

**Zeitschrift:** Landtechnik Schweiz  
**Herausgeber:** Landtechnik Schweiz  
**Band:** 50 (1988)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Der Sonnenkollektor spart am meisten  
**Autor:** Widmer, Norbert  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1081214>

### **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:** 08.01.2026

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

Vortragstagung 1987 des SVLT zum Thema: «Ist mein Betrieb umweltgerecht mechanisiert.»

### **Energieaufwand der Rohfuttergewinnung**

# **Der Sonnenkollektor spart am meisten**

Norbert Widmer, Land- und Maschinenschule Hohenrain LU

Die Bestrebungen der letzten Jahre gingen davon aus, das Rohfutter mit möglichst wenig Arbeitsaufwand und geringen Verlusten zu ernten und zu konservieren. Die Technik bringt vor allem bei der Innenmechanisierung noch laufend weitere Verbesserungen. Heute müssen aber nicht nur der Mehrertrag und die Arbeitseinsparungen sondern vermehrt auch die Einflüsse einer weiteren Technisierung auf unsere Umwelt mitberücksichtigt werden. Während Teile der Bevölkerung gegen den Bau weiterer Atomkraftwerke sind und andere Energiequellen für die Stromversorgung heute nur beschränkt vorliegen, steigt der jährliche Stromverbrauch ständig. Jeder Mensch ist daher aufgefordert, in seinem Tätigkeitsfeld mit möglichst wenig Energie ein Optimum an Wirkung herauszuholen. Unter diesem Gesichtspunkt soll der Energieaufwand bei der Rohfuttergewinnung betrachtet werden.

Die Zusammenstellung des Energieaufwandes für die Dürrfuttergewinnung in Tabelle 1 zeigt, dass der grösste Energieaufwand bei der Unterdachtrocknung anfällt.

sparsamsten läuft der Kleintraktor mit Doppelmesser-Mähwerk. Der Unterschied zwischen Rotationsmähwerk und Rotationsmähwerk mit Aufbereiter ist nicht gross. Durch das Aufbereiten des Futters kann die Trocknungszeit jedoch um zirka 30% reduziert werden. Der Mehraufwand an Energie beim Mähen

*Von der Sonne vorgewärmte Luft hilft Energie und Kosten sparen. Oft bieten sich für ein Sonnendach unkonventionelle Lösungen an: Sonnenkollektor unter dem Dach einer angebauten Remise und Abladetenne.*



## **Sparmöglichkeiten**

### **beim Mähen**

Für das Mähen auf ebenen bis leicht geneigten Wiesen wurde folgender Energieverbrauch gemessen:

– Motormäher 6 kW	4,5 l/ha
– Traktor mit Doppelmessermähwerk	2,9 l/ha
– Traktor mit Rotationsmähwerk	5,6 l/ha
– Traktor mit Mähauflbereiter	6,5 l/ha

Mit einem Brennstoffverbrauch von 4,5 l/ha liegt der Motormäher gar nicht so günstig, wie allgemein angenommen wird. Am



Zur Frage der Heutrocknungsanlagen sind folgende FAT-Berichte erschienen:

- Nr. 216 ABC der Heubelüftung  
 Nr. 324 Heu- und Maistrocknung mit Wärmepumpe  
 Nr. 325 Dimensionierung von Sonnenkollektoren für die Heubelüftung (Autoren: J. Keller und V. Kiburz, Eidg. Institut für Reaktorforschung, Würenlingen)  
 Nr. 326 Bau von Sonnenkollektoren für die Heubelüftung

kann nachher bei der Heubelüftung mehr als wettgemacht werden.

#### beim Zetten, Schwaden und Laden

Für diese Arbeiten ist es wichtig, dass nicht zu grosse Traktoren verwendet werden. Diese Tatsache stimmt natürlich für alle Arbeiten, die keine grossen Leistungen erfordern, weil mit dem schweren Traktor mit einem grösseren Energieverbrauch zu rechnen ist.

