Ergebnisse

Mit den Versuchen der TU Dresden konnte nachgewiesen werden, dass die elektrische Triebkrafterzeugung im Gespann Zapfwellengenerator-Traktor-Bodenbearbeitungsgerät im realen Feldeinsatz funktionsfähig ist. Die Steuerung und Regelung der Traktionsleistung des Bodenbearbeitungsgerätes ermöglicht es, den Gesamtwirkungsgrad des Gespanns und die Zugkraftreduzierung gezielt zu beeinflussen. Die Versuche zeigten zudem, dass die Art der Gestaltung der Triebkraftwerkzeuge, in Kombination mit der Regelung, einen optimalen Einsatz bezüglich Zugkraftentlastung und zusätzliche ackerbaulichen Funktionen ermöglichen.

Die Sensordaten aus den Feldversuchen an der TU München zeigen eine Zugkraftreduzierung im landwirtschaftlichen Arbeitsgang von 30 %, bei einem Schlupf an der Traktionsrolle von 20 %. So führt die Zugkraftbedarfsreduzierung des Versuchsträgers trotz gleichzeitiger Erzeugung der elektrischen Energie aus dem Powerpack an der Frontzapfwelle zur Reduzierung des Dieserverbrauchs. Unter verschiedenen Fahrzuständen regeln Notfallsysteme eine Begrenzung, um keinen Schub des Kombinationsgeräts auf das ziehende Fahrzeug zu erzeugen.

Die ZF Friedrichshafen AG konnte ein optimiertes Design für die Entwicklung eines neuen Elektromotors mit spezieller Auslegung im Hinblick auf den geplanten Feldeinsatz erreichen. Das Portfolio im Bereich Agrareinsatz erweitert sich damit nachhaltig und bildet die Grundlage für weitere Anwendungsmöglichkeit in der Landwirtschaft.

## Verwertung

Das fertige Funktionsmuster entspricht mit einer Arbeitsbreite von 6 m den üblichen Arbeitsbreiten in der Wirtschaftsdüngerausbringung mit sofortiger Bodenbearbeitung. Der Reihenabstand wurde auf 75 cm festgelegt, um einen marktnahen Prototypen für eine Anwendung im Mais darzustellen. Die Markteinführung wird für den Zeitpunkt der generellen Integration von Generatoren im Antriebsstrang moderner Traktoren anvisiert. Die Vogelsang Maschinenbau GmbH beobachtet die Entwicklungen intensiv.

Darüber hinaus gibt es eine kombinierte Nachrüstlösung über Generatoren an der Frontzapfwelle, wodurch die Nachfrage am Markt gestärkt würde. Der Verbund sieht weitere Möglichkeiten mit elektrischer Unterstützung Elemente der Bodenbearbeitung und Gülleausbringtechnik weiterzuentwickeln und zur Marktreife zu führen.

### Optimierung der N-Düngung im Freilandgemüsebau (MoDeN)

#### Projektkoordinator

Sarah Françoise Meyer und Manfred Kohl  
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Köln-Auweiler  
SarahFrancoise.Meyer@LWK.NRW.DE

#### Verbundpartner

AELF (Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Fürth),  
DLR (Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz),  
IGZ (Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren und Erfurt),  
TI (Thünen-Institut für Betriebswirtschaft)

#### Projekthomepage

<https://moden.igzev.de/de/>

### Kurzfassung

#### Ziel

Ziel des Projektes ist es, optimierte Stickstoffdüngestrategien hinsichtlich Ertrag, Umwelt und Wirtschaftlichkeit zu entwickeln, in Modell- und Demonstrationsbetrieben zu erproben und den erarbeiteten Wissensstand in die Praxis zu transferieren.

#### Ergebnisse

##### *Kulturbegleitendes Nmin-Sollwert-System (KNS) und N-Expert*

Der tatsächliche Düngebedarf von Gemüsekulturen, die länger als acht Wochen stehen, ist im Voraus schwer abzuschätzen. Entscheidend ist, wieviel Stickstoff im Laufe der Zeit aus der organischen Substanz im Boden freigesetzt wird. Neben organischer Düngung, Humusgehalt des Bodens und Bodenart spielt das Wetter eine entscheidende Rolle.

Das KNS-System ermöglicht es, basierend auf aktuellen Bodenproben und der zu erwartenden Aufnahme der Pflanze tagesaktuelle Düngeempfehlungen zu geben. Durch dieses Verfahren konnte auf vielen Flächen eine Düngeeinsparung gegenüber des anfangs gemäß Düngeverordnung ermittelten Düngebedarfs erzielt werden. Auf anderen Flächen zeigte sich kein Einsparpotential. In zwei Jahren wurden beispielsweise auf vier unterschiedlichen Wirsingflächen eines Betriebes ganz unterschiedliche Stickstoffdynamiken gefunden. Diese Methode ist jedoch sehr zeit- und kostenintensiv: Für Porree, Kopfkohl, Wirsing und Knollensellerie werden mindestens drei Bodenproben benötigt. Probenahme und Analyse kosten bis zu 50 € oder alternativ ca. eine Stunde eigene Arbeitszeit. Nicht immer können diese Kosten durch Düngeeinsparung kompensiert werden.

