

Bakteriophagen und molekulare Pathogendiagnostik für einen Pflanzenschutz der Zukunft

Dr. Carina Rohmer
Jens Wetschky M.sc.

Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Auf einem Blick

- Anwendungsorientierte Forschung
- Fokus auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien
- Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie
- Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen



30 800
Mitarbeiterinnen und
Mitarbeiter



76 Institute und
Forschungseinrichtungen



Fraunhofer IGB

Zahlen, Fakten und Standorte



1953 gegründet, seit **1962**
Teil der Fraunhofer-Gesellschaft

Betriebshaushalt 2023
von **30,2 Mio. €**

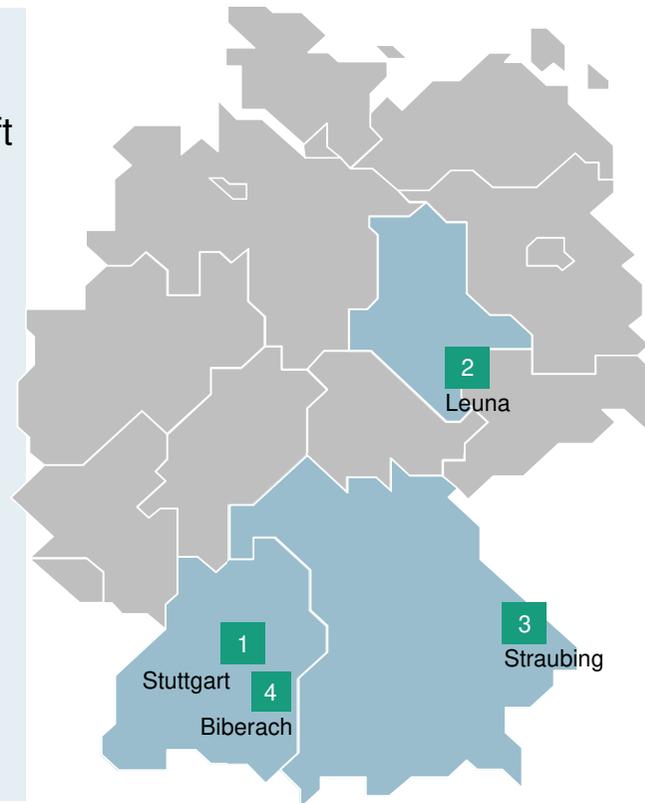


353 Mitarbeitende



4
Standorte

8300 m² Infrastrukturfläche –
zum Betrieb von Anlagen bis
zum Demonstrationsmaßstab



**Fraunhofer-Institut für
Grenzflächen- und
Bioverfahrenstechnik IGB,**
Standort Stuttgart



**Fraunhofer-Zentrum für
Chemisch-Biotechnologische
Prozesse CBP,**
Institutsteil Leuna



**Bio-, Elektro- und
Chemokatalyse BioCat,**
Institutsteil Straubing



**Außenstelle
Virus-basierte Therapien**
Standort Biberach

IGB - Standort Stuttgart

Biotechnologie und Verfahrenstechnik für Gesundheit und Umwelt

Abteilungen

- Virus-basierte Technologien
- Funktionale Oberflächen und Materialien
- Wassertechnologien, Wertstoffgewinnung und Scale-up
- Zell- und Gewebetechnologien
- Industrielle Biotechnologie
- In-vitro-Diagnostik



Zahlen und Fakten



246 Mitarbeitende
(inkl. Hiwis)

5900 m²
Labors und Technika



Stand: 12/2023

Highlight-Themen

- In-vitro-Testsysteme
- Virus-Engineering
- Wertstoffe aus Mikroalgen
- Nährstoffrecycling
- Wasseraufbereitung
- Abwasser- und Abfallbioraffinerien



Fokus

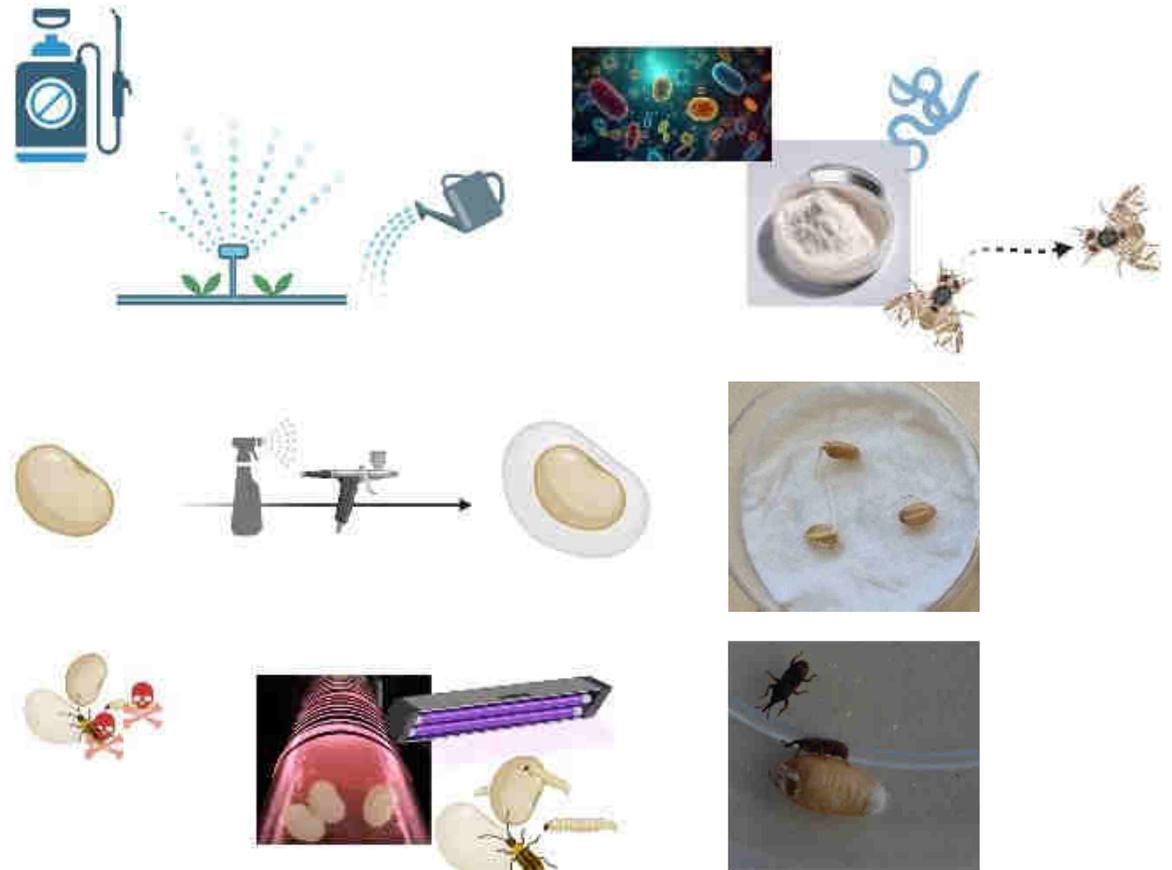
Gesundheit 
Umwelt und Klimaschutz 

Nachhaltiger Pflanzenschutz

IF Funktionale Oberflächen und Materialien

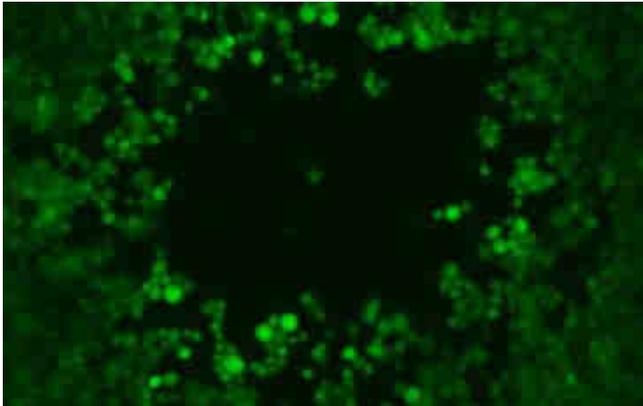
Wir forschen und entwickeln:

- Formulierungen von biologischen Pflanzenschutzmitteln (Mikroorganismen, Nematoden, Pheromone, Biostimulanzen)
- Multifunktionale biobasierte Saatgutbeschichtungen (Kontrolliertes Freisetzungprofil für optimalen Pflanzenwachstum und -schutz, Schutz vor Austrocknung)
- Physikalische Saatgutbehandlung (Entkeimung, Schädlingsbekämpfung)



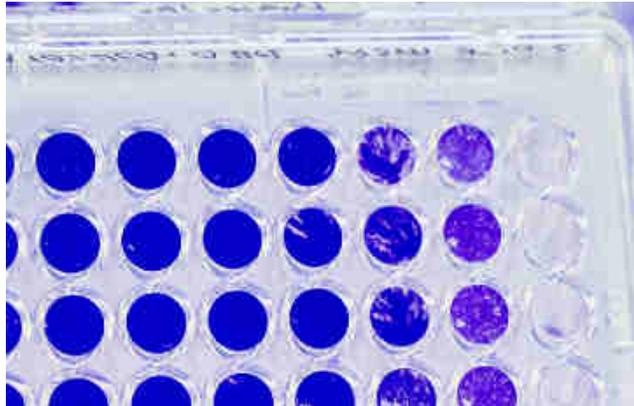
Virus-basierte Technologien

Themenfelder



Therapeutische Viren

Viren sind nicht nur Krankheitserreger. Die nicht-zellulären Partikel lassen sich auch als biologische Werkzeuge zur Bekämpfung von Infektionen als Impfstoffe oder – so die Hoffnung – bei Krebs einsetzen. Daran arbeiten wir am Fraunhofer IGB.



Viruskultur und Virusnachweis

Mit langjähriger Erfahrung und moderner Infrastruktur bieten wir die Kultivierung, Herstellung und Charakterisierung ausgewählter Viren an. Ein Spezialgebiet ist das virale Genom-Engineering.



PCR- und Array-Technologien

Wir entwickeln vor allem Multiplex-PCR-Systeme zum hochparallelen Nachweis von Pathogenen. Mit langjähriger Erfahrung entwickeln wir auf Nukleinsäuren oder Proteinen beruhende Micro-Arrays als effektive Nachweissysteme für Erreger.

