

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Abschlussbericht der Operationellen Gruppe „OnFarm Wetter“

im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP)

Wir fördern den ländlichen Raum



Landesprogramm ländlicher Raum: Gefördert durch die Europäische Union - Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und das Land Schleswig-Holstein
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete



| | |
|-------------------------|--|
| Ansprechpartner: | Dr. Mathis Müller, Dr. Arne M. Ratjen |
| Projekt: | OnFarm Wetter |
| Projektnummer: | |
| Förderzeitraum: | 01.06.2018 - 31.05.2021 |
| Berichtsdatum: | 15/09/21 |

Antragsteller/in

| | |
|------------------------------|---|
| Name | Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein |
| Anschrift (Straße, PLZ, Ort) | Grüner Kamp 15-17 |
| | 24768 Rendsburg |
| Rechtsform | Körperschaft öffentlichen Rechts |
| Ansprechpartner | Dr. Mathis Müller |
| Funktion | Abteilungsleiter - Pflanzenbau, Pflanzenschutz und Umwelt |
| Telefon | 04331 / 9453 - 300 |
| Telefax | 04331 / 9453 - 309 |
| Mail | mmueller@lksh.de |

Mitglieder der OG sind

| | |
|--|---|
| <p>landwirtschaftliche und gartenbauliche Unternehmen der Urproduktion</p> | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Landwirt Thomas Hoppmann</i> - <i>Landwirt Erik v. d. Decken (bis 2019)</i> - <i>Landwirt Broder Preuß-Driessen</i> - <i>Landwirt Cay Henning Hastedt</i> - <i>Landwirt Uwe Hamann</i> - <i>Landwirt Ludwig Hirschberg,</i> - <i>Landwirt Friedrich v. Bülow</i> - <i>Landwirt Ralf Hartmann-Paulsen</i> - <i>Landwirt Hartmut Brockmann</i> - <i>Landwirt Hermann Freese</i> - <i>Landwirt Willi Tonn</i> - <i>Landwirt Wilken von Behr</i> - <i>Landwirt Gerd Böje</i> |
| <p>Forschungs- und Versuchseinrichtungen</p> | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Dr. Mathis Müller; Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Lead-Partner)</i> |
| <p>Beratungs- und Dienstleistungseinrichtungen</p> | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Willi Hacke; landwirtschaftlicher Unternehmensberater (LUB)</i> - <i>Karl-Friedrich v. Bothmer; Beratungsring landwirtschaftlicher Betriebe e. V. (GBB)</i> - <i>Dr. Arne Markus Ratjen (Wetterland UG)</i> - <i>Johann Petersen (Wetterland UG)</i> |
| <p>Weitere Partner</p> | <p><i>Dr. Holger Klink; Phytopathologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Informationssystem Integrierte Pflanzen Produktion e.V. (I.S.I.P.)</i> |

Gliederung

| | |
|---|----|
| 1. Zusammenfassung..... | 5 |
| 2. Darstellung des Projektverlaufs..... | 5 |
| a) 2018..... | 5 |
| b) 2019..... | 6 |
| c) 2020..... | 11 |
| d) 2021..... | 14 |
| 3. Projektergebnisse..... | 14 |
| a) Plausibilitätsprüfung..... | 14 |
| b) Visualisierung der Messdaten und ihrer Plaubilität..... | 16 |
| c) Datenanbindung ISIP..... | 17 |
| d) Kosten für den Betrieb über die Projektlaufzeit hinaus..... | 19 |
| e) Abgeleitete Größen..... | 20 |
| f) Schätzung der standortbezogenen Bodentexturen..... | 24 |
| g) Entfernung des Messortes und Repräsentativität zum Standort..... | 25 |
| 4. Öffentlichkeitsarbeit..... | 29 |
| 5. Ergebnisverwertung..... | 30 |
| 6. Wirkung des Projektes..... | 30 |
| 7. Zusammenarbeit in der operationellen Gruppe..... | 31 |
| 8. Verwendung der Zuwendung..... | 31 |
| a) Auflistung der wichtigsten Ausgabenpositionen..... | 31 |
| b) Angaben zur weiteren Nutzung von geförderten Investitionsgütern..... | 32 |
| 9. Schlussfolgerungen und Ausblick..... | 33 |
| 10. Quellen:..... | 34 |

1. Zusammenfassung

Im Zuge der Digitalisierung fließen wissenschaftliche Erkenntnisse zunehmend über Online-Entscheidungshilfen und Prognoseverfahren in die landwirtschaftliche Praxis ein. Da die Witterung die Hauptvariationsursache der Ertragsbildung ist, bilden Wetterdaten das Rückgrat solcher Tools. Die Anwendungsfelder sind vielfältig: schlag-spezifische Befallsprognosen machen den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zielgerichteter und wirksamer. Für die Ertragsvorausschätzung können schwer zu erfassende Parameter, wie der momentane Bodenwasservorrat, aus den Witterungsdaten geschätzt werden. Wetterdaten gewinnen auch bei der modellgestützten Analyse von Fernerkundungsdaten, bei der Düngeplanung, Bewässerung und dem Erntemanagement an Bedeutung. Im Projekt OnFarm Wetter haben sich 12 Ackerbaubetriebe, die Landwirtschaftskammer SH mit der Firma WetterLand aus Kiel zusammengefunden um die Datengrundlage im Bereich Wetter für Schleswig-Holstein zu verbessern. Oberstes Ziel war es die Qualität der erhobenen Wetterdaten transparent zu machen um zu verhindern, dass fehlerhafte Daten in den Datenbestand der Dienstleister eingehen. Mit dem neuen System werden Störungen erkannt indem für jeden Witterungsparameter 3 Sensoren bereitgestellt werden. Zu jedem Messwert kann so auch die Plausibilität errechnet werden. Das System befindet sich noch in der Erprobungsphase und wird fortlaufend verbessert. Insgesamt wurden 16 Prototypen errichtet. Die Stationen sind modular aufgebaut, damit einzelne Teile vom Landwirt ausgetauscht werden können. Auch die Platinen des Datenloggers können einzeln von Hand getauscht werden. Der Zustand des Messnetzes und die Wetterdaten werden auf der Homepage wetter.eip-agrar-sh.de dargestellt. Die Daten werden an ISIP (isip.de) weitergeleitet und fließen so in die Berechnungen der Prognosemodelle und Entscheidungshilfen ein. Landwirte aus der Region nutzen diese Tools um ihre Bestandesführung zu verbessern. Die Analyse der Kleinräumigkeit der Witterungsparameter hat ergeben, dass besonders bei den Parametern Niederschlag und Luftfeuchtigkeit eine höhere Abdeckung für Schleswig-Holstein wünschenswert ist. **Besonders für diese Witterungsparameter ist eine Mindestabdeckung in einem Raster von 10-15 km sinnvoll. Hierdurch könnte die Unsicherheit bei der Erfassung um ca. 2/3 gesenkt werden. Diese ermittelten Faustzahlen können bei der Planung zukünftiger Standorte helfen.** Die Zusammenarbeit bei der Planung und Entwicklung des Systems verlief sehr gut. Die Landwirte haben die Daten mit Interesse verfolgt und teilweise Referenzmessungen z.B. beim Niederschlag gemacht. So wurden Probleme zeitnah aufgedeckt und die Entwicklung beschleunigt. Das Messnetz soll bestehen bleiben.

2. Darstellung des Projektverlaufs

Eine Visualisierung des Aufbaus des Messnetzes kann [hier](#) angeschaut werden.

a) 2018

Am 16.04.2018 fand das Gründungstreffen der OG statt. Die Projektpartner mussten zur Kenntnis nehmen, dass die angedachten Abrechnungsmodelle entweder nicht konform mit den Richtlinien oder aber nicht praktikabel bzw. für die Landwirte im Projekt nicht akzeptabel waren. Dies betraf besonders den Bereich Abschreibung der Hardware, Berücksichtigung der Umsatzsteuer, Vorfinanzierung sowie Abrechnung der Personalkosten. Herr Dr. Müller, Herr Dr. Ratjen und Herr Petersen wurden von der Gruppe beauftragt in Abstimmung mit dem Ministerium und EIP-Büro geeignete Abrechnungsmodelle im Rahmen der EIP-Richtlinien zu finden. In Bezug auf die Sensorik und die zu erfassenden Parameter wurden zahlreiche Wünsche und Vorschläge seitens der Landwirte gesammelt. So sollten nach Möglichkeit auch Bodentemperatur, Blattfeuchte sowie Bodenfeuchte im Oberboden erfasst werden. Wie Herr Hirschberg auf dem Gründungstreffen vorschlug soll das Stationsnetz nun im Rahmen des

Projekts gebaut und nicht wie ursprünglich geplant erworben werden. Da der Schwellenwert für „geringfügige Investitionsgüter“ (Umsatzsteuergesetz) in diesem Jahr auf 800€ (netto) angehoben wurde, kann die Hardware nun zu 100 Prozent aus dem Projekt gefördert werden. Den Landwirten der OG entstehen somit keine Kosten und es sind auch keine Vorleistungen mehr notwendig. Für die Abrechnung der Personalkosten war jedoch eine bundesweite Ausschreibung notwendig. Nach anschließender Prüfung durch die interne Revision der Landwirtschaftskammer SH wurde der Auftrag an die Wetterland UG (Geschäftsführer: Dr. Ratjen, Petersen) vergeben. Durch die verzögert angelaufene Projektbearbeitung liegen wir etwas hinter dem Zeitplan, die eingesparten Mittel können jedoch ggf. für eine kostenneutrale Projektverlängerung genutzt werden. Der Bereich „Rechtliche Fragen“ soll zu einem späteren Zeitpunkt bearbeitet werden, wenn die Anbindung an die Dienstleister (ISP-Weizen der CAU und ISIP e.V.) ansteht.

b) 2019

Am am 04 März 2019 fand das 2. OG-Treffen am Versuchsstandort der Landwirtschaftskammer SH in Barlt statt. Zunächst wurde die Prototyp-Station, welche im Rahmen der Vorversuche Informationen zur Sensorgüte liefern soll besichtigt. Trotz Kälte, Sturm und Regen kamen zahlreiche OG-Mitglieder und Projektpartner. Die Landwirte aus dem Projekt haben die Prototyp-Station sehr positiv aufgenommen. Besonders positiv fiel die Standfestigkeit bei Sturm und der modulare Aufbau des Datenloggers, sowie der Station insgesamt auf. Es kamen auch noch Verbesserungsvorschläge in Bezug auf Korrosionsschutz von Seiten der Praktiker. So sollen nach Möglichkeit zukünftig nur Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben aus VA-Stahl genutzt werden. Ein Vierkantprofil als Quertraverse kann evtl. mehr Stabilität ermöglichen als das derzeit verbaute Alurohr. Einige Projektteilnehmer fanden auch die Datenübertragung mittels WLAN an Standorten wo dies möglich ist interessant. Beim nächsten OG-Treffen (nach Beendigung der Vorversuche) können vermutlich schon Einschätzungen in Bezug auf die Kosten für das Errichten und die Folgekosten für den Fortbestand über die Projektzeit hinaus gegeben werden. Betriebsindividuell soll entschieden werden, welche Parameter erhoben werden sollen bzw. aufgrund der Standortbedingungen erhoben werden können. Die Gruppe war sich einig, dass nach Möglichkeit Vollstationen mit sämtlichen Parameterwerten errichtet werden sollten, um ein möglichst vollständiges Bild über die lokalen Witterungsverhältnisse zu erhalten. Die Aufstellungsorte sollten daher so gewählt werden, dass dies auch sinnvoll ist. Neben ISIP und IPS-Weizen soll auch eine Anbindung an weitere Dienstleister angestrebt werden, um den Nutzen der Wetterdaten für die Bestandesführung zu maximieren. Es wurde beschlossen, dass nach Errichtung des Stationsnetzes Vertreter weiterer Dienstleister im Bereich Entscheidungshilfen eingeladen werden sollen um eine Anbindung zu ermöglichen. Neben dem aktuellen Projektfortschritt wurden auch die nächsten Schritte abgestimmt. Herr Dr. Ratjen stellte die Planung für eine Projekthomepage und den Datenzugriff vor. In Bezug auf die Datenübermittlung wurde von Herrn v. Bothmer eine einheitliche Lösung über ein GSM-Modul und eine M2M Simkarte favorisiert. Herr von Bülow berichtete über seine Erfahrungen mit der Datenanbindung von Endgeräten auf seinem Betrieb. Auch die Themen Diebstahlschutz, Betonfundament und Einzäunung wurden diskutiert. Zu diesen Themen wollen die Betriebsleiter individuelle Lösungen erarbeiten. Sachmittelkosten sollen über das Projekt abgerechnet werden. Die Kosten sollen in Summe nach Möglichkeit 1000€ pro Standort nicht übersteigen. Die Zusammenarbeit zwischen der Projektverwaltung der LKSH und der Wetterland UG lief bisher reibungslos.

Die Verzögerungen im Zeitplan, welche durch die notwendige bundesweite Ausschreibung hervorgerufen wurde, konnte teilweise kompensiert werden. Die Planung der Vorversuche ist abgeschlossen. Als erster Standort wurde Barlt an der Westküste ausgewählt, weil die

Standortbedingungen hier am schwierigsten sind. Neben der der Salzfracht herrschen am Standort auch häufig extreme Windverhältnisse. Daher kann die Robustheit der Sensorik, die Standfestigkeit der Station und die Korrosionsbeständigkeit dort besonders gut getestet werden. In Bezug auf die Blattbenetzung ist der Baumwollstreifen-Sensor der Firma Thies (nach Dr. Weihofen) nicht mehr lieferbar. An diesem Sensortyp wurden jedoch die Befallsprognosemodelle der Phytophathologie kalibriert. Gegenüber den beschichteten Sensoren ist ein langsames Abtrocknen nach Regenereignissen zu erwarten.

