

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 43 (1981)

Heft: 10

Artikel: Sonnenkollektor- und Kaltbelüftung : ein Vergleich

Autor: Nydegger, F. / Baumgartner, J. / Pazeller, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1081800>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Sonnenkollektor- und Kaltbelüftung – ein Vergleich

F. Nydegger, J. Baumgartner und A. Pazeller

Mit dem Bau der ersten Heubelüftungsanlagen mit Sonnenkollektor im Jahre 1976 kam eine Entwicklung in Gang, die auf immer grösseres Interesse stiess.

Seit 1977 beteiligt sich auch die FAT an der Abklärung der Möglichkeiten dieser Sonnenenergienutzung. Nach einem Versuch auf einem Betrieb mit Sonnenkollektor erfolgte ein Kollektortest an der FAT. Im Sommer 1980 konnte in Zusammenarbeit mit der landwirtschaftlichen Schule Flawil der Vergleich einer Kaltbelüftung mit einer Sonnenkollektorbefüllung realisiert werden.

Funktion eines Sonnenkollektors

Jeder dem Sonnenlicht ausgesetzte schwarze Gegenstand wird warm. Diese Eigenschaft wird beim Sonnenkollektor ausgenutzt. Die einfachste Kollektorbauweise ist ein *Luftkollektor*. Er besteht in der Regel aus zwei Teilen, dem schwarzen Absorber und einer lichtdurchlässigen Abdeckplatte. Zwischen diesen beiden Teilen wird die zu erwärmende Luft durchgesaugt (siehe Abb. 2). Es ist auch möglich, anstelle einer durchsichtigen Lichtplatte eine Wellblech- oder Eternitplatte als Abdeckung zu verwenden. In diesem Fall ist aber mit einer Verminderung der Wirkung um einen Vier-
tel für Alublech und um die Hälfte für Eternit zu rechnen.

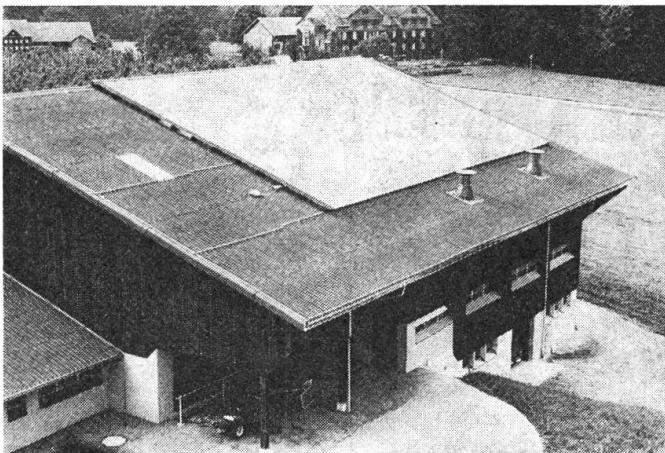


Abb. 1: Die Scheune der landwirtschaftlichen Schule Flawil ist mit einem 250 m² grossen Sonnenkollektor bestückt. Die Acrylglasabdeckung wurde nachträglich auf die auf dem Eternitdach aufliegenden Pfetten montiert. Der Lufteintritt befindet sich am linken Kollektorrand. Hier wurden auch die Ansauglufttemperatur und die Sonneneinstrahlung gemessen.

Vergleichsuntersuchung in Flawil

Der Betrieb der landwirtschaftlichen Schule Flawil (630 m ü. M.) umfasst 31,5 ha landwirtschaftliche Nutzfläche. Davon sind 1,5 ha Kunstwiese und 23,3 ha Naturwiese. Im Stall stehen zirka 35 Kühe, fünf trächtige Rinder und die Nachzucht. Das Futter wird auf zwei Heubelüftungsstöcken à 125 m² Grundfläche und in vier Betonsilos à 67 m³ konserviert und gelagert. Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt 1300 mm. Die

FAT-MITTEILUNGEN

Scheune ist mit einem 250 m² grossen Sonnenkollektor bestückt. Er besteht aus einer Acrylglasabdeckung, die über einer zweiten Pfettenlage auf das bestehende braune Eternitdach montiert wurde (Abb. 1). Die Luft wird auf der linken Seite des Kollektors über einen Dachteil angesaugt, fliesst durch den Kollektor und auf der rechten Seite durch einen Sammelkanal zum Lüfter.

Worin bestand der Zweck dieser Untersuchung?

