

Echtzeitsporenmonitoring von Kraut- und Knollenfäule in Kartoffeln Projekt 2022-2025

Monitoring en temps réel des spores de mildiou dans les pommes de terre Project 2022-2025

9. Tagung des Aktionsplans Pflanzenschutzmittel, 16. September 2025
9^{ème} journée du Plan d'action sur les produits phytosanitaires, 16 septembre 2025



Christa Kunz
Rafah al Naser
Fabio Mascher



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Gian-Duri Lieberherr
Sophie Erb **EPFL**
Bernard Clot

Bundesamt für Meteorologie und
Klimatologie MeteoSchweiz



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Tomke Musa
Haruna Gütlin

Agroscope



Swisens

Erny Niederberger
Elias Graf
Yanick Zeder
Kilian Koch
Andreas Schwendimann

Inhalt

- ▶ Ziele des Projekts
- ▶ Messsystem SwisensPoleno
- ▶ Aufbau der Feld- und Laborversuche
- ▶ Entwicklung Klassifikator
- ▶ Ergebnisse und Schlussfolgerungen
- ▶ Ausblick

Contenu

- ▶ *Objectifs du projet*
- ▶ *Système de mesure SwisensPoleno*
- ▶ *Mise en place de l'essai sur le terrain et essais en laboratoire*
- ▶ *Développement du classificateur*
- ▶ *Résultats et conclusions*
- ▶ *Perspectives*

Einleitung

- ▶ Ein Schlüssel zur Reduktion von Pflanzenschutzmittelanwendungen liegt in der exakten Terminierung der Behandlungen.
- ▶ Hier kommen Warn- und Prognosesysteme wie z.B. PhytoPRE zum Einsatz.
- ▶ Um die Aussagekraft und Genauigkeit von Prognosemodellen zu verbessern, wurde im Projekt die Integration eines automatisch Aerosol-Messsystems angestrebt.

Introduction

- ▶ *Une des clés pour réduire l'utilisation de produits phytosanitaires réside dans la planification précise des traitements.*
- ▶ *C'est là qu'interviennent les systèmes d'alerte et de prévision tels que PhytoPRE.*
- ▶ *Afin d'améliorer encore la pertinence et la précision de ces modèles de prévision, le projet visait à intégrer un système automatique de mesure des aérosols..*

Ziele des Projekts

Echtzeit-Erkennung von Pilzsporen (*Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*, *A. alternata* und *Fusarium graminearum*) mit dem SwisensPoleno System.

Forschungsfragen

- ▶ Können Sporen sicher detektiert und quantifiziert werden?
- ▶ Besteht Korrelation zwischen Sporenkonzentrationen und Befall?
- ▶ Können Prognosesysteme mit Echtzeitdaten verbessert werden?
- ▶ Können die bestehenden MeteoSchweiz-Stationen für das Sporenmonitoring verwendet werden?

Objectifs du projet

Détection en temps réel de spores fongiques (*Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*, *A. alternata* und *Fusarium graminearum*) avec le système SwisensPoleno

Questions de recherche

- ▶ Les spores peuvent-elles être détectées et quantifiées de manière fiable?
- ▶ Existe-t-il une corrélation entre les concentrations de spores et l'infestation?
- ▶ Les systèmes de prévision peuvent-ils être améliorés grâce aux informations en temps réel?
- ▶ Les stations MétéoSuisse existantes peuvent-elles être utilisées pour la surveillance des spores?

