

Weterrisiko und verfügbare Feldarbeitstage in der Schweiz

Arbeitswirtschaftliche Grundlagen aus meteorologischen Messreihen

Werner Luder, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

In einem trockenen Jahr interessiert sich kaum ein Landwirt für die Statistik der Schönwettertage. Wenn jedoch wichtige Bestell- oder sogar Erntearbeiten nur verspätet und bei schlechten Wetterbedingungen erledigt werden können, erhalten verlässliche Richtzahlen über das Wet-

terrisiko und die Zahl der verfügbaren Feldarbeitstage immer wieder neue Aktualität.

Objektive Entscheidungsgrundlagen über die Wetterabhängigkeit der Feldarbeiten tragen dazu bei, den FAT-Arbeitsvorschlag noch

besser auf die sehr unterschiedlichen natürlichen Voraussetzungen unserer Landwirtschaftsbetriebe anzupassen. Dessen Bedeutung als Planungshilfsmittel und zur Beurteilung rationeller Betriebsführung wird dadurch entscheidend verbessert.

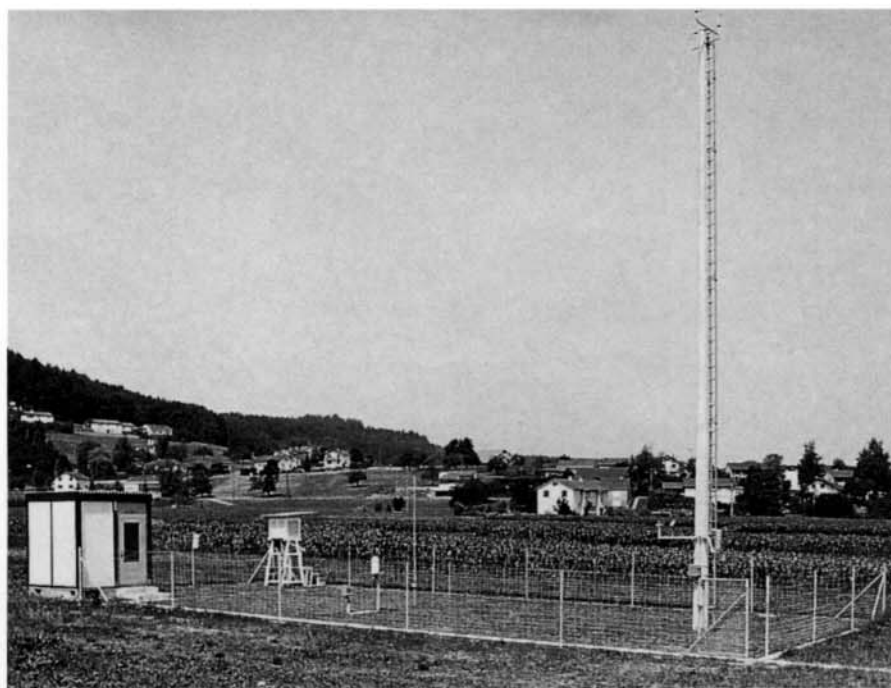


Abb. 1. Die Wetterstation Tänikon liefert seit 1970 exakte meteorologische Daten für die Feldversuche an der FAT.

Inhalt	Seite
Klimavoraussetzungen	2
Wettermessreihen als Datengrundlage	2
Abtrocknungsprozesse	3
Weterrisiko	5
Regionale Unterschiede	6
Schlussfolgerungen	7

Erschwerte Klimavoraussetzungen in der Schweiz

Bekanntlich ist das Grasland Schweiz gekennzeichnet durch ein futterwüchsiges Klima, also durch hohe, zeitlich günstig verteilte Niederschläge. Während an guten Ackerbaustandorten unserer Nachbarländer zwischen 500 und 800 mm Jahresniederschlag fällt, verzeichnet das Schweizer Mittelland 1000 bis 1200 mm und die voralpine Hügelzone gar 1300 bis 1600 mm. Hinzu kommt noch, dass in den Monaten Juni bis August die Regenmenge im Mittelland 20 bis 40% und in den Voralpen 50 bis 60% höher als im Durchschnitt der übrigen Jahreszeit ist. Trotzdem müssen in höheren Lagen in dieser kurzen, regenreichen Dreimonats-Zeitspanne genügend Futteervorräte für eine sechs- bis siebenmonatige Winterfütterung konserviert werden.

Nebst der Niederschlagsmenge entscheidet vor allem auch die Niederschlagshäufigkeit über die Möglichkeit zur Durchführung von Feldarbeiten. Dies betrifft insbesondere die äusserst witterungsempfindliche Dürrfüttererte und den Mähdrusch. Bei den Ackerarbeiten kommt als weiterer Einflussfaktor die Bodenart hinzu. Im Hinblick auf die immer grösser werdenden Maschinen und Transportfahrzeuge weisen durchlässige, tragfähige Böden Vorteile auf, die gerade in nassen Jahren heute wichtiger sind als je zuvor.

Offenbar gehört es auch zu den Naturgegebenheiten der Schweiz, dass die rasch abtrocknenden Böden eher in Regionen mit weniger hohen Niederschlägen verbreitet sind. Dort kann gelegentlich sogar ein Bedarf nach künstlicher Bewässerung entstehen.