Es wurde ein tragfähiges Konzept zur sicheren Erfassung von Wetterdaten auf landwirtschaftlichen Betrieben erarbeitet und im Rahmen eines Versuchsaufbaus am Versuchsstandort Barlt (Westküste) vorgestellt. Dieses Konzept beinhaltet auch den Wunsch der OG- Mitglieder, möglichst alle relevanten Witterungsparameter zu erfassen. Verbesserungsvorschläge der Landwirte wurden aufgenommen und sollen Ende September zur Einweihung der neuen Station am Versuchsstandort Futterkamp präsentiert werden. Danach soll der eigentliche Ausbau des Messnetzes beginnen. Die technische Umsetzung ist gegenüber dem ursprünglichen Projektplan etwas verzögert. Dies hat vor allem vier Gründe: (i) Der um drei Monate verzögerte Projektbeginn (bundesweite Ausschreibung), (ii) die gestiegene Anzahl der zu erfassenden Parameter, welche von den OG Mitgliedern gewünscht wurde, (iii) die mangelnde Verfügbarkeit von zentralen Bauelementen und lange Lieferzeiten sowie (iv) nicht der Norm entsprechende Datenschnittstellen an einzelnen Sensoren. Nachfolgend ist eine detaillierte Auflistung der technischen Durchführung des Innovationsprojekts im Berichtszeitraum dargestellt.

Es wurde eine Server-Infrastruktur errichtet, welche es erlaubt Daten von Wetterstationen zu empfangen, zu speichern und weiter zu leiten. Außerdem wird fortlaufend Referenzwetter und Wetterprognosen von unterschiedlichen Diensten bereitgestellt. Hierfür wurden dem Projekt lediglich die Arbeitsstunden in Rechnung gestellt, während Hardware und Strom von der Firma *Wetterland* bereitgestellt wurden. Leider kam es kurz vor der Umstellung auf die neue Hardware zu einem Datenverlust wegen einer zerstörten Festplatte. Das neue System schützt vor solchen Ereignissen, da es über eine automatisierte und redundante Datensicherung verfügt.

Für die Station in *Barlt* wurden noch von Hand Aussparungen in das GFK-Material gefräst und die Aluminium-Profile händisch gebohrt und gesägt. Um eine gleichbleibende Qualität zu ermöglichen wurde beschlossen, die Halterungen professionell fertigen zu lassen. Aufbauend auf den Erfahrungen mit der Station in *Barlt* wurden Halterungen für Sensorik, Schaltschrank, Wetterhütte und Solarpanel entwickelt. Außerdem wurde eine Bodenplatte für den Schaltschrank konzipiert, um die 22 Stecker und Durchführung zu ermöglichen. Für die Planungen und Fertigung war es zudem nötig, 3D-Modelle der Teile zu entwerfen (. Auf diese Weise wurde sicher gestellt, dass die Teile zueinander passen und bei der Montage nicht kollidieren. Die Modelle wurden mit dem Programm FreeCAD erstellt. Hieraus wurden anschließend maschinen- lesbare Formate (DXF, STEP) ableiten. Auf Grundlage dieser Dateiformate können Schlossereien ihre Fertigungsmaschinen programmieren (siehe Statusbericht 3 Tabelle 1). Von einigen Schlossereien wurden zusätzlich Maßzeichnungen angefragt. Diese wurden für alle 3D Modelle abgeleitet. Obwohl 7 Schlossereien aus Kiel und Umgebung angefragt wurden, hat schließlich nur die Firma Spachmann Engineering GmbH aus Kronshagen ein Angebot für die Fertigung abgegeben. Das Angebot erschien recht teuer, weshalb zunächst nur die Erstellung von Musterstücken in Auftrag gegeben wurde. Zwischen Auftragsvergabe und Lieferung vergingen fast 2 Monate. Anhand der Musterstücke konnte die vorangegangene Planung überprüft werden. Es zeigte sich, dass alle Teile maßhaltig sind, lediglich die Winkel zur Befestigung des Solarpanels musste leicht modifiziert werden. Im August erhielten wir noch ein verspätetes, deutlich günstigeres Angebot der Firma Winkelshop.de GmbH Ballenstedt (Sachsen-Anhalt) für die Fertigung der Teile. Einige Teile

wurden jedoch in Edelstahl angeboten, obwohl Aluminium angefragt war. Zur Zeit warten wir noch auf ein überarbeitetes Angebot von Winkelshop, um den Auftrag vergeben zu können.

Anpassungen am Design des Datenloggers:

Der Datenlogger der Firma Wetterland ist modular aufgebaut und kann daher prinzipiell erweitert werden (siehe Tabelle 1). Im ursprünglichen Versuchsaufbau waren nur die Witterungsparameter relative Luftfeuchte, Temperatur, Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Niederschlag vorgesehen. Auf Anregung der am Projekt beteiligten Landwirte wurde die Station so ausgelegt, dass auch die Parameter Blattfeuchte, Bodenfeuchte Bodentemperatur erfasst werden können. Da für den internen Plausibilitätstest drei Sensoren pro Parameter notwendig sind, bedeutet dies zusätzliche Sensoren pro Station. Dies machte umfangreiche Anpassungen am Datenlogger notwendig. Bei der Prototyp-Station in Barlt kamen hauptsächlich noch von Hand verdrahtete Lochrasterplatinen zum Einsatz, da das endgültige Design noch nicht fest stand. Um für alle Stationen einen einheitlichen Stand zu erreichen und um den Arbeitsaufwand bei der Vervielfältigung zu reduzieren, wurde sich für eine Auftragsfertigung entschieden. Die Kosten für Material und Fertigung hat die Firma Wetterland übernommen, lediglich die Arbeitszeit für die Anpassungen am Design wurde in Rechnung gestellt. Für diesen Fertigungsschritt war es notwendig die Schaltpläne in Layouts zu überführen. Analog zur Herstellung der Halterungen wurden im nächsten Schritt 3D-Modelle der Platinen entwickelt. Dazu wurde die Software KiCAD verwendet. Dieser Schritt war notwendig um eine kollisionsfreie Anordnung im Logger-Gehäuse sicher zu stellen. Nachfolgend sind diese Arbeitsschritte beispielhaft für die CPU-Platine dargestellt (siehe 3 Statusbericht Tabelle 2).

Insgesamt wurden nach diesem Schema fünf Platinen entwickelt bzw. angepasst (siehe 3 Statusbericht Tabelle 3). Die ADC-Platine dient als Analog-Digital-Wandler für die Signale der analogen Sensoren (Pyranometer, GBS, PT100). Auf der CPU-Platine liegt der Mini-Rechner auf. Sie verbindet den Rechner mit der Backplain (nicht dargestellt) und beherbergt eine Echtzeituhr mit Pufferbatterie. Außerdem wird eine serielle Schnittstelle für Diagnosezwecke bereitgestellt. An die IOEXT-Platine sind Sensoren mit gepulsten Signalen (Niederschlag, Windgeschwindigkeit), sowie einige analoge Sensoren (Blattfeuchte von Delta-Ohm und Windrichtung von Rika) angeschlossen. Die Radio-Platine adaptiert die Funkmodule und ermöglicht so die Kommunikation mit den Sensorbäumen. An die Serial-Platine sind die Sensoren mit RS485 Schnittstelle angeschlossen (Rika Blattfeuchte-, Bodenfeuchte-, Atmosphärensensoren). Bisher wurde WLAN für die Daten-Fernübertragung genutzt. An Standorten ohne WLAN ist eine Anbindung über GSM vorgesehen. Das benötigte Funkmodul ist in sich geschlossen und soll zunächst über eine Lochrasterplatine mit der Backplain verbunden werden. Daher wurde hierfür kein Layout für eine maschinelle Fertigung erstellt. Ähnliches gilt für die Platine, welche die Spannungsversorgung sicherstellt.

Bei der Anbindung der verschiedenen Sensoren an den Datenlogger sind einige Probleme aufgetreten. Diese sollen hier kurz angesprochen werden:

1. Modbus nicht der Norm entsprechend

Das Modbus-Protokoll stellt eine Master-Server-Kommunikation via RS485 Schnittstelle her. Die Modbus Teilnehmer (Sensoren mit RS485Schnittstelle) werden über ihre Geräteadresse angesprochen. Bestimmte Adressbereiche sind jedoch für Broadcast-Nachrichten reserviert und nicht für die individuellen Geräteadressen vorgesehen. Sensoren der Firma RIKA mit RS485 Schnittstelle nutzen

diese reservierten Adressbereiche jedoch für Geräteadressen. Der Sensor für Bodenfeuchte der Firma RIKA verfügt zudem über eine zusätzliche (fünfte) Datenleitung, was die RS485 Norm verletzt.

Lösung: Die Open-Source Bibliothek libmodbus wurde so angepasst, dass die Sensoren angesprochen und die Geräteadresse in den legalen Bereich verschoben werden kann. Es hat sicher herausgestellt, dass der zusätzliche Draht nur für das initiale Programmieren des Sensors notwendig ist und im Betrieb unbelegt bleiben kann. Leider war dies aus der Dokumentation nicht ersichtlich.

2. Gestörte Funkkommunikation bei OOK Modulation

Für die Station werden auch zwei Funkbäume (WH3000, WH1080) eingesetzt, welche als Referenz und zur Überwachung der Hauptsensoren dienen. Bei diesen Funkbäumen handelt es sich im Grunde genommen um die Außeneinheiten vollwertiger Wetterstationen aus dem Hobby-Bereich. Diese wurden bisher mit den Sendefrequenzen 433 und 886 MHz angeboten. Als Modulationsarten werden standardmäßig Frequency Shift Keying (FSK) und On-Off Keying (OOK) angeboten. Leider wurde die 433 MHz-Variante zwischenzeitlich vom Markt genommen und steht in Zukunft nicht mehr zur Verfügung. Bei gleicher Modulationsart auf der gleichen Frequenz können Kollisionen auftreten, wodurch Funkt-Telegramme verloren gehen. Außerdem ist eine Zuordnung der Signale erschwert. Im Falle einer Störung ist eine Zuordnung jedoch essentiell um zu erfahren, bei welchem der zwei Sensorbäume die Störung vorliegt.

Lösung: Es wurden unterschiedliche Sensorbäume kombiniert. Ein Modell unterstützt die Modulationsart OOK das andere Modell unterstützt die Modulationsart FSK. Die Telegramme der neuen Modelle konnten relativ schnell entschlüsselt werden, da die Abweichungen zu den Vorgängermodellen geringfügig sind. Allerdings stellte sich heraus, dass die Erfolgsrate (Rate der erfolgreich empfangenen Telegramme über Anzahl der gesendeten Telegramme) im Freiland bei OOK-Modulation deutlich niedriger als mit der FSK Modulation ist. Dies liegt vermutlich an der unzureichenden Unterstützung der OOK-Modulation durch das eingesetzte Radio-Modul. Daher muss über eine Anpassung der Treibersoftware Abhilfe geschaffen werden. Diese Anpassungen erfolgten aus zeitlichen Gründen bisher noch nicht.

3. Hoher Peak-Stromverbrauch bei Sensoren der Firma RIKA für Blatt- und Bodenfeuchte

Zur Verbesserung der Robustheit gegenüber Kurzschlüssen wurde eine Schutzschaltung der positiven Lastleitung mit einem masse-bezogenen Signal (High-Side Switch) in der Platine für die RS485 Schnittstellen realisiert. Daher wird die Stromversorgung nach einer gewissen Zeit angeschaltet, wenn der Stromverbrauch einen bestimmten Pegel überschreitet. Bei der Frequency-Domain-Reflectometry Methode (FDR) wird nach der Ladezeit des Kondensators die Dielektrizitätskonstante des Mediums kapazitiv bestimmt. Dieses Messverfahren ist vergleichsweise energie-intensiv. Leider war der Stromverbrauch bei den Blatt- und Bodensensoren der Firma RIKA nicht dokumentiert. Im Vergleich zu den Blattsensoren der Firma Delta-Ohm war der Stromverbrauch deutlich erhöht, sodass die vorgesehene Schutzschaltung eine Messung verhinderte.

Lösung: Die Platine wurde überarbeitet und der High-Side Switch entsprechend angepasst. Ein Test der neuen Platine im Labor ergab, dass die Signale nun übermittelt werden.

4. Die Anordnung der Befestigungslöcher an den Windsensoren ist zufällig

Die Windsensoren der Firma RIKA verfügen über vier Bohrungen die symmetrisch auf einem Flansch angeordnet sind. Diese können zur Befestigung auf einer Halterung genutzt werden. Erst bei der zweiten Bestellung wurde klar, dass die Bohrungen zwar symmetrisch aber von der Ausrichtung her

zufällig angeordnet sind. Dies ist beim Parameter Windrichtung problematisch, da hier eine exakte Ausrichtung notwendig ist.

Lösung: Für Windrichtung wurde eine neue Halterung konzipiert, welche ein Verdrehen des Sensors ermöglicht

5. EMV-Schirmung nicht frei erhältlich

Wegen des beengten Raums im Schaltschrank wurde lange nach einem geeigneten System der Abschirmung der Signalleitungen gegenüber elektromagnetischer Strahlung gesucht. Einzig das EMV Schirmklammersystem zur Direktmontage der Firma Icotek schien für den Einsatz geeignet. Zwar kann man einzelne Leisten (Muster) direkt bei der Firma Icotek bestellen, ansonsten wird dieses Produkt aber nur im Elektrogroßhandel angeboten. Preise werden nur an registrierte Fachunternehmen herausgegeben. Für den Einkauf im Rahmen von EIP sind jedoch vergleichende Angebote notwendig.

Lösung: Nach langer Recherche und vielen Telefonaten erhielt Herr Dr. Ratjen einen Gesprächstermin bei der Sonepar Deutschland Region Nord-Ost GmbH in Kiel. Anschließend wurde für die Wetterland UG ein Benutzeraccount für das Onlineportal von Sonepar Deutschland (auch ohne Mitgliedschaft in der Elektro-Innung) eingerichtet.

