

Abschlussbericht

des Modell- und Sondervorhabens

Nursery Stock Growing Support System – Follow up

Bewilligungszeitraum: 19.01.2023 – 31.12.2023

Durchführungszeitraum: 19.01.2023 – 31.12.2023

Förderkennzeichen 17-02.04.01 – 01/2023

Projektleitung:

Peter Tiede-Art

Projektteam:

Ute Krebber

Jos Balendonck

Dr. Warner Venstra, Mischa Griffioen, Gerben van den Berg, Gabriel Secreve, Paul Kengen

Das Vorhaben wurde gefördert durch:

**Ministerium für Landwirtschaft
und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen**



Inhaltsverzeichnis

A Kurzdarstellung		
I.	Ausgangssituation und Bedarf	5
II.	Projektziel und konkrete Aufgabenstellung	6
III.	Mitglieder des Modell- und Sondervorhabens	7
IV.	Projektgebiet	8
V.	Projektlaufzeit	9
VI.	Budget	9
VII.	Ablauf des Vorhabens	9
VIII.	Zusammenfassung der Ergebnisse (zur Veröffentlichung in den Datenbanken REFORDAT)	10
B Eingehende Darstellung		
I.	Aufgabenstellung	11
II.	Planung und Ablauf der Maßnahme	12
III.	Ergebnisse im Einzelnen	13
IV.	Gegenüberstellung der Ergebnisse zur den vorgegebenen Zielen	21
V.	Nutzen der Ergebnisse für die Praxis	21
VI.	Übertragbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen auf andere Maßnahmen	22
VII.	Presseberichte, Vorträge, Veröffentlichungen	22
Quellen		23
Webadressen		23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Fireflies mit aktuellem Status.	10
Abbildung 2: Platine des Neptune-Sensors	13
Abbildung 3: Auf die Zwischenbox kann mit dem Neptune verzichtet werden.....	13
Abbildung 4: Konfiguration der Neptune-Platine.....	13
Abbildung 5: Zusammengebauter Neptun aus der ersten Serie.....	14
Abbildung 6: Prototyp einer Aluminiumgussform zum Gießen der Leiterplatte.....	14
Abbildung 7: Jungpflanzenbestand in einem Gartenbaubetrieb.	14
Abbildung 8: Elektronik des Neptune-Sensors (Prototyp).	14
Abbildung 9: Darstellung der Messdaten des Prototyps im November 2023.....	15
Abbildung 10: App Darstellung eines Firefly	16
Abbildung 11: Alarmeinstellungen einzelner Fireflies.....	16
Abbildung 12: EC-Werte, gemessen mit dem Sensor und im Labor im Vergleich.	18
Abbildung 13: EC-Werte aus einem Praxisbetrieb im Vergleich.....	18
Abbildung 14: EC-Werte aus einem Praxisbetrieb in Realtime vor der Begradigung.	19
Abbildung 15: Schaden durch Vogelpicken an der Membran	19
Abbildung 16: Korrosion am Connector durch Kondenswasser.	19
Abbildung 17: links die Membran, rechts der Blindsticker.	20
Abbildung 18: In Folie gewickelter Firefly	20
Abbildung 19: Sticker mit Hinweisen zur korrekten Verbindung.	20
Abbildung 20: Membran mit Ummantelung.....	20

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Praxispartner im Modell- und Sondervorhaben Nursery Stock Growing Support System Follow-up, deren hauptsächliche Pflanzenkulturen sowie vorherrschende Bewässerungstechnik im Freiland.	8
Tabelle 2: Übersicht über das Budget im Modell- und Sondervorhaben Nursery Stock Growing Support System Follow-up	9
Tabelle 3: Übersicht über die Aufgaben und erzielten Ergebnisse.	21
Tabelle 4: Publikationen.	23

Abkürzungsverzeichnis

Abk.	Bedeutung
ASE	Agrarstrukturhebung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
EIP	Europäische Innovationspartnerschaft
ε	Relative permittivity – relative Permittivität
EC	Electric conductivity
KMU	Kleines oder mittleres Unternehmen
LV	Landesverband Gartenbau NRW
PAR	Photosynthetisch aktive Strahlung (photosyntetic active radiation)
rel. LF	relative Luftfeuchtigkeit
T	Temperatur in °Celsius
WUR	Wageningen University Research

A Kurzdarstellung

I. Ausgangssituation und Bedarf

Die Idee des Modell- und Sondervorhabens entstand während der finalen Phase und in der Präsentation der Ergebnisse des von 2020-2022 durchgeführten EIP-Projektes „Nursery Stock Growing Support System“.

Nachfolgend zunächst ein Überblick über die Bedeutung des Gartenbaus in NRW:

Der Zierpflanzenbau ist ein bedeutender wirtschaftlicher Zweig in der gartenbaulichen Produktion besonders für das Land Nordrhein-Westfalen, in dem laut der Agrarstrukturhebung (ASE) aus 2016 mit 28,2 % der größte Anteil der Zierpflanzenbetriebe liegt. (BMEL, 2021). Insbesondere die Topfpflanzenproduktion im Freiland ist für die Region bedeutsam und kulturtechnisch anspruchsvoll, denn es wirken eine Vielzahl von Umweltfaktoren auf die Produktion ein, die es durch ein gezieltes Kulturmanagement zu kompensieren gilt. Gleichzeitig wächst die Notwendigkeit zunehmend ressourcen- und umweltschonender zu produzieren. In heißen Sommern ist das Bewässerungsmanagement anspruchsvoll und bedarf viel Arbeitszeit, welche in den saisonalen Arbeitsspitzen ohnehin knapp ist. Hinzu kommt, dass auch der gartenbauliche Sektor zunehmend vom Fachkräftemangel betroffen ist, welches die Arbeitsbelastung umso mehr erhöht. Um die hohen Produktionswerte nicht zu gefährden, wird oftmals gemäß dem Vorsorgeprinzip bewässert, sodass sich ein relativ hohes Einsparungspotential der Ressource Wasser, aber auch anderer Produktionsfaktoren wie Dünger- und Pflanzenschutzmittel ergibt, welche mit dem Bewässerungsmanagement in Relation stehen.

Das Projekt Nursery Stock GSS hat Impulse gesetzt, durch digitale Technologien ressourcenschonender und nachhaltiger zu produzieren: Das Monitoring- und Entscheidungshilfesystem passt zum Business Case und liefert dem Produzenten wertvolle Daten zur Erleichterung und Optimierung seiner Kulturführung und Bewässerungsverhalten. Die Akzeptanz in den beteiligten Praxisbetrieben ist gegeben. Allerdings stehen noch einige Features auf der Agenda der beteiligten Partner, die in der restlichen Projektlaufzeit nicht mehr umsetzbar sind und zur Förderung der flächendeckenden Anwendung eine wichtige digitale Unterstützung des Gärtners darstellen. Diese sollten möglichst nahtlos im Modell- und Sondervorhaben bearbeitet und gelöst werden. Die Fortsetzung der laufenden Prozesse unterstützt die aktuellen Aktivitäten in der Soft- und Hardwareentwicklung bei den Projektpartnern. Dies gewährleistet, die Neuentwicklungen rechtzeitig zum Saisonbeginn 2023 in die Testphase unter Praxisbedingungen zu überführen, um das System anwenderfreundlich und komfortabel in die Praxis einzuführen und anzubieten.

II. Projektziel und konkrete Aufgabenstellung

Das Ziel des Modell- und Sondervorhabens war die Optimierung des im vorausgegangenen EIP-Projektes entwickelten Sensorsystems hinsichtlich Bedienungskomfort, Datendarstellung, Erweiterung der Messfunktionen und Verbesserung der Technik gegenüber äußeren Einflüssen.

Im Einzelnen ergaben sich folgende Aufgabenstellungen:

1. Fertigstellung der Entwicklung des „Neptun-Sensors“, um das Anwendungsgebiet auf die Pflanzenvermehrung auszudehnen und somit eine Investition seitens gartenbaulicher Betriebe in Bodenfeuchte-Sensortechnik noch lukrativer zu machen.
2. Vereinfachte Datendarstellung: Softwaretechnische Zusammenführung der Daten von Single und Multi Poseidons anhand von Data Plots, zur einfacheren Übersicht und letztendlich einer verbesserten Praxistauglichkeit sowie Synchronisierung der Firefly und Poseidon Messsignale seitens der Hardware mit dem Ziel der vereinfachten Datenverarbeitung und verbesserten Akku-Laufzeit.
3. Erweiterte Widget-Funktionen: Manuelle X- und Y-Achsenkalierung in Form einer Widget-Funktion zur besseren und schnelleren Übersichtlichkeit individueller Belange der Gärtner. Außerdem Implementierung eines Calculation-Widgets, welches die Hinterlegung individueller Formeln ermöglicht.
4. Verbesserung des Firefly Housings zur Erhöhung der Belastbarkeit gegenüber Umwelteinflüssen.