SwissPollen

- ▶ Seit 2023 betreibt die MeteoSchweiz das automatische Pollenmessnetz SwissPollen mit 15 Messstationen
- ▶ Messungen in Echtzeit erfolgen mit dem SwisensPoleno-System

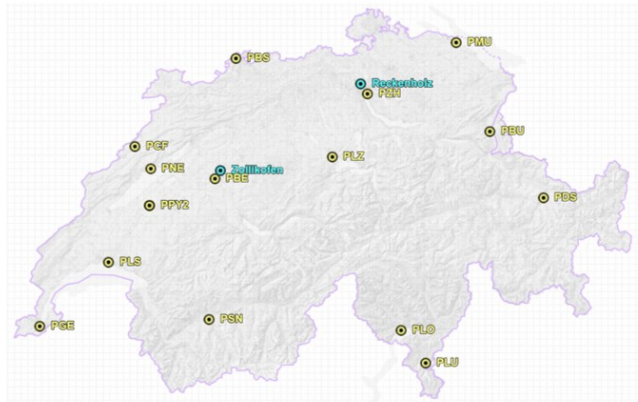
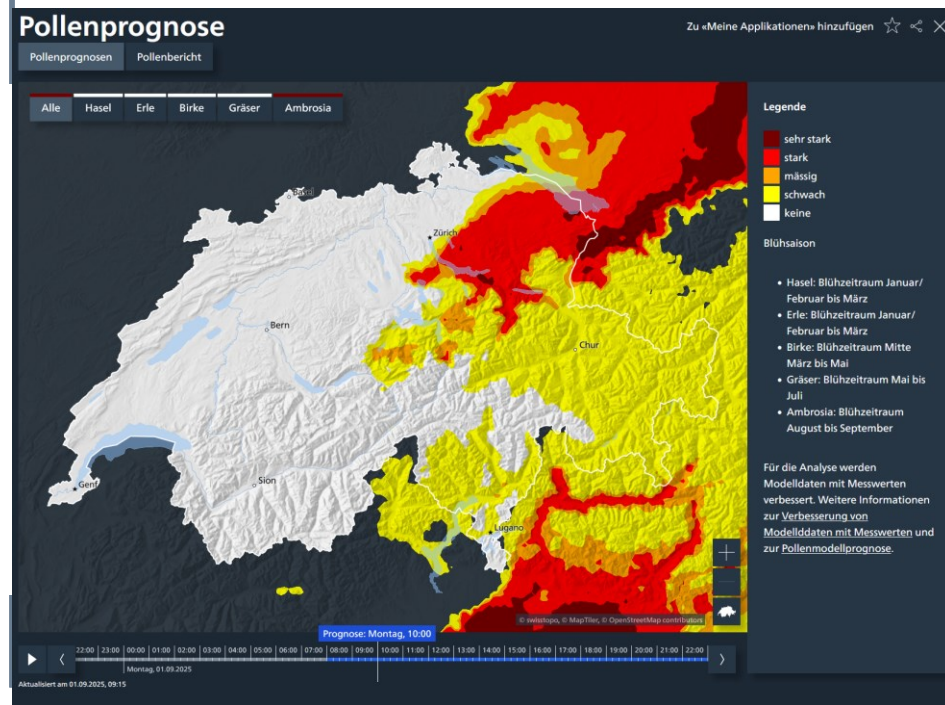


Abbildung 1: In Gelb: die automatischen Pollenstationen vom SwissPollen-Messnetz der MeteoSchweiz; In Blau: die Versuchstandorte des "Echtzeit Sporenmonitoring"-Projektes.

SwissPollen

- ▶ *Depuis 2023, MétéoSuisse exploite le réseau automatique de détection de pollen SwissPollen avec 15 stations sur tout le territoire Suisse.*
- ▶ *Les mesures en temps réel sont effectuées à l'aide du système SwisensPoleno*



