

# Schlussbericht

## zum Vorhaben

Thema:

**Untersuchungen zur infektionshemmenden Wirkung eines Rhamnolipidhaltigen Biopräparates und von Süßholzextrakt auf bodenbürtige Viren von Zuckerrübe und ihren plasmodiophoriden Vektor unter Freilandbedingungen**

**Teilvorhaben 2:** Saatgutbehandlung, Versuchsdurchführung, Probenbereitstellung

Zuwendungsempfänger: **Teilvorhaben 2: Strube Research GmbH & Co. KG**

Förderkennzeichen: **2221NR036B**

Laufzeit: **20.04.2022 bis 19.04.2024**

Monat der Erstellung: **05/2024**

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorenschaft.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Untersuchungen zur infektionshemmenden Wirkung eines Rhamnolipidhaltigen Biopräparates und von Süßholzextrakt auf bodenbürtige Viren von Zuckerrübe und ihren plasmodiophoriden Vektor unter Freilandbedingungen.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Kurzbericht .....</b>	<b>1</b>
1. Aufgabenstellung .....	1
2. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	1
3. Resümee der wesentlichen Ergebnisse .....	2
a) Arbeitspakete und Meilensteine: ST = Strube; JKI= Julius-Kühn Institut .....	2
b) Zusammenfassung .....	3
<b>II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse .....</b>	<b>4</b>
1. Erzielte Ergebnisse .....	4
Arbeitspaket 1: Bereitstellung von Saatgut und virushaltigen Bodenproben .....	4
Arbeitspaket 2: Inkubation von Zuckerrübensamen mit Rhapynal und Süßholzextrakt .....	4
Arbeitspaket 3: Anlage und Pflege von Klimakammerversuchen und Feldversuchen .....	4
Arbeitspaket 4: Qualitative und quantitative Analyse der Rübenwurzeln (Klimakammerpflanzen) auf Befall mit BNYVV, BVQ und BSBV nach unterschiedlichen Zeiträumen. ....	9
Arbeitspaket 5: Qualitative und quantitative Analyse der Wurzeln von Feldpflanzen auf Befall mit BNYVV, BVQ, BSBV nach unterschiedliche Zeiträumen .....	9
2. Verwertung.....	9
a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen.....	9
b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende.....	9
c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende.....	9
d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit .....	9
3. Erkenntnisse von Dritten.....	10
4. Veröffentlichungen .....	10



# I. Kurzbericht

## 1. Aufgabenstellung

Die Rizomania ist gegenwärtig noch immer die wichtigste Viruskrankheit der Zuckerrübe. Zum Krankheitskomplex gehören das Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV), das Beet virus Q (BVQ) und das Beet soil-borne virus (BSBV), wobei nach bisherigen Erkenntnissen nur das BNYVV wirtschaftlich relevant ist. Die Viren werden durch den ubiquitären plasmodiophoriden Vektor *Polymyxa betae* übertragen. Da die genetische Variabilität der Viren das Gefährdungspotenzial unverändert hoch. Zudem ist die genetische Basis der Virustoleranz trotz aller züchterischen Bemühungen noch immer sehr schmal und die natürliche Variabilität hat bereits zu BNYVV-Pathotypen geführt, die auch tolerante Rübensorten massiv schädigen. Deshalb soll mit dem geplanten Vorhaben in einem alternativen Ansatz erstmalig erforscht werden, ob und in welchem Maße das Pathosystem Rübe- *P. betae*- BNYVV unter Freilandbedingungen durch ein rhamnolipidhaltiges, kommerzielles Präparat beeinflusst wird. Rhamnolipide sind bakterielle Produkte und für ihr sehr breites Wirkspektrum bekannt. Neben der erfolgreichen Anwendung dieser umweltfreundlichen Biotenside in technischen Bereichen wurde in den letzten Jahren mehrfach auch eine immunstimulierende Wirkung bei Pflanzen beobachtet. Im Rahmen der gegenwärtig noch laufenden Machbarkeitsstudie (01.06.2020 - 31.08.2021, FKZ:2219NR392) wird abgeklärt, ob das kommerzielle Rhamnolipid-Präparat ‚Rhapytal‘ (Fa. Biotensidon) im Vergleich zu Süßholzextrakt (SHE) als bekanntem Bio-Wirkstoff in der Lage ist, die Infektion von Zuckerrüben mit bodenbürtigen Viren deutlich zu verzögern bzw. zu reduzieren. Damit könnten die besonders ertragsmindernden Frühinfektionen vermieden oder deutlich abgeschwächt werden.

## 2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die durchgeführten Feldversuche zur Untersuchung von Ertragsmerkmalen bei Zuckerrüben wurden an drei Standorten – Peine und Soest in Deutschland sowie Pithiviers in Frankreich – durchgeführt. Ziel der Versuche war es, die Auswirkungen verschiedener Vorbehandlungen auf den Rübenertrag (RY), den Zuckergehalt (SC) und den Zuckerertrag (SY) zu untersuchen. Die Versuchsplanung folgte einem unvollständigen Blockdesign mit 15 Objekten und sechs Wiederholungen, sodass insgesamt 90 Parzellen pro Standort existierten, jede mit 3 Reihen à 30 Pflanzen.

Im Jahr 2022 wurden die Versuche in den Kalenderwochen (KW) 11, 12 und 16 in Pithiviers, Peine und Soest gesät. Die Aussaat im Jahr 2023 erfolgte in KW 14 in Pithiviers und in KW 16 in Peine und Soest. Aufgrund ungünstiger Wetterbedingungen konnten die Versuche in Peine und Soest im Jahr 2023 jedoch nicht geerntet werden. Die Ernte erfolgte im Jahr 2022 in KW 39 in Pithiviers und in KW 44 in Peine und Soest. Im Jahr 2023 wurde die Ernte in Pithiviers in KW 41 durchgeführt. An allen Standorten wurden während der Saison normale landwirtschaftliche Praktiken befolgt. Die Versuche wurden regelmäßig gepflegt, um ein realistisches Bild der Reaktion auf die verschiedenen Vorbehandlungen zu gewährleisten.