III. Mitglieder des Modell- und Sondervorhabens

Das Konsortium des Sondervorhabens hat seine Arbeit in unveränderter Besetzung aus dem EIP-Projekt fortgesetzt.

Die Partnerschaft zeichnete sich durch die internationale und multidisziplinäre Zusammenarbeit aus. Die Projektleitung lag bei der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, welche als Bindeglied aller Projektpartner aus den Bereichen Wissenschaft, Wirtschaft und gartenbaulicher Praxis zu sehen ist. Die Landwirtschaftskammer NRW hat mit Peter Tiede-Arlt als Projektleiter mit langjähriger Erfahrung im gartenbaulichen Versuchswesen die Koordinierung und Leitung der Arbeit wahrgenommen.

Die Universität Wageningen (Wageningen University and Research, WUR) in Person von Jos Balendonck übernahm die Rolle der wissenschaftlichen Begleitung. Jos Balendonck verfügt über eine langjährige, internationale Projekterfahrung im Bereich der Sensortechnologie und Robotik im gartenbaulichen Kontext und war damit bestens qualifiziert das Projekt wissenschaftlich zu begleiten.

Das KMU Quantified BV, alternativ Quantified Sensor Technologies oder Quantified genannt, war für die technische Umsetzung der gemeinsamen Entwicklungsarbeit verantwortlich. Dieses niederländische Unternehmen mit Sitz in Leiden hatte vor Projektbeginn bereits erste Berührungspunkte zur landwirtschaftlichen Produktion und war sehr daran interessiert ein Sensorsystem zu entwickeln, das unmittelbar auf eine potentielle Konsumentengruppe zugeschnitten ist. Auf diese Weise möchte Quantified den gesellschaftlichen und ethischen Nutzen der Technologie sicherstellen. Quantified ist ein Unternehmen, das auf die Entwicklung elektrotechnischer Hardware spezialisiert ist. Das Unternehmen wird geführt von Paul Kengen und Dr. Warner Venstra. Warner Venstra ist promovierter Ingenieurwissenschaftler und hat Erfahrung als eigenverantwortlicher Leiter von Arbeitspaketen in nationalen und europäischen Forschungsprojekten zu Nanowissenschaften und Sensorik. Als Mitbegründer von Quantified B.V. leitet er die Technologieentwicklung im Unternehmen. Paul Kengen studierte Geoscience Engineering (M.Sc.) und verfügt über eine umfangreiche Erfolgsbilanz als Geschäftsentwickler, Firmengründer und Startup-Coach. Als Mitbegründer von Quantified leitet er die strategische Geschäftsentwicklung.

Den Kern des Konsortiums bildeten die fünf Praxisbetriebe Gartenbau Dieter Boland, Gärtnerei Heiner und Nils Bons GbR, Klemens & Lena Keyzers GbR, Jungpflanzen Küppers GbR und Pellens Hortensien, welche sowohl dafür verantwortlich waren die Bedürfnisse der gartenbaulichen Praxis zu formulieren, als auch die im Laufe des Projekts entwickelte Sensortechnik zu testen und zu evaluieren. Diese fünf Betriebe produzieren unterschiedliche gartenbauliche Kulturen (vgl. Tab. 1) und repräsentieren daher die diverse Gärtnerschaft im nordrhein-westfälischen Intensivproduktionsgebiet Niederrhein.

Tabelle 1: Übersicht über die Praxispartner im Modell- und Sondervorhaben Nursery Stock Growing Support System Follow-up, deren hauptsächliche Pflanzenkulturen sowie vorherrschende Bewässerungstechnik im Freiland

<i>Produzent</i>	<i>Hauptsächliche Pflanzenkulturen</i>	<i>Vorherrschende Bewässerungstechnik im freiland</i>
Gartenbau Dieter Boland	Calluna vulgaris, Produktion von blühenden Pflanzen & Jungpflanzen	Gießwagen- & Sprinkler-Bewässerung
Bons GbR	Stauden in Endproduktion	Sprinkler-Bewässerung
Keysers GbR	Heidepflanzen u. Topfgehölze in Endproduktion	Gießwagen-Bewässerung
Jungpflanzen Küppers	Heidepflanzen und Stauden, Schwerpunkt Jungpflanzen	Hauptsächlich Gießwagen-Bewässerung, z.T. Sprinkler-Bewässerung
Pellens Hortensien	Hortensien	Gießwagen-Bewässerung

IV. Geografisches Gebiet

Als geographisches Projektgebiet sei das ausgeprägte Gartenbauland Nordrhein-Westfalen zu nennen, welches Deutschlands größte Konzentration von Zierpflanzenbetrieben vorweist (LV Gartenbau NRW, 2022; BMEL, 2021b). Die nordrheinwestfälische Region des Niederrheins, welcher sich zusammensetzt aus den Kreisen Kleve, Viersen, Wesel, Rhein-Kreis Neuss, Mönchengladbach, Krefeld und Duisburg lag dabei im Fokus des Projektes. Das entwickelte Sensorsystem fand in der dortigen gartenbaulichen Praxis Anwendung und soll zukünftig über die Grenzen des Niederrheins hinaus Anwendung finden. Der Niederrhein ist das größte Anbaugebiet in Deutschland für den Zierpflanzenbau, denn 48 % der nordrhein-westfälischen Zierpflanzenbetriebe sind am Niederrhein angesiedelt. Dort wurden im Jahr 2020 auf 1377 ha Zierpflanzen produziert (Agrobusiness, 2022).

V. Laufzeit

Das Modell- und Sondervorhaben begann am 19.01.2023 nach Bewilligung des vorzeitigen Maßnahmenbeginns und endete am 31.12.2023.

Die aktive Entwicklungs- und Experimentphase endete am 30.11.2023. Am 12.12.2023 fand die finale Abschlussveranstaltung mit allen Partnern statt.

VI. Budget

Das Modell- und Sondervorhaben wurde durch den Zuwendungsbescheid vom 09.02.2023 bewilligt. Das Gesamtvolumen des Projektes betrug 80.786,63 €. Die Bruttofördersumme betrug 64.629,31 € (= 80 %). Der Eigenanteil im Projekt betrug 16.157,31 € (=20 %) und wurde von der Landwirtschaftskammer NRW getragen.

Tabelle 2: Übersicht über das Budget im Modell- und Sondervorhaben Nursery Stock Growing Support System Follow-up

POSTEN	BEWILLIGTE FÖRDERUNG	ABGERUFENE FÖRDERUNG
FÖRDERVOLUMEN	81.193,00 €	80.786,63 €
DAVON FÖRDERSUMME	64.954,40 €	64.629,31 €
DAVON EIGENANTEIL	16.238,60 €	16.157,31 €
PERSONALKOSTEN	74.893,00 €	74.893,00 €
SACHKOSTEN LWK	6.300,00 €	5.893,63 €

VII. Ablauf des Vorhabens

Das einjährige Sondervorhaben begann mit dem vorläufigen Maßnahmenbeginn am 19.01.2023. Der Zuwendungsbescheid und die damit erteilte Finanzierungssicherheit erreichte das Konsortium am 09.02.2023. Der Durchführungszeitraum endete am 31.12.2023. Aufgrund administrativer und haushalterischer Vorgänge endete die praktische und experimentelle Arbeit zum 30.11.2023. Vom 01.12.2023-11.12.2023 fassten die Partner, insbesondere das Kernteam mit Jos Balendonck (WUR), Dr. Warner Venstra und sein Team (Quantified b.v.) und Peter Tiede-Arlt die erarbeiteten Ergebnisse zusammen und präsentierten sie gemeinsam den beteiligten Praxisbetrieben, Unterstützern des Vorhabens, so wie den Fördermittelgebern während der Abschlussveranstaltung am 12.12.2023 in Straelen.

