

Udo Wittchen¹, Jürgen Schwarz¹, Eckard Moll²

Agrarmeteorologische Stationen: Vergleich der „vor Ort“ gewonnenen Wetterdaten mit denen umliegender offizieller Wetterstationen

Agricultural weather stations: Comparison of on-the-spot weather data with those from surrounding official weather stations

259

Zusammenfassung

Wetterdaten sind für die Landwirtschaft ein wichtiges Hilfsmittel. Basierend auf einer zehnjährigen Messreihe werden die auf dem Versuchsfeld des Julius Kühn-Instituts in Dahnsdorf (Landkreis Potsdam-Mittelmark, Land Brandenburg) mit Hilfe einer agrarmeteorologischen Station gewonnenen Werte mit denen umliegender Stationen und Niederschlagsmessstellen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verglichen und unter verschiedenen Gesichtspunkten statistisch analysiert.

Folgende Aussagen lassen sich ableiten:

Zwischen den Messreihen der agrarmeteorologischen Station und den umliegenden DWD-Stationen bzw. -Niederschlagsmessstellen bestehen starke Korrelationen. Die Korrelationskoeffizienten variieren in Abhängigkeit von der meteorologischen Größe, der betrachteten Zeit-Skalen sowie zwischen den jeweiligen Stationen. Bei Stundenwerten liegen sie zwischen 0,97 und 1,00 (Lufttemperatur), zwischen 0,83 und 0,86 (relative Luftfeuchte) bzw. zwischen 0,16 und 0,22 (Niederschlagshöhe). Die stärksten Zusammenhänge sind für den Gesamtzeitraum zu erkennen. Einzelne, zeitlich begrenzte Merkmale (z.B. relative Luftfeuchte vor Sonnenaufgang) unterscheiden sich dagegen teilweise erheblich voneinander.

Die Unterschiede resultieren aus der räumlichen Entfernung und der Höhenlage der Stationen sowie den Gegebenheiten ihrer unmittelbaren Umgebung (Expo-

niertheit, Bebauung, Bewuchs). Deren Einflüsse überlagern einander. Auch sie variieren in Abhängigkeit von der meteorologischen Größe.

Der Informationsgewinn einer „vor Ort“ installierten agrarmeteorologischen Station ergibt sich vor allem bei Betrachtung kleinerer Zeit-Skalen (z.B. Stunden). Die mittleren Differenzen der Lufttemperatur zwischen der agrarmeteorologischen Station und den DWD-Stationen umfassen den Wertebereich zwischen $-0,48$ K (Magdeburg) und $+0,50$ K (Wiesenburg).

Bei verdichteten Daten (Tages- bzw. Monatswerte) ist die Auswahl und Festlegung einer Repräsentativstation sinnvoll. Dass nicht immer die nahest gelegene die günstigste Station ist, zeigen die Ergebnisse des vorliegenden Vergleichs.

Bezogen auf das Versuchsfeld in Dahnsdorf lassen sich z.B. Lufttemperatur und Luftfeuchte anhand der Messwerte der entfernteren Stationen Wittenberg (28,5 km) bzw. Potsdam (40,0 km) besser abbilden als mit denen der nahe, aber exponiert gelegenen Station Wiesenburg (14,0 km). Diese meteorologischen Größen werden weniger durch die Entfernung der Stationen als durch deren Höhenlage beeinflusst.

Anderes gilt für die räumlich sehr variable Niederschlagshöhe: Bei dieser ist eine deutliche Abhängigkeit der Differenzen von der Entfernung der Stationen erkennbar. Die Tagessummen der Niederschlagshöhe können teilweise erheblich variieren: Bei einer in Dahnsdorf gemessenen Tagessumme von mindestens 2,0 mm diffe-

Institut

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow¹

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Zentrale Datenverarbeitung, Kleinmachnow²

Kontaktanschrift

Dr. Udo Wittchen, Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, Germany, E-Mail: udo.wittchen@jki.bund.de

Zur Veröffentlichung angenommen

26. April 2011

rieren 18,6% (Niemegk, 3,3 km entfernt) bis 61,2% (Magdeburg, 71,9 km entfernt) der Werte der DWD-Stationen und -Niederschlagsmessstellen um 2,0 mm und mehr von der des Versuchsfeldes. Die Häufigkeit des Überschreitens definierter Differenzen der Niederschlagshöhe (ΔRR) und die Entfernungen zwischen den Stationen lassen sich an logarithmische Funktionen mit hohem Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,90 \dots 0,94$) anpassen.

Mögliche Einflüsse der mesoklimatischen Unterschiede zwischen einer großräumig landwirtschaftlich genutzten (Versuchsfeld Dahnsdorf) und einer durch Bebauung beeinflussten Fläche (DWD-Stationen) auf Ergebnisse mathematisch-numerischer Modelle (Befall, Wachstum, Ertrag bzw. meteorologische Parameter) müssen in einer späteren Untersuchung analysiert werden.

Stichwörter: Wetter, Klima, agrarmeteorologische Station, Vergleich der Wetterdaten, statistische Maßzahlen

Abstract

Weather information are important tools for agriculture. Weather data obtained over ten years at the experimental field of the Julius Kühn-Institut in Dahnsdorf (Potsdam-Mittelmark rural district, federal Land of Brandenburg) were compared with those from surrounding official weather and precipitation stations of Deutscher Wetterdienst (Germany's official meteorological service). The results were statistically analyzed from various points of view and using different methods.

The following conclusions were drawn:

In general, weather data from the agricultural weather station and from the surrounding official weather and precipitation stations are closely correlated. Correlation coefficients depend on the meteorological parameter itself, the time interval under investigation and the station. Hourly values show coefficients of 0.97 to 1.00 (air temperature), 0.83 to 0.86 (relative humidity) and 0.16 to 0.22 (precipitation). The strongest correlations are found in particular for the total time interval. Individual parameters limited in time (as for instance relative humidity before sunrise) may vary enormously.

Differences result from spatial distance, altitude of the stations and local conditions of direct vicinity (exposure, buildings, plants). Effects of these parameters overlap each other. And they vary depending on the meteorological parameters.

Additional information from an on-spot agricultural weather station is gained in particular when considering smaller time intervals (for instance hours). Medium differences of air temperature between the agricultural weather station and the DWD station vary from -0.48 K (Magdeburg) to $+0.50$ K (Wiesenburg).

In case of condensed data (daily and monthly values) it is useful to choose a representative station. A comparison shows that such a station should not necessarily be the closest one.

Referring to the experimental field at Dahnsdorf, air temperature and humidity, for instance, better correspond with the more distant stations at Wittenberg (28.5 km) or Potsdam (40.0 km) than with the closer one at Wiesenburg (14.0 km) which is however more exposed. In this case meteorological parameters are stronger influenced by altitude than by distance.

This is not true of precipitation, which varies strongly with distance. Differences are clearly dependent on distances between the stations. Total daily precipitation may considerably vary in part. For instance, a daily sum of minimum 2 mm precipitation was identified at Dahnsdorf. Comparing the individual values with those from the DWD stations and measuring points, 18.6% (for Niemegk, at 3.3 km distance) up to 61.2% (for Magdeburg, at 71.9 km distance) of them differ by minimum 2.0 mm. The frequency of exceeding defined differences of precipitation (ΔRR) and the distance among the stations can be shown as logarithmic function with high coefficient of determination ($R^2 = 0.90 \dots 0.94$).

