

# Wetterstationen III

Klaus Baese

August 2002

### **Wetterstationen III**

Die Arbeit von Dr. Rasmus Thamsen von 1993 wurde 1997 von Dr. Harald v. Keiser völlig neu überarbeitet und 2002 von Klaus Baese den jüngsten technischen und agrarpolitischen Gegebenheiten angepasst.

Dipl.-Meteorologe Klaus Baese ist Leiter der Niederlassung Schleswig des Deutschen Wetterdienstes, Regenpfeiferweg 9, 24837 Schleswig, Tel. 04621-9511-12, Fax: 04621-9511-14,

e-mail: [klaus.baese@dwd.de](mailto:klaus.baese@dwd.de).

<b>Gliederung</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>85</b>
<b>2. Technik</b>	<b>87</b>
2.1 Sensoren	89
2.1.1 Temperatur	91
2.1.2 Niederschlag, Niederschlagsdauer	92
2.1.3 Luftfeuchte	93
2.1.4 Blattnässe, Spezialsensoren	94
2.1.5 Sonnenstrahlung	95
2.1.6 Wind	96
2.1.7 Bodenfeuchte	96
2.2 Datalogger (Messwerverfassung /-speicherung)	97
2.3 PC und Software zur Datenauswertung	99
2.4 Wartung und Pflege	100
<b>3. Aufstellung und Standortwahl</b>	<b>101</b>
<b>4. Einsatzmöglichkeiten</b>	<b>103</b>
4.1 Wetterdokumentation	103
4.2 Schaderregerprognosen	104
4.3 Düngungsmodelle	108
4.4 Bewässerungsprognose	109
4.5 Ernteprognose	109
<b>5. Wirtschaftlichkeit</b>	<b>109</b>
<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>111</b>
<b>7. Herstellerverzeichnis</b>	<b>112</b>
<b>8. Literatur</b>	<b>118</b>

## **1. Einleitung**

Von der Aussaat bis zur Ernte bestimmt das Wetter den Arbeitsablauf in der Landwirtschaft. Ein ganzjähriger Betrieb ist aus den unterschiedlichsten Erwägungen anzustreben, ja erforderlich. Die bekannten Bauernregeln machen deutlich, wie man bereits in früheren Zeiten versuchte, das Wettergeschehen zu beschreiben. Der Landwirt versuchte einerseits, die Wirkung des vorangegangenen Witterungsgeschehens einzuschätzen und andererseits eine Vorhersage des kommenden Wetters abzuleiten. Heute kann man sich exakter Messmethoden zu Beschreibung des Wetters bedienen und mit Hilfe komplizierter Auswertungen des Witterungsverlaufs auf den Entwicklungsstand der Kulturen schließen. Droht eine Epidemie mit Echtem Mehltau, mit der Pfirsichblattlaus oder mit Getreideblattläusen? Wie groß ist die Infektionsgefahr von Cercospora in Rüben

oder wann ist in meinem Bestand der optimale Bekämpfungszeitpunkt für *Septoria tritici*? Nicht nur Wachstum und Ertrag der Kulturen werden maßgeblich durch die Witterung bestimmt, auch tierische und pilzliche Schaderreger entwickeln sich mit der Gunst des Wetters oder werden durch ungünstige Witterung gehemmt. Nicht erst beim Sichtbarwerden der Krankheit, sondern schon von Anbeginn der Inkubationszeit möchte der Landwirt auf die Gefahr aufmerksam gemacht werden. Nur so kann der Krankheits- oder Befallsverlauf kontrolliert werden. Reicht es aber, sich auf die Wetteraussagen entfernt liegender amtlicher Wetterstationen zu verlassen oder ist es unerlässlich, zusätzlich auch auf dem eigenen Betrieb, in den eigenen Kulturflächen Witterungsdaten zu erheben? Dabei zeichnen sich in all diesen Fragen unter den landwirtschaftlichen Betrieben besonders ökologisch geführte Betriebe und Betriebe mit Spezialkulturen durch eine größere Witterungssensibilität aus. Dieser Dokumentationsnachweis würde sogar noch erheblich gesteigert, wenn die Wetterstation eines Betriebes zwar jeweils unabhängig voneinander aber im Verbund mit anderen Betrieben geführt wird und so ein intensiver gegenseitiger Datenaustausch besteht.

*Wer im eigenen Bestand das Wetter misst, weiß mehr und kann sich qualifiziert entscheiden.*

Die Erfahrung vieler Landwirte zeigt, dass das amtliche Wettermessnetz des Deutschen Wetterdienstes oder die Ländermessnetze des Pflanzenschutzdienstes einen guten Anhalt über den Ablauf der Witterung bieten, doch sie spiegeln bei weitem nicht die Bedingungen in der engeren Region des landwirtschaftlichen Betriebs wieder. Allein die allgemein bekannte Tatsache, dass Regen örtlich sehr begrenzt und unterschiedlich fallen kann, zwingt jeden landwirtschaftlichen Betrieb, seine Kulturen genauer zu kontrollieren. Bereits geringe unterschiedliche Bedingungen bei der Luftfeuchte oder der Temperatur lassen örtlich recht markante Unterschiede im Infektionsverhalten spezifischer Pflanzenkrankheiten hervortreten. Das eigene Messen des engeren regionalen, den Betrieb und die Kulturen bestimmenden Wetters bzw. Witterungsverlaufs ist also nahezu unerlässlich. Da auch im Winter die Kulturen in ihrer Winterruhe maßgeblich durch die Witterung beeinträchtigt werden und bereits im frühesten Frühjahr erste Maßnahmen in den Kulturen den winterlichen Witterungsverlauf berücksichtigen müssen, sollte das Wetter über das ganze Jahr durchgängig gemessen werden. Zur Beurteilung von Witterungsgunst oder Anbaubeschränkungen durch Witterungsfaktoren ist es sogar sehr sinnvoll, über einen längeren Zeitraum von vielen Jahren eigene Messungen durchzuführen.

Für den Landwirt stellt sich die Frage, welche Daten benötigt und wie die aufbereiteten Daten für die Betriebsführung verwertet werden können. Für eine agrarmeteorologisch sinnvolle Wetterbeschreibung sind unterschiedlichste Messsensoren erforderlich, die eine

enorme Datenfülle liefern. Erst die elektronische Datenverarbeitung macht diese Datenflut beherrschbar. Theoretisch sind viele Einsatzbereiche denkbar: Welches Klima herrscht auf den unterschiedlichen Parzellen und welche Anbaumöglichkeiten bzw. Anbau Risiken ergeben sich daraus? Fördern bestimmte klimatische Verhältnisse besondere Pflanzenkrankheiten? Wie stark etwa ist das Auswuchsrisiko einzuschätzen? Welche Stickstoffverluste müssen für die letzte Güllegabe kalkuliert werden? Reichen Bodentemperaturen oder Bodenfeuchte für einen zügigen, gleichmäßigen Saataufgang?

Die Erfassung des aktuellen Wetters und der abgelaufenen Witterung ist durch automatisch registrierende agrarmeteorologische Wettermessstationen möglich. Eine qualifizierte Wettervorhersage können diese Wetterstationen jedoch nicht liefern, da der stochastische Prozess der Wetterentstehung zu komplex ist. Da sich die Kulturen, aber auch deren tierische und pilzliche Schaderreger mit dem lokalen Wetter und meist im Bestand selbst entwickeln, lässt sich aus den Wetteraufzeichnungen vielfach eine Prognose des phänologischen Entwicklungsfortschritts der Kultur selbst, aber auch das Auftreten bestimmter Schaderreger ermitteln. Eine einfache Aufzeichnung von Wetterdaten reicht also nicht aus. Die Daten sollten auch übersichtlich dargestellt und vor allem auf ihre Aussagekraft hin ausgewertet werden. Die Datenverarbeitung und optische Darstellung des Witterungsverlaufs übernehmen häufig mit der Wetterstation verbundene PCs, die zugleich über Simulationsmodelle Prognosen von Schadereignissen und in Abhängigkeit von den gemessenen Witterungsparametern anbieten. Aber es können auch Aussagen z.B. über die Stickstoffmobilität erarbeitet werden. Die Auswertung der Messergebnisse und sinnvolle Verwendung in agrarmeteorologischen Simulationsmodellen erfordern eine hohe Betriebssicherheit und qualitative Verlässlichkeit des Systems. Häufig werden von den Modellen Abtastraten der Wettersensoren zwischen 1 Minute bis 60 Minuten angefordert.

In dieser Schrift sollen der aktuelle Stand der Technik von automatisch registrierenden agrarmeteorologischen Wetterstationen und die dazu verfügbaren Prognoseverfahren zu landwirtschaftlichen Fragestellungen beschrieben werden.

## **2. Technik**

Um über die Messung der Wetterelemente zu einer Darstellung des Wetters und einer Prognose über das Verhalten eines Schaderregers zu kommen, sind verschiedene Systemkomponenten erforderlich. An einer agrarmeteorologischen Messstation in repräsentativer Nähe des Bestandes oder gar im Bestand selbst werden über Messsensoren die Daten ermittelt. Im Datalogger, dem Herzstück einer agrarmeteorologischen Messstation, werden die Signale der Sensoren registriert, in Daten

gewandelt und gespeichert bzw. zur Übertragung an das Auswertegerät vorbereitet. Geschieht die Auswertung der Messergebnisse nicht im Datalogger selbst, so müssen die Daten zum Auswertegerät übertragen werden. Als Auswertegerät dient meist ein PC, der auch die Speicherung und anschließende Datenauswertung sowie die Berechnungen von agrarmeteorologischen Simulationsmodellen übernehmen kann. Diese Wetterstationen müssen gemeinsam mit dem PC zur Auswertung der Messungen weitgehend automatisch arbeiten, um keine zusätzliche Arbeitsbelastung neben dem landwirtschaftlichen Betrieb zu bedeuten. Auf einen gewissen Pflegeaufwand soll jedoch bereits hier schon aufmerksam gemacht werden.

Eine komplette Geräteübersicht lässt sich nur schwer geben. Die Geräteauswahl hängt weitgehend von den Anforderungen ab, die an das Gesamtsystem und seine Aussagekraft gestellt werden. Da die Kontrolle von Umweltparametern in vielen Fertigungsbereichen eine wichtige Forderung unserer Gesellschaft ist, bieten mehrere Hersteller oder Systemanbieter die unterschiedlichsten Messsysteme an, die auch in der Landwirtschaft einsetzbar sind. Dieser Schrift ist eine Liste von Herstellern beigelegt. Dem interessierten Landwirt werden häufig Komplettsysteme angeboten, jedoch ist bei nahezu allen Anbietern die Sensorbestückung frei wählbar (s. Kap. 7 Herstelleradressen / Checkliste Anforderungen).

Beim Vergleich der Systeme oder Einzelsensoren ist jedoch wichtig, den Lieferumfang und die Qualität der eingesetzten Messfühler zu erkennen und mit den eigenen Anforderungen in Einklang zu bringen. Die einzelnen Anforderungen und Ausstattungsmerkmale an agrarmeteorologische Sensoren und Wettermessstationen werden im folgenden beschrieben.

Die Stromversorgung der Messsensoren und des Dataloggers erfolgt meist über Solarzellen und Akkubetrieb. Nur bei der Verwendung von Sensoren mit hohem Stromverbrauch (winterliche Heizung!) ist eine Anbindung an das Stromnetz erforderlich.