Die untersuchten Merkmale umfassten den Rübenertrag (RY), den Zuckergehalt (SC) und den Zuckerertrag (SY). Der Rübenertrag (RY) wurde durch das Gewicht der geernteten, gewaschenen Rüben pro Parzelle bestimmt. Der Zuckergehalt (SC) wurde mittels NIR-Technologie auf einer Breiprobe aus allen geernteten Rüben pro Parzelle gemessen. Der Zuckerertrag (SY) wurde berechnet, indem der Rübenertrag mit dem Zuckergehalt multipliziert und durch 100 geteilt wurde. Für den Vergleich der Behandlungen wurden alle Proben, die der Standard-Vorbehandlung (Std-Vorbehandlung) innerhalb jedes Hybrids entsprachen, auf 100 % gesetzt. Alle ertragsbezogenen Merkmale der restlichen Vorbehandlungen, wie RHA (Rübenaussaat mit zusätzlicher Behandlung) und LE (Lösungsmittelbehandlung), wurden relativ zur Standard-Vorbehandlung berechnet. Eine Gesamtanalyse wurde mit dem statistischen Programm GenStat 21 durchgeführt. In dieser Analyse wurden alle Genotypen über alle Standorte hinweg in einem Schritt adjustiert, wobei jede Wiederholung als eine Umwelt und alle Umwelten über alle Standorte hinweg betrachtet wurden.

### 3. Resümee der wesentlichen Ergebnisse

#### a) Arbeitspakete und Meilensteine: ST = Strube; JKI= Julius-Kühn Institut

Arbeitspakete (AP) (lt. Planung im Antrag)	Bearbeitungszeitraum (lt. Balkenplan im Antrag)	Zielerreichung
AP 1 Bereitstellung von Saatgut und virushaltigen Bodenproben (ST)	2022	Bereitstellung von Saatgut und virushaltigen Bodenproben abgeschlossen.
AP 2 Inkubation von Zuckerrübensamen mit Rhapynal und Süßholzextrakt (JKI und ST)	Jedes Jahr erneut vor der Aussaat	Samen der Hybridsorten ‚Curie‘, ‚Orpheus‘, ‚Pitt‘, ‚Clemens‘ und der Zuckerrübensorte ‚Hannibal‘ wurden 8 h mit Rhapynal (20 g/l) bzw. Süßholzextrakt (2,5 % (w/v) inkubiert. Diese Bedingungen waren in der vorausgegangenen Machbarkeitsstudie (FKZ 2219NR392) als der optimalen ermittelt worden.  Nach Inkubation des Saatguts mit den Bio-Wirkstoffen erfolgte die finale Behandlung durch den Wirtschaftspartner mit Force 20 CS, Vibrance und Tachigaren 70.  Das vorbereitete Saatgut wurde parallel in allen Feld- und Klimakammerversuchen eingesetzt.
AP 3 Anlage und Pflege von Klimakammer- (JKI) und Feldversuchen (ST) Einsatz des Rübenmaterials in Erde der Befallsstandorte; Pithivier (F), Preine (D) und Soest (D)	Jedes Jahr erneut	Für die Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen wurden analog zu den Feldversuchen die 5 Zuckerrübenentypen in Töpfe mit Bodenproben aus Pithiviers, Soest und Peine eingesät. Die Pflanzen wurden in einer Klimakammer kultiviert.
AP 4 Qualitative und quantitative Analyse der Rübenwurzeln (Klimakammerpflanzen) auf Befall mit BNYVV, BVQ und BSBV nach unterschiedlichen Zeiträumen (JKI)	Jedes Jahr erneut	Analyse der Wirkung von ‚Rhapynal‘ und Süßholzextrakt auf Pflanzenverträglichkeit durch Inkubation von Saatgut über verschiedene Zeiträume in unterschiedlichen Konzentrationen der Bio-Wirkstoffe und Aussaat in der Klimakammer. Zunächst wurden Keimungsrate und Habitus der Sämlinge ermittelt. 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11 und 15 WnE wurden jeweils 30 Sämlinge pro Genotyp/Standort/Bio-Wirkstoff aus den Töpfen entnommen sowie 30 Sämlinge pro Genotyp/Standort der Wasserkontrolle. Nach Extraktion der RNA aus den Wurzeln erfolgte die qualitative und quantitative Bestimmung von BNYVV, BVQ und BSBV in den Rübenwurzeln.
AP 5 Qualitative und quantitative Analyse der Wurzeln von Feldpflanzen auf Befall mit BNYVV, BVQ, BSBV nach unterschiedliche Zeiträumen (JKI)	2022 und 2023	Die Pflanzenverträglichkeit von Rhapynal und Süßholzextrakt wurde durch Inkubation von Saatgut über verschiedene Zeiträume in unterschiedlichen Konzentrationen der Bio-Wirkstoffe untersucht.  Die Behandlung der Samen der Hybridsorten ‚Curie‘, ‚Orpheus‘, ‚Pitt‘, ‚Clemens‘ und der Zuckerrübensorte ‚Hannibal‘ mit Rhapynal (20 g/l) bzw. Süßholzextrakt (2,5 % (w/v) wurde von Firma Strube übernommen. Nach der Inkubation des Saatguts mit den Bio-Wirkstoffen erfolgte die finale Behandlung mit Force 20 CS, Vibrance und Tachigaren 70.  Nach Extraktion der Gesamt-RNA aus den Wurzeln der Feldpflanzen erfolgte der RT-PCR Nachweis der Zuckerrübenviren.

Meilensteine (M) (lt. Planung im Antrag)	Fälligkeit (lt. Balkenplan im Antrag)	Zielerreichung
M 1 Versuchsjahr 1	2022	Inkubation des Zuckerrübensaatguts wurde durchgeführt. Klimakammer- und Feldversuche wurden angelegt und gepflegt. Qualitative und quantitative Analyse des

Meilensteine (M) (lt. Planung im Antrag)	Fälligkeit (lt. Balkenplan im Antrag)	Zielerreichung
		Virusgehalts in den Wurzeln mit den Erregern BNYVV, BVQ und BSBV wurden durchgeführt.
M 2 Versuchsjahr 2	2023	Wiederholung von Jahr 1 (2022).