#### beim Abladen des Welkfutters

Der Energieaufwand für das Abladen des Futters ist im Verhältnis zu den übrigen Arbeiten klein. Folgende Zusammenstellung zeigt die Mittelwerte des Stromverbrauches für das Abladen des Futters:

Dosieranlage	1,0 kWh/t Futter
Gebälse	0,5 kWh/t Futter
Greifer	0,5 kWh/t Futter
Heuentnahme mit Greifer (im Winter)	0,2 kWh/t Futter

Der Stromverbrauch für das Abladen ist bei der Variante «Gebälse und Dosieranlage» dreimal grösser als bei der Variante «Greifer». Oft entstehen bei der ersten Variante zusätzliche Probleme mit dem elektrischen An-

**Tab. 1: Energieaufwand für die Dürrfuttergewinnung bei einer heute üblichen Mechanisierung im Flachland. Die Angaben beziehen sich auf die Ernte von einer Hektare Wiesenfutter mit einem Ertrag von 40 dt Heu.**

	Diesel	Hektare
Mähen mit Traktor 41 kW und Mähauflbereiter	6,5 l	224 MJ
3 x kreiseln mit Traktor 33 kW und Kreiselheuer	4,5 l	157 MJ
Schwaden mit Traktor 33 kW und Kreiselschwader	2,5 l	87 MJ
Laden mit Traktor 41 kW und Ladewagen	5,0 l	174 MJ
Abladen mit Gebläse, Verteiler und Dosieranlage	10 kWh	36 MJ
Unterdachrocknung mit Kaltbelüftung	480 kWh	1728 MJ
Gesamter Energieaufwand pro ha Heu		<u>2406 MJ</u>

schlusswert sowie dem Leistungszähler. Vor der Anschaffung eines Greifers muss bei Altbauten unbedingt die Tragfähigkeit der Scheune von einem erfahrenen Fachmann überprüft werden. Die Variante «Gebälse» bringt eine bessere Verteilung des Futters auf dem Stock, dies besonders bei schwerem Futter. Beim Abladen mit dem Greifer sollte das Welkheu mindestens einen TS-Gehalt von 50% aufweisen. Der

Greifer hat den grossen Vorteil, dass man ihn auch im Winter für die Heu- und Siloentnahme verwenden kann.

#### bei der Futtertrocknung

Die Zusammenstellung des Energieaufwandes für die Rohfuttergewinnung zeigt klar auf, dass für die Unterdach-Futtertrocknung wesentlich mehr Energie verbraucht wird als für die Erntearbeiten. Soll Energie gespart werden, ist der Futter-

**Tab. 2: Energieverbrauch für verschiedene Trocknungsverfahren (Annahme: 40 dt TS-Ertrag)**

	Strom	Oel	Total
Bodenheu (ohne Heubelüftung)	0	0	0
Kaltbelüftung	480 kWh		1728 MJ
Belüftung mit Sonnenkollektoren	280 kWh		1008 MJ
Belüftung mit Wärmepumpe	520 kWh		1872 MJ
Belüftung mit Ölofen	240 kWh	280 l	9744 MJ
Grastrocknungsanlage		1800 l	62640 MJ

**Tab. 3: Energieaufwand, um unterschiedlich gut angewelktes Futter zu trocknen (Annahme von 40 dt TS-Ertrag)**

Arbeitsverfahren	TS-Gehalt d. Grases	Wasser- verdunstung	Heizöl
Mähen mit Motormäher			
– ohne vorwelken	14,5%	21 104 kg	1928 l
– kreiseln 10.30 h, schwaden 14 h	17,9%	16336 kg	1436 l
Mähen mit Mähauflbereiter			
– ohne vorwelken	16,5%	18376 kg	1548 l
– kreiseln 11.00 h, schwaden 14 h	21,9%	12620 kg	1140 l

**trocknung** die grösste Aufmerksamkeit zu schenken.

Tabelle 2 zeigt den Energieverbrauch für verschiedene Trocknungsverfahren. Die Angaben beziehen sich auf die Ernte von einer Hektare Wiesenfutter mit einem TS-Ertrag von 40 dt.