N-Expert ist eine Softwarelösung, die eine noch präzisere Anwendung des KNS-Systems ermöglicht. Insbesondere können betriebs- und jahresspezifische Abweichungen von der Standardkulturdauer abgebildet werden. Das Programm erfordert jedoch eine sehr umfangreiche Einarbeitung, daher eignet es sich insbesondere für spezialisierte Düngeberater.

#### *Düngefenster*

Düngefenster eignen sich insbesondere für Kulturen mit nur einem Düngetermin (z.B. Salat), um eine reduzierte Düngung auszutesten. Dazu wird ein Teil eines Feldes reduziert gedüngt. Mit einem Positionseffekt muss allerdings gerechnet werden, besonders, wenn die Bewässerungsverteilung inhomogen ist. Auch Vorkultur und Witterung haben einen entscheidenden Einfluss darauf, ob eine reduzierte Düngung funktioniert oder nicht. Ein Düngefenster sollte daher auf verschiedenen Flächen in mehreren Jahren wiederholt werden.

#### *Zwischenfrüchte*

Der Anbau von Zwischenfrüchten stellt im Gemüsebau eine Herausforderung dar und ist daher noch nicht überall verbreitet: Viele Gemüseflächen werden ab Anfang März bepflanzt und nicht vor September frei. Auf den Modellbetrieben konnten folgende Lösungen erarbeitet werden:

- » Wann und ob eine Zwischenfruchtart genügend N binden kann, hängt von Bodenart, Witterung und der Bewässerung der Vorkultur ab. Auf zuvor ausreichend bewässerten Böden entwickelt sich eine Zwischenfrucht in einem trockenen, warmen September noch sehr gut, was mit dem fortschreitenden Klimawandel immer häufiger gegeben ist.
- » Zwischenfrüchte mit Aussaat bis 1.10. konnten bis zum Winter 2018 bzw. 2019 50-60 kg N binden. Als geeignet erwiesen sich auch bei Trockenheit Grünroggen oder Mischungen mit Rauhafer und Phacelia.
- » Eine Zwischenfruchtaussaat Ende Oktober/Anfang November wird bisher selten durchgeführt. Um Auswaschung zu verhindern, wäre der Verzicht auf Bodenbearbeitung sinnvoller, diese ist aus phytosanitären Gründen aber oft wichtig. Zwischenfrüchte sind unter diesen Umständen die bessere Wahl als Brache, sofern die nächste Kultur erst ab April folgt. Nach ersten Mineralisierungsschüben in milden Februarwochen folgte noch einmal eine Phase mit Starkniederschlägen. Zwischenfrüchte verhindern, dass der freiwerdende Stickstoff im März sofort ausgewaschen wird.

### **Verwertung**

Die Erkenntnisse des Projektes werden auf diversen Veranstaltungen in die Praxis transferiert und in das Beratungskonzept der LWK NRW integriert. Im Rahmen des Projektes wird für die Praxis eine Broschüre des Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) erstellt.

# Sektion 10: Innovative Lösungen zur Verbesserung des Tierwohls

## Konsortialprojekt zum Verzicht auf Schwanzkupieren beim Schwein (KoVeSch)

### Projektkoordinator, Institution

apl. Prof. Dr. Lars Schrader & Dr. Antonia Patt  
Friedrich-Loeffler-Institut, Institut für Tierschutz und Tierhaltung, Celle  
antonia.patt@fli.de

### Verbundpartner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg  
Landwirtschaftskammer Niedersachsen  
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen  
Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## Kurzfassung

### Ziel

Das Ziel des Konsortialprojekts ist es, Schweinehaltern Hilfestellungen für betriebsspezifische Optimierungsmaßnahmen zu geben, die die Haltung unkupierter Schweine ermöglichen. Ausgangspunkt sind bestehende konventionelle Buchten, in denen bisherige Erkenntnisse über Maßnahmen zur Prävention von Schwanzbeißen beim Verzicht auf Schwanzkupieren weitestgehend umgesetzt werden. Dazu gehören beispielsweise eine Strukturierung der Bucht in Funktionsbereiche, die Schaffung von Kleinklimazonen in der Bucht, die Vorlage von organischem Beschäftigungsmaterial und eine verringerte Besatzdichte. Ausgehend von diesen „KomfortPlus-Buchten“ sollen dann schrittweise Maßnahmen reduziert werden, so dass am Ende des Projekts verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten mindestens notwendiger Optimierungsmaßnahmen beschrieben werden, mit denen betriebsindividuell auf Schwanzkupieren verzichtet werden kann. Im Hinblick auf die multifaktoriellen Ursachen von Schwanzbeißen ist das Vorgehen einer