Wir wollten unter betriebsnahen Bedingungen einen Vergleich der Leistungsfähigkeit der Sonnenkollektorbelüftung mit derjenigen der Kaltbelüftung anstellen. Zu diesem Zwecke entschlossen wir uns, alles eingeführte Futter zu wägen und seinen Feuch-

tigkeitsgehalt zu bestimmen. Um die Leistung des Kollektors und den Verlauf der Abtrocknung feststellen zu können, erfassen wir die Temperaturen und die Luftfeuchtigkeiten unter und über den Stöcken. Die Sonneneinstrahlung auf Kollektorebene hielt ein Tageszähler fest. Weiter führten wir ein Protokoll über die durchgeföhrten Bearbeitungsgänge (siehe Abb. 5). Grundsätzlich wollten wir beide Anlagen möglichst stark belasten, um die Grenze der Leistungsfähigkeit abzutasten. Dies gelang uns bei der Kaltbelüftung verständlicherweise besser als bei der Sonnenkollektorbelüftung.

Ergebnis der Untersuchung

Der Heuet fand vom 21. Mai bis zum 30. Juni und der Emdet vom 23. Juni bis zum 17. August statt. Während der ganzen Heu- und Emdeternte fielen 157 t Welkheu mit einem durchschnittlichen Trocknungssubstanzgehalt von 54% an. Dies entspricht 98 t lager-trockenem Heu. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Werte findet sich in Tabelle 1.

Was ist daraus auf den ersten Blick ersichtlich?

Trocknungsleistung

Auf der Sonnenkollektorbelüftung wurden in 690 Stunden rund 94 t Welkheu von 52% TS auf 55 t Heu von rund 89% TS getrocknet. Dem steht eine Leistung der Kaltbelüftung von 64 t Welkheu à 57% TS auf 42 t Heu à 86% TS in 640 Stunden gegenüber. Die verdunstete Wassermenge betrug bei der Kaltbelüftung 215 dt (dt = 100 kg) und 383 dt bei der Sonnenkollektorbelüftung. Der Unterschied von 167 dt entzogenem Wasser bedeutet im Vergleich zur Kaltbelüftung eine Steigerung der Trocknungsleistung um 78%.

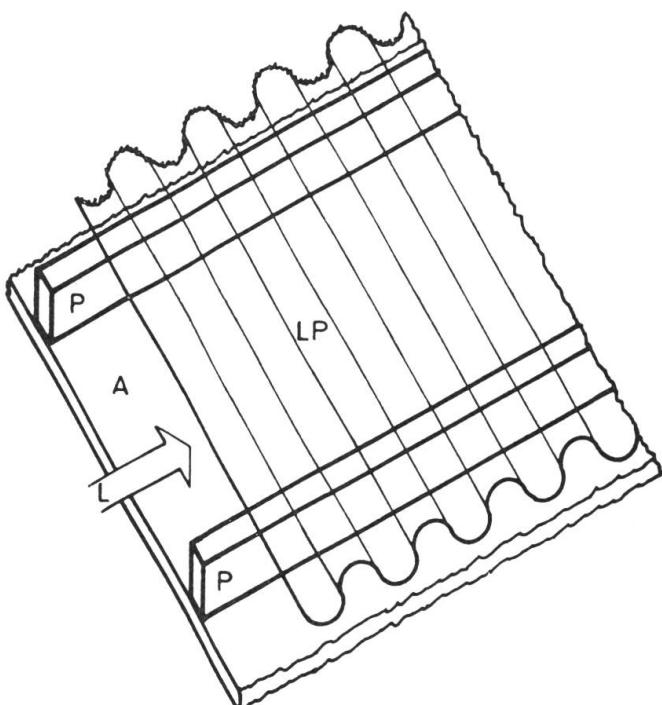


Abb. 2: Einfache Luftkollektorbauweise.

- P = Pfetten (= waagrechte, tragende Balken)
- LP = Lichtplatte
- A = Absorber (Spanplatte)
- L = Luftstrom

Bei Wellblech- oder Eternitkollektoren übernimmt die anstelle der Lichtplatte montierte dunkle Wellplatte die Absorberfunktion. Eine Spanplatte beim Absorber dient nur noch der Luftführung.

