

Berechnung über den Trocknungsverlauf beim Welken von Futterpflanzen

Die landwirtschaftliche Produktion ist gegenwärtig noch in hohem Maße durch den Witterungsablauf beeinflusst. Bei der Entwicklung effektiver Verfahren für die industriemäßige Produktion in der Landwirtschaft kommt daher der Beurteilung ihrer Witterungsabhängigkeit eine große Bedeutung zu. Die statistische Auswertung der über lange Beobachtungszeiträume vorliegenden meteorologischen Daten bereitete für landwirtschaftliche Arbeitsprozesse Schwierigkeiten. Dies lag am Fehlen geeigneter Parameter zur Kennzeichnung der Witterungseinflüsse sowie an dem hohen Rechenaufwand. Mit dem Einsatz leistungsfähiger EDV-Anlagen ist jetzt die Möglichkeit zum Gewinn umfassender Aussagen gegeben. Zur Einschätzung der witterungsabhängigen Anwendbarkeit verschiedener Verfahren der Feldfutterkonservierung wurden langjährige meteorologische Beobachtungsdaten mit Hilfe einer modernen EDV-Anlage ausgewertet. Die Grundlage für die Arbeiten bildete eine Beziehung über den Wasserentzug von Futterpflanzen bei der Feldtrocknung.

Vorbereitende Arbeiten

Nach [1] ergibt sich z. B. für Luzerne (gequetscht, spezifische Schwadmasse 9 kg/m²) bei maximalem Schwadlockern und -wenden (2× täglich) für den Wasserentzug in zwei Stunden

$$W'_{n(2)} = F^{0,8}(-7,56 + 7,00 \Delta x \theta + 25,20 v + 21,96 s) \quad (1)$$

Darin bedeuten

- F Gutfeuchte in g Wasser je g Gesamttrockenmasse M_T
 $\Delta x \theta$ Sättigungsdefizit in mm QS
 v Windgeschwindigkeit in m/s
 s Sonnenscheindauer in h
 M_T Gesamttrockenmasse in der Schwadmasse in g/m²

Diese Beziehung wurde den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt. Sie beinhaltet jedoch nicht die Wiederbefeuchtung durch Niederschläge während der Feldlagerzeit. Aus dem gleichen Versuchsmaterial konnte für die Wiederbefeuchtung während eines Liegetages gefunden werden für

$$\begin{aligned} r \leq 9 \text{ mm} : N_w &= 752,00 r - 42,61 r^2 \quad [\text{g/m}^2] \\ r > 9 \text{ mm} : N_w &= 3117 \text{ g/m}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Hierin ist:

- r Tagesniederschlagssumme in mm

Damit standen alle zur Verfahrenskennzeichnung erforderlichen Beziehungen zur Verfügung.

Bei der Durchsicht des verfügbaren meteorologischen Beobachtungsmaterials¹ ergaben sich einige Anpassungsprobleme:

- Die Beobachtungszeiten der normalen meteorologischen Beobachtungsstationen (3 oder 4 Beobachtungen je Tag) stimmen nicht mit den Beobachtungsintervallen des Versuchsmaterials (12 Messungen je Tag) überein.
- In den zur Verfügung stehenden EDV-fähigen Datenträgern des Meteorologischen Dienstes der DDR waren die aus den Versuchen mit höchster Signifikanz ermittelten meteorologischen Daten nur teilweise direkt enthalten.

Zum Angleichen der Beobachtungszeiten wurde — in Anlehnung an frühere technologische Untersuchungen — ent-

schieden, die Aussage auf Tageszeitspannen zu begrenzen. Dies erfordert die Erweiterung der Beziehung (1) auf Tagessummen:

$$W'_{n(d)} = F^{0,8}(-181,44 + 7,00 \sum \Delta x \theta + 25,20 \sum v + 21,96 \sum s) \quad (3)$$

Dabei steht das Summenzeichen (\sum) für die Tagessumme aus stündlichen Werten.

Die Subtraktion der Wiederbefeuchtung durch den Tagesniederschlag erfolgt nach dem Wasserentzug des Gesamtages (24.00 Uhr). Eine Überprüfung der gemessenen Werte mit den in die Beziehungen (1) bzw. (3) und (2) eingesetzten aktuellen meteorologischen Meßwerten ergab eine hinreichende Aussagekraft für die vorgesehene Gesamttagverrechnung (Bild 1). Abweichungen bei hohen Niederschlägen führten zu niedrigeren berechneten Wasserentzügen (sichere Tendenz).

Zur Umrechnung der meteorologischen Stationswerte auf Tagessummen waren Aussagen über den Einfluß der einzelnen Beobachtungszeitpunkte auf die Tagessumme (Wichtungen) erforderlich.