Further studies are required to analyze possible influences of mesoclimatic differences between a larger field (experimental field at Dahnsdorf) and a developed area (DWD stations) on mathematic-numeric models (infestation, growth, yield or meteorological parameters).

Key words: weather, climate, agricultural weather station, comparison of weather data, statistics

1 Einleitung

Wetterdaten sind ein unerlässliches Hilfsmittel zur Charakterisierung der Wachstumsbedingungen landwirtschaftlicher Pflanzenbestände (LÜTKE ENTRUP und OEHMICHEN, 2000; CHMIELEWSKI und KÖHN, 1999). Unmittelbar nach Einrichtung des Versuchsfeldes der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (heute: Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen) in Dahnsdorf (Landkreis Potsdam-Mittelmark) wurde daher eine agrarmeteorologische Station installiert, die neben den Messungen im Rahmen des Projektes „Mikroklima in Pflanzenbeständen“ (WITTCHEN, 2003) die Grundversorgung anderer Projekte (PALLUTT et al., 2010; JAHN et al., 2010; DEIKE et al., 2010) auf dem Versuchsfeld mit meteorologischen Daten realisiert. Inzwischen liegt mehr als zehnjähriges, fast lückenloses Datenmaterial vor, das gestattet, die mesoklimatischen Besonderheiten einer landwirtschaftlich genutzten Fläche im Vergleich zu offiziellen meteorologischen Stationen und Niederschlagsmessstellen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die anderen klimatischen Bedingungen unterliegen (HUPFER und KUTTLER, 2006; SCHÖNWIESE, 2008; KUTTLER, 2009; BONGARDT, 2006), zu beschreiben und zu analysieren.

Das Ziel der Arbeit ist die Beantwortung der Frage, in welchem Maße „vor Ort“ installierte lokale agrarmeteorologische Stationen verwertbare Informationsgewinne gegenüber Stationen und Messstellen offizieller Messnetze ermöglichen.

In der Praxis könnte das zu Konsequenzen hinsichtlich der Bewertung der Ergebnisse von Wachstums-, Befalls- und Ertragsmodellen führen, deren Datenbasis häufig auf Messungen offizieller, in der Regel entfernt liegender meteorologischer Stationen beruht.

2 Material und Methoden

2.1 Standorte

2.1.1 Versuchsfeld in Dahnsdorf. Das Versuchsfeld des Julius Kühn-Institutes in Dahnsdorf umfasst 38 ha eines großflächig landwirtschaftlich genutzten Gebietes des Hohen Fläming. Es liegt 7 km südöstlich der Stadt Bad Belzig und ca. 60 km südwestlich Berlins. Die agrarmeteorologische Station befindet sich im nördlichen Teil des Versuchsfeldes in freier Lage auf ebenem Terrain. Gemessen wird mit einem Datenlogger der Firma Delta-T Devices Ltd (DELTA-T, 1990), der im Minuten-Takt die meteorologischen Messwerte erfasst und zu 10-Minuten-Werten verdichtet. Das Messfeld der Wetterstation ist mit kurzgeschorenem Rasen bewachsen.

2.1.2 Meteorologische Stationen des DWD. In die Analyse wurden fünf meteorologische Stationen des DWD (Tab. 1) einbezogen. Diese umschließen das Dahnsdorfer Versuchsfeld in einem Radius von 72 km, wobei die Station Wiesenburg mit nur 14 km Entfernung dem Versuchsfeld am nächsten liegt, aber in ihrer Lage sehr exponiert ist.

Alle Stationen des DWD befinden sich in Stadtrandlagen. Ihre Messfelder sind in unterschiedlichem Umfang von Siedlungsflächen, Vegetation (Büsche, Bäume) sowie Acker- und Grünflächen umgeben.

Erfasst werden stündliche Werte der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchte und des Niederschlages. Erstgenannte ergeben sich jeweils als Mittelwert aus 60 Messungen (jede Sekunde) zwischen der 49. und 50. Minute der vorangegangenen Stunde (z.B. Terminwert von 07.00 Uhr: Mittelwert der Messungen zwischen 06.49 Uhr und 06.50 Uhr).

2.1.3 Niederschlagsmessstellen des DWD. Zur Charakterisierung der räumlichen Verteilung der Niederschläge wurden – neben den meteorologischen Stationen – zusätzlich 16 Niederschlagsmessstellen in 3,3 km bis 42,5 km

Entfernung von Dahnsdorf betrachtet. Das Datenmaterial dieser Messstellen umfasst ausschließlich Tagessummen des Niederschlages (Tab. 9).

2.2 Zeitraum

Ausgewertet wurde der Zeitraum von 2000 bis 2009. Folgende meteorologischen Werte wurden einbezogen:

- Stundenwerte der Lufttemperatur,
- Stundenwerte der relativen Luftfeuchte,
- Stundenwerte des Niederschlages,
- Tagessummen des Niederschlages (Niederschlagsmessstellen).

Zur Einbeziehung von Tages- und Monatswerten in die Analysen erfolgte eine Verdichtung der Originalwerte.

2.3 Analysen

Die statistischen Auswertungen wurden mit SAS® 9.2 realisiert (RICHTER, 2004; SUMPFF und MOLL, 2004; SCHUMACHER, 2004; RASCH und VERDOOREN, 2004). Genutzt wurden vorrangig die Prozeduren PROC MEANS (Maßzahlen), PROC FREQ (Häufigkeitsverteilungen, Kontingenztafelanalyse), PROC CORR (Korrelationsanalyse) sowie PROC REG (Regressionsanalyse).

3 Ergebnisse

3.1 Lufttemperatur

Verglichen wurden die stündlichen Terminwerte und die daraus abgeleiteten täglichen Mittel- und Extremwerte* der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf mit denen der meteorologischen Stationen des DWD. Daraus wurden verschiedene statistische Maßzahlen (Mittel- und Extremwerte, Standardabweichung, Spannweite, Quantile, Korrelationskoeffizienten) abgeleitet.

3.1.1 Zusammenhang der Messwerte zweier Stationen.

Zwischen den Werten der Lufttemperatur der agrarmeteorologischen Station und denen der DWD-Stationen bestehen sehr enge Zusammenhänge (Tab. 2). Abhängig-

* Die täglichen Mittel- und Extremwerte wurden aus den 24 Termin-Werten berechnet bzw. ermittelt.

Tab. 1. Stationsübersicht

Station	geogr. Breite	geogr. Länge	Stationshöhe	Eigentümer
Dahnsdorf	52° 10' n.Br.	12° 40' ö.L.	88 m	JKI
Wiesenburg	52° 07' n.Br.	12° 28' ö.L.	187 m	DWD
Wittenberg	51° 53' n.Br.	12° 39' ö.L.	105 m	DWD
Magdeburg	52° 06' n.Br.	11° 35' ö.L.	76 m	DWD
Genthin	52° 23' n.Br.	12° 10' ö.L.	35 m	DWD
Potsdam	52° 23' n.Br.	13° 04' ö.L.	81 m	DWD

Tab. 2. Korrelationskoeffizienten der Lufttemperatur ausgewählter Standorte, 2000 bis 2009

	Anzahl Werte	Pearson'scher Korrelationskoeffizient				
		Dahnsdorf – Wiesenburg	Dahnsdorf – Wittenberg	Dahnsdorf – Magdeburg	Dahnsdorf – Genthin	Dahnsdorf – Potsdam
Stunden-Werte	87338	0,9762	0,9758	0,9722	0,9780	0,9754
Tages-Mittel	3642	0,9950	0,9955	0,9942	0,9959	0,9951
Tages-Minima	3642	0,9694	0,9733	0,9747	0,9804	0,9707
Tages-Maxima	3642	0,9971	0,9964	0,9923	0,9950	0,9947

keiten von der räumlichen Entfernung sind für die betrachteten Stationen nicht nachweisbar. Allerdings ist die nahegelegenste Station (Wiesenburg) auch die von der Höhenlage her exponierteste. Daher ist eine Überlagerung der Effekte aus räumlicher Entfernung, Exponiertheit und Höhenlage der Station nicht auszuschließen.