FAT-MITTEILUNGEN

Tabelle 1: Trocknungsleistungen: Futtermenge, Wasserverdampfung und Stromverbrauch der untersuchten

Anlagen in Flawil 1980

$\text{dt} = \text{Dezitonnen} = 100 \text{ kg}$

Art	Zeit	Futter- menge dt	Wasser- menge dt	TS dt	TS $\%$	Belüftungs- dauer h	Stromver- brauch kWh	TS im Stock $\%$	Heu/ Emd dt	verdampftes Wasser dt	Stromverbrauch je 100 kg Futter kWh/dt	Stromverbrauch je 100 kg Wasser kWh/dt	Spezifischer Wasser-Entzug g/m^3 Luft
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sonnen- kollektor- belüftung	Heuet	559	303	256	46	462	4'212	88,1	291	269	14,5	15,7	1,11
	Emdet	376	143	234	62	228	2'161	89,1	262	114	8,2	19,0	1,02
	Total	936	446	490	52	690	6'373	88,6	553	383	11,5	16,6	1,08
Kaltbe- lüftung	Heuet	449	215	234	52	481	4'621	84,7	277	172	16,7	26,9	0,76
	Emdet	190	61	129	68	158	1'625	87,6	148	43	11,0	37,8	0,66
	Total	639	276	363	57	639	6'246	85,7	425	215	14,7	29,0	0,74

Spezifische Werte

Als Verhältniszahlen werden zum Vergleich von Belüftungsanlagen oft auch die Wasserentzüge je Kubikmeter Luft und der Stromverbrauch je 100 kg Heu oder je 100 kg verdunstetes Wasser zur Hand genommen. Trotz dem schlechten Wetter konnten noch relativ gute Werte erzielt werden. Der spezifische Wasserentzug betrug 1,1 g/m³ (g Wasser/m³ Trocknungsluft) für die Sonnenkollektorbeflüchtung und 0,75 g/m³ für die Kaltbeflüchtung. Der spezifische Stromverbrauch je 100 kg Heu erreichte 11,5 kWh bei der Sonnenkollektorbeflüchtung und 14,7 kWh bei der Kaltbeflüchtung. Der Verbrauch je 100 kg verdampftes Wasser betrug 16,6 kWh bei der Sonnenkollektorbeflüchtung und 29 kWh bei der Kaltbeflüchtung. Die eingesetzten kWh elektrischer Energie wurden also bei der Sonnenkollektorbeflüchtung um 75% besser genutzt.

Worin liegen die Gründe für diese Unterschiede?

Erwärmung der Trocknungsluft

Bekanntlich kann warme Luft mit gleichem absolutem Wassergehalt bis zu ihrer Sätti-

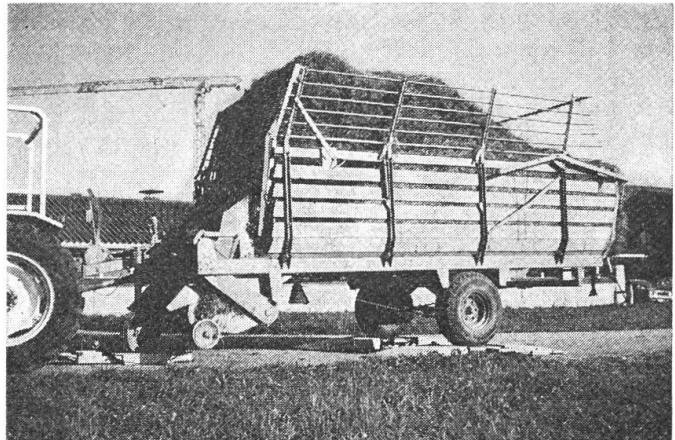


Abb. 3: Alles eingeführte Futter wurde gewogen und sein Feuchtigkeitsgehalt bestimmt. Dadurch war es möglich, die entzogene Wassermenge auf der Sonnenkollektorbeflüchtung und der Kaltbeflüchtung festzustellen.

gung mehr Wasser aufnehmen als kalte Luft. Der Sonnenkollektor wärmt die Luft je nach Witterung und Grösse um 1° bis zirka 10° C auf. Dadurch wird die Trocknung wesentlich beschleunigt und die Gefahr der Befeuchtung des Heustockes bei etwas zweifelhafter Witterung mit hoher Luftfeuchtigkeit stark vermindert. Selbst bei bedecktem Himmel bringt der Kollektor eine Luftanwärmung von 2° bis 3° C. 1980 regi-