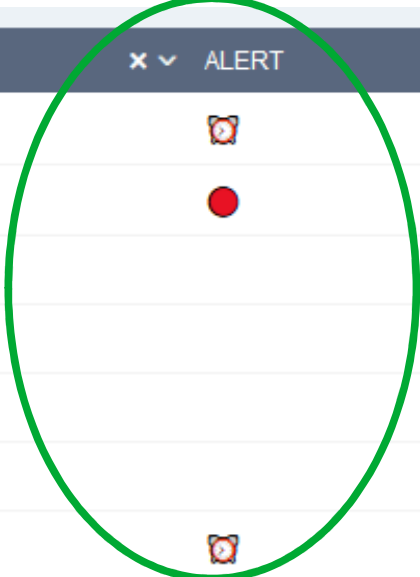
Durch die Tatsache, dass sich die Partner aus dem vorausgegangenen Projekt kannten, entfiel die Kennenlernphase und man arbeitete zügig an den Aufgabenstellungen. In regelmäßigen Videokonferenzen, die vierzehntägig stattfanden, tauschte man sich über den aktuellen Status aus und beriet das weitere Vorgehen. Sobald möglich, wurden die technischen Entwicklungen in den Praxisbetrieben installiert und unter realen Produktionsbedingungen getestet. Vor dem Praxistest waren die Techniken im Labor stets erfolgreich geprüft worden. Mehrmals trafen sich die Partner am Niederrhein und diskutierten vor Ort in den Praxisbetrieben Pellens und Boland, die die Prozesse aktiv unterstützt und begleitet haben. Für weitere Experimente bei den anderen Praxispartnern waren die zeitlichen Kapazitäten in diesem Sondervorhaben limitiert. Die Betriebe standen kontinuierlich im Kontakt und Austausch.

VIII. Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Fokus der Arbeit standen die in Kapitel II genannten vier Kernaufgaben.

Mit Aufgabe 1, der Entwicklung des Neptune-Sensors, war das Ziel, mit einem neuen Messprinzip und kleinerem Gehäuse das Erfassen von Substratfeuchtwerten auch in kleineren Blumentöpfen als 10 cm Durchmesser und sogar in Pikierplatten (Zellengröße 4-8 cm) und Vermehrungsplatten (Zellengröße 1-3 cm) zu ermöglichen. Tests im Labor und Simulationen sind erfolgreich verlaufen, nachdem das Material verfügbar war. Ab dem Herbst folgten Testreihen unter Praxisbedingungen im Betrieb Boland. Aufgrund des geringen Wasserverbrauchs der Jungpflanzen durch eingeschränkte Aktivität im Winterhalbjahr werden die Messungen und Testläufe über die Projektlaufzeit hinaus fortgeführt.

Die zweite Aufgabe beinhaltete die Optimierung der Darstellung von Werten und Alarmen für einen schnelleren Überblick des Anwenders. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Firma Quantified im Grundsatz ein Hardware-Unternehmen ist und sich in ihrem Geschäftsfeld auf die Entwicklung von Sensoren und Netzwerken konzentriert. Quantified hat in Kooperation mit dem Softwarepartner Idemática an der Darstellung auf dem InSight-Dashboard gearbeitet und die in Abbildung 1 dargestellten Verbesserungen erzielt.



NAME	ALERT
firefly2-0205	
firefly2-0206	
firefly2-0207	
firefly2-0208	
firefly2-0209	
firefly2-0210	
firefly2-0211	

Abbildung 1: Übersicht der Fireflies mit aktuellem Status (Wecker = keine Daten in den letzten 24 Stunden, roter Punkt = Akkustatus kritisch)

Im Weiteren wurde an der Entwicklung einer App gearbeitet (Fremdauftrag). Sie wird weitere Verbesserungen im komfortablen Umgang und Datenübersicht erzielen. Im Laufe des Sondervorhabens wurde durch Initiative der Praxispartner eine Kooperation von Quantified b.v. mit dem niederländischen Softwareunternehmen Yookr b.v. (www.yookr.org) auf den Weg gebracht. Yookr bietet ein Dashboard mit im Prinzip den Wünschen der Praxis an und kann die Sensoren von Quantified auf das Dashboard implementieren.

In Aufgabe 3 galt es, die Widgetfunktionen weiter zu verfeinern, so dass in den grafischen Darstellungen zum Beispiel eine Individualisierung der Achsenskalierung möglich ist. Zudem sollte der EC-Wert aus dem Substrat durch eine Formelanpassung auf den EC-Wert im Porenwasser adaptiert werden.

Die Adaptierung der EC-Werte ist Jos Balendonck durch Auswerten zahlreicher betrieblicher Daten und Entwicklung einer Umrechnungsformel gelungen, so dass die des Sensors erfassten Salzgehalte mit denen aus der Substratanalyse im Labor

vergleichbarer werden. Die Skalierungsfunktion der Achsen wurde in der Laufzeit des Sondervorhabens nicht erreicht.

Mit Aufgabe vier sollte das Gehäuse des Firefly verbessert werden und widerstandsfähiger gegen Außeneinflüsse (Vögel, die an der Membran picken, Eindringen von Feuchtigkeit an der Verbindung zum Sensor) werden. Gelöst wurden die beiden neuralgischen Punkte durch einfache Maßnahmen: Die Verschraubung der Kabelverbindung wird mittels eines Gummirings, der in der Steckverbindung installiert wird, abgedichtet. Ein Sticker mit Hinweisen zum handfesten Anziehen der Verbindung verhindert eine Fehlanwendung.

An der Membran um den Sensor wurde eine Ummantelung angebracht. Für die Betriebe, die die Sensoren unterhalb der Membran nicht benötigen, wird ein Blindsticker angebracht, der die Attraktivität für Vögel auf null reduziert.

B. Eingehende Darstellung

I. Aufgabenstellung

Die Erläuterung der Aufgabenstellung für dieses Modell- und Sondervorhabens bedarf zunächst eines kurzen Rückblicks zur Ausgangssituation 2019:

Die Zierpflanzenproduktionsbetriebe mit großen Freilandflächen, die zum Teil mehrere Kilometer vom Stammbetrieb entfernt liegen, unterliegen zunehmend dem Druck des Klimawandels mit trockenen Sommer, dem Fachkräftemangel, der die Kontrollen der einzelnen Freilandflächen erschwert oder den wachsenden Anforderungen hinsichtlich Wassernutzung und –management, um nur einige Beispiele aufzuführen. Daraus resultierte die Notwendigkeit der Entwicklung eines Sensorsystems, das valide Daten zur Substratfeuchte (und darüber hinaus) in den Blumentöpfen auch über größere Entfernungen an den Nutzer auf das Display seines medialen Gerätes überträgt und ihn so in der Kulturführung unterstützt. Solche Systeme gab es bereits zu diesem Zeitpunkt, jedoch nur für die Messung im gewachsenen Boden, die physikalisch deutlich einfacher ist und nicht für die Messung in Blumentöpfen ab einer Größe von 10 cm Durchmesser aufwärts. Das „System“ Blumentopf stellt mit seinem kleinen und begrenzten Volumen viel höhere und aufwändigere Anforderungen an die Messtechnik als ein Messfühler in einem großen Erdvolumen im Boden. Aus dieser Sachlage heraus hat sich das Projekt entwickelt und zu dessen Ende das Sensorsystem „Nursery Stock Growing Support System“, kurz „NSGSS“: Es erfüllte die Hauptanforderungen, um in der Praxis akzeptiert und angewendet zu werden: Valide Werte der Feuchtigkeitsmessung im Topf mit Substraten und die Datenübertragung über größere Entfernungen. Verwendet wurde dazu ein Messsensor, der bereits in größeren Gefäßen gute Ergebnisse bei gleichzeitig vertretbaren Kosten lieferte.