SwisensPoleno



Air inlet

Beam dump

Particle concentrator

Measurement trigger & holography

Two images taken at 90° angle
200x200 resolution b/w

Fluorescence lifetime & spectrum measurement

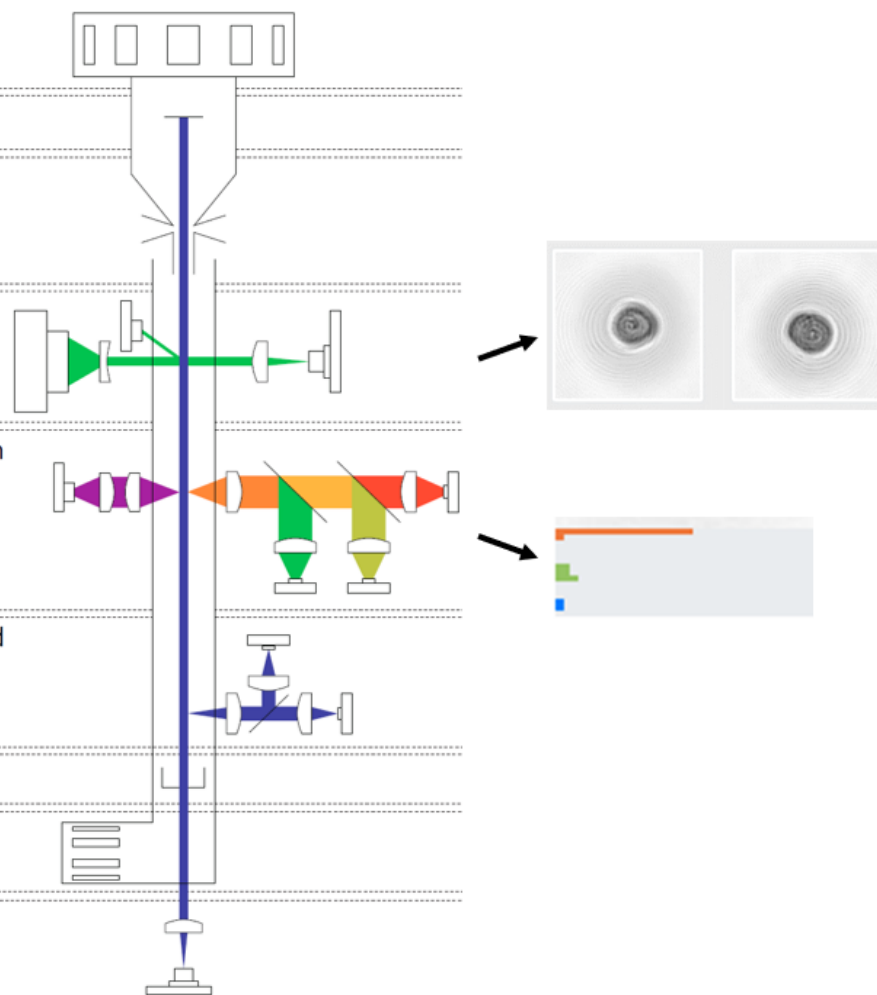
Excitation wavelength [nm]:
405, 365, 280
Measurement windows [nm]:
320-380, 400-440, 450-520, 530-600, 650-750

Polarized time-resolved scattered light measurement

Sample collector (opt.)

Air outlet

Modulated laser source for
fluorescence & scattered light
measurement



Aufbau des Feldversuchs und Laborversuche

Feld:

- ▶ unbehandelte Kartoffelfelder in Zürich und Zollikofen (BE)
- ▶ Parallel-Messungen mit dem SwisensPoleno System (automatisch) und traditionell mit Hirst (manuell)
- ▶ Beobachtung des Auftretens und Ausbreitung der Kraut- und Knollenfäule, sowie Erfassung der Hauptinfektions- und Sporenbildungsperioden (HISP).



Structure de l'essai sur le terrain et en laboratoire

Terrain:

- ▶ *Champs de pommes de terre non traités à Zurich et à Zollikofen (BE)*
- ▶ *Mesures en parallèle avec le système SwisensPoleno (automatique) et traditionnel avec Hirst (manuel)*
- ▶ *Observation de l'apparition et de la propagation du mildiou, ainsi que recensement des principales périodes d'infection et de formation de spores (HISP)*