FAT-MITTEILUNGEN

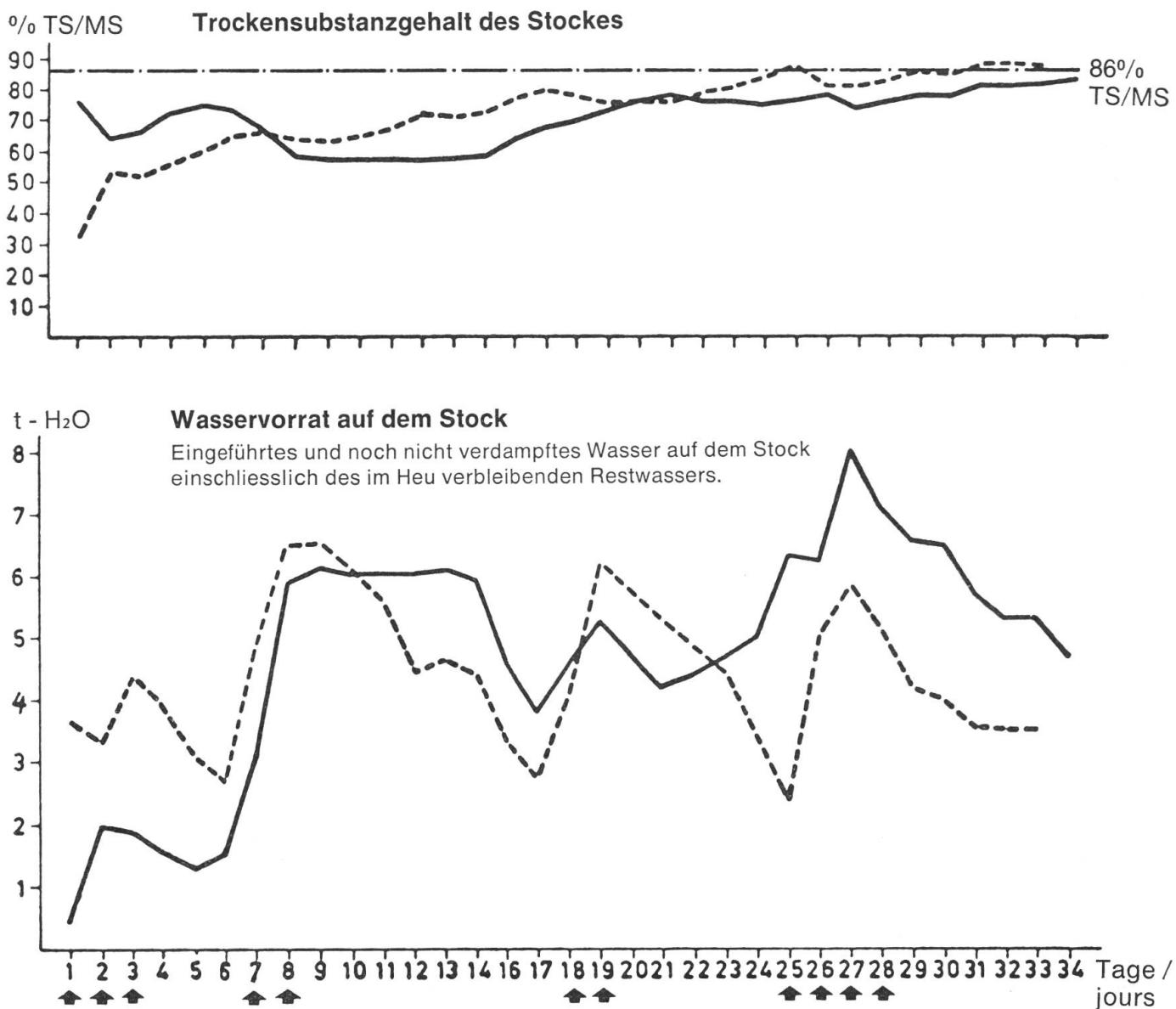


Abb. 4: Trocknungsverlauf im Heuet:

Die obere Darstellung zeigt den Verlauf des durchschnittlichen Trockensubstanzgehaltes der beiden Stöcke. Die unteren Kurven stellen den Wasservorrat auf den beiden Stöcken dar. Mit den Pfeilen sind die Einführungstage gekennzeichnet.

----- = Sonnenkollektorbelüftung

— = Kaltbelüftung

strierte die Wetterstation in Flawil für die Zeit vom 21. Mai bis zum 30. Juni (was unserer Heuerntezeit entsprach) in 40 Tagen 27 Tage mit Niederschlägen von mehr als 1 mm. Gesamthaft fielen in dieser Zeitspanne 259 mm Regen. Trotzdem konnte der Sonnenkollektor aus 34 000 kWh eingesetzter Energie 21 000 kWh ernten. Im Heuet und Emdet zusammen hat der Son-

nenkollektor mit einem Wirkungsgrad von 62% 40 200 kWh ausgenutzt. Dies entspricht einem Öläquivalent von 3400 kg.

