



Abschlusskonferenz – BonaRes 2024

Session: Wie können wir das Potential biologischer
Gemeinschaften in unseren Böden gezielt einsetzen?



BonaRes ORDIAmur:

Nachbauprobleme: Über das Systemverständnis zum Management



Traud Winkelmann



und alle ORDIAmur Partner

Gliederung

- Nachbaukrankheit bei Apfel (ARD)
- Erkenntnisse aus den Jahren 2015-2023 von ORDIAmur
- Möglichkeiten der Beeinflussung biologischer Gemeinschaften im Boden
- Entwicklung und Testung von Gegenmaßnahmen gegen ARD
- Ausblick auf das letzte Jahr von ORDIAmur

- Symptome
 - Gestrauchte Sprosse
 - Wurzelwachstum verringert, Verbräunungen
 - Reduktion von Ertrag und Qualität
- Starke wirtschaftliche Einbußen
- Eigenschaften von ARD (Hoestra et al. 1994)
 - Spezifität
 - Immobilität
 - Reversibilität
 - Persistenz
- Überwindung durch Bodendesinfektion



Mahnkopp et al., 2018

- Bodenbürtige Pathogene mit Bezug zu ARD
 - *Rhizoctonia* (Tewoldemedhin et al. 2011a; Mazzola and Manici 2012; Manici et al. 2013)
 - *Cylindrocarpon* und andere Nectriaceae (Tewoldemedhin et al. 2011a,b; Franke-Whittle et al. 2015; Manici et al. 2015, 2018)
 - *Phytophthora* (Tewoldemedhin et al. 2011a; Mazzola and Manici 2012)
 - *Pythium* (Tewoldemedhin et al. 2011a; Mazzola and Manici 2012; Manici et al. 2013)
 - *Pratylenchus penetrans* (Mai and Abawi 1978; Jaffee et al. 1982)

- Gegenmaßnahmen

- Bodenentseuchung

- Bodenwechsel

- Containerkultur

- Bodenwechsel/Containerkultur?



Entwicklung von nachhaltigen und ökonomisch umsetzbaren Maßnahmen

zur Überwindung der Nachbaukrankheit bei Apfel

Wie können wir kleinen

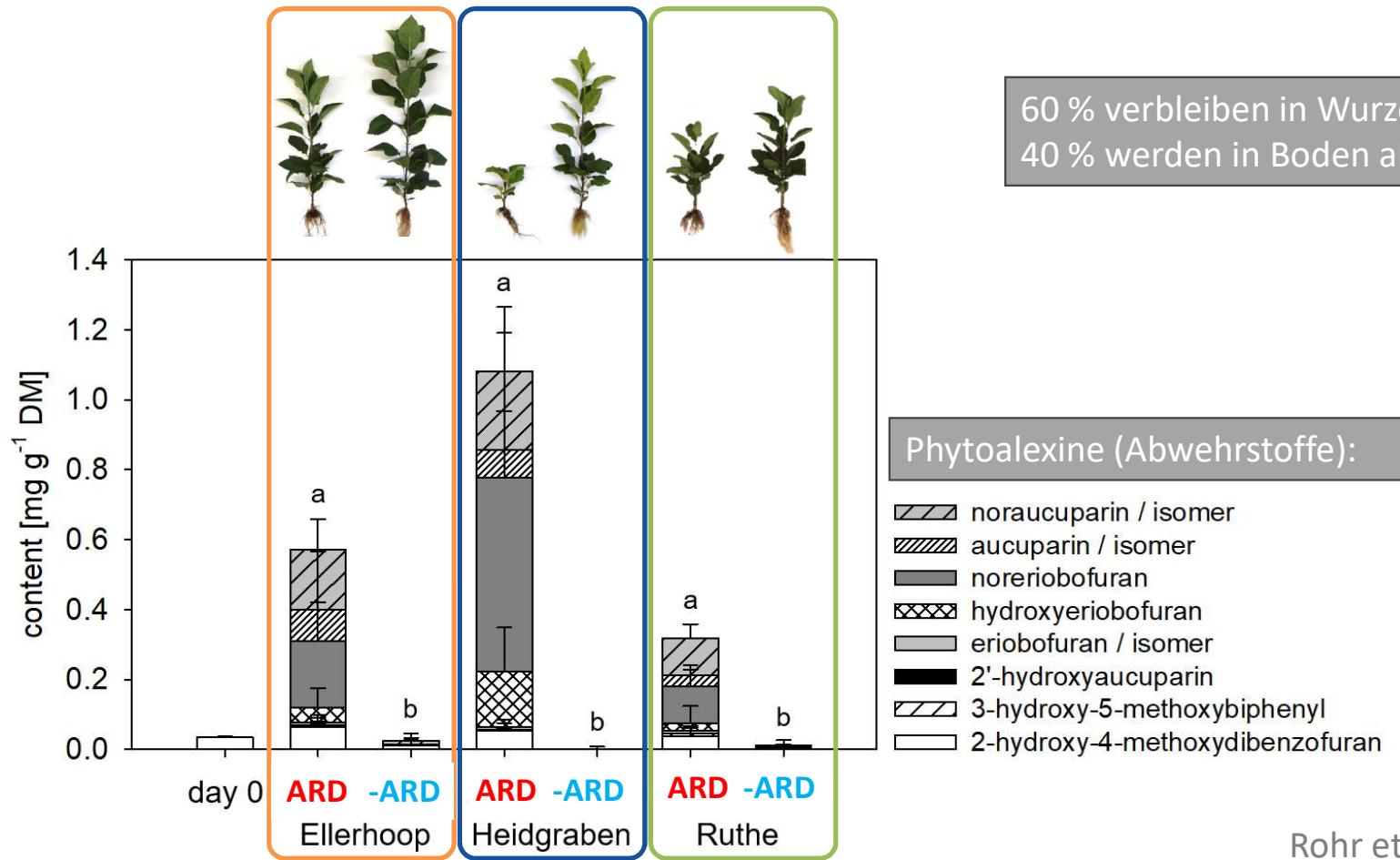
Landwirte unterstützen?