schrittweisen Reduktion vielversprechend, da hiermit das Zusammenwirken verschiedener Risikofaktoren für Schwanzbeißen berücksichtigt wird. Die begleitende Erfassung der Kosten und des Arbeitsaufwands liefert den Tierhaltern zusätzliche Entscheidungsgrundlagen für geeignete, betriebspezifische Optimierungsmaßnahmen. Neben einer Prävention, die in Form von Optimierungen durchgeführt wird, werden Möglichkeiten zur Früherkennung untersucht. Nur wenn bevorstehende Schwanzbeißausbrüche frühzeitig erkannt werden, können rechtzeitig Interventionsmaßnahmen eingeleitet werden. Um die Tierhalter bei der notwendigen Tierkontrolle im Rahmen einer Früherkennung zu unterstützen, werden daher innovative Methoden der Früherkennung von Schwanzbeißen (z. B. Schwanzhaltung, optischer Fluss, Manipulation von Beschäftigungsmaterial, Bewegungsaktivität, Wasseraufnahme, Trog-/Tränkebesuche) entwickelt und validiert.

### **Ergebnisse**

Bestehende konventionelle Buchten in Ferkelaufzucht und Schweinemast wurden auf den Versuchsstationen von fünf Projektpartnern zu sogenannten KomfortPlus-Buchten optimiert. Die Erfahrungen der bisher durchgeführten Durchgänge zeigten, dass einzelne Optimierungsmaßnahmen nachgebessert werden mussten bzw. auch noch weiterhin müssen, um ihre gewünschte Wirkung, d.h. eine minimale Prävalenz von Teilverlusten der Schwänze, zu erzielen. Der Strukturierung der Buchten wird dabei eine hohe Wichtigkeit zugeschrieben. Im Zusammenhang mit der Entwicklung und Validierung von Indikatoren zur Früherkennung wurde der Prototyp eines sogenannten „Bite-o-Mat“ abgeschlossen, mit dessen Hilfe die Manipulation von Beschäftigungsmaterial tierindividuell erfasst werden kann. Im Rahmen der Evaluation von Verhaltensindikatoren wurden SmartHome-Produkte zur Ermittlung der Aktivität der Tiere in den Buchten getestet und validiert. Zusätzlich werden aktuell mit computergestützten Auswertungsalgorithmen die bereits vorliegenden Videoaufzeichnungen analysiert, um Veränderungen im Verhalten („optischer Fluss“) zu entdecken. Des Weiteren fand eine Validierung der Futter- und Wassermengensmesstechnik an den Standorten statt. Die Datenaufnahme zur Überprüfung der Eignung der verschiedenen Indikatoren zur Früherkennung von Schwanzbeißen hat auf den Versuchsstationen von vier Projektpartnern begonnen und dauert an.

### **Verwertung**

Die Umsetzungen der verschiedenen Optimierungsmaßnahmen werden regelmäßig durch die Landeseinrichtungen im Rahmen der überbetrieblichen Ausbildung, bei Fachtagungen und Lehrgängen für Landwirte in die landwirtschaftliche Praxis getragen und zusammen mit den laufenden Ergebnissen diskutiert. Die Daten der Validierungen des „Bite-o-Mat“ sowie erste Ergebnisse zur Schwanzhaltung werden derzeit für wissenschaftliche Publikationen vorbereitet und ausgewertet. In der Ausbildung der Studierenden werden die umgesetzten Optimierungen ebenso vorgestellt wie in Vorträgen auf Tagungen und in verschiedenen Gremien.



## Entwicklung eines mobilen Fischtransportsystems mit integrierter Wasseraufbereitung (FiT)

### Projektkoordinator

Dr. Matthew Slater

Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und

Meeresforschung (AWI), Bremerhaven

Mirko.Boegner@awi.de

### Verbundpartner

Zordel Fischhandels GmbH

Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES)

Institut für Fische und Fischereierzeugnisse Cuxhaven (IFF)

## Kurzfassung

### Ziel

Bei dem FiT Projekt handelt es sich um ein Entwicklungsvorhaben, welches zum einen die Verbesserung des Transports von lebenden Fischen verfolgt und zum anderen durch einen schonenderen Transport eine verbesserte Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der Lebensmittelsicherheit und -qualität erarbeitet.

Dazu haben die Projektpartnern AWI, die Firma Zordel und dem LAVES-IFF ein neues Fischtransportmodul entwickelt, welches eine Wasseraufbereitung beinhaltet und die Wasserqualität während des Transports für das Tierwohl unter Berücksichtigung der Lebensmittelsicherheit und -qualität optimiert.

Das AWI und die Firma Zordel haben hierfür einen Prototyp mit integrierter Wasseraufbereitung, basierend auf einem Airlift- kombinierten Zeolithfiltersystem, entwickelt und konstruiert und in Transportsimulationen getestet. Das LAVES-IFF hat die Lebensmittelsicherheit und -qualität insbesondere in Bezug auf Veränderungen in der sensorischen, chemischen und mikrobiologischen Fleischqualität und -sicherheit begleitend untersucht. Diese Parameter waren zum einen für die Wirtschaftlichkeitsanalyse unerlässlich und zum anderen in enger Verbindung zum Tierwohl zu sehen, welches anhand von gängigen Stressparametern bereits am lebenden Tier durch das AWI bestimmt und beurteilt wurden. Die entwickelte und erprobte Wasseraufbereitung wurde abschließend in ein Fischtransport-LKW der Firma Zordel integriert und unter realen Bedingungen getestet.