Langjährige Wettermessreihen als Datengrundlage

Eigene Arbeitstagebuch-Aufzeichnungen während der Dauer einer Generation mögen für einzelne Landwirte brauchbare Anhaltspunkte geben, um die durchschnittlichen Saat- und Erntetermine sowie die entsprechenden verfügbaren Feldarbeitstage für ihre Betriebe abzuschätzen. Für objektive Vergleiche über verschiedene Regionen, Höhenstufen und Bodenverhältnisse hinweg bieten sich dagegen die Messreihen von rund 100 Klimastationen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) in Zürich an (vgl. Karte am Schluss des Berichts).

Zur Auswertung dieser lückenlosen meteorologischen Daten sind mathematische Zusammenhänge mit den entsprechenden Feldarbeitsverfahren nötig. Diese Beziehungen zwischen den täglichen Messwerten und den

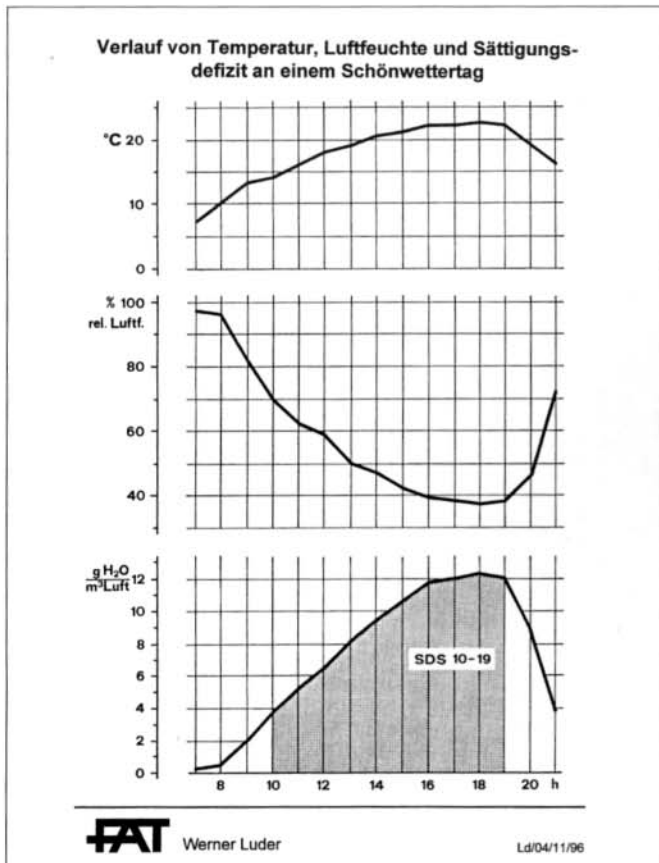


Abb. 2. Die Sättigungsdefizit-Summe (SDS) eines Schönwettertages ist ein zuverlässiger Massstab für dessen Trocknungswirkung in der Heu- und Getreideernte.



Abb. 3. Zur Bestimmung des Abtrocknungsverlaufs von Rauhfutter- und Getreidebeständen wurde eine Vielzahl von Proben gezogen.

spezifischen Anforderungen der Heu- und Getreideernte sowie der Bodenbestellung und Hackfrüchtereinte mussten zuerst in Feldversuchen erarbeitet werden.

Bei den zahlreichen Messungen der FAT über das Abtrocknungsverhalten von geschnittenem Gras und stehendem Getreide erwies sich das **Sättigungsdefizit der Luft**, das heisst das Wasseraufnahmevermögen in Gramm je Kubikmeter Luft, als zuverlässiger Schlüssel. Diese Grösse kann zu jedem Zeitpunkt aus den Messwerten von Temperatur und relativer Luftfeuchte berechnet werden. Sie zeigt an Schönwettertagen einen typischen Verlauf mit Maximalwerten zwischen 17 und 19 Uhr (Abb. 2). Die Fläche unter dieser Kurve entspricht dem gesamten Abtrocknungspotential eines Tages und wird als Sättigungsdefizit-Summe (SDS) bezeichnet. Zur Bewertung eines Schönwettertages genügt der Zeitabschnitt von 10 bis 19 Uhr, weil er im allgemeinen die trocknungswirksame Phase darstellt.