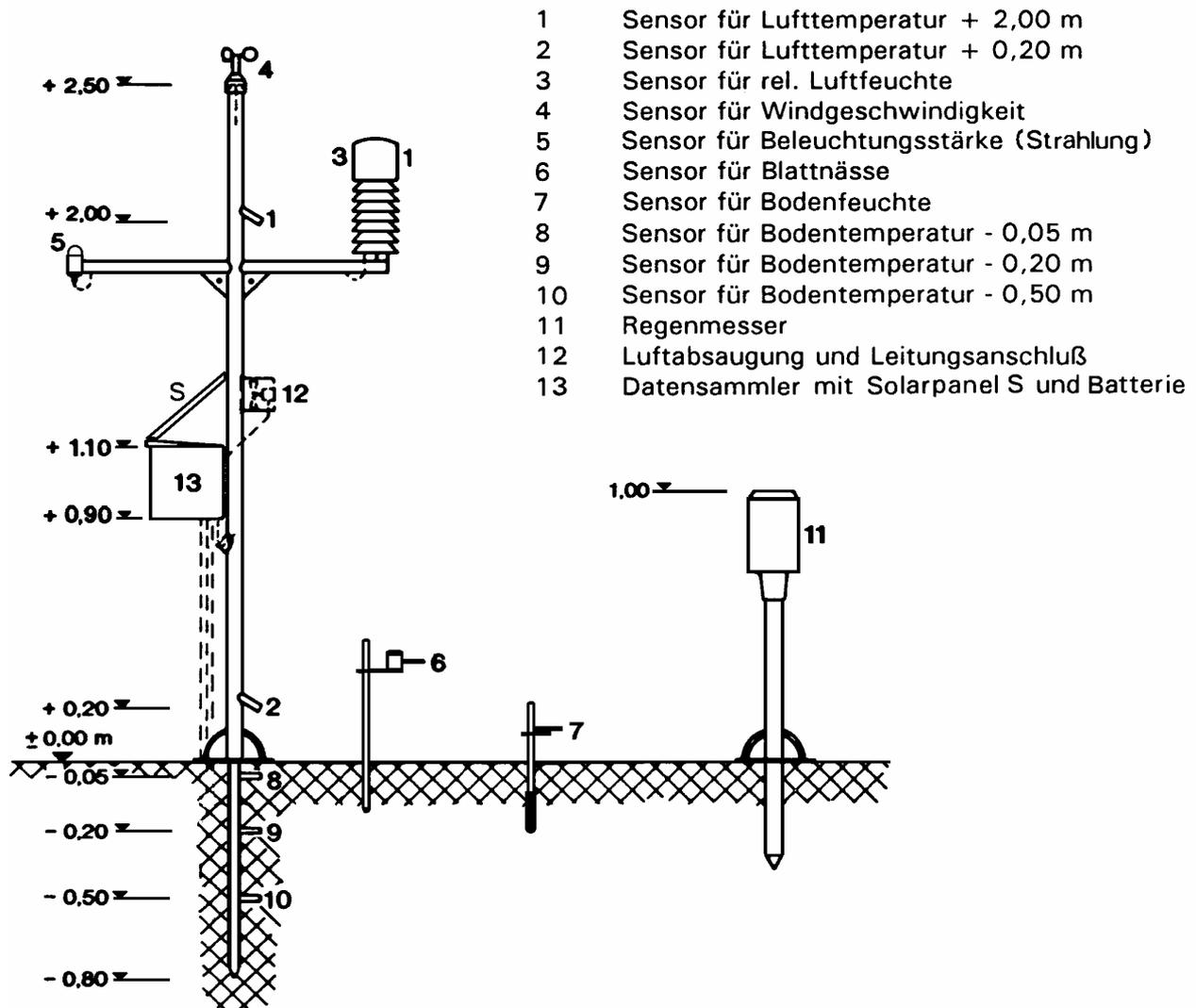
Nicht nur die Qualität der einzelnen Sensoren ist für den Erfolg der Messungen wichtig. Einen mindestens gleichen Stellenwert besitzt eine lange (Vegetationszeit) Reihe ununterbrochener Messungen. Erst dann sind Aussagen über Beziehungen von Witterung und Ertrag sowie Witterung und Schadbildvorhersage möglich. Zur Vermeidung kostenträchtiger Ausfälle und zur Absicherung dieser Messreihen über den langen Zeitraum einer Vegetationsperiode oder – was letztlich immer angestrebt werden sollte - mehrerer Jahre ist eine Ausfallsicherung des gesamten Messsystems oder der einzelnen Messsensoren durch Blitzschutz unabdingbar. Dazu sollte den Empfehlungen der Hersteller oder dem Rat eines Elektrofachmanns unbedingt gefolgt werden.

## 2.1 Sensoren

Die Geräteindustrie stellt eine ganze Palette verschiedenster Sensoren zur Verfügung. Die Auswahl der Sensoren richtet sich nach den von den Messungen der Wetterstation später erwarteten agrarmeteorologischen Aussagen. Als Grunddaten sollten in jedem Falle **Lufttemperatur**, **Luftfeuchte**, **Windgeschwindigkeit**, **Sonnenscheindauer** und **Niederschlag** gemessen werden. Sinnvolle Ergebnisse aus den agrarmeteorologischen Simulationsmodellen lassen sich jedoch meist nur ableiten, wenn zudem einige zusätzliche Parameter wie **Beleuchtungsstärke** der PAR (photosynthetisch aktive Strahlung), **Blattnässe**, **Bodenfeuchte** oder **Bodentemperaturen** ermittelt werden.

Für eine hohe Datensicherheit ist die Qualität und Genauigkeit der verwendeten Messfühler entscheidend. Nur exakte Messdaten lassen eine Übertragung von wissenschaftlichen Simulationsmodellen in die praktische Anwendung zu. Die Messmethodik sollte auf jeden Fall auf den Empfehlungen des Deutschen Wetterdienstes basieren (VDI-Richtlinie 3786). Diese VDI-Richtlinie 3786 enthält genaue Hinweise zum Messverfahren von Temperaturen, Feuchtigkeiten, Niederschlägen, der Sonneneinstrahlung und des Windes. In der Richtlinie werden außerdem Angaben zum Datenspeichergerät (Datalogger), der Datenübertragung und zur Wartung gemacht.

Aus Kostenerwägungen kann man sicher auf geeichte Sensoren verzichten, die Eichfähigkeit ist aber ein guter Hinweis auf die Sensorqualität. Beim Kauf sollte man aber mindestens die Einhaltung der VDI-Richtlinie verlangen und die Erfüllung der VDI-Empfehlungen bescheinigen lassen. Im übrigen sind alle Sensoren nur so gut, wie die Pflege (Sauberkeit!) und laufende Kontrolle.



**Abbildung 1:** Schematische Darstellung einer agrarmeteorologischen Messstation (nach DWD Merkblatt - geändert -)

Die Aufstellung einer agrarmeteorologischen Wetterstation sollte im Bestand selbst erfolgen, kann dort aber ein Arbeitshindernis darstellen. Als interessante Alternative bietet sich die Funkübertragung von den Sensoren zum Datalogger, der eigentlichen Messeinheit an. Damit ist es möglich, alle von der Kultur unabhängigen Wetterdaten in der Zentralanlage am Feldrand zu erfassen, die auf die Kultur bezogenen Sensoren wie Bestandstemperatur, Blattnässe oder Bodenfeuchte und Bodentemperatur können außerhalb der Fahrspuren im Bestand untergebracht werden und behindern nicht bei Pflegemaßnahmen.

### 2.1.1 Temperatur

Die Temperatur ist für alle Umsetzungs- und Wachstumsvorgänge der Pflanzen ein bedeutender Faktor. Auch die mikrobielle Umsetzung im Boden hängt wesentlich von der Temperatur ab, so dass Bodentemperaturen ebenfalls ermittelt werden sollten.

Die Lufttemperatur wird nach den Vorgaben des Deutschen Wetterdienstes in zwei Meter Höhe gemessen. Dies bietet einen Vergleich mit den klimatologischen Normaldaten und der aktuellen Wettersituation. Pflanzenbaulich sind weitere Temperaturfühler als Indikator für die Bestandstemperatur und für die Ermittlung von Temperaturprofilen sinnvoll. Üblicherweise wird die Bestandstemperatur in 20 cm Höhe ermittelt. Sinnvoller ist es jedoch, die Bestandstemperatur tatsächlich im Bestand in Höhe der Hauptmasse der Blattfläche (bzw. 3. Blattetage) oder zur Ermittlung eines Temperaturprofils in mehreren Höhen zu messen. Dann sollte auch auf eine Messung 5 cm über dem Erdboden (oder im Obstbau über der Grasnarbe) zur Ermittlung bodennaher Extremwerte nicht verzichtet werden. Um Messfehler durch Sonneneinstrahlung und Wärmeleitung auszuschließen, sind die Fühler in einem ventilierten Doppelrohr oder in Lamellenschutzhütten zu montieren. Hier existieren die unterschiedlichsten Herstellervarianten, doch vielfach wird dennoch die Belüftung und Strahlungsabschirmung der Thermometer nicht ausreichend beachtet..

Im Boden sind drei Messtiefen von vorrangigem Interesse (5 cm, 20 cm und 50 cm). In 5 m Tiefe wird die Krumentemperatur erfasst. Damit können die wichtigen Keimtemperaturen der Samen, aber auch die Entwicklung bodenbürtiger Schädlinge erkannt werden. Aus dem Bodentemperaturprofil, insbesondere aus der Messtiefe von 20 cm, kann die Frosttiefe z.B. im Hinblick auf die Gülleausbringung abgelesen werden. Eine Messtiefe von 50 cm erlaubt zudem Aussagen zur Dynamik der Nährstoffe im Boden.

Als Sensoren werden verbreitet Pt-100-Messwiderstände eingesetzt, die üblicherweise einen Messbereich von +50 °C bis -50 °C umfassen mit einer Messgenauigkeit von  $\pm 1/10^\circ\text{C}$  und einer Zeitkonstante von etwa 30 Sekunden .

Die Bodentemperatur wird maßgeblich durch den Bewuchs am Standort beeinflusst. Je nach den Anforderungen des Betriebes kann man die Sensoren in einen unbewachsenen, mit einer Grasnarbe bewachsenen (Grasnarbe) oder dicht bewachsenen Boden (Flächenstilllegung, Wiese) bzw. unter eine Kultur setzen.

Der Einbau der Messfühler in dem Boden sollte möglichst gefügeschonend geschehen, damit die gemessenen Werte auch dem normalen Boden entsprechen.

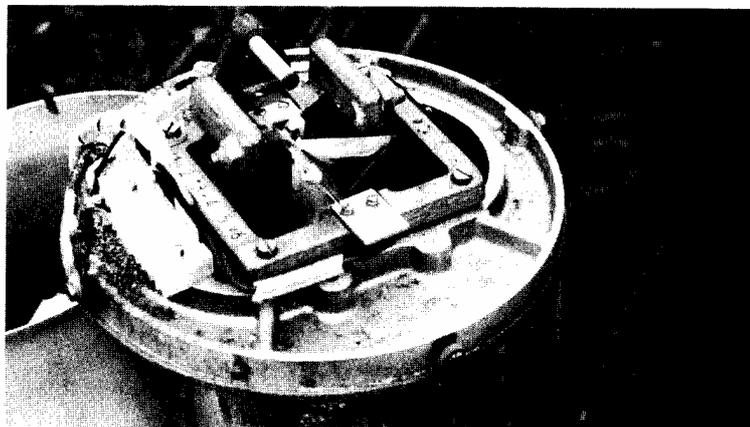
Als günstig hat sich besonders in kuperem Gelände erwiesen, die Bestands- und Bodentemperatur an verschiedenen Punkten im Bestand zu messen. Der Kontakt zwischen häufig entfernt liegendem Messsensor und Datalogger wird dabei per Funk aufrecht erhalten. Die Energie wird in einigen Messsystemen durch Solarzellen bereitgestellt. So lassen sich schlagspezifische Unterschiede oder Infektionsrisiken festhalten, die dann mittels GPS differenzierte Dosierungen bei Pflanzenschutzmaßnahmen oder bei genauen Düngeverfahren erlauben.

### 2.1.2 Niederschlag, Niederschlagsdauer

Vornehmlich im Sommer, also in der Vegetationszeit, weisen Regenereignisse selbst kleinräumig hohe Schwankungen zwischen unterschiedlichen Standorten auf. Repräsentative Niederschlagsdaten sind kaum übertragbar. Daher kommt der individuellen Niederschlagsmessung auf jedem landwirtschaftlichen Betrieb eine erhebliche Bedeutung zu. Für Berechnungsmodelle, Ausbreitungsprognosen von Sporen, Einschätzung der winterlichen Nährstoffauswaschung oder auch Aussagen zur Bodenbefahrbarkeit oder Feldarbeitstagen sind exakte Niederschlagsmessungen auf jedem Einzelbetrieb unabdingbar.