## Ergebnisse

In Simulationsversuchen bei kommerziellen Transportdichten konnte gezeigt werden, dass der Airlift/Zeolithfilter sich deutlich positiv auf kritische Wasserparameter auswirkte. Der Anstieg des fischgiftigen Ammoniums im Haltungswasser konnte um bis zu 25 % gesenkt werden. Zudem konnte die Kohlendioxidkonzentration im Wasser auf einem konstant niedrigen Niveau von ca. 20 mg/L gehalten werden. Die erzielten Verbesserungen der Wasserqualität hatten auch einen positiven Einfluss auf das Tierwohl der transportierten Forellen. Es konnte eine signifikante Reduktion des Stresshormones Cortisol detektiert werden und auch giftiges Kohlendioxid im Blut der Tiere konnte deutlich reduziert werden. Die positiven Effekte der Simulationsversuche konnten bei Realtransporten bestätigt werden (Abbildung 1). Sowohl Wasser- als auch Tierwohlparameter zeigten deutlich bessere Werte als im Transporttank ohne Wasseraufbereitung. Auch unter erhöhten Forellen- Transportdichten konnten verbesserte Kohlendioxidkonzentrationen im Haltungswasser erzielt werden und die Stressbelastung der Forellen blieb niedrig.

Die ermittelten Ergebnisse zur Lebensqualität und -sicherheit zeigten, dass das erweiterte Transportsystem auch Auswirkungen auf das Lebensmittel hat. Es ist zwar für den Verbraucher beim Verzehr der Filets nicht möglich, konventionell transportierte Regenbogenforellenfilets, die direkt nach der Schlachtung gewonnen wurden, von denjenigen zu unterscheiden, die mit dem erweiterten System transportiert worden sind, jedoch konnte hinsichtlich der mikrobiologischen Lebensmittelaspekte erkannt werden, dass es zu einem geringeren Qualitätsverlust bei Lagerung der Erzeugnisse kam.



Abbildung 1: Entladen des Versuchs-Fischtransportfahrzeuges.

### **Verwertung**

Die erzielten Ergebnisse im Projekt führten zu einer direkten Entwicklung eines kommerziellen Prototyps für den Fischtransport. Es konnte gezeigt werden, dass sich die im Labormaßstab ermittelten Ergebnisse auch auf einen kommerziellen Maßstab übertragen lassen.

Die Firma Zordel konnte auf Basis der im Projekt entwickelten Ergebnisse ein Transportfahrzeug aufbauen, welches in der Lage ist eine deutliche Verbesserung der Wasserqualität während des Transportes sicher zu stellen. Das System wird inzwischen dauerhaft durch die Firma Zordel bei Fischtransportern eingesetzt. Die Projektergebnisse führten auch zur Entwicklung eines Schnellfiltersystems, welches zum Patent angemeldet wurde.

### **Mobilstallhaltung von Legehennen: Innovationen zur Umsetzung eines gesetzeskonformen Hygienemanagements in der Praxis (Hyg-MobiLe)**

#### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Nicole Kemper  
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene,  
Tierschutz und Nutztierethologie (ITTN), Hannover  
nicole.kemper@tiho-hannover.de

#### **Verbundpartner**

Hochschule Osnabrück, Fachgebiet für Tierhaltung und Produkte, Schwerpunkt angewandte Geflügelwissenschaften (StanGe)  
Stallbau Weiland GmbH & Co KG

### **Kurzfassung**

#### **Ziel**

Der Einsatz von Mobilställen in der Legehennenhaltung stellt eine tier- und umweltgerechte Alternative zu herkömmlichen, stationären Stallsystemen dar und erfreut sich wachsender Beliebtheit. Allerdings bestehen bei dieser Haltungsform derzeit noch einige Unsicherheiten bei der Umsetzung der gesetzlich vorgeschriebenen Hygienemaßnahmen. Zusätzlich fehlen in der Praxis Handlungsempfehlungen in Bezug auf die vorbeugende Absicherung der Mobilställe gegen einen Erregereintrag sowie auf die gesetzlich vorgeschriebenen Maßnahmen im konkreten und akuten Tierseuchenfall.