## b) Zusammenfassung

Im Jahr 2022 wurden Feldversuche in KW11, KW12 und KW16 jeweils in Pithiviers, Peine und Soest gesät. Im Jahr 2023 erfolgte die Aussaat in KW14 in Pithiviers bzw. KW 16 in Peine und Soest. Die Ernte der Versuche erfolgte 2022 in KW39 und 2023 und in KW41 in Pithiviers sowie 2022 in KW44 in Peine und Soest. Aufgrund von Niederschlägen und niedrigen Temperaturen konnten die Versuche in Peine und Soest im Jahr 2023 jedoch nicht geerntet werden. Normale landwirtschaftliche Praktiken wurden während der Saison an jedem Ort durchgeführt. Die gesammelten ertragsbezogenen Merkmale umfassten Rübenertrag (RY), Zuckergehalt (SC) und Zuckerertrag (SY). RY entspricht dem Gewicht der geernteten und gewaschenen Rüben pro Parzelle, SC wird durch NIR bestimmt, basierend auf einer Breiprobe von allen geernteten Rüben pro Parzelle, und SY wird berechnet, indem RY mit SC multipliziert und dann durch 100 dividiert wird.

Für einen besseren Vergleich zwischen den Behandlungen wurden alle Proben, die der Std-Vorbehandlung innerhalb jedes Hybrids entsprachen, für alle Merkmale (RY, SC und CSY) auf 100 % gesetzt, alle ertragsbezogenen Merkmale für die verbleibenden Vorbehandlungen RHA bzw. LE wurden gegen die Std-Vorbehandlung berechnet. Relativwerte und eine Gesamtanalyse wurden mit GenStat 21 berechnet. Tatsächlich bedeutet Gesamtanalyse, dass alle Genotypen über alle Standorte in einem Schritt adjustiert wurden. Jede Wiederholung innerhalb des Standorts wurde als eine Umwelt und alle Umwelten über alle Standorte betrachtet. Das Modell war daher ein fester Effekt für Genotyp und Umwelt und ein zufälliger Blockeffekt mit Umwelt.

Der Keimungstest zeigte bei allen Hybriden bei der Behandlung mit RHA bzw. LE im Vergleich zur Std-Vorbehandlung keine signifikanten bis negative Auswirkungen. Tatsächlich steigt der Prozentsatz nicht gekeimter Samen bei der RHA-Vorbehandlung im Vergleich zu LE und Std an. Im Falle des Prozentsatzes der abnormalen Keimlingsentwicklung zeigte die RHA-Vorbehandlung eine erhöhte Rate bei Curie, Hannibal und Pitt, während die LE-Vorbehandlung auch bei Clemens und Pitt eine erhöhte Rate abnormaler Sämlinge im Vergleich zu Std und RHA aufwies.

Bezüglich SY wurden bei RHA- und LE-Vorbehandlungen negative Auswirkungen beobachtet. Im Vergleich zu RHA- und LE-Vorbehandlungen scheint die Standard-Vorbehandlung SY und RY zu sichern. Allerdings könnten die Ergebnisse stark verfälscht werden, da die meisten Daten im Jahr 2022 erhoben wurden. In diesem Jahr herrschte eine starke Dürre in ganz Europa herrschte. Desweiteren gab es kurze Vegetationsfenster aufgrund eines nassen Frühlings und Herbstes im Jahr 2023.

Leider gelang es den RHA- und LE-Vorbehandlungen nicht, die Keimung und Ertragsleistung bei natürlichem Rhizomania-Befall sicherzustellen. Tatsächlich scheinen die genetischen Hintergründe der **Rz1**- und **Rz2**-Pflanzen eine wichtigere Rolle bei der Bekämpfung eines Rhizomania-Befalls im Feld zu spielen.

## II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

### 1. Erzielte Ergebnisse

#### Arbeitspaket 1: Bereitstellung von Saatgut und virushaltigen Bodenproben

Zu Beginn des Projekts wurde das entsprechende Saatgut für beide Jahre vorbereitet und Bodenproben mit Viren bereitgestellt.

#### Arbeitspaket 2: Inkubation von Zuckerrübensamen mit Rhaphynal und Süßholzextrakt

##### *Saatgutbehandlung*

Nachdem vom JKI bereitgestelltes Inokulationsprotokoll, wurde Saatgut von 5 kommerziellen Hybriden einschließlich Hannibal, Clemens, Orpheus, Pitt und Curie mit Wasser (Std), Rhaphynal (RHA), und Süßholzextrakt (LE) im Jahr 2022 und 2023 vorbehandelt. Danach wurde das Saatgut schließlich mit einer chemischen Standardbehandlung behandelt, bestehend aus Force 20 CS (57 gr/U) + Tachigaren (20 gr/U).

Zweimal wurde das Saatgut vorbereitet - eins für die Feldversuchsprüfung und eine zweite wurde an das JKI geliefert, für die Klimakammeranalysen, im Jahr 2022 und 2023.

#### Arbeitspaket 3: Anlage und Pflege von Klimakammerversuchen und Feldversuchen

In diesem Abschlussbericht (Teilvorhaben 2) wird nur über die vorausgehenden Keimungstests und die Ergebnisse der Feldversuche berichtet. Alle weiteren Versuche sind im Abschlussbericht Teilvorhaben 1 (FKZ:2221NR036A) zu finden.

##### *Keimtest*

Alle fünf kommerziellen Hybriden wurden unter den verschiedenen Vorbehandlungen einschließlich Std, RHA und LE, jeweils einem Filterpapier-Keimungstest gemäß den Vorschriften der International Seed Testing Association (ISTA) unterzogen. Daten zur Keimrate wurden 7 und 14 Tage nach der Aussaat (das) gesammelt und abnormale Sämlinge und nicht gekeimte Samen wurden 14 Tage nach der Aussaat registriert. Die adjustierten Mittelwerte wurden mit allen im Jahr 2022 und 2023 erfassten Daten via GenStat 21 berechnet.