Im bekannten Regenmesser von Hellmann kann man nur bei jeder manuellen Entleerung den gefallen Niederschlag als Niederschlagshöhe ablesen. Eine kontinuierliche Messung der Regenmengen ist nur mit hohem mechanischen und elektronischen Aufwand möglich und geschieht bei automatischen Wetterstationen über die Registrierung der Ausschläge einer Wippe.

Als weitere Messprinzipien kommen zum Einsatz die Wägung der Regenmenge (sehr exakt, aber aufwändig), die Zählung von definiert großen Tropfen oder mit einem Schwimmer. Aufgefangen wird der Niederschlag wie beim Hellmann-Regenmesser stets in Trichtern, die das Regenwasser zum eigentlichen Messsensor führen.



**Abbildung 2:** Eine präzise Wippenmechanik erfasst den Niederschlag

Eine permanente Messung erlaubt zusätzlich Aussagen zur Niederschlagsdauer und -intensität. Der Niederschlag wird laut VDI-Richtlinie 3786 nach dem Prinzip der Hornerschen Wippe erfasst. Ein zweigeteiltes Schiffchen (Abb. 2) fängt jeweils auf der einen Seite die Tropfen bis zu einer definierten Menge (2 cm<sup>3</sup> Regen) auf und wippt dann über in die Entleerungsposition. Bei jedem Umschlag wird ein elektrischer Impuls erzeugt, der gezählt werden kann.

Der Auffangquerschnitt sollte 200 m<sup>2</sup> betragen. Bei einer Auffangmenge von 2 cm<sup>3</sup> entspricht dieser Wert genau 0,1 mm Niederschlag. Für die Erfassung von Schnee und Hagel sollte der Sensor beheizt sein. Der Stromverbrauch einer Heizung ist aber erheblich, außerdem ist dann ein Netzanschluss erforderlich.

Um Störungen zu vermeiden, müssen die Niederschlagsgeber sehr präzise hergestellt werden. In der Regel ist dieser Sensor der teuerste. Auch ist hier die Wartung besonders wichtig. Verschmutzungen oder auch nur leichte Neigungen des Gerätes können erhebliche Messfehler verursachen. Das Gerät sollte deshalb für die exakte Montage eine Libelle aufweisen und Justierschrauben haben. Im allgemeinen ist mit einer Messgenauigkeit von  $\pm 5\%$  zu rechnen.

Störungen sind bei diesem Teil häufiger zu erwarten als bei den anderen Messfühlern. Die Messvorrichtung sollte deshalb eine Oberlaufvorrichtung haben, damit man die anfallenden Niederschläge auch in einem separaten Gefäß mit ca. 4 l Inhalt auffangen kann, das reicht für eine Niederschlagsmenge von 200 mm Regen.

Unterschiede zwischen den Herstellern ergeben sich vor allem hinsichtlich der maximalen Messgeschwindigkeit (Auflösung). Es ist ausreichend, wenn das Gerät 10 mm Regen je Minute registrieren kann. Sollen die Messungen mit einem automatisch registrierenden Sensor auch im Winter gewährleistet werden, so ist bei Niederschlägen aus Eis oder Schnee eine Heizung mit entsprechender Kapazität vorzusehen. Dies bedeutet zumeist, dass wegen der hohen Heizleistung ein Anschluss an das Stromnetz gelegt werden muss, oder dass ausreichende Batterieleistung installiert sein muss. In jedem Falle erhöht sich die Betreuungsaufwand.

Nach dem Lichtschrankenprinzip oder nach Prinzip der Stromleitungsüberbrückung sind auch zusätzliche Messeinrichtungen möglich, die als Niederschlagswächter die Regendauer in Minuten festhalten können. Auch im letzteren Fall sollte auf ausreichende Heizleistung geachtet werden.

### **2.1.3 Luftfeuchte**

Die Luftfeuchte stellt einen wichtigen Faktor dar, aus dem weitere indirekte Klimadaten wie die Verdunstung berechnet werden können. Die Keimung bestimmter Pilzsporen und die

Bedingungen zum Eindringen in die Blattzellen lassen sich aus Luftfeuchte und Temperatur ableiten.

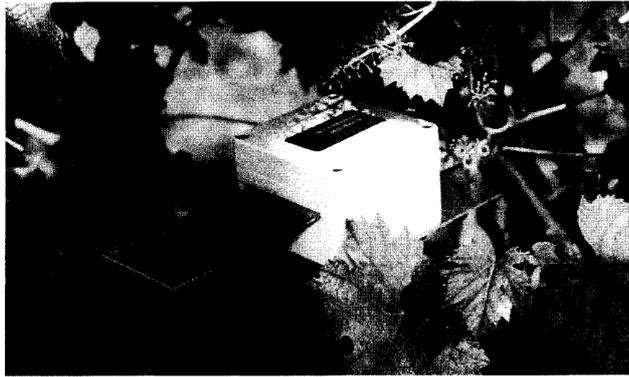
Gemessen wird entweder mit einem Haarhygrometer oder mit kapazitiven Feuchtefühlern. Mit kapazitiven Fühlern wird im Bereich von 20 bis 90 % relativer Feuchte eine ausreichende Genauigkeit ( $\pm 2$  %) erzielt, wenn jährlich nachkalibriert wird. Werden jedoch Werte über 100 % angezeigt, muss sofort nachjustiert werden. Dazu lassen sich bei den meisten Firmen Kalibrierlösungen mit fest eingestellten relativen Luftfeuchten von ca. 35 %, 65 % und 95 % erwerben. Der Messbereich der Fühler sollte von 20% bis 100% reichen und eine Temperaturkompensation eingebaut haben. Der Fühler ist für Temperaturen bis zu  $-25^{\circ}\text{C}$  auszulegen. Messfühler auf der Basis von Haarhygrometern benötigen dagegen keine Temperaturkompensation. Bei ihnen ist jedoch zu beachten, dass Umwelteinflüsse das Haar als Messinstrument altern lassen, so dass seine Anzeige jährlich überprüft und das Haar (bzw. der Haarstrang oder die Haarharfe) ggf. ausgetauscht werden müssen.

#### **2.1.4 Blattnässe, Spezielsensoren**

Viele pilzliche Schaderreger benötigen eine bestimmte Blattnässeintensität und Dauer, damit die Sporen keimen und die Pflanze infizieren können. Aus der Sicht des integrierten Pflanzenschutzes ist die Kenntnis der Blattbenetzung besonders wichtig. Da viele Simulationsmodelle von Pilzinfektionen empfindlich auf die Blattbenetzung reagieren, sollte diesem Sensor besondere Bedeutung beigemessen werden.

Der Sensor sollte immer unmittelbar im Bestand aufgestellt werden und sich im Stockwerk der größten Blattfläche befinden. Für Infektionsberechnungen von Pilzkrankungen im Getreideanbau (*septoria tritici* oder Echter Mehtau) hat sich der Blattnässefühler nach WEIHOFEN bewährt, bei dem die elektrische Leitfähigkeit eines Baumwollstreifens registriert wird. Ansonsten werden als Sensoren - vereinfacht beschrieben - mit leitfähigen Bahnen bedruckte Platinen eingesetzt, die benetzt ein elektrisches Signal geben und im trockenen Zustand nichtleitend sind. Die Genauigkeit der Werte hängt von der akkuraten Kalibrierung ab. Es ist hier sehr wichtig, den Messfühler so zu platzieren, wie auch in der beobachteten Kultur Blattnässe festgestellt wird.

Effektiver als das Messen über spezielle Platinen ist das Messen direkt am Objekt (z. B. am Wein- oder Erdbeerblatt). Vergleichsmessungen verschiedener Fühler zeigen, dass die Spezialplatinen ungefähr doppelt so häufig Tau anzeigen, wie die Fühler, die direkt am Blatt den Tau messen.



**Abbildung 3:** Der Blattbenetzungsfühler verlangt eine exakte Kalibrierung

Daneben haben sich einige einschlägige Hersteller mit der Herstellung von weiteren Spezi­alsensoren beschäftigt, die für bestimmte Anwendungsgebiete konstruiert wurden. So gibt es z.B. einen Septoria-Timer für den Weizenanbau.

### 2.1.5 Sonnenstrahlung

Pflanzen bauen ihre Substanzen aus Kohlendioxid und Wasser mit Hilfe der Sonnenenergie durch Photosynthese auf. Die Wirksamkeit des Chlorophylls liegt im Bereich photosynthetisch aktiver Strahlung (PAR) im Wellenlängenbereich von 0,4  $\mu\text{m}$  bis 0,7  $\mu\text{m}$ . Dieses energetisch verwertbare Licht kann als direkte und diffuse Strahlung, als Globalstrahlung, in Watt pro Quadratmeter ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) gemessen werden. Über diese Messung lassen sich zusammen mit anderen Witterungswerten pflanzenspezifische Wachstumsmodelle betreiben.

Als Messfühler für die photosynthetisch aktive Strahlung werden Pyranometer eingesetzt. Die empfindlichen Sensoren müssen jedes Jahr geeicht werden. Pyranometer sind allerdings bereits in der Anschaffung sehr kostenintensiv – insbesondere, wenn höchste Präzision verlangt wird. Eine für agrarmeteorologische Aussagen genügende Messgenauigkeit kann jedoch auch mit herkömmlichen, erheblich preiswerteren Silizium-Photoelementen erreicht werden. Auch hier sind wegen der Alterung des Elements Abweichungen festzustellen, so dass eine jährliche Kalibrierung erforderlich wird. Der Sensor sollte im Temperaturbereich von  $-30\text{ }^\circ\text{C}$  bis  $+85\text{ }^\circ\text{C}$  arbeiten und den Messbereich von 0 bis  $1500\text{ W}/\text{m}^2$  bei einer Auflösung von  $1\text{ W}/\text{m}^2$  abdecken.

Aus den Strahlungswerten kann die Sonnenscheindauer abgeleitet werden. Genauer, aber durch zusätzliche Sensoren leider etwas aufwändiger, ist eine direkte Messung der Sonnenscheindauer mit einem Lux Sensor, dessen Auflösung im Minutenbereich liegen sollte.

### 2.1.6 Wind

Zur Angabe des Windes sind zwei Messgrößen erforderlich: die Geschwindigkeit und Richtung. Für landwirtschaftliche Belange ist nur die Windgeschwindigkeit, also die Belüftung, interessant. Daraus lassen sich die Verdunstung bzw. Abtrocknung von erntereifen Beständen oder Bestellfähigkeit der Böden ableiten. Ein direkter praktischer Nutzen ergibt sich bei der Beurteilung der Abtriftgefahr beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln.

Zur Messung der Windgeschwindigkeit werden üblicherweise Schalenkreuzanemometer verwendet. Diese sollten für den ganzjährigen Betrieb aus korrosionsfestem Material bestehen und leichtlaufende Präzisionskugellager enthalten. Achten Sie darauf, dass das Gerät im Einsatzbereich von 0,5 bis 30 m/s eine lineare Kennlinie und einen niedrigen Anlaufwert von 0,3 m/s Windgeschwindigkeit hat. Für einen einwandfreien Winterbetrieb muss auch ein Windmesser im Schaft beheizbar sein. Die Fehlergrenze des Gerätes sollte maximal 2 % vom Endwert des Messbereiches betragen - bei 20 m/s ist also ein Fehler von 0,4 m/s zulässig. Einfache Windmesser erzeugen die Messimpulse durch Magnetkontakte. Dies kann zu größeren Ungenauigkeiten führen. Günstiger ist eine Impulsmessung nach dem Lichtschrankenprinzip.

Sofern gewünscht oder wissenschaftliche Auswertungen beabsichtigt sind, ist mit erträglichem Aufwand auch die Angabe der Windrichtung messbar.