Virus-basierte Technologien

Therapieformen der Zukunft

Virale Therapeutika

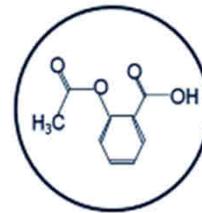
- Komplex in Entwicklung und Herstellung
- Andere Anforderungen als herkömmliche Therapeutika

Onkolytische Virotherapie

- Einsatz von Viren in der Krebstherapie
- Patentierte Plattformtechnologie (HSV-1)
- Erkennt speziell Krebszellen

Bakteriophagen

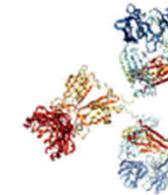
- Einsatz gegen bakterielle Infektionen



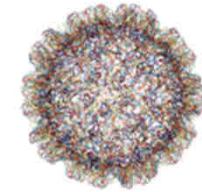
Aspirin



Insulin



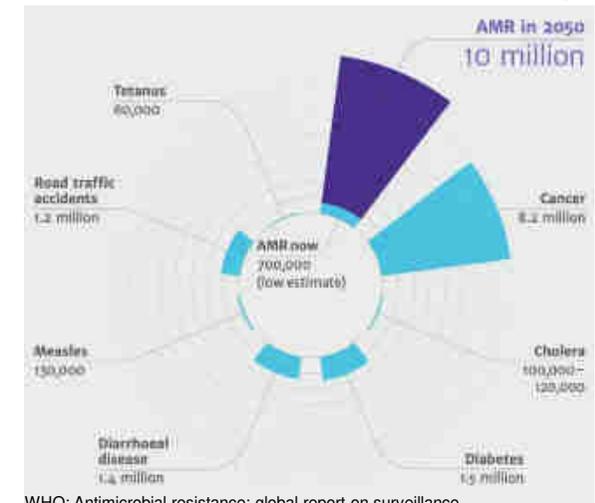
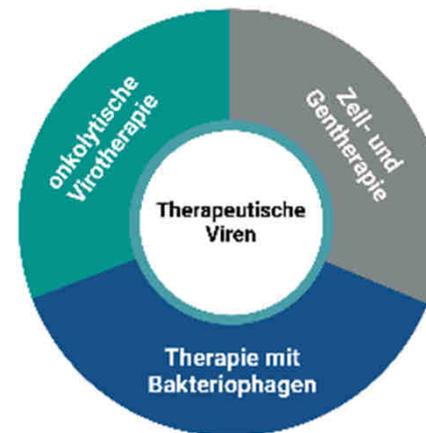
Monoklonale Antikörper



Virale Partikel



Modifiziert nach: <https://biopharmacluster.com/was-wir-tun/naechste-generation-biopharma>



WHO; Antimicrobial resistance: global report on surveillance 2014

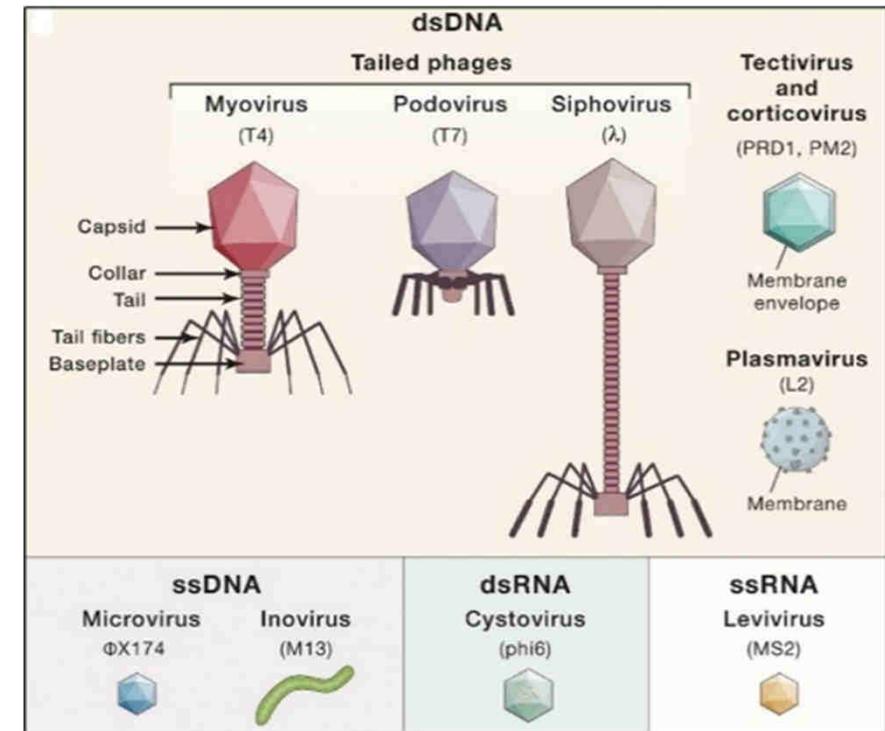
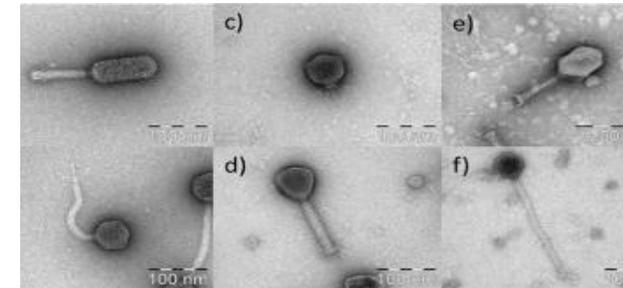


01 Bakteriophagen

—
Haben Bakteriophagen eine Zukunft im Pflanzenschutz?

Was sind Bakteriophagen

- Natürliche vorkommende Viren, die ausschließlich Bakterien infizieren
- Vor über 100 Jahren entdeckt
- Beeinflussen wesentlich die Evolution mikrobieller Gemeinschaften sowie Nährstoffkreisläufe in Ökosystemen
- Nukleinsäure (Erbgut) in Proteinhülle (Kapsid)
- Hohe Wirtsspezifität
- Keine Infektion von menschlichen, tierischen oder pflanzlichen Zellen möglich



Offir, G., Sorek, R. Contemporary Phage Biology: From Classic Models to New Insights *Cell* 2018
<https://www.mri.bund.de/de/institute/mikrobiologie-und-biotechnologie/forschungsprojekte/phagen/Stand:09.10.24>

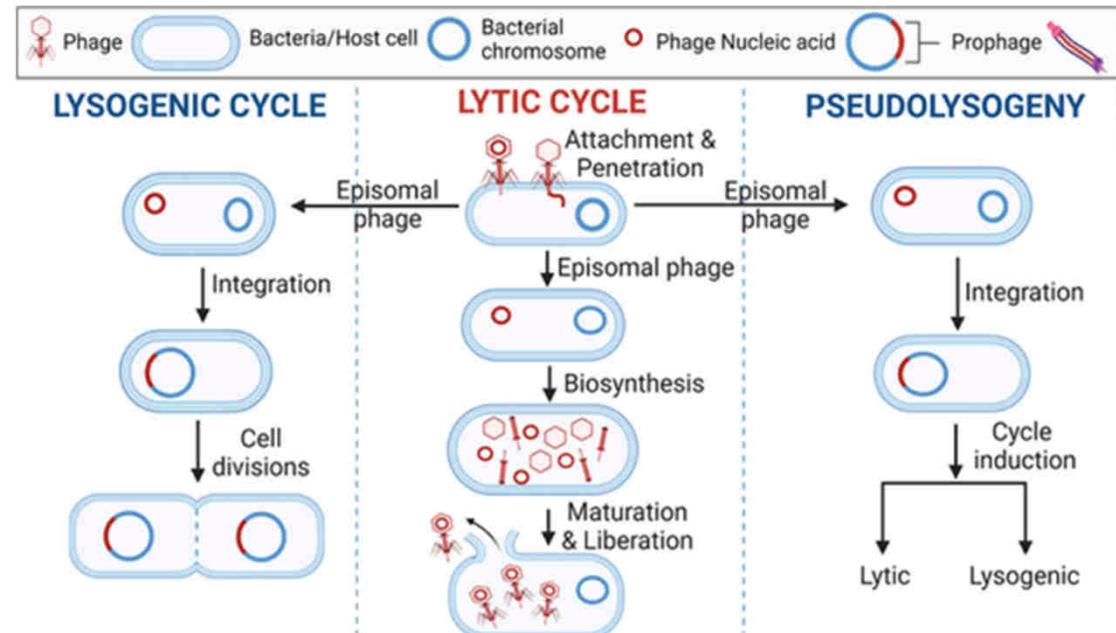
Vermehrungszyklen von Bakteriophagen

Lytischer Zyklus

- Bindung an Rezeptor
- Injektion der Nukleinsäure
- Vermehrung (Replikation und Assemblierung)
- Entlassen der Nachkommenviren durch Lyse der Bakterienzelle