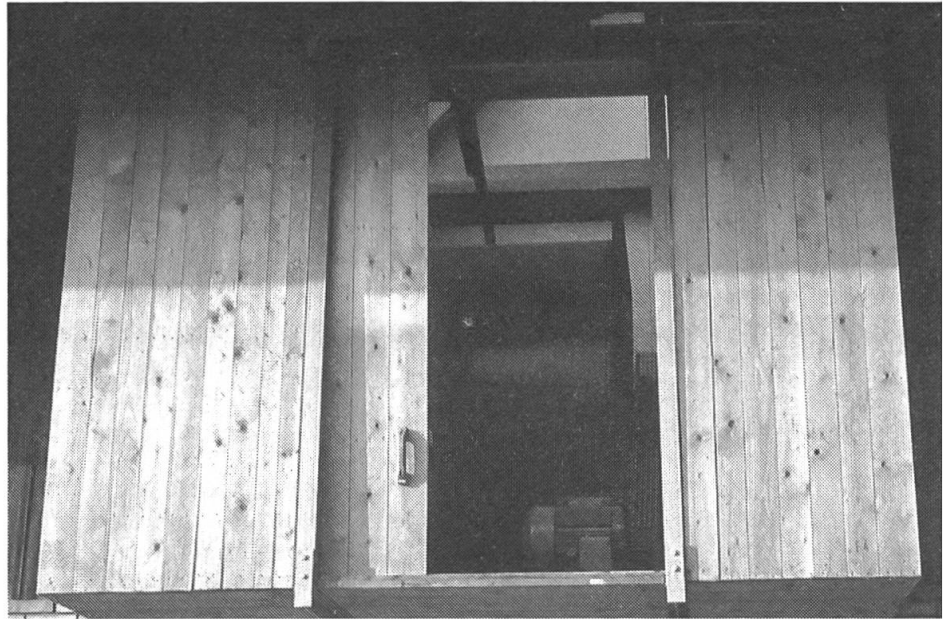
Am meisten Energie wird bei der künstlichen Graströcknung gebraucht. Aus dieser Optik empfiehlt es sich, möglichst wenig Futter in die Graströcknungsanlage zu bringen und im Winter an Stelle von Maiswürfeln wieder vermehrt Halbzuckerrüben zu verfüttern. Will man Gras künstlich trocknen, kann der Energieaufwand auch gesenkt werden, indem man es, falls es die Witterung erlaubt, vorwelkt. (Tab. 3)

Am zweitmeisten Energie für die Heutrocknung wird bei der Heubelüftung mit Ölofen benötigt. Bei neuen Heubelüftungsanlagen sollte diese Variante nicht mehr zur Anwendung kommen. Vorhandene Ölofen sollten nur noch im Notfall eingesetzt werden. Als gangbare Lösungen für die Trocknung verbleiben die Kaltbelüftung und die Belüftungsverfahren in Verbindung mit Sonnenkollektor bzw. Wärmepumpe.

## Planung der Heubelüftung

### Grösse der Heubelüftungsanlage

Die Leistungsfähigkeit einer Heubelüftung richtet sich vor allem nach der Grundfläche des Belüftungsstockes. Wird viel Futter pro Tag eingeführt, so ist es zweckmässig, das Welkheu



*Mit einer Einwandung evtl. verbunden mit einer schallschluckenden Auskleidung können die Geräusche des Lüfters auf ein erträgliches Mass reduziert werden. An heissen Sommertagen ist es sinnvoll, die Luft direkt z.B. durch die Öffnung ins Lüftergehäuse anzusaugen.*

auf eine möglichst grosse Fläche zu verteilen. Die belüftete Grundfläche sollte zwischen 6–8 m<sup>2</sup>/GVE betragen.

Bei einer Warmbelüftung darf etwas weniger gerechnet werden. Auf Betrieben, in denen Heu nicht innerhalb weniger Tage eingebracht wird, kann die Belüftungsfläche ebenfalls etwas tiefer gewählt werden. Für grössere Betriebe sollten bei Neuanlagen 2 Belüftungsstöcke erstellt werden. Dies hat den Vorteil, bei kleineren Erntemengen nur eine Anlage beschicken zu müssen. Es wird demnach nur ein Ventilator mit einem vergleichsweise geringen Stromverbrauch eingeschaltet. Bei grossen Mengen wird das Futter auf beiden Belüftungsanlagen gestockt und beide Ventilatoren laufen. Die Höhe der neu eingeführten Heuschicht wird nicht zu gross. Die Ventilatoren sind deshalb nachts nicht durchgehend eingeschaltet, weil bei schönem

Wetter tagsüber die trockene Luft bestmöglichst ausgenutzt werden kann.

Für kleinere Betriebe ist aus Kostengründen nur eine Belüftungsanlage gerechtfertigt.

### Richtige Wahl des Heulüfters

Die Luftleistung des Ventilators soll bei mittlerem Betriebsdruck (ca. 4 mbar) 0,1 m<sup>3</sup>/s pro m<sup>2</sup> Stockfläche betragen.

Beispiel: Stockgrundfläche  
120 m<sup>2</sup>, Stockhöhe 4 m  
notwendige Lüfterleistung:  
 $120 \times 0,1 \text{ m}^3/\text{s} = 12 \text{ m}^3/\text{s}$

Sind für 30 GVE zwei Belüftungsanlagen à 120 m<sup>2</sup> Grundfläche vorhanden, so wird bei richtiger Beschickung der Anlage der Betriebsdruck nicht über 5 mbar ansteigen. Deshalb kann man einen langsam laufenden Radialventilator einsetzen (Pumpengrenze 7–8 mbar). Solche Ventilatoren brauchen weni-



ger Strom und sind zudem geräuscharm.