Die von Mechanik unabhängige und damit weniger störanfällige Messung von Windrichtung und Stärke mit hoher zeitlicher Auflösung erfolgt über Ultraschallanemometer. Aus Kostengründen wird diese deutlich exaktere Messmethode in agrarmeteorologischen Stationen jedoch kaum angewendet. Die Simulationsmodelle im Pflanzenschutz erfordern zudem keine derart hohe Auflösung.

### 2.1.7 Bodenfeuchte

Zur Sicherstellung einer ausreichend wachstums- und ertragssichernden Bodenfeuchte oberhalb des Welkepunkts sind vornehmlich in Trockenregionen oftmals künstliche Beregnungsmaßnahmen erforderlich. Über die Niederschlagsmessung und Verdunstungsberechnungen lässt sich zwar die klimatische Wasserbilanz ermitteln, ob die unter der Kultur tatsächlich vorhandene Bodenfeuchte dem Optimum entspricht, bleibt jedoch vielfach verborgen. Die Messung der Saugspannung des Bodenwassers kann mit einem Tensiometer oder mittels einer Widerstandsmessung an einem Gipsblock ermittelt werden. Die Keramikkerze des Tensiometerrohrs sollte bis in die Hauptwurzeltiefe der Kultur reichen (üblicherweise 30 cm). Die rechnerische Ermittlung der klimatischen

Wasserbilanz und die Angabe der Saugspannung durch das Tensiometer geben dann einen Hinweis auf Bedarf an künstlicher Wasserzufuhr. Bodenfeuchtefühler sollten einen Messbereich der Saugspannung von 0 bis  $-1$  bar abdecken.

Praktiker wissen auf welchem engem Raum innerhalb eines Bestandes durch unterschiedliche Böden und Wasserführung oder durch Kulturmaßnahmen die Feldkapazitätsunterschiede variieren können. Eine detailliertere Übersicht ergibt sich erst, wenn an mehreren Stellen laufend entsprechende Messungen angestellt werden. Mit diesem zusätzlichen Messaufwand steigen jedoch die Kosten.

## 2.2 Datalogger (Messwerterfassung / -speicherung)

Das Herz jeder agrarmeteorologischen Messstation ist das Datensammel- und Speichergerät (Datalogger). Um vernünftige Aussagen zu erhalten, müssen die von den Sensoren erfassten Messwerte identifiziert, gelesen, gespeichert und verarbeitet werden können. Datalogger fragen die Messsensoren ab, sorgen für eine Messwertgeberanpassung und wandeln die analogen in digitale Signale. Nach einer ersten, groben Messwertprüfung sollte der Datalogger den Messwerten Qualitätsmerkmale zuordnen und die Daten nach vorgegebenem Zyklus speichern. Dargestellt und ausgewertet werden die Messdaten bei Kompletstationen teilweise schon im Datalogger, meist aber nach der Übertragung an einen PC. Datalogger bieten verschiedene Formen der Datenübertragung:

- Datenlesen und -ausdrucken mit eingebautem Drucker
- Datenübertragung durch tauschbare Memory-Card
- Direktanschluss eines Laptop über Schnittstelle RS232
- Kabelanschluss zum PC im Büro
- Datenübertragung mit einem Telefonmodem
- Datenübertragung mit einem GSMmodem
- Funkübertragung mit einem Sender an der Station

Um den Mehraufwand an Arbeit mit einer Wettermessstation neben der Wartung der Sensoren in einem erträglichem Maß zu halten, sollte eine der letztgenannten Übertragungswege gewählt werden. Damit sind die Daten am PC rasch ablesbar, simultan auswertbar und es steht ein Vielfaches an Speicherkapazität im PC zur Verfügung.

Bei allen Speichermöglichkeiten oder Übertragungskapazitäten sollte darauf geachtet werden, dass das Datenintervall im Bereich von 1 Stunde bis zu 1 Sekunde veränderbar ist und so der zu speichernde Datenumfang erheblich anwachsen kann. Messintervalle unter 1 Minute werden für agrarmeteorologische Zwecke kaum verlangt. Das Abtastintervall der Kanäle verschiedener Sensoren sollte einzeln einstellbar sein. Die

zeitliche Auflösung der Messsensoren muss in jedem Fall mit dem Messintervall und mit den Eigenschaften der Sensoren konform sein. Liegt keine Online-Verbindung zu einem PC vor, so sollten auf jeden Fall die Daten von mindestens 4 Wochen im Datalogger speicherbar sein (optimal mehrere MB Datenspeicher), da die tägliche oder wöchentliche Abfrage der Messdaten durch personelle oder technische Probleme zeitweilig gestört sein kann. Hat der Datalogger keine hinreichende Speicherkapazität, so sind schnell wichtige Daten endgültig verloren. Wer im Datalogger die Daten von einem ganzen Jahr speichern will, benötigt je nach Anzahl der Sensoren und nach Abtastintervall eine Speicherkapazität von mehreren Megabyte.

Die Datenübertragung vom Speicher des Dataloggers zu einem PC sollte vorzugsweise Online über eine Feste Datenleitung oder über Funk erfolgen. Dann sind die Daten unverzüglich im PC gesichert. Beabsichtigt man einen unmittelbaren Nutzen aus den Simulationsmodellen zu ziehen, um rasch auf Hinweise der Anschlussauswertung reagieren zu können, ist eine analoge Kabel- oder besser noch Funkverbindung zwischen Wetterstation und dem Computer mit anschließender Speicherung und sofortiger Auswertung zwingend erforderlich. Zur Vorbeugung vor Kommunikationsproblemen sollte die Speicherkapazität des Dataloggers jedoch auch in diesem Falle großzügig ausgelegt sein und ein Anschluss für einen weiteren Übertragungsweg sollte ohnehin vorgesehen werden.

Soll die Datenübertragung Offline erfolgen, also nicht sofort über Datenleitung oder Funk, sondern in zeitlichen Abständen (Tag, Woche, Monat), so bietet sich das Auslesen der Daten aus dem Logger über einen Laptop oder über eine Memory-Card an, deren Kapazität sich nach der auszulesenden Datenmenge richten muss. Flash-Memory-Cards für derartige Anlagen zur Datenerfassung werden üblicherweise mit einer Speicherkapazität von 1 bis zu 10 MB ausgestattet. Einige Datalogger besitzen eine Ringspeicherfunktion. Diese sorgt dafür, dass bei voll ausgenutzter Speicherkapazität und weiterer Nutzung die jeweils ältesten Daten durch neu hinzukommende überschrieben werden. Vorsicht: der Datenverlust kann schneller eintreten als geplant.

Basis der Datenerfassung im Datalogger ist eine genaue Zeit. Eine integrierte Uhr (MEZ) mit entsprechendem Kalender dient zur Ordnung der eingehenden Daten. Die Daten werden in einem festen Rhythmus von wenigen Sekunden/Minuten abgerufen. Entweder werden die direkten Messergebnisse gespeichert, oder es werden daraus alle 10 Minuten Mittelwerte, Stunden-, Tages- und Extremwerte bzw. Summen gebildet. Je nach Wahl der Zeitspanne wird die Speicherkapazität für nur wenige Tage oder aber auch einige Wochen ausreichen.

Der Datalogger muss für die eigene Stromversorgung und für die Versorgung der Messfühler einen eigenen Akku besitzen, damit ein Datenverlust auf jeden Fall vermieden wird. Viele Hersteller statten die Station mit einem Solarpanel aus, mit dem man am Tage

den Betrieb sichern und die Akkus aufladen kann. Möglich ist aber auch die Netz-Versorgung mit 220 V-Wechselstrom.

Die Datalogger der einzelnen Firmen unterscheiden sich auch hinsichtlich der Anzahl und der Auswahl der verschiedenen Anschlüsse für die einzelnen Sensoren. Als Mindestausstattung sollte man mindestens 10 unterschiedliche Sensoren anschließen können und zudem über eine reichliche Erweiterungsreserve verfügen. Erfahrungsgemäß wächst der Wunsch nach mehr Informationen aus dem Bestand mit der Intensität der Auseinandersetzung mit den Auswerteresultaten.

Mit folgenden Kennwerten sind die Datalogger häufig ausgerüstet:

- Messintervall	=	1 – 60 min
- Messwertumformer	=	A/D-Wandler 10 bzw. 16 Bit
- Speicherkapazität Memory-Card	=	1 – 10 MB
- Stromaufnahme beim Messen	=	< 60 mA
- Stromversorgung aus Akku	=	12 Volt
- Solarpanelleistung	=	12 Volt/5W
- Schutzart	=	IP 65

### 2.3 PC und Software zur Datenauswertung

Zur Wetterstation wird normalerweise eine Auswertungssoftware geliefert. Diese Software kann auf den üblichen IBM-kompatiblen PC's ab 286er CPU installiert werden und bietet im Minimalfall eine Darstellung der gemessenen Wetteraten. Besonders die grafische Datendarstellung auch von mehreren Sensoren ist auf neueren Rechnertypen wesentlich schneller. Die weit bessere Überschaubarkeit der klimatischen Situation in einer grafischen Darstellung erfordert einen ausreichend großen Farbbildschirm mit einer hochauflösenden VGA-Karte und Windows-Software – ein üblicher Standard. Sollen die Daten im Internet präsentiert oder mit dem landwirtschaftlichen Berater oder Berufskollegen ausgetauscht werden, so ist vom PC aus noch ein Zugang zum Telefonnetz einzurichten. Durch Abruf verschiedener Messstationen können sich z.B. Berater einen Überblick verschaffen. Voraussetzung sind gleiche Messsysteme und eine zentrale Abrufeinheit (z.B. Fa. Lambrecht). Wenn die Daten auch von anderen direkt aus dem Datalogger gelesen werden sollen, so sollte die Übertragungsgeschwindigkeit vorher abgesprochen sein oder die Abrufeinheit des Loggers verschieden einstellbare Übertragungsgeschwindigkeiten ab 300 Baud aufweisen.

Die Festplatte des PC sollte ausreichend Kapazität haben, um aus mehreren Jahren Daten aufnehmen zu können. Jährlich werden ca. 4 MB für die Datenspeicherung

benötigt. Da der PC auf dem Betrieb sicher auch für andere Anwendungen wie bei Precision Farming-Methoden, Ackerschlagkartei und GPS-Ertragsüberwachung eingesetzt wird, werden an den PC schnell weitere, hohe Anforderungen hinsichtlich Speicherplatzbedarf und Rechnerleistung gestellt.

Die meisten Hersteller von Wetterstationen – insbesondere bei Komplettsystemen - liefern heute zu ihrer Station die PC-Software gleich mit. Die Anzahl der auswertbaren Messwerte und die Wege der Auswertung sind dabei sehr unterschiedlich. Teilweise sind sie fest an die Struktur der gelieferte Station gebunden, teilweise sind sie variabel und lassen Erweiterungen zu. (s. Tab. 3).

Insgesamt sollte auf die zur Wetterstation mitgelieferte Software besonderer Wert gelegt werden.

Als üblicher Standard sollte die Auswahl einzelnen Funktionen über die üblichen „pull down“-Menüs erfolgen. Die Funktionsaufrufe sollten in jedem Fall selbsterklärend sein. Neben der Gesamtdarstellung der Momentanwerte muss jeder Sensor separat für frei wählbare Zeiträume grafisch darstellbar sein. Mehrfachgrafiken erleichtern die Klimainterpretation.

Wer seine meteorologischen Daten in seine PC-geführte Ackerschlagkartei einbinden will, sollte sich erst beim Hersteller seiner Ackerschlagkartei informieren, welche Datenformate importiert werden können. Die Software der Wetterstationen muss dieses Datenformat erfüllen können.

Leider gehören Methoden zur Korrektur von Messwerten oder Möglichkeiten zur Messwertergänzung aus Fremdquellen bei Datenlücken nicht immer zur Standardausstattung. Datenlücken können aber leicht durch Störungen entstehen und sind auch bei täglicher Kontrolle über längere Zeiträume praktisch nicht zu vermeiden,. Verschmutzte Sensoren oder Stromausfall beim Datenabruf können ärgerliche Datenfehler produzieren, die man „reparieren“ muss.