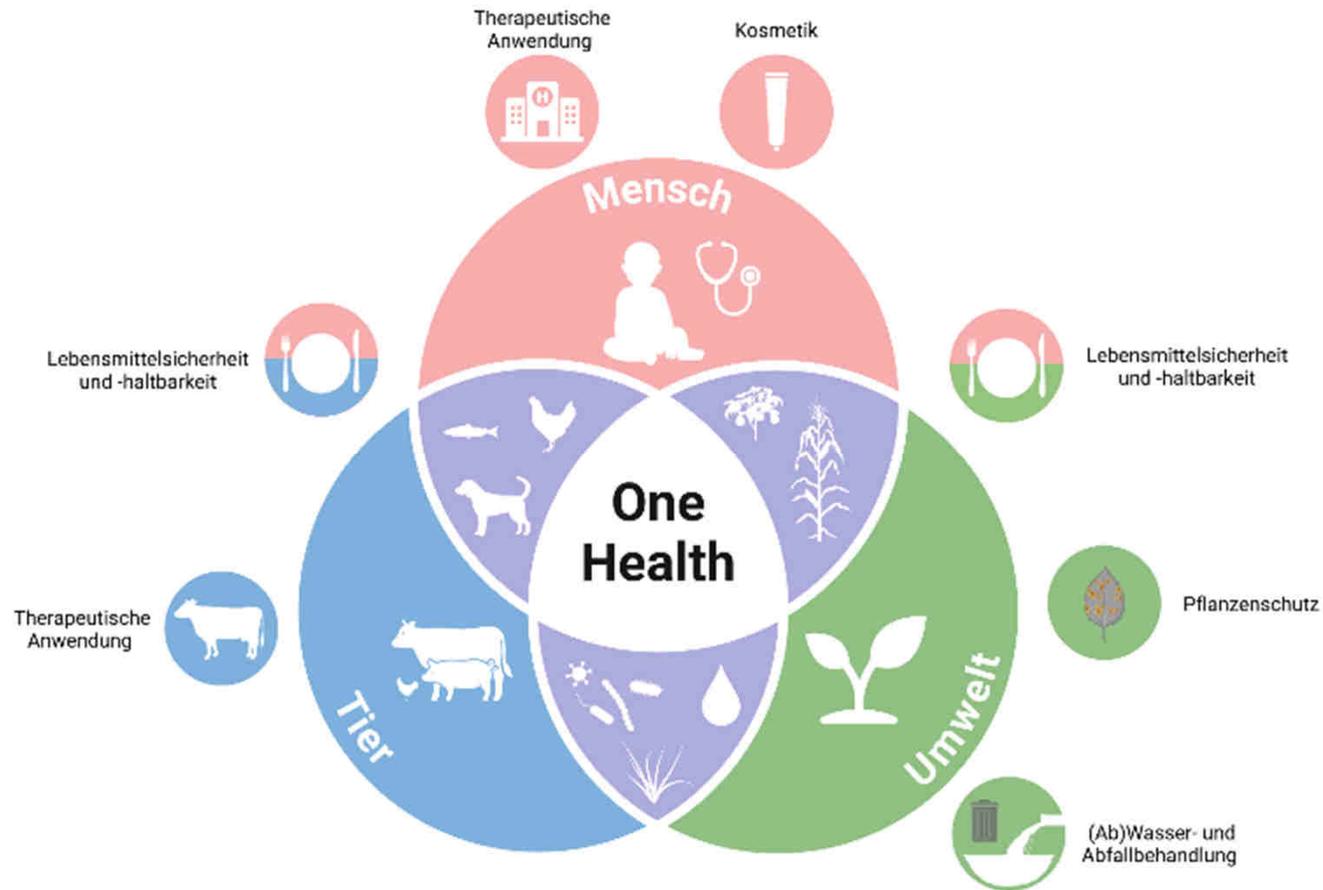
Lysogener Zyklus

- Integration des Phagen-Genoms in das Genom des Wirtsbakteriums
- Induktion (lytischer Zyklus)
- Nicht geeignet für Anwendung



Nokhwal, A. et al. Bacteriophage therapy: an emerging paradigm in fish disease management, Aquaculture International, 2023

Anwendungsbereiche von Bakteriophagen



Phytopathogene

Herausforderungen im Pflanzenschutz

Pflanzenpathogene Bakterien

- Bakterienbrand (*Pseudomonas syringae*)
- Bakterielle Blattfleckenkrankheit (*Xanthomonas* spp.)
- Feuerbrand (*Erwinia amylovora*)
- Bakterienwelke (*Xylella fastidiosa*)



© Bayrisches Obstzentrum, Hallbergmoos // *Pseudomonas*

Wirtschaftliche Schäden

- Ertragsverlust (in Einzelfällen Totalverlust)
- Verminderte Fruchtproduktion oder Qualität
- Reduzierte Lebensdauer der befallenen Obstbäume
- Erhöhte Kosten durch Einsatz von Pflanzenschutzmitteln



Foto: Ebrahim Osdaghi, gd.eppo.int

Potenzial von Bakteriophagen im Bereich Pflanzenschutz

Vorteile

- Natürlich vorkommende Organismen, die sich nur in Anwesenheit ihrer Zielbakterien vermehren
- Anpassungsfähigkeit (Co-Evolution mit Wirt)
→ dadurch ggf. längerfristige Wirksamkeit
- Spezifität
(erhält die ökologische Balance der Mikroorganismen)
- Es ist von keinem Risiko für Mensch und Tier und Pflanzen auszugehen
- Reduktion des Einsatzes von problematischen chemischen Substanzen

Nachteile

- Spezifität → passender Phage wird benötigt
- Empfindlich gegenüber Umweltfaktoren (UV-Strahlung, Temperaturen, Austrocknung)
- Mögliche Resistenzentwicklung
- Eingeschränkte öffentliche Akzeptanz
- Regulierung und Zulassung

Zukunftsperspektive von Bakteriophagen im Pflanzenschutz



Internationale Zusammenarbeit und Förderung von Forschung und Entwicklung notwendig (Biosicherheit von Phagen, Formulierung etc.)



Förderprogramme notwendig



Nutzung herkömmlicher Mittel: Belastung der Umwelt, Verlust von Biodiversität, Resistenzentwicklung



Bakteriophagen als biologisch und ökologisch verträglichere Alternative



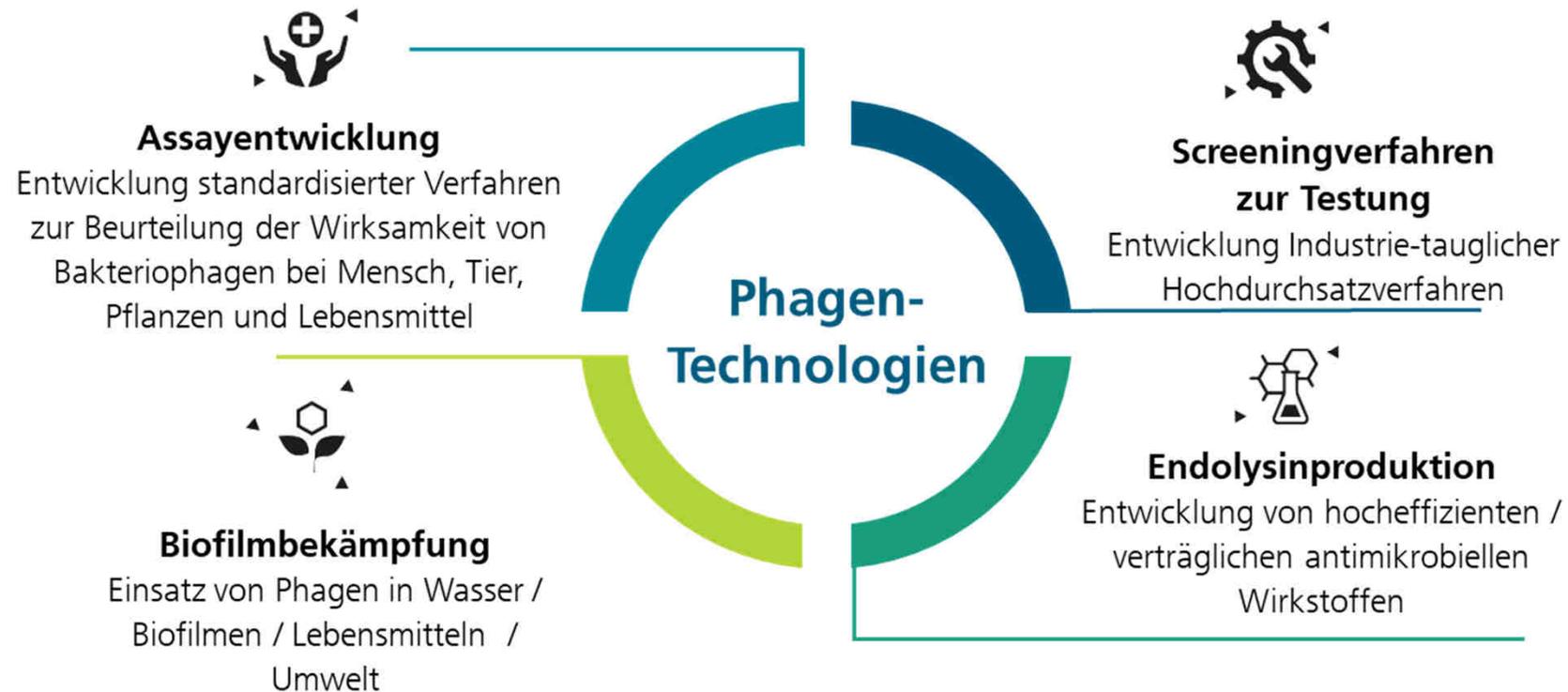
Farm-to-Fork Strategy (EU)
„Einsatz von Pestiziden...bis 2030 um 50% zu reduzieren...und das Inverkehrbringen von Pestiziden zu erleichtern, die biologische Wirkstoffe enthalten“



Aufgrund der zunehmenden Antibiotikaresistenzen sollten Bakteriophagen zumindest als Option in Betracht gezogen werden und ihre Eignung und Wirksamkeit überprüft werden.

Phagentechnologien am IGB

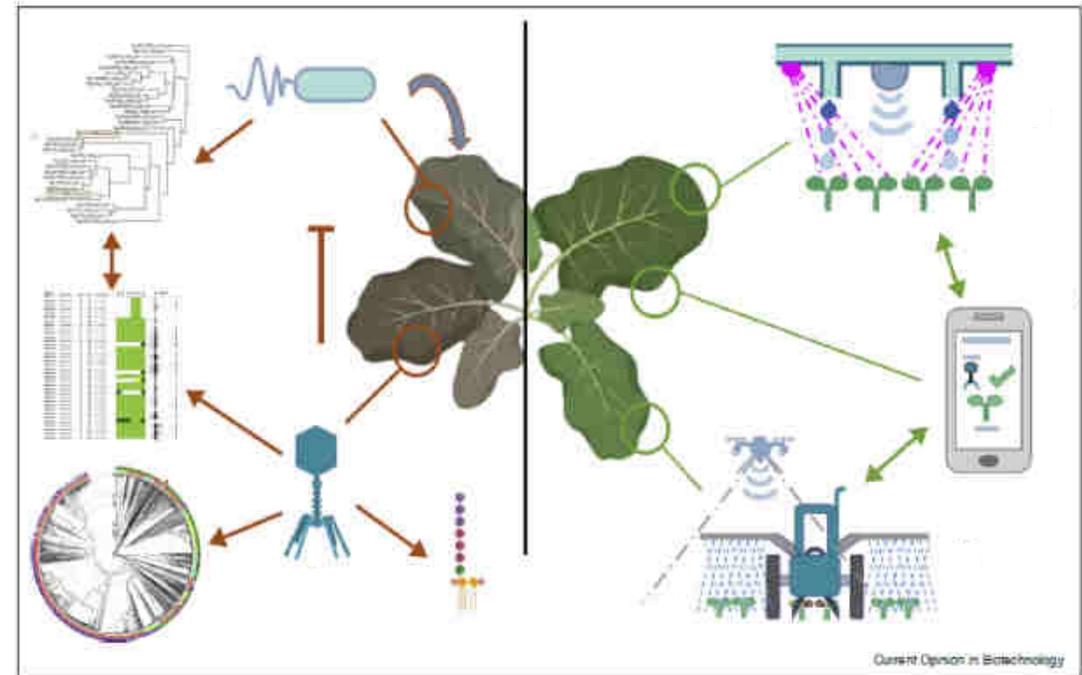
Portfolio



Praktische Anwendung

Das Bakteriophagen-Screening:

- Isolation und Kultivierung der Bakterien (Sammlung)
- Charakterisierung oder bekannte Phagen aus einer Sammlung
- Prüfung der lytischen Aktivität & des Wirtsspektrums



Potenzial von Bakteriophagen im Bereich Pflanzenschutz

Aktuelle Situation

- In der EU wurde bislang kein Phagenpräparat als Pflanzenschutzmittel oder Biopestizid zugelassen
- Einmal (unter strengen Auflagen) regional begrenzter Einsatz eines Phagenpräparats gegen Feuerbrand bei Obstbäumen (László 2020)
- Viele Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen im Labor bzw. Gewächshaus
- PhageFire (Horizon, EU-Projekt) – Phagen gegen Feuerbrand
Partner aus Spanien, Schweiz und Ungarn
→ Untersuchungen zu Wirksamkeitsnachweis in Feldversuchen (Äpfel und Birnen)



<https://www.phagefire.eu/project-objectives/>



02 Molekulare Diagnostik

—
Der PCR-Test

Molekulare Diagnostik

Was ist eigentlich dieser PCR-Test?