6. SD- Karte führt zum Systemausfall

Für die Station in Barlt wurde eine microSDHC Card der Firma INTENSO verwendet. Diese Karten sind kostengünstig und verfügen über 16 GB Datenspeicher. Leider hat sich gezeigt, dass der langsame Datenzugriff zu Störungen im Betrieb und sogar zum Totalausfall führen kann.

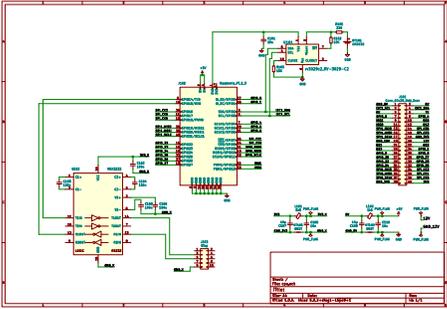
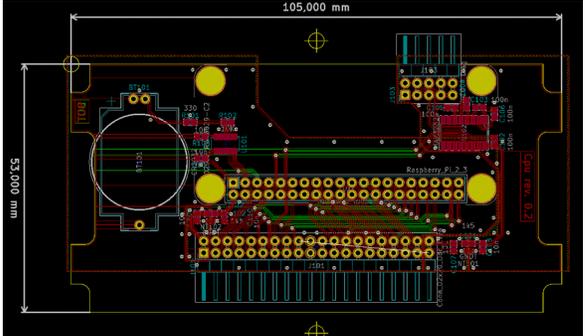
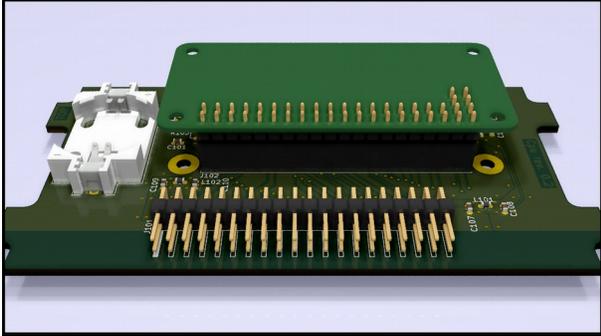
Lösung: Zukünftig werden nur SD Karten für den industriellen Einsatz mit SLC-Speicher eingesetzt, welche deutlich mehr Schreib- und Löschkzyklen erlauben und über einen Datenstrom von 10 MB/s verfügen. Durch das virtualisieren von Laufwerken kann die Anzahl der Zugriffe auf die SD-Karte weiter gesenkt werden.

7. Zeit-Synchronisation nach Neustart.

Nach einem Neustart des Mini-Rechners im Datenlogger kommt es zu einem Uhrenabgleich über das Internet. Allerdings muss hierfür zunächst eine Verbindung aufgebaut werden. Wenn die Funkanbindung auf dem Feld schlecht ist kann dies einige Minuten oder sogar Stunden dauern. In der Zwischenzeit geht die interne Uhr des Rechners nach (Verschiebung um die Downzeit). Daher erhalten die Messungen der Sensoren falsche Zeitstempel.

Lösung: Das neue Design der CPU-Platine sieht eine Echtzeituhr mit unabhängiger Stromversorgung vor.

Tabelle 1: Die einzelnen Schritte des Platinendesigns: Schaltplan (oben links), Layout (oben rechts), 3D Modell (unten links) Anordnung im Datenlogger(unten rechts).

| | |
|---|--|
|  <p>1.</p> <p>Schaltplan CPU Versorgung</p> |  <p>2. Abgeleitetes Layout der Platine</p> |
|  <p>3. 3D Modell der CPU-Platine (mit Recheneinheit)</p> |  <p>4.</p> <p>Bestückte Platine im Loggergehäuse (2. v. Links)</p> |

c) 2020

Am 05. März 2020 fand das 3. OG-Treffen im Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp der Landwirtschaftskammer SH in Blekenorf statt. Zunächst wurden die technischen Meilensteine in 2019 besprochen. Herr Dr. Müller begrüßte die Anwesenden und hob die gute Zusammenarbeit zwischen der Landwirtschaftskammer SH und der Firma Wetterland hervor. Anschließend wurde die Prototyp-Station, welche im Rahmen der Vorversuche Informationen zur Sensorgüte lieferte, besichtigt (siehe 4 Statusbericht Abbildung 1). Die Station spiegelt in Bezug auf die Halterungen und Sensorik im Wesentlichen den Stand wieder, der später auch auf den landwirtschaftlichen Betrieben installiert werden soll. Besonders positiv fiel den anwesenden Landwirten die Standfestigkeit auf, obwohl die Station ohne Fundament auskommt. Gelobt wurden der modulare Aufbau des Datenloggers, sowie die Qualität der Station insgesamt. Die Verbesserungsvorschläge in Bezug auf Korrosionsvermeidung wurden gut umgesetzt. Die neuen Halterungen bestehen überwiegend aus Edelstahl bzw. Aluminium. In der OG bestand Unsicherheit darüber, wie die Blattfeuchtesensoren zukünftig angeordnet werden sollen. Leider konnte Herr Dr. Klink von der Phytopathologie wegen Krankheit nicht teilnehmen. Daher wurde dieses Thema vertagt und soll auf dem nächsten Projekttreffen besprochen werden. Auf dem OG-Treffen stellte die Gruppe mit Bedauern fest, dass das N-Modell für Winterweizen, wegen der Novellierung der Düngeverordnung, über ISIP nicht mehr frei zur Verfügung stehen wird. Im Projektplan war vorgesehen, die Ergebnisse dieser Entscheidungshilfe für Standorte mit hofeigener Station auf der EIP-Homepage zu darzustellen.

Im März 2020 war das Messnetz auf drei Stationen angewachsen, im Mai waren es schon fünf Stationen. Zwischen den einzelnen Stationen hat es technische Fortschritte gegeben. Die Test- und Entwicklungsphase hat länger gedauert als im Projektplan vorgesehen. Diese Phase war jedoch notwendig, da einige Probleme nur unter Praxisbedingungen im Feld zu beobachten sind. Viele Bauteile konnten nun auch maschinell gefertigt werden, sodass der Ausbau beschleunigt voran gehen konnte. Wie im letzten Zwischenbericht erwähnt, liegen wir etwa sechs Monate hinter dem ursprünglichen Zeitplan. Dies liegt zum einen an dem um drei Monate verzögerten Projektbeginn, bedingt durch die notwendige bundesweite Ausschreibung. Zum anderen hatte das Projekt mit einer Reihe von technischen Problemen zu kämpfen: Die ursprünglich vorgesehenen Sensorbäume sind nicht mehr verfügbar und die neue Hardware musste erst in das System integriert werden. Auch das Einbinden der Sensorik aus China war anspruchsvoller als gedacht, da in Bezug auf die Datenschnittstellen nicht immer alle Standards eingehalten wurden und die Dokumentation teilweise nur auf chinesisch vorlag. Hier musste nach dem "Trial and Error" Verfahren vorgegangen werden, was sehr zeitaufwendig ist. Einige Fehler traten auch erst auf dem Feld auf und konnten im Labor nicht reproduziert werden. Für die umfangreiche Sensorik mussten zudem zusätzliche Datenschnittstellen geschaffen werden: Der Datenlogger wurde erweitert und kann nun Funksignale, gepulste Signale, analoge Signale und digitale Signale empfangen und synchron verarbeiten. Bei der Entwicklung wurde auch auf den Energieverbrauch geachtet, damit der Betrieb mit autonomer Energieversorgung über das Solar-Paneel weiterhin möglich ist. Neben der Datenerfassung musste auch die Datenbank- und Server-Infrastruktur angepasst werden. Es werden die Witterungsparameter Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Blattfeuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Globalstrahlung redundant gemessen. Grundsätzlich ist das Projekt aufgrund der Schwierigkeiten, bestimmte Bauteile, die lediglich in geringer Stückzahl erforderlich sind, rechtzeitig von Fachfirmen herstellen zu lassen, zeitlich etwas im Verzug. Insbesondere die Einholung von mehreren Angeboten für niedrigpreisige Bauteile und Kleinteile wirkt verzögernd. Hinzu kamen dann Anfang des Jahres noch Lieferschwierigkeiten von Bauteilen aus China aufgrund der Corona-Krise. Die Sensorik kann mittlerweile vom Datenlogger bedient werden. Nur die Blattfeuchte Sensoren der Firma DeltaOhm, welche als Hilfssensoren an der Station dienen, lieferten jedoch zunächst unplausible Werte. Eine Übersicht über die technischen Meilensteine gibt Abbildung 1.

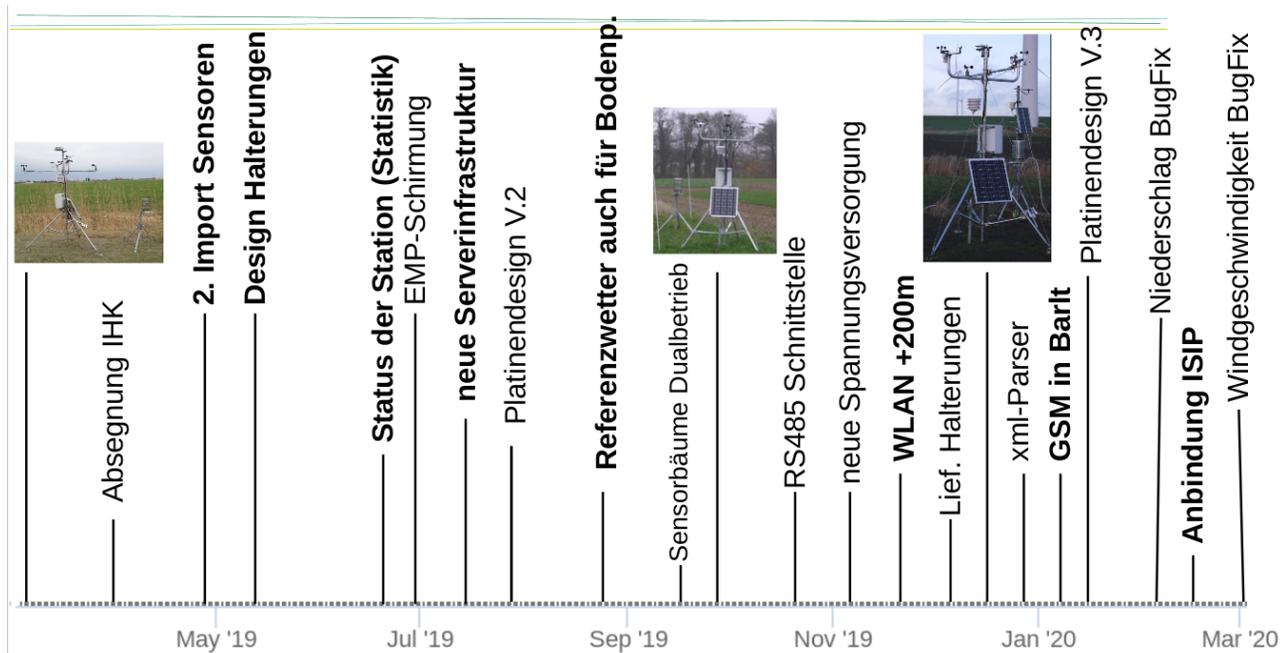


Abbildung 1: Wichtige technische Meilensteine zwischen März 2019 und März 2020

Datenübertragung

Die Datenübertragung via GSM wurde zunächst am Standort Balt erprobt. Da nicht sicher ist, wie lange das GSM-Netz in Deutschland erhalten bleibt und welche Alternative für M2M-Telemetrie sich im ländlichen Raum durchsetzen wird (LoRaWAN, Sigfox, LoRa, Weightless, nWave oder Ingenu), erscheint WLAN zur Zeit am nachhaltigsten. Daher wurden zunächst Standorte versorgt werden, bei denen WLAN-Empfang vorliegt. Durch die WLAN-Anbindung können u.a. auch Software-Updates über eine Fernwartung eingespielt werden. Wenn erst einmal WLAN vor Ort ist, können auch weitere Geräte wie etwa eine Kamera als Diebstahlschutz ans Netz angebunden werden. Bei freiem Sichtfeld sind mit handelsüblichen WLAN-Routern Verbindungen zur Wetterstation, über eine Distanz von ca. 250m, realisierbar. In Futterkamp musste eine Entfernung von über 500m überwunden werden, wobei ein Knick und eine Hochspannungsleitung im Wege waren (siehe Abbildung). Nach einigen Recherchen wurde eine Lösung erarbeitet, um mit ca. 300€ Materialeinsatz eine Versorgung auf dem Versuchsfeld zu realisieren. Um die Erfahrungen aus Futterkamp für alle OG-Mitglieder verfügbar zu machen wurde Anfang Dezember ein Rundbrief mit detaillierter Anleitung und Teileliste an die Landwirte verschickt.