Eine Zusammenstellung des Marktangebotes an Messmethoden finden Sie in Kap. 7 in den Tabellen des Marktangebotes.

## **2.4 Wartung und Pflege**

Der Datalogger sollte von Laien nicht geöffnet werden, da eine Reparatur der Elektronik nur in einer Fachwerkstatt durchgeführt werden kann. Wöchentlich einmal sollten Sie aber die Gesamtanlage einer Sichtprüfung unterziehen.

Die Bodenfläche um die Messeinrichtung ist von höherem Bewuchs frei zu halten. Achten Sie auch auf Beschädigungen durch Nagetierfraß – insbesondere bei Kabelverbindungen zum Bodenthermometer oder zum Tensiometer. Das Strom liefernde Sonnenpanel sollte monatlich mit einem feuchtem Tusch abgewischt werden, um Staub zu entfernen. Auch die belüfteten Temperaturfühler sammeln Staub und müssen regelmäßig alle 1-2 Wochen gereinigt werden. Einmal im Jahr sollten die Fühler nachgeeicht werden. Falls die Fühler in Strahlungsschutzrohren sitzen, müssen diese ebenso wie der eingebaute Ventilator auf ordnungsgemäße Funktion geprüft werden. Eine Prüfung der Fühler für Bodentemperaturen oder Bodenfeuchte ist nicht möglich und auch nicht erforderlich – sollte auch vermieden werden, um den Bodenkontakt nicht zu stören. Beim Tensiometer sollte der Wasservorrat kontrolliert und ggf. aufgefüllt werden.

Wöchentlich ist auch der exakten Sitz des Regenmessers an der eingebauten Libelle prüfen. Dabei sollte auch der Auffangbehälter und Trichter von Fremdstoffen wie Laub, Zweigen oder Spinnenweben befreit werden. Alle wasserführenden Teile sind regelmäßig zu reinigen. Es ist gut, wenn man eine Austauschwippe in Reserve hat. Einmal im Jahr sollten Sie mit einem geeichten Messzylinder den Inhalt der Wägeschalen kontrollieren.

Auch Strahlungsmessgeräte (Pyranometer) müssen einmal monatlich auf einen exakten horizontalen Sitz über eine Libelle geprüft werden. Einmal wöchentlich sollte der Sensor wegen der besonderen Staubempfindlichkeit der Messwerte von atmosphärischen Verunreinigungen gesäubert werden. Für die einfachen Silizium-Photoelemente reicht es, wenn man sie alle 4 Wochen reinigt. Alle 6 Monate sollte man die Messwerte der Fühler mit den Messwerten eines exakten Psychrometers vergleichen. Ein Nachkalibrieren kann alle 1-2 Jahre erfolgen. Prüfen Sie auch den benachbarten Bewuchs, damit kein Schatten auf den Sensor fallen kann.

Auch die Sensoren für das Messen der rel. Luftfeuchtigkeit sind bei der kapazitiven Messmethode besonders staubempfindlich. Reinigen Sie den Staubfilter einmal wöchentlich mit Bürste und Wasser. Für den Blattnässefühler ist es wegen möglicher Frostschäden besser, ihn im Winter von der Wetterstation zu entfernen, da er ohnehin in dieser Zeit keine besondere Aufgabe erfüllt. Das gleiche gilt auch für das eingebaute Schalenanemometer.

### **3. Aufstellung und Standortwahl**

Eine Wetterstation soll, abgesehen von ganz speziellen Forschungsprogrammen, das allgemeine Klima erfassen, das für die nähere Umgebung im Umkreis von etwa 10 km repräsentativ ist. Gebäude, Straßen, Betonflächen, Gewässer und Baumbestände bilden

immer ein eigenes Mikroklima. Die Wetterstation sollte daher nicht dem Einflussbereich dieser "Störungen" unterliegen. Die Standortwahl läuft in der Regel auf einen Kompromiss hinaus. Im Interesse langjähriger und durchgängiger Messreihen sollte ein einmal gewählter Standort auch nicht gewechselt werden.

Die Aufstellung der agrarmeteorologischen Messstation und der einzelnen Sensoren und Messgeräte ist durch Empfehlung, Normen und Vorschriften weitgehend vorgegeben. Sie sollte nach den Richtlinien des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für automatische Klimastationen erfolgen. Danach wird das Messfeld vorzugsweise auf einer freien Grasfläche von 10 x 10 m (Minimum 6 x 6 m) untergebracht sein. Sonne sollte den ganzen Tag das Messfeld erreichen können. Gebäude oder Bäume sollten die Messung ja nicht beeinflussen können. Um davon ausgehende Strahlungs-, Temperatur- oder Staueffekte zu vermeiden, sollte der Messplatz so gewählt werden, dass diese Objekte mindestens 5 mal (optimal mehr als 10 mal) so weit vom Messfeld entfernt stehen, wie sie selber hoch sind. Natürlich sollte auf eine künstliche Be- oder Entwässerung im Bereich des Messfeldes und in seiner engeren Umgebung verzichtet werden. Da jede Wetterstation mit ihren empfindlichen Sensoren und dem wertvollen Datenspeichergerät vor unbefugten Personen geschützt werden muss, sollte der innere Bereich des Messfeldes mit den Geräten von ca. 3 x 3 m Grundfläche am besten von einer Einzäunung aus verzinkten Baustahlmatten umgeben werden. Ein Witterungseinfluss durch die Einzäunung ist dabei kaum noch zu befürchten. Bei sehr exponierter Lage sollte man auch eine Netzabdeckung nach oben wählen, damit sich keine Greifvögel oder Krähen auf die Messinstrumente setzen können.

Eine derartige Aufstellung erscheint auf die einzelne Kulturart bezogen zunächst nicht optimal. Es ist jedoch die einzig mögliche Standardisierung, um eine gemeinsame Basis sowohl bei der Entwicklung als auch bei der Anwendung entsprechender Programme und Modelle zu erhalten.

Die Station sollte in möglichst freier Lage mit Hindernis- und Horizontfreiheit auf dem Niveau der Nutzflächen des Betriebes stehen. Standorte auf Höhen oder Kuppen und in Tälern oder Senken sind zu meiden. Wichtig ist auch ein langfristig zuverlässiger Platz, damit die Station nicht nach einigen Jahren umgesetzt werden muss und dadurch ein Bruch in die Messreihen kommt. Der Boden unter der Station sollte aus einer Grasnarbe bestehen, dessen Gras kurz gehalten wird.

Der Regenschirm wird frei in einiger Entfernung ( mind. 4 m) von der Station aufgestellt, um durch Windeffekte nicht beeinflusst zu werden. Da besonders sommerliche Regenschauer flächenhaft in sehr unterschiedlicher Intensität fallen, wird bei größeren Schlägen eine Kontrollmessung in einiger Entfernung empfohlen. Die Daten können per Funk an den Datenlogger abgegeben werden. Ähnlich sollte bei ausgedehnten Kulturen auch bei der Bodenfeuchte und der Bodentemperatur verfahren werden. Diese Streuung einiger Messungen in einem großem Bestand sichert Detailkenntnisse der Witterung aus

dem Gesamtbestand und unterstützt die Verfahren im Precision Farming. Die Kosten steigen allerdings deutlich mit der Anzahl der Messstellen.

## 4. Einsatzmöglichkeiten

Der Nutzen der Wetterstation liegt einerseits in der Wetterdokumentation und den Schlüssen die aus Ernteerfolg, ackerbaulichen Maßnahmen und Witterung gezogen werden können. Andererseits lassen sich mit den Wetterdaten eine Reihe von Schaderregermodellen betreiben, die Auskunft über das augenblickliche witterungsbedingte Gefährdungspotential geben und helfen, qualifizierte Entscheidungen bei der Bestandsführung zu fällen.

So können durch die Steuerung der Beregung von Rüben und Getreide die Bewässerungskosten reduziert werden, ohne Ertragseinbußen hinnehmen zu müssen. Auch im Obst- und Weinbau ermöglichen langjährige Wetterstatistiken und die Aussagen momentaner individueller Schaderregerprognosen die Feinabstimmung des Spritzplans. So wird nicht nur die Lebensmittelproduktion transparenter, sondern es lässt sich die Notwendigkeit der durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen auch nachträglich noch dokumentieren. Umweltschutz bei gleichzeitiger Kostenersparnis und Ertragssicherung ist so möglich. Zusätzlich vermehren sich die Kenntnisse über das Verhalten der einzelnen Kulturschläge und führen zu einem qualifizierterem Entscheidungswissen der Betriebsführung.

### 4.1 Wetterdokumentation

Allein schon die zuverlässige Aufzeichnung der Witterung kann dem Landwirt bei seiner Betriebs- oder Bestandsführung helfen. In Verbindung mit der Schlagkartei können die einzelnen Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen besser beurteilt werden. Ähnliches gilt auch für Beregungseinsätze und Erntetermine. Auch später festgestellte Ertragsschwankungen lassen sich leichter interpretieren und können als Erfahrungswerte in die GPS unterstützten Arbeitsverfahren integriert werden.

Eine finanzielle Bewertung dieser Vorteile ist nicht einfach. Ob die Kosten einer automatischen Wetterstation durch die Wissensvorteile gedeckt werden können oder sogar zu einem finanziellen Vorteil führen, lässt sich nicht generell positiv beantworten, da es sicher auch vom Reaktionsbereitschaft und den Maßnahmen des Landwirts abhängt. In einigen Produktionszweigen mit Spezialkulturen (Wein, Erdbeeren, Obst oder Gemüse) hat sich jedoch der Einsatz von Wetterstationen allein bei der Überwachung kritischer Witterungszustände wie Frost oder Bodenbodenfeuchte als unverzichtbares Hilfsmittel

erwiesen. Auch im Marktfruchtbau wird es im Rahmen des integrierten Pflanzenschutzes zunehmend erforderlich, zeitlich exaktere und ortsspezifischere Kenntnisse der ablaufenden Witterung zu gewinnen, um einen gezielten, umweltverträglichen Pflanzenschutz zu gewährleisten. Das Wissen über das Verhalten von Schadinsekten und um die Infektionsgefährdung bei Schadpilzen haben deutlich zugenommen und sind in Feldversuchen erprobt, so dass bei einer gezielten Auswertung und Risikobewertung der gemessenen Wetterdaten der Nutzen beträchtlich und die Umweltentlastung spürbar sein dürften. Um über Computerprogramme derartige Schaderregerprognosen aus den Daten herauszufiltern müssen recht genaue Messungen auch - oder gerade - aus dem Bestand in zeitlich hoher Auflösung (max. 1. Stunde) vorliegen und unverzüglich ausgewertet werden. Dies bedingt eine rasche Datenübermittlung vom Datalogger zum PC (möglichst Online oder täglich) und den Einsatz spezieller Auswerteprogramme.

Neben dem breiten Einsatz zur Kontrolle der Umweltbedingungen im Ackerbau (Getreide- und Hackfrucht) bietet sich in breitem Maße ein Einsatz an beim Frostschutz im Obstbau, der Obstreifeprüfung, bei der Bekämpfung des Blütenfrostes im Erdbeeranbau oder bei der Folienkontrolle im Spargelanbau. Daneben lässt sich eine agrarmeteorologische Wetterstation immer noch erweitern, um nebenbei mit speziellen Sensoren die Kontrolle des Stallklimas bei der Geflügel- oder Schweinehaltung zu erfassen und zu regeln.

## **4.2 Schaderregerprognosen**

Schaderreger entwickeln sich entsprechend der Bestandswitterung. Teilweise treten sie auch außerhalb des Bestandes auf und finden dann witterungsbedingt im Bestand gute Entwicklungsmöglichkeiten. Von einer großen Zahl der Schaderreger sind der Lebenszyklus und die witterungsbedingte Vermehrung oder das witterungsbedingte Infektionsrisiko bekannt.