3.1.2 Analyse der Differenzen der Messwerte. Größere Unterschiede zwischen den Messreihen offenbaren die zeitabhängigen Differenzen der Einzelwerte zwischen der agrarmeteorologischen Station und den DWD-Stationen. Abb. 1 zeigt die zugehörigen Summenhäufigkeiten. Markant ist die Ausnahmestellung der Station Wiesenburg: Während den Verteilungen der anderen DWD-Stationen eine annähernde Symmetrie der Temperatur-Differenzen eigen ist, überwiegen im Vergleich zur Station Wiesenburg die positiven Differenzen deutlich. Diese Station ist verglichen mit Dahnsdorf die einzige mit kühleren Temperaturen; sie weist zudem den größten Betrag der Differenzen auf (Tab. 3). Ursache ist die exponierte Lage der Station, die sich sowohl aus der Stationshöhe ($H_S = 187$ m) als auch aus der näheren Umgebung der Station ergibt. Den Einfluss der Umgebung verdeutlicht die Station Genthin: Ein exponiertes Messfeld bedingt – trotz geringer Stationshöhe ($H_S = 35$ m) – ähnlich geringe Temperaturen wie in Wiesenburg und Dahnsdorf.

Die Verdichtung der Stundenwerte zu Tageswerten intensiviert die Sonderstellung der Station Wiesenburg (Abb. 2). An dieser sind 77% der Tage kälter als in Dahnsdorf; an den anderen DWD-Stationen sind es lediglich zwischen 25% (Magdeburg) bis 38% (Potsdam). Zudem führt die Verdichtung des Datenmaterials zu eher asymmetrischen Verteilungen der Temperaturdifferenzen.

Deutliche Unterschiede lassen auch die Differenzen der Tages-Extremwerte erkennen: Diese betreffen sowohl Mittelwerte und Standardabweichungen als auch die Bereiche zwischen dem 1. und 3. Quartil sowie die Spannweiten (Abb. 3). Besonders auffällig: Der Wertebereich der Differenzen der Tagesminima ist erheblich größer als der der Tagesmaxima. Die von ihrer Lage her exponierten Stationen sind offensichtlich für extreme Minima bevorzugt: Unabhängig von der Höhenlage werden in Dahnsdorf ($H_S: 88$ m) und Wiesenburg ($H_S: 187$ m), teilweise aber auch in Genthin ($H_S: 35$ m) ähnliche Werte gemessen. Diese unterschreiten jene geschützter liegenden Stationen im Mittel um 1,0 K. Die Tages-Maxima werden dagegen durch die Umgebung der Station geringer beeinflusst als durch deren Höhenlage. Hier weist die höchst gelegene Station Wiesenburg größere ($-1,1$ K) Defizite gegenüber dem Versuchsfeld und dieses geringere ($-0,2$ K) im Vergleich zu den restlichen Stationen auf.

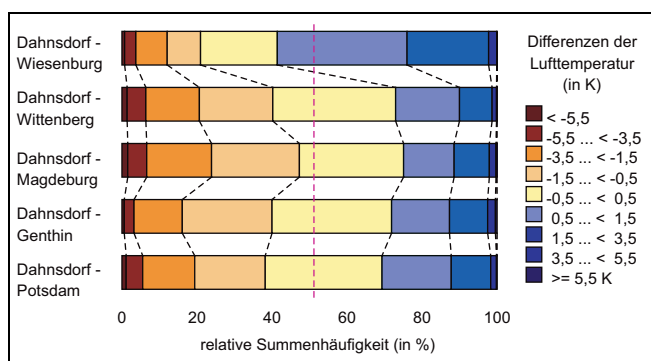


Abb. 1. Relative Summenhäufigkeit der Differenzen der Stundenwerte der Lufttemperatur zwischen der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und ausgewählten DWD-Stationen, 2000 bis 2009.

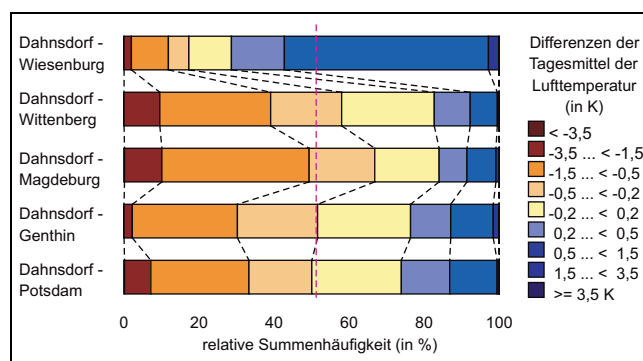


Abb. 2. Relative Summenhäufigkeit der Differenzen der Tagesmittel der Lufttemperatur zwischen der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und ausgewählten DWD-Stationen, 2000 bis 2009.

Tab. 3. Maßzahlen der Verteilungen der stündlichen Differenzen der Lufttemperatur (in K), 2000 bis 2009

Differenz	Mittelwert	Standardabweichung	1. Quartil	3. Quartil	Minimum	Maximum
Dahnsdorf – Wiesenburg	+0,50	1,78	-0,2	1,5	-11,7	10,0
Dahnsdorf – Wittenberg	-0,43	1,81	-1,2	0,6	-11,6	8,6
Dahnsdorf – Magdeburg	-0,48	1,91	-1,4	0,5	-10,8	9,8
Dahnsdorf – Genthin	-0,17	1,72	-1,0	0,7	-12,7	11,3
Dahnsdorf – Potsdam	-0,28	1,82	-1,1	0,7	-12,9	9,2

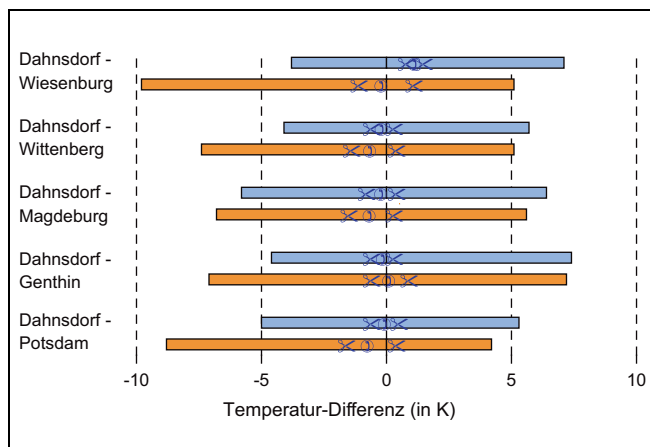


Abb. 3. Mittelwert (Punkt), 1. und 3. Quartil (Kreuz) und Spannweite der Differenzen der Tagesmaxima (blau) sowie der Tagesminima (orange) der Lufttemperatur, 2000 bis 2009.