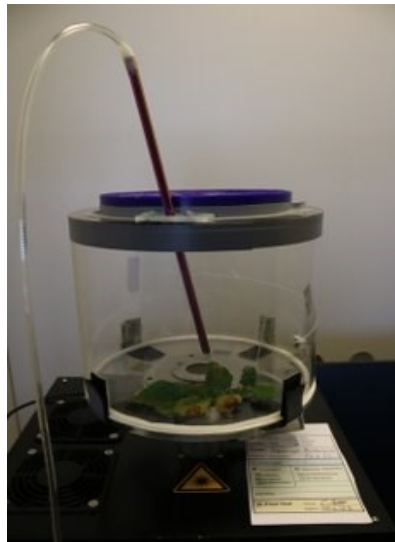


Hirst Sporenfalle

Aufbau des Feldversuchs und Laborversuche

Labor:

- ▶ SwisensPoleno-System im Labor
- ▶ Reine Trainings-Datensätze zur Entwicklung des Krautfäule-spezifischen Klassifikators
- ▶ Vergleichsmessungen mit künstlich und natürlich infizierten Blättern/Knollen verschiedener *Phytophthora infestans* Isolate



Zerstäubungskammer mit infiziertem Kartoffelblatt

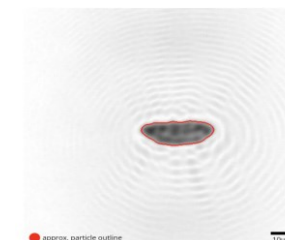
Structure de l'essai sur le terrain et des essais en laboratoire

Laboratoire

- ▶ *Système SwisensPoleno en laboratoire*
- ▶ *Ensembles de données propres pour le développement du classificateur*
- ▶ *Mesures effectuées sur des feuilles/tubercules infectés artificiellement et naturellement par différents isolats de *Phytophthora infestans**



Sporangium, Mikroskop-Aufnahme



Sporangium, Holographie SwisensPoleno

Entwicklung Klassifikator

- ▶ Der Sporenklassifikator wurde anhand von 26'477 Messereignissen der relevanten Sporen und Sporangien trainiert.
- ▶ Fluoreszenzspektrum-Daten wurden einbezogen, um die Klassifizierung morphologisch ähnlicher Partikel zu verbessern.

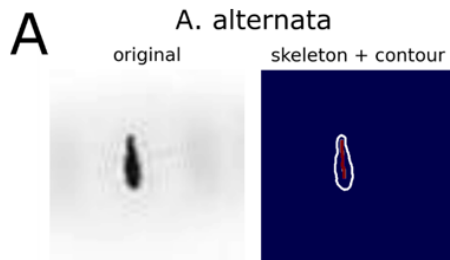
Développement du classificateur

- ▶ *Le classificateur de spores a été entraîné sur la base de 26'477 événements de mesure des spores et sporanges pertinents.*
- ▶ *Les données du spectre de fluorescence ont été prises en compte afin d'améliorer la classification de particules morphologiquement similaires.*



Entwicklung Klassifikators

- ▶ Sporen weisen eine deutlich grössere Formvielfalt auf als Pollen.
- ▶ Die aus den holografischen Bildern extrahierten Eigenschaften reichen nicht aus, um Sporen erfolgreich zu unterscheiden. Insbesondere bei länglichen Formen und bei langen Partikelketten.
- ▶ Um dies korrekt abzubilden und in einen Sporenklassifikator miteinzubeziehen wird für jedes Partikelbild zusätzlich ein Skelett berechnet.



Développement du classificateur

- ▶ *Les spores présentent une diversité morphologique nettement plus grande que le pollen.*
- ▶ *Les propriétés extraites des images holographiques ne suffisent pas pour différencier correctement les spores, en particulier celles qui ont une forme allongée ou qui forment de longues chaînes de particules.*
- ▶ *Afin de pouvoir les représenter correctement et les intégrer dans un classificateur de spores, un squelette est calculé en plus pour chaque image de particule.*