##### *Probenbereitstellung*

In den Jahren 2022 und 2023 wurden von jedem Standort Bodenproben gesammelt und zur Virusbestimmung und Quantifizierung an das JKI geliefert. Jede Bodenprobe bestand aus 10 kg Erde pro Standort.

Im Jahr 2022 wurden Zuckerrübenproben in einer Wiederholung an jedem Standort zu verschiedenen Zeitpunkten gesammelt, die zuvor vom JKI festgelegt wurden – aufgrund des Projektstarts 3 Zeitpunkte (9, 11, 20 Wochen nach der Aussaat “**was**”) in Peine, 5 Zeitpunkte (5, 7, 9, 11 und 16 was) in Soest und auch 5 Zeitpunkte (6, 7, 9, 11 und 20 was) in Pithiviers.

Im Jahr 2023 wurden Rübenwurzelproben in mehreren Wiederholungen an jedem Standort zu 5 Zeitpunkten gesammelt, die zuvor vom JKI festgelegt wurden und aus 4, 5.5, 7, 8.5 und 10 was bestanden. In Peine wurden 5 Zeitpunkte (4, 5.5, 7, 8.5 und 10 was) gesammelt, in Soest wurden wetterbedingt 4 Zeitpunkte (4, 5.5, 8.5, und 10 was), und in Pithiviers wurden 5 Zeitpunkte (4, 5.5, 7, 8.5 und 10 was) gesammelt.

Alle Rübenproben wurden zur weiteren Analyse an das JKI geliefert.

##### Ergebnisse

##### *Keimungstest*

Im den Jahren 2022 und 2023 zeigten Hybriden, die mit Std vorbehandelt wurden, eine Keimungsrate zwischen 93,5% - 99% 7 Tage nach der Aussaat (**das**) und 94,13% - 99,13% nach 14 das. Mit RHA-Vorbehandlung lag die Keimrate, nach 7 das, zwischen 58,63% - 79,13% und nach 14 das zwischen 76,38% - 93,25%. Im Fall der LE-Vorbehandlung, lagen die Raten nach 7 das zwischen 92,50% - 98,25% und 94,50% - 98,25% nach 14 das (Abb. 1).

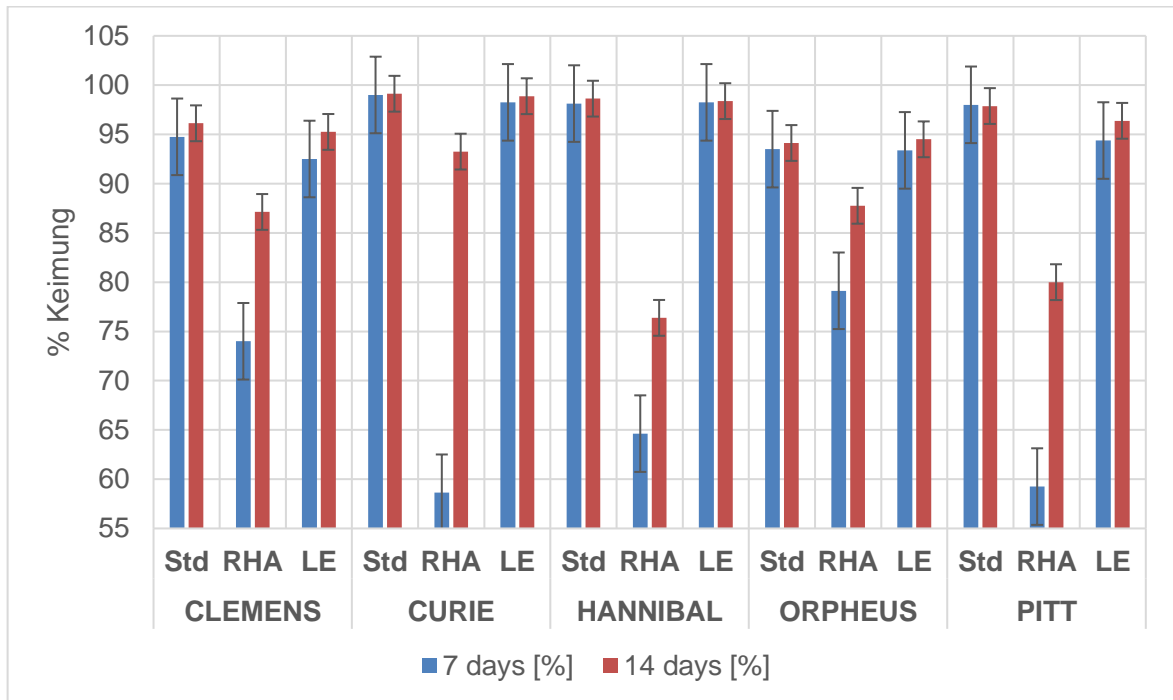


Abb. 1 Korrigierte Keimungsmittelwerte, berechnet über die Jahre 2022 und 2023 für alle 5 Hybriden, die mit Wasser (Std), Rhaphynal (RHA) und Lakritzextrakt (LE) vorbehandelt wurden. Der Keimtest folgte den ISTA-Vorschriften.

Alle Hybriden mit RHA-Vorbehandlung hatten eine signifikante Verringerung der Keimungsrate bei 7 und 14 das, im Vergleich zu Std- bzw. LE-Vorbehandlungen. Im Gegensatz, dazu zeigte die LE-Vorbehandlung eine leichte Reduzierung der Keimungsrate bei 7 und 14 das, im Vergleich zur Std-Vorbehandlung (Abb. 2).