Die Anwendung wurde von den beteiligten Praktikern genutzt, bot jedoch noch Optionen zur Optimierung: Die Messung des EC-Wertes über Feuchtesensoren erfolgte bislang auf Basis des gesamten EC-Wertes („bulk-EC“) der Bodenwasser Matrix.. Um die im derzeitig aktuellen Wassergehalt des Substrates enthaltenen gelösten Salze zu erfassen, ist eine Korrektur des Messwertes um den Faktor des aktuellen Wassergehaltes notwendig. Bei der Messung des Feuchtegehaltes über die elektrische Permittivität kann eine automatische Umrechnung programmiert werden. Die Korrektur wurde auf Datenbasis von Sensorwerten in Relation zu Laborwerten von Substratanalysen erstellt. Nach der Kalibrierung sind die Messwerte der Sensoren mit denen aus der Laboranalyse des Substrates vergleichbar. Die Messung in noch

kleineren Töpfen oder sogar Trays für Jungpflanzen und Vermehrung war noch nicht möglich, jedoch für die Betriebe sehr wichtig. Bei Jungpflanzen in sehr kleinen Ballen (z.B. 2 x 2 x 2,5 cm) ist ein Austrocknen des Ballens und die eventuell nicht gewährleistete Wasserversorgung der kleinen, empfindlichen Pflanze schnell lebensbedrohlich für die Pflanze. Durch die hohe Flächenbelegung mit mehreren hundert Pflanzen je Quadratmeter können schnell hohe ökonomische Verluste entstehen, wenn die Pflanzen nicht im Optimalbereich der Substratfeuchte bleiben.

Die Anwendung des Systems war Ende 2022 möglich, jedoch nicht sehr komfortabel. Zudem ergaben sich unübersichtliche grafische Darstellungen aus den „Triplesensoren“, die im Projekt zur Kostenersparnis entwickelt wurden, weil weniger Fireflies notwendig waren. Die Skalierung der Achsen in den grafischen Darstellungen wurde anhand der aktuellen Messwerte automatisch generiert, so dass bei der Anzeige mehrerer Grafiken auf dem Bildschirm eine Vergleichbarkeit nur schwierig möglich war, insbesondere, wenn verschiedene Kulturen mit unterschiedlichen Feuchtigkeitswerten im Substrat angezeigt wurden.

An der Hardware (Firefly und Verschraubung von Sensor zum Firefly) zeigten sich nach der Nutzung in der Praxis einige Schwachstellen, die es im Sinne der Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Einflüssen zu optimieren galt.

Diesen Punkten wurden durch die im EIP-Projekt beteiligten Praxisunternehmen die größte Bedeutung zugemessen, um eine langfristig erfolgreiche Nutzung des Systems zu erzielen. Daraus leiteten sich die folgenden vier Aufgaben für das Modell- und Sondervorhaben ab:

1. Fertigstellung der Entwicklung des „Neptun-Sensors“, um das Anwendungsgebiet auf die Pflanzenvermehrung auszudehnen und somit eine Investition seitens gartenbaulicher Betriebe in Bodenfeuchte-Sensortechnik noch lukrativer zu machen.
2. Vereinfachte Datendarstellung: Softwaretechnische Zusammenführung der Daten von Single und Multi Poseidons anhand von Data Plots, zur einfacheren Übersicht und letztendlich einer verbesserten Praxistauglichkeit sowie Synchronisierung der Firefly und Poseidon Messsignale seitens der Hardware mit dem Ziel der vereinfachten Datenverarbeitung und verbesserten Akku-Laufzeit.
3. Erweiterte Widget-Funktionen: Manuelle X- und Y-Achsenskalierung in Form einer Widget-Funktion zur besseren und schnelleren Übersichtlichkeit individueller Belange der Gärtner. Außerdem Implementierung eines Calculation-Widgets, welches die Hinterlegung individueller Formeln ermöglicht.
4. Verbesserung des Firefly Housings zur Erhöhung der Belastbarkeit gegenüber Umwelteinflüssen.

II. Planung und Ablauf der Maßnahme

Das Konsortium aus Forschung (Landwirtschaftskammer NRW, WUR), KMU (Quantified b.v.) und Praxisbetrieben plante aus den Wünschen und der damit resultierenden Aufgabenstellung seitens der Praxisunternehmens heraus die Optionen für die Entwicklungsarbeit in einem Jahr und mit einem limitierten Budget.

Die Landwirtschaftskammer NRW leitete mit Peter Tiede-Arlt weiter die neue Projektarbeit. Seine dabei geleisteten Stunden dienten innerhalb der Förderung als Eigenanteil des Projektes. Zum Ende des Modell- und Sondervorhabens übertraf die Eigenleistung den geforderten Anteil deutlich. Für die Begleitung der praktischen Arbeit

und der Betreuung der Praxisbetriebe wurde der Arbeitsvertrag für Ute Krebber, Landwirtschaftskammer NRW, für die Laufzeit vom 01.02.2023-30.11.2023 um 250 AKh aufgestockt. Zur Intensivierung der Messaktivität wurde für die Landwirtschaftskammer NRW weitere Messtechnik kalkuliert und beschafft.

Jos Balendonck, Experte für Sensortechnik in der Universität Wageningen und seit mehreren Jahrzehnten mit dem Thema vertraut, plante ein Stundenkontingent von 100 AKh zur Beratung, Analyse und Berechnung und Interpretation von Messwerten ein. Den Hauptteil der Arbeit hatte das KMU Quantified b.v. zu leisten, so dass für das Unternehmen für Dr. Warner Venstra 100 AKh für leitende und koordinierende Tätigkeiten im Unternehmen und für die Entwickler im Team 348 AKh zur Verfügung standen.

Das Forscherteam traf sich regelmäßig im 14 Tage Rhythmus online zum Jour-fixe und tauschte sich über den aktuellen Sachstand der Arbeit aus. Unglücklicherweise trafen technische Bauteile auch nach der Corona-Pandemie nur mit erheblichen Lieferverzögerungen ein und konnten somit verspätet verbaut werden.

III. Ergebnisse im Einzelnen

In der Zielstellung sollte das Gehäuse des Poseidon-Sensors verkleinert werden. Das bedeutete eine Veränderung von Bauteilen und eventuell Einsatz anderer Mess-Prinzipien. In der Poseidon-Version war ein mehrere Zentimeter langer und breiter Kunststoffquader verbaut, der den Sensor mit dem Firefly verband. Im Nachfolgemodell „Neptune“ sollte auf die Zwischenbox verzichtet werden. Dadurch wird die gesamte Messmimik handlicher, die Produktionskosten geringer und der Energieverbrauch sparsamer. Insgesamt wird die Verlässlichkeit der Messung höher, wenn mit der nicht mehr vorhandenen Zwischenbox auf eine eventuelle Störgröße verzichtet werden kann. Die Elektronik der Zwischenbox wird nun in kleinerer und optimierter Form auf die Platine des Sensors platziert (Abbildung 2 und 4). Elektronisch entstehen durch diese

Entwicklung Erweiterungsoptionen für die Feuchtemessung: Nach einem neuen Puls-Spektroskopie Messprinzip lässt sich

die Permittivität ϵ_R in zahlreichen Frequenzen messen, wodurch eine höhere Genauigkeit der Messung erzielt wird, weil zusätzliche Informationen gewonnen werden, die etwas über die Zusammensetzung des Substrates aussagen. Die Firmware wurde entsprechend angepasst und auf das neue System vorbereitet.