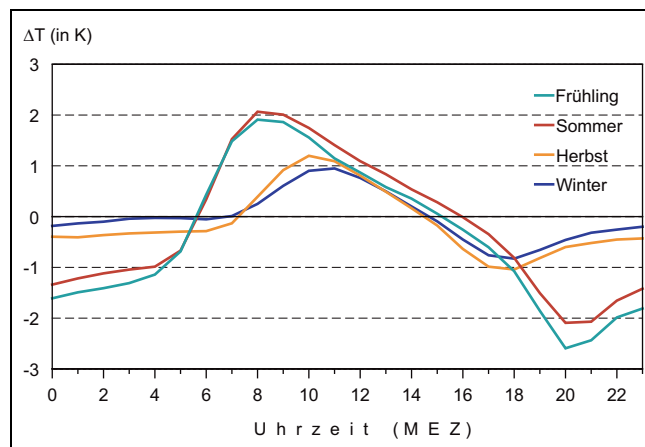


Abb. 4. Tagesgang der Differenzen der Stundenwerte der Lufttemperatur zwischen der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und ausgewählten DWD-Stationen in Abhängigkeit von der Jahreszeit, 2000 bis 2009.

3.1.3 Zeitliche Verläufe der Differenzen.

Jahresgang:

Die Temperatur-Differenzen der Einzelwerte zwischen der agrarmeteorologischen Station und den DWD-Stationen unterliegen einem Jahresgang (ohne Abb.). Hinsichtlich ihrer Werte ist eine Differenzierung zwischen Wiesenburg und den anderen DWD-Stationen erforderlich. Diese variieren um ca. 1,0 K. Der zeitliche Verlauf ist dagegen ähnlich.

Zwischen den einzelnen Abschnitten des Jahres existieren geringfügige Unterschiede: Bevorzugt in den Monaten April bis Juni verzeichnet das Versuchsfeld mit -0,7 K höhere Differenzen gegenüber den DWD-Stationen. Diese ergeben sich aus der in diesem Zeitraum besonders hohen Abgabe latenter Wärme infolge der Evapotranspiration der Pflanzenbestände. In den anderen Monaten schwanken die Temperaturdifferenzen um -0,3 K.

Tagesgang:

Wesentlich deutlicher ist der Tagesgang der Temperatur-Differenzen zwischen der agrarmeteorologischen Station und den DWD-Stationen ausgeprägt. Es besteht eine deutliche Abhängigkeit sowohl von der Tageszeit als auch von der Jahreszeit: In den Stunden nach Sonnenaufgang erwärmt sich das Versuchsfeld schneller als die

Messfelder der DWD-Stationen; in den Stunden vor Sonnenuntergang kühlt es sich rascher ab (Abb. 4). Mit zunehmender Strahlungsintensität erhöhen sich die Werte der Temperatur-Differenzen. Ursache dieses markanten Tagesganges ist der – in Folge der freien Lage des Versuchsfeldes – ungehinderte Austausch der Luftmassen. Dieser führt auf dem Versuchsfeld zu einer intensiveren Durchmischung der Luft und damit zu schnellerer Erwärmung (nach Sonnenaufgang) bzw. Abkühlung (vor Sonnenuntergang) der bodennahen Luftschicht.

Die Tagesgänge der Temperatur-Differenzen zwischen der agrarmeteorologischen und den einzelnen DWD-Stationen ähneln sich in ihrem Verlauf: Ihre Amplituden unterscheiden sich (Tab. 4). Die mittleren Differenzen der Extremwerte dokumentieren die jahreszeitlich (Frühjahr = F; Sommer = S; Herbst = H; Winter = W) bedingten Einflüsse.

3.2 Relative Luftfeuchte

Ein weiterer wesentlicher meteorologischer Parameter für Wachstum, Entwicklung und Krankheitsauftreten der Pflanzen ist die Luftfeuchte. Der Vergleich der Stundenwerte der relativen Luftfeuchte erfolgt wiederum zwischen der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und den genannten DWD-Stationen (s. Tab. 1).

3.2.1 Zusammenhang der Messwerte zweier Stationen.

Es besteht ein sehr enger Zusammenhang sowohl zwischen den Stundenwerten als auch den verdichteten Werten (Tages-Mittel) der relativen Luftfeuchte der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und den DWD-Stationen. Die Stärke des Zusammenhanges unterscheidet sich zwischen den jeweiligen Verteilungen nur geringfügig (Tab. 5). Gleiches gilt auch für die Tages-Minima. Deutlich variabler präsentieren sich dagegen die Tages-Maxima der relativen Luftfeuchte.

3.2.2 Spannweite der Einzelwerte der Stationen.

Für die zu gleicher Zeit (stündlich) an den sechs Standorten gemessenen Werte wurden deren Spannweiten ermittelt (Abb. 5). In nur einem Viertel der Fälle betragen diese weniger als 10% relativer Luftfeuchte, zu einem weiteren Viertel mehr als 20%. Das deutet auf teilweise erhebliche Differenzen zwischen den einzelnen Stationen hin. Dabei hebt sich keiner der Standorte durch eine Häufung extremer Werte hervor. Lediglich für einen kurzen Zeitraum vor Sonnenuntergang weist das Versuchsfeld Dahnsdorf vielfach höhere Werte der relativen Luftfeuchte gegenüber den geschützter gelegenen DWD-Stationen auf.

3.2.3 Häufigkeit der Überschreitung von Einzelwerten.

Die Entwicklung der Schadorganismen steht vielfach mit der Häufigkeit und der Andauer der Überschreitung bestimmter meteorologischer Schwellenwerte im Zusammenhang. Ein oft genanntes Maß sind 90% relativer Luftfeuchte (KLUGE et al., 1999).

Ausgehend von Stundenwerten wurde die Häufigkeit der Überschreitung einer relativen Luftfeuchte > 90% für die Einzeljahre des untersuchten Zeitraumes ermittelt (Abb. 6). Die betrachteten Standorte unterscheiden sich teilweise erheblich voneinander: Mit 44,5% werden – über den Gesamtzeitraum betrachtet – in Dahnsdorf fast doppelt so häufig derartige Werte registriert als in Magdeburg. Der Charakteristik des Versuchsfeldes entsprechen am besten die Standorte Wiesenburg und Genthin; das sind genau jene, deren nähere Umgebung der des Versuchsfeldes am meisten ähnelt.

Die Stärke der Unterschiede zwischen den einzelnen Stationen variiert in Abhängigkeit vom betrachteten Zeitintervall: Tab. 6 listet die relativen Häufigkeiten des Auftretens des oben genannten Schwellenwertes in Dahnsdorf (linke Spalte) und setzt die entsprechenden Werte der DWD-Stationen in Relation zu diesen Häufigkeiten. Es zeigt sich eine Ausprägung der Unterschiede im Frühjahr und Sommer, in den Stunden vor Sonnenuntergang (19 bis 22 Uhr).

