

Die „klimatische Wasserbilanz“ als Charakteristik der Witterung

Bei Betrachtungen über Pflanzenerträge und Witterung spielen die Wasserfaktoren *Niederschlag* und *Verdunstung* eine hervorragende Rolle. Sie bestimmen den Wasservorrat und den Wasserhaushalt des Bodens und damit auch die Wasserbilanz der Pflanzen. Bisher wurden bei den Untersuchungen über Witterung und Ertrag als meteorologische Faktoren im allgemeinen nur Niederschlag und Temperatur herangezogen, um zu beurteilen, warum eine Ernte gut oder schlecht ausfiel. Dabei stellte sich häufig heraus, daß diese Betrachtungsweise nicht ausreichte, um echte Beziehungen zwischen Witterung und Ertrag zu finden. Der Grund liegt darin, daß die Verdunstungsgröße unberücksichtigt blieb, da hierfür Angaben fehlten.

Leider ist die Messung der Verdunstung in das Pflichtprogramm der meteorologischen Stationen bis heute noch nicht so aufgenommen worden, daß die landwirtschaftliche Klima- und Witterungskunde, insbesondere auch das Versuchswesen, Nutzen daraus ziehen und mit Hilfe von Niederschlag und Verdunstung eine richtige Wasserbilanz aufstellen konnte. Während nämlich die Messung des Niederschlages weitgehend sichere Werte liefert, stößt die unmittelbare Messung der Verdunstung auf Schwierigkeiten. Zumindest gilt dies für die Bestimmung der Verdunstung der Pflanzenbestände (Transpiration), die auf der Ausgabenseite im Wasserhaushalt von Boden und Pflanze erscheinen muß. Aus diesem Grund hat man versucht, aus meteorologischen Daten die Verdunstungskraft der Luft zu bestimmen und damit indirekt auf die Verdunstung von Boden und Pflanze zu schließen.

Es sind Berechnungsverfahren entwickelt worden, um die sogenannte „potentielle Verdunstung“ zu bestimmen. Erwähnt seien die Formeln von PENMAN, MAKING und TURC. Ferner sind die Messungen mit Lysimetern und an freien Wasseroberflächen zu nennen. Alle diese Methoden sollen in erster Annäherung einen Wert für die Verdunstung eines grünen Pflanzenbestandes liefern, der in vollem Wachstum begriffen ist, den Boden vollkommen beschattet und genügend Wasser zur Verfügung hat. Die unproduktive Verdunstung des Bodens ist in solchen Pflanzenbeständen auf ein Minimum herabgedrückt.

Diese Verdunstung hat in der Literatur als „Evapotranspiration“ Eingang gefunden. Damit wäre die alte Forderung der Landwirtschaft nach Angabe einer Verdunstungsgröße erfüllt und mit ihr ein Witterungsfaktor gegeben, der Angaben über den wichtigsten Wachstumsfaktor Wasser enthält, wobei Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und Sonnenscheinenergie berücksichtigt sind.

Zum gleichen Resultat führt eine außerordentlich vereinfachte Methode, nämlich die Berechnung der Verdunstung aus dem Sättigungsdefizit der Luft mittags um 14 Uhr, multipliziert mit dem Haundefaktor, der je nach Jahreszeit zwischen 0,3 und 0,4 liegt.

Es wurde bereits früher darüber berichtet, daß dieser berechnete Verdunstungswert in guter Übereinstimmung mit dem Wasserverbrauch eines geschlossenen Pflanzenbestandes steht, solange längere Zeiträume erfaßt werden sollen (1). Einzelne Tageswerte dagegen können durch ein zum Beobachtungstermin einsetzendes Wettergeschehen (Regenschauer) gefälscht werden.

Unter Verwendung dieses aus dem Sättigungsdefizit der Luft berechneten Verdunstungswertes kann die sogenannte „klimatische Wasserbilanz“ aufgestellt werden. Diese Bezeichnung wurde bereits von KUHNKE (2) vor 25 Jahren verwendet. Sie stellt die Differenz von Niederschlag und Verdunstung dar. Die klimatische Wasserbilanz ermöglicht folgendes:

1. Sie verschafft in allen Wasserhaushaltsfragen von Boden und Pflanze eine klare Vorstellung.
2. Sie gestattet, den Witterungsablauf hinsichtlich Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Verdunstung gut zu demonstrieren und auf eine Zahl zu bringen. Man kann daher mit ihr bei Untersuchungen der Wechselbeziehungen zwischen Witterung und Ertrag zu besseren Erkenntnissen gelangen.
3. Sie gibt uns neue Definitionen für *trocken* und *naß*.