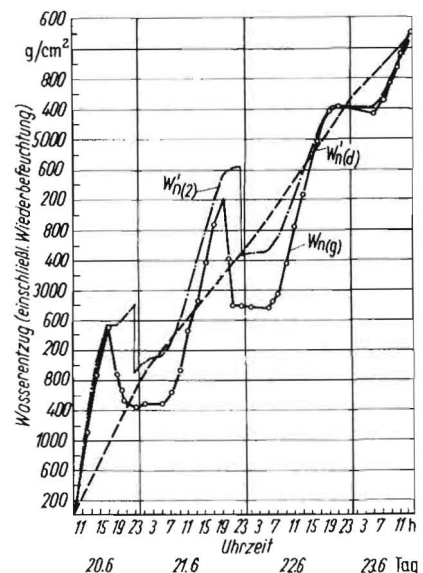
Zehnjährige stündliche Beobachtungswerte (1951 bis 1960) der Station Potsdam wurden für Sättigungsdefizit und Windgeschwindigkeit mit Hilfe einer multiplen linearen Regression verrechnet, wobei die Tagessumme als Zielgröße und die drei bzw. vier Beobachtungstermine als Einflußgrößen eingeführt wurden.

So ergab sich z. B. für die Tagessumme des Sättigungsdefizits bei drei Beobachtungsterminen

$$\sum \Delta x \theta = 3,84 + 9,62 \Delta x \theta_7 + 6,73 \Delta x \theta_{14} + 7,68 \Delta x \theta_{21}$$

Bild 1. Auf der Schwadwaage ermittelter und aus Witterungsdaten in 2 verschiedenen Zusammenfassungen errechneter Wasserentzug bei Wiederbefeuchtung durch Regen am ersten und zweiten Welktag (Futterart Luzerne);

- $W'_{n(2)}$ stündlich errechneter Wasserentzug aus zweistündlichen Ableseterminen;
 $W'_{n(d)}$ errechneter Wasserentzug aus Tagessummen der Witterungsdaten;
 $W_{n(g)}$ gemessener Wasserentzug $W_{n(g)}$
 $W'_{n(2)}: y = F^{0,8}(-7,56 + 7,00 \Delta x \theta + 25,20 v + 21,96 s) - N_w$
 $W'_{n(d)}: y = F^{0,8}(-181,44 + 7,00 \sum \Delta x \theta + 25,20 \sum v + 21,96 \sum s) - N_w$



* Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR (Direktor: O. Bostelmann)

¹ Den Mitarbeitern der Abt. Klimaforschung und der Rechenstelle des Met. Dienstes der DDR Potsdam wird für die tatkräftige Unterstützung der Arbeiten gedankt.

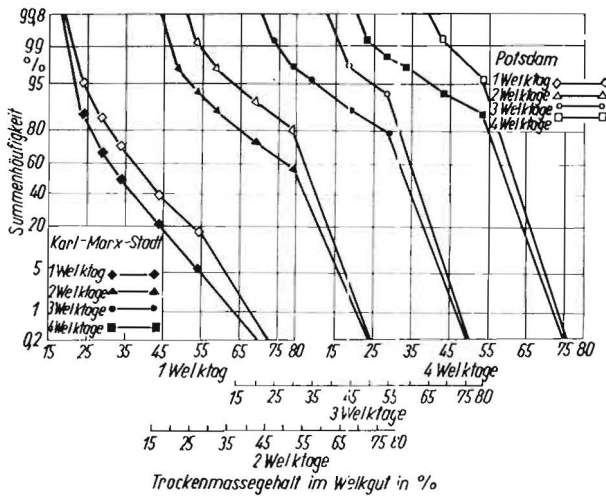


Bild 2. Relative Summenhäufigkeitskurven des erreichten Trockenmassegehalts nach 1 bis 4 Welktagen für die Zeitspanne vom 1. Mai bis 30. September in den Jahren 1951 bis 1960 („Idealprozeß“, Standort: Potsdam und Karl-Marx-Stadt)

Hierin bedeuten:

- $\Delta x \theta_7$ Beobachtungswert 7.00 Uhr
 - $\Delta x \theta_{24}$ Beobachtungswert 14.00 Uhr
 - $\Delta x \theta_{21}$ Beobachtungswert 21.00 Uhr
- mit einem Bestimmtheitsmaß $B = 0,97$.

Die Berechnung der Tagessumme der Windgeschwindigkeit erfolgte in ähnlicher Weise.