Gliederung

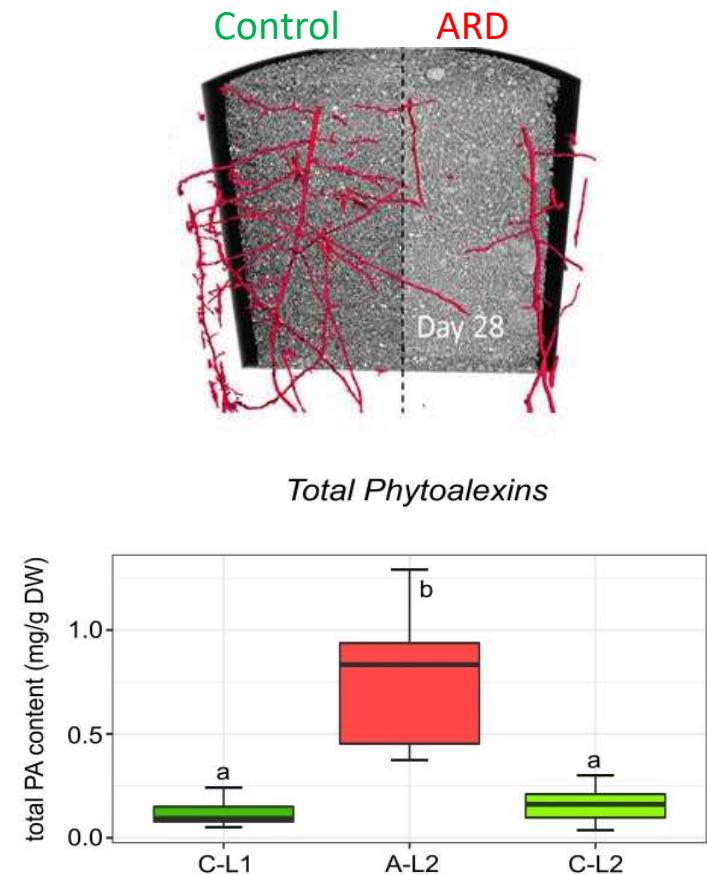
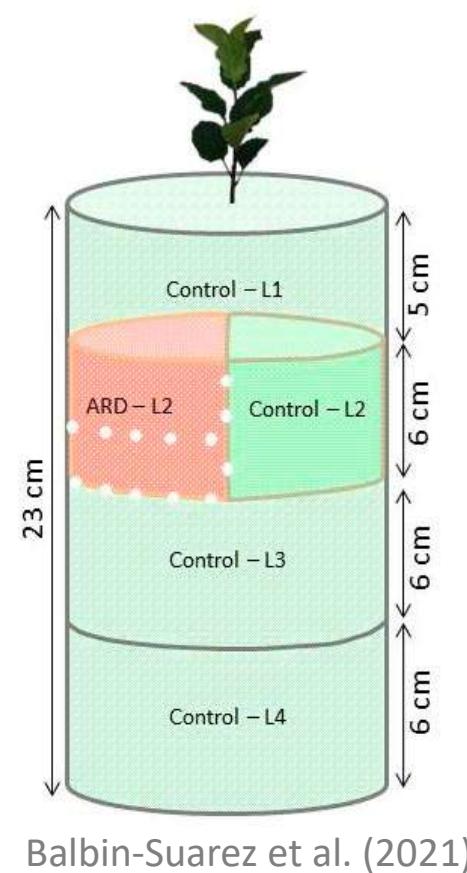
- Nachbaukrankheit bei Apfel (ARD)
- Erkenntnisse aus den Jahren 2015-2023 von ORDIAmur
- Möglichkeiten der Beeinflussung biologischer Gemeinschaften im Boden
- Entwicklung und Testung von Gegenmaßnahmen gegen ARD
- Ausblick auf das letzte Jahr von ORDIAmur