Ziel dieses Projektes ist es, ein Hygienekonzept bestehend aus einem modifizierten Mobilstall, beziehungsweise Elementen zur Nachrüstung von bereits vorhandenen Ställen, und einem Managementpaket mit Fokus auf allgemeinen und speziellen Hygienemaßnahmen zu entwickeln. Hierzu erfolgen an den zwei Versuchsstandorten der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover und der Hochschule Osnabrück Erhebungen zur Tiergesundheit, zum Tierverhalten, zur Tier- und Umwelthygiene sowie der Praktikabilität im Arbeitseinsatz. Weiterhin werden bei einer simulierten Aufstallung, wie sie im Falle eines Ausbruchs der Geflügelpest amtlich angeordnet werden kann, Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des Tierwohls während der Aufstallung evaluiert. Bereits während des Projektes wird das Konzept bewertet und weiterentwickelt, um ein nachhaltiges, gesetzeskonformes Hygienemanagement unter besonderer Berücksichtigung des Tier- und Umweltschutzes, der Praktikabilität und Wirtschaftlichkeit zu erarbeiten und in der Praxis zu etablieren.

## Ergebnisse

Zur Erfassung praxisrelevanter, bestehender Defizite im Umgang mit der Aufstallungspflicht wurden Fragebogenbasierte Erhebungen mit Mobilstall-Betreibern (n=20) in einem ersten Arbeitspaket durchgeführt und ausgewertet. Diese Auswertung wurde unterstützend zur Erstellung der Anforderungslisten an einen Mobilstall-Prototyp mit Hygieneschleuse sowie an Nachrüstmodule herangezogen und bestätigte den Bedarf an Managementempfehlungen im Seuchengeschehen. Die Produktion des im Projekt eingesetzten modifizierten Mobilstalls sowie der Elemente zur Nachrüstung wurde zum Jahreswechsel 2019/20 abgeschlossen. Eine Anpassung der Systeme wird kontinuierlich im Projekt gewährleistet, um auf Erkenntnisse im Projekt reagieren zu können.

Die Erhebungen zu Tiergesundheit und -verhalten sowie zur Tier- und Umwelthygiene haben im Frühjahr 2020 begonnen und werden im jahreszeitlichen Verlauf über zwei aufeinanderfolgende Legehennendurchgänge ausgewertet.

## Verwertung

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung und der steigenden Nachfrage mobiler Haltungssysteme wird erwartet, dass die Ergebnisse des Projektes unmittelbar als Empfehlung für die Praxis von Bedeutung sein werden. Stallbau Weiland wird die Ergebnisse in Produktverbesserungen im Sinne der Tiergesundheit und des Tierwohls berücksichtigen und in die laufenden Beratungen für Kunden aufnehmen. Zudem sind Impulse für weitere Anbieter von Mobilställen zu erwarten. Ferner fließen die Ergebnisse des Projekts in Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen der Projektpartner ein und werden zudem einer breiten Öffentlichkeit präsentiert. Es ist geplant, die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse in Fachjournalen sowie in Form von Fachbeiträgen auf nationalen und internationalen Tagungen zu veröffentlichen.

### **Etablierung neuer Gesundheitsmerkmale in der Zucht durch Aufbau einer weiblichen Lernstichprobe für die genomische Selektion beim Braunvieh (BraunviehVision)**

#### **Projektkoordinator**

Prof. Dr. Kay-Uwe Götz  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierzucht,  
Poing-Grub  
Kay-Uwe.Goetz@lfl.bayern.de

#### **Verbundpartner**

Allgäuer Herdebuchgesellschaft (AHG)  
Weilheimer Zuchtverbände e.V.  
Rinderunion Baden-Württemberg e.V. (RBW)  
Förderverein Bioökonomieforschung e. V. (FBF)

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Braunvieh Vision (BVV) verfolgt das Ziel, durch den Aufbau einer weiblichen Lernstichprobe die Effizienz der genomischen Selektion zu verbessern und die Zucht auf neue, gesundheitsrelevante Merkmale möglich zu machen. Als Grundlage dienen Phänotypdaten für Mastitis, Fruchtbarkeitsstörungen, Zysten, Milchfieber und Klauenbefunde, die über die bereits etablierten Gesundheitsmonitoringprogramme an genotypisierten Kühen erfasst werden. Diese Merkmale bilden die Grundlage neuer genomischer Zuchtwertschätzverfahren und in der Folge einer Zucht auf bessere Gesundheit. Neben der Lieferung von Daten können die teilnehmenden Betriebe auch mit Hilfe der genomischen Zuchtwerte ihrer Tiere das züchterische Niveau ihrer Herde durch die gezielte Auswahl von weiblichen Kälbern für die Nachzucht verbessern.

### **Ergebnisse**

Für das Projekt konnten 242 Braunviehbetriebe aus Bayern und Baden-Württemberg gewonnen werden, die ausgewählte Gesundheitsdaten in ihren Betrieben im Rahmen des Projektes erfassen. Ein zweiwöchentliches Monitoring der gemeldeten Gesundheitsdaten hilft den Mitarbeitern der Zuchtverbände bei der Betreuung der Betriebe und gewährleistet eine kontinuierliche Erfassung von Beobachtungen durch den Landwirt bzw. von Diagnosen durch den Tierarzt.