Anwendungsgebiete:

Erkennung von:

- Infektionserregern
- genetischen Störungen
- Krebs / Anwendung von personalisierter Medizin

Vorteile der molekularen Diagnostik:

- präzisere und schnellere als traditionelle Methoden.
- ermöglicht Früherkennung genetischer Störungen.

Nachteile der molekularen Diagnostik:

- oft teurer als traditionelle Diagnosemethoden
- erfordert spezialisierte Ausrüstung sowie Fachwissen.
- Differenzierung zwischen lebenden und toten Organismen.



Definition - Molekularer Diagnostik

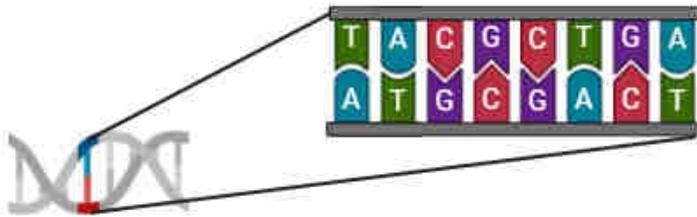
Die Verwendung von molekularbiologischen Techniken zur Identifizierung von genetischen Informationen, mit dem Ziel, Erreger oder genetische Prädispositionen von Erbkrankheiten zu identifizieren.

Molekulare Diagnostik

Die Polymerase Kettenreaktion (PCR)

Desoxyribonukleinsäure (DNA) :

- Besteht aus **zwei Strängen**, die eine **Doppelhelix** formen.
- Die Stränge sind aus **Nukleotiden** aufgebaut, die "Buchstaben" des genetischen Codes (**ATGC**).
- Polymerase sind **Enzyme**, die **DNA** anhand eines Stranges **ergänzen** können

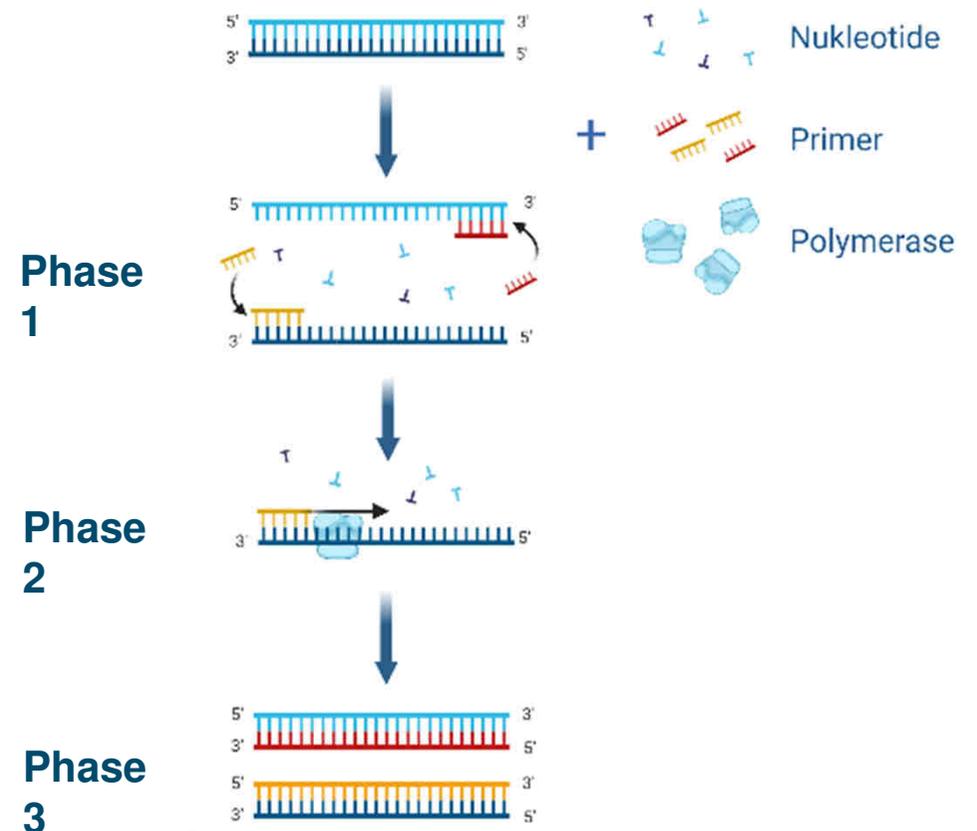


Vervielfältigung der DNA in drei Schritten:

Phase 1 - Trennung der Stränge

Phase 2 - Primer Anlagerung - Polymerase benötigt Doppelstrang

Phase 3 – Ergänzung der DNA



Molekulare Diagnostik

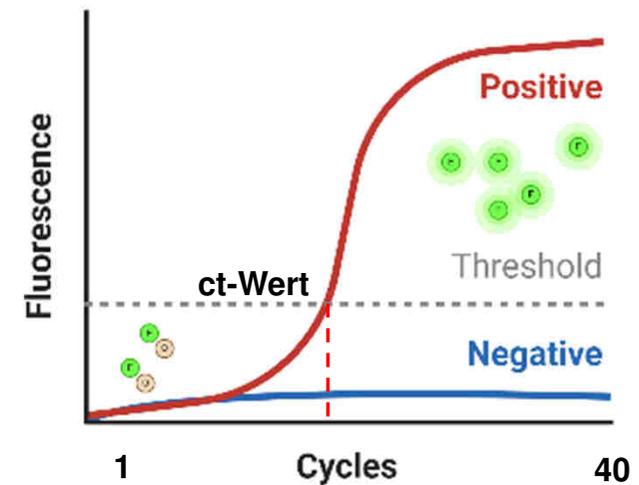
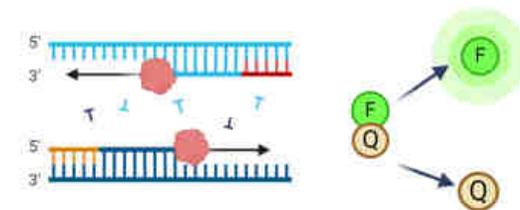
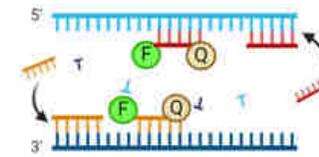
qPCR – Quantifikation mit Fluoreszenz

DNA Sonden und Farbstoffe:

Quantifizierung durch Messung von Fluoreszenzfarbstoff:

- Einbau von „**DNA-Sonden**“ mit **Fluoreszierenden Farbstoff**
 - Farbstoff ist beim Einbau inaktiviert durch „**Quencher**“
 - Farbstoff wird „aktiviert“, wenn die Polymerase die Sonde in den entstehenden Strang einbaut.
-
- **Nachweisgrenze** unter idealen Bedingungen bis **ca. 10 Erregern** je Probe
 - Quantifizierung anhand einer Kalibriergeraden bekannter DNA-Konzentrationen

mehr neue DNA = desto mehr Signal
mehr Ausgangsmaterial = schneller mehr Signal





03 Micro-Arrays

—
Die vergessene Alternative zur qPCR

Micro-Arrays

Comeback einer alten Technik

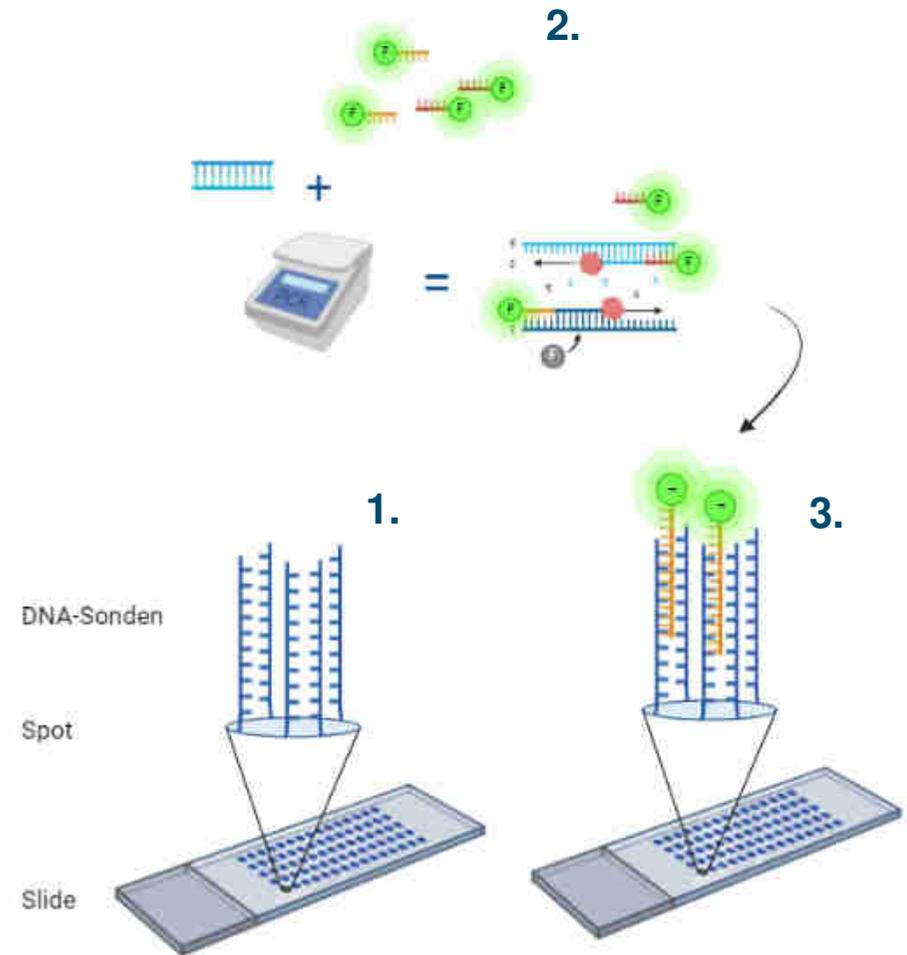
Was ist jetzt ein DNA-Microarray?