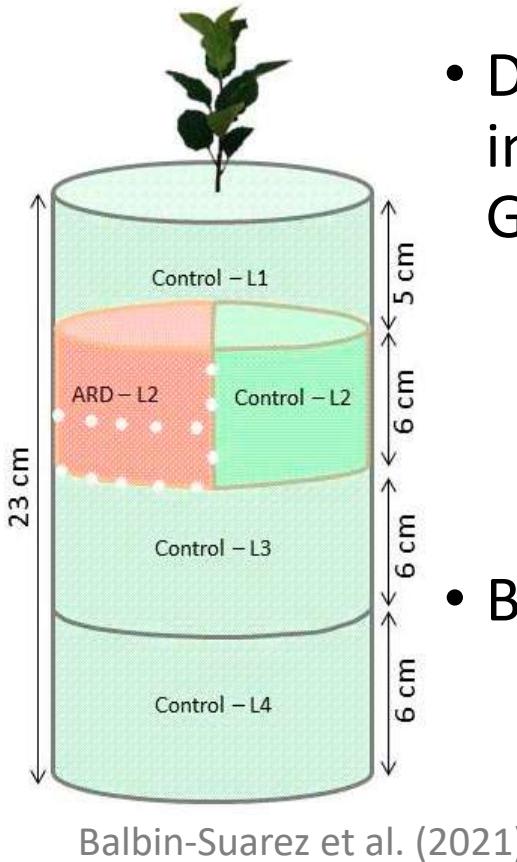
Apfel reagiert mit massiver Abwehr



Rohr et al. (2020)

Reaktion auf ARD ist lokal



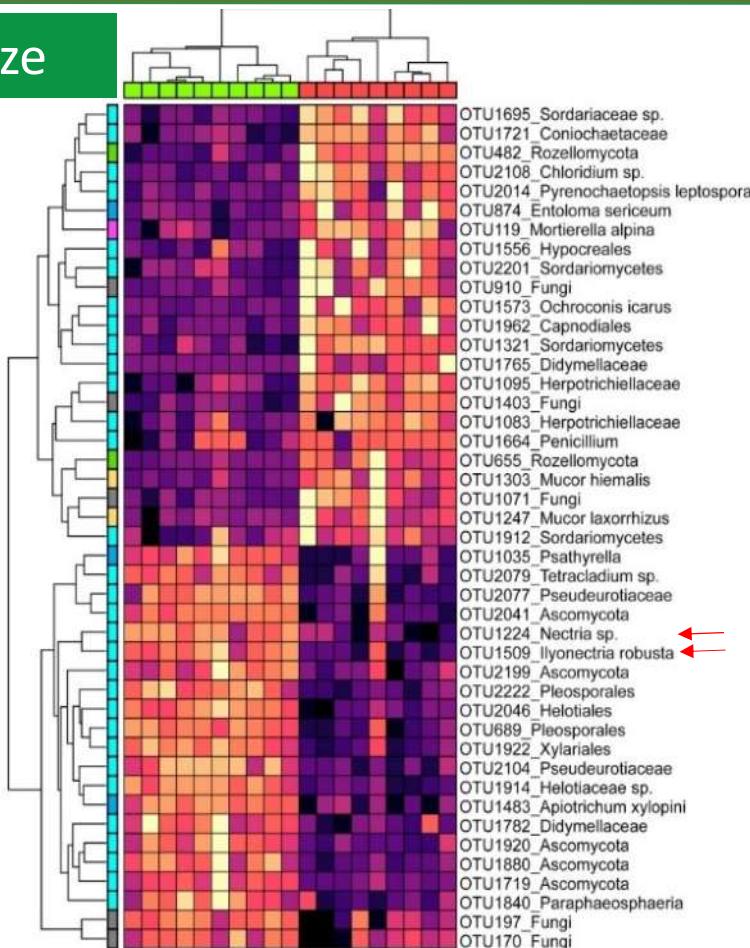


- Diverse Experimente zeigen massive Veränderungen in der Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaften in
 - Wurzelfremdem Boden
 - Wurzelnahem Boden (Rhizosphäre)
 - Wurzel-Boden-Grenzfläche (Rhizoplane)
 - Wurzel
- Beispiel: Split-Column-Experiment; Rhizoplane