Genomische Zuchtwertschätzverfahren ermöglichen durch die Kopplung von Genotyp- und Phänotypinformationen die Schätzung von genomischen Zuchtwerten, die in ihrer Sicherheit den konventionellen Zuchtwerten für junge Tiere deutlich überlegen sind.

Zum Aufbau solcher Zuchtwertschätzverfahren ist aber die Genotypisierung einer großen Zahl von Kühen notwendig, an denen gleichzeitig Phänotypdaten erhoben wurden. Bis April 2020 wurden in den Projektbetrieben 22.400 Braunviehtiere genotypisiert. Die genotypisierten Tiere stellen eine repräsentative Stichprobe der letzten Jahrgänge aller deutschen Besamungsbullen und damit der deutschen Braunviehpopulation dar (siehe Abbildung 1).

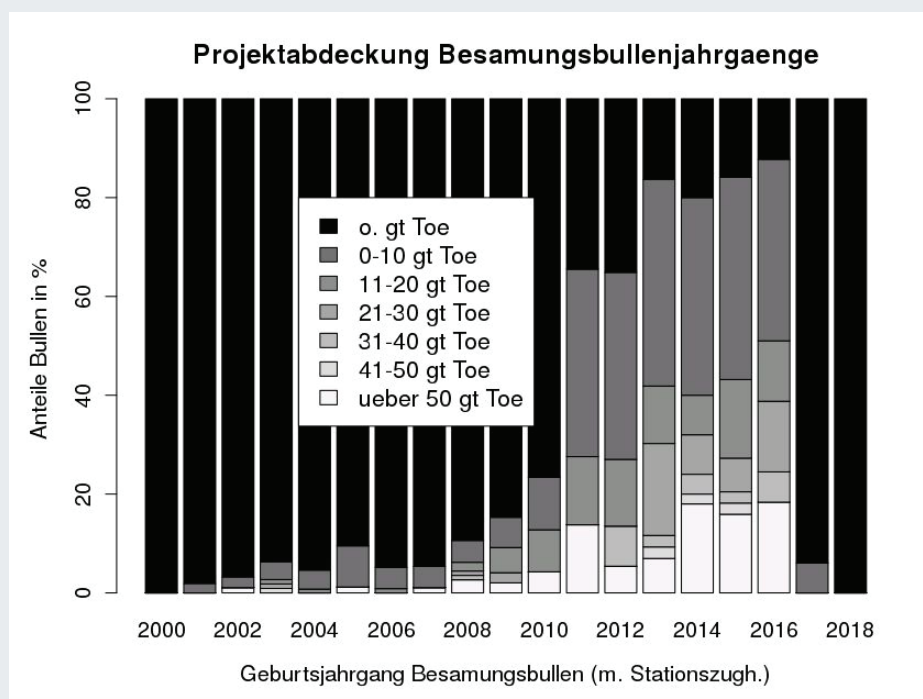


Abbildung 1: Überblick zur Abdeckung der in Deutschland angekauften Besamungsbullenjahrgänge mit Töchtern aus dem Projekt BraunviehVision.

Aktuell liegen bereits für 8.500 genotypisierte Kühe Daten der konventionellen Leistungsprüfungsmerkmale, Exterieurmerkmale und Gesundheitsmerkmale vor, die zum Aufbau von genomischen Zuchtwertschätzverfahren beim Braunvieh genutzt werden. Zur optimalen Verwertung der im Projekt generierten Daten, werden sogenannte Single-Step Verfahren zur genomischen Zuchtwertschätzung entwickelt. Dieses neue Verfahren ermöglicht es, alle vorliegenden Informationen aus Phänotypen, Pedigrees und Genotypen optimal zu nutzen und auch die hohen Selektionsintensitäten der historisch selektierten genotypisierten Kandidaten im Schätzsystem korrekt zu berücksichtigen. In den rechentechnisch sehr aufwändigen Single-Step Verfahren tragen die genotypisierten weiblichen Tiere automatisch zur Schätzung der genomischen Zuchtwerte bei, so dass die Vorhersagequalität und Sicherheit der Zuchtwerte von Kandidaten und weiblicher Nachzucht und somit deren Selektion deutlich verbessert werden können.

### **Verwertung**

Die erfassten Phänotypen werden derzeit schon in die vorhandenen konventionellen länderübergreifenden Zuchtwertschätzverfahren der Rasse Braunvieh einbezogen und führen hier bereits zu einer deutlichen Zunahme der Phänotypenbasis und damit zu einem Anstieg der Sicherheiten von Zuchtwerten töchtergeprüfter Bullen.

Erste Pilotverfahren der Single-Step Zuchtwertschätzverfahren wurden für die Rasse Braunvieh entwickelt und sollen Anfang 2021 in einem ersten Testlauf den Organisationen zur Verfügung gestellt werden. Die neuen Single-Step Verfahren werden danach in die Routine umgesetzt und die Ergebnisse stehen den Braunviehorganisationen und -betrieben für die Selektion der männlichen und weiblichen Tiere zur Verfügung.