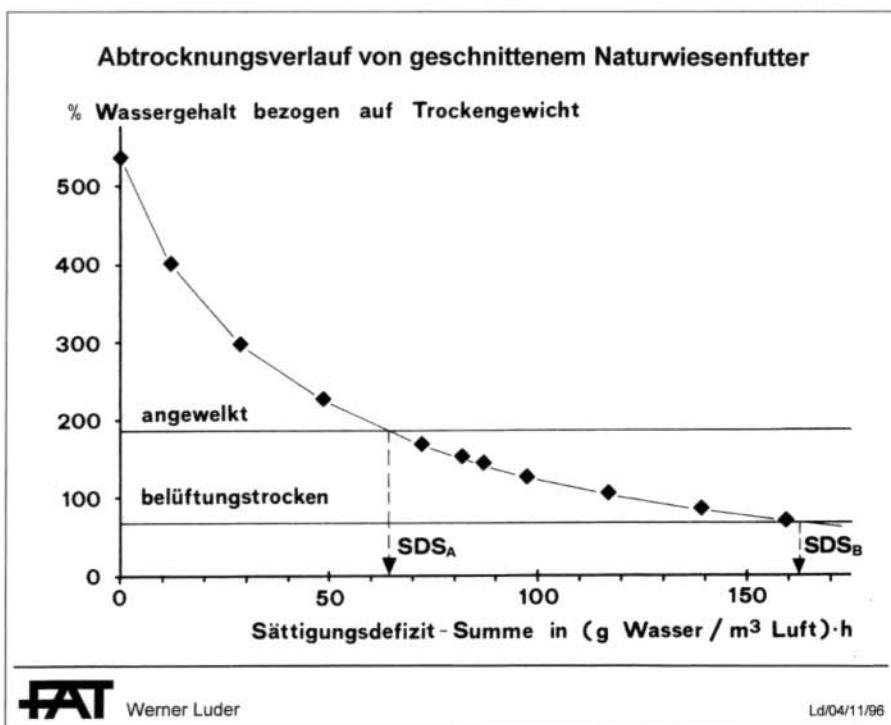


Abb. 4. Für jede Konservierungsart muss die Abtrocknungskurve die entsprechende Feuchteschwelle erreichen. Bis zu diesem Stadium ist eine bestimmte Sättigungsdefizit-Summe notwendig (SDS_A , SDS_B).

Verschiedene Modelle für unterschiedliche Abtrocknungsprozesse

Abtrocknungskurven für geschnittenes Gras

Bei den Versuchsarbeiten in der Rauhfutterernte wurde der Einfluss folgender Grössen auf die Abtrocknungsgeschwindigkeit erfasst: Heuschnitt bzw. Emdschnitt, Futterart, Futterertrag, Alter des Futters, Einsatz des Mähauflägers, Höhenlage der Parzelle (Intensität der Sonnenstrahlung). Der Abtrocknungsverlauf des Futters liess sich mit sehr geringen Abweichungen als Funktion der ab dem Schnittzeitpunkt einwirkenden SDS darstellen (Abb. 4). So konnte für jeden Verlauf die erforderliche SDS für Anwelksilage ($\Rightarrow SDS_A$), für Belüftungstrocken ($\Rightarrow SDS_B$) oder auch für Bodenheu bestimmt werden.

Wenn eine Schönwetterperiode lange genug anhält, um einmal oder mehrmals hintereinander die bestimmten SDS-Schwellenwerte zu erreichen, ergeben sich daraus eine bis mehrere Abtrocknungsgelegenheiten für An-

welksilage, Belüftungstrocken bzw. Bodenheu. Der Abtrocknungsprozess für Bodenheu erfordert beispielsweise zwei bis vier Schönwettertage. Der wichtigste von ihnen ist der Einführtag; er wird im Arbeitsvoranschlag als «verfügbarer Feldarbeitstag für die Rauhfutterernte» betrachtet und mit einer **Erntegelegenheit** gleichgesetzt. Bei der statistischen Auswertung längerer Schönwetterperioden wird eine gegenseitige Überlappung mehrerer Abtrocknungsabläufe toleriert (mähen und einführen am gleichen Tag). Wenn

zwei Abläufe aber am gleichen Tag (= Einführtag) enden, werden sie nur als eine Erntegelegenheit gezählt, da ein Betrieb seine Bergekapazität nicht kurzfristig verdoppeln kann.

Eine Erntegelegenheit (EG) umfasst die Anzahl Schönwettertage, die zur erfolgreichen Abtrocknung eines geschnittenen Wiesenbestandes auf die erforderliche Einführfeuchte nötig ist.



Abb. 5. Bezüglich der Kornfeuchte ist der Mähdrusch am Abend in der Regel günstiger als am Vormittag.