Mit den ersten Prototyp-Stationen, der internen Plausibilitätsprüfung und der Daten-Weiterleitung an I.S.I.P. e.V. waren Anfang 2020 schon einige wichtige Projektziele erreicht. Seit dem wurden weitere Meilensteine erreicht: Wie im Bauernblatt in der Ausgabe vom 11. Juli berichtet, ist das Stationsnetz über die Hälfte fertig gestellt. Zur Zeit sind 11 Stationen in Betrieb und der Aufbau der restlichen 5 Prototyp-Stationen wird in Kürze erfolgen. Im 4. Statusbericht wurde von Problemen mit der Daten-Fernübertragung berichtet. Vor allem an den Standorten Futterkamp und Sönke-Nissen-Koog gab es Probleme mit der Datenübertragung durch WLAN. Das Problem konnte lokalisiert werden: Der auf den Stationen verbaute Wireless-Chip stellte die Kommunikation ein. Das Problem trat an einigen Standorten selten und an anderen Standorten gar nicht auf. Wir warten auf ein angekündigtes Update der Treiber-Software vom Hersteller. In der Zwischenzeit konnte durch eine Fehlerbehandlung die Häufigkeit des Fehlers stark reduziert werden. Neben der WLAN-Lösung steht nun aber auch eine

GSM-Lösung zur Verfügung. GSM ist an den Standorten Barlt, Sarlhusen, Gut Horst, Gut Rixdorf und Hardebek bereits im Einsatz. Zur Zeit liefern fast alle Stationen regelmäßig Daten. In Bezug auf die Sensorik gab es bis Ende 2020 wenig Ausfälle: Ein Sensorbaum am Standort Futterkamp ist ausgefallen, weil eine Batterie ausgelaufen war und ein Bodensensor fiel am Standort Barlt der Motorsense zum Opfer. In beiden Fällen hat die Station die fehlerhaften Messwerte automatisiert erkannt und diese entsprechend gekennzeichnet. Dieser Zugewinn an Sicherheit in Bezug auf die Datenqualität ist ein weiterer, elementarer Meilenstein des Projekts. Die Chancen stehen gut, dass sich die Redundanz und die hierauf aufbauende Plausibilitätsprüfung bei automatisierten Messstationen etablieren wird. Probleme gibt es noch mit dem Parameter Blattfeuchte: Da die beiden Sensortypen (DeltaOhm, Rika) unterschiedliche Werte liefern, ist die von der Station ausgewiesene Plausibilität in den meisten Fällen sehr gering. Im Labor wurden die Sensoren besprüht um 100% Blattbenetzung zu erzeugen (siehe 5. Statusbericht Bild 1). Hierbei zeigte sich, dass beide Sensortypen die 100% nur bei horizontaler Installation erreichten. Im Feld wurden jedoch 100% Benetzung auch bei einer Neigung von 45° beobachtet, allerdings meistens nur bei den Sensoren von DeltaOhm. Außerdem viel auf, dass die Sensoren von DeltaOhm ca. 10 Minuten verzögert auf Änderungen des Benetzungsgrads reagieren und bei horizontaler Installation Werte >100% liefern. Wir sind jedoch zuversichtlich, dass eine Lösung gefunden werden kann. Auch die Bodenfeuchte in 10cm Bodentiefe liefert häufig noch unplausible Werte. Dieser Parameter wird momentan nicht an ISIP übermittelt. Wir prüfen zurzeit ob ein Problem mit der Sensor-Ansprache besteht. Insgesamt ist die Messung von Bodenparametern im Oberboden jedoch problematisch, da der Aufstellungsort der Station (Feldrand) nie den idealen Bedingungen (gleichmäßige Grasnarbe mit 30 cm Wuchshöhe) entspricht. Auch im Boden selbst liegen häufig Verdichtungen vor, oder es finden sich viele Feldsteine.

d) 2021

Wie in den letzten Jahren wurden die OG- Mitglieder über einen Rundbrief über den Projektfortschritt informiert. In dem Schreiben ging es akut um den Ausfall vieler Stationen aufgrund von Energiemangel Mitte Dezember. Die jahreszeitlich bedingte, niedrige Einstrahlung gepaart mit der starken Bewölkung hatten dazu geführt, dass ein Großteil unseres Messnetzes Anfang Dezember ausgefallen war. Die Stationen können ohne Sonne ca. 20 Tage mit einer Akkuladung durchhalten. Allerdings sinkt die Kapazität des Akkus bei niedrigen Temperaturen. Bei Temperaturen von unter 5°C und einer defizitären Einstrahlung von unter 40 W/m² (Tagesmittel) reichte die Akkuladung nur für ca. 2 Wochen im Dauerbetrieb. Diese Krise konnte durch die Mitglieder der OG gemeinsam gelöst werden, indem Ladegeräte und Ersatz-Akkus beschafft wurden. Viele Landwirte haben die Akkus geladen und getauscht, sodass die Datenlücken begrenzt wurden. Anfang April wurde ein Rundbrief zum Thema „Frühjahrsputz“ an die OG versandt. Neben den Messwerten wurden weitere simulierte Parameter auf der Homepage dargestellt (siehe Ergebnisteil).

3. Projektergebnisse

a) Plausibilitätsprüfung

Im Normalfall soll jeder Witterungsparameter von 3 Sensoren erfasst werden. Auf diese Weise lässt sich die Plausibilität des Messwertes einschätzen. Außerdem kann im Störfall erkannt werden, welcher Sensor betroffen ist. Dabei wird zwischen zwei verschiedenen Modi unterschieden: Bei Mod = 1 liegen drei gleichberechtigte Sensoren vor. Bei Mod = 2 gibt es einen Hauptsensor dessen Messwert durch

zwei Hilfssensoren bewertet wird. Die Plausibilität ergibt sich, indem geprüft wird ob die Abweichungen der Sensoren zueinander innerhalb oder Außerhalb einer Toleranz liegt.

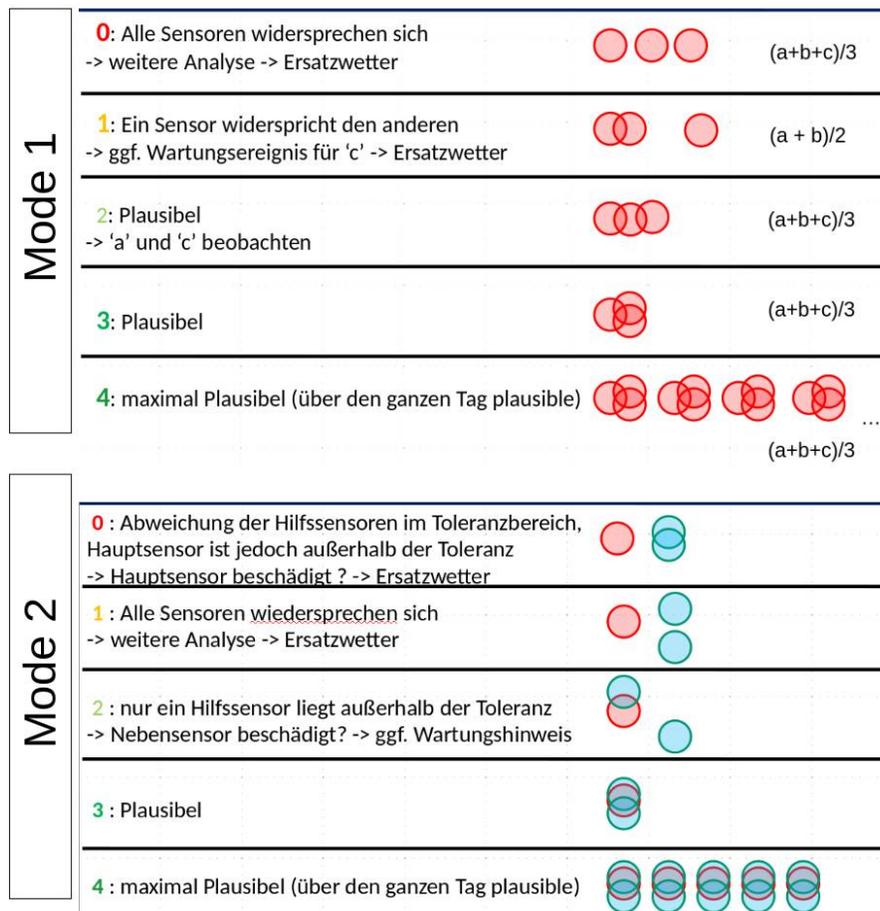


Abbildung 2: Plausibilitätswert (0 - 4) und Berechnung des Exportwertes in Abhängigkeit des „Modes“. Mode = 1 bedeutet die Sensoren sind gleichwertig, bei Mode = 2 wird nur der Wert des Hauptsensors exportiert und die Hilfssensoren dienen zur Überprüfung der Plausibilität. Wert des Hauptsensors mit Toleranzbereich (rot) bzw. Hilfssensor (blau).

Basierend auf den Ergebnissen der internen Plausibilitätsprüfung wurde eine Statistik entwickelt, welche den Zustand der Station in leicht zu interpretierenden Ampelfarben übersetzt und fehlerhafte Sensoren benennt. Die Statistik ist auf der Homepage des EIP-Büros dargestellt. Die Innovation ermöglicht eine zielgerichtete Wartung und verhindert, dass fehlerhafte Daten in den Datenbestand eingehen. Ein Blick auf die Übersichtskarte der Homepage zeigt allerdings, dass die technischen Entwicklungen noch nicht abgeschlossen sind. Die Startseite der Homepage (Abbildung 1) gibt eine Übersicht über das Messnetz, wobei die Ampelfarben den Status (Zustand der Stationen) repräsentieren:

Grün: Keine dauerhaften Störungen, die Datenübertragung erfolgte in den letzten zwei Tagen.

Gelb: (i) Kurzzeitig verminderte Plausibilität bei zwei Witterungsparametern oder (ii) dauerhaft verminderte Plausibilität bei einem Parameter oder (iii) seit mehr als 2 Tagen erfolgte keine Datenübertragung.

Rot: (i) Dauerhaft verminderte Plausibilität bei mehr als einem Witterungsparameter oder (ii) in den letzten 6 Tagen erfolgte keine Datenübertragung.

Wenn man auf einen Standort klickt (Abbildung 3), wird auch die Lage der DWD-Referenzstationen (blau Punkte) angezeigt. Außerdem wird eine Statistik für jeden Witterungsparameter einblendet. Die Spalte "Erfolgsrate" gibt den Anteil der stündlichen Messungen mit einer Plausibilität größer eins (2-4) an. Bei niedriger Windgeschwindigkeit kann die Plausibilität der Windrichtung gering sein. Deshalb wird dieser Parameter bei der Statusfarbe der Station nicht berücksichtigt. Wenn eine dauerhafte Störung vorliegt, wird in der Spalte "Sensor" die Sensor-ID des unplausiblen (fehlerhaften) Sensors angezeigt. Da sich beim Parameter "Blattbenetzung" die Werte des Rika-Sensors von den Werten der beiden DeltaOhm-Sensoren unterscheiden, identifiziert die Station den Rika-Sensor häufig als fehlerhaft. In der Spalte "Bemerkung" steht für gewöhnlich die Anzahl der Sensoren für den jeweiligen Parameter. In der Regel sind dies 3 Sensoren. Da die Bodenfeuchtemessung relativ viel Strom verbraucht, ist hier jedoch nur ein einzelner Sensor verbaut. Hinter "gesendet" steht der Tag des letzten, erfolgreich übermittelten Datenpunkts. "Stand" ist das Datum der Datenzusammenstellung für die



Abbildung 3: Darstellung des Zustandes des Messnetzes (Ampelfarben) und Statistik für den Standort in Bothkamp. Zur Zeit zeigen die Statusfarben für die meisten Stationen "gelb" an. Dies liegt daran, dass der stündliche Blattbenetzungsgrad (Blattfeuchte) eine zu geringe Plausibilität aufweist (siehe oben).

Anzeige auf der Homepage. Hier werden Stunden-, Tages- und Monatswerte angezeigt

b) Visualisierung der Messdaten und ihrer Plausibilität

Durch das „Klicken“ auf den Standortnamen gelangt man zur Datendarstellung. Hier werden Stunden-, Tages- und Monatswerte angezeigt. Zur besseren Interpretation der Messwerte werden diese zusammen mit dem Referenz- und der Vorhersagedaten dargestellt. Das blaue Polygon im Hintergrund zeigt den Wertebereich der verschiedenen Wetter-Vorhersagedienste an. In orange wird die hieraus gerechnete "Meta-Vorhersage" angezeigt. Vorhersagedienste die im letzten Monat eine geringe Abweichung zu den Messwerten aufzeigten, gehen stärker gewichtet in die Berechnung der Meta-Vorhersage ein. Die Werte der DWD-Referenzstation wird in blau angezeigt. Plausible Messwerte werden durch grüne Punkte gekennzeichnet. Die Datenreihe "Export" gibt die Werte an, welche an I.S.I.P. übermittelt werden. Bei erfolgreicher Messung ist dieser Wert identisch mit dem Messwert. Falls der Messwert nicht plausibel war (roter Punkt) wird Referenz- oder Vorhersagewerte übermittelt. Die rote Linie ist dann identisch

mit der orange bzw. blauen Linie. Die Wetterdaten liegen als Stunden- und Tageswerte vor. Für die Parameter Niederschlag, Einstrahlung und Temperatur werden auch Monatswerte errechnet. Um diese Werte besser einordnen zu können, werden zum Vergleich auch langjährige (1981-2010) Mittelwerte

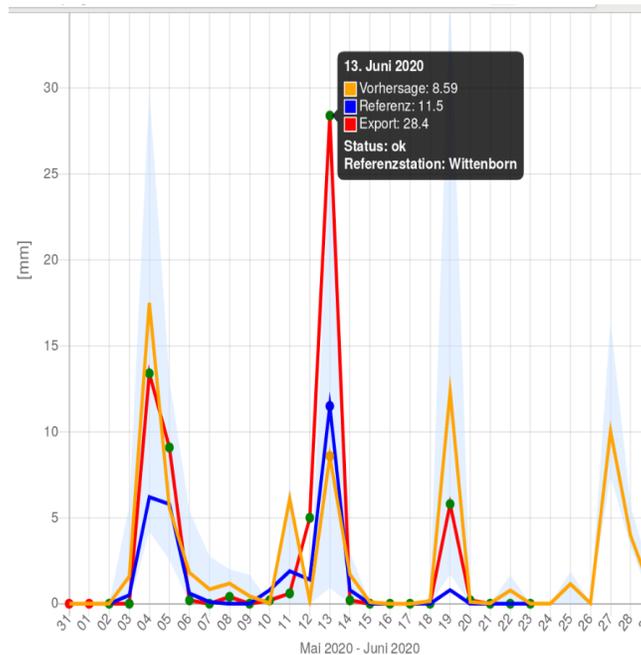


Abbildung 4: Der Niederschlag in Rohlstorf zeigt erhebliche Abweichungen zur nahe gelegenen DWD-Station Wittenborn. des DWD angezeigt.

c) Datenanbindung ISIP

Anfang Februar 2020 hat Herr Dr. Sander von I.S.I.P e.V. (ISIP) Kontakt zum Projekt aufgenommen und bestätigt, dass ISIP nach wie vor bereit ist die Stationen in Ihr Messnetz zu integrieren. Zunächst wurde die Station in Sönke-Nissen-Koog an ISIP angebunden. Der Datenabruf und der Betrieb von Entscheidungshilfen über ISIP wurde auf dem letzten OG-Treffen im März 2020 vorgestellt. Stationen können direkt ausgewählt werden oder die Berechnung erfolgt auf der Grundlage von interpoliertem Wetter. Durch die Nutzung der Entscheidungshilfen auf der ISIP-Plattform konnten einige Landwirte ihre Bestandesführung bereits in der Saison 2020 optimieren.