In diesen Zeitintervallen ist auf dem Versuchsfeld in Dahnsdorf fast jeder dritte Wert (31,0% bzw. 31,6%) > 90% relativer Luftfeuchte: In Magdeburg sind es etwa fünfmal weniger; an den anderen Stationen werden derartige Werte dreimal seltener (Wittenberg, Genthin) bzw. nur halb so häufig (Wiesenburg, Potsdam) im Vergleich zu Dahnsdorf registriert.

Diese Zeitintervalle sind jene mit den höchsten negativen Temperatur-Differenzen zwischen dem Versuchsfeld und den DWD-Stationen (s. Abb. 4). Kühlere Luft kann

Tab. 4. Mittelwerte und Spannweiten der mittleren Extremwerte der Verteilungen der stündlichen Differenzen der Lufttemperatur (in K) in Abhängigkeit von der Jahreszeit, 2000 bis 2009

Statistische Maßzahl:	Mittelwert				Spannweite			
	F	S	H	W	F	S	H	W
Jahreszeit:								
Differenz								
Dahnsdorf – Wiesenburg	+0,26	-0,44	+0,45	+0,71	4,2	4,1	2,0	1,8
Dahnsdorf – Wittenberg	-0,77	-0,54	-0,24	-0,11	4,5	4,3	2,3	1,8
Dahnsdorf – Magdeburg	-0,66	-0,37	-0,59	-0,52	4,9	4,5	2,5	1,8
Dahnsdorf – Genthin	-0,21	-0,12	-0,20	-0,23	4,7	4,5	2,4	1,8
Dahnsdorf – Potsdam	-0,76	-0,34	-0,08	-0,05	4,4	3,9	2,0	1,7

Tab. 5. Korrelationskoeffizienten der relativen Luftfeuchte ausgewählter Standorte, 2000 bis 2009

	Anzahl Werte	Pearson'scher Korrelationskoeffizient				
		Dahnsdorf – Wiesenburg	Dahnsdorf – Wittenberg	Dahnsdorf – Magdeburg	Dahnsdorf – Genthin	Dahnsdorf – Potsdam
Stunden-Werte	85193	0,8380	0,8351	0,8293	0,8630	0,8356
Tages-Mittel	3562	0,9004	0,9018	0,8975	0,9128	0,9092
Tages-Minima	3562	0,9426	0,9352	0,9071	0,9290	0,9209
Tages-Maxima	3562	0,3985	0,4241	0,5014	0,5518	0,4974

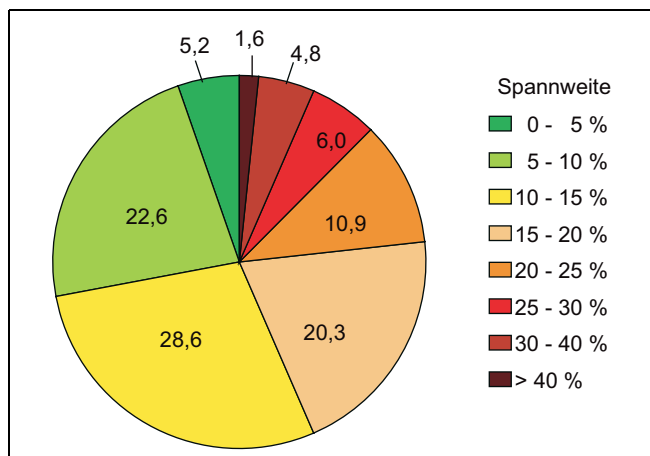


Abb. 5. Relative Häufigkeit der Spannweite der Stundenwerte der relativen Luftfeuchte an der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und ausgewählten DWD-Stationen, 2000 bis 2009.

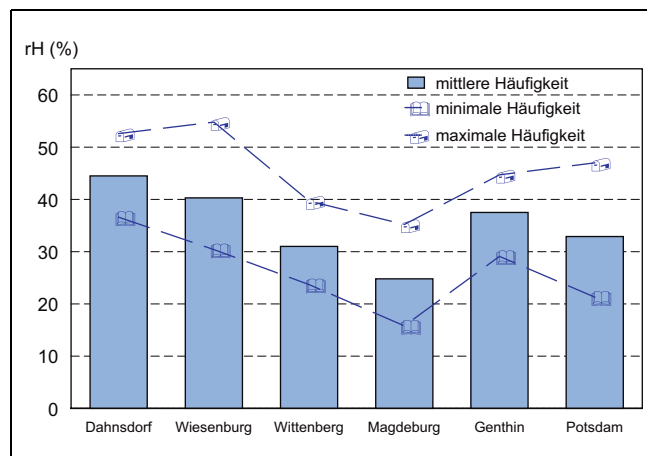


Abb. 6. Relative Häufigkeit (rH) der Stundenwerte > 90% relativer Luftfeuchte der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und ausgewählter DWD-Stationen, 2000 bis 2009.

Tab. 6. Relative Häufigkeit der Stundenwerte > 90% relativer Luftfeuchte in Dahnsdorf in Relation zu denen ausgewählter DWD-Stationen (unterschiedliche Zeitintervalle, 2000 bis 2009)

Zeitintervall	rel. Häufigk. Dahnsdorf	Prozent des Dahnsdorfer Wertes				
		Wiesenburg	Wittenberg	Magdeburg	Genthin	Potsdam
Insgesamt	44,5%	91	70	56	84	74
Sommer	35,3%	70	62	43	74	59
19 bis 06 Uhr	50,6%	91	78	58	76	88
Sommer, 19 bis 06 Uhr	54,6%	57	51	38	57	63
Sommer, 19 bis 22 Uhr	31,0%	47	36	18	32	56
Frühjahr, 19 bis 22 Uhr	31,6%	56	41	23	32	48

nur eine geringere Menge Wasserdampf aufnehmen; ihr Sättigungsdampfdruck verringert sich: Die relative Luftfeuchte (Verhältnis zwischen aktuellem Dampfdruck und dem gesättigter Luft) erhöht sich entsprechend.

3.2.4 Analyse der Differenzen der Messwerte. Der Vergleich der Stundenwerte der relativen Luftfeuchte zwischen dem Versuchsfeld einerseits und den Stationen des DWD andererseits zeigt deutliche Unterschiede. Mit Ausnahme der Station Wiesenburg verzeichnet das Versuchsfeld höhere Werte der relativen Luftfeuchte. Gegenüber den DWD-Stationen überwiegen positive Differenzen (Abb. 7). Sie betragen zwischen 48% (Wiesenburg) und 70% (Magdeburg).

Es zeigen sich zwei Besonderheiten: Der Standort Genthin, der aufgrund seiner freien Lage dem Versuchsfeld sehr ähnlich und zudem als grundwassernah gilt, verzeichnet unerwartet hohe, der in seiner Lage geschützte Standort Potsdam dagegen ungewöhnlich geringe Differenzen der relativen Luftfeuchte gegenüber Dahnsdorf. Die der letztgenannten Station beschränken sich zudem vorrangig auf die Monate April bis Juni.

Die Berechnung von Tagesmittel-Werten aus den stündlichen Differenzen verschärft die Unterschiede zwi-

schen dem Versuchsfeld und den DWD-Stationen: Mit Ausnahme von Wiesenburg (49%) verzeichnet das Versuchsfeld überwiegend höhere Tagesmittel gegenüber den DWD-Stationen. Das gilt in 65% (Potsdam) bis 82% (Magdeburg) der Fälle (Wittenberg: 75%, Genthin: 78%).