Da die integrierte klimatische Wasserbilanz unter Benutzung täglicher Werte und Beachtung der oberen und unteren Grenzwerte für die Wasserspeicherleistung der Böden (Feldkapazität und Welkepunkt) einen Kurvenzug ergibt, der dem Gang der Bodenfeuchte nahezu parallel verläuft, kann man einen Zeitabschnitt als trocken oder naß, je nach Verlauf der Bodenfeuchte, charakterisieren.

Während bisher ein Zeitabschnitt als trocken oder naß bezeichnet wurde, wenn die Niederschlagssumme in diesem Zeitraum vom langjährigen Durchschnitt (= Regelwert) in negativem oder positivem Sinne abwich, wird unter Benutzung der klimatischen Wasserbilanz folgende Definition vorgeschlagen:

Ein Zeitabschnitt ist als trocken anzusprechen, wenn die klimatische Wasserbilanz negativ ist; ein Zeitabschnitt ist als naß zu bezeichnen, wenn die klimatische Wasserbilanz positiv ist.

Wenn es z. B. mehr regnet, als die Pflanzen dem Boden an Wasser entziehen, muß die Bodenfeuchte

Übersicht
Niederschlag (RR), Verdunstung (V) und klimatische Wasserbilanz (RR — V)
im Raum Braunschweig von 1890 bis 1961
mm

Jahr	April bis Juni			Juli bis September			Jahr	April bis Juni			Juli bis September		
	RR	V	RR—V	RR	V	RR—V		RR	V	RR—V	RR	V	RR—V
Regelwert	164	224	— 60	208	236	— 28	Regelwert	164	224	— 60	208	236	— 28
1890	219	237	— 18	128	227	— 99	1926	126	179	— 53	278	215	+ 63
1891	242	207	+ 35	296	221	+ 75	1927	222	167	+ 55	296	225	+ 71
1892	124	261	— 137	148	259	— 111	1928	176	179	+ 3	200	276	— 76
1893	64	303	— 239	144	271	— 127	1929	151	185	— 34	76	359	— 283
1894	123	237	— 114	243	201	+ 42	1930	161	267	— 106	214	274	— 60
1895	164	264	— 100	200	252	— 52	1931	220	213	+ 7	308	201	+ 107
1896	129	228	— 99	324	200	+ 124	1932	174	191	— 17	233	252	— 19
1897	214	212	+ 2	251	212	+ 39	1933	169	207	— 38	127	279	— 152
1898	248	188	+ 60	196	246	— 50	1934	69	282	— 213	124	319	— 195
1899	228	197	+ 31	239	222	+ 17	1935	225	210	+ 15	176	274	— 98
1900	191	207	— 16	176	240	— 64	1936	183	200	— 17	213	237	— 24
1901	110	267	— 157	251	249	+ 2	1937	197	207	— 10	242	225	+ 17
1902	195	203	— 8	223	190	+ 33	1938	123	207	— 84	185	268	— 83
1903	194	219	— 25	284	190	+ 94	1939	124	236	— 112	240	256	— 16
1904	154	299	— 145	110	216	— 106	1940	137	212	— 75	276	178	+ 98
1905	225	235	— 10	298	206	+ 92	1941	190	185	+ 5	171	215	— 44
1906	162	227	— 65	253	225	+ 28	1942	114	209	— 95	200	249	— 49
1907	126	222	— 96	205	184	+ 21	1943	200	201	— 1	211	262	— 51
1908	216	221	— 5	204	200	+ 4	1944	154	194	— 40	137	302	— 165
1909	122	237	— 115	270	190	+ 80	1945						
1910	127	264	— 137	220	184	+ 36	1946	209	210	— 1	120	243	— 123
1911	73	270	— 197	92	379	— 287	1947	133	234	— 101	110	344	— 234
1912	230	224	+ 6	227	204	+ 23	1948	171	243	— 72	249	225	+ 24
1913	118	246	— 128	219	194	+ 25	1949	162	164	— 2	132	270	— 138
1914	152	237	— 85	227	258	— 31	1950	250	206	+ 44	209	250	— 41
1915	106	304	— 198	175	206	— 31	1951	220	173	+ 47	181	252	— 71
1916	258	222	+ 36	212	184	+ 28	1952	134	203	— 69	124	243	— 119
1917	94	340	— 246	213	264	— 51	1953	163	209	— 46	142	272	— 130
1918	150	228	— 78	208	197	+ 11	1954	117	223	— 106	410	156	+ 256
1919	135	231	— 96	117	230	— 113	1955	172	168	+ 4	239	199	+ 40
1920	142	234	— 92	233	221	+ 12	1956	204	155	+ 49	305	197	+ 108
1921	176	335	— 179	114	298	— 184	1957	93	222	— 129	311	181	+ 130
1922	163	262	— 99	249	178	+ 71	1958	188	155	+ 33	267	198	+ 69
1923	274	152	+ 122	180	240	— 60	1959	50	270	— 220	90	332	— 242
1924	181	213	— 32	307	203	+ 104	1960	157	212	— 55	180	185	— 5
1925	112	262	— 150	178	259	— 81	1961	395	187	+ 208	178	216	— 38