BestTUPferd

### **Entwicklung eines Bewertungssystems zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit und der Umweltwirkungen von Pferdehaltungen als EDV-basiertes Beratungsinstrument (BestTUPferd)**

#### **Projektkoordinator**

Dr. Miriam Baumgartner & Univ.-Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen  
Technische Universität München, Freising  
m.baumgartner@tum.de

#### **Verbundpartner**

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen  
Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse  
Fraunhofer-Anwendungszentrum SYMILA  
Ferber-Software GmbH

## **Kurzfassung**

### **Ziel**

Eine stetig wachsende Zahl an wissenschaftlichen Studien belegt, dass nicht nur in der Nutztier-, sondern auch in der Pferdehaltung Defizite in den Haltungsbedingungen vorliegen, die zu einer Beeinträchtigung des Tierwohls führen. Bislang fehlt in der Pferdehaltung eine objektive Bewertungsmöglichkeit, um u.a. tierschutzrelevante Missstände aufzudecken. Daher hat vorliegendes Forschungsvorhaben zum Ziel, für die Sport- und Freizeitpferdehaltung ein digitales Beratungstool zur Überprüfung der Tier- und Umweltgerechtigkeit zu entwickeln. Die zugrundeliegenden Messgrößen wurden im engen Austausch mit den wichtigsten Vertretern der Pferdebranche und weiteren Wissenschaftlern entwickelt. Dadurch konnte bereits ein breiter Konsens unter den Vertretern der Zielgruppen erreicht werden.

Die aktuell in der Entwicklung befindliche Software-Anwendung soll geschulte BeraterInnen befähigen alle Einzel- und Gruppenhaltungsverfahren von Pferden einheitlich und umfassend zu überprüfen (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Vorgehensweise bei einer Datenerhebung und -analyse mittels BestTUPferd.

## Ergebnisse

Für das geplante Benchmarking-System wurde das Scoring von Ziel-, Richt- und Grenzwerten sowie die Gewichtungen der Indikatoren zueinander in einer eigens dafür entwickelten Aggregationssoftware („BestIndex“) festgelegt. Das Beratungstool setzt sich aus zwei Komponenten, der Erfassungsmatrix und der Auswertungsmatrix, zusammen. Aufgrund der zahlreichen internen Abhängigkeiten und der Anforderung unterschiedlicher Stichproben weist die Erfassungsmatrix eine sehr komplexe Struktur auf. Der Verbundpartner Fraunhofer FIT entwickelte daher ein individuelles, dynamisches Format. Der gewählte Ansatz erlaubt nun eine einfache Anpassung der unterschiedlichen App-Versionen und weiterer Verwertungsansätze.

Für die Auswertungsmatrix, welche technisch von der Ferber-Software GmbH umgesetzt wird, ist eine transparente, anwenderorientierte Darstellung der Schwächen und Stärken sowie ein standardisiertes Maßnahmenprotokoll mit konkreten Handlungsempfehlungen für den Betriebsleiter geplant.

### **Verwertung**

Das digitale Beratungstool soll nachfolgenden Institutionen eine einheitliche, wissenschaftliche basierte Bewertungsmöglichkeit bieten: Staatliche und private Beratungsstellen, Zucht-, Reit- und Bioverbände, Tierärzte, Pferdesachverständige, Lehreinrichtungen, Tier-Versicherungen und der Stallbauindustrie. Eine Weiterentwicklung für die Zucht- und Gnadenbrotpferdehaltung sowie für den Bereich Arbeitsschutz bietet sich an, da der Aufbau der App den Einbau von Zusatz-Modulen ermöglicht. Der fachliche Austausch mit dem Projekt „DiWenkLa“ (digitales Experimentierfeld in der Landwirtschaft) ergab, dass praxisreife digitale Monitoring-Daten in der Pferdehaltung als wertvolle Informationen für die Beratung mittels „BestTUPferd“ zukünftig genutzt werden sollten.

## Analyse der Lokomotion des Milchrindes mit einem innovativen Druckmesssystem zur nachhaltigen Optimierung von tierartgerechten Haltungsverfahren (KlauSens)

### Projektkoordinator

Prof. Dr. Christoph K.W. Mülling  
Veterinär-Anatomisches Institut der Universität Leipzig, Leipzig  
c.muelling@vetmed.uni-leipzig.de

### Verbundpartner

Thorsis Technologies GmbH

## Kurzfassung

### Ziel

Im Projekt „KlauSens“ wird ein innovatives, mobiles und robustes Sensorsystem zur Messung der Druckbelastungen unter den Klauen von Milchkühen im Laufstall entwickelt und unter Praxisbedingungen getestet. Das Sensorsystem besteht aus flexiblen, textilen, wasserfesten Sensorsohlen und Klauenschuhen. Es dient der Erfassung von Daten, die die direkte Interaktion zwischen Klaue und Boden beschreiben. Ziel ist es, mit dem Sensorsystem die Laufflächengestaltung von Milchrinderhaltungssystemen sowie die biomechanischen Effekte und damit die Qualität der Klauenpflege objektiv zu analysieren und zu beurteilen. Dies wird zu einer nachhaltigen Optimierung der Haltungsbedingungen von Milchrindern mit Reduktion der Klauenerkrankungen und Verbesserung des Tierwohls beitragen.