Daraufhin sind für viele Schaderreger schon Prognoseverfahren als Computermodelle entwickelt worden. Diese erlauben vielfach die Angabe von Infektionsrisiken und führen unter Beachtung von Schadschwellen in der Regel zu Negativprognose. Nach der Negativprognose kann also gesagt werden, ob bis zum aktuellen Zeitpunkt witterungsbedingt mit dem Auftreten einer Krankheit oder eines Schädling gerechnet werden muss. Damit wird so manche prophylaktische Maßnahme zur Pflanzenbehandlung überflüssig. Dies spart Kosten und schützt die Umwelt.

Ziel des Aufbaus einer Wetterstation sollte also sein, umweltschonende Verfahren in die landwirtschaftliche Entscheidungspraxis einzuführen, die auf gemessenen Wetterinformationen basieren, um dann Simulationsmodelle für den Befall oder das Infektionsrisiko abschätzen zu können. Die Verwendung von Wetterdaten einer fernab liegenden Wetterstation gibt zwar einen generellen Eindruck dessen, worauf man sich

hinsichtlich der Pflanzenschutzmaßnahmen einrichten muss, der aktuelle Gefährdungsstand des eigenen Bestands wird dabei jedoch nicht berücksichtigt. Zur qualifizierten Beurteilung eines Bestandes ist es Voraussetzung, dass die eigenen Bestandsdaten in das Modell importiert und dort verrechnet werden können. Software der Wetterstation und Modellsoftware zur Schaderregerprognose müssen also aufeinander abgestimmt sein. Diesem Punkt kompatibler Datenformate muss bereits beim Kauf einer Wetterstation Rechnung getragen werden.

Prognoseprogramme gibt es heute von mehreren Softwarehäusern. Für den landwirtschaftlichen Bereich haben neben dem Programmpaket „AMBER“ des Deutschen Wetterdienstes, das lediglich dienstintern verwendet wird und dessen Ergebnisse im Internet unter [www.agrowetter.de](http://www.agrowetter.de) eingesehen werden können. Nähere Informationen sind auf der Seite [www.agrarmet.de](http://www.agrarmet.de) aufgeführt. Die Auswertung von Wetterdaten für den Pflanzenschutz der Länderdienste (z.B. [www.isip.de](http://www.isip.de)) stellen einen Teil der offiziellen Pflanzenschutzberatung dar. Von den vornehmlich über den Handel öffentlich zugänglichen Programmen besitzen „Pro Plant“ (Fa. Pro Plant, Münster, Deutschland) und „Met 9 Win“ bzw. „µMetos“ (Fa. G. Pessl, Weiz, Österreich) die größte Anwendungsverbreitung. Mit den Softwarepaketen „Getlaus01“ für die Prognose der Populationsdichte von Blattläusen im integrierten Pflanzenschutz und mit „SWAT V5.1“ für das Auftreten der Kleinen Kohl-, der Möhren- und der Zwiebelfliege für den Pflanzenschutz im ökologischen Landbau hält auch die Biologische Bundesanstalt ([www.bba.de](http://www.bba.de)) Softwarepakete zum Download zur Verfügung.

Folgende Prognosebereiche können von verschiedenen Programmen abgedeckt werden:

Obstbau	Pilzkrankheiten, Schädlinge, Pflückreife, Frostwarnung
Raps	Pilzkrankheiten, Beregnung, Schädlinge
Zuckerrüben	Blattkrankheiten, Beregnung
Mais	Unkrautentwicklung, CCM-Reife
Getreide	Pilzkrankheiten, Schädlinge, Beregnung, Kornfeuchte, Qualitäten
Kartoffeln	Pilzkrankheiten, Schädlinge, Beregnung
Weinbau	Pilzkrankheiten, Schädlinge
Gemüseanbau	Pilzkrankheiten, Beregnung, Kohl- und Möhrenfliege
Grünland	Ertrag, Siloreife, Beregnung
Forst	Waldbrandgefährdung,

Entsprechend der witterungsbedingten Entwicklung der Schaderreger arbeiten alle Prognoseprogramme mit den Witterungsdaten zurückliegender Perioden. Eine verlässliche und kontinuierliche Aufzeichnung der Wetterdaten ist also eine Grundvoraussetzung für den Einsatz der Prognoseprogramme. Die Prognose kann jedoch auch die Witterung der kommenden Tage mit einschließen. Wer Prognosen für die zukünftigen Tage haben will, muss örtliche Wettervorhersagedaten in seine

Prognoseprogramme einfügen. Derartige landwirtschaftlich relevanten Wetterprognosen hält z.B. der Deutsche Wetterdienst bereit oder sind über das Internet zu beziehen. Die zuständigen landwirtschaftlichen Ansprechpartner sind in der Tabelle 1 und Informationsquellen über das Wetter per Fax sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Auch die Bauernverbände und Landwirtschaftsämter stellen Wetterinformationen Fax- und Internetdienst bereit.

**Tabelle 1:** Wetterinformationen für die Landwirtschaft

Bundesland	Ansprechpartner
Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Mecklenburg- Vorpommern, Schleswig-Holstein	<b>Geschäftsfeld Landwirtschaft</b> Aussenstelle Schleswig Regenpfeiferweg 9 24837 Schleswig Tel.: 04621 / 95 11 11 Fax: 04621 / 95 11 14 E-Mail: <a href="mailto:lw.schleswig@dwd.de">lw.schleswig@dwd.de</a>
Berlin, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen	<b>Geschäftsfeld Landwirtschaft</b> Aussenstelle Halle Am Donnersberg 12 06120 Halle/Saale Tel.: 0345 / 558 19 0 Fax: 0345 / 558 19 29 E-Mail: <a href="mailto:lw.halle@dwd.de">lw.halle@dwd.de</a>
Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland- Pfalz, Saarland	<b>Geschäftsfeld Landwirtschaft</b> Aussenstelle Geisenheim Kreuzweg 25 65366 Geisenheim Tel.: 06722 / 99 61 0 Fax: 06722 / 99 61 41 E-Mail: <a href="mailto:lw.geisenheim@dwd.de">lw.geisenheim@dwd.de</a>
Bayern Baden-Württemberg	<b>Geschäftsfeld Landwirtschaft</b> Aussenstelle Weißenstephan Bachstr. 7 85406 Zolling Tel.: 08167 / 69 74 0 Fax: 08167 / 69 74 50 E-Mail: <a href="mailto:lw.weihenstephan@dwd.de">lw.weihenstephan@dwd.de</a>

**Tabelle 2:** Wetterinformationen für die Landwirtschaft aus den verschiedenen Regionen

<b>Landwirtschaftsregion</b>	<b>Telefonansage Agrarwetter*</b>	<b>Faxabruf Agrarwetter*</b>
Schleswig-Holstein-Nord (nördlich des Nord-Ostsee-Kanals)	0190 1154 01	0190 1926 50
Schleswig-Holstein-Süd und Hamburg (südlich des Nord-Ostsee-Kanals)	0190 1154 02	0190 1926 51
Niedersachsen-West u. Bremen (Kammerbezirk Oldenburg)	0190 1154 03	0190 1926 52
Niedersachsen-Ost (Kammerbezirk Hannover)	0190 1154 04	0190 1926 53
Küstenbereich von Mecklenburg-Vorpommern. (ca. 20-30 km landeinwärts)	0190 1154 05	0190 1926 54
Mecklenburg (westliches Binnenland von Mecklenburg- Vorpommern)	0190 1154 06	0190 1926 55
Vorpommern (östliches Binnenland v. Mecklenburg-Vorpommern)	0190 1154 07	0190 1926 56
Brandenburg-Nord (nördlich der Linie Brandenburg bis Frankfurt/Oder)	0190 1154 08	0190 1926 57
Brandenburg-Süd (südlich der Linie Brandenburg bis Frankfurt/O.)	0190 1154 09	0190 1926 58
Berlin	0190 1154 11	0190 1926 59
Altmarkt	0190 1154 12	0190 1926 60
Sachsen-Anhaltinische Bördegebiete u. Leipziger Tiefland	0190 1154 13	0190 1926 61
Sächsisches Hügelland und Oberlausitz	0190 1154 14	0190 1926 62
Thüringer Becken u. Hügelland	0190 1154 15	0190 1926 63
Nordrhein-Westfalen	0190 1154 19	0190 1926 67
Hessen	0190 1154 21	0190 1926 69
Rheinland-Pfalz u. Saarland	0190 1154 24	0190 1926 72
Rheintal, Kraichgau, mittlerer Neckar u. Bauland	0190 1154 25	0190 1926 73
Oberer Neckar, Hohenlohe, Albvorberge, Bodensee und Oberschwaben	0190 1154 26	0190 1926 74
Schwarzwald, Baar und Schwäbische Alb	0190 1154 27	0190 1926 75
Nordbayern mit Bayerischen Wald	0190 1154 28	0190 1926 76
Südbayern m. Donaauraum	0190 1154 29	0190 1926 77

\* kostenpflichtig 0,62 €/Min

Eine weitere Informationsquelle stellt das Internet dar. Werden aus dem Internet von meist kostenfrei zugänglichen Seiten ortsbezogene Wettervorhersagen entnommen, so sind sie nicht speziell für die Landwirtschaft aufbereitet. Man muss bedenken, dass diese frei

verfügbaren Wettervorhersagen für alle Zwecke dienen und damit keine bestandsgerechten Daten widerspiegeln und (leider ohne nähere Erklärungen oder Hinweise) in der überwiegenden Zahl der Fälle unkontrollierte Ergebnisse von Wettervorhersagemodellen aus der näheren oder weiteren Umgebung mit einer folglich nicht sehr hohen Trefferquote darstellen. Für den Gebrauch in den sehr empfindlich reagierenden Schaderregermodellen sind diese Daten daher kaum geeignet und können zu vom Prognosemodell nicht beabsichtigten Fehlschlüssen führen.

### 4.3 Düngungsmodelle

Eine exakte Bemessung der Stickstoffdüngung im Rahmen der optimalen Intensität liegt im ökonomischen und ökologischen Interesse jedes Landwirts. Die mikrobielle Umsetzung im Boden ist eng mit den klimatischen Bedingungen verknüpft. Unter günstigen Temperatur- und Wasserverhältnissen werden organische Bestandteile unter anderem zum leicht pflanzenverfügbaren Nitrat abgebaut. Gleichzeitig muss das Pflanzenwachstum mit dem entsprechenden Nährstoffentzug mathematisch simuliert werden.

Die Entwicklung von Düngungsmodellen stagnierte in der letzten Zeit etwas. An der TU-München wurde ein Simulationsmodell für die herbstliche und winterliche Stickstoffdynamik entwickelt, das unter Microsoft WINDOWS läuft. Aus Wetterdaten und Bodenverhältnissen können die verfügbaren Stickstoffvorräte im Frühjahr kalkuliert werden. So ist der Ansatz für eine gezielte Startgabe gegeben.

Unter dem Namen HERMES ist an der TU Braunschweig ein ähnliches Modell als Computerprogramm entwickelt worden (Kersebaum/Richter). Diese Modelle wurden in der Praxis erfolgreich am  $N_{\min}$ -Verfahren getestet. Wer Früherkennung und Prognose von Stoffverlagerungen in Böden auf den Datengrundlagen des Bodeninformationssystems interessiert ist, sollte sich den Resultaten von HERMES anvertrauen. (GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit)

Ein Programm zur N-Optimierung nach abgelaufenen Klimadaten wurde an der Universität Kiel am Institut für Pflanzenbau entwickelt (Hanus/Schoop). Hier wurde aus langen Datenreihen, die auf ca. 20 Erfahrungsjahren für verschiedene Düngungsmuster basieren, die optimalen Aufwandmengen und die Aufteilung in unterschiedliche Gaben abgeleitet. Dieses Modell N-PROG wurde auf dem Versuchsfeld der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein im Sönke-Nissen-Koog (Marsch) erfolgreich getestet. Die erzielten Erträge bei den empfohlenen N-Gaben lagen deutlich über den anderen Bestandesführungsmodellen. Die Ergebnisse für den eigenen Ackerschlag können im Modellsystem N-PROG nach Dateneingabe über Internet abgerufen werden. Dazu muss jedoch ebenfalls gemessen werden.