Zur Umrechnung der auf den Datenträgern abgelochten meteorologischen Kennwerte auf die der Gleichungen (1) bzw. (3) wurde das Sättigungsdefizit aus Lufttemperatur und relativer Feuchtigkeit ermittelt [2]:

$$\Delta x \theta = (3,821 + 0,3037t + 0,004995t^2 + 0,0003751t^3) (1 - 0,01 \varphi)$$

Dabei sind:

- t Lufttemperatur in °C
- φ rel. Feuchte in Prozent

Die Umrechnung der Windgeschwindigkeit von Beaufort-Werten auf m/s fand mit einer aus den Tabellenwerten abgeleiteten Regression 2. Ordnung statt, die Korrektur der unterschiedlichen Meßhöhe erfolgte mit der nach Geiger in [3] angegebenen Beziehung.

Rechnerprogramm

Zum Errechnen des Wasserentzugs von Futterpflanzen auf der Basis langjähriger meteorologischer Daten wurde das Programm „TRØTA“ in BESM-FORTRAN geschrieben.

Das Programm hat folgende Eingaben:

Lochkarte: Verfahrenskonstanten (Anfangsschwadmasse und -trockenmassegehalt, Kontrollwerte für Station, Monat und Jahr)

Magnetband: aktuelle Konstanten (Datum, Ort, aktuelle Witterungsdaten des berechneten Tages)

Als Ausgabe werden die nach Jahres-, Monats- und Gesamtwerten klassierten relativen Häufigkeiten von 6 Trockenmasseklassen für jeweils 1, 2, 3 und 4 Welktage ausgedruckt. Das Programm besteht aus den Hauptteilen

- a) Dateneingabe (einschließlich Umspeicherung der aktuellen Daten nach der Verrechnung eines Tages sowie Kontrolle auf Jahres-, Monats- und Ortsende)
- b) Umformen der aktuellen Parameter für Gleichung (3)
- c) Berechnen des Wasserentzugs nach (3) und (2) (Iteration)
- d) Klassieren in Trockenmasseklassen
- e) Relativieren und Ausdrucken der Häufigkeiten (6 Klassen, 4 Tage)

Die aufeinanderfolgende kumulative Bestimmung des Wasserentzugs über 1 bis 4 Tage je eingelesebenen Datensatz (aktuelle Werte eines Tages) wurde über das Einordnen der Teile c) und d) in eine DØ-Schleife realisiert.

Bei den Testläufen machte es sich erforderlich, die maximale Windgeschwindigkeit auf $v = 4$ (Beaufort-Skala) zu begrenzen. Höhere Windgeschwindigkeiten wurden auf diesen Wert, der der Beobachtungsgrenze für (1) entspricht, reduziert. Ferner wurde nach Modelltesten auf dem Kleinrechner SER 2d die Zahl der Iterationszyklen auf 45 begrenzt und Grenzbedingungen zur Absicherung gegen unrealer Ergebnisse vorgesehen (damit maximaler Trockenmassegehalt $TM = 80$ Prozent).

Das Programm belegt auf der Rechenanlage BESM-6 7850 Speicherplätze (einschließlich Systemroutinen). Für die Berechnung von 2730 Tagen werden einschließlich Programmübersetzung 798 s Zentraleinheitszeit (15,1 min Gesamtzeit) benötigt.

Ergebnisse

Die Berechnungen führten wir für die Stationen Greifswald, Potsdam und Karl-Marx-Stadt für die Jahre 1951 bis 1960 (Greifswald 1955 bis 1960) und den Zeitraum 1. Mai bis 30. Sept. durch, wobei mehrere Varianten der Zuordnung der Wiederbefeuchtung zur Anwendung kamen.

Bei der im folgenden auszugsweise diskutierten Variante ist die gesamte Niederschlagsmenge (Stationsangaben 7.00 Uhr des laufenden Tages bis 7.00 Uhr des folgenden Tages) über die Wiederbefeuchtung von der Summe des Wasserentzugs des laufenden Tages abgezogen. Damit wurden hier wie bei allen anderen Entscheidungen „Lösungen der sicheren Seite“ im Sinn des Verfahrens benutzt.

Da die Eingangsparameter nach (1) für eine sehr günstige technologische Variante (Aufbereitung, häufiges Wenden und Lockern) bestimmt wurden, können die hier ermittelten Aussagen als voraussichtliche Höchstwerte des ausgefeilten Prozesses, d. h. — in Analogie zu Bezeichnungen bei Kraftmaschinenprozessen — als „Idealprozeß“ (Vergleichsprozeß) gewertet werden. Das Verhältnis praktischer Prozesse zu dem „Idealprozeß“ bildet als „Gütegrad“ eine Beurteilungsmöglichkeit für ausgeführte Verfahrensvarianten.²

Eine varianzanalytische Behandlung des Versuchsmaterials ergab mit den Jahren als Wiederholungen keine statistische Sicherung für Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten, während Unterschiede der Standorte z. T. hoch gesichert waren.