In Tabelle 1 ist die Datenbankschnittstelle beschrieben. Neben dem eigentlichen Messwert, werden auch Informationen über die Plausibilität der Messung übermittelt.

Tabelle 2: Datenschnittstelle zwischen OnFarm-Wetter und ISIP-Datenbank (ISIP DB)

| Symbol (ISIP DB) | Bedeutung | Plausibilitätswert / Bedeutung (Wetterland) |
|------------------|--------------------------|--|
| - | Keine Angabe | Default (wird nicht verwendet) |
| <leer> | Wert plausibel | Plausibilität gleich oder größer 2 (zwei oder mehr Sensoren sind sich einig) |
| # | Wert ungeprüft | Plausibilität 1 (alle Sensoren widersprechen sich), aber kein Ersatzwetter vorhanden |
| * | Wert nicht plausibel | Plausibilität kleiner 1 (i.d.R. Hilfssensoren widersprechen dem Hauptsensor), aber kein Ersatzwetter vorhanden |
| . | Wert als korrekt fixiert | wird nicht verwendet |
| 2 | Ersatzwert ungeprüft | wird nicht verwendet |
| E | Ersatzwert plausibel | Messwert hatte eine Plausibilität kleiner 2, Ersatzwert wurde durch eine DWD-Referenzstation bezogen |
| P | Vorhersagewert | Messwert hatte eine Plausibilität kleiner 2, Ersatzwert wurde aus Vorhersagewetter errechnet |

Für den Datenabruf ist ein ISIP-Account mit erweiterten Rechten notwendig. Neben den Wetterdaten können vor allem Ergebnisse von Entscheidungshilfen angezeigt werden. Die ortsbezogenen Entscheidungshilfen können mit der jeweiligen Wetterstation verknüpft werden. Plausible Wetterdaten der angebenen Stationen gehen jedoch auch in die von ISIP flächenhaft interpolierten Wetterdaten ein. In Abbildung 5 ist skizziert, wie die Übermittlung der Wetterdaten technisch gelöst wurde.

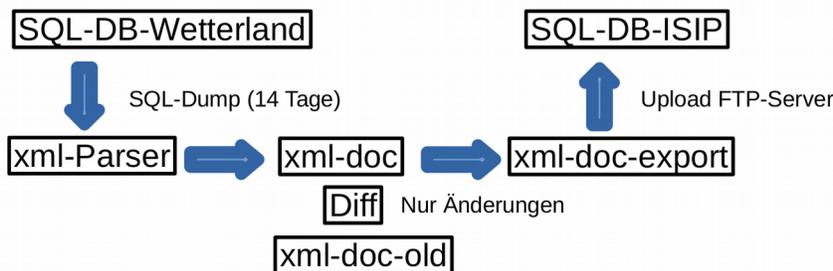


Abbildung 5: Technischen Schritte der Datenanbindung an ISIP. Zunächst fragt ein Parserdienst die Wetterdaten der letzten 14 Tage für alle Standorte aus der Datenbank ab und erzeugt ein XML - Dokument. Das Dokument wird mit der letzten Übertragung verglichen und es wird ein neues Dokument erzeugt, welches nur die Differenz (neue bzw. aktualisierte Daten) enthält. Dieses Dokument wird auf den FTP-Server von ISIP geladen und anschließend in die SQL-Datenbank von ISIP eingelesen.

Die Landwirte der OG können über ISIP auch direkten Zugriff auf die passwortgeschützten Informationen auf dem Online-Portal ISABEL (DWD) erhalten. Der DWD stellt eine umfassende Sammlung an agrarmeteorologischen Daten zur Verfügung. ISABEL unterstützt die Land- und Forstwirtschaft mit agrarmeteorologischen Informationen zur Förderung einer umwelt- und ressourcenschonenden Landbewirtschaftung.

ISIP Wetterdatenabruf

Wetterdatenauswertung

Wetter: Wetterdatenauswertung Niederschlagsradar

Wetterbasis: Wetterstation
 Ausgabeform: Datei im CSV-Format
 Gebiet: Deutschland - Schleswig-Holstein - Gebiet auswählen

Wetterstation: Leck (10022) Lübeck (10106) Osterfeld (Rendsburg) (A443) Pöhlshagen (10132) Schleswig (10035) Schleswig-Köpen (62001230)

Durch Halten der [Strg]-Taste bei Nichtzeitigen Anklicken können mehrere Leseinträge selektiert werden.

Auflösung: Stundenwerte Tageswerte Monatswerte

Betrachtungszeitraum: Beginn: Ende:

Die letzten: 5 Tage Monate

Tägliche Zuesendung um höchstmöglich 6.15 Uhr Zweite Zuesendung um keine zweite Zuesendung

Parameter auswählen

| Parameter | Mittel- bzw. Summenwert | | Maximum | Minimum |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| Blattbenetzung 20 cm [%] | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bodentemperatur 10 cm [°C] | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Globstrahlung [W/m²] | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Luftfeuchte [%] | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lufttemperatur 2 m [°C] | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Max. Windgeschwindigkeit 2.5 m [m/s] | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Niederschlag 50 cm [mm] | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Windgeschwindigkeit 2.5 m [m/s] | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Windrichtung 2.5 m [0-360] | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Abbildung 6: Screenshot des Wetterdatenabrufs unter www.isip.de.

d) Kosten für den Betrieb über die Projektlaufzeit hinaus

Auf dem Projekttreffen im März 2020 stellte Herr Dr. Ratjen eine Überschlagsrechnung über die Kosten in Bezug auf Errichtung und Unterhalt der Stationen vor. Die Datenauswertung und Weiterleitung, sowie die Erstellung von Ersatzwetter und Wetterprognosen kostet zwar nur ca. 20€ im Monat, allerdings müssen im langjährigen Dauerbetrieb auch Teile erneuert werden. Wenn man davon ausgeht, dass die verbaute Elektronik alle 7 Jahre komplett erneuert werden muss, so ergeben sich bei der derzeitigen Konfiguration Kosten von ca. 700 €/Jahr und Station. Aderdings können diese Kosten stark reduziert werden, wenn die Anzahl der zu erfassenden Parameter reduziert wird. Nicht berücksichtigt sind Kosten die bei der Wartung und der Installation am Standort entstehen.

Tabelle 3: Überslagsmäßige Kostenaufstellung für 2 Ausstattungsvarianten.

| | Basic € | Voll € | | Basic € | Voll € |
|--------------------------|---------|--------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Tripod | 185 | 185 | Schalts. Konfektionierung + Material | 350 | 450 |
| kl. Tripod | | | 101 Einrichten | 150 | 150 |
| Schaltschrank | 76 | 76 | Material + Einrichten € | 2329 | 3672 |
| Halterungen | 84 | 126 | Aufbau € | 500 | 650 |
| Befestigung | 35 | 50 | Erneuerung €/a | 193 | 348 |
| Wetterhütte | 100 | 100 | Datenverarbeitung €/a | 240 | 240 |
| Batterie + Kabel | 34 | 34 | Datenübertragung | 20 | 20 |
| Solarpanel + Kabel | 67 | 67 | | | |
| Sensorbäume | 168 | 168 | erste Jahr Einmalig € | 2829 | 4322 |
| Niederschlag (1) | 172 | 172 | inkl. MwSt | 3367 | 5143 |
| Temperatur & rel. LF (1) | 134 | 134 | Laufend €/a | 453 | 608 |
| Wind (1) | 42 | 42 | inkl. MwSt | 539 | 723 |
| Bodentemperatur (3) | | 50 | | | |
| Globalstrahlung (2+1) | | 437 | | | |
| Blattfeuchte (2+1) | | 429 | | | |
| Antennen | 60 | 60 | | | |
| Datenlogger | 672 | 840 | | | |

e) Abgeleitete Größen

Neben den Messwerten der Stationen werden, mit täglicher Auflösung, auch abgeleitete Größen bereitgestellt. Diese Größen wurden auf Grundlage der lokalen Wetterdaten errechnet. Hierzu wurde ein Simulationsmodell entwickelt, welches die potentielle Evapo-Transpiration unter Gras nach FAO-Standard^[1] berechnet. Der Boden-Wasserhaushalt wird in Anlehnung an DSSAT 4.0^[2] für verschiedene Bodenschichten simuliert. Die Bodentemperaturen werden analog zum EPIC-Modell^[3] berechnet. Derzeit wird für alle Standorte ein lehmiger Sandboden (S13) angenommen. Der Einfluss von Schneebedeckung auf Perkolation und Evaporation wird in Anlehnung an das Daisy-Modell^[5] aus Dänemark simuliert.

Folgende Ergebnisse der Simulation werden auf der Homepage dargestellt:



Abbildung 7: Bodentemperatur in 10cm Tiefe für den Standort Bothkamp: Simuliert (grün), aggregierte Stundenmesswerte (rote Linie mit Punkten), Meta-Vorhersage (orange).

1. **Bodentemperatur** in 10cm Tiefe [°C]. Wir simulieren die Bodentemperatur für bedeckten Boden (30 cm Grasnarbe), während der DWD die Bodentemperatur für unbewachsenen Boden rechnet (nicht dargestellt).

2. **Bodenfeuchte** in 10 cm Tiefe [% v/v] (Abbildung 8)

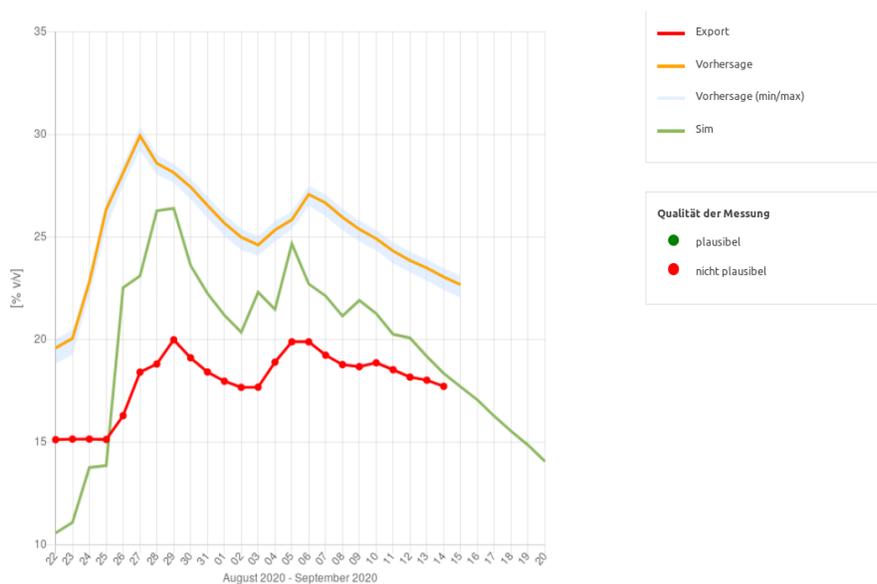


Abbildung 8: Die Variabilität des volumetrischen Wassergehalts scheint vom Rika-Sensor (rot) unterschätzt zu werden. Die Messbedingungen am Aufstellungsort sind allerdings auch nicht ideal.

3. Verfügbares Bodenwasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für die Schichten 0-30, 0-60, 0-90 [%]. Als Referenz dient der vom DWD simulierte nFK-Wert (Schicht 0-60cm siehe Abbildung 9) der nächstgelegenen DWD-Station. Als Bodenart ist hier ein sandiger Lehm angenommen. Zu beachten ist, dass das DWD-Modell keinen kapillaren Aufstieg von Bodenwasser aus tieferen Bodenschichten simuliert.

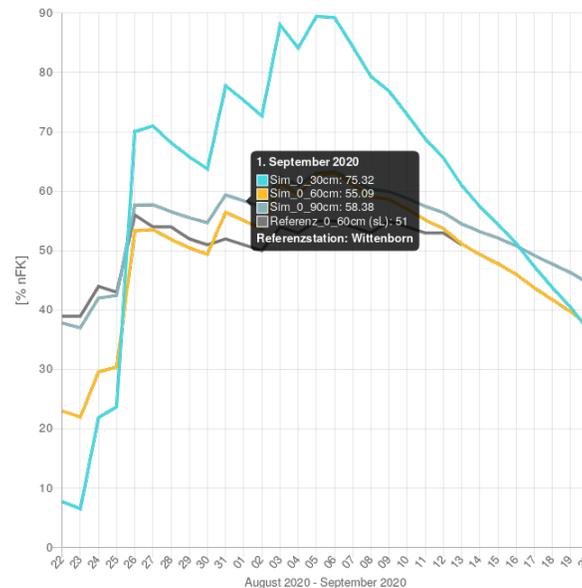


Abbildung 9: Pflanzenverfügbares Wasser in Prozent der nutzbaren Feldkapazität für verschiedene Bodenschichten. „Referenz_0_60“ ist der DWD- Simulationswert der nächstgelegenen Station, für einen sandigen Lehmboden.