Aus den intensiven wissenschaftlichen Arbeiten zur Ammoniakverflüchtigung nach einer Gülledüngung sind sicher auch ähnliche Korrelationen zur Folgewitterung abzuleiten. Damit ist dann die erforderliche Ergänzungsdüngung kalkulierbar. Die Arbeiten an Düngemodellen dürften nach verbreiteter Einführung des „Precision Farming“ stark ausgebaut werden.

#### **4.4 Bewässerungsprognose**

Alle Kulturpflanzen sind auf eine ausreichende Wasserversorgung angewiesen. Vor allem auf den leichten Böden ist eine Zusatzberegnung besonders bei den intensiven Kulturen wie Kartoffeln oder Rüben angebracht. Den rechtzeitigen Einsatz steuern heute Prognoseprogramme, bei denen es sich meistens um eine Abschätzung der klimatischen Wasserbilanz unter Berücksichtigung einiger Bodenfaktoren handelt. In den meisten Fällen sind für den Betrieb der Modelle neben den Standardmesswerten weitere Spezialwerte durch die Wetterstation zu erfassen (Strahlung, Verdunstungsleistung der Luft, Bodenfeuchte). Diese Messwertsensoren verteuern die Wetterstation ganz erheblich, so dass derartige Beregnungsprognoseprogramme fast ausschließlich bei beregnungswürdigen Kulturen auf trockenen Standorten und auf Golfplätzen eingesetzt werden.

#### **4.5 Ernteprognose**

Phänologische Vorhersagen der Milchreife und Totreife von Mähdruschfrüchten sind bei einer kontinuierlichen Wetteraufzeichnung im Bestand möglich und erlauben sogar eine Prognose bis zu 7 Tagen. Mit Eintreten der Totreife werden Prognosen zur Körnerfeuchte angegeben. Auch eine Abschätzung der Lagerfähigkeit und des Trocknungsaufwandes oder der Kühlungsbelüftung sind möglich. Mähdruschfrüchte können pro Tag bis zu 3 % Feuchtigkeit verlieren. Der richtige Einsatzzeitpunkt des Mähdreschers war bislang häufig nur durch einen Probedrusch zu ermitteln. Prognoseprogramme zur Abtrocknung der Pflanzen durch Messung von Luftfeuchte, Lufttemperatur, Verdunstungsrate (Sonnenscheinenergie) und Windgeschwindigkeit können den Einsatz der Erntemaschine optimieren.

### **5. Wirtschaftlichkeit**

Die Wirtschaftlichkeit einer agrarmeteorologischen Station hängt von vielen Faktoren ab. Die Kostenseite ist aus Abschreibung, Zinsanspruch, Versicherung und Wartung

überschaubar. Der Nutzen hängt aber wesentlich vom Betreiber ab. In Sonderkulturen ist die Verwendung von agrarmeteorologischen Messstation teilweise bereits unabdingbar und es lassen sich bereits deutlich mehr Prognosemodelle anwenden als im extensiven Marktfruchtbau. Auch die Sicherheit der Prognoseaussagen muss durch einzelbetriebliche Faktoren (technische Ausstattung, Schlagkraft) relativiert werden. In der Vermarktung zum Endverbraucher kann die Wetterstation auch schon ein Aushängeschild für den umweltbewussten Betrieb darstellen.

### **Kosten:**

Investitionskosten 3 500,-- € bis 15 000,-- € pro Station incl. PC-Software

Jahreskosten (bei einem Anschaffungspreis	8.000,-- €):
20 % AfA	1.600,-- €
Zinsanspruch 5 %	400,-- €
Versicherung, Wartung, Strom etc	<u>500,-- €</u>
	2.500,-- €

### **Nutzen:**

Durch optimalen Pflanzenschutzinsatz, gezielte Düngung oder termingerechte Raufutter- und Körnerernte sind der agrarmeteorologischen Station und den angeschlossenen Software (Prognosemodelle) vielleicht 12,-- €/ha an Mehrertrag und Kosteneinsparungen zuzutragen. Allerdings stellt das hohe Ansprüche an den Betreiber. Wer sich diese Interpretation zutraut, kann also schon ab etwa 100 ha eine Wetterstation rechtfertigen.

Die vielfach konservativen Klimadaten wie Temperatur oder Feuchte, eingeschränkt aber auch Wind können in der Regel auf Flächen in einem 15 km Umkreis übertragen werden. Damit bietet sich ein überbetrieblicher Einsatz an. Das gilt jedoch nicht für den Niederschlag und für Bodendaten.

Die Teilnahme an einem überbetrieblichen Einsatz von agrarmeteorologischen Wetterstationen könnte sich für jeden einzelnen Landwirt als besonders lohnend erweisen, wenn sich mehrere Landwirte einer Region gemeinsam mit Maschinenringen, Lohnunternehmern, Landwirtschaftskammern und Pflanzenschutzämtern gleichwertig ausstatten, gemeinsamen mit dem Wetterdienst sowie den Herstellern der Anlagen die Aufstellung und Wartung sichern und in einem Netzwerk-Verbund die Daten jedem Beteiligten zur Verfügung stellen. Durch die eigene Auswertung des Witterungsrisikos auch von Stationen aus der Umgebung kann ein besonders breiter Nutzen aus dem Betrieb einer einzelnen Wetterstationen gezogen und eine schlagkräftige Kooperation mit Maschinenring oder Lohnunternehmer aufgebaut werden. Als Kommunikationsmedium bietet sich eine geschlossene Nutzergruppe im Internet an. Mit dieser flächigen Betrachtung der Daten würden auch Niederschlag und Bodendaten den ihnen gebührenden Stellenwert zugewiesen bekommen und besser nutzbar sein.

## 6. Zusammenfassung

Agrarmeteorologische Messstationen können eine wertvolle Entscheidungshilfe im Sinne des Integrierten Pflanzenbaus sein. Teilweise sind sie bei Steuerungsprozessen im Spezialanbau (Beregung, Mehltaubekämpfung, Septoria-Überwachung) schon jetzt unverzichtbar. Für den Landwirt werden von verschiedenen Firmen Komplettstationen angeboten. Dabei sind die Messsensoren teilweise gegen Sensoren anderer Hersteller (Empfindlichkeit, Haltbarkeit) austauschbar. Die vielen Ausstattungsvarianten erfordern allerdings klare Vorstellungen des Betreibers zum späteren Einsatz und zu den Erwartungen an die Aussagekraft. Die Technik ist noch in der permanenten Weiterentwicklung. Die Jahreskosten einer zuverlässigen Station sind mit 2.500,- € anzusetzen.

Die Auswertung der Messdaten in Form agrarmeteorologischer Überwachungs- oder Prognosesoftware ist nicht bei allen Herstellern gegeben. Auf abgestimmte Datenformatierungen für einen Datenimport in derartige Anschlusssoftware sollte die Datenverarbeitung der Wetterstationssoftware jedoch ermöglichen. Auch die Software zur Datendarstellung und klimatologischen Auswertung sowie der Einsatz von Prognosemodellen befinden sich in permanenter Entwicklung, Verbesserung und im weiteren Ausbau. Ein vergrößerter Nutzen ist erst durch vor Ort gemessene agrarmeteorologische Daten so richtig möglich. Der Beweis uneingeschränkter Praxistauglichkeit der Prognosemodelle steht jedoch in einigen Fällen noch aus. Die agrarmeteorologische Anschlussauswertung gewinnt aber zunehmend an Zuverlässigkeit und gibt wertvolle Hinweise auf die Bestandspflege – insbesondere, wenn auch Daten aus der näheren Umgebung oder aus der Region durch eine Vernetzung der Messstationen Berücksichtigung finden können.

Prognoseprogramme sollte man nur kaufen, wenn dazu Einsatzergebnisse nachgewiesen werden können. Teilweise kommen diese im Handel befindlichen Programme auch aus dem Ausland (USA, England, Holland, Italien), so dass eine Übertragbarkeit auf die klimatischen und ackerbaulichen Verhältnisse unserer Region nicht immer gegeben ist. Auch sollte sichergestellt sein, dass eine Anpassung der Beratungssoftware an neuesten Stand der Forschungsergebnisse aus der Biologischen Bundesanstalt, der phytopathologischen Universitätsinstitute oder der Forschungsanstalt für Landwirtschaftspraxis erfolgt. Nach der wissenschaftlichen Erarbeitung und Überprüfung der Prognoseverfahren fehlt leider vielfach noch die Bewährung in der Praxis. Hier wie auch bei der Koordinierung von Netzwerken für die Messung agrarmeteorologischer

Witterungsdaten wäre ein staatlicher Anschlag und eine Begleitung umweltpolitisch wünschenswert.

## 7. Herstellerverzeichnis

Die nachfolgende Liste mit Herstellern oder Händlern von einzelnen Messwertgebern oder kompletten Stationen und PC-Programmen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Ordnung erfolgte nicht nach Marktbedeutung, sondern alphabetisch.

### **ADCON Telemetry AG**

Bernd Hartmann  
Kirchstrasse 13  
D-67344 Neustadt a.d.W.  
Tel.: 06321 – 48 26 30 / 0172–6220640  
Fax: 06321 – 48 26 31  
WEB: [www.adcon.com](http://www.adcon.com)  
e-mail: [b.hartmann@adcon.at](mailto:b.hartmann@adcon.at)

### **CONRAD Elektronik G.m.b.H.**

Klaus-Conrad-Str. 1  
D-92240 Hirschau  
Tel.: 0180-5 31 21 11  
Fax: 0180- 5 31 21 10  
WEB: [www.conrad.de](http://www.conrad.de)

### **G.K.Walter Eigenbrodt**

-Umweltmesstechnik -  
(Vaisala-Distributor)  
Baurat-Wiese-Strasse 68  
21255 Königsmoor  
Tel.: 04180 – 732  
Fax: 04180 – 259  
WEB: [www.eigenbrodt.de](http://www.eigenbrodt.de)  
e-mail: [goto@eigenbrodt.de](mailto:goto@eigenbrodt.de)

### **Ottmar Feger**

Hardware & Software Verlag  
Herzog-Wilhelm-Str. 11  
D-83278 Traunstein  
Tel.: 0861 – 1 52 18  
Fax: 0861 – 1 53 26  
WEB: [www.otmar-feger.de](http://www.otmar-feger.de)  
e-mail: [ofeger@t-online.de](mailto:ofeger@t-online.de)

### **Althen Meß- und Sensortechnik**

Frankfurter Str. 150 – 152  
65779 Kelkheim/Taunus  
  
Tel.: 06195 – 70 06 0  
Fax: 06195 – 70 06 66  
WEB: [www.althen.de](http://www.althen.de)  
e-mail: [verkauf@alten.de](mailto:verkauf@alten.de)

### **EcoTech Umwelt Messsysteme GmbH**

Nikolausstr. 7  
53129 Bonn  
Tel. 0228 – 61 47 99  
Fax 0228 – 61 48 86  
WEB: [www.ecotech-bonn.de](http://www.ecotech-bonn.de)

### **F & C GmbH**

Boldebucker Weg 1  
18276 Gülzow  
  
Tel. 03843-68 21 14  
Fax 03843-69 00 27  
WEB: [www.mvnet.de/F&C](http://www.mvnet.de/F&C)  
e-mail: [fundc@t-online.de](mailto:fundc@t-online.de)

### **Feingerätebau K. Fischer G.m.b.H.**

Venusberger Str. 24  
09430 Drebach  
  
Tel.: 037341 – 487 15  
Fax: 037341 – 487 30  
WEB: [www.fischer-barometer.de](http://www.fischer-barometer.de)  
e-mail: [info@fischer-barometer.de](mailto:info@fischer-barometer.de)