### Sinnvolle Installation der Ventilators und der Heubelüftungsanlage

Der Ventilator sollte die Luft möglichst auf der Südseite und nicht in grossen, kalten Räumen ansaugen. Auch grossflächige Mauern kühlen die Luft ab. Eventuell ist es nötig, die Luft durch einen Holzkanal zum Lüfter zu führen. Bei erdlastigen Heubelüftungsanlagen soll der Betonboden mit Brettern oder Spanplatten abgedeckt werden. Im weitem ist zu vermeiden, dass der Ventilator verbrauchte bzw. feuchte Luft aus dem Belüftungsstock erhält.

### Empfehlungen für den Betrieb

Der Ventilator darf nur eingeschaltet sein, wenn die Luft, weil sie vergleichsweise trocken ist, dem Futter auch Wasser entzieht. Bei neu eingeführtem Welkheu kann Luft mit 90% relativer Luftfeuchtigkeit schon Wasser entziehen. Ist das Futter aber schon bald trocken, so muss die relative Luftfeuchtigkeit 70% oder tiefer sein, damit dem Futter noch Wasser entzogen wird. Wird zu feuchte Luft durch den Stock gelassen, so wird das trockene Futter wieder befeuchtet. **Für die Bedienung der Heubelüftung ist ein Luftfeuchtemesser (Hygrometer) notwendig.**

### Lufterwärmung mit Sonnenkollektoren

Sonnenkollektoren haben viele Vorteile. Sie sind im angefügten Kasten zusammengefasst. Als Nachteil neben den höheren Investitionen im Vergleich zur

#### Vorteile des Sonnenkollektors

- Erwärmung der Belüftungsluft um 2–10° C
- Senkung des Strombedarfes von 12 kWh/dt Heu bei der Kaltbelüftung auf 7 kWh/dt Heu mit dem Sonnendach
- Die Trocknungsleistung der Kaltbelüftungsanlage kann um ca. 80% gesteigert werden
- Auch bei weniger schönem Wetter ist die Trocknungsleistung noch gut.
- Schönwettertage können besser ausgenutzt werden,
- das Wetterrisiko wird vermindert,
- die Futterqualität wird verbessert,
- die Bröckelverluste werden verringert,
- die Arbeitsgänge auf dem Felde können evtl. etwas reduziert werden.

Im Falle von Sonnenkollektoren für die Heubelüftung stehen die Chancen gut, die Sonnenenergie mit einfachen, technischen Mitteln direkt zu nutzen.

Kaltbelüftung kann die nach wie vor bestehende Wetterabhängigkeit im Vergleich zur «künstlichen» Wärmetrocknung bezeichnet werden.

#### Grösse der Sonnenkollektoren

In der Praxis wird der Sonnenkollektor 1,5–2 mal so gross, wie die Stockgrundfläche gebaut. Bei leistungsfähigen Kollektortypen (lichtdurchlässige Abdeckung) kann die Kollektorfläche eher etwas kleiner dimensioniert werden. Bei einfachen Kollektortypen (Ziegeldach) ist es eher umgekehrt.

Folgende durchschnittliche Lufterwärmung wurde bei verschiedenen Kollektortypen gemessen (Sonnenkollektor 2 mal so gross wie die Stockgrundfläche):

Mittelwerte	
Kollektor mit Polycarbonat, durchsichtig	7,5° C
Kollektor mit Aluminiumblech, nussbraun	6,8° C
Kollektor mit Eternit, schwarz	6,5° C
Kollektor mit Eternit, nussbraun	6,0° C
Kollektor mit Ziegel, braun	4,5° C

Mit zunehmender Kanalhöhe und Kanallänge nimmt der Wirkungsgrad des Kollektors ab, bei grösserem Luftdurchsatz nimmt er zu. Bei durchsichtigen Platten spielt die Kanalhöhe eine kleinere Rolle.

### Querschnitt der luftführenden Kanäle

(siehe auch FAT-Bericht 325)

Nach heutigen Erkenntnissen ist eine Luftgeschwindigkeit von 4–6 m/s im Kollektor und 3–5 m/s in den Sammelkanälen richtig.

Querschnitt im Kollektor =  
Luftmenge des Heulüfters m<sup>3</sup>/s

5 m/s

Bei langen Kollektoren soll die Luftgeschwindigkeit eher bei 4 m/s liegen, bei kurzen Kollektoren bei 6 m/s.

Querschnitt im Sammelkanal =  
Luftmenge des Heulüfters m<sup>3</sup>/s

3–5 m/s

Bei Kanälen mit Ecken soll die Luftgeschwindigkeit eher bei 3 m/s liegen.