4. Das Verhältnis von aktueller zu potentieller Transpiration. Dieser Quotient ist ein Trockenstressindikator, wobei der Trockenstress bei „0“ maximal ist, während bei „1“ die Blattverdunstung maximal ist.

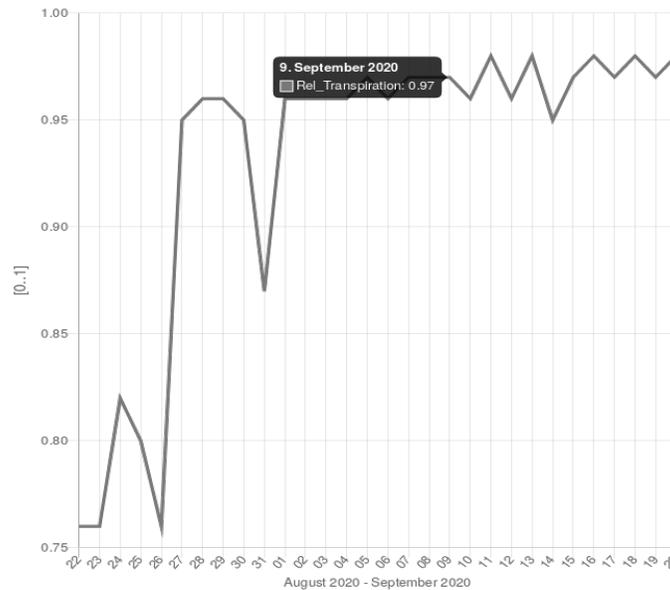


Abbildung 10: Das Verhältnis von aktueller zu potentieller Transpiration ist ein Maß für Trockenstress, wobei niedrige Werte einen hohen Trockenstress kennzeichnen.

5. Blattbenetzungsgrad (Simulation)

Da die Messung der Blattbenetzung schwierig und die Lebensdauer der Sensoren begrenzt ist, wurde ein Modell entwickelt um die Blattbenetzung aus den übrigen Witterungsparametern zu schätzen. Ein weiterer Grund für ein Simulationsmodell war, dass es keine Referenzwerte vom DWD für diesen Parameter gibt. Daher konnten bisher Datenlücken, die bei einer Störung entstehen, nicht geschlossen werden.

i. Datengrundlage und Datenaufbereitung: Für die Modellentwicklung standen nur Daten aus 2019 und 2020 zur Verfügung. Die meisten Standorte kamen erst im Laufe des Jahres 2020 dazu, sodass der Datensatz durch die Kammerstandorte (Futterkamp, Sönke-Nissen-Koog und Barlt) dominiert wurde.

Durch die Station als unplausibel gekennzeichnete Messwerte wurden aussortiert, ebenso wie Stunden mit Niederschlag. Ein weiteres Kriterium war das Vorhandensein eines plausiblen Messwerts in der vorangegangenen Stunde. Die erklärenden Variablen waren: Windgeschwindigkeit in 2.5m, rel. Luftfeuchte in 2m, Temperatur in 2m, sowie Globalstrahlung. Datenlücken in den erklärenden Variablen wurden durch DWD- oder Vorhersagewerte ersetzt. Aus diesen Größen wurde die Taupunkt-Unterschreitung (Differenz zwischen Lufttemperatur und Taupunkt) als Funktion von relativer Luftfeuchte und Temperatur, sowie das Sättigungsdefizit [Pa] der Luft abgeleitet. Im nächsten Schritt wurde das Modell von Gleason et al. (1994) herangezogen, um zwischen „feuchten“ und „trockenen“ Situationen zu differenzieren. Messwerte wurden als unplausibel verworfen, wenn die gemessene Blattfeuchte in feuchten Situationen unter 20 bzw. in trockenen Situationen über 20% lag. Die verbliebenen Daten dienen zur Parametrisierung des Modells. Für die abhängigen und erklärenden Variablen wurden zudem die Änderungsrate in der jeweiligen Stunde errechnet. Da die Änderungsrate der Blattfeuchte (Δl_w) nicht unabhängig vom ihrem Ausgangswert ($l_{w[t-1]}$) ist, wurde diese Größe normalisiert: $\Delta l_{w_{norm}} = (\Delta l_w - \Delta l_{w_{min}}) / (\Delta l_{w_{max}} - \Delta l_{w_{min}})$. Die Blattfeuchte kann zwischen 0 und 100% variieren. Wenn beispielsweise in der Stunde zuvor die Blattbenetzung bei 50% lag, dann hat auch

Δlw_{\max} diesen Wert, während der Wert von Δlw_{\min} -50% beträgt. Außerdem wurde in den Daten zwischen Tag und Nacht unterschieden, wobei eine Globalstrahlung von 50 W/m² als Schwellenwert angenommen wurde.

ii. Modellentwicklung: Der Absolutwert der Blattbenetzung (lw) wird zu einem Zeitpunkt (t) nicht nur von den erklärenden Variablen, sondern auch vom Ausgangswert ($lw[t-1]$) beeinflusst. Gleiches gilt für die erklärenden Variablen. Deshalb wurden zwei multiple Regressionsmodelle mit Interaktion aufgestellt. Das erste Modell (R1) ist ein Schätzer für die absolute Blattfeuchte und berücksichtigt die absoluten Werte der erklärenden Variablen der aktuellen Stunde. Das zweite Modell (R2) schätzt die Änderungsrate der Zielgröße als Funktion des Ausgangswerts und der Änderungsraten der erklärenden Variablen. Bei der Anwendung wurden diese beiden Modelle anschließend so verschränkt, dass zunächst die der Absolutwert (lw) für den Zeitpunkt $t-1$ errechnet wurde, wobei das Ergebnis mit in die Berechnung von der Änderungsrate (Δlw) eingeht. Die Blattfeuchte ergibt sich dann aus: $lw = lw[t-1] + \Delta lw[t]$. Die beiden Modelle R1 und R2 wurden sowohl für „Nacht“ als auch für „Tag“ parametrisiert, sodass insgesamt vier Modelle entstanden. Um das jeweils optimale Modell zu finden wurden zunächst alle Interaktionen zugelassen und das Modell dann schrittweise reduziert, wobei immer die Komponente mit der höchsten Irrtumswahrscheinlichkeit weggelassen wurde, bis nur noch signifikante Komponenten übrig blieben.

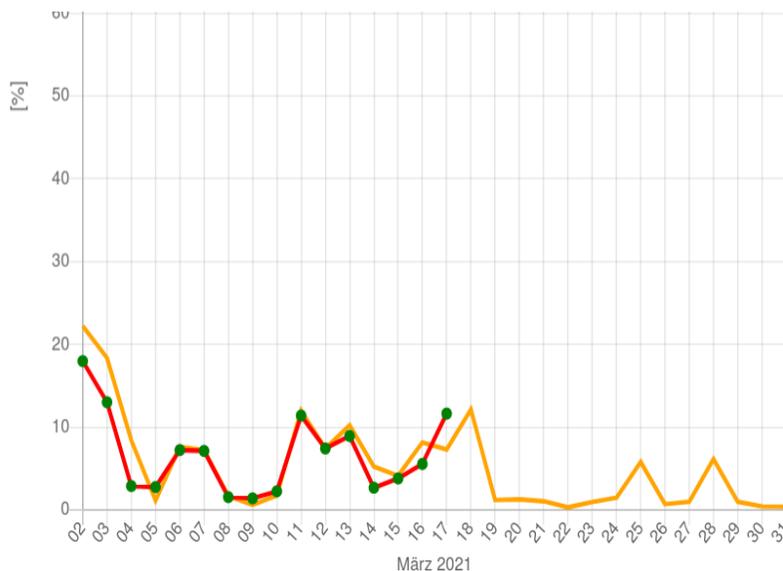


Abbildung 11: Tagesmittelwerte des Blattbenetzungsgrads am Standort Bothkamp, simuliert (orange) und gemessen (rot). Vorhersagewerte für Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Einstrahlung Wind und Temperatur dienen als Grundlage, um die Blattbenetzung zu prognostizieren.

Das Modell soll neu parametrisiert werden, wenn die Daten aus 2021 vorliegen.

f) Schätzung der standortbezogenen Bodentexturen

Um für alle Standorte realistische Bodenwassergehalte simulieren zu können, soll eine passende Bodentextur gewählt werden. Da in den meisten Fällen keine Körnungsanalyse für verschiedene Bodenschichten vorliegt, soll die Textur aus der Bodenwertzahl und einer groben Einordnung in verschiedene Bodengruppen (BG 1-4) abgeleitet werden:

BG1: Schluffreiche Böden (Uu, Ut2, Ut3, Ut4, Us)

→ Nutzbare Feldkapazität: 19 bis 28mm/dm

→ Diese Lössböden sind selten in Schleswig-Holstein

BG2: Lehmige bzw. schluffige Sande (Su2, Su3, Su4, Slu, Sl2, Sl3, Sl4, St2, St3, Ls2, Ls3, Ls4)

→ Nutzbare Feldkapazität: 10 bis 22 mm/dm

BG3: Ton- und Lehmböden (Tt, Tl, Tu2, Tu3, Tu4, Lt2, Lt3, Lts, Ts4, Ts3, Lu bei >25% T)

→ Nutzbare Feldkapazität: 11 bis 19 mm/dm

BG4: Sandböden (Ss, fS, mS, gS)

→ Nutzbare Feldkapazität: 7 bis 16 mm/dm

Da es eine enge Beziehung zwischen Bodenwertzahl und nutzbarer Feldkapazität gibt, kann aus der Bodenwertzahl und der Bodengruppe eine passende Bodentextur für das Bodenprofil geschätzt werden. Die Bodenkunde der Universität Gießen^[6] hat folgende Beziehung zwischen Bodenwertzahl und nutzbarer Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum (nFK_{dB} [mm]) gefunden:

$$BWZ = -101.7 + \ln(nFK_{dB}).$$

Diese Gleichung kann nach nFK_{dB} aufgelöst werden um näherungsweise die nutzbare Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum aus der Bodenwertzahl zu schätzen. Die nFK [cm³/cm³] kann aus den Retentionsparametern der jeweiligen Texturen hergeleitet werden^[8]. Um für die Bodentexturen eine möglichst gute Ausdifferenzierung in Bezug auf die nFK zu erhalten, wurden für einige Texturen Parameterwerte aus der Kartieranleitung^[4] und für andere Texturen Parameterwerte von der TU Berlin^[7] übernommen. Das Porenvolumen ist nicht nur für das Wasserhaltevermögen, sondern auch für den Gasaustausch im Boden entscheidend. Daher gibt es eine Beziehung von nutzbarer Feldkapazität (nFK) und effektivem Wurzelraum (EW). Für das Modell wurde eine nicht lineare Funktion angenommen, welche den Wurzelraum in Abhängigkeit von der nFK beschreibt: Die Funktion wurde so gewählt, das sich bei den reinen Sanden eine effektive Durchwurzelungstiefe von 40-60 cm, für sandigen Lehm (Sl3) 120 cm und für die Lössböden 185-200 cm ergibt (Abbildung 8).

g) Entfernung des Messortes und Repräsentativität zum Standort

Wenn sich in der Nähe zum Acker eine öffentliche Wetterstation befindet, ist der Mehrwert einer eignen Station natürlich geringer als wenn dies nicht der Fall wäre. Um abschätzen zu können, ob sich die Investition in eine hof-eigene Wetterstation lohnt, muss der Einfluss der Entfernung auf die Messgenauigkeit eingeschätzt werden können. Neben der Entfernung spielen natürlich auch andere Faktoren eine Rolle, wenn die nächstgelegene Station z.B. off-shore gelegen ist, dann ist der Bezug zum 10 km entfernt gelegenen Ackerschlag natürlich geringer, als wenn sich beide Standorte im gleichen Naturraum befinden. Wir wollen trotzdem den allgemeinen Einfluss der Entfernung auf die Repräsentanz der Wetterdaten für Schleswig-Holstein genauer untersuchen, um eine Faustzahl für die Planung von Aufstellungsorten geben zu können.

Datengrundlage und Auswertungsmethode

Als Datengrundlage wurden die Wetterdaten des EIP-Stationsnetzes und die DWD-Daten (<ftp://opendata.dwd.de>) für den Zeitraum 01.01.2018 bis 01.06.2021 ausgewertet. Die Rohdaten liegen in stündlicher Auflösung vor. Für die meisten Prognosemodelle und Entscheidungshilfen sind

Differenzen in dieser zeitlichen Auflösung jedoch nicht aussagekräftig. Daher wurden die absoluten Wochensummandifferenzen als Kriterium für die Bewertung gewählt. Zunächst wurden Tageswerte gebildet, wobei unvollständige Tage verworfen wurden. Anschließend wurden die Wochensummen gebildet, wobei wieder auf Vollständigkeit geprüft wurde und unvollständige Wochensummen verworfen wurden. Dann wurden die sphäroiden Distanzen zwischen allen verfügbaren Stationen in Schleswig-Holstein berechnet. Dazu wurde die Funktion „st_distance“ von PostGis verwendet. Distanzpaare mit einer Distanz von mehr als 100km wurden verworfen, weil angenommen wurde, dass der Einfluss der Entfernung auf die Messwertdifferenzen bei größeren Entfernungen nicht mehr signifikant ist. Die absolute Wochensummandifferenz (wsd_a) zwischen zwei Standorten ($loc1, loc2$) für einen Parameter (p) ergibt sich somit wie folgt:

$$wsd_a = \text{abs}(\text{sum}(p_{loc1}) - \text{sum}(p_{loc2})). \quad (1)$$

Anschließend wurde über die Distanzen arithmetisch gemittelt, sodass jeder Datenpunkt die mittlere absolute Abweichung bei gegebener Distanz repräsentiert.