**Theodor Friedrichs & CO.**

Borgfelde 6  
 22869 Schenefeld  
 Tel.: 040 – 830 600 0  
 Fax: 040 – 830 600 18  
 WEB: [www.th-friedrichs.com](http://www.th-friedrichs.com)  
 e-mail: [info@th-friedrichs.com](mailto:info@th-friedrichs.com)

**Hörmann Hauptverwaltung Stade**

Robert-Bosch-Str. 11  
 D-21684 Stade  
 Tel.: 04141 – 5 23 02  
 Fax: 04141 – 6 30 49  
 WEB: [www.hoermann-stade.de](http://www.hoermann-stade.de)  
 e-mail: [info@hoermann-stade.de](mailto:info@hoermann-stade.de)

**Hoffmann Messtechnik GmbH**

Schloßstraße 32  
 69231 Rauenberg  
 Tel.: 06222 – 61 26 6  
 Fax: 06222 – 61 24 2  
 WEB : [www.hmm.de](http://www.hmm.de)  
 e-mail: [hmt@hmm.de](mailto:hmt@hmm.de)

**Wilh. Lambrecht GmbH**

Friedländer Weg 65-67  
 37085 Göttingen  
 Tel. 0551-4958-0  
 Fax 0551-4958-312  
 WEB: [www.lambrecht.net](http://www.lambrecht.net)  
 e-mail: [info@lambrecht.net](mailto:info@lambrecht.net)

**Meteolabor Deutschland GmbH**

Vogelleithe 10  
 D-91341 Röttenbach  
 Tel.:09195 – 94 87 60  
 Fax: 09195 – 94 87 69  
 WEB: [www.meteolabor.de](http://www.meteolabor.de)  
 e-mail: [michael@meteolabor.de](mailto:michael@meteolabor.de)

**Pessl Instruments G.m.b.H.**

Werksweg 107  
 A-8160 Weiz  
 Österreich  
 Tel. 0043-3172-55 21 0  
 Fax 0043-3172-55 21 23  
 WEB: [www.metos.at](http://www.metos.at)  
 e-mail: [gottfried.pessl@metos.at](mailto:gottfried.pessl@metos.at)

**GWU Umwelttechnik**

Talstraße 3  
 50374 Erftstadt  
 Tel.: 02235 – 95 52 20  
 Fax: 02235 – 75 63 2  
 WEB: [www.gwu-group.de](http://www.gwu-group.de)  
 e-mail: [info@gwu-group.de](mailto:info@gwu-group.de)

**HUGER Electronics GmbH**

Niederwiesenstraße 28  
 78050 Villingen  
 Tel: 07721 / 20 03 89  
 Fax: 07721 / 20 03 389  
 WEB: [www.huger.de](http://www.huger.de)  
 e-mail: [marketing@huger.de](mailto:marketing@huger.de)

**Franz Ketterer Feinmechanik**

79294 Sölden bei Freiburg  
 Tel.:0761 – 40 37 84  
 Fax 0761 – 40 94 61  
 WEB: [www.ketterer.net](http://www.ketterer.net)  
 e-mail: [mail@ketterer](mailto:mail@ketterer)

**Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH**

Gutenbergstr. 20  
 D-70736 Fellbach  
 Tel. 0711-51 82 20  
 Fax 0711-51 82 24 1  
 WEB: [www.lufft.de](http://www.lufft.de)  
 e-mail: [info@lufft.de](mailto:info@lufft.de)

**Mulder-Hardenberg G.m.b.H.**

Nordring 13  
 65719 Hofheim  
 Tel.: 06192 – 979 185  
 Fax: 06192 – 979 187  
 WEB: [www.mulderhardenberg.de](http://www.mulderhardenberg.de)  
 e-mail: [info@mulderhardenberg.de](mailto:info@mulderhardenberg.de)

**Reinhardt System- und**

Messelectronic G.m.b.H.  
 Bergstr. 33  
 86911 Diessen-Obermühlhausen  
 Tel.: 08196 – 70 01  
 Fax: 08196 – 70 05 und 14 14  
 WEB: [www.reinhardt-testsystem.de](http://www.reinhardt-testsystem.de)  
 e-mail: [reinhardt@compuserve.com](mailto:reinhardt@compuserve.com)

**Texas Weather Instruments, Inc,**  
5942 Abrams Road, # 113  
Dallas, Texas 75243  
WEB: [www.texas-weather.com](http://www.texas-weather.com)  
e-mail: [txwxinfo@txwx.com](mailto:txwxinfo@txwx.com)

**Thies GmbH & CO. KG**  
Hauptstr. 76  
37025 Göttingen  
Tel. 0551-79 00 10  
Fax 0551-79 00 165  
WEB: [www.thiesclima.com](http://www.thiesclima.com)  
e-mail: [info@thiesclima.com](mailto:info@thiesclima.com)

**TOSS G.m.b.H.**  
Max-Eyth-Allee 104  
14469 Potsdam-Bornim  
Tel: 0331-50 48 53  
WEB: [www.toss.de](http://www.toss.de)  
e-mail: [b.thinius@toss.de](mailto:b.thinius@toss.de)

**UP Umweltanalytische Produkte GmbH**  
Am Technologiepark 1  
03009 Kolkwitz  
Tel.: 0355 – 78 41 43 0  
Fax: 0355 – 78 41 43 5  
WEB: [www.upgmbh.com](http://www.upgmbh.com)  
e-mail: [up.cb@t-online.de](mailto:up.cb@t-online.de)

**Umwelt-Geräte-Technik G.m.b.H.**  
Eberswalder Straße 84 a  
15374 Müncheberg  
Tel.: 033432 – 89 57 5  
Fax: 033432 – 89 57 3  
WEB: [www.ugt-online.de](http://www.ugt-online.de)  
e-mail: [UGT-GmbH@t-online.de](mailto:UGT-GmbH@t-online.de)

**UTK Klima Consult G.m.b.H**  
Platanenweg 45  
D-06712 Zeitz  
WEB: [www.utk-klima.com](http://www.utk-klima.com)  
e-mail: [utk-zeitz@t-online.de](mailto:utk-zeitz@t-online.de)

**VTS Videotechnik Selhuber G.m.b.H.**  
Am Königholz-Ost 4  
85411 Eglhausen  
Tel.: 08166 – 67 64 0  
Fax: 08166 – 67 64 49  
WEB: [www.vts-gmbh.com](http://www.vts-gmbh.com)  
e-mail: [infi@vta-gmbh.com](mailto:infi@vta-gmbh.com)

**Walz GmbH**  
Eichenring 6  
91090 Effeltrich  
Tel. 09133-871  
Fax 09133-5395  
WEB: [www.walz.com](http://www.walz.com)  
e-mail: [info@mail.walz.com](mailto:info@mail.walz.com)

**Wilmers Messtechnik**  
Hirschgraben 24  
22089 Hamburg  
Tel.: 040 – 75 66 08 98  
Fax: 040 – 75 66 08 99  
WEB: [www.wilmers.com](http://www.wilmers.com)  
e-mail: [info@wilmers.com](mailto:info@wilmers.com)

Bei dem sich rasch vollziehenden Wandel der technischen Gegebenheiten für automatisch registrierende Wetterstationen kann eine tabellarische Zusammenstellung mit dem derzeitigen Marktangebot für Wetterstationen kaum sinnvoll sein. Eine gute, fachlich sehr meteorologisch ausgerichtete, stets aktualisierte Internet-Datenbank ([www.meteo-technology.com](http://www.meteo-technology.com)) gibt eine umfassende Auskunft und Übersicht über Sensoren und Hersteller. Aus diesem Grunde soll anstelle eines Marktangebots hier lediglich eine Check-Liste angeführt werden, mit der es möglich sein sollte, den eigenen Bedarf zu erkunden und die Angebote verschiedener Hersteller zu vergleichen. Da häufig Messfühler anderer Hersteller alternativ zugekauft und in ein Messsystem integriert werden können

und damit die Ausstattung einer Station mit u.U. qualitativ hochwertigerer Sensortechnik erheblich verändert (bzw. verbessert) werden kann, sollte diese Option des Einsatzes alternativer Systemkomponenten stets mit abgeprüft werden.

Die Auslegung einer automatisch registrierenden agrarmeteorologischen Wetterstation richtet sich in erster Linie nach dem Einsatzgebiet. Unterschiedliche Messsensorik ist anzuwenden im Marktfruchtbau, im Grünlandbetrieb oder im Spezialanbau wie Spargel, Obst, Wein oder andere Beerenfrüchte. Eine etwas umfassendere Übersicht über mögliche Anforderungen an eine Wetterstation ist in Tabelle 3 aufgeführt. Eine Abfrage dieser Checkliste bei Anbietern von Wetterstationen kann eine aktuelle Übersicht über die Leistungsfähigkeit der Station vermitteln und kann zugleich als Auswahlliste unter verschiedenen Stationen dienen. Voraussetzung dabei ist, dass sich der künftige Betreiber über die für seine Belange (Betriebszweige) unbedingt zu messenden Wetterkomponenten als Minimumanforderung an die Station Klarheit verschafft hat.





## 8. Literatur und Informationsquellen

- Ahlers, Doris: Rapskrankheiten - erkennen und einschätzen, DLG-Mitteilungen, Heft 5, Sonderseiten 1-8, 1989
- BBA Modelle Getlaus, SWAT, Biologische Bundesanstalt, Braunschweig, 2001
- Deutscher Wetterdienst: Merkblatt Agrarmeteorologische Messstationen
- Deutscher Wetterdienst: Nutzung von automatischen Wetterstationen im landwirtschaftlichen Betrieb
- Deutscher Wetterdienst: Richtlinie für Automatische Klimastationen  
Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main, Juni 1993
- Engel, T. u. Reiner, L.: Stickstoff im Frühjahr nicht messen, sondern berechnen, DLG-Mitteilungen, Heft 1, S. 12-15, 1990
- Gröhlich, Georg Modellierung, Realisierung und Validierung eines offenen Managementsystems für agrarmeteorologische Messdaten  
Dissertation, 2001, Weihenstephan
- Hoppmann, D. u. Dannecker W.: Wetterautomaten im Weinbau, Anspruch und Wirklichkeit, Der Deutsche Weinbau, Nr. 10/93, S. 390-394
- Klink, Holger Geopedemische Erhebungen von Weizenpathogenen in Schleswig-Holstein unter Anwendung und Entwicklung eines Integrierten Pflanzenschutzsystems (IPS-Modell Weizen) (1993-1996)  
Dissertation, CAU zu Kiel, 1997
- Pessl, G.  $\mu$ METOS Wein,  $\mu$ METOS Obst,  $\mu$ METOS Kartoffel/Zuckerrübe  
Pflanzenschutzoptimierung durch Krankheitsprognosen.  
Hausprospekt, G. Pessl, A-8160 Weiz
- Pessl, G. MET): Biologie, Prognosemodelle, Bedienung  
Bedienungsanleitung Gottfried Pessl, A-8160 Weiz, 2001
- PRO PLANT Pflanzenschutz auf den Punkt gebracht  
Hausprospekt, Gesellschaft für Agrar- und Umweltinformatik mbH, Münster, 2000
- Schoop, P. u. Hanus, H.: Computergestütztes Prognosemodell zur Berücksichtigung der Witterung, sorten- und schlagspezifischer Parameter bei der Stickstoffdüngung im Getreidebau.  
Agrarinformatik, Informationsverarbeitung i.d. Agrarwirtschaft, Karlsruhe, Band 16, 85-94, 1989

- top agrar                      Was können elektronische Wetterstationen?  
top agrar 8/2001, top Technik S. 86-91
- VDI-Richtlinien 3786,        Blatt 13, Dezember 1993
- Volk, Th. u.a.:                Was Pro-Plant jetzt bietet, DLG-Mitteilungen 3/95,  
Sonderdruck
- WMO                            Guide to Meteorological Instruments and Methods of  
Observation  
World Meteorological Organization, WMO-No. 8, 1996
- WMO                            World Meteorological Instrument Catalogue (CD) CIMO,  
CMA, 2000  
China Meteorological Administration,  
46 Zhongguancun Nandaije, Beijeing 100081