Ein DNA μ -Array ist eine **PCR-Detektionstechnik** die es erlaubt es PCR Produkte **Ortsaufgelöst auszuwerten** Es besteht aus einer festen Oberfläche, auf dem DNA-Sonden in einem geordneten Raster angeordnet sind.

1. DNA Amplifikation / **Fluoreszenzmarkierung durch PCR**
2. Sonden **binden** spezifisch **passende DNA**
3. Auslese durch des **Fluoreszenzsignals**

Wieso Array statt qPCR:

- qPCR Limitiert auf 8 Kanäle (Erreger) je Well
- Automatisierbar – händisch bis Hochdurchsatz
- Geringe Anschaffungskosten als qPCR -> Entwicklung eines eignen Geräts (IVV Fraunhofer)

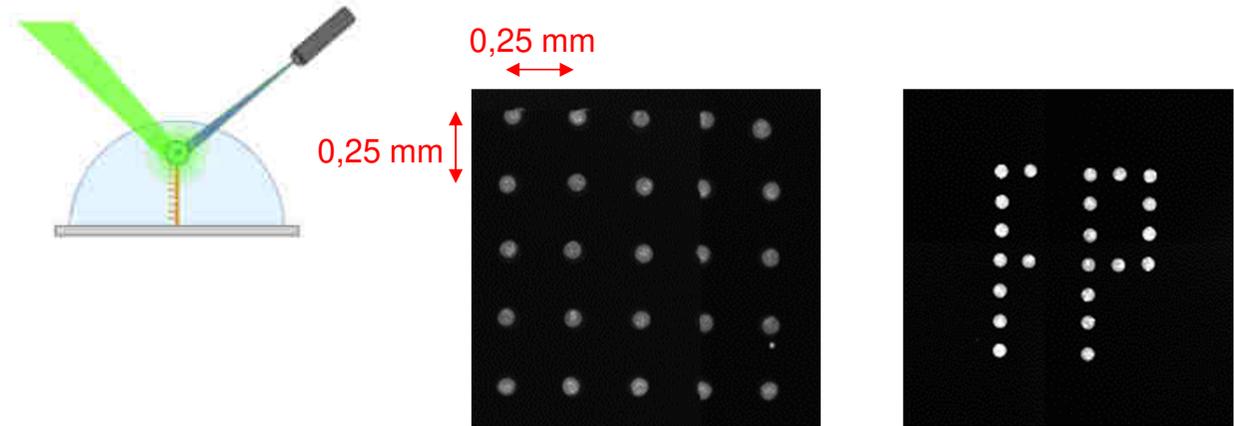


Micro-Arrays

Comeback einer alten Technik

Testspotting in 96 Well Platten

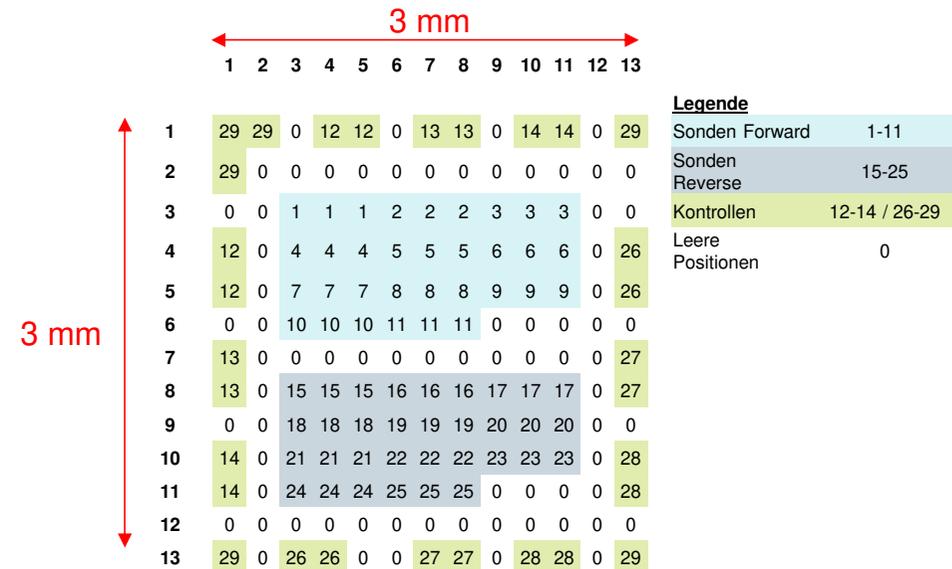
- Abstand 250 μM -> $\frac{1}{4}$ mm
- 0,2 nl je Tropfen -> 0,0002 ml



Jeder Tropfen bindet ein PCR Produkt = ein Erreger

Ein Array (3 mm x 3 mm) besteht aus den :

- Erregersonden DNA Strang 1
- Erregersonden DNA Strang 2
- Kontrollen





04 Future Proteins

Automatisierte Pathogendiagnostik

Automatisierte Pathogendiagnostik

Future Proteins – ein Fraunhofer Leitprojekt

Mehlkäferlarve als Proteinproduzent

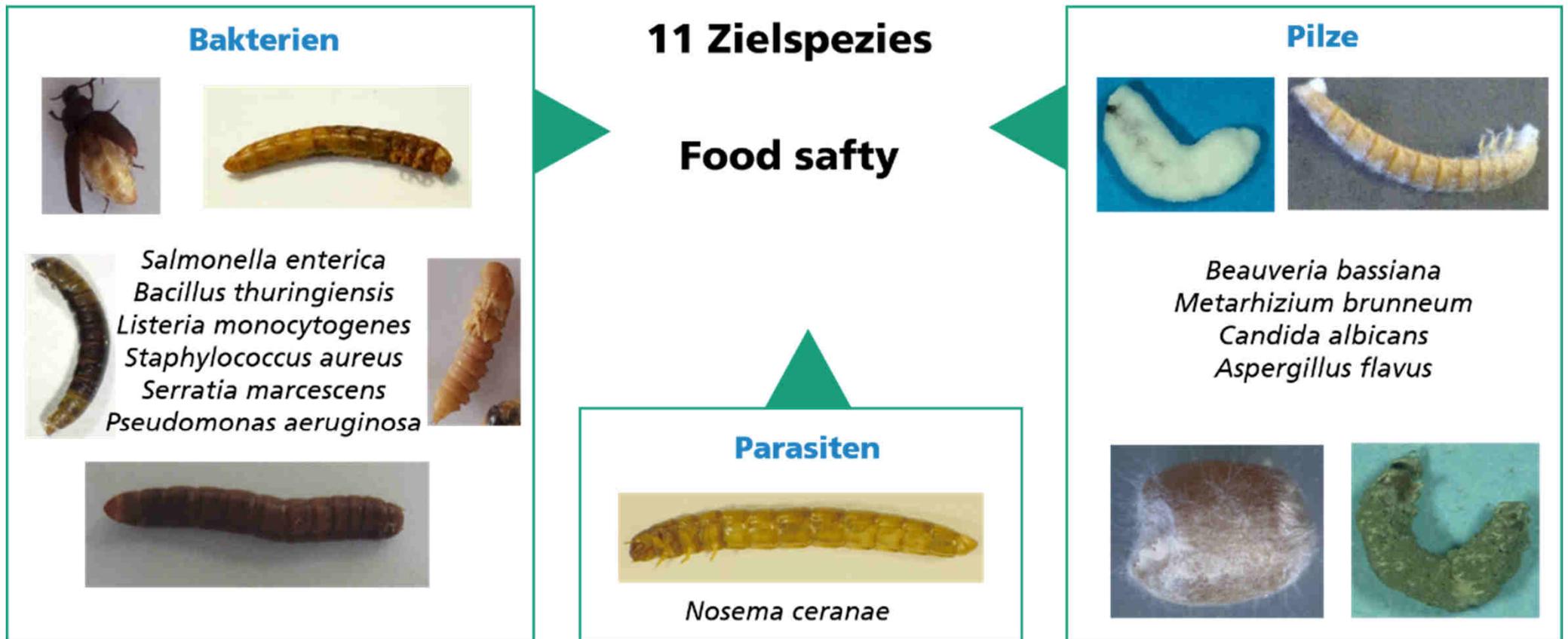
Die Larven sind als Quelle für hochwertiges Protein ebenso verwertbar wie andere tierische Lebensmittel von Säugetieren, Vögeln oder Speisefischen. Sie enthalten **Omega-3-Fettsäuren, Vitamine (A, B1 und B12), Mineralien (Kalzium, Kalium, Magnesium, Zink und Eisen), Ballaststoffe** und sind gleichzeitig reich an hochwertigen **Proteinen**.

Mehlwürmer als Lebensmittel sollen zu einem nachhaltigeren Lebensmittelsystem in der EU beitragen. Mehlwürmer sind wie viele essbare Insekten nährstoffreich, verbrauchen aber verglichen mit vielen Fleischsorten und anderen tierischen Produkten weniger Ressourcen. Die Produktion von 1 Kilogramm essbarem Insektenprotein benötigt weitaus weniger Landfläche als die vergleichbarer Proteine: Im **Vergleich zu Milch und zu Rindfleisch** wird für die Proteinproduktion mittels **Insekten nur 43 % respektive 10 % der Landfläche** benötigt^[1].