Bei allen Hybriden wurden unter den unterschiedlichen Vorbehandlungen abnormale Sämlinge und Nichtkeimung analysiert. Beispielsweise zeigte die Std-Vorbehandlung eine korrigierte abnormale Sämlingsrate im Bereich von 0,63 – 4,38 % bzw. eine Nichtkeimungsrate von 0,25 – 1,50 % nach 14 das. Unter der RHA-Vorbehandlung lagen die abnormalen Sämlingsraten im Alter von 14 das zwischen 2,38 und 5,88 % und die nicht gekeimten Raten zwischen 4,38 und 20 %. Im Fall der LE-Vorbehandlung lagen die Raten nach 14 das zwischen 0,88 und 4,25 und zwischen 0,13 und 1,25 % für abnormale Keimlingsentwicklung und Nichtkeimungsrate (Abb. 3).

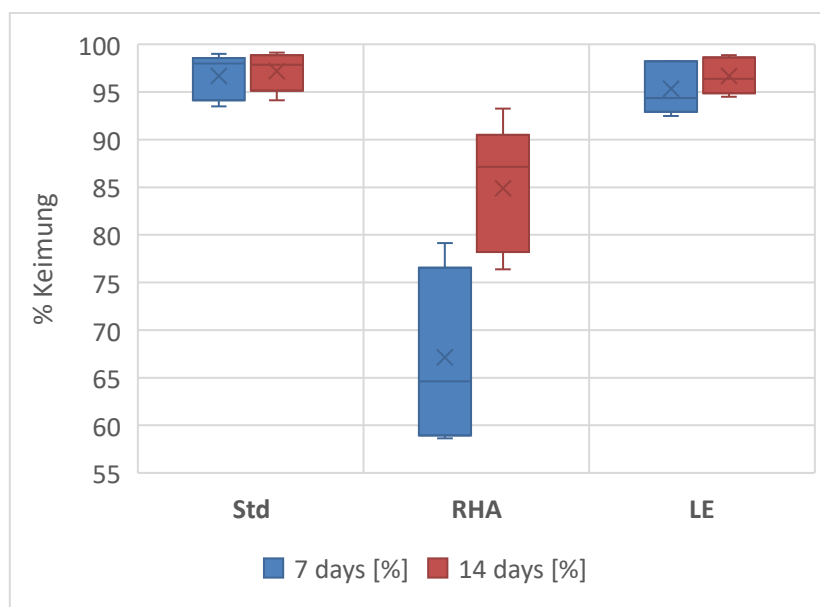


Abb. 2 Korrigierte Keimung bedeutet, berechnet über die Jahre 2022 und 2023 und Vorbehandlungen einschließlich Wasser (Std), Rhaphynal (RHA) und Lakritzextrakt (LE). Der Keimtest folgte den ISTA-Vorschriften.

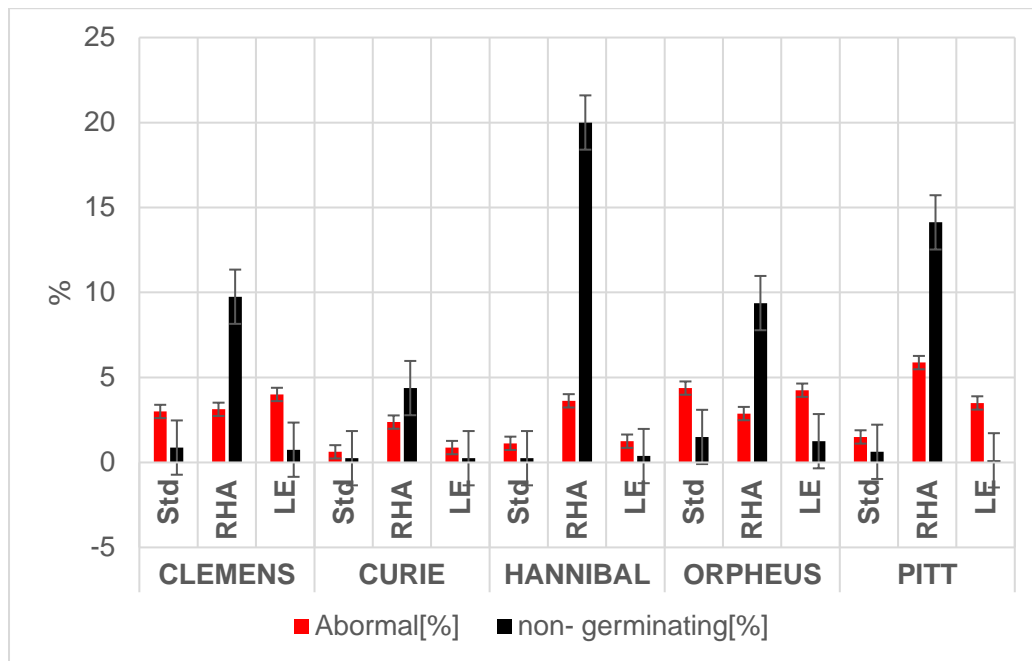


Abb. 3 Korrigierte Mittelwerte für abnormale Keimlingsentwicklung und Nichtkeimungsrate bei 14 das für alle Hybriden im Jahr 2022 und 2023 und unter verschiedenen Vorbehandlungen, einschließlich Wasser (Std), Rhaphynal (RHA) und Lakritzextrakt (LE).

Die RHA-Vorbehandlung führte bei allen Hybriden zu einem signifikanten Anstieg der abnormalen Keimlingsentwicklung und der Nichtkeimungsrate um 14 das im Vergleich zu den Standard- bzw. LE-Vorbehandlungen. Die Std- und LE-Vorbehandlung zeigten ein ähnliches Verhalten hinsichtlich der abnormalen Keimlingsentwicklung und der Nichtkeimungsrate (Abb. 4).