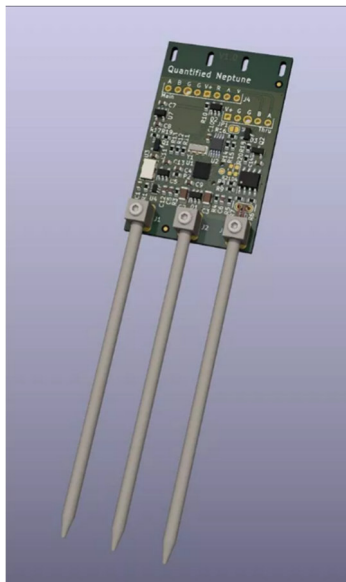


Abbildung 2: Platine des Neptune



Abbildung 3: Auf die Zwischenbox kann mit dem Neptune verzichtet werden

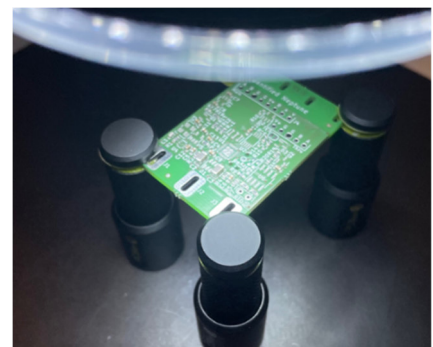


Abbildung 4: Konfiguration der Neptune-Platine

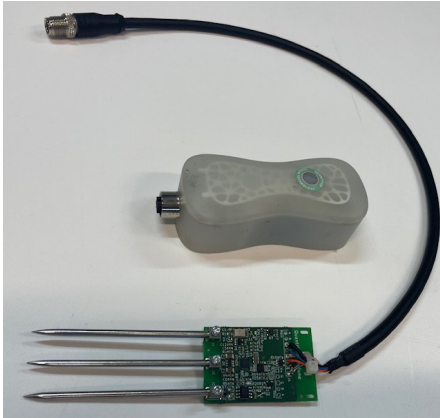


Abbildung 5: Zusammengebauter Neptun aus der ersten Serie

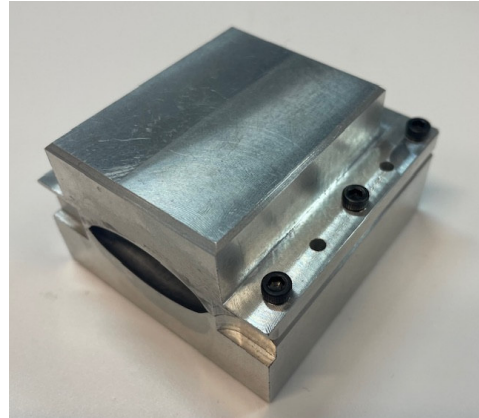


Abbildung 6: Prototyp einer Aluminiumgussform zum Gießen der Leiterplatte

Die Verzögerungen in den Lieferketten mit dem Rohmaterial, das vollständig aus Asien bezogen wurde, wirkten sich leider auch auf die aktive Zeit der Entwicklungsarbeit dieses Sondervorhabens aus. So konnten die Einzelteile erst ab dem Spätsommer verbaut und getestet werden. Im Oktober waren die Simulationen und Tests unter Laborbedingungen abgeschlossen, so dass ein Prototyp im Betrieb Boland im November installiert wurde. Bis zum Ende des Durchführungszeitraums und darüber hinaus war der Prototyp aktiv. Die geringe Pflanzenaktivität im Winter führte zu geringen Veränderungen in der Substratfeuchte und wenig Gießvorgängen, die erfasst werden konnten. Quantified b.v. setzt die Entwicklungsarbeit in Kooperation mit dem Praxisbetrieb über die Projektlaufzeit hinaus fort.

Dabei ist die Messung der Feuchtigkeit in Trays besonders sensibel: Kleine Zellen, wenig Substratvolumen, dichter Pflanzenbestand je Quadratmeter und hohe Empfindlichkeit der Pflanzen bei einmaliger Trockenheit. Die dabei zum Einsatz kommende Technik kann bei Kommerzialisierung zum Patent führen, so dass an dieser Stelle keine Details beschrieben werden.



Abbildung 7: Jungpflanzenbestand in einem Gartenbaubetrieb



Abbildung 8: Elektronik des Neptune-Sensors (Prototyp)

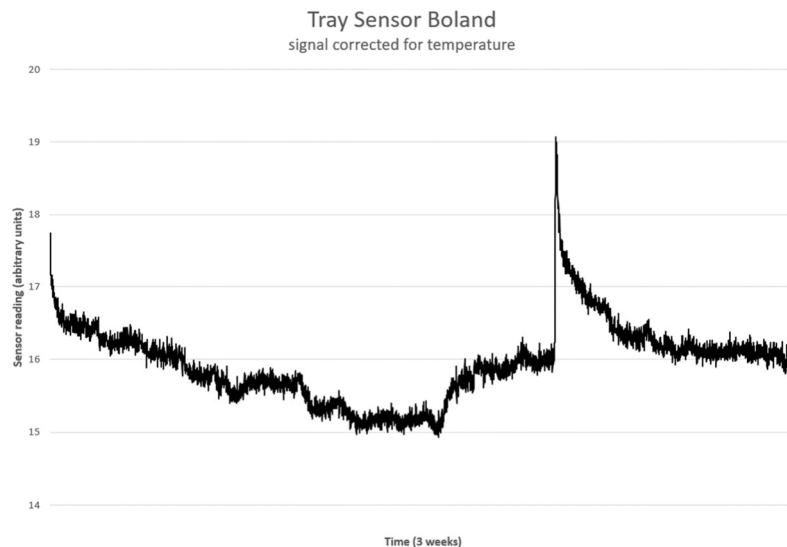


Abbildung 9: Messdaten des Prototyps im Pflanzenbestand (Nov 2023)

In Abbildung 9 wird anhand des Peaks deutlich, dass in 3 Wochen aufgrund der Jahreszeit nur ein Bewässerungsvorgang aktiv war. Andererseits zeigt die Grafik, dass die Feuchtemessung des Prototyps im Grundsatz funktioniert. Das Fortführen der Testung unter Praxisbedingungen wird im Frühjahr 2024 bei häufigeren Bewässerungsvorgängen zu erhöhtem Datenaufkommen führen.

In der Anwendungsfolge werden die vom Feuchtesensor erfassten Daten auf dem Dashboard dargestellt. Im vorausgegangenen Projekt wurden zur Kostenersparnis im Laufe der Entwicklungszeit mehrere (2-3) Sensoren an einen Firefly angeschlossen. Die daraus abgeleitete grafische Darstellung zeigte jeden einzelnen Sensor und konnten in der Darstellung nicht verändert, einzeln aus- oder eingeblendet oder zusammengefasst werden. Dadurch wirkten sie im Einzelfall unübersichtlich. Das sollte im Modell- und Sondervorhaben zur Verbesserung der Übersichtlichkeit und zur Verlängerung der Akkulaufzeit des Fireflies bearbeitet und optimiert werden.

Quantified hat an der Verbesserung der Übersichtlichkeit gearbeitet und einen schnellen Überblick über den Status der Sensoren im Betrieb erreicht, wie in Abbildung 9 deutlich wird: Die Fireflies sind untereinander aufgelistet. In einer zweiten Spalte wird der aktuelle Status dargestellt, in dem ein Weckersymbol aufleuchtet, wenn in den letzten 24 Stunden (Zeitraum einstellbar) keine Werte gesendet wurden. Wenn alle Fireflies zeitgleich das Signal des Weckers geben, ist die Verbindung zum Gateway unterbrochen und dessen Prüfung primär notwendig. Sollte der Akkustatus nicht mehr ausreichend sein, leuchtet ein roter Punkt auf, der das Signal zum Laden des Akkus gibt.

Im Weiteren wird eine App entwickelt, die einerseits schnelle und gute Übersichten über die wichtigsten Parameter einzelner Sensoren (die eine Bewässerungseinheit kontrollieren) geben und über Push-Meldungen Alarme an den Anwender senden.