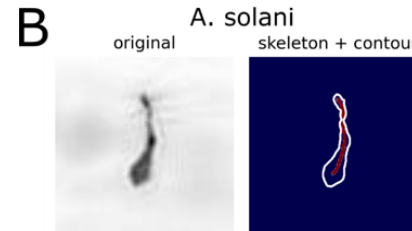
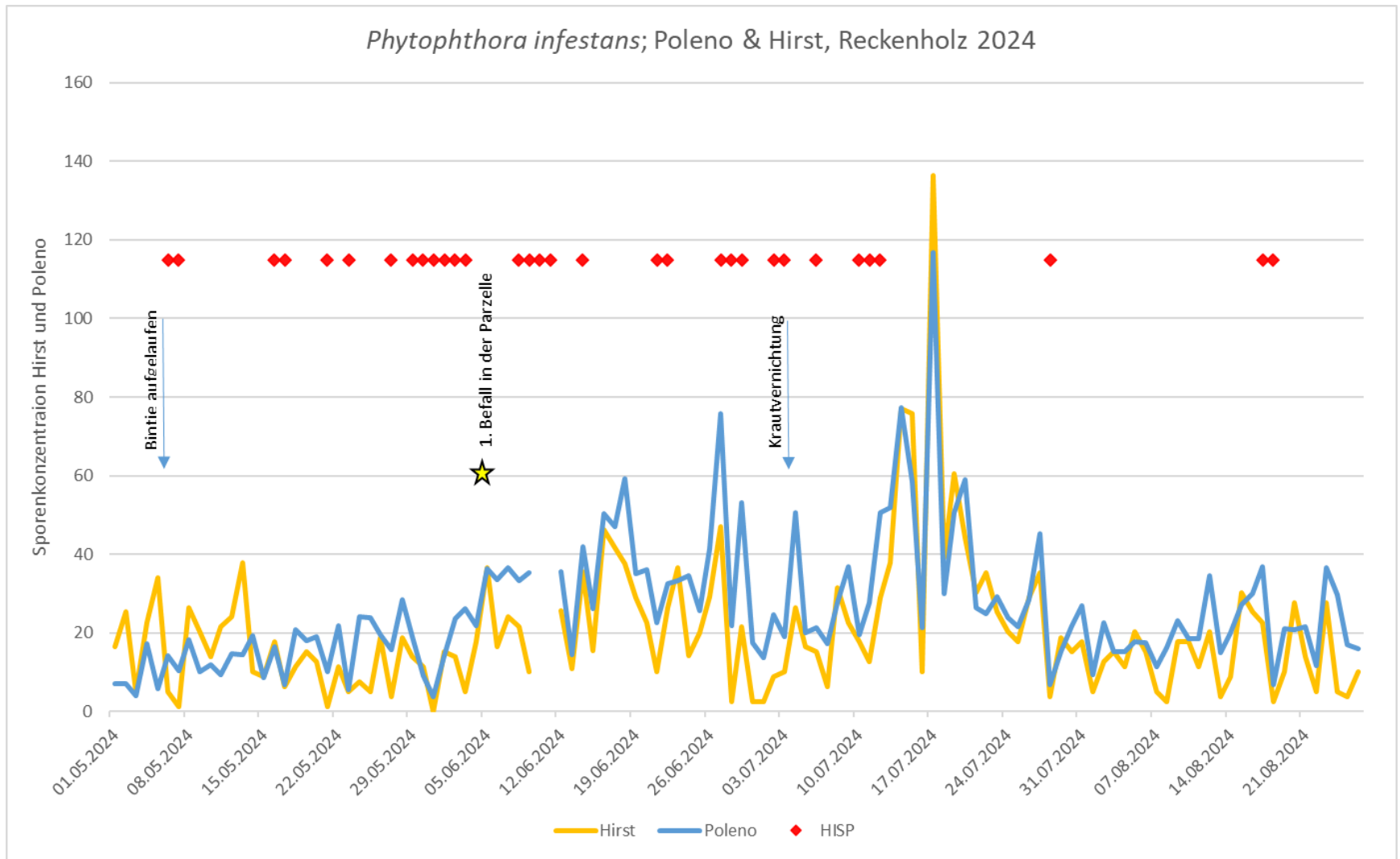