Bessere Wasserverdunstung je m² Stockfläche

In derselben Zeitspanne (Heuernte) konnte die Sonnenkollektorbelüftung 2,1 dt Was-

FAT-MITTEILUNGEN

ser je m^2 Stockfläche verdampfen, wogegen die Kaltbelüftung nur 1,4 dt je m^2 erreichte. Dabei war die Kaltbelüftung näher an ihrer Leistungsgrenze als die Sonnenkollektorbelüftung. An Schönwettertagen erreichte der Kollektor Energieaufnahmen von 1300 kWh/Tag. Tage mit Energiewerten unter 500 kWh müssen als Schlechtwettertage bezeichnet werden. Die längste Periode mit Energieaufnahmen des Kollektors unter 500 kWh/Tag betrug drei Tage mit Werten von 226, 343 und 373 kWh/Tag. Es zeigte sich aber, dass nur am Tag mit 226 kWh kein Wasser entzogen wurde, die Belüftungszeit war allerdings an diesem Tag mit 16 Stunden etwas zu lange angesetzt.

Arbeitsgänge

Es zeigte sich, dass das Futter für den Sonnenkollektorstock im Durchschnitt auf dem Feld einmal weniger bearbeitet werden musste (Abb. 5). Dies spart Zeit und trägt dazu bei, dass am Einführungstag eher mit Laden begonnen werden kann. Die Verweilzeit auf dem Feld betrug im Heuet durchschnittlich drei Tage für die Kalt- und gut zwei Tage für die Sonnenkollektorbelüftung. Dies zeigt deutlich eine Verminderung des Wetterrisikos.

Futterqualität

Die Futterqualität erwies sich mit durchschnittlich 5,6 Nel bei beiden Stöcken als gut. Da gleichaltriges Futter geschnitten wurde und der Unterschied des Einführungspunktes im Durchschnitt nur zirka einen Tag betrug, ist es durchaus erklärbar, dass keine Verschlechterung der Futterqualität bei der Kaltbelüftung eintrat. Wesentliche Qualitätsverluste waren erst bei verregnetem Futter feststellbar. Dieses wurde aber nicht einfach der Kaltbelüftung angelastet, obschon diese aufgrund ihrer kleineren Leistungsfähigkeit ein grösseres Wetterrisiko

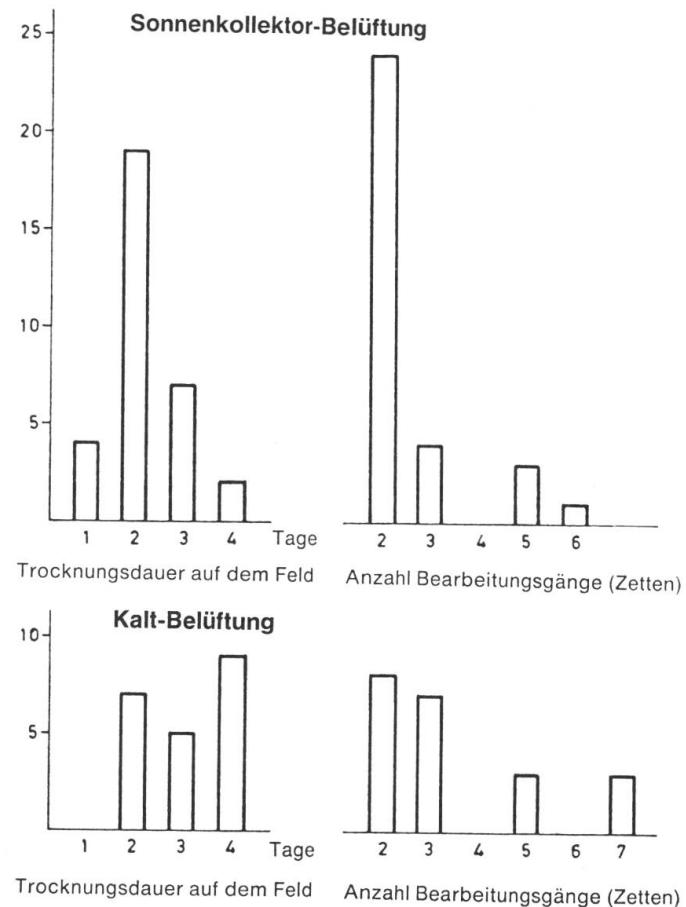


Abb. 5: Die Verweilzeit des Futters war im Heuet auf der Sonnenkollektorbelüftung um zirka einen Tag kürzer und es war in der Regel ein Bearbeitungsgang weniger nötig.