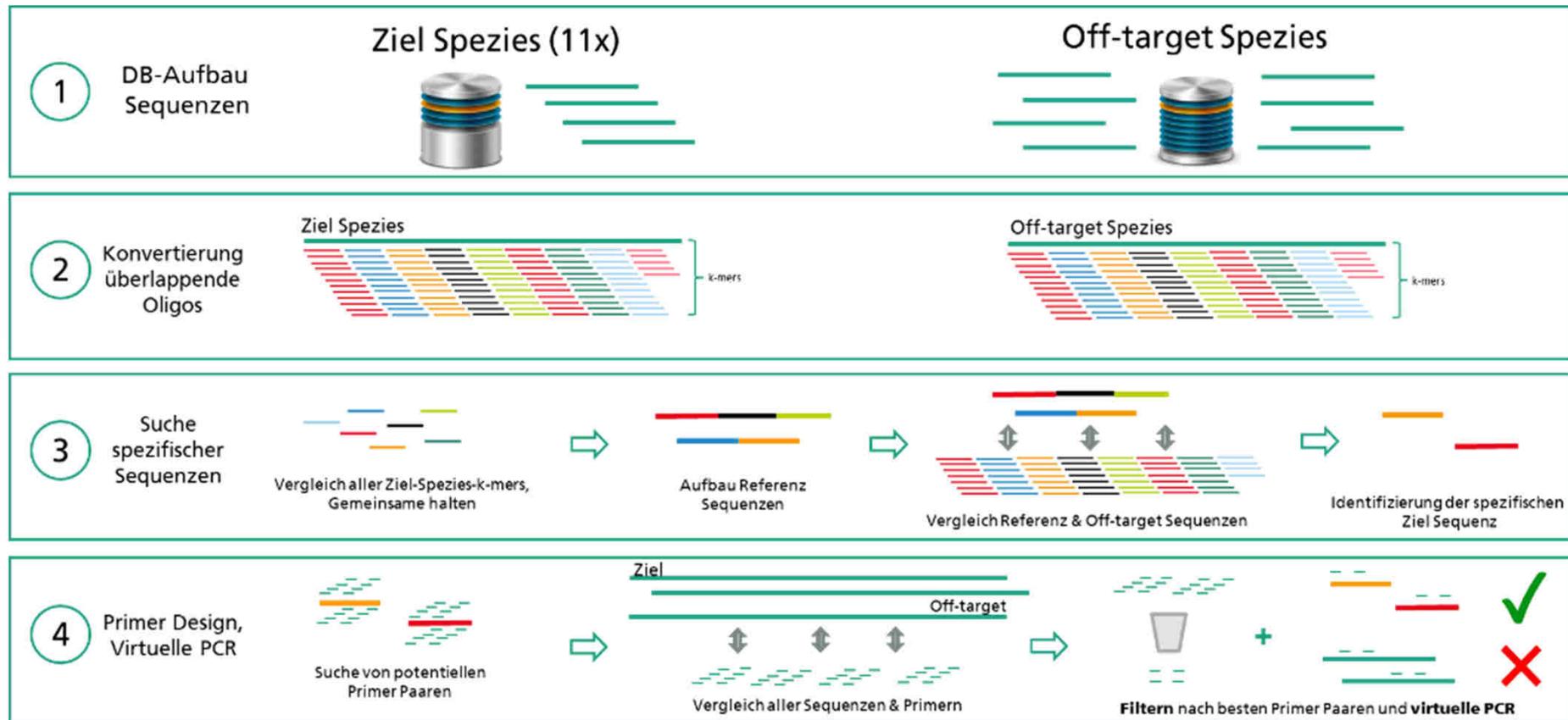
[1] Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment Dennis G. A. B. Oonincx , Imke J. M. de Boer PLOS Published: December 19, 2012

Automatisierte Pathogendiagnostik die 11 wichtigsten Pathogene des Mehlkäfers



Automatisierte Pathogendiagnostik

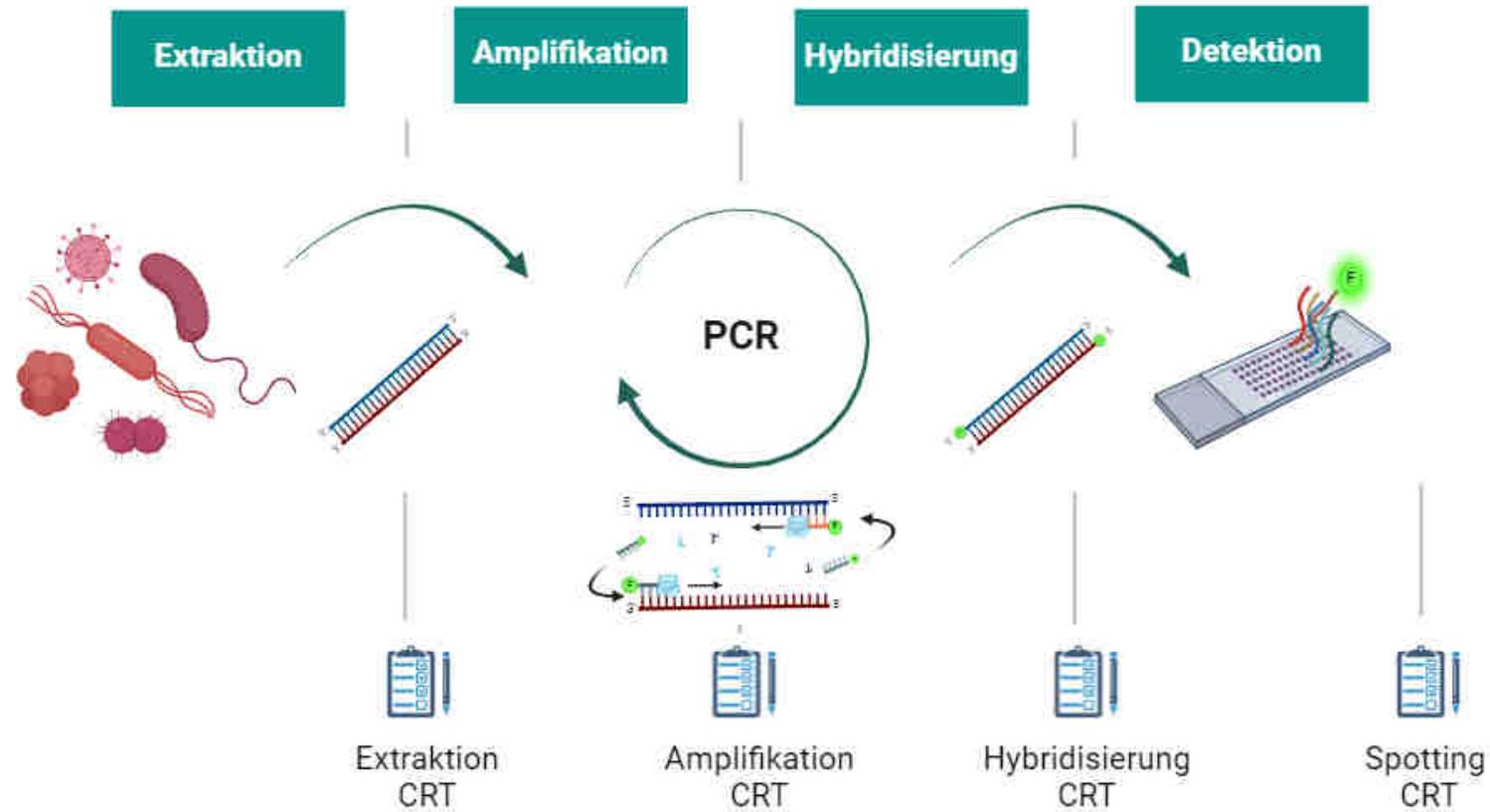
Bioinformatische Vorhersage der Primer- und Sonden-Sequenzen



[1] Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment Dennis G. A. B. Oonincx , Imke J. M. de Boer PLOS Published: December 19, 2012

Automatisierte Pathogendiagnostik

Ein Assay vom Pathogen bis zur Detektion



Automatisierte Pathogendiagnostik

Sonden und Prozesskontrollen – Wann ist negativ, negativ?

Sonden

- Forward- und Reverse-Sonden für beide DNA Stränge
- Sonden im Triplikат; Forward und Reverse;
- Array im Duplikat = 12 Spots je Erreger

Kontrollen

- Spottingkontrolle** Wurde erfolgreich gespottet und wo befindet sich der Array auf dem Slide?
- Extraktionskontrolle** Ist DNA aus der Probe extrahiert worden?
- Amplifikationskontrolle** Wurden die Targets mittels PCR amplifiziert?
- Hybridisierungskontrolle** Binden die PCR-amplifizierten Targets an den Array?

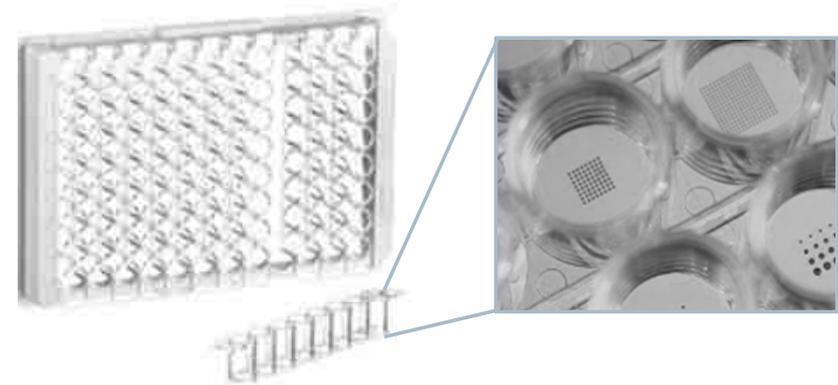
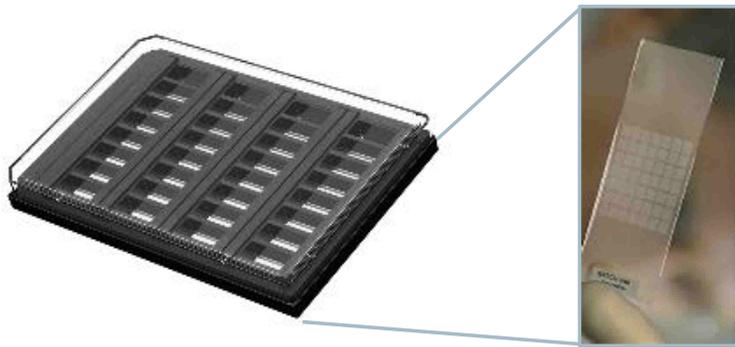
29	29	0	12	12	0	13	13	0	14	14	0	29
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	0	0
12	0	4	4	4	5	5	5	6	6	6	0	26
12	0	7	7	7	8	8	8	9	9	9	0	26
0	0	10	10	10	11	11	11	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
13	0	15	15	15	16	16	16	17	17	17	0	27
0	0	18	18	18	19	19	19	20	20	20	0	0
14	0	21	21	21	22	22	22	23	23	23	0	28
14	0	24	24	24	25	25	25	0	0	0	0	28
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	26	26	0	0	27	27	0	28	28	0	29

Legende

Sonden Forward	1-11
Sonden Reverse	15-25
Kontrollen	12-14 / 26-29
Leere Positionen	0

Automatisierte Pathogendiagnostik

Multiwell-Platten als Arrayformat



Future Proteins 2023

- Ausgelegt für händische Prozessierung
 - Anfällig für Leckage
 - Glas kann beim einspannen brechen
 - Rahmen muss nach Anwendung gereinigt werden
- Arrays können nicht standardisiert produziert und kommerzialisiert werden.