### Ergebnisse

In der ersten Projektphase lag der Schwerpunkt auf der Entwicklung und Erprobung der Klauensensorik und der dazugehörigen Software. Es wurden erste Sensorprototypen inkl. Datenloggern zur Druckmessung unter der Rinderklaue entwickelt, die den hohen mechanischen Belastungen während der Anwendung standhalten (siehe Abbildung 1). Die Messdaten werden kontinuierlich aufgezeichnet und in einem Datenlogger an der Gliedmaße gespeichert sowie gleichzeitig per WLAN an einen Laptop übermittelt (siehe Abbildung 2). Zur Adaption für die Nutzung beim Rind erfolgte an der Sensorsohle die Einbettung von Dyneema-Fasern zum Schutz vor mechanischen Schäden, die Abdichtung gegenüber Feuchtigkeit sowie die Anpassung der Formgebung und die Untergliederung der Sohle in Zonen (je nach klinischer Relevanz). Auch die weiteren Hardwarekomponenten wurden entsprechend robust gestaltet, so dass Verschmutzungen, mechanische Einflüsse und Feuchtigkeit in der Stallumgebung keine Schäden verursachen können. Hinsichtlich der Software erfolgte eine sinnvolle und praxisorientierte Anpassung der Anwenderoberfläche, die eine Darstellung der Messdaten in Echtzeit

sowie eine Auswertung der Druckmessungen ermöglicht. Die Datenerfassung und -auswertung erfolgt für Innen- und Außenklaue getrennt.



Abbildung 1: (A) flexibler, wasserfester Sensor für die Klauen einer Gliedmaße, (B) Sensor mit textilem Befestigungsschuh und Datenlogger an der Gliedmaße.

Neben der Entwicklung des eigentlichen Messsystems, der Sensoren und der Software, kam der Entwicklung eines zuverlässigen und dauerhaft haltbaren Systems zur Anbringung des Messsystems an die Rinderklaue maßgebliche Bedeutung zu. Parallel zur Entwicklung der Messelektronik erfolgte die Erstellung eines Klauenschuhs auf textiler Basis. Der Fokus lag dabei auf der Realisierung einer guten Anbringung des Schuhs im Klauenpflagestand (Durchtreibbestand) sowie der Möglichkeit Hygiene- und Infektionsschutzmaßnahmen für die Wiederverwendung des Schuhs durchzuführen (Wasch-, Desinfizier- und Autoklavierbarkeit). Die zuverlässige Einbettung der Sensorsohle in den Klauenschuh, die gleichzeitig ein Auswechseln der Sensorsohle zulässt, konnte umgesetzt werden.



Abbildung 2: Druckmessungen im Rinderstall.

Die Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis zu Testzwecken erfolgte im Milchrinderbestand des Lehr- und Forschungsgutes Oberholz der Universität Leipzig. In diesem Bestand fanden im Rahmen eines Tierversuches auch erste Validierungen des Drucksensorsystems unter Nutzung von Inertialsensoren (Accelerometer, Gyroscop, Magnetometer) statt.

### **Verwertung**

Das Sensorsystem aus KlauSens ermöglicht eine genaue Untersuchung unterschiedlicher Stallböden hinsichtlich der biomechanischen Auswirkungen auf die Klauen sowie der Eignung für die Haltung von Rindern. Das Sensorsystem kann bei Neuentwicklungen oder Problemen im Bereich der Laufflächengestaltung detaillierte Analysen liefern. Weiterhin ist auch eine objektive Beurteilung der Effekte der Klauenpflege auf die Biomechanik der Klaue möglich. Durch die von der Sensortechnik erzeugten Messdaten werden Landwirte, Tierärzte und Klauenpfleger bei der Prävention von Klauenerkrankungen durch objektive Messdaten unterstützt. Das Druckmesssystem kann des Weiteren von Beratern für Stallbau und Herdenmanagement eingesetzt werden.



# Impressum

## Herausgeberin

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung  
Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn

## Ansprechpartner

BLE  
Referate 321 und 322 – Innovationen  
Deichmanns Aue 29 | 53179 Bonn  
Internet: [www.innovationstage-digital.de](http://www.innovationstage-digital.de)  
[www.ble.de/innovationstage/](http://www.ble.de/innovationstage/)  
E-Mail: [innovationstage@ble.de](mailto:innovationstage@ble.de)

## Stand

Oktober 2020

## Layout

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung  
Referat 411 – Medienkonzeption und -gestaltung

## Bildnachweis

Titelbild und Projekt soil2data: Hochschule Osnabrück;  
Alle weiteren Bilder wurden von den jeweiligen Projekten zur  
Verfügung gestellt

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