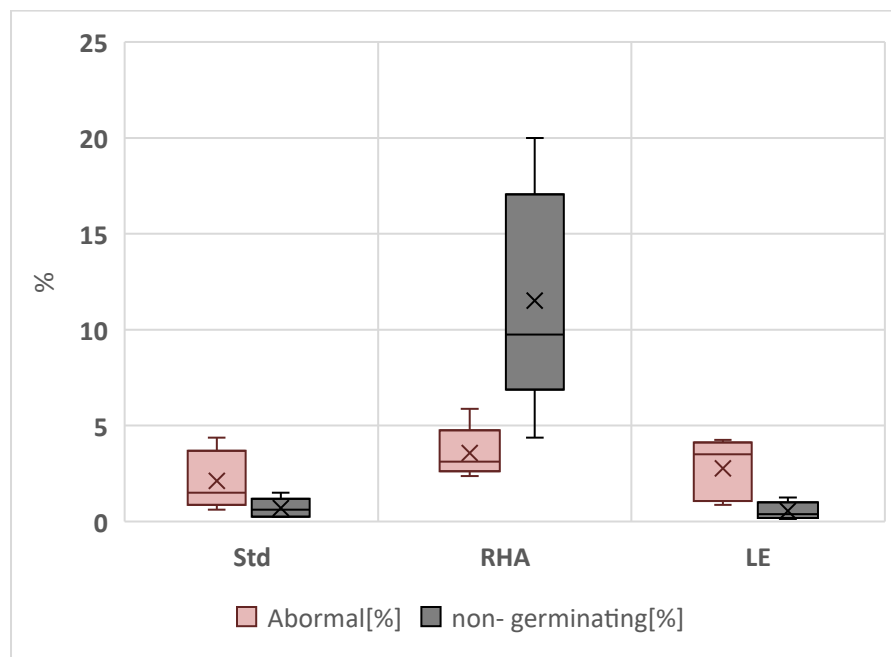


Abb. 4 Korrigierte Mittelwerte für abnormale Keimlingsentwicklung und Nichtkeimungsrate bei 14 das über alle Hybriden und die Jahre 2022 und 2023 und unter verschiedenen Vorbehandlungen, einschließlich Wasser (Std), Rhaphynal (RHA) und Lakritzextrakt (LE).

Im Jahr 2022, zeigte die RHA-Vorbehandlung in Peine eine Reduzierung des SY im Durchschnitt von -3,40% bei Hannibal, Pitt und Orpheus, während bei Clemens und Curie ein Anstieg des SY um durchschnittlich 2,13 % beobachtet wurde. Im Gegensatz dazu, zeigte die LE-Vorbehandlung eine durchschnittliche Reduktion von -2,71% des SY für Hannibal, Clemens und Pitt während Orpheus und Curie einen durchschnittlichen Zuwachs des SY in Höhe von 6,58% (Tabelle 1) hatte.

In Soest zeigte sich im Jahr 2022 bei Hannibal, Pitt und Curie mit RHA-Vorbehandlung eine nachteilige Wirkung auf SY von durchschnittlich -3,33%, bei Orpheus hingegen gab es einen leichten Anstieg von 0,23 % in SY, im Gegensatz dazu, wurde bei Clemens ein Anstieg von 1,73 % in SY beobachtet. Die LE-Vorbehandlung zeigte eine Verringerung von durchschnittlich -2,79 % für SY bei Hannibal, Orpheus und Curie, aber eine Zunahme von durchschnittlich 2,82 % für SY bei Clemens und Pitt (Tabelle 1).

Im Jahr 2022 wurde in Pithiviers unter der RHA-Vorbehandlung für Clemens, Orpheus, Pitt und Curie eine durchschnittliche Reduzierung von -2,11 % für SY beobachtet, während für Hannibal ein Anstieg von 1,52 % für SY beobachtet wurde. Bei LE-Vorbehandlungen wurde bei allen Hybriden eine durchschnittliche Verringerung des SY um -3,81 % beobachtet, mit Ausnahme von Pitt, der einen Anstieg des SY um 1,04 % aufwies. Im Jahr 2023 wurde bei allen Hybriden eine durchschnittliche Reduzierung der RHA- und LE-Vorbehandlungen um -8,96 % bzw. -8,82 % beobachtet (Tabelle 1).

*Tabelle 1. Wurzeleertrag (RY) und Zuckerertrag (SY) als Prozentsatz relativ zum Standard.  $\Delta RY$  und  $\Delta SY$  beziehen sich auf den Unterschied zwischen Vorbehandlungen und Standard. Die Ertragsdaten beziehen sich auf die Jahre 2022 und 2023 und über alle Standorte hinweg. Zu den Vorbehandlungen gehörten Wasser (Std), Rhaphynal (RHA) und Lakritzextrakt (LE).*

Jahr	Orte	Hybrid	Vorbehandlung	RY (%)	$\Delta RY$ (%)	SY (%)	$\Delta SY$ (%)	
2022	Soest	Hannibal	Std	100,0		100,0		
			RHA	95,4	-4,60	94,7	-5,25	
			LE	97,5	-2,52	97,1	-2,93	
		Clemens	Std	100,0		100,0		
			RHA	101,2	1,23	101,5	1,46	
			LE	97,0	-2,96	97,1	-2,88	
		Peine	Pitt	Std	100,0		100,0	
				RHA	97,0	-3,03	97,7	-2,31
				LE	98,3	-1,74	97,7	-2,33
		Orpheus	Std	100,0		100,0		
			RHA	98,2	-1,81	97,4	-2,60	
			LE	102,6	2,63	102,6	2,65	
	Curie	Std	100,0		100,0			
		RHA	101,8	1,84	102,8	2,80		
		LE	108,7	8,68	110,5	10,52		
	Soest	Hannibal	Std	100,0		100,0		
			RHA	93,7	-6,32	94,8	-5,19	
			LE	98,2	-1,84	96,9	-3,07	
		Clemens	Std	100,0		100,0		
			RHA	101,2	1,16	98,2	-1,75	
			LE	104,7	4,66	102,7	2,71	
		Pitt	Std	100,0		100,0		
			RHA	101,6	1,57	101,7	1,73	
			LE	104,1	4,07	102,9	2,93	
		Orpheus	Std	100,0		100,0		
			RHA	99,8	-0,16	100,2	0,23	
			LE	97,5	-2,54	97,2	-2,78	
	Curie	Std	100,0		100,0			
		RHA	96,1	-3,92	96,9	-3,06		
		LE	97,9	-2,11	97,5	-2,53		
	Pithiviers	Hannibal	Std	100,0		100,0		
			RHA	94,6	-5,40	101,5	1,52	
			LE	91,4	-8,61	94,1	-5,94	
		Clemens	Std	100,0		100,0		
			RHA	98,2	-1,76	98,9	-1,07	
			LE	98,0	-1,95	97,9	-2,14	
Pitt		Std	100,0		100,0			
		RHA	99,9	-0,14	98,6	-1,37		
		LE	105,9	5,91	101,0	1,04		
Orpheus		Std	100,0		100,0			
		RHA	94,6	-5,42	95,5	-4,50		
		LE	96,5	-3,45	97,6	-2,44		
Curie	Std	100,0		100,0				
	RHA	104,1	4,05	98,5	-1,49			
	LE	99,3	-0,72	95,3	-4,73			
Pithiviers	Hannibal	Std	100,0		100,0			
		RHA	91,8	-8,19	90,6	-9,39		
		LE	98,6	-1,36	100,4	0,35		
	Clemens	Std	100,0		100,0			
		RHA	89,4	-10,64	88,1	-11,89		
		LE	90,7	-9,31	89,0	-11,02		
	Pitt	Std	100,0		100,0			
		RHA	88,9	-11,07	88,8	-11,24		
		LE	84,3	-15,70	84,1	-15,94		
	Orpheus	Std	100,0		100,0			
		RHA	93,1	-6,88	94,4	-5,57		
		LE	92,7	-7,33	94,8	-5,17		
Curie	Std	100,0		100,0				
	RHA	96,2	-3,77	93,3	-6,73			
	LE	90,1	-9,89	87,7	-12,34			