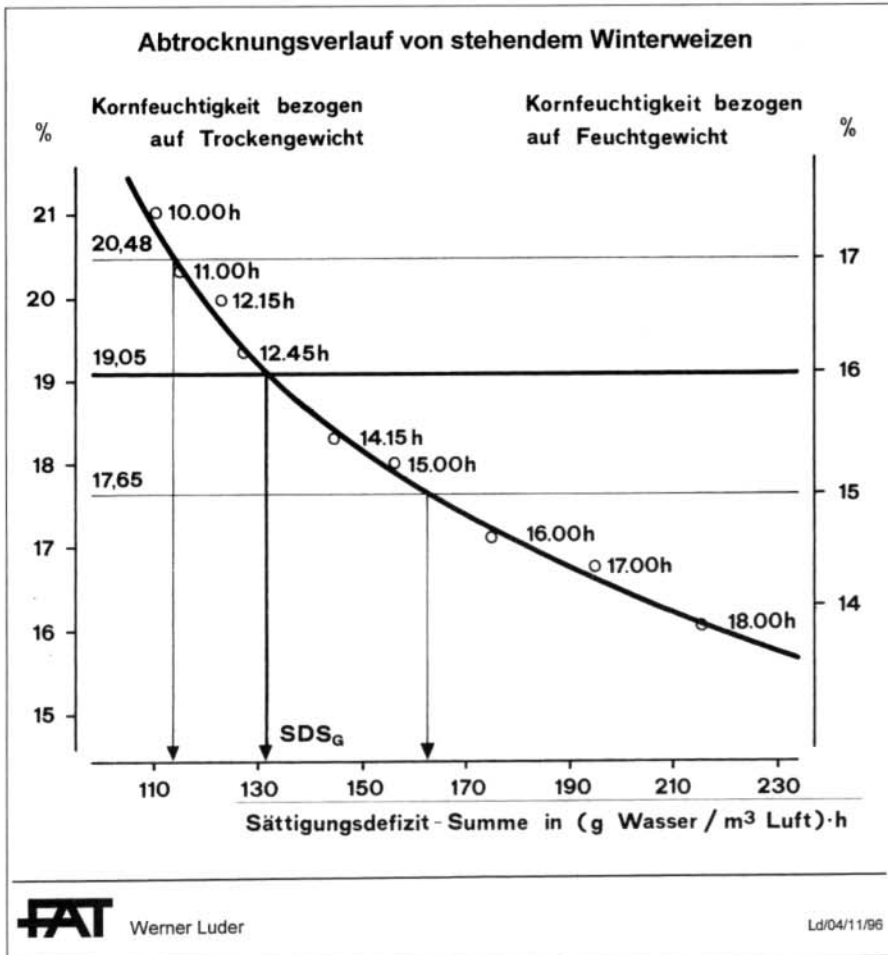


Abb. 6. Nach einer Regenperiode braucht es für die Abtrocknung eines Getreidebestandes etwa gleich viel Sättigungsdefizit-Summe (SDS_G) wie zur Bereitung von bodentrockenem Emd.

Abtrocknungskurven für stehendes Getreide

Der Verlauf der Korn- und Strohfeuchtigkeit bei stehendem, reifem Getreide zeigt grosse Ähnlichkeit mit jenem von geschnittenem Wiesenfutter (Abb. 6). Allerdings ist der Beginn der Abtrocknungskurve beim Getreide nicht so eindeutig definiert, wie dies durch den Schnitt des Grases der Fall ist. Ein wichtiger Zeitpunkt für den Beginn des Trocknungsprozesses ist jeweils das Ende einer Regenperiode. Bis zum Erreichen einer Kornfeuchte von 16% ist gleich viel SDS erforderlich wie für die Bodentrocknung von Emdgras nach dem Schnitt mit dem Mähauflbereiter. Die **verfügbaren Mähdruschtage** entsprechen demnach den Erntegelegenheiten für bodentrockenes Emd (Abb. 9 und Tab. 1).

Bei günstigen Mähdruschbedingungen ist die 16%-Kornfeuchteschwelle in der Regel um die Mittagszeit erreicht. Ein Gewitter am Vorabend kann aber den Abtrocknungsprozess am Folgetag erheblich verzögern. Deshalb sollte für die ausgewiesenen verfügbaren Mähdruschtage im Durchschnitt nur mit **je vier bis fünf Einsatzstunden** gerechnet werden. Setzt man die Schwelle zum Druschbeginn auf 18%, so verlängert sich die mittlere Einsatzdauer auf rund sechs Stunden.

Abtrocknungsverlauf des Ackerbodens

Die Feuchtigkeit des Ackerbodens ist das Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels von zahlreichen Einflussfaktoren. Mit Hilfe eines kanadisch-deutschen Modells gelang es, eine **kontinuierliche Wasserbilanz** der Bodenoberschicht sowie der -unterschicht zu simulieren. Diese Bilanz ergab sich aus den täglichen Niederschlägen, der Versickerung, dem Wiederaufstieg aus der Unterschicht sowie der Verdunstung an der Oberfläche und durch die Pflanzen. Selbstverständlich spielt die Bodenart bei diesem Zusammenspiel eine wichtige Rolle. Der bedeutendste Einflussfaktor ist der Niederschlag. Er kann eine Feuchtebilanz kurzfristig völlig verändern (vgl. Abb. 8).

Zur Festlegung exakter Feuchteschwellen für die Bearbeitung bzw. das Befahren des Ackerbodens standen



Abb. 7. Der Wasserhaushalt des Ackerbodens ist ein kompliziertes Zusammenspiel verschiedener Einflussgrößen. Durchlässige, tragfähige Böden sind bei der heutigen Mechanisierung immer mehr im Vorteil.

uns neben vereinzelt Literaturangaben auch ausgewählte Versuchsmessungen zur Verfügung. Daneben dienten Arbeitstagebuch-Aufzeichnungen von Ackerbaubetrieben mit unterschiedlichen Bodenverhältnissen zur Überprüfung und Verfeinerung der gefundenen Modellansätze. Der systematische Vergleich mit der Praxis führte schliesslich zu einer eher vorsichtigen Handhabung der Einsatzschwellen im Modell.

Was versteht man unter dem Wetterrisiko?