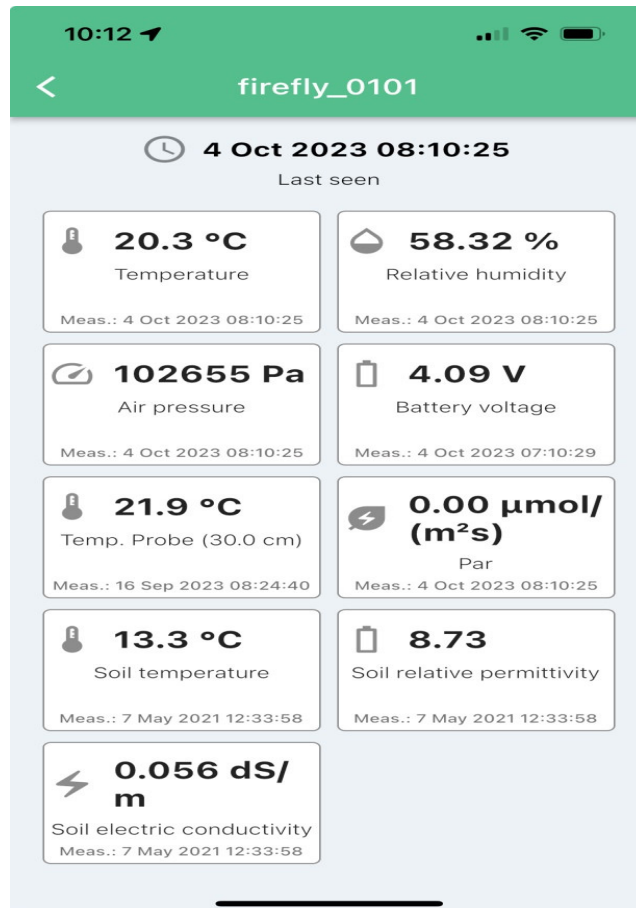


Abbildung 10: App in der Darstellung eines Firefly

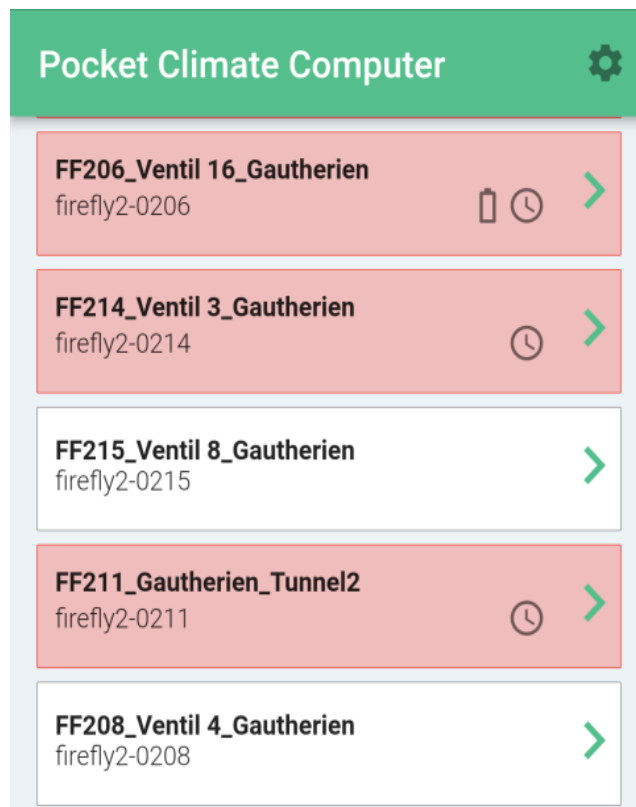


Abbildung 11: Alarmdarstellung einzelner Fireflies

Quantified hat verschiedene Anpassungen der Firefly Firmware vorgenommen, um die Messungen der Sensoren an einem Firefly zu synchronisieren. Damit wurde erreicht, dass die auf dem Dashboard dargestellten Werte nun in Echtzeit angezeigt werden. Gleichzeitig wird damit eine Erhöhung der Akkulaufzeit um ca. 10 % erzielt. Zugleich fanden Anpassungen der Hard- und Software am Triplesensor statt, so dass die Messungen im Feld stabiler werden.

Die Darstellung des Dashboards wurde seitens der Anwender nach der Laufzeit des vorausgegangenen EIP-Projektes als zu unübersichtlich beschrieben. Man wünschte sich eine schnelle Übersicht in „Tacho-Optik“.

Quantified hat wie bereits beschrieben, an mehreren Stellen an der optischen Darstellung gearbeitet. Allerdings wäre eine grundlegende Veränderung ihres Dashboards mit hohen Kosten verbunden, da sie eine vollständige Neuprogrammierung erforderte, die nicht in Eigenleistung umgesetzt werden kann, da das Unternehmen auf die Entwicklung von Hardware spezialisiert ist.

Das beteiligte Gartenbauunternehmen Boland verwendet neben dem von Quantified ein zweites Sensorsystem der Firma Yookr. Die Dashboarddarstellung im Yookr-System entspricht im Wesentlichen dem, was die Praktiker aus ihrer Perspektive benötigen und grafisch wünschen: Selbst einstellbare Widgets, „Tacho-Optik“, Übersicht oder Hineinzoomen in ein spezielles Feld. Yookr ist von Hause aus eine Software-Firma mit Programmierern für Nutzeroberflächen. Im Projektteam wurde über eine optionale Kooperation der beiden Sensoranbieter Quantified und Yookr diskutiert und als wünschenswert bewertet. Im Folgenden fand ein gemeinsamer Austausch der Unternehmen bei der Landwirtschaftskammer statt und eine Kooperation sollte entwickelt werden, in der jeder Gärtnerunternehmer selbst entscheidet, von welcher Firma er Sensoren und von welcher Firma er das Dashboardsystem kauft und anwendet. Alle Kombinationen sollten möglich sein. Dazu bedurfte es einer Öffnung beider Sensoranbieter bezüglich spezieller Informationsprotokolle im Softwarebereich, was jedoch beide unterstützten. Mit dieser Kooperation gelang eine sehr komfortable und schnelle Lösung im Sinne des gärtnerischen Anwenders, die mit nur einer der beiden Firmen in der Kürze der Zeit so nicht möglich gewesen wäre.

Ein Arbeitsbereich mit Schwerpunkt bei Jos Balendonck, Wageningen University Research, war die möglichst genaue Messung und Darstellung des EC-Wertes (elektrische Leitfähigkeit in mS/cm). Der Salzgehalt gibt dem Anwender einen schnellen und groben Überblick über den allgemeinen Status der gelösten Nährsalze im Substrat in der Gesamtheit und gleichzeitig über die Salzbelastung für die Kulturpflanzen. Bei der Messung über einen Feuchtigkeitssensor werden immer nur die aktuell gelösten Nährsalze erfasst, die sich gerade in der Substratlösung befinden. Noch in zum Beispiel Dünger gebundene Nährsalze werden nicht erfasst. Im Vergleich dazu ist der Messwert aus dem Labor, das eine Substratprobe nach einheitlichen und feuchtigkeitsgesättigten Bedingungen untersucht, entsprechend genauer, weil auch die potentiell noch in Lösung gehenden Salzanteile mit erfasst werden. Folglich ist der vom Feuchtesensor angezeigte Salzgehalt immer etwas zu niedrig und entspricht nicht der realen Situation. Diese Verzerrung sollte innerhalb des Modell- und Sondervorhabens behoben werden. Dazu wertete Jos Balendonck zahlreiche Substratanalysen aus Betrieben von Praxispartnern im Projekt und aus dem Versuchsbetrieb der Landwirtschaftskammer NRW aus und verglich sie mit den Werten der Feuchtesensoren. Anschließend leitete er daraus eine Formel ab, die eine Korrektur der Sensorwerte vornimmt (Abbildung 13).