Um den Einfluss der Entfernung zu beschreiben wurde eine quadratische Funktion mit Plateau an die Daten angepasst. Da die Differenz bei einer Distanz von null gleich „0“ ist ($loc1 = loc2$), wurde der Achsenschnittpunkt auf null gesetzt:

$$y = 0 + xb + x^2c \quad | \quad x < x_{\max} \quad \text{bzw.} \quad (2)$$

$$y = 0 + x_{\max}b + x_{\max}^2c \quad | \quad x \geq x_{\max}, \quad \text{wobei}$$

$$x_{\max} = -b/(2*c).$$

Wenn die Entfernung (x) den Wert x_{\max} überschreitet, ist die mittlere Abweichungen der Messwerte maximal bzw. eine Erhöhung der Distanz hat im Mittel keinen signifikanten Einfluss mehr, da dieser Einfluss durch andere Faktoren überlagert wird.

Als plausible Zielvorgabe zur Ermittlung der Zieldistanz (x_t) wurde definiert, dass die mittlere Abweichung um 2/3 gegenüber der maximalen (mittleren) Abweichung reduziert werden soll:

$$x_t = (\text{sqrt}(4*c*(y_p*0.33)+b^2)-b)/(2*c), \quad \text{wobei} \quad (3)$$

das Niveau des Plateaus (y_p) sich wie folgt ergibt:

$$y_p = 0 + b*[-b/(2*c)] + c*[-b/(2*c)]^2. \quad (4)$$

Der Modellfehler (RMSE) ist ein Maß für andere lokale Einflussfaktoren die von der Entfernung unabhängig sind. Um diesen Wert vergleichbar zu machen wurde er in Bezug zum Niveau des Plateaus gesetzt:

$$rRMSE = RMSE / y_p. \quad (5)$$

Diskussion der Ergebnisse

In Tabelle 4 ist zu sehen, dass der Abstand zur nächstgelegenen Wetterstation im Mittel über alle untersuchten Parameter nicht größer als 13.78 km sein sollte, damit die Zielgröße (siehe oben) eingehalten werden kann. Allerdings variiert dieser Wert stark zwischen den Witterungsparameter (<9 bis >20 km): Die relative Luftfeuchtigkeit ist besonders kleinräumig (8.59), während die Maximaltemperatur sehr großräumig ist (20.23). Während die Abweichungen beim Niederschlag vergleichsweise stark von der Entfernung abhängen (rRMSE: 19%), ist der Bezug bei der Windgeschwindigkeit geringer (rRMSE: 60%). Hier spielt der Einfluss von Bewuchs, Bebauung und Entfernung zur Küste vermutlich eine größere Rolle.

Bei der Globalstrahlung ist die Wochensummendifferenz im Mittel auch bei großer Entfernung vergleichsweise gering (Plateau ~ 60 W/m²). **Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Flächenabdeckung der Parametern rel. Luftfeuchtigkeit und Niederschlag im Abstand von 10 - 15km für die Landwirtschaft wünschenswert ist. Diese Parameter sind nicht nur besonders bedeutend für die Prognose von Krankheiten und Erträgen, sondern auch sehr kleinräumig. Außerdem hat die Entfernung bei diesen Parametern einen starken Einfluß auf die Messgenauigkeit.**

Tabelle 4: Statistische Maßzahlen für unterschiedliche Witterungsparameter zur Beurteilung der Entfernung zur nächstgelegenen Wetterstation. Die Distanz gibt die Entfernung an, die unterschritten werden muss, damit der distanz-abhängige Messwertdifferenz zum eigenen Standort um 2/3 gegenüber einer weit entfernten Station reduziert ist. Die Fit-Parameter ‚b‘ (Steigung) und ‚c‘ (quadratisches Glied) definieren das Quadrat-Plateau Modell, welches den Einfluss der Entfernung beschreibt. Der relative Modellfehler (Root Mean Square Error) ergibt sich aus dem absoluten Modellfehler bezogen auf das Niveau des Plateaus. Dieser Wert (rRMSE) zeigt an wie groß der Einfluss von anderen lokalen Faktoren ist, die unabhängig von der Entfernung sind. Datengrundlage: Jan 2018 bis Mai 2021. Mit ‚n‘ ist die Anzahl der „Stationspaare“ (Distanzen) angegeben.

| Name | Distanz in km | b | c | rRMSE | n |
|-----------------------|---------------|--------|---------|------------|------|
| Globalstrahlung | 12.45 | 1.8779 | -0.0137 | 36% | 117 |
| rel. Luftfeuchtigkeit | 8.59 | 0.9585 | -0.0101 | 39% | 717 |
| Niederschlag | 14.39 | 0.1647 | -0.001 | 19% | 1008 |
| Temperatur | 11.88 | 0.126 | -0.001 | 32% | 717 |
| Temperatur (min) | 11.47 | 0.2256 | -0.0018 | 45% | 717 |
| Temperatur (max) | 20.23 | 0.1053 | -0.0005 | 31% | 717 |
| Windgeschwindigkeit | 17.48 | 0.1927 | -0.001 | 60% | 517 |
| Mittel | 13.78 | | | 38% | |

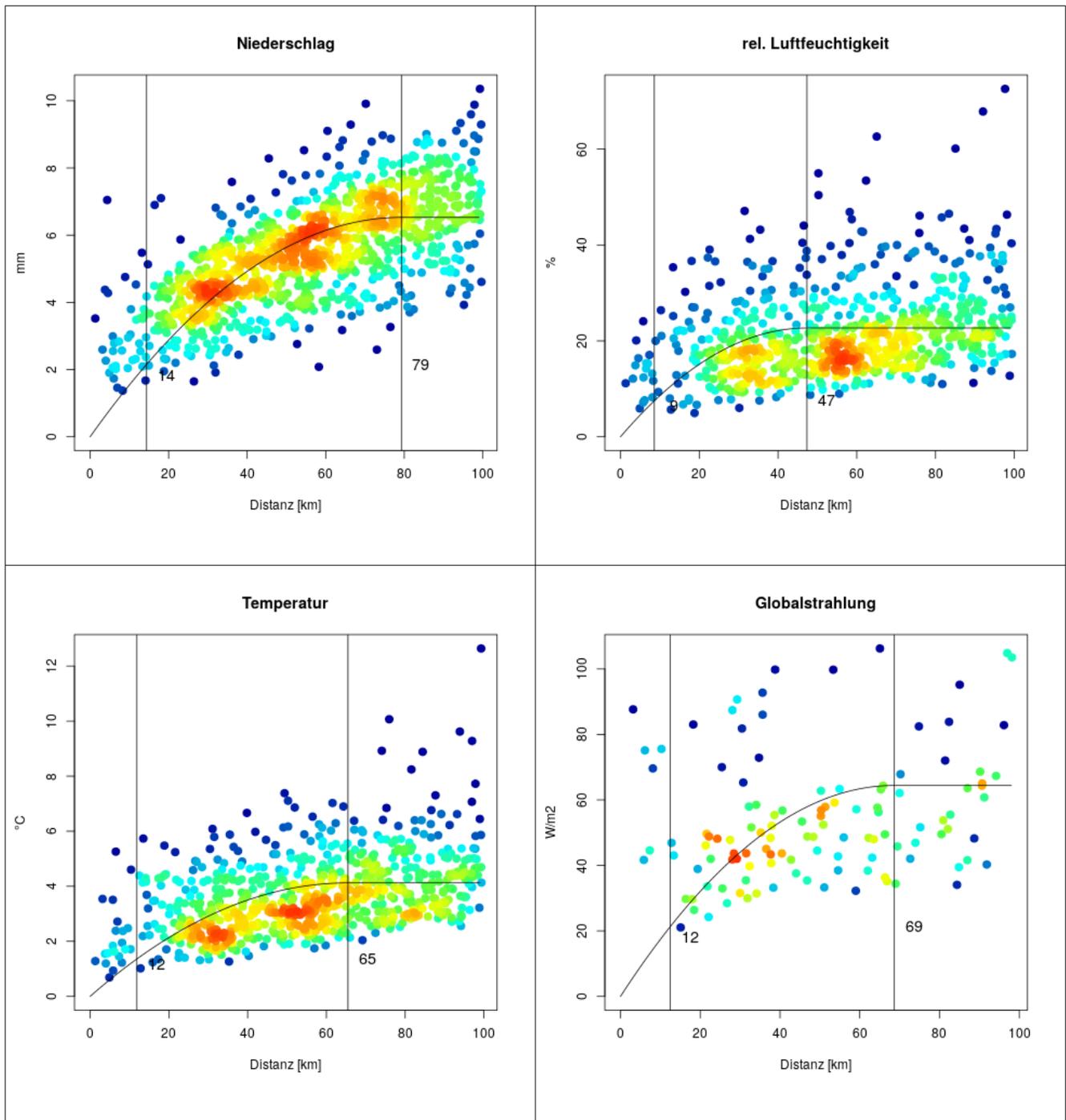


Abbildung 12: Mittlere absolute Wochensummindifferenz zwischen zwei Stationen in Abhängigkeit von ihrer Distanz. Der rechte vertikale Balken markiert das Plateau einer Quadrat-Plateau Funktion. Ab dieser Entfernung ist der Einfluss der Distanz auf die Differenz nicht mehr dominierend. Der linke Balken markiert die Entfernung, die unterschritten werden muss, um die Differenz auf unter 1/3 des „Maximalwerts“ (Plateau) zu begrenzen. Eine hohe Streuung (siehe Tabelle) zeigt an, dass neben der Entfernung noch weitere lokale Faktoren eine Rolle spielen.

4. Öffentlichkeitsarbeit

Der Zustand des Messnetzes sowie die Wetterdaten selbst, werden fortlaufend auf der EIP-Homepage (wetter.eip-agrar-sh.de) dargestellt. Die Homepage wurde durch die Firma WetterLand weiterentwickelt.

Workshops

Im Juni 2018 veranstaltete das EIP-Büro in Rendsburg eine Schulung zum Thema „EIP-Projekte -Abrechnung und Verwaltung“. Aus dem Projekt OnFarm-Wetter haben Herr Dr. Ratjen und Herr Petersen teilgenommen. Die lebhaften Diskussionen der TeilnehmerInnen mit den Kollegen der GM.SH und des MELUND, Herrn Gülaydin und Herrn Schwabe, haben Ihren konkreten Informationsbedarf gezeigt und zu einer lebendigen Veranstaltung beigetragen.

Am 31.08.2018 fand das 4. EIP-Forum im Rahmen der Norla im Foye der Landwirtschaftskammer SH in Rendsburg statt. Herr Dr. Ratjen hat anlässlich der Veranstaltung ein Poster entworfen und zusammen mit Herrn Petersen das Projekt auf dem Forum vertreten. Es gab lebhaft Diskussions mit den Repräsentanten anderer Projekte. Insbesondere mit dem Projekt TreckDatMol gab es lebhaft Diskussions und es wurde vereinbart, das eine Schnittstelle für OnFarm-Wetter in der zu entwickelnden Telemetriebox geschaffen werden soll.

Am 28. Februar 2019 veranstaltete das EIP-Büro in Rendsburg ein Netzwerktreffen zum Thema „Kommunikation und Netzwerkarbeit in EIP-Projekten in Schleswig-Holstein“. Aus dem Projekt OnFarm-Wetter haben Herr Dr. Müller, Herr Dr. Ratjen und Herr Hacke teilgenommen. Bei dem Treffen ging es auch um zielgruppen-gerechte Presstexte. Die lebhaften Diskussionen der TeilnehmerInnen mit den Kollegen aus anderen Projekten haben zu einer lebendigen Veranstaltung beigetragen. Prof. Dr. Stephan Hußmann (Projekt Digitalisierung im Bioanbau) und Herr Dr. Ratjen haben sich am Rande der Veranstaltung über Konfektionierung und Verdrahtung ausgetauscht. Mit Jan Henrik Ferdinand wurde über die Bedeutung von Wetterdaten für die Digitalisierung der Landwirtschaft gesprochen.

Am 06. September 2019 hat Herr Dr. Ratjen das Projekt im Rahmen eines Vortrags auf der Landwirtschaftsmesse „NORLA“ in Rendsburg vorstellen. Für die Messe wurde auch ein Poster entworfen.

Am 12. März veranstaltete das EIP-Büro im Haus der Natur in Warder ein EIP- Vernetzungstreffen mit Methodentraining. Aus dem Projekt OnFarm-Wetter haben Herr Dr. Ratjen und Herr Petersen teilgenommen. Einige Methoden sind für die Selbstevaluierung der OG hilfreich und sollen evtl. auf dem nächsten Projekttreffen ausprobiert werden. Zwischen den Mitgliedern der verschiedenen OGs gab es regen Austausch. Mit Prof. Reckleben (Projekt TreckDatMol) wurde über Möglichkeiten der Datenübertragung gesprochen. Im Speziellen ging es um die LoRa Alliance und die geo-konzept Gesellschaft für Umweltplanungssysteme mbH als alternative Bezugsquelle für SIM-Karten.

Leider wurde der vierte bundesweite Workshop für Operationelle Gruppen und Innovationsdienstleister " EIP-Agri: Wie kann der Ergebnis- und Praxistransfer gelingen?" absagt. Der Workshop sollte am 25. und 26. März 2020 in Kassel stattfinden. Die Absage geschah auf Grundlage einer Entscheidung der DVS, Veranstaltungen wegen COVID 19 abzusagen. Für den Workshop wurde ein Poster erstellt.

Am 28.04.2021 fand das EIP-Forum und Netzwerktreffen in Schleswig-Holstein als Online-Veranstaltung statt. Herr Dr. Ratjen hat das Projekt OnFarm Wetter vertreten.