Der Begriff «Wetterrisiko» bezeichnet die Wahrscheinlichkeit von witterungsbedingten Verlusten. Zu diesen Verlusten gehören:

- Wertverminderung des Erntegutes bei anhaltendem Schlechtwetter zur Erntezeit (verregnetes Heu, ausgewachsenes Getreide, angefaulte Kartoffeln usw.)
 - Ertrags- oder Qualitätseinbussen wegen verspäteter Saat oder Ernte (Auswinterung des Getreides, Frostschäden an Mais oder Zuckerrüben, Auswuchs, Vogelfrass oder Spätverunkrautung beim Getreide usw.)
 - Nachhaltige Schädigung der Bodenstruktur beim Befahren von durchnässten Ackerböden (Ertragseinbussen wegen Staunässe oder gehemmtem Wurzelwachstum; Mehraufwand für Verbesserungsmaßnahmen bei verdichteten Böden).
- Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens derartiger Verluste sagt noch nichts aus über ihr Ausmass. Da aber die wertmässigen Schäden kaum allgemeingültig quantifizierbar sind, begnügt man sich damit, ihre Häufigkeit zu untersuchen. Da diese Häufigkeit nicht vom Wert der Kulturen abhängt, beeinflusst das Wetterrisiko die Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Produkte nicht. Es ist aber zu erwarten, dass sinkende Produktpreise zu einer höheren Risikobereitschaft in der Praxis führen werden. Dies erlaubt, mit einem «schlankeren» Maschinenpark, das heisst mit weniger Schlagkraft auszukommen.

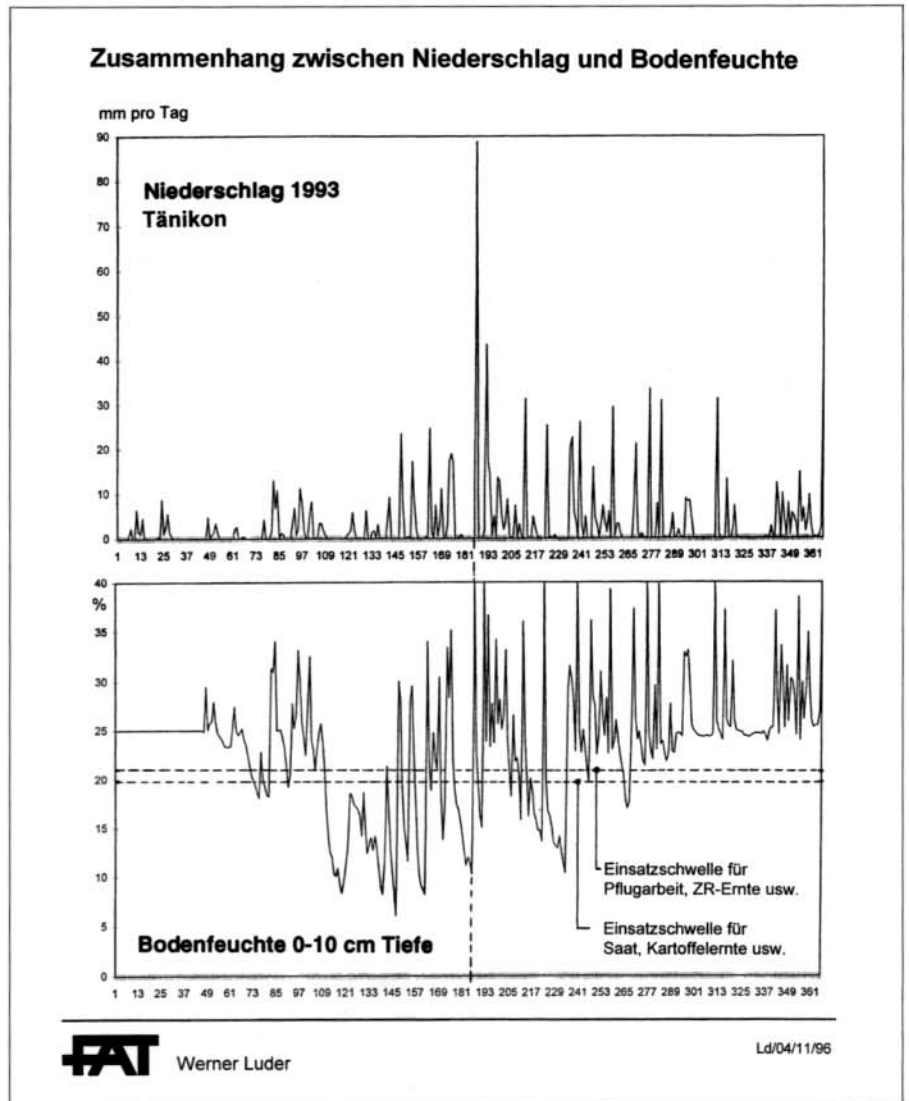


Abb. 8. Mit Hilfe eines ausgeklügelten Modells lässt sich die Bodenfeuchte sowohl im Oberboden als auch im Unterboden simulieren. Die wichtigste Einflussgrösse neben der Bodenart ist eindeutig die Niederschlagsmenge (vgl. Wirkung am Tag Nr. 185).