Die Darstellung der Gesamtergebnisse (Summierung über Monate) als Summenhäufigkeit für die Orte Potsdam und Karl-Marx-Stadt zeigt diese Standortdifferenzen (Bild 2). Während z. B. nach dem „Idealprozeß“ der Trockenmassegehalt von $M_T = 50$ Prozent an einem Tag in Potsdam bei 25 Prozent der Einsatztage (1. Mai bis 30. Sept.) erreicht wird, macht dieser Anteil in Karl-Marx-Stadt nur 10 Prozent aus. Auch nach 4 Welktagen bleibt diese Differenz noch sichtbar (Potsdam an 97 Prozent, Karl-Marx-Stadt an 90 Prozent der Einsatztage). Die Differenzen zwischen den Standorten kennzeichnen klimabedingte Verfahrensgrenzen und können damit Basis für Relationen bei der Maschinenbedarfsplanung sein.

Von Fechner und Schwandt [4] wurden bei Klimabedingungen des norddeutschen Küstengebiets unter weitgehender Verwendung von Erfahrungen aus in der Praxis angewendeten Verfahren für das Erreichen von $M_T = 35$ bis 40 Prozent in 3 Welktagen bei Welkgras zwischen 52 Prozent und 73 Prozent der „verfügbaren“ Tage angegeben; für den „Idealprozeß“, Station Greifswald, ergeben sich bei der schwerer trocknenden Luzerne unter gleichen Bedingungen 98 Prozent der Einsatztage.

² Bei einer Gegenüberstellung sind u. U. einige technologisch-organisatorische Verlustzeiten vergleichbar zu gestalten, da in den vorliegenden Berechnungen mit meteorologischen Einsatztagen ohne Berücksichtigung von Kalender-Arbeitstagen gerechnet wurde.

Die zum Teil erheblichen Unterschiede zwischen den für den „Idealprozeß“ möglichen Zeitspannen und denen der praktischen Arbeitsverfahren weisen auf Reserven hin, die in diesen Verfahren bei weiterer technologischer und technischer Vervollkommnung stecken.

Schlußfolgerungen

Aus den Untersuchungen kann u. a. gefolgert werden:

- Das angewandte Untersuchungsverfahren hat sich methodisch bewährt, führt zu statistischen signifikanten Aussagen und kann sinngemäß auch für andere landwirtschaftliche Arbeitsprozesse angewendet werden.
- Durch die Kopplung von hinsichtlich einer bestimmten Zielfunktion hoch effektiven technologischen Verfahren mit den diese Zielfunktion bestimmenden meteorologischen Einflußfaktoren auf der Basis langjähriger Beobachtungswerte entstehen „Idealprozesse“, die über einen „Gütegrad“ eine Beurteilung bestehender Arbeitsverfahren ermöglichen und in ihnen vorhandene Reserven aufzeigen.
- Für die Feldfuttertrocknung sind in der DDR standortdifferenzierte Klimaauswertungen erforderlich, um die Einsatzspannen der einzelnen Verfahren real bestimmen zu können.

Dipl.-Ing. W. Recker, KDT*

Obwohl Siebketten seit vielen Jahren das vorherrschende Siebelement in Kartoffelerntemaschinen sind, ist über ihr Bewegungsverhalten bisher wenig veröffentlicht worden /1/. Erweiterte Kenntnisse auf diesem Gebiet ermöglichen Abschätzungen über Varianten zur Verbesserung von Arbeitsqualität und Siebleistung dieses Siebelements. Es war deshalb die Aufgabe gestellt, eine Versuchs- und Auswertmethode zu entwickeln, die Untersuchungen des Bewegungsverhaltens umlaufender Siebketten in Erntemaschinen unter Feldbedingungen gestattet.

1. Versuchsmethodik

Um das Bewegungsverhalten von Siebketten zu kennzeichnen, ist es erforderlich, den Wegverlauf oder eine seiner Ableitungen nach der Zeit vom vorderen bis zum hinteren Umlenkpunkt der Siebkette zu erfassen.

Versuche, aus den bei Labormessungen auf fotografischem Wege relativ leicht zu ermittelnden Wegverlauf den Beschleunigungsverlauf durch zweimaliges Differenzieren zu erhalten, waren nach Noack /1/ wenig erfolgreich.