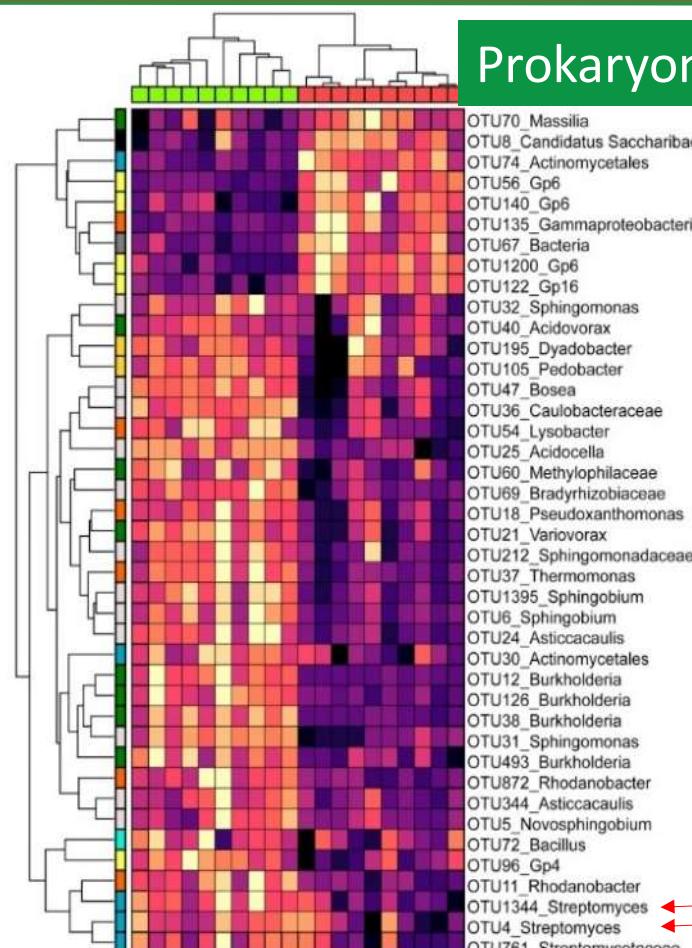
z.B.: Sun et al. (2014); Franke-Whittle et al. (2015); Yim et al. (2015); Tilston et al. (2018); Radl et al. (2019); Balbín-Suárez et al. (2020, 2021), Mahnkopp-Dirks et al. (2021, 2022), Hauschild et al. (2024) u.a.m.

Mikrobielle Gemeinschaften

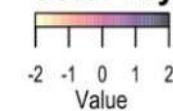
Pilze



Prokaryonten



Color key



Column side colors

ARD-L2
 Control-L2

Row side colors

Fungi

Ascomycota
 Basidiomycota
 Mortierellomycota
 Mucuromycota
 Rozellomycota
 Unclassified Fungi

Prokaryotes

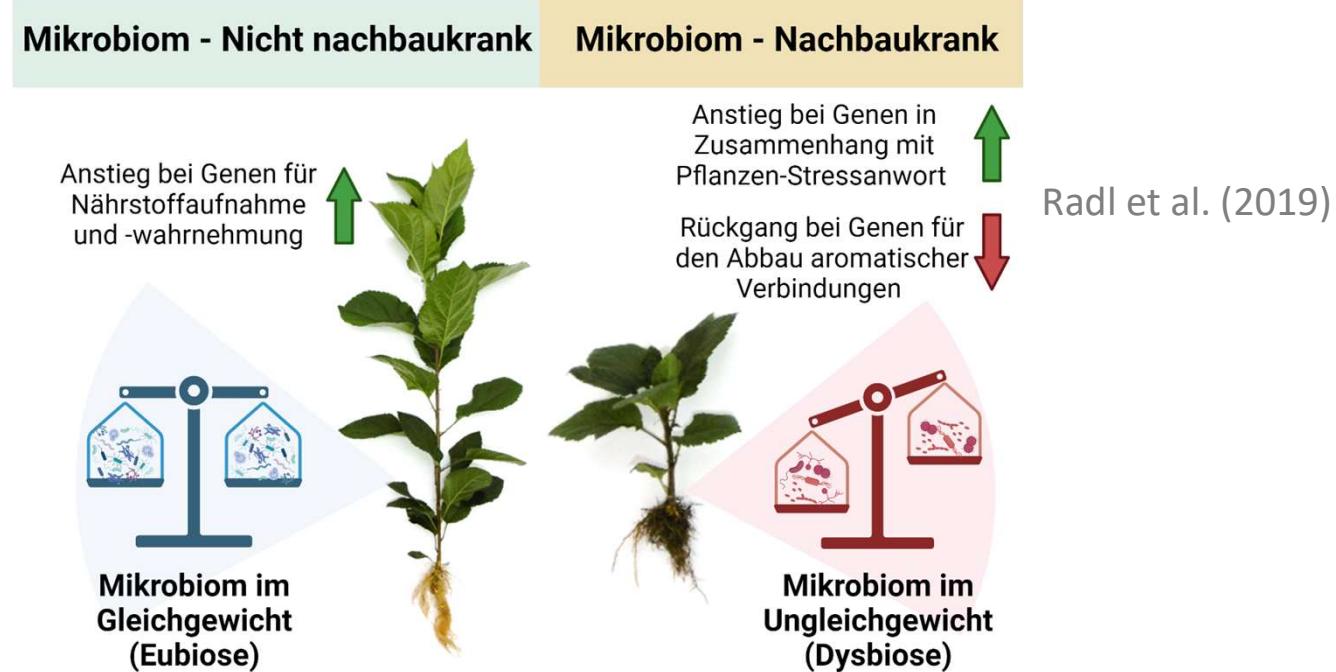
Acidobacteria
 Actinobacteria
 Alphaproteobacteria
 Betaproteobacteria
 Gammaproteobacteria
 Bacteroidetes
 Candidatus Saccharibacteria
 Firmicutes
 Unclassified Bacteria