Um mehr Flexibilität in die Risikobetrachtung zu bringen, wurden neben dem bisher üblichen Wetterrisiko von 20% zwei weitere Risikostufen eingeführt. Dies ermöglicht folgende Unterscheidung:

- 10% Wetterrisiko:** Ansatz für anspruchsvolle Betriebsleiter mit eher hoher Produktionsintensität.
- 20% Wetterrisiko:** Üblicher Ansatz für durchschnittliche Verhältnisse; kommt im Arbeitsvoranschlag der FAT zur Anwendung.
- 30% Wetterrisiko:** Ansatz für eher extensiv produzierende Betriebe mit schwacher Mechanisierung; angemessen für klimatisch ungünstige Standorte.

=> Zu jeder Zahl über die verfügbaren Feldarbeitstage gehört eine Angabe über das unterstellte Wetterrisiko. Wo diese Angabe fehlt, ist von einem Risiko von 20% auszugehen.

Für einen gegebenen Standort gilt: Je grösser das akzeptierte Wetterrisiko, desto mehr verfügbare Feldarbeitstage, desto kleiner die erforderliche Schlagkraft.

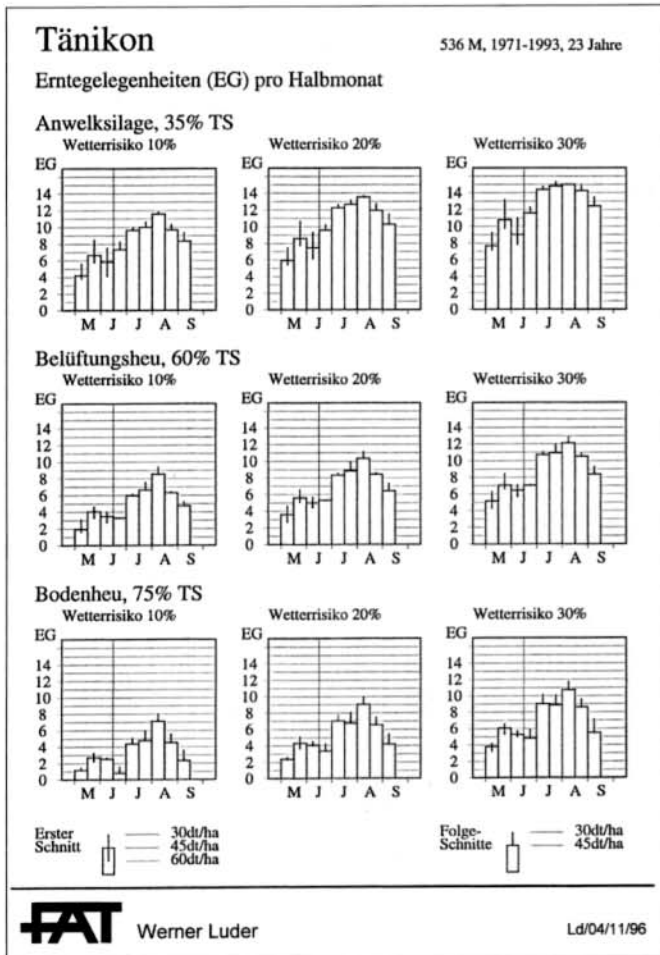


Abb. 9. Die Erntegelegenheiten für die Futterkonservierung hängen nicht nur vom Klima, sondern auch von verschiedenen beeinflussbaren Faktoren ab. Die verfügbaren Mähdruschtage können bei den Erntegelegenheiten von bodengetrocknetem Emd mit 45 dt TS/ha abgelesen werden.

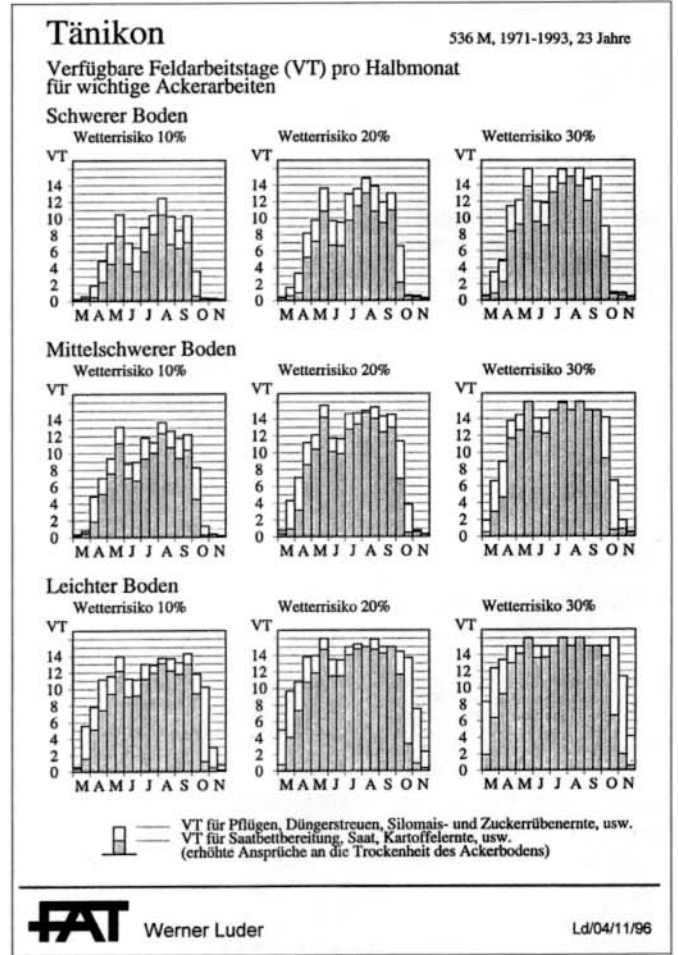


Abb. 10. An klimatisch wenig begünstigten Standorten kommt der Unterschied zwischen leichtem und schwerem Boden, aber auch zwischen grösserem und kleinerem Wetterrisiko besonders stark zum Ausdruck (Jahresniederschlag in Tänikon \varnothing 1180 mm).