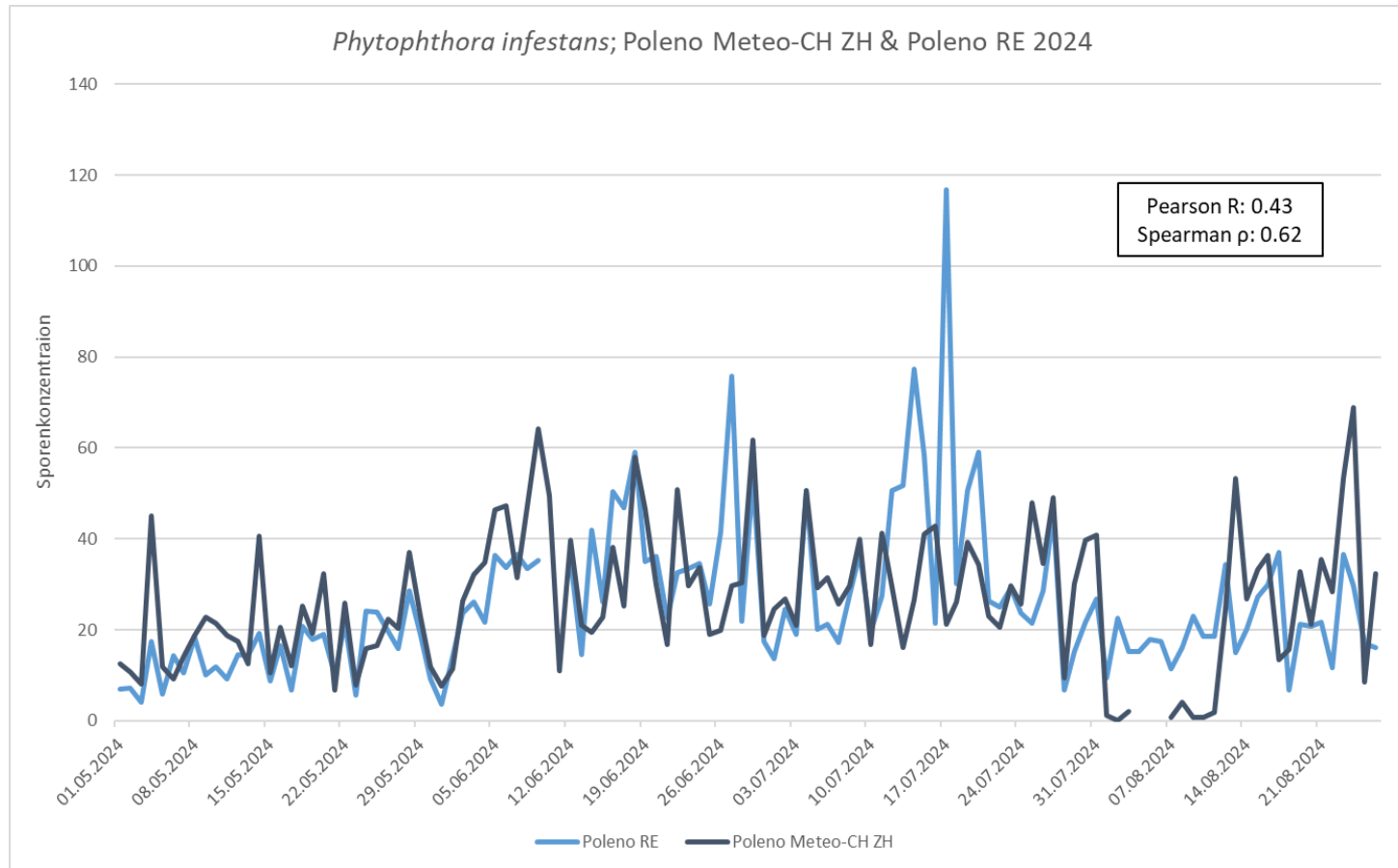