3.2.5 Zeitliche Verläufe der Differenzen.

Jahresgang:

Wie auch die Tagesmittel der Temperatur-Differenzen folgen die der relativen Luftfeuchte im Vergleich von Dahnsdorf mit den DWD-Stationen einem Jahresgang. Der Zusammenhang ist nicht linear, sondern lässt sich gut mit Hilfe von Polynomen 2. Grades abbilden. Der Verlauf der Funktionen ist ähnlich. Die Beträge und Zeitpunkte der Maxima der Funktionen variieren. Sie treten jedoch stets im Sommerhalbjahr, zwischen der ersten Juni- und der ersten Juli-Dekade auf.

Tagesgang:

Die Stundenmittel der Differenzen der relativen Luftfeuchte folgen einem Tagesgang mit einem Minimum gegen 10 Uhr und einem Maximum gegen 22 Uhr MEZ (Abb. 8). Auch hier differieren die einzelnen Standorte

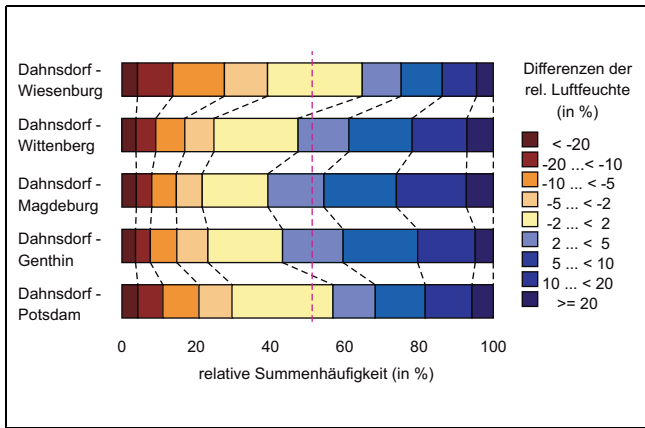


Abb. 7. Relative Summenhäufigkeit der Differenzen der Stundenwerte der relativen Luftfeuchte zwischen der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und ausgewählten DWD-Stationen, 2000 bis 2009.

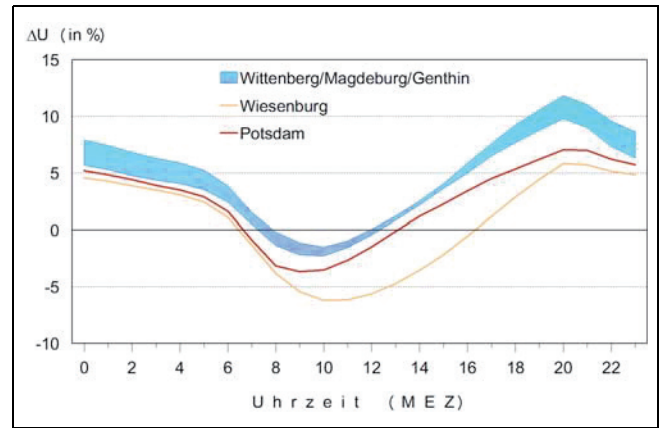


Abb. 8. Tagesgang der Differenzen der Stundenwerte der relativen Luftfeuchte (ΔU) zwischen der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und ausgewählten DWD-Stationen, 2000 bis 2009.

vor allem in ihren Werten. Während sich die Standorte Wittenberg, Magdeburg und Genthin nur geringfügig unterscheiden, sind für die Stationen Potsdam und Wiesenburg separate Verläufe erkennbar.

3.3 Niederschlagshöhe

Analysiert wurden die Stunden- und Tagessummen der Niederschlagshöhe der genannten Standorte (s. Tab. 1) sowie die Tagessummen von 16 zusätzlichen Niederschlagsmessstellen des DWD (s. Tab. 9). Die Tagessumme wird einheitlich für den Zeitraum von 07 Uhr MEZ (Vortag) bis 07 Uhr MEZ (Messtag) ermittelt. Der Messwert wird dem Vortag zugeordnet.

3.3.1 Zusammenhang der Messwerte zweier Stationen.

Die Niederschlagshöhe weist von den analysierten meteorologischen Parametern die geringsten Zusammenhänge zwischen den Messwerten der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und denen der DWD-Stationen und -Niederschlagsmessstellen auf (Tab. 7). Das betrifft die Stunden-, Tages- und Monatssummen. Es gilt: Je geringer die Entfernung zwischen den Messstellen, desto stärker ist der lineare Zusammenhang (Abb. 9).

3.3.2 Analyse der Differenzen der Messwerte. Der Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der Differenzen der

agrarmeteorologischen Station mit den DWD-Niederschlagsmessstellen zeigt geringfügige Unterschiede zwischen den einzelnen Verteilungen (Abb. 10). Das Gros der Werte konzentriert sich – bedingt durch die hohe Anzahl niederschlagsfreier Tage – im Bereich zwischen $-0,1$ mm und $+0,1$ mm. Dieser enthält zwischen 46,3% (Magdeburg: 71,9 km entfernt) und 51,8% (Belzig: 7,0 km entfernt) der Differenzen der Tagessummen der Niederschlagshöhe.

An Tagen mit landwirtschaftlich relevanten Niederschlägen sind bereits bei relativ nah gelegenen Stationen deutliche Differenzen erkennbar: Verzeichnet Dahnsdorf eine Tagessumme $\geq 2,0$ mm differieren bereits in 30 km Entfernung die Hälfte der an den DWD-Stationen und -Niederschlagsmessstellen gemessenen Werte um mindestens 2,0 mm: Bei Tagessummen $\geq 3,0$ mm ist das bereits in 20 km, bei Tagessummen $\geq 5,0$ mm in 10 km Entfernung der Fall.

Die Abb. 11 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen den Differenzen der Tagessummen des Niederschlages und der Entfernung der Standorte. Betrachtet werden Tagessummen $\geq 2,0$ mm auf dem Versuchsfeld in Dahnsdorf. Die Häufigkeit des Überschreitens ausgewählter Differenzen ΔRR nimmt mit der Entfernung die DWD-Stationen und -Niederschlagsmessstellen von der agrarmeteorologischen Station zu. Ihre Abhängigkeit lässt sich mit Hilfe logarithmischer Funktionen beschrei-

Tab. 7. Korrelationskoeffizienten der Niederschlagshöhe ausgewählter Standorte (2000 bis 2009)

	Anzahl Werte	Pearson'scher Korrelationskoeffizient				
		Dahnsdorf – Wiesenburg	Dahnsdorf – Wittenberg	Dahnsdorf – Magdeburg	Dahnsdorf – Genthin	Dahnsdorf – Potsdam
Stunden-Werte	86796	0,1796	0,1878	0,2247	0,1960	0,1588
Tages-Summe	3622	0,8122	0,7579	0,5780	0,6673	0,7265
Tages-Maxima	3622	0,6222	0,5744	0,3977	0,4139	0,5831
Monats-Summe	120	0,8627	0,8687	0,7315	0,7881	0,8482

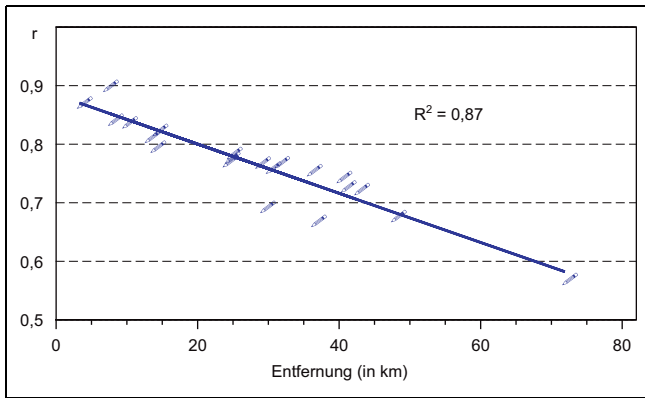


Abb. 9. Korrelationskoeffizienten (r) der Tagessummen der Niederschlagshöhe der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf sowie ausgewählter DWD-Stationen und -Niederschlagsmessstellen in Abhängigkeit von deren Entfernung, 2000 bis 2009.