Bedeutende regionale Unterschiede

Die beschriebenen Abtrocknungsmodelle für geschnittenes Gras und stehendes Getreide sowie für den Ackerboden können nicht allen Einzelheiten Rechnung tragen. Sie haben jedoch den Vorteil, dass sie die Wetterdaten verschiedener Landesteile nach einheitlichen Anforderungen beurteilen. Bei allen Stationen wurde der gleiche Zeitraum von 1971 bis 1993 (n= 23 Jahre) in die Auswertung einbezogen. Allfällige Lücken in den Messreihen liessen sich mit Zahlen geeigneter Nachbarstationen schliessen. Bei den meteorologischen Daten wird nicht unterschieden, ob sie von Werktagen oder von Wochenenden stammen.

Deshalb wurden bei der Auswertung auch alle sieben Wochentage berücksichtigt.

Für jene Betriebe, die an Sonn- und Feiertagen auch in nassen Jahren keine Feldarbeiten verrichten, ist ein anteilmässiger Abzug bei den verfügbaren Feldarbeitstagen und Erntegelegenheiten angezeigt (für die Sonntage 14%).

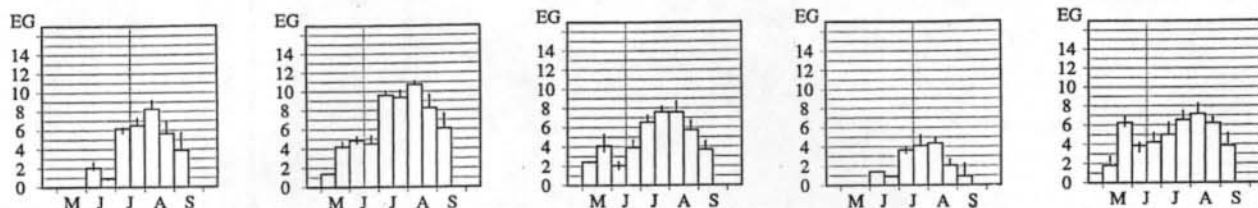
Die Auswertung der 100 Stationen, die in Abbildung 12 (Karte) eingetragen sind, lieferte eine entsprechende Zahl von Ergebnissen (Beispiele der Station Tänikon vgl. Abb. 9 und 10). Dieses Material wird 1997 in der FAT-Schriftenreihe publiziert werden. Die Zusammenfassung der Ergebnisse in **fünf Klimaregionen** gemäss Karte erleichtert den Überblick über die klimatischen Voraussetzungen für die Feldarbeit in der Schweiz. In Tabelle 1 sind ei-

nige Richtzahlen aus den Ergebnissen zusammengestellt. Darin sind zwei wichtige Einflussgrössen berücksichtigt, nämlich das Wetterrisiko und die Höhenlage. Bei einem vorgegebenen Wetterrisiko von 10% resultiert eine tiefere Zahl von verfügbaren Feldarbeitstagen als bei einem Risiko von 20% oder gar 30%. Die Spanne zwischen diesen Richtzahlen ist bei ungünstigen Klimavoraussetzungen relativ gesehen grösser als bei günstigen Verhältnissen. Der Einfluss der Höhenlage ergibt sich aus der Tatsache, dass sich die verschiedenen Feldarbeiten jahreszeitlich verschieben. So fällt beispielsweise die Heuernte auf 1200 m Höhe in eine wesentlich günstigere Zeit als auf 900 m (Junimonsum, vgl. Abb. 11, Einsiedeln).

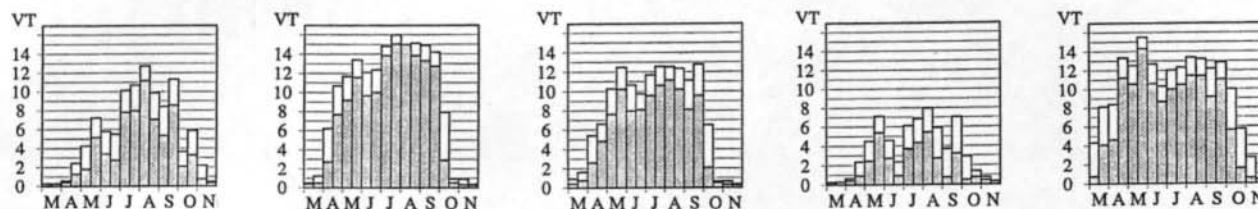
Für einen raschen Vergleich verschiedener Regionen kann von den Zahlen-

Vergleich ausgewählter Standorte quer durch die Schweiz

Erntegelegenheiten (EG) je Halbmonat für aufbereitetes, bodentrockenes Dürrfutter bei 20% Wetterrisiko gleichzeitig auch verfügbare Mähdruschtage je Halbmonat bei 20% Wetterrisiko



Verfügbare Feldarbeitstage (VT) je Halbmonat für Ackerarbeiten in schwerem Boden bei 20% Wetterrisiko (höhere Werte für Pflügen, Silomais- und Zuckerrübenenernte usw.; tiefere Werte für Saat, Hacken, Kartoffelernte usw.)