#### Beispiel:

Radialventilator 10 PS – 12 m<sup>3</sup>/s  
Breite des Sonnenkollektors 12 m

Querschnitt des Kollektors:

$$\frac{12 \text{ m}^3/\text{s}}{5 \text{ m/s}} = 2,4 \text{ m}^2$$

Höhe des Kollektors (Pfettenhöhe):

$$\frac{2,4 \text{ m}^2}{12 \text{ m}} = 0,20 \text{ m}$$

### Einbauvarianten von Sonnenkollektoren

(siehe dazu FAT-Bericht 326 bzw. Schweizer Landtechnik 13/87)

### Exposition und Dachneigung

Die Ausnutzung der direkten Sonnenstrahlung ist bei südlicher Exposition und einer Dachneigung von 20° am besten. Sie nimmt mit der Abweichung von der Südrichtung und der zu- oder abnehmenden Dachneigung bis auf einen Drittel des Höchstwertes ab. Läuft der Dachfirst von Norden nach Süden kann die Kollektornutzung beider Dachhälften sinnvoll sein.

### Lufterwärmung mit Wärmepumpen

Mit diesen Geräten wird Ausenluft oder die Abluft vom Heu-

stock abgekühlt und scheidet Wasser aus. Die Wasserkondensation bewirkt eine Wärmeabgabe. Mit dieser freiwerdenden Energie wird die für die Heubelüftung benötigte Luft erwärmt.

#### Vorteile:

- trocknen rund um die Uhr
- grosse Trocknungskapazität
- gute Futterqualität
- kleine Bröckelungsverluste
- braucht wesentlich weniger Energie als die Wärmebelüftung mit Ölofen

#### Nachteile:

- hohe Trocknungskosten
- Gefahr der Vereisung im Herbst
- verlangt seriöse Bedienung und Wartung
- braucht grossen Strom-Anschlusswert

Mit der Wärmepumpe liegt der Energieverbrauch gleich hoch wie bei der Kaltbelüftung. Die

Wärmepumpe soll dort zur Anwendung kommen, wo sich kaum oder nur mit grossem Aufwand ein Sonnendach bauen lässt, oder wo die durchschnittliche Sonneneinstrahlung klein ist. Der Einsatz der Wärmepumpen sieht man vor allem auf Nichtsilobetrieben für die Trocknung von Mais. Bis heute treten jedoch bei der Trocknung von Mais immer wieder Probleme auf, in dem sich graue Stellen bilden. Zur Heu- und Mais-trocknung mit Wärmepumpe wurde der FAT-Bericht 324 verfasst. Der Bericht ist im redaktionellen Teil von LT 14/87 abgedruckt.

### Kosten der vier verschiedenen Trocknungsverfahren

Die Figuren 1 und 2 verdeutlichen den benötigten Investi-

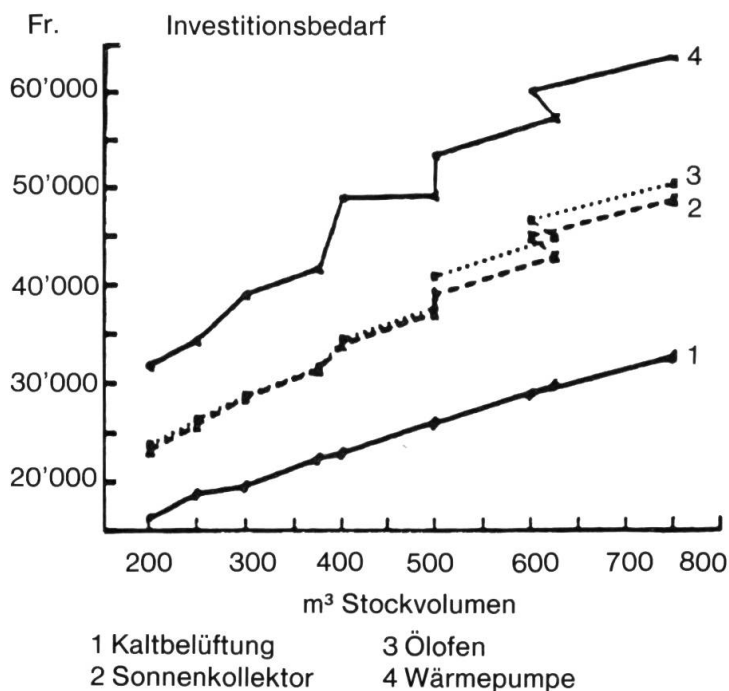


Fig. 1: Der Investitionsbedarf steigt mit wachsendem Stockvolumen mehr oder weniger linear an.