zunehmen, die Wasserreserve im Boden wird vergrößert: es ist naß gewesen.

Aus der klimatischen Wasserbilanz läßt sich ebenfalls abschätzen, ob und wieviel Sickerwasser je nach Bodenart und dessen Wasserspeicherleistung aufgetreten ist. Treten in einem Zeitraum negative Bilanzen mit hohen Verdunstungswerten auf, so erhält man beispielsweise gute Anhaltspunkte dafür, ob ein Boden schnell abtrocknet, wie schnell eingeregnetes Getreide wieder trocken wird (Mähdrusch), wie günstig oder ungünstig die Witterungsbedingungen für die Heuwerbung sind.

Da aus den vorliegenden meteorologischen Daten für viele Orte die klimatische Wasserbilanz nachträglich aufgestellt werden kann, ist man in der Lage, die Häufigkeit von Trocken- und Naßzeiten besser als bisher anzugeben. Damit kann man unter anderem auch für die Planung von Beregnungsanlagen wichtige Voruntersuchungen leisten, um Fehlinvestitionen zu vermeiden. Gleichmaßen können auch die Häufigkeiten von Nässe-schäden in verschiedenen Klimaräumen aufgezeigt werden.

In der beigegebenen Übersicht werden für die Zeit von 1890 bis 1961 aus dem Raum Braunschweig die Werte für Niederschlag (RR), Verdunstung (V) und klimatische Wasserbilanz (RR — V) angegeben, und zwar getrennt für die Zeitabschnitte

April bis Juni (für den Getreidebau wichtig) und Juli bis September (für den Hackfruchtbau wichtig).

Wenn man unterstellt, daß negative Bilanzen für den Abschnitt Juli bis September den Hackfruchtbau besonders auf leichten Böden gefährden können, dann ergibt sich aus der Reihe 1890 bis 1961 für Braunschweig, daß in 72 Jahren 29mal (= 41%) zeitweise Wassermangel für Hackfrüchte aufgetreten ist, wenn man alle die Fälle auszählt, bei denen die klimatische Wasserbilanz einen negativen Wert von mindestens 50 mm erreichte (50 mm = Speicherung an pflanzennutzbarem Wasser der Sandböden im Bodenprofil 0 bis 60 cm).

Die Auszählung der nassen Abschnitte April bis Juni in der bisher üblichen Weise ergibt, daß in 33 Fällen die Niederschlagssumme April bis Juni

höher lag, als es dem Regelwert entspricht. Legt man die neue Definition zugrunde, dann ergeben sich nur 17 Fälle.

Bei Betrachtung der einzelnen Monate, deren Veröffentlichung aus Raumgründen hier unterlassen wird, ergibt sich, daß von den vergangenen 30 Jahren bei Anwendung der klimatischen Wasserbilanz rund 15% aller Fälle anders als bisher beurteilt werden müssen, und zwar werden eine Reihe von Monaten, die bisher als naß angesehen wurden, nach der neuen Definition als trocken bezeichnet. Dies trifft besonders häufig für die Monate Mai und Juni zu, da dann hohe Verdunstungswerte die normalen Regenmengen kompensieren, und nach Abschluß des Monats der Wasservorrat im Boden abgenommen hat.