Abbildung 9: Die Bilder zeigen links das Hologrammbild und rechts die Form der erkannten Spore (weiss) mit dessen Skelett (farbige Linie im Partikel) für *Alternaria alternata* (A) und *A. solani* (B).

Ausgewählte Ergebnisse/ résultats choisis



Ausgewählte Ergebnisse/ résultats choisis



Vergleich der mit SwisensPoleno am Standort Reckenholz und SwisensPoleno von der Meteo Schweiz gemessenen *Phytophthora infestans* Sporangien-Konzentration/Tag während der Versuchssaison 2024.

Schlussfolgerungen

- ▶ Krautfäule Sporangien können mit dem SwisensPoleno identifiziert/gemessen werden.
- ▶ Der Vergleich zwischen Hirst- und Poleno für die Saison 2024 war vielversprechend.
- ▶ Jedoch konnte der Klassifikator im Projekt nicht ausreichend validiert und kein Schwellenwert definiert werden.
- ▶ Das MeteoSchweiz Poleno-Messnetz kann für eine unabhängigere Echtzeit-Sporangienenerhebung noch nicht genutzt werden.
- ▶ Die Implementierung ins PhytoPRE wird von Agroscope nach Projektende noch weiterverfolgt, sowie die Datenaufbereitung bei der MeteoSchweiz.



Conclusions

- ▶ *Les sporanges du mildiou peuvent être identifiés/mesurés à l'aide du SwisensPoleno.*
- ▶ *La comparaison entre Hirst et Poleno pour la saison 2024 s'est avérée prometteuse.*
- ▶ *Cependant, le classificateur n'a pas pu être suffisamment validé dans le cadre du projet et aucune valeur seuil n'a pu être définie.*
- ▶ *Le réseau de mesure Poleno de MétéoSuisse ne peut pas encore être utilisé pour un recensement plus indépendant des sporanges en temps réel.*
- ▶ *La mise en œuvre dans PhytoPRE sera poursuivie par Agroscope après la fin du projet, tout comme le traitement des données chez MétéoSuisse.*

Schlussfolgerungen

- ▶ Die Variabilität der Sporen-/Sporangien-Form in Abhängigkeit des Isolats und der Reife stellte die Entwicklung der Klassifikatoren vor eine grössere Herausforderung und benötigte aus diesem Grund mehr Zeit als angenommen.
- ▶ Die Resultate des Projekts zeigen, dass eine Erkennung der Pilzsporen in der Luft mit dem SwisensPoleno Gerät möglich ist.
- ▶ Für eine breite Nutzung des SwisensPolenos ist jedoch eine zusätzliche Validierung des Verfahrens erforderlich.

Conclusions

- ▶ *La variabilité de la forme des spores/sporanges en fonction de l'isolat et de la maturité a posé un défi majeur aux développeurs des classificateurs et a donc nécessité plus de temps que prévu.*
- ▶ *Les résultats du projet montrent qu'il est possible de détecter les spores fongiques dans l'air à l'aide de l'appareil SwisensPoleno.*
- ▶ *Une validation supplémentaire du procédé est toutefois nécessaire pour permettre une utilisation/un déploiement à grande échelle du SwisensPolenos.*

Schlussfolgerungen

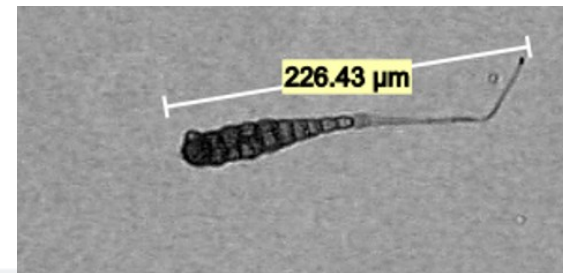
Alternaria solani und *A. alternata*

- ▶ Für die **Alternaria-Erreger (*A. solani*, *A. alternata*)** konnte die Messgenauigkeit des SwisensPoleno durch Vergleichsmessungen mit Hirst-Sporenfallen erfolgreich validiert werden.
- ▶ Gute Übereinstimmung zwischen den Messungen am Boden (Projektstandorte) und den Messungen auf den Dächern mit dem existierenden MeteoSchweiz SwissPollen Messnetz.