Auch bei Wegmessungen unter Feldbedingungen in seitlich verkleideten Erntemaschinen ergeben sich Schwierigkeiten. Deshalb wurde entschieden, die Untersuchungen auf Messungen des zeitlichen Beschleunigungsverlaufs aufzubauen. Die von Noack angewendete Methode ist auf Laborversuche begrenzt. Dies ist durch die Art der Meßwertübertragung vom Beschleunigungsmesser an der Siebkette zum Registriergerät über am Siebstab festangebrachte Kabel bedingt. Daraus ergibt sich eine Begrenzung der Anzahl der Kettenumläufe, da dem Meßkabel nur eine beschränkte Anzahl Umdrehungen zugemutet werden kann. Gleichzeitig fordert dieses Verfahren eine einseitig frei laufende Siebkette, so daß es für Feldversuche nicht anwendbar ist.

Nach einem von Schmidt /2/ vorgeschlagenem Verfahren wurde es möglich, Meßwerte von einem an einem Siebstab

Zusammenfassung

Auf der Basis von Feldmessungen über den Wasserentzug bei der Feldtrocknung von Futterpflanzen und unter Auswertung mehrjähriger meteorologischer Beobachtungswerte wurde eine Berechnungsmethode zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeit für das Erreichen verschiedener Trockenmassenklassen bei 1 bis 4 Welktagen aufgestellt und ein Rechnerprogramm hierfür entwickelt. Die Ergebnisse ermöglichen u. a. die Abschätzung des Entwicklungsspielraums gegebener Arbeitsverfahren.

Literatur

- /1/ Neuschulz, A.: Einfluß der Witterung auf den Trocknungsverlauf beim Welken von Futterpflanzen. Forschungsbericht, IML Potsdam-Bornim 1971 (unveröffentlicht)
- /2/ Maltry, W.: Berechnungsvorschlag zur Ermittlung der Einflußgröße Sättigungsdefizit. Mündl. Mitteilung 1970
- /3/ Baumgartner G.: Anpassung des Mähdeschereinsatzes an Klimaverhältnisse und Ernterisiko. KTBL-Berichte über Landtechnik Nr. 125. München-Wolfratshausen: Hellmut-Neureuter-Verlag 1969
- /4/ Fechner, M./W. Schwandt: Untersuchungen zur industriemäßigen Organisation der Welksilageproduktion in der Kooperationsgemeinschaft Ferdinandshof. Dissertation DAL Berlin 1970 A 8918

Untersuchungen über das Bewegungsverhalten von Siebketten für Kartoffelerntemaschinen

befestigten Beschleunigungsgeber über einen Schleifring-übertrager von der Siebkette abzunehmen. Damit fallen alle Beschränkungen weg, die dem Verfahren nach Noack anhaften (nicht kontinuierlicher Betrieb, offene Seitenwand).

2. Versuchsdurchführung

Zur Erarbeitung der Versuchsmethodik und Gewinnung von ersten Meßwerten für die Ausarbeitung einer Auswertmethode dienten nach vorangegangenen Testversuchen im Jahre 1972 durchgeführte Versuche unter Laborbedingungen /3/. An drei verschiedenen Siebketten wurde die vertikal zur Laufrichtung der Kette auftretende Beschleunigung an je einem Siebstab gemessen. Da zunächst nur das Schwingungsverhalten der Siebketten interessierte, verhinderten durch die Stäbe geflochtene Bänder ein Absieben. Beaufschlagt wurden die Ketten über eine Dosiereinrichtung (Zellrad-dosierer) mit einer relativ homogenen Splittmischung.

Am gleichen Siebstab, der den Beschleunigungsaufnehmer trug, wurde auch eine Taschenlampe befestigt. Sie ermöglichte die fotografische Registrierung der Siebstabschwingung zu Kontrollzwecken.

Die vom Beschleunigungsaufnehmer gelieferten Werte nahm ein Magnetband parallel zur fotografischen Registrierung auf. Da nur die Siebphase (Strecke vordere bis hintere Umlenkrolle) von Interesse ist, wurden beide Vorgänge über den x-Kontakt der Kamera synchronisiert.

3. Auswertung der Messungen

Zur Auswertung stehen analog gewonnene und auf einem Magnetband registrierte Beschleunigungswerte eines Siebstabs während des Kettenumlaufs zur Verfügung.

Um aus dem registrierten Beschleunigungsverlauf den Schwingungsverlauf des Siebstabs zu erhalten, ist eine zweimalige Integration erforderlich.

Da ein Analogrechner (Typ Meda TA 41) mit einer größeren Anzahl von Integratoren zur Verfügung stand, bot sich der

* Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR (Direktor: Obering. O. Bostelmann)