Über beide Jahre, Standorte und Hybriden hinweg ist ein durchschnittlicher Rückgang von -3,34 % bzw. -2,90 % im SY für RHA- bzw. LE-Vorbehandlungen zu verzeichnen. Ebenso wurde ein Rückgang von -3,21 % bzw. -2,41 % bei RY für RHA- bzw. LE-Vorbehandlung beobachtet (Abb. 5).

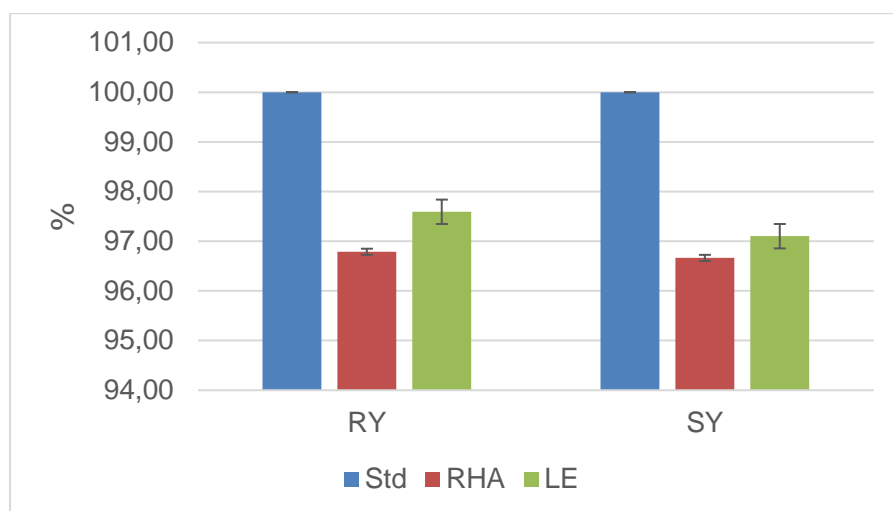


Abb. 5 Korrigierte Mittelwerte über Jahre und Standorte für Wurzertrag (RY) und Zuckerertrag (SY). Zu den Vorbehandlungen gehörten Wasser (Std), Rhaphynal (RHA) und Lakritzextrakt (LE).

Über alle Standorte und Hybriden hinweg scheinen RY und SY weder vom **Rz2**- noch vom **Rz1**-Hintergrund beeinflusst zu sein. Bei der RHA-Vorbehandlung über alle Hybriden, Standorte und Jahre hinweg wurde ein Rückgang von -3,21 % bzw. -3,34 % bei RY und SY beobachtet. Während für LE ein Rückgang von -2,41 % bzw. -2,90 % für RY und SY gezeigt wurde, mit Ausnahme von Hannibal, der einen Anstieg von 2,35 % bzw. 1,54 % für RY und SY zeigte (Tabelle 2).

Tabelle 2. Korrigierte Mittelwerte über Jahre und Standorte für Wurzertrag (RY) und Zuckerertrag (SY) als Prozentsatz, relativiert über die Standard-Vorbehandlung.  $\Delta RY$  und  $\Delta SY$  beziehen sich auf den Unterschied zwischen Vorbehandlungen und Standard. Zu den Vorbehandlungen gehörten Wasser (Std), Rhaphynal (RHA) und Lakritzextrakt (LE).

Hybrid	Vorbehandlung	RY (%)	$\Delta RY$ (%)	SY (%)	$\Delta SY$ (%)
Hannibal	Std	97,88		98,43	
	RHA	91,91	-5,97	94,00	-4,43
	LE	94,26	2,35	95,53	1,54
Clemens	Std	101,04		97,60	
	RHA	98,48	-2,57	94,43	-3,16
	LE	98,55	-2,50	94,33	-3,26
Pitt	Std	98,80		98,67	
	RHA	95,54	-3,26	95,21	-3,46
	LE	96,70	-2,10	94,82	-3,85
Orpheus	Std	105,74		107,24	
	RHA	102,10	-3,63	103,97	-3,27
	LE	103,36	-2,38	105,65	-1,60
Curie	Std	96,53		98,06	
	RHA	95,90	-0,63	95,71	-2,35
	LE	95,09	-1,44	95,17	-2,89
<b>Rz1</b>	Std	100,81		101,45	
	RHA	96,52	-4,29	97,73	-3,72
	LE	98,11	-2,70	98,67	-2,78
<b>Rz2</b>	Std	97,67		98,37	
	RHA	95,72	-1,94	95,46	-2,91
	LE	95,90	-1,77	95,00	-3,37
	Std	100,00		100,00	
	RHA	96,79	-3,21	96,66	-3,34
	LE	97,59	-2,41	97,10	-2,90