Conclusions

Alternaria solani et *A. alternata*

- ▶ *Pour Alternaria (*A. solani*, *A. alternata*), la précision des mesures du SwisensPoleno a pu être validée avec succès grâce aux comptages effectués avec les pièges à spores Hirst.*
- ▶ *Bonne concordance entre les mesures au sol (sites du projet) et les mesures sur les toits avec le réseau de mesure SwissPollen de MétéoSuisse.*



Schlussfolgerungen

- ▶ Bei *Fusarium graminearum* gestaltete sich die Detektion schwierig.
- ▶ In erster Linie war die Anzahl Partikel in den Trainingsdatensätzen zu gering. Es wird erwartet, dass mittels Erhebung weiterer Trainingsdatensätze im Labor die Detektion von *F. graminearum* evaluiert und verbessert werden kann.
- ▶ Der neue Sporenklassifikator aus diesem Projekt wird in Zukunft weiterentwickelt und verbessert.

Conclusions

- ▶ La détection de spores de *Fusarium graminearum* s'est avérée difficile.
- ▶ Tout d'abord, le nombre de particules dans les ensembles de données d'entraînement était trop faible.
- ▶ A l'avenir, on espère d'évaluer et d'améliorer la détection de spores de *F. graminearum* en collectant d'avantage de données d'entraînement au laboratoire.
- ▶ Le nouveau classificateur de spores issu du présent projet sera continuellement développé et amélioré.



.. Ährenfusariose an Weizen, verursacht durch *Fusarium graminearum*

Ausblick

- ▶ Die Klassifikator-Genauigkeit muss verbessert werden, da Messungen bei niedrigen Konzentrationen schwierig sind (auch mit Hirst).
- ▶ Die Variabilität der Sporenformen muss genauer analysieren werden.
- ▶ Die Integration des *Alternaria*-Klassifikators ins SwissPollen-Messnetz ist vorgesehen (Nutzen für Allergiker/innen)
- ▶ Weiterentwicklung & Optimierung ist notwendig v.a für *Phytophthora infestans*, evtl. *Fusarien*
- ▶ Nachfolgeprojekt in Diskussion, um die Anwendung in der Praxis zu überprüfen.

Perspective

- ▶ *La précision du classificateur doit être améliorée, car les mesures sont difficiles à réaliser à de faibles concentrations (aussi avec Hirst).*
- ▶ *La variabilité des formes des spores doit être analysée plus précisément.*
- ▶ *L'intégration du classificateur Alternaria dans le réseau de mesure SwissPollen est prévue (avantage pour les personnes allergiques).*
- ▶ *Développement et optimisation nécessaires, notamment pour Phytophthora infestans, éventuellement Fusarium spp.*
- ▶ *Projet suivant est en discussion afin de vérifier une application des connaissances dans la pratique.*

Begleitgruppe Echtzeit Sporenmonitoring

Groupe d'accompagnement Monitorage de spores en temps réel



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landwirtschaft BLW



syngenta



VSKP  **USPPT**

Vereinigung Schweizerischer Kartoffelproduzenten
Union Suisse des producteurs de pommes de terre



**fondation
sur la croix**

Projekte Landwirtschaft

Vielen Dank für die Unterstützung des Projekts!
Merci beaucoup pour le soutien au projet!

Besten Dank für die Aufmerksamkeit

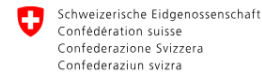
Merci beaucoup pour votre attention.



Erny Niederberger
Elias Graf
Yanick Zeder
Andreas Schwendimann

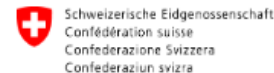


Christa Kunz
Rafah al Naser
Fabio Mascher



Bundesamt für Meteorologie und
Klimatologie MeteoSchweiz

Gian-Duri Lieberherr
Sophie Erb **EPFL**
Bernard Clot



Agroscope

Tomke Musa
Haruna Gütlin