Balbin-Suarez et al. (2021)

Gliederung

- Nachbaukrankheit bei Apfel (ARD)
- Erkenntnisse aus den Jahren 2015-2023 von ORDIAmur
- Möglichkeiten der Beeinflussung biologischer Gemeinschaften im Boden
- Entwicklung und Testung von Gegenmaßnahmen gegen ARD
- Ausblick auf das letzte Jahr von ORDIAmur

Möglichkeiten zur Beeinflussung biologischer Gemeinschaften

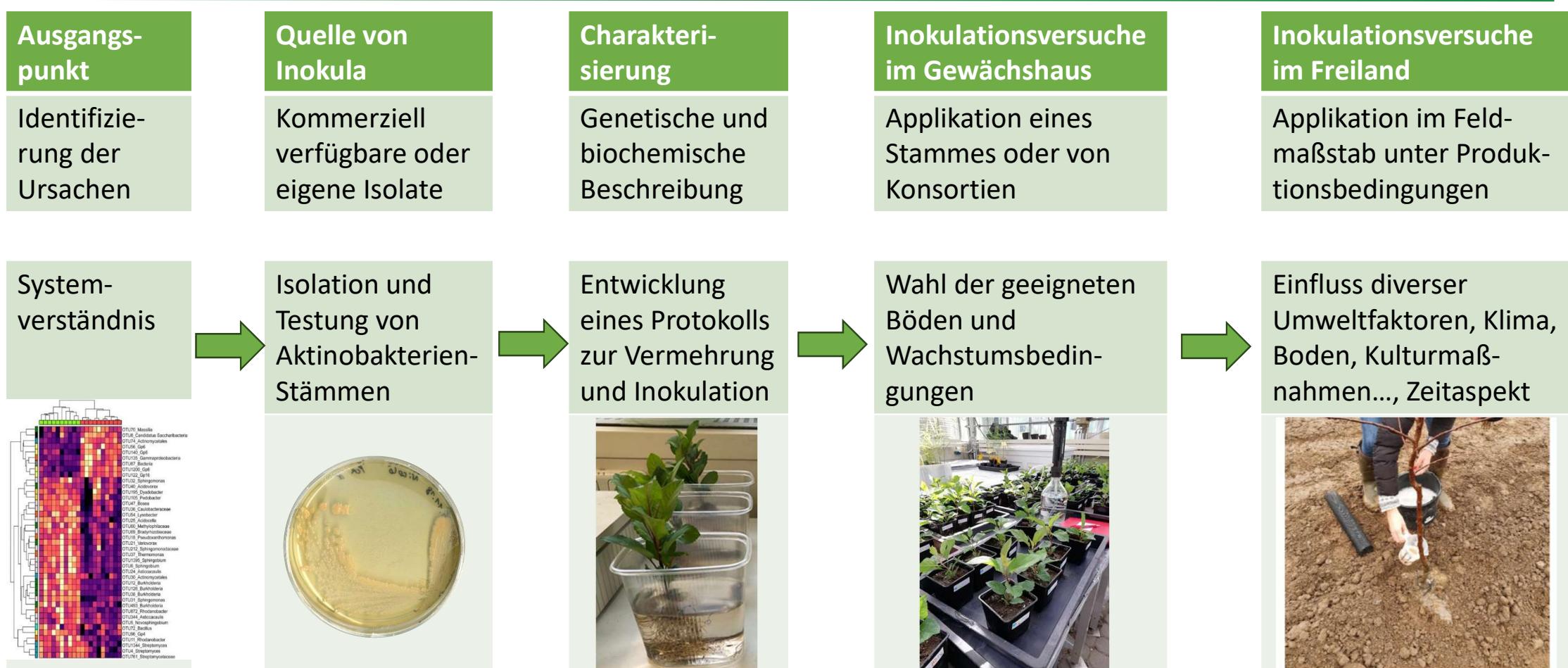


- 1. Hemmung/Abtötung/Vertreibung schädlicher Organismen
- 2. Inokulation fehlender/förderlicher Organismen
- 3. Förderung der Lebensbedingungen nützlicher Organismen

Gliederung

- Nachbaukrankheit bei Apfel (ARD)
- Erkenntnisse aus den Jahren 2015-2023 von ORDIAmur
- Möglichkeiten der Beeinflussung biologischer Gemeinschaften im Boden
- Entwicklung und Testung von Gegenmaßnahmen gegen ARD
- Ausblick auf das letzte Jahr von ORDIAmur

Der lange Weg der Entwicklung von Gegenmaßnahmen basierend auf Inokula



- CBM = commercial biostimulants

- *Bacillus atrophaeus* (ABiTEP ABi05)
- *Pseudomonas* sp. RU47 (DSM117411)
- *Trichoderma harzianum* (Vitalin T50)
- *Rhizophagus irregularis* strain QS81 (INOQ)

- OBM = ORDIAmur biostimulants

- *Rhodococcus pseudokoreensis* R79
- *Priestia megaterium* B1
- *Rhizophagus irregularis*

Gewächshausversuche:

Besseres Wachstum durch

- Erhöhung der mikrobiellen Diversität
- Biostimulation
- Hemmung schädlicher Organismen
- Abbau von Phenolen
- ...