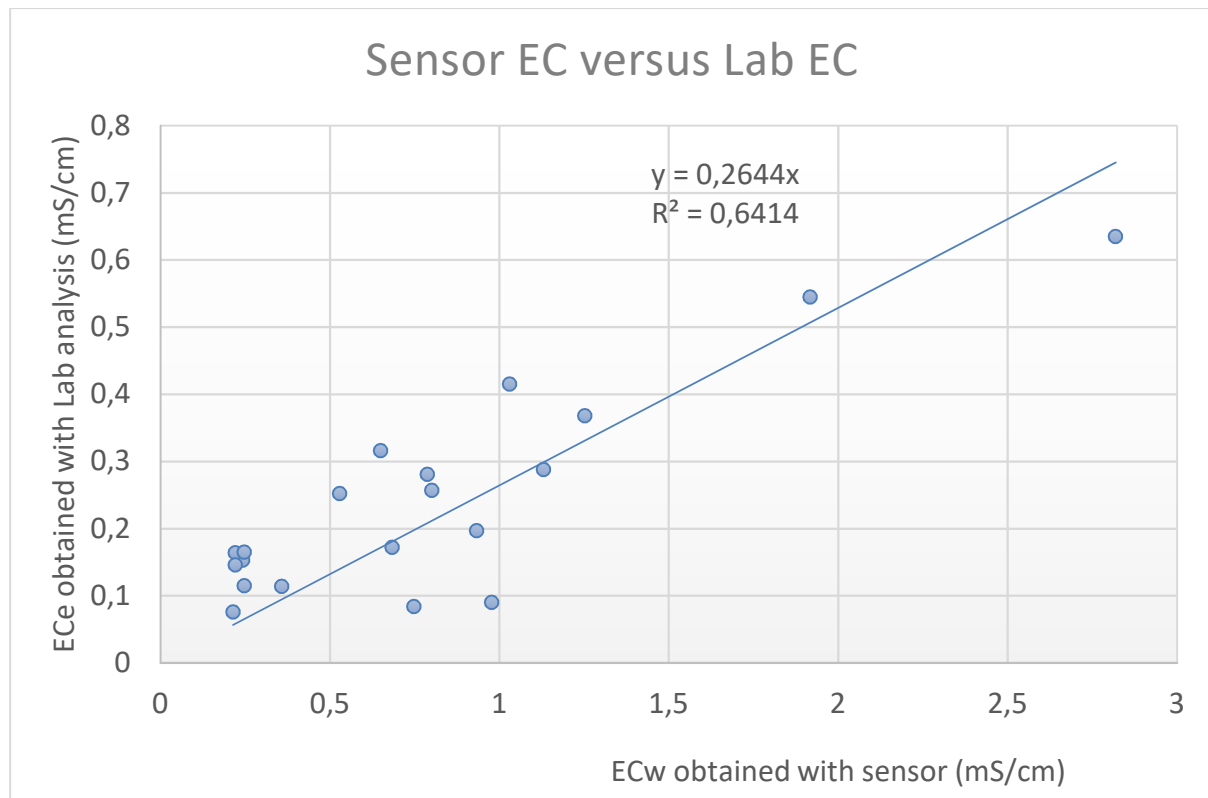


Abbildung 12: EC-Werte, gemessen mit dem Sensor und im Labor im Vergleich

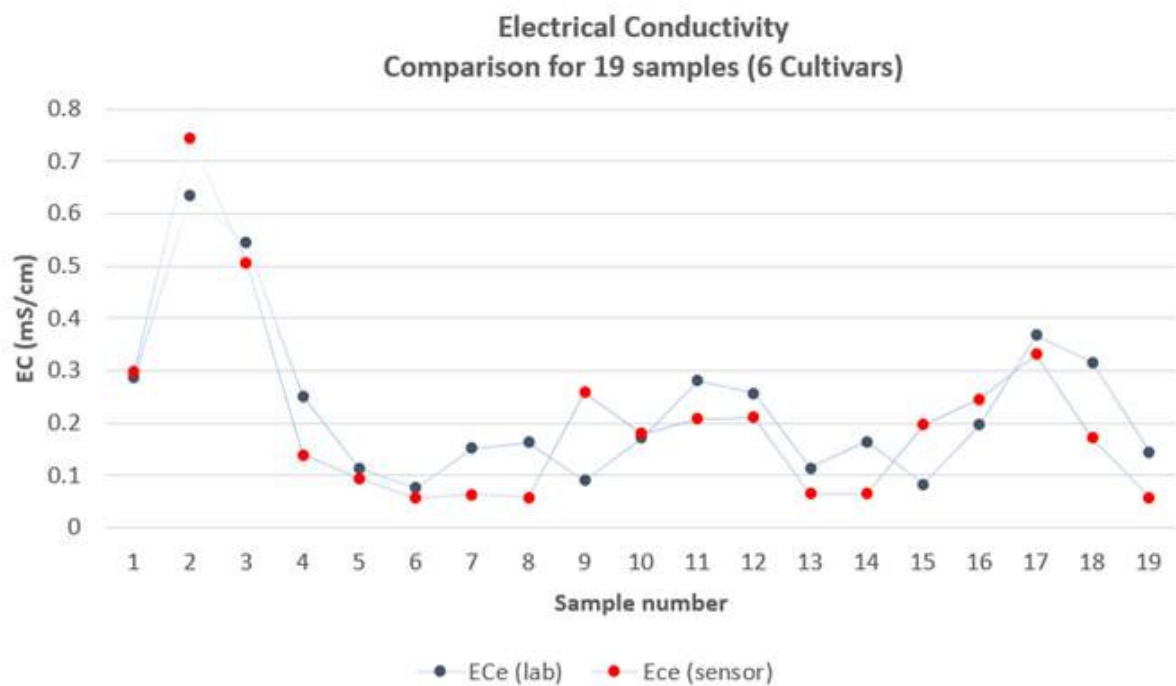


Abbildung 13: EC-Werte aus einem Praxisbetrieb im Vergleich – die trendmäßige Korrelation ist deutlich erkennbar.

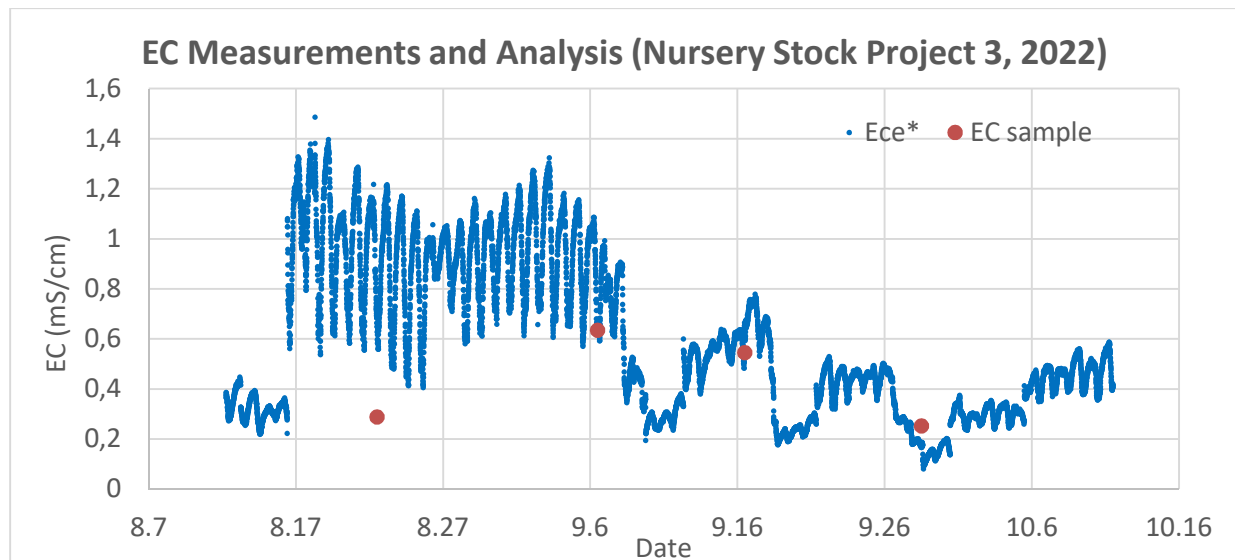


Abbildung 14: EC-Werte aus einem Praxisbetrieb „in realtime“ vor der Begradigung: Die Häufigkeit der Messintervalle erschwert das Ablesen und die Interpretation der Werte.

Zusammenfassend wurden für den Bereich der Erweiterung der Widgetfunktionen mehrere Anpassungen in der Firmware der Fireflies durchgeführt und Veränderungen in der Dashboarddarstellung auf Insight (Dashboard von Quantified) vollzogen. Die Entwicklung der Kalibrierungsfunktion ist noch nicht abgeschlossen. Noch im Prozess, und daran soll über die Laufzeit des Modell- und Sondervorhabens weitergearbeitet werden, sind die Speicherung der Nutzeinstellungen nach der letzten Benutzung und die Darstellung einzelner Sensoren eines Double- oder Triplesensors, ebenso wie die Adaptierung des EC-Wertes in der Anzeige.

Die vierte Aufgabe für das Projektteam beinhaltete die Optimierung des Fireflygehäuses. In der praktischen Anwendung waren Probleme mit Feuchtigkeit an der Verschraubung zum Sensor und Schäden durch Vögel, die auf die Membranfläche gepickt haben, entstanden.



Abbildung 15: Schaden durch Vogelpicken an der Membran



Abbildung 16: Korrosion am Connector durch Kondenswasser

Unterhalb der Membran ist ein Sensorchip installiert, der weitere Parameter (PAR, rel. LF, T) im Pflanzenbestand erfassen kann. Aus der Erfahrung der Praxis hat sich gezeigt, dass diese Werte derzeit keine besondere Relevanz für ihre Nutzer haben. Daher wurde ein Blindsticker angebracht (Abbildung 17), der die Attraktivität des Firefly für Vögel

schnell reduzierte. In neueren Firefly-Modellen soll die Membran eine Zusatzoption werden, so dass hier auch eine Kostenersparnis entstehen kann. Als zweite Schutzoption für den Firefly könnte eine Folienumwicklung sein, in die das Gehäuse gewickelt wird (Abbildung 18).



Abbildung 17: links die Membran, rechts der Blindsticker

Abbildung 18: In Folie gewickelter Firefly

Die am Connector bei einigen Fireflies entstandene Korrosion wurde bearbeitet und gelöst: Unterhalb der Membran ist vereinzelt Kondensation entstanden, die die Lebensdauer des Akkus verkürzt hat. Daraufhin wurde der Sensor ummantelt und das Problem damit behoben (Abbildung 20). In die Steck- und Schraubverbindung des Connectors wurde ein Gummiring mit Dichtungsfunktion installiert, der vor eindringendem Wasser schützt. Zudem wurde ein Sticker mit Hinweisen zur korrekten und dichten Verbindung zwischen Firefly und Sensor entworfen und angebracht: Handfestes Anziehen verhindert das Eindringen von Wasser.