Rundbriefe

Es wurden drei Rundbriefe mit aktuellen Inhalten an die OG-Mitglieder verschickt.

Artikel

- Ratjen A. M., Müller M. (2020): „Neuigkeiten aus dem Projekt OnFarmWetter – Messnetz zur Hälfte errichtet“ Bauernblatt Ausgabe 11.Juli, 32-33.
- Ratjen A. M., Hirschberg L., v. Bothmer K.-F. (2019): “Ergebnisse der Zukunftswerkstatt Pflanzenbau Schleswig-Holstein, Teil 7 - Zwei Seiten der Digitalisierung“ Bauernblatt 25, 14-15.
- Müller, M., Ratjen A. M., (2019): "Lokale Wetterdaten für digitale Entscheidungshilfen" Bauernblatt 06, 28.

5. Ergebnisverwertung

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie wurden Innovationen, welche bisher nur als Versuchsaufbau existierten, erprobt. Insbesondere die Schnittstelle zwischen Anwender und Technik für eine Reibungslose Integration in die Betriebsabläufe sowie der Austausch von Informationen wurden ausgestaltet. Das IP vereinte Vertreter aller relevanten Akteure aus dem Bereich Agrar-Entscheidungshilfen. Das Projekt hat schon jetzt überregional großes Interesse geweckt, da es grundsätzliche Probleme bei der OnFarm Wetterdatenerfassung angeht. Das IP verbessert die Datenbasis für prozessorientierte Innovationen im Bereich Precision-Farming. Die Datenauswertung in Bezug auf die Kleinräumigkeit einzelner Witterungsparameter kann helfen Aufstellungsorte und die zu erhebenden Parameter für ein zukünftiges agrar-meteorologisches Messnetz in Schleswig-Holstein zu planen. Mit dem Demonstrationsnetz konnte bewiesen werden, dass eine sichere Erfassung von Wetterdaten auf landwirtschaftlichen Betrieben möglich ist. Obwohl der konzeptionelle Beweis erbracht wurde, ist die technische Entwicklung noch nicht abgeschlossen. Das Projekt hat jedoch in Bezug auf die Innovation Maßstäbe gesetzt. Es wäre wünschenswert und ist zu erwarten, dass die redundante Messung von Witterungsparametern und die hieraus abgeleitete Plausibilitätsbewertung sich zum neuen Standard entwickeln wird.

6. Wirkung des Projektes

Im Rahmen der Digitalisierung fließen wissenschaftliche Erkenntnisse zunehmend über Entscheidungshilfen und Prognoseverfahren in die landwirtschaftliche Praxis ein. Dadurch können Pflanzenschutzmittel und Dünger effizienter eingesetzt werden. Im Innovationsprojekt werden diese Technologien auf Grundlage lokaler Witterungsdaten deutlich effizienter angewendet als derzeit möglich. Das IP fördert dadurch die Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in der landwirtschaftlichen Praxis. Dadurch kann die Produktivität trotz vermindertem Faktoreinsatz (PSM, Dünger) gesteigert bzw. erhalten werden. Durch verminderten PSM-Einsatz wird die Belastung von Nahrungs- und Futtermitteln minimiert. Das Projekt hat nicht zuletzt durch die Zusammenarbeit mit I.S.I.P. e.V. über Schleswig-Holstein hinaus Aufmerksamkeit erregt.

7. Zusammenarbeit in der operationellen Gruppe

Die Landwirte haben sich aktiv in die Planung und Umsetzung des Projektvorhabens eingebracht. Auch die Zusammenarbeit mit I.S.I.P. e.V. lief sehr gut. Leider konnte die Datenanbindung an die IPS-Weizen (CAU) nicht erfolgen, da auf Seiten der CAU keine Kapazitäten zur Verfügung standen. Aufgrund der COVID-Maßnahmen fielen die letzten Projekttreffen aus und dies beeinträchtigte die Koordination des Projekts.

8. Verwendung der Zuwendung

a) Auflistung der wichtigsten Ausgabenpositionen

Tabelle 5: Laufende Ausgaben der Zusammenarbeit der OG in €

| | Budget | Abgerufene Mittel | Verbleibende Mittel |
|--|------------------|-------------------|---------------------|
| Personalausgaben für den/die Leiter bzw. die MA einer OG | I | | |
| | 18,360.00 | 19,512.52 | -1,152.52 |
| Verwaltungspauschale in Höhe von 15% der zuwendungsfähigen Pers.-Ausgaben für 5.1.1 | II | | |
| | 2,755.00 | 2,926.88 | -171.88 |
| | | | |
| Ausgaben für Öffentlichkeitsarbeit der gesamten OG einschließlich Veranstaltungsausgaben | III | | |
| | 8,000.00 | 5,904.30 | 2,095.70 |
| | | | |
| Zwischensumme 1 | 29,115.00 | 28,343.70 | 771.30 |

Tabelle 6: Ausgaben für die Durchführung des Innovationsprojektes in €

| | Budget | Abgerufene Mittel | Verbleibende Mittel |
|--|-------------------|-------------------|---------------------|
| Personalausgaben, soweit sie in unmittelbarem Zusammenhang mit der Durchführung des Projektes entstanden und nachgewiesen sind (auch Dienstleiter) | IV | | |
| | 208,400.00 | 238,231.48 | -29,831.48 |
| <hr/> | | | |
| Ausgaben für die Arbeit von Forschern im Kontext des Innovationsprojektes, Untersuchungen, Analysen und Tests, einschließlich Nutzungskosten für Maschinen und Geräte soweit sie für das Innovationsprojekt beschafft werden | V | | |
| | 70,000.00 | 54,705.90 | 15,294.10 |
| <hr/> | | | |
| Ausgaben für Aufwandsentschädigungen und Nutzungskosten, die landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Unternehmen der Urproduktion bei der Umsetzung von Innovationsprojekten auf einzelbetrieblicher Ebene entstanden und nachgewiesen sind | VI | | |
| | 12,000.00 | 1,687.12 | 10,312.88 |
| <hr/> | | | |
| Reisekosten der Projektpartner | VII | | |
| | 3,000.00 | 88.20 | 2,911.80 |
| <hr/> | | | |
| Ausgaben für Material, Bedarfsmittel und dergleichen | VIII | | |
| | 3,000.00 | 2,009.79 | 990.21 |
| <hr/> | | | |
| Innovative Investitionsausgaben für Maschinen, Instrumente und Ausrüstungsgegenstände einschl. der dafür erforderlichen baulichen Anlagen | | | |
| Zwischensumme 2 | 296,400.00 | 296,722.49 | -322.49 |

Tabelle 7: Zusammenfassung des Budgets sowie der abgerufenen und verbleibenden Mittel

| | Budget | Abgerufene Mittel | Verbleibende Mittel |
|------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Zwischensumme 1 | 29,115.00 | 28,343.70 | 771.30 |
| Zwischensumme 2 | 296,400.00 | 296,722.49 | -322.49 |
| Insgesamt | 325,515.00 | 325,066.19 | 448.81 |

b) Angaben zur weiteren Nutzung von geförderten Investitionsgütern

In dem EIP Projekt OnFarm Wetter sind Wetterstationsprototypen entwickelt worden, die an unterschiedlichen Standorten in Schleswig-Holstein bei Landwirten oder auf den Versuchsstationen der Landwirtschaftskammer aufgestellt wurden. Für den Bau der Prototypen der Wetterstationen wurden insgesamt nur geringwertige Wirtschaftsgüter verwendet, die steuerrechtlich im Projektzeitraum abgeschrieben wurden. Da die Wetterstationen Prototypen darstellen, stellen sie kein Wirtschaftsgut im steuerlichen Sinne dar. Damit stellen die Wetterstationen zum Projektende auch keinen wirtschaftlichen

Gegenwert dar. Die Wetterstationen verbleiben nach dem Projektende bis auf weiteres an den bisherigen Standorten und werden dort von den jeweiligen bisherigen Projektpartnern und Mitgliedern der operationellen Gruppe unterhalten. Im Sinne des ursprünglichen Projektgedankens bleibt die öffentliche Verfügbarkeit der durch die Wetterstationen erhobenen Witterungsparameter erhalten. Die Wetterdaten werden weiterhin über die EIP Homepage „<http://wetter.eip-agrar-sh.de/>“ öffentlich sowie über ISIP für die Officialberatung der Landwirtschaftskammer im Sinne der Integrierten Pflanzenbauberatung verfügbar bleiben. Daraus ergibt sich für keinen der Beteiligten ein wirtschaftlicher Vorteil.

Darüber hinaus ist die Landwirtschaftskammer als Leadpartner bestrebt, die Projektidee eines landesweiten Agrarmeteorologischen Wettermeßnetzes, welches wegen der sehr geringen Wetterstationsdichte in Schleswig-Holstein dringend benötigt wird, am Leben zu halten. Dazu wurde bereits mit dem Landwirtschaftsminister Herrn Albrecht über die Präsidentin der Landwirtschaftskammer Frau Volquardsen Kontakt aufgenommen, um zu beratschlagen, wie ein landesweites ausreichend repräsentatives Agrarmeteorologischen Wettermeßnetzes über ein möglicherweise landeseigenes Wetterstationsnetz aufgebaut werden kann. In diesem Gedanken könnten dann die bisherigen Stationen ihre weitere Verwendung finden und im Sinne des ursprünglichen Projektgedankens innovativen Nutzen bringen. Folgende Stationen wurden im Zuge des Projektes erstellt und befanden sich zum 31. Mai 2021 an folgenden GSP Koordinaten:

| Stationsname | lat | lon | Stationsname | lat | lon |
|----------------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|
| Kaltenkirchen | 53,8478 | 9,9693 | Gut Horst | 54,153 | 10,2546 |
| Bebensee | 53,8804 | 10,296 | Bothkamp | 54,1719 | 10,1347 |
| Hagen | 53,9546 | 9,8278 | Gut Rixdorf | 54,2116 | 10,4234 |
| Rohlstorf | 53,9615 | 10,3706 | Futterkamp | 54,2919 | 10,6337 |
| Gut Wensin | 53,9822 | 10,4035 | Brandenhorst | 54,416 | 9,78612 |
| Hardebek | 54,0021 | 9,8751 | Loit | 54,6118 | 9,6994 |
| Sarlhusen | 54,0165 | 9,7894 | Grünholz | 54,5791 | 9,952 |
| Barlt | 54,0176 | 9,02154 | Sönke-Nissen-Koog | 54,6352 | 8,86976 |
| Wischhoff | 54,0938 | 10,6119 | | | |

9. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Projektpartner haben bewiesen, dass eine interne Plausibilitätsprüfung von Wetterdaten möglich und praktikabel ist. Dadurch kann die Wartung der Anlagen zielgerichteter und kostengünstiger erfolgen. Außerdem gelangen keine falschen Wetterdaten in den Datenbestand. Dies ist ein wichtiger Meilenstein der Agrar-Meteorologie, denn auf diese Weise können Wetterstationen auch auf landwirtschaftlichen Betrieben sicher betrieben werden. Damit wurden die wesentlichen Projektziele erreicht. Durch die Datenanalyse konnten wichtige Faustzahlen erhoben werden, die bei der Planung von zukünftigen Standorten helfen können. Leider konnte eine Weiterleitung der Daten an IPS-Weizen bisher nicht erfolgen, da hierfür auf Seiten der CAU keine Kapazitäten zur Verfügung standen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die meisten Landwirte mit dem Aufstellen der Stationen (Standortwahl, Montage) überfordert sind. Gleiches gilt für Wartungsarbeiten, die über das einfache Reinigen hinaus gehen. Dafür bedarf es einer professionellen Begleitung.

Ein OG-Mitglied hat seinen Betrieb zwischenzeitlich stillgelegt und benötigt die Station nicht mehr. Diese Station wurde auf dem Versuchsstandort Loit aufgestellt. Die Station Hardebek soll an einen anderen Standort versetzt werden, da in unmittelbarer Nähe eine DWD-Station errichtet worden ist. Das Messnetz soll durch die OG über die Projektlaufzeit hinaus erhalten werden. Die Entwicklung einer WEB-API zur Datenübertragung macht gute Fortschritte und kann vermutlich noch vor Jahresende in Betrieb genommen werden. Dadurch wäre ein kürzeres Übertragungsintervall möglich. Außerdem wird die Datenübertragung zuverlässiger, da kein VPN-Tunnel errichtet werden muss.

Es werden Industrie-Partner gesucht, um aus den erarbeiteten Lösungen marktfähige Produkte zu entwickeln.

10. Quellen:

[1]: Allen, R.G.; Walter, I.A.; Elliott, R.; Howell, T.; Itenfisu, D.; Jensen, M, (2005): The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers; siehe ebenso VDI 3786 Blatt 21

[2]: Jones, J.W., G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijsman, and J.T. Ritchie. 2003. DSSAT Cropping System Model. European Journal of Agronomy 18:235-265.

[3]: Williams, J.R., (1989): EPIC: the Erosion-Productivity Impact Calculator. USDA, ARS, Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Temple, TX

[4]: Bodenkundliche Kartieranleitung. KA5 Hrsg. von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten

[5]: Abrahamsen P., Hansen, S., (2000). Daisy: an open soil-crop-atmosphere system model. Environmental Modelling & Software, 15(3): 313-330.

[6]: Harrach (2008): Vortrags- und Exkursionstagung zur Bodenschätzung AG Bodenschätzung und Bodenbewertung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Thür. Landesfinanzdirektion, Thür. Landesanstalt für Umwelt und Geologie 11.–12.09.2008 in Weimar Berichte der DBG, <http://www.dbges.de>

[7] Manfred RENGGER, Klaus BOHNE, Gerd WESSOLEK: Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis, Teil II, ISBN 978-3-9816573-0-2 Heft 43

[8] van Genuchten M. Th. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Am. J. 44, 892-898.