Freilandversuche:

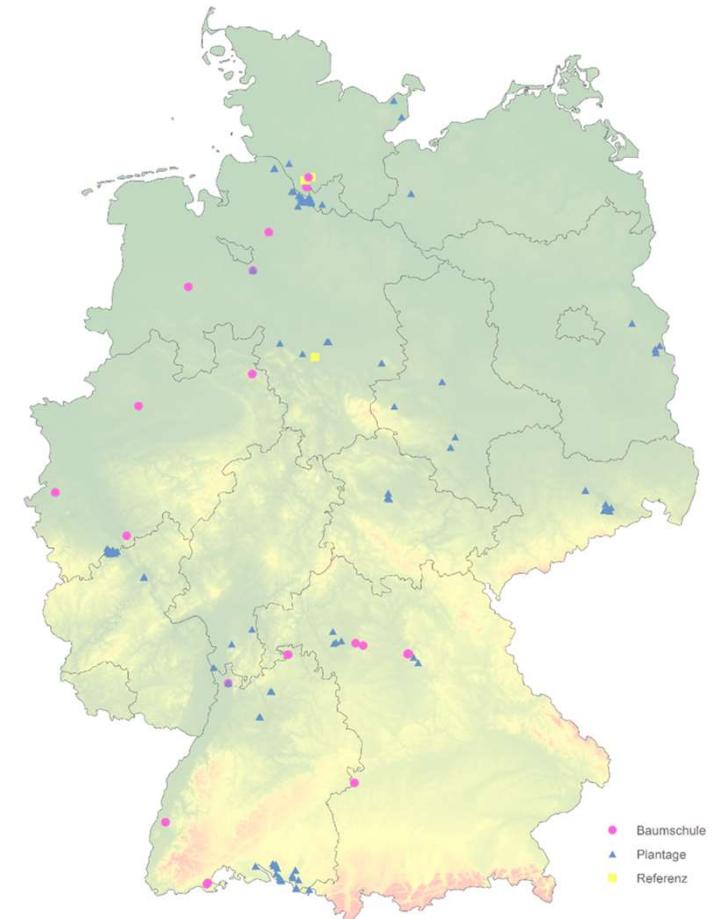
Sehr variable Ergebnisse : -12 bis + 22 % aufgrund diverser bisher nicht vollständig verstandener Einflussfaktoren

Gliederung

- Nachbaukrankheit bei Apfel (ARD)
- Erkenntnisse aus den Jahren 2015-2023 von ORDIAmur
- Möglichkeiten der Beeinflussung biologischer Gemeinschaften im Boden
- Entwicklung und Testung von Gegenmaßnahmen gegen ARD
- Ausblick auf das letzte Jahr von ORDIAmur

Ausblick

- Detaillierte Prüfung der Maßnahmen in den Leitbetrieben
- Biotest mit 150 Böden zur Aufdeckung der komplexen Mechanismen, die über das ARD-Risiko entscheiden
- Entscheidungshilfetool





Danke an alle ORDIAmur-Partner



HELMHOLTZ
MUNICH



HTW D



SPONSORED BY THE



Federal Ministry
of Education
and Research



Vielen Dank an: ABiTEP, INOQ,
Vitalin Pflanzengesundheit, DSV,
CATCHY, Soilwise, Leitbetriebe!