bietet. Ein nicht direkt die Futterqualität betreffender Punkt ist die Endfeuchtigkeit des Futters. Bei Versuchsende betrug der Trockensubstanzgehalt 88,6% beim Sonnenkollektor und 85,7% bei der Kaltbelüftung. Ein allzu starkes Untertrocknen auf über 90% TS kann unter Umständen beim Transport vom Stock in den Stall zu Brökelverlusten führen.

Kostenvergleich

Als nächster Punkt interessierte uns nun die Wirtschaftlichkeit einer Sonnenkollektoranlage im Vergleich zur Kaltbelüftung. Zu diesem Zweck berechneten wir ein Beispiel im folgenden Kostenvergleich. Aufgrund der erreichten Leistungen kann der

FAT-MITTEILUNGEN

Tabelle 2: Kostenvergleich Sonnenkollektor – Kaltbelüftung für zwei Anlagen mit gleicher Trocknungsleistung

	Kaltbelüftung	Sonnenkollektorbeflüchtung
Anlagekosten Fr. 125.–/m ² Stockfläche Sonnenkollektor 220 m ²	150 m ² = Fr. 18 750.– Fr. .–.–	115 m ² = Fr. 14 375.– Fr. 8 800.–
Anschaufungskosten	Fr. 18 750.–	Fr. 23 175.–
Jahreskosten (12%) ¹⁾	Fr. 2 250.–	Fr. 2 780.–
Stromkosten	Fr. 1 250.–	Fr. 980.–
Zusätzlicher Arbeitsgang	Fr. 250.–	Fr. .–.–
Reparaturen (1%)	Fr. 190.–	Fr. 230.–
Total	Fr. 3 940.–	Fr. 3 990.–
je 100 kg Futter	Fr. 7.90	Fr. 8.–
je 100 kg verdampftes Wasser	Fr. 15.60	Fr. 11.50

¹⁾ entspricht einer Abschreibungsdauer von 15 Jahren.

Vergleich gemäss Tabelle 2 angestellt werden. Es sollen 50 t Futter in der gleichen Zeit getrocknet werden. Für die Kaltbelüftung ist dazu eine Anlage von 150 m² und für die Sonnenkollektorbeflüchtung von 115 m² notwendig. Die Mehrkosten für den Kollektor betragen Fr. 40.–/m² Kollektorfläche (Tab. 2).

Zwischen den beiden Verfahren besteht somit praktisch Kostengleichheit für das produzierte Futter. Dafür wird beim Sonnenkollektor auf kleinerer Fläche mit wesentlich weniger Mühe und Risiko getrocknet. Soll bis zur Kostengleichheit je 100 kg verdampftes Wasser gegangen werden, so können bis zu Fr. 10 900.– mehr investiert werden, also bis zu Fr. 19 700.–. Dann kommen allerdings die Trocknungskosten je 100 kg Futter auf Fr. 10.80 zu stehen.

Schluss

Die Sonnenkollektorbeflüchtung trug trotz der schlechten Witterungsbedingungen im

Sommer 1980 wesentlich zu einer schnellen und rationellen Trocknung des Futters bei. Die Trocknungsleistung erwies sich als zirka drei Viertel mal grösser als bei der Kaltbelüftung. Die Kosten der Sonnenkollektorbeflüchtung je 100 kg Futter sind trotz Mehrinvestitionen praktisch gleich günstig wie bei der herkömmlichen Kaltbelüftung. Berücksichtigen wir die Aufwendung je 100 kg verdampftes Wasser, so ist die Sonnenkollektorbeflüchtung sogar wesentlich günstiger. Aufgrund der Erfahrungen in einem Schlechtwetterjahr können wir die Sonnenkollektorbeflüchtung durchaus als Alternative zur herkömmlichen Warmbeflüchtung betrachten, obschon die Sonne nicht auf «Knopfdruck» scheint.

Abschliessend möchten wir der landwirtschaftlichen Schule Flawil und dem Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR) Würenlingen (Vorhaben Sonnenenergie) unseren Dank für die Zusammenarbeit und Unterstützung aussprechen.