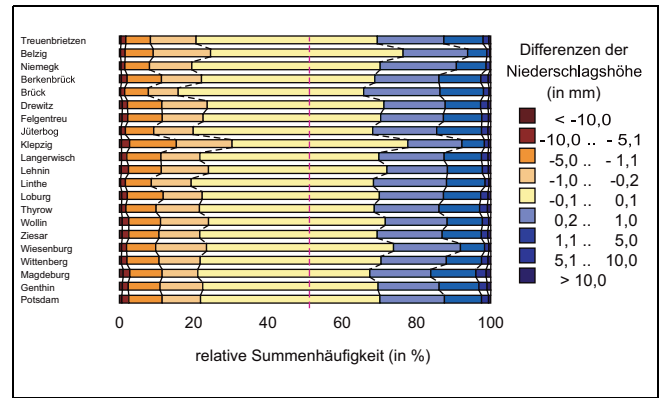


Abb. 10. Relative Summenhäufigkeit der Differenzen der Tagessummen der Niederschlagshöhe zwischen der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und ausgewählten DWD-Stationen und -Niederschlagsmessstellen, 2000 bis 2009.

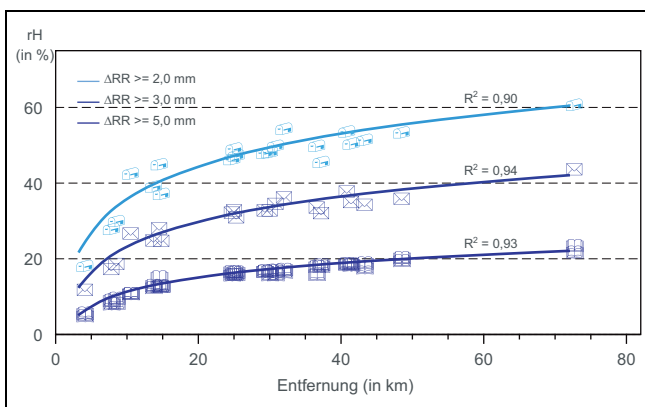


Abb. 11. Relative Häufigkeit der Differenzen der Tagessummen der Niederschlagshöhe (ΔRR) zwischen der agrarmeteorologischen Station Dahnsdorf und ausgewählten DWD-Stationen und -Niederschlagsmessstellen bei Tagessummen $\geq 2,0$ mm, 2000 bis 2009.

ben. Die Bestimmtheitsmaße R^2 dieser Anpassungen liegen zwischen 0,90 ... 0,94.

Einzelne Tagessummen differieren um mehr als 50 mm. Ursache dieser extremen Differenzen sind meist lokal begrenzte Niederschlagsereignisse.

3.3.3 Anzahl der Tage. Zählungen liefern zusätzliche Informationen über meteorologische Messreihen. Gezählt werden Tage mit Überschreitung definierter Schwellenwerte. Tab. 8 listet einige Beispiele. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Niederschlagsmessstellen sind gering; keine der Niederschlagsmessstellen ist besonders exponiert.

Diskussion

Die meteorologischen Bedingungen beeinflussen die Landwirtschaft in entscheidendem Maße. Für viele fachliche Anwendungen sind entsprechende Messwerte unerlässliche Voraussetzung. Diese werden selten „vor Ort“ gewonnen. Sie entstammen meist meteorologischen

Messnetzen. Deren Stationen weisen in der Regel nicht nur eine räumliche Entfernung zur landwirtschaftlichen Nutzfläche, sondern auch ein anderes Umfeld auf.

Die vorliegende Arbeit analysiert die sich daraus ergebenden Unterschiede hinsichtlich der meteorologischen Messergebnisse.

Zwei wesentliche Fakten sind zu beachten:

- Die Analyse erfolgte für Stationen des Binnentieflandes. Der Höhenunterschied zwischen der agrarmeteorologischen Station in Dahnsdorf und jeder anderen mit ihr verglichenen Station bzw. Messstelle beträgt maximal 99 m. Bei der Bewertung der Ergebnisse muss dieses berücksichtigt werden; in stärker strukturiertem Gelände sind andere Ergebnisse zu erwarten.
- Zwischen der agrarmeteorologischen Station in Dahnsdorf und den meteorologischen Stationen des DWD bestehen Unterschiede hinsichtlich des Mess-Intervalls und des Mess-Termins (s. Abschnitt 2.1).

Vorrangiges Ziel der Analyse war es, ein „Gefühl“ für die mesoklimatischen Unterschiede zwischen einer weitgehend ebenen, von jeder Bebauung und höherem Bewuchs ($> 2,5$ m) im Umkreis von mehreren 100 m freien landwirtschaftlichen Nutzfläche und einem, sich meist in Randlage zu einem Ort befindlichen Standort zu entwickeln.

Die Ergebnisse zeigen, dass diese Unterschiede durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden, die sich einander in unterschiedlichem Maße überlagern. Zu diesen Faktoren zählen neben großräumigen (geographische Lage, Höhenlage) und kleinräumigen (Exponiertheit, Bebauung, Bewuchs) auch jahreszeitlich veränderliche (Bewirtschaftung anliegender landwirtschaftlich genutzter Flächen, Beheizung anliegender Siedlungen). Trotz Vorliegen detaillierter Lagebeschreibungen der DWD-Stationen konnte eine Bewertung des Anteils dieser Faktoren nur teilweise erfolgen. Die im Vergleich mit fast allen Stationen (Ausnahme: Wiesenburg) geringeren Temperaturen des Versuchsfeldes deuten auf einen vorrangigen

Tab. 8. Mittlere Anzahl der Tage eines Jahres mit Überschreitung ausgewählter Schwellenwerte der Tagessumme der Niederschlagshöhe, 2000 bis 2009

Zahl der Tage mit ...	Minimum		Maximum	
	Anzahl	Messstelle	Anzahl	Messstelle
... Niederschlag \geq 0,1 mm	159,6	Linthe	188,3	Treuenbrietzen
... Niederschlag \geq 1,0 mm	102,8	Magdeburg	124,7	Klepzig
... Niederschlag \geq 10,0 mm	10,1	Jüterbog	16,8	Klepzig
... Niederschlag \geq 30,0 mm	0,2	Thyrow	1,2	Wollin