Die Ergebnisse der Feldversuche aus den Jahren 2022 und 2023 zeigen, dass die Vorbehandlungen, insbesondere die RHA- und LE-Behandlungen, unterschiedliche Auswirkungen auf den Zuckrertrag (SY) der Zuckerrüben hatten. Die Reaktion auf die Vorbehandlungen war von Jahr zu Jahr und von Standort zu Standort unterschiedlich, was auf die unterschiedlichen Umweltbedingungen und die Interaktion zwischen Genotyp und Umwelt hinweist. Im Allgemeinen führte die RHA-Vorbehandlung in den meisten Fällen zu einer Verringerung des Zuckrertrags, während die LE-Vorbehandlung gemischte Ergebnisse zeigte, mit einer Verbesserung des SY bei einigen Hybriden und einer Reduzierung bei anderen. Die Unterschiede in der Wirkung der Vorbehandlungen können durch die klimatischen Bedingungen, insbesondere durch Niederschläge und Temperaturen, sowie durch die spezifische Reaktion der einzelnen Zuckerrübenhybriden auf diese Behandlungen erklärt werden.

Für die Praxis bedeutet dies, dass die Wahl der richtigen Vorbehandlung in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen und den spezifischen Anforderungen der Zuckerrübenhybriden wichtig ist, um den maximalen Zuckrertrag zu erzielen. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um die Ursachen der unterschiedlichen Reaktionen besser zu verstehen und die Vorbehandlungen weiter zu optimieren.

#### **Arbeitspaket 4: Qualitative und quantitative Analyse der Rübenwurzeln (Klimakammerpflanzen) auf Befall mit BNYVV, BVQ und BSBV nach unterschiedlichen Zeiträumen.**

Dieses AP wurde im JKI bearbeitet.

#### **Arbeitspaket 5: Qualitative und quantitative Analyse der Wurzeln von Feldpflanzen auf Befall mit BNYVV, BVQ, BSBV nach unterschiedliche Zeiträumen**

Dieses AP wurde im JKI bearbeitet.

## **2. Verwertung**

### **a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen**

Keine Erfindungen oder Schutzanmeldungen.

### **b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende**

In der jetzigen Form stellen die Mittel wirtschaftlich keinen Mehrwert da. Die Einflussfaktoren aus der Umwelt an den unterschiedlichen Standorten und die Genetik in den Versuchspflanzen spielen eine größere Rolle als die Behandlungen. Erst wenn die teilweise positiven Effekte stabil über verschiedenen Standort und Umwelten und Genotypen sichtbar werden, können die Mittel zuverlässig eingesetzt werden.

### **c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende**

Im Allgemeinen führte die RHA-Vorbehandlung in den meisten Fällen zu einer Verringerung des Zuckrertrags, während die LE-Vorbehandlung gemischte Ergebnisse zeigte, mit einer Verbesserung des SY bei einigen Hybriden und einer Reduzierung bei anderen. Die Unterschiede in der Wirkung der Vorbehandlungen können durch die klimatischen Bedingungen, insbesondere durch Niederschläge und Temperaturen, sowie durch die spezifische Reaktion der einzelnen Zuckerrübenhybriden auf diese Behandlungen erklärt werden.

Für die Praxis bedeutet dies, dass die Wahl der richtigen Vorbehandlung in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen und den spezifischen Anforderungen der Zuckerrübenhybriden wichtig ist, um den maximalen Zuckrertrag zu erzielen. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um die Ursachen der unterschiedlichen Reaktionen besser zu verstehen und die Vorbehandlungen weiter zu optimieren. Diese Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, die Vorbehandlungen an die spezifischen Bedingungen jedes Standorts und die Eigenschaften der eingesetzten Hybriden anzupassen.

### **d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

Um die Ergebnisse des Projekts weiter zu vertiefen und innovative Schritte zur Umsetzung zu entwickeln, könnten folgende Aspekte weiter untersucht und ausgebaut werden:

- Optimierung der Vorbehandlungen für verschiedene Klimazonen:

Da die Vorbehandlungen unterschiedliche Auswirkungen auf den Zuckerertrag je nach Standort und Jahr zeigten, könnte eine detaillierte Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Vorbehandlungen und spezifischen Klimabedingungen (z.B. Niederschlag, Temperatur) vorgenommen werden. Dies würde dazu beitragen, präzisere, klimaangepasste Anbaustrategien zu entwickeln.

- Langfristige Auswirkungen auf Bodenqualität und Biodiversität:

Es könnte erforscht werden, wie sich die verschiedenen Vorbehandlungen langfristig auf die Bodenqualität, den Humusgehalt und die Biodiversität auswirken. Die Nachhaltigkeit der behandelten Anbaumethoden müsste durch die Untersuchung von Nährstoffkreisläufen und Bodengesundheit gewährleistet werden.

- Einsatz von Präzisionslandwirtschaft:

Der Einsatz von präzisen Anbautechnologien, wie Drohnen, GPS-gesteuerte Maschinen und Sensoren, könnte die Anpassung der Vorbehandlungen auf Parzellenebene ermöglichen. Dies würde eine noch genauere Steuerung der Ressourcennutzung und eine weitere Optimierung der Erträge bei gleichzeitiger Reduzierung von Umweltbelastungen erlauben.

- Wirtschaftliche Bewertung und Skalierung der Ergebnisse:

Eine detaillierte Kosten-Nutzen-Analyse der verschiedenen Vorbehandlungen und Anbaumethoden sollte durchgeführt werden, um deren wirtschaftliche Rentabilität zu bewerten. Dies würde auch die Entwicklung von Geschäftsmodellen zur Skalierung der Ergebnisse auf größere landwirtschaftliche Betriebe und Regionen erleichtern.

### **3. Erkenntnisse von Dritten**

Siehe Abschlussbericht Teilvorhaben 1.

### **4. Veröffentlichungen**

Siehe Abschlussbericht Teilvorhaben 1.