 LET OP! 		 ATTENTION! 
connector stevig aandraaien handvast aandraaien: water in de connector leidt tot schade aan sensor volg de instructies op www.quantified.eu		tighten the connector firmly fix hand-tight: water in the connector can damage the sensor follow the instructions at www.quantified.eu

Abbildung 19: Sticker mit Hinweisen zur korrekten Verbindung



Abbildung 20: Membran mit Ummantelung (links und rechts, ohne Ummantelung in der Mitte)

IV. Gegenüberstellung der Ergebnisse zur den vorgegebenen Zielen

Tabelle 3: Übersicht über die Aufgaben und erzielten Ergebnisse

Aufgabe	Ziel	Kurze Erläuterung
Entwicklung und Fertigstellung des Neptune-Sensors	Zum Teil erreicht	Lieferverzögerungen aus Asien führten zu verspäteter Installation; Labortestes erfolgreich, derzeit Testreihe im Praxisbetrieb, die über die Laufzeit des Modell- und Sondervorhabens fortgesetzt wird.
Vereinfachte Darstellung	Erreicht	Zahlreiche Anpassungen der Firmware auf dem InSight-Dashboard von Quantified; Übersicht mit Sensorstatus und Alarmfunktion; App-Entwicklung mit realtime Daten; Kooperation mit Yookr und vom Anwender frei wählbare Kombinationen von Sensoren und Dashboard
Erweiterte Widgetfunktion	Zum Teil erreicht	Kompensation des EC-Wertes in Testung; Speicherung der Anwendereinstellung nach der letzten Nutzung noch in Arbeit
Verbesserung des Firefly-Gehäuses	Erreicht	Membran wird entweder mit Blindsticker geschützt oder zukünftig auf Wunsch nicht verbaut; Connector durch Gummiring und Coating des Sensors vor Kondensation geschützt; Sticker gibt Hinweis für dichte, korrekte Verschraubung.

V. Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Mit dem Neptunsensor wird eine Verbesserung der Messqualität, eine längere Akkulaufzeit und geringere Störanfälligkeit erzielt. Eine besondere Leistung liegt in der Messbarkeit der Feuchtigkeit von Vermehrungs- und Pikierplatten mit hohem Kapitalbestand je Quadratmeter im Praxisbetrieb. Hier laufen im Frühjahr 2024 noch Praxistests, jedoch sind die Erfahrungen bislang positiv und die Option, diesen Sensor und seine Messmethode patentieren zu lassen, für das beteiligte KMU hoch.

Die visuelle Darstellung der Messdaten wurde verbessert und übersichtlicher gestaltet, befindet sich aber noch im laufenden Prozess weiterer Optimierungen. Die Option der Darstellung über das Yookr-System erfüllt dem Anwender grundsätzlich seine Wünsche zur komfortablen Nutzung des Systems. Ergänzend dazu arbeitet Quantified noch an der Verbesserung der Widgetfunktionen, so dass die Ablesbarkeit und Interpretation der Messdaten zukünftig schneller gewährleistet wird. Das Firefly-Gehäuse ist optimiert und an die Umweltfaktoren im Freilandbereich angepasst worden. Gleichzeitig wurde die Akkulaufleistung um etwa 10 % verbessert, so dass der Akku bis zu einer Vegetationsperiode ohne Aufladung auskommt.

VI. Übertragbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen auf andere Maßnahmen

Das Sensorsystem und seine Unterstützungsmöglichkeiten für den Kultivateur lassen sich in viele weitere Bereiche des Gartenbaus übertragen. Alle in Töpfen oder Gefäßen angebauten Pflanzen lassen sich mit einem solchen System überwachen und führen durch Echtzeitdaten zu einer sichereren Kulturführung mit Potential zur Einsparung von Wasser, Dünger und Pflanzenschutzmitteln. Neben der Verwendung im Freiland ist das System natürlich auch für den Einsatz im Gewächshaus nutzbar und kann auch hier (eventuell mit Anbindung an den Klimacomputer) zu einer Optimierung der Kultur führen, weil mit dem System zielgenauer bewässert werden kann und zeitweise in der Praxis durchgeführte „Sicherheitsbewässerungen“ nach dem Motto „Dann kommen die Pflanzen bis morgen besser durch die Nacht.“ Am späten Nachmittag eingespart werden können und damit weniger Pflanzenschutzprobleme durch zu hohe Feuchtigkeitsverhältnisse im Pflanzenbestand entstehen.

Die größte Neuerung ist sicherlich der Neptune-Sensor mit seiner Fähigkeit, Vermehrungs- und Pikiertrays zu überwachen. Damit stehen für Jungpflanzenbetriebe völlig neue Optionen zur Verfügung, die Kulturen qualitativ noch besser zu kultivieren und ein neues Marktsegment wird eröffnet. Wenn zukünftig noch Wetterprognosen mit in die Software integriert werden können, kann nochmals eine deutliche Steigerung der Kulturqualität erzielt werden.

VII. Presseberichte, Vorträge, Veröffentlichungen

Die Kommunikation über die Arbeit dieses Modell- und Sondervorhabens wurde im Wesentlichen in zwei Bereiche geteilt: Diskussionen mit Gartenbauunternehmen außerhalb des Projektteams in verschiedenen Gremien (Fachausschuss Topfpflanzen, Fachausschuss Schnittblumen, Unternehmerkreis Hortensien), Mitteilungen im Internet und Kurzberichte über den aktuellen Status in Veröffentlichungen.

Nach Beendigung des Modell- und Sondervorhabens ist eine größere Publikation in verschiedenen Fachzeitschriften geplant. Grundsätzlich war über die Verwendung des Sensorsystems vor Beginn des Modell- und Sondervorhabens umfangreich berichtet worden. Die im Jahr 2023 durchgeführten Arbeiten und Verbesserungen sollen 2024 als Update des Entwicklungsstadiums veröffentlicht werden. Im März ist eine Fortbildung in der Wasserschutzkooperation Kevelaer-Keylar geplant, auf der ebenfalls über die Ergebnisse des letzten Jahres berichtet werden wird.

Tabelle 4: Publikationen

Datum	Art des Veröffentlichung
Februar 2023	Veröffentlichung des Modell- und Sondervorhabens auf der website der Landwirtschaftskammer NRW https://www.landwirtschaftskammer.de/gartenbau/versuche/schwerpunkte/zierpflanzen.htm
20. Juni 2023	Veröffentlichung des Projektes auf der website eines niederländischen Gartenbauportals https://www.bpnieuws.nl/article/9539462/betere-potplantenteelt-door-digitaal-monitoren-vochtgehalte/
Herbst 2023	Veröffentlichung eines Artikels in „Straelener Gärtner 2023“, einem Jahresband der Fachschulabsolventen des Gartenbauzentrums Straelen, S. 21-25
02-2024	DeGa: Betriebsporträt Gartenbau Boland mit Hinweis auf das Projekt
21.03.2024	Vortrag über die Projektergebnisse bei der Wasserschutzkooperation Kevelaer-Keylar
19.04.2024	Vortrag auf der Veranstaltung „Innovationen in der Landwirtschaft auf Haus Riswick, Kleve, auf Einladung des MLV NRW

Quellen

Agrobusiness Niederrhein e.V. (2022): Zahlen und Statements zum Agrobusiness am Niederrhein

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hg.) (2021a): Der Gartenbau in Deutschland. Auswertung des Gartenbaumoduls der Agrarstrukturerhebung 2016.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Hg.) (2021b): Ertragslage Garten- und Weinbau 2021. Daten und Analysen. Berlin.

Webadressen

Landesverband Gartenbau Nordrhein-Westfalen (LV Gartenbau NRW) e. V. (2022):
<https://www.gartenbaunrw.de/index.php/gartenbau/zierpflanzenbau> Stand: 21.12.2022 15:09 Uhr

Landwirtschaftskammer NRW (2023)
<https://www.landwirtschaftskammer.de/gartenbau/versuche/schwerpunkte/zierpflanzen.htm>