La Chaux-de-F., 1018m
(Jurahochtal)

Erstes Halbjahr nass
Ab Jahresmitte günstiger
Herbst relativ trocken

Oeschberg, 482m
(Mittelland)

Erstes Halbjahr erschwert
Ab Jahresmitte günstig
Ab Mitte Oktober
ungünstig

Luzern, 910m
(Zentralschweiz)

Aehnli. Charakter wie
Mittelland, aber feuchter,
besonders 1. Hälfte Juni

Einsiedeln, 910m
(Voralpen, Staulage)

Für alle Feldarbeiten
ungünstig,
Ackerbau problematisch

Vaduz, 460m
(Rheintal=Föhntal)

Frühling und Herbst
günstig (Föhneinfluss)
Sommer etwas erschwert

Abb. 11. Die klimatischen Voraussetzungen für die Feldarbeit sind in der Schweiz nicht besonders günstig und zudem regional sehr unterschiedlich. An Grenzstandorten ist die Produktion aufwendiger und deshalb vermehrt in Frage gestellt.

paaren in Tabelle 1 jeweils der Mittelwert gebildet werden. Er entspricht etwa der Richtzahl bei 20% Wetterrisiko, also jenem Wert, der auch im Arbeitsvoranschlag Anwendung findet.

Schlussfolgerungen

Tabelle 1. Richtzahlen für Erntegelegenheiten (EG) und verfügbare Feldarbeitstage (VT) der Schweiz bei einem Wetterrisiko von 10% (kleinere Werte) bis 30% (grössere Werte)

(Wenn an Sonntagen konsequent nicht gearbeitet wird, verringern sich die Zahlen um einen Siebtel; Klimazonen vgl. Abb. 12 [Karte].)

	Jura	Genf, westl. Jurafluss	Mittelland Unterwallis	Voralpen	Alpen	Wallis/Engadin
EG Belüftungsheu 1. Schnitt						
Klimazone 1 (EG/Halbmonat)	-----	4 - 7	4 - 7	6 - 9	7 - 10	7 - 13
Klimazone 2 (EG/Halbmonat)	-----	4 - 7	4 - 7	5 - 8	6 - 10	7 - 11
Klimazone 3 (EG/Halbmonat)	4 - 7	-----	3 - 7	3 - 6	4 - 9	-----
Klimazone 4 (EG/Halbmonat)	3 - 6	-----	2 - 6	3 - 5	4 - 7	-----
Klimazone 5 (EG/Halbmonat)	2 - 5	-----	-----	2 - 4	3 - 6	-----
VT Getreideernte						
Klimazone 1 (VT/Halbmonat)	-----	10 - 13	7 - 12	7 - 11	8 - 12	10 - 14
Klimazone 2 (VT/Halbmonat)	-----	8 - 12	7 - 11	6 - 10	7 - 11	9 - 13
Klimazone 3 (VT/Halbmonat)	7 - 12	-----	6 - 10	5 - 9	6 - 10	-----
Klimazone 4 (VT/Halbmonat)	6 - 10	-----	4 - 9	4 - 8	5 - 8	-----
Klimazone 5 (VT/Halbmonat)	6 - 10	-----	-----	4 - 7	-----	-----
VT Silomais-/ZR-Ernte						
Klimazone 1 (VT/Halbmonat)	-----	10 - 14	8 - 14	13 - 15	10 - 15	13 - 15
Klimazone 2 (VT/Halbmonat)	-----	8 - 14	7 - 14	10 - 14	8 - 14	9 - 14
Klimazone 3 (VT/Halbmonat)	9 - 14	-----	6 - 13	7 - 14	6 - 13	-----
Klimazone 4 (VT/Halbmonat)	6 - 10	-----	5 - 12	6 - 13	5 - 12	-----
Klimazone 5 (VT/Halbmonat)	6 - 10	-----	-----	6 - 13	-----	-----

Nach einigen Jahren mit überdurchschnittlich günstigem Wetterverlauf nimmt in der Praxis die Versuchung zu, die von den verfügbaren Feldarbeitstagen her gegebenen Einsatzgrenzen immer grosszügiger zu handhaben. In unterdurchschnittlichen Jahren wird es dann trotz schlagkräftigen Maschinen äusserst schwierig, die anstehenden Feldarbeiten termingerecht zu erledigen. Die Folgen sind bekannt: Vermehrter Einsatz bei Grenzbedingungen, erhöhte Feldverluste und Schäden an der Bodenstruktur. Die nun vorliegenden Daten sollen helfen, die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen bei der Feldarbeit objektiv zu erkennen.