Tab. 9. Übersicht der Niederschlagsmessstellen

Niederschlagsmessstelle	geogr. Länge	geogr. Breite	Anzahl Werte	Entfernung (in km)
Bad Belzig	12,600	52,150	3609	7,0
Berkenbrück	13,133	52,133	3609	31,2
Brück	12,733	52,167	2393	7,7
Drewitz	12,167	52,217	3609	36,4
Felgentreu	13,100	52,000	3609	24,2
Genthin	12,167	52,383	3609	47,7
Jüterbog	13,100	52,000	3609	30,0
Klepzig	12,533	52,017	3260	12,9
Langerwisch	13,067	52,317	3609	35,8
Lehnin	12,750	52,317	3609	24,5
Linthe	12,783	52,167	3609	9,7
Loburg	12,083	52,117	3609	40,6
Magdeburg	11,583	52,100	3609	71,9
Niemegk	12,683	52,083	2149	3,3
Potsdam	13,067	52,383	3609	40,0
Thyrow	13,233	52,250	3609	42,5
Treuenbrietzen	12,883	52,100	3609	13,7
Wiesenburg	12,467	52,117	3609	14,0
Wittenberg	12,650	51,833	3608	28,5
Wollin	12,467	52,283	3609	23,9
Ziesar	12,300	52,267	3609	29,2

Einfluss der Exponiertheit der ausschließlich landwirtschaftlich genutzten Fläche.

Aus den Ergebnissen konnten Aussagen abgeleitet werden, die einerseits die Auswahl einer Station eines meteorologischen Messnetzes als Repräsentativstation (HUPFER und KUTTLER, 2006) einer landwirtschaftlichen Nutzfläche erleichtern und andererseits mesoklimatische Unterschiede zwischen den Standorten erklären.

Dass als Repräsentativstation für die Lufttemperatur und Luftfeuchte nicht immer die nahe gelegene Station gewählt werden sollte, beweisen die – im Vergleich zu anderen Standorten – recht hohen Temperaturunterschiede zwischen dem Versuchsfeld und der nur 14 km entfernten Station Wiesenburg. Hier scheint der Höhenunter-

schied von 99 m deutlich schwerer zu wiegen als die größere räumliche Entfernung anderer Stationen: Gegenüber der Station Wiesenburg weist das Versuchsfeld in Dahnsdorf mit +0,50 K die höchste mittlere Temperaturdifferenz auf. Der Vergleich mit den entfernter gelegenen Stationen Wittenberg, Potsdam, Genthin und Magdeburg (28,5 km bis 71,9 km entfernt) offenbart geringere Werte (-0,17 K bis -0,48 K).

Dem entgegen werden die Niederschlagsverhältnisse am besten durch nahe gelegene Standorte abgebildet. Bereits in 30 km Entfernung differiert ein großer Teil der Tagessummen der agrarmeteorologischen Station einerseits und einer DWD-Station (-Niederschlagsmessstelle) andererseits um den für die Entwicklung der Pflanzen relevanten Betrag von 2,0 mm Tages-Niederschlag. Dieser Teil wächst mit zunehmender Tagessumme der Niederschlagshöhe RR (RR \geq 2,0 mm: 50%; RR \geq 3,0 mm: 55%; RR \geq 5,0 mm: 65%).

Meteorologische Stationen sind in der Regel deutlich mehr als 30 km voneinander entfernt. Das dichtere Messnetz der Niederschlagsmessstellen und deren bessere räumliche Verteilung bevorteilt daher für die Niederschlagshöhe eine nahe gelegene Niederschlagsmessstelle als Repräsentativstation.

Ob und in welchem Umfang die mesoklimatischen Unterschiede einer landwirtschaftlichen Nutzfläche und der ihr zugeordneten Repräsentativstation die Ergebnisse fachlicher Anwendungen (z.B. mathematisch-numerische Wachstums-, Befalls- und Ertragsmodelle) beeinflussen, muss in weiteren Untersuchungen analysiert werden. In diesem Zusammenhang könnten auch geographisch orientierte Modelle zur Simulation des Geländeklimas in die Betrachtungen einbezogen werden.

Literatur

- BONGARDT, B., 2006: Stadtklimatologische Bedeutung kleiner Parkanlagen dargestellt am Beispiel des Dortmunder Westparks. Essener Ökologische Schriften, Band 24. Hohenwarsleben, Westarp Wissenschaften-Verlags GmbH, 228 S.
- CHMIELEWSKI, F.M., W. KÖHN, 1999: Impact of weather on yield components of spring cereals over 30 years. Agriculture and forest meteorology **96**, 49-58.
- DEIKE, S., B. PALLUTT, O. CHRISTEN, 2010: Untersuchungen zur Energieeffizienz im Integrierten und Ökologischen Landbau am Beispiel eines Langzeitversuches auf einem lehmigen Sandboden. Journal für Kulturpflanzen **62**, 259-263.

- DELTA-T, 1990: User Manual Delta Logger. Cambridge, Delta-T Devices Ltd., 120 S.
- HUPFER, P., W. KUTTLER (Hrsg.), 2006: Witterung und Klima. Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. Begr. von ERNST HEYER. 12., überarb. Aufl., Wiesbaden, Teubner Verlag/GWV Fachverlage GmbH, 554 S.
- JAHN, M., C. WAGNER, E. MOLL, B. PALLUTT, 2010: Auftreten und Bekämpfung von Krankheiten in Wintergetreide in einem Dauerfeldversuch auf dem Versuchsfeld Dahnsdorf. *Journal für Kulturpflanzen* **62**, 248-258.
- KLUGE, E., S. ENZIAN, V. GUTSCHE, 1999: Befallsatlas – Atlas der potentiellen Befallsgefährdung durch wichtige Schadorganismen im Ackerbau Deutschlands. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin und Braunschweig, 160 S.
- KUTTLER, W., 2009: Klimatologie. Paderborn, Verlag Ferdinand Schöningh, 260 S.
- LÜTKE ENTRUP, N., J. OEHMICHEN, 2000: Lehrbuch des Pflanzenbaus. Band 1: Grundlagen. Gelsenkirchen, Verlag Mann, 798 S.
- PALLUTT, B., M. JAHN, B. FREIER, E. MOLL, 2010: Dauerfeldversuche auf dem Versuchsfeld Dahnsdorf unter besonderer Berücksichtigung der Unkrautbekämpfung. *Journal für Kulturpflanzen* **62**, 238-247.
- RASCH, D., R. VERDOOREN, 2004: Einführung in die Biometrie – Grundlagen der Korrelationsanalyse und der Regressionsanalyse. Senat der Bundesforschungsanstalten des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 151 S.
- RICHTER, C., 2004: Einführung in die Biometrie – Grundbegriffe und Datenanalyse. Senat der Bundesforschungsanstalten des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 160 S.
- SCHÖNWIESE, C.-D., 2008: Klimatologie. 3., wesentlich verbesserte Aufl., Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 472 S.
- SCHUMACHER, E., 2004: Einführung in die Biometrie – Vergleich von mehr als zwei Parametern. Senat der Bundesforschungsanstalten des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 182 S.
- SUMPF, D., E. MOLL, 2004: Einführung in die Biometrie – Schätzen eines Parameters und Vergleich von bis zu zwei Parametern. Senat der Bundesforschungsanstalten des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 134 S.
- WITTCHEN, U., 2003: Beschreibung und Modellierung des Mikroklimas in Wintergetreide-Beständen unter besonderer Berücksichtigung langjähriger Messungen in Berlin-Dahlem und Dahnsdorf. Berlin, Logos-Verlag, 142 S.