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

References

- BALBÍN-SUÁREZ, A., JACQUIOD, S., ROHR, A.D., LIU, B., FLACHOWSKY, H., WINKELMANN, T., BEERHUES, L., NESME, J., SØRENSEN, S.J., VETTERLEIN, D. AND K. SMALLA (2021): Root exposure to apple replant disease soil triggers local defense response and rhizoplane microbiota dysbiosis. *FEMS Microbiology Ecology* 97 (4): fiab031, doi: [10.1093/femsec/fiab031](https://doi.org/10.1093/femsec/fiab031).
- BALBÍN-SUÁREZ, A., LUCAS, M., VETTERLEIN, D., SØRENSEN, S.J., WINKELMANN, T., SMALLA, K., JACQUIOD, S. (2020): Exploring microbial determinants of apple replant disease (ARD): a microhabitat approach under split-root design. *FEMS Microbiology Ecology* 96 (12): fiaa211, doi: [10.1093/femsec/fiaa211](https://doi.org/10.1093/femsec/fiaa211)
- FRANKE-WHITTLE I. H., MANICI L. M., INSAM H., STRES B. (2015): Rhizosphere bacteria and fungi associated with plant growth in soils of three replanted apple orchards. *Plant Soil* 395: 317–333, doi: [10.1007/s11104-015-2562-x](https://doi.org/10.1007/s11104-015-2562-x).
- HAUSCHILD K, ORTH N, LIU B, GIONGO A, GSCHWENDTNER S, BEERHUES L, SCHLOTER M, VETTERLEIN D, WINKELMANN T, SMALLA K. (2024): Rhizosphere competent inoculants modulate the apple root-associated microbiome and plant phytoalexins. *Appl Microbiol Biotechnol.* 108: 344, doi: [10.1007/s00253-024-13181-8](https://doi.org/10.1007/s00253-024-13181-8).
- HOESTRA, H. (1994): Ecology and pathology or replant problems. *Acta Horticulturae* 363: 2–10, doi: [10.17660/ActaHortic.1994.363.1](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.363.1).
- JAFFEE, B. A., ABAWI, G. S., MAI, W. F. (1982): Role of soil microflora and Pratylenchus penetrans in an apple replant disease. *Phytopathology* 72:247–251. doi: [10.1094/Phyto-72-247](https://doi.org/10.1094/Phyto-72-247).
- KANFRA, X., WREDE, A., MAHNKOPP-DIRKS, F., WINKELMANN, T. AND H. HEUER (2018): Networks of free-living nematodes and their associated microbiome involved in apple replant disease. *Frontiers in Plant Science* 9: 1666, doi: [10.3389/fpls.2018.01666](https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01666).
- LUCAS, M., BALBIN-SUAREZ, A., SMALLA, K. AND VETTERLEIN, D. (2018): Root growth, function and rhizosphere microbiome analyses show local rather than systemic effects in apple plant response to replant disease soil. *PLoS ONE* 13: e0204922, doi: [10.1371/journal.pone.0204922](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204922).
- MAHNKOPP, F., SIMON, M., LEHDORFF, E., PÄTZOLD, S., WREDE, A. AND WINKELMANN, T. (2018): Induction and diagnosis of apple replant disease (ARD): a matter of heterogeneous soil properties? *Scientia Horticulturae* 241: 167–177, doi: [10.1016/j.scienta.2018.06.076](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.076)
- MAHNKOPP-DIRKS, F., RADL, V., KUBLIK, S., GSCHWENDTNER, S., SCHLOTER, M. AND T. WINKELMANN (2021): Molecular barcoding reveals the genus *Streptomyces* as associated root endophytes of apple (*Malus domestica*) plants grown in soils affected by apple replant disease. *Phytobiomes* 5(2):177-189, doi: [10.1094/PBIOMES-07-20-0053-R](https://doi.org/10.1094/PBIOMES-07-20-0053-R)
- MAHNKOPP-DIRKS, F., RADL, V., KUBLIK, S., GSCHWENDTNER, S., SCHLOTER, M. AND T. WINKELMANN (2022): Dynamics of Bacterial Root Endophytes of *Malus domestica* Plants Grown in Field Soils Affected by Apple Replant Disease. *Front. Microbiol.* 13:841558. doi: [10.3389/fmicb.2022.841558](https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.841558).
- MAI, W.F., ABAWI, G.S. (1978): Determining the cause and extent of apple, cherry and pear replant diseases under controlled conditions. *Phytopathology* 68: 1540-1544.
- MANICI, L.M., KELDERER, M., FRANKE-WHITTLE, I.H., RÜHMER, T., BAAB, G., NICOLETTI, F., CAPUTO, F., TOPP, A., INSAM, H., AND A. NAEF (2013): Relationship between root-endophytic microbial communities and replant disease in specialized apple growing areas in Europe. *Applied Soil Ecology* 72: 207-214, doi: [10.1016/j.apsoil.2013.07.011](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.07.011).