Extra Förderung des Projekts 2024

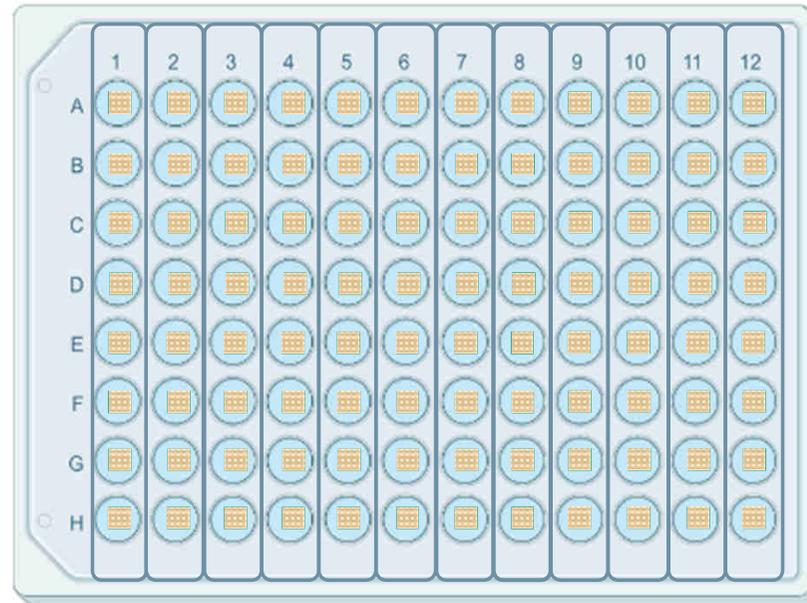
- getrennte Reaktionsräume ohne Leckage
 - Singleuse → keine von Proben Verschleppung möglich
 - Platte ist Verpackung und Reaktionsraum
- Anwenderfreundlich, günstiger, automatisierbar

Automatisierte Pathogendiagnostik

Multiwell-Platten als Arrayformat

Flexible 8er-Riegel-Kompartimentierung:

- Anpassbarer Aufbau für verschiedene Anforderungen
- Bis zu 96 Arrays pro Platte für Hochdurchsatz-Analysen (Puffer extern)
- Bis zu 8 Arrays pro Platte (Puffer intern) für einfache Bedienung

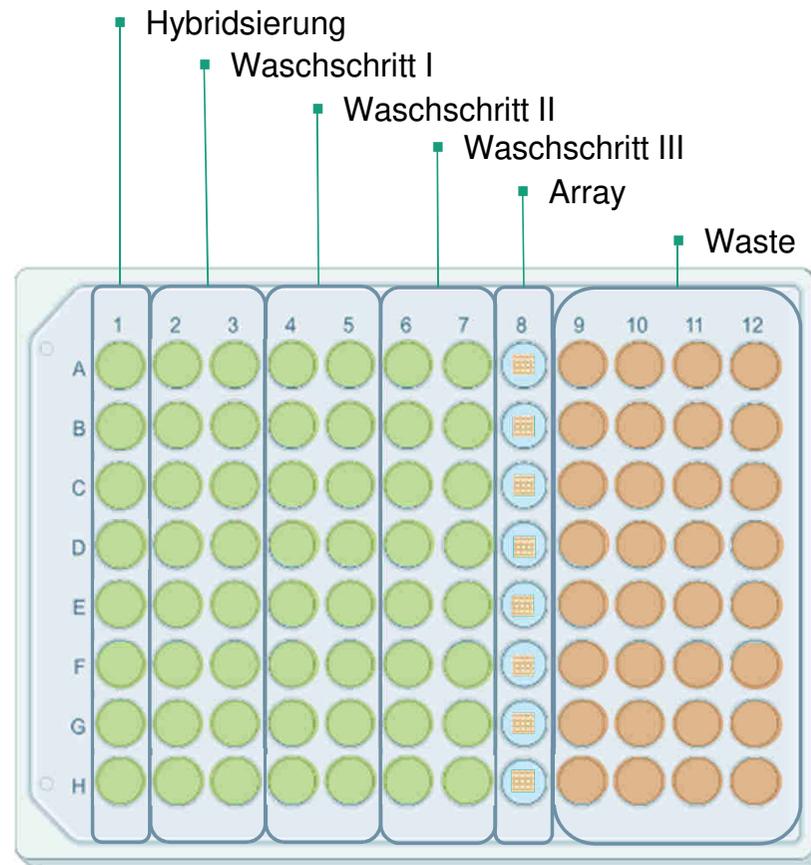


Automatisierte Pathogendiagnostik

Multiwell-Platten als Arrayformat

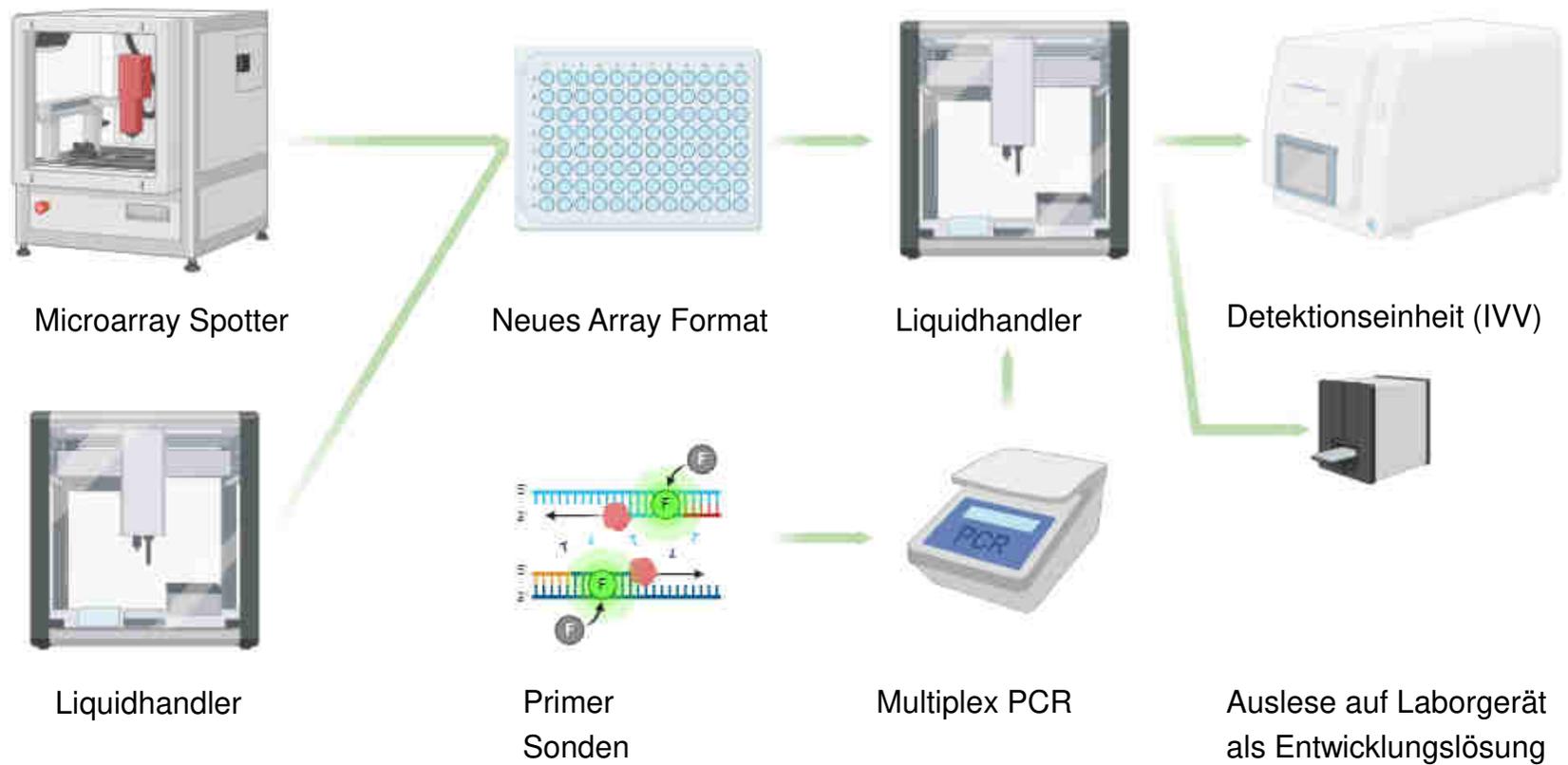
Das In-Plate-Design

- Puffer tiefgefroren auf der Platte vorgelegt
- Array direkt auf der Platte gespottet und vorbehandelt
- Leere Wells als Abfall für die verwendeten Puffer
- Platte mit Folie verschlossen und gelagert
- bei -20 °C



Automatisierte Pathogendiagnostik

Adaptierbarer Workflow – nicht nur für Insekten



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt



Dr. Carina Rohmer
Innovationsfeld Virusbasierte Therapie
Carina.Rohmer@igb.fraunhofer.de



Jens Wetschky
Innovationsfeld Virusbasierte Therapie
Jens.Wetschky@igb.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik IGB

www.igb.fraunhofer.de/IGB

Kapitel 02



Anhang

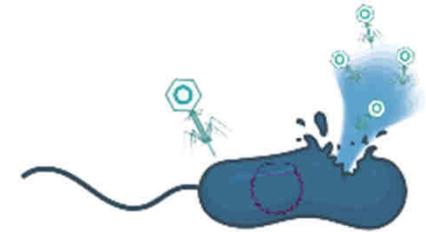
Hintergrund: AMR – die stille Pandemie

Antimikrobielle Resistenz

- Bedrohung für Mensch
 - WHO Prognose 2050: 10 Mio Todesfälle / Jahr
 - Jährliche Kosten (EU) 1.5 Mrd €
- Tiergesundheit / Lebensmittelsicherheit
- Umwelt

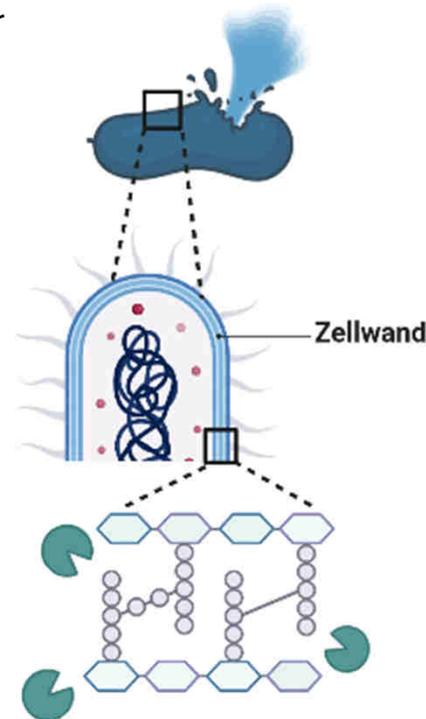
Weitere Herausforderungen:

- Entwickelte Antibiotika nicht mehr wirksam
- Ökonomische Ursachen, die F&E hemmen
 - Hohe Kosten bei Neuentwicklung
 - Spezifischere Infektionssituationen
→ begrenzte Absatzmöglichkeit
 - Rückzug von Pharmakonzernen
 - Schnelle Resistenzentwicklung