Dazu drei Beispiele:

Juni 1929

Regelwerte:

Niederschlag = 61 mm
Temperatur = 16,2° C

Es wurde gemessen:

Niederschlag = 75 mm (+ 14 mm)
Temperatur = 15,0° C (— 1,2°)

In Klammern ist die Abweichung vom Regelwert angegeben. Daraus folgt nach der üblichen Definition:

Juni 1929 war naß-kalt.

Die klimatische Wasserbilanz ergibt bei einem Verdunstungswert von 97 mm einen negativen Abschluß von 22 mm. Das bedeutet, daß im Laufe des Monats die Bodenfeuchte in den oberen Schichten um 22 mm geringer geworden ist. Der Monat ist deshalb als *zu trocken* anzusprechen.

Mai 1938

Regelwerte:

Niederschlag = 54 mm
Temperatur = 13,2° C

Es wurde gemessen:

Niederschlag = 68 mm (+ 14 mm)
Temperatur = 11,8° C (— 1,4°)

Nach üblicher Definition:

Mai 1938 war naß-kalt.

Bei Berücksichtigung der klimatischen Wasserbilanz, die einen negativen Abschluß von 23 mm erreichte, war der Mai 1938 *trocken*.

Juni 1961

Regelwerte:

Niederschlag = 61 mm
Temperatur = 16,2° C

Es wurde gemessen:

Niederschlag = 111 mm (+ 50 mm)
Temperatur = 16,6° C (+ 0,4°)

Nach üblicher Definition:

Juni 1961 war sehr naß und etwas zu warm.

Die klimatische Wasserbilanz ergibt für Juni 1961 einen Wert von + 17 mm. Streng genommen würde dieser Monat auch nach neuer Definition als *etwas zu naß* eingestuft werden müssen. Verfolgt man jedoch das tägliche Wettergeschehen und stellt die Bilanz unter Benutzung von täglichen Werten graphisch dar, so zeigt der Juni 1961 eine sehr nasse erste Hälfte, die bis zum 14. Juni zu einem Wasserüberschuß von 70 mm führte. Darauf folgt eine deutliche trockene zweite Hälfte mit einem Wasserdefizit von 53 mm, so daß der Wasservorrat in den oberen Bodenschichten gegen Ende des Monats auf den leichten Sandböden fast zur Neige ging und eine Ergänzungsbewässerung (Feldberegnung) verschiedentlich eingesetzt werden mußte. Immerhin zeigt der recht geringe positive Wert der klimatischen Wasserbilanz, daß der Monat Juni 1961 in seiner Gesamtheit keinesfalls als sehr naß anzusprechen ist.

Mit diesen Bemerkungen sollte darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Anwendung der klimatischen Wasserbilanz in der landwirtschaftlichen Witterungskunde zur Charakterisierung der Witterungsabläufe eine Verbesserung der bisherigen Methodik darstellt, zumal der außerordentlich leicht zu gewinnende Faktor *Verdunstung* dem Wasserverbrauch der Pflanzenbestände recht nahe kommt. Aus diesen Gründen wird sie als Vervollständigung der Beschreibung des Wettergeschehens empfohlen.

Schrifttumsnachweis

1. KORTE, W.: Klimatische Wasserbilanz — ein Hilfsmittel zur Steuerung der Feldberegnung. — Landbauforsch. Völkenrode 8 (1958) H. 4, S. 90—92.
2. KUHNKE, A.: Die Abhängigkeit des Pflanzenertrages von der Wasserverdunstung. — Schr. Königsberger Gelehrten Ges. Naturwiss. Kl. 13 (1936) H. 4, 100 S.

Gustav Schmid, Institut für Biochemie des Bodens

Wirkstoffwirkung

Einfluß von Strohrotteprodukten auf Wachstum und Ertrag

Zur Prüfung der Möglichkeit einer direkten Humuswirkung auf das Pflanzenwachstum und den Ertrag über niedermolekulare Bestandteile und Abbauprodukte der organischen Substanz des Bodens sind verschiedene Versuche durchgeführt worden. Als Wirkstoffe haben wir sowohl niedermolekulare Substanzen, die als Ligninabbauprodukte angesehen werden können, als auch chemisch ähnliche

Substanzen wie Chinone und Phenole angewandt. Wegen der Bildung dieser Substanzen bei der Strohrotte (4) sind diese Untersuchungen im Zusammenhang mit der Strohdüngung auch von praktischer Bedeutung.

Die bei diesen Untersuchungen gefundenen Änderungen im Stoffwechsel der Pflanzen (3, 5, 6),