References

- MANICI, L. M., KELDERER, M., CAPUTO, F., MAZZOLA, M. (2015): Auxin-mediated relationships between apple plants and root inhabiting fungi: impact on root pathogens and potentialities of growth-promoting populations. *Plant Pathology* 64: 843–851. doi: 10.1111/ppa.12315.
- MANICI L. M., KELDERER M., CAPUTO F., SACCÀ M. L., NICOLETTI F., TOPP A. R. AND M. MAZZOLAET (2018): Involvement of Dactylonectria and Ilyonectria spp. in tree decline affecting multi-generation apple orchards. *Plant Soil* 425: 217–230. [10.1007/s11104-018-3571-3](https://doi.org/10.1007/s11104-018-3571-3)
- MAZZOLA, M. AND L. MANICI (2012): Apple Replant Disease: Role of Microbial Ecology in Cause and Control. *Annual Review of Phytopathology* 50: 45-65, doi: [10.1146/annurev-phyto-081211-173005](https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-081211-173005)
- POPP, C., WAMHOFF, D., WINKELMANN, T., MAISS, E. AND G. GRUNEWALDT-STÖCKER (2020): Molecular identification of Nectriaceae in infections of apple replant disease affected roots collected by Harris Uni-Core punching or laser microdissection. *J. Plant Dis. Protect.* 127: 571–582, doi: [10.1007/s41348-020-00333-x](https://doi.org/10.1007/s41348-020-00333-x).
- RADL, V., WINKLER, J.B., KUBLIK, S., YANG, L., WINKELMANN, T., VESTERGAARD, G., SCHRÖDER, P. AND M. SCHLOTER (2019): Reduced microbial potential for the degradation of phenolic compounds in the rhizosphere of apple plantlets grown in soils affected by replant disease. *Environ. Microbiomes* 14: 1–12, doi: [10.1186/s40793-019-0346-2](https://doi.org/10.1186/s40793-019-0346-2).
- REIM, S., SIEWERT, C., WINKELMANN, T., WÖHNER, T., HANKE, M.-V. AND H. FLACHOWSKY (2019): Evaluation of Malus genetic resources for tolerance to apple replant disease (ARD). *Scientia Horticulturae* 256:108517, doi: [10.1016/j.scienta.2019.05.044](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.044).
- REIM, S., ROHR, A., WINKELMANN, T., WEIß, S., LIU, B., BEERHUES, L., SCHMITZ, M., HANKE, M.V. AND H. FLACHOWSKY (2020): Genes Involved in Stress Response and Especially in Phytoalexin Biosynthesis Are Upregulated in Four Malus Genotypes in Response to Apple Replant Disease. *Front. Plant Sci.* 10:1724. doi: [10.3389/fpls.2019.01724](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01724).
- ROHR, A.D., STAUDT, J., CZIBORRA, K., FRITZ, A., SCHMITZ, M., WINKELMANN, T. (2021): Split-root approach reveals localized root responses towards apple replant disease (ARD) in terms of ARD biomarker gene expression and content of phenolic compounds. *Scientia Horticulturae* 286:110117, doi: [10.1016/j.scienta.2021.110117](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110117).
- ROHR, A.-D., SCHIMMEL, J., LIU, B., BEERHUES, L., GUGGENBERGER, G. AND T. WINKELMANN (2020): Identification and validation of early genetic biomarkers for apple replant disease. *PLoS ONE* 15(9): e0238876, doi: [10.1371/journal.pone.0238876](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238876).
- SIMON, M., LEHNDORFF, E., WREDE, A. AND AMELUNG, W. (2020): In-field heterogeneity of apple replant disease: Relations to abiotic soil properties. *Scientia Horticulturae* 259:108809, doi: [10.1016/j.scienta.2019.108809](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108809)
- SUN, J., ZHANG, Q., ZHOU, J., WIE, Q. (2014): Illumina amplicon sequencing of 16S rRNA tag reveals bacterial community development in the rhizosphere of apple nurseries at a replant disease site and a new planting site. *PLoS One* 9(10):e111744, doi: [10.1371/journal.pone.0111744](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111744).
- TEWOLDEMEDHIN, Y. T., MAZZOLA, M., LABUSCHAGNE, I., and MCLEOD, A. (2011a): A multi-phasic approach reveals that apple replant disease is caused by multiple biological agents, with some agents acting synergistically, *Soil Biology and Biochemistry* 43 (9): 1917-1927, doi: [10.1016/j.soilbio.2011.05.014](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.05.014).

References

- TEWOLDEMEDHIN, Y.T., MAZZOLA, M., BOTHA, W.J., SPIES, C. AND A. MCLEOD (2011b): Characterization of fungi (*Fusarium* and *Rhizoctonia*) and oomycetes (*Phytophthora* and *Pythium*) associated with apple orchards in South Africa. *Eur J Plant Pathol* 130:215–229, doi: [10.1007/s10658-011-9747-9](https://doi.org/10.1007/s10658-011-9747-9).
- TILSTON, E., DEAKIN, G., BENNETT, J., PASSEY, T., HARRISON, N., O'BRIEN, F., FERN'ANDEZ-FERN'ANDEZ, F., AND X. XU (2018): Candidate Causal Organisms for Apple Replant Disease in the United Kingdom. *Phytobiomes Journal* 2(4): 261-274, doi: [10.1094/PBIOMES-11-18-0050-R](https://doi.org/10.1094/PBIOMES-11-18-0050-R).
- WINKELMANN, T., SMALLA, K., AMELUNG, W., BAAB, G., GRUNEWALDT-STÖCKER, G., KANFRA, X., MEYHÖFER, R., REIM, S., SCHMITZ, M., VETTERLEIN, D., WREDE, A., ZÜHLKE, S., GRUNEWALDT, J., WEIß, S. AND M. SCHLOTER (2019): Apple replant disease: causes and mitigation strategies. *Curr. Issues Mol. Biol.* 30: 89-106, doi: [10.21775/cimb.030.089](https://doi.org/10.21775/cimb.030.089).
- YIM, B., WINKELMANN, T., DING, G.-C., SMALLA, K. (2015): Different bacterial communities in heat and gamma irradiation treated replant disease soils revealed by 16S rRNA gene analysis: contribution to improved aboveground apple plant growth? *Front Microbiol* 6:1224, doi: [10.3389/fmicb.2015.01224](https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01224).