Bakteriophagen

- Viren, die spezifisch Bakterien infizieren
- Anwendung z. B. in Georgien
- Rahmenbedingungen verhindern aktuell (noch) die Anwendung



Einsatz Phagen-spezifischer Endolysine

- Zellwand-zerstörende Proteine
- Hohe Spezifität
- Rekombinante Expression möglich

Viruskultur und Virusnachweis

Bakteriophagen als Surrogatvirus

1

Kultivierung Surrogatvirus
Auswahl, Produktion, Reinigung

2

Aerosolisierung
Ausbringung, Capturing

3

Nachweis
Erregerbasierter Nachweisung durch PCR
und Plaque Assay

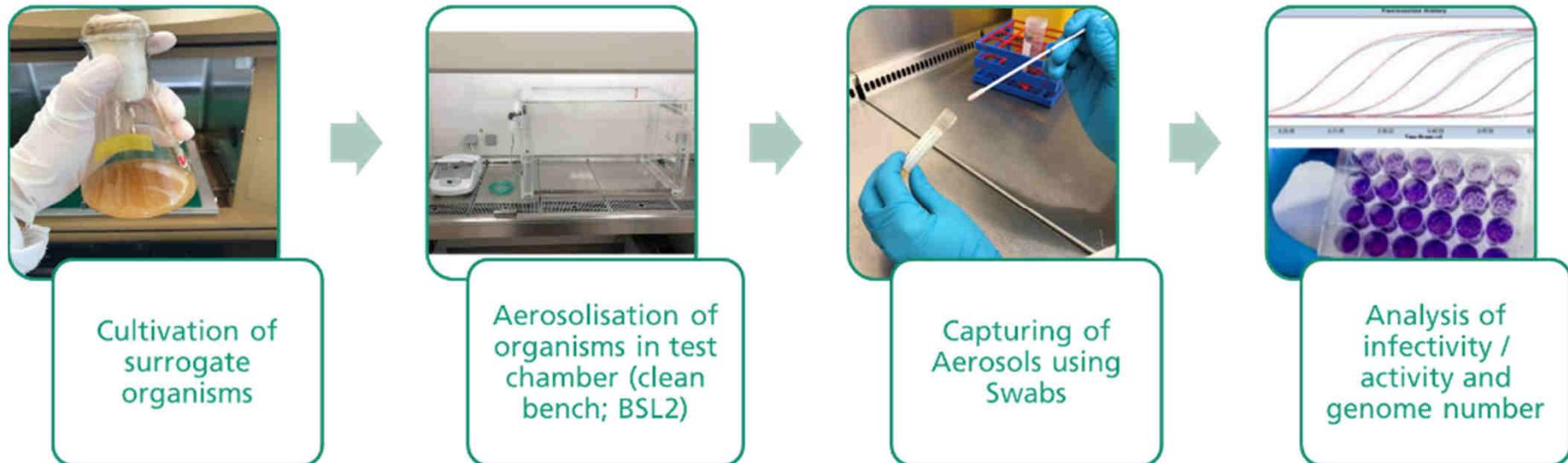


Modellsystem „Surrogatvirus“

Nicht-infektiöse Surrogatviren als Modellsysteme
Virusaktivitätstest zum Nachweis infektiöser Viren
Molekularbiologische Nachweismethoden
Aerosolisierungskammer als geschlossene Testumgebung

Viruskultur und Virusnachweis

Bakteriophagen als Surrogatvirus



Viruskultur und Virusnachweis

Bakteriophagen

Bakteriophagen sind ein effizientes Werkzeug, um Bakterien zu bekämpfen. Anwendungen reichen von der Entwicklung von Therapien gegen bakterielle Infektionen, über die Konservierung von Lebensmitteln bis zum Abbau von Biofilmen in technischen Systemen.

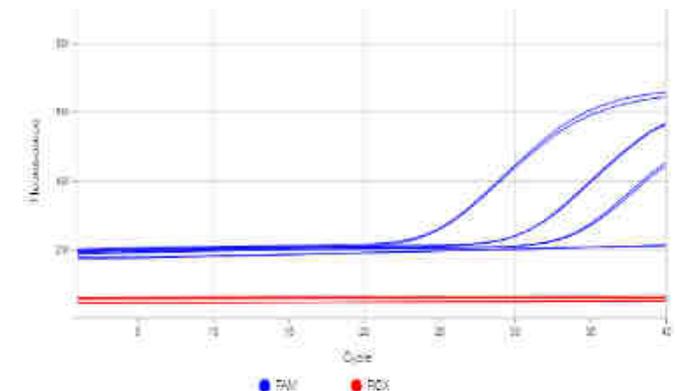
Unser Leistungsangebot:

- Identifikation
- Nachweis
- Engineering
- Kultivierung
- Lagerung und Formulierung
- Einsatz als Modelorganismus

Info: Phagogramm

Ähnlich einem Antibiogramm, zur Empfindlichkeitsprüfung von klinischen Isolaten gegenüber Antibiotika, wird bei einem Phagogramm die Wirksamkeit von Phagen auf bestimmte Erreger oder Isolate hin überprüft.

Das Phagogramm ist die Basis für die Auswahl, Isolation und Vermehrung von spezifischen Bakteriophagen.



Molekulare Diagnostik

PCR, Geysire und das Jahr 1976

PCR – eine Abfolge von Temperaturen:

Die Phasen der PCR werden durch eine **Abfolge von Temperaturen** gesteuert:

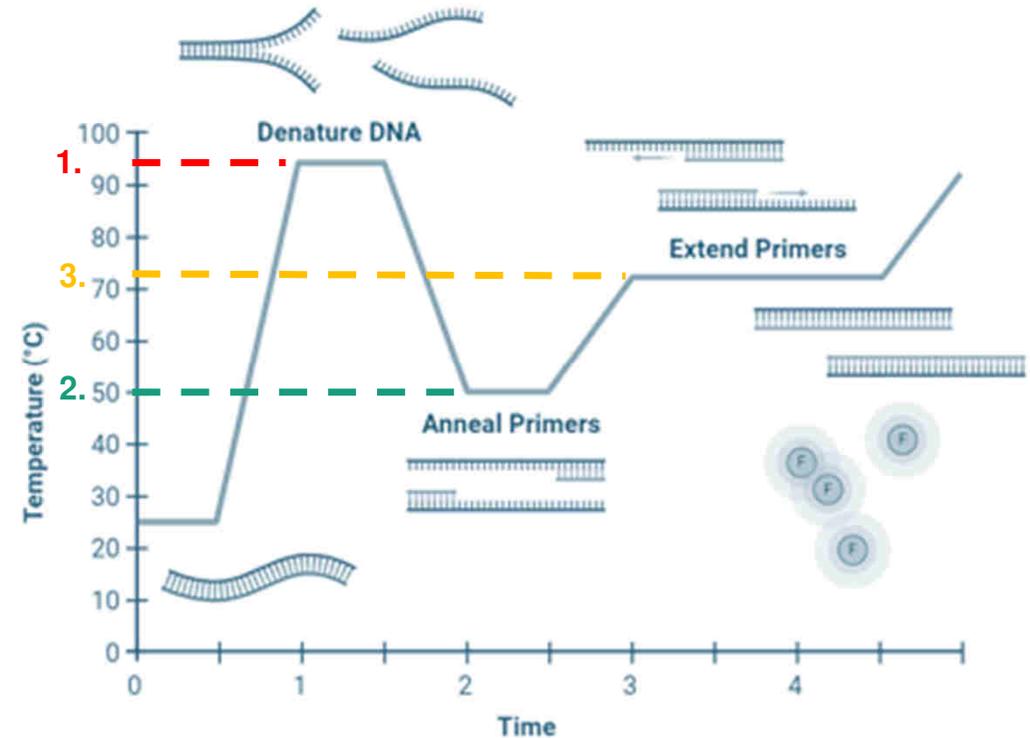
1. **Erhitzen der DNA** um Stränge zu trennen (Denaturierung)
2. **Absenkung der Temperatur** um Primer anzulagern (Annealing)
3. **Erhöhung der Temperatur** auf Arbeitstemperatur der Polymerase (Elongation)

Thermus aquaticus (Taq) – Bewohner heißer Quellen:

- Meisten Proteine werden bei hohen Temperaturen zerstört
- Tierische DNA Polymerase Denaturierung > 42 °C
- „Taq“ erste bekannte **Polymerase**, die bei **95 °C Stabil** bleibt

Geschichte der PCR:

- 1976 Entdeckung der Taq Polymerase
- 1983 Erfindung der PCR
- 1989 Entdeckung des genetischen Fingerabdrucks
- 1993 Nobelpreis für PCR
- 2000er quantitative PCR (qPCR)



Kontakt

Titel Vorname Name
Innovationsfeld XXX
Tel. +49 711 970-XXXX
Fax +49 711 970-XXXX
vorname.name@igb.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik IGB



Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik IGB

Kontakt

Titel Vorname Name
Innovationsfeld XXX
Tel. +49 711 970-XXXX
Fax +49 711 970-XXXX
vorname.name@igb.fraunhofer.de

Kontakt

Titel Vorname Name
Innovationsfeld XXX
Tel. +49 711 970-XXXX
Fax +49 711 970-XXXX
vorname.name@igb.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
www.igb.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik IGB

Kontakt

Titel Vorname Name
Innovationsfeld XXX
Tel. +49 9421 9380-XXXX
vorname.name@igb.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik IGB



Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik IGB

Kontakt

Titel Vorname Name
Innovationsfeld XXX
Tel. +49 9421 9380-XXXX
vorname.name@igb.fraunhofer.de

Kontakt

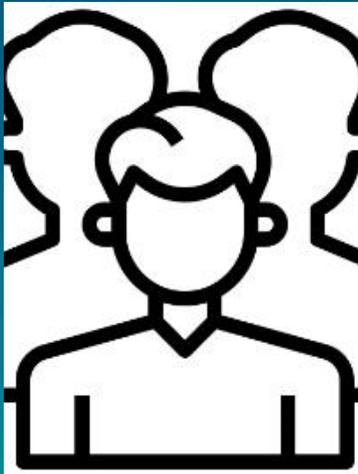
Titel Vorname Name
Innovationsfeld XXX
Tel. +49 9421 9380-XXXX
vorname.name@igb.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat, Institutsteil Straubing
Schulgasse 11a
94315 Straubing
www.igb.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik IGB

Kontakt



Titel Vorname Name
Innovationsfeld XXX
Tel. +49 9421 9380-XXXX
vorname.name@igb.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat, Institutsteil Straubing
Schulgasse 11a
94315 Straubing
www.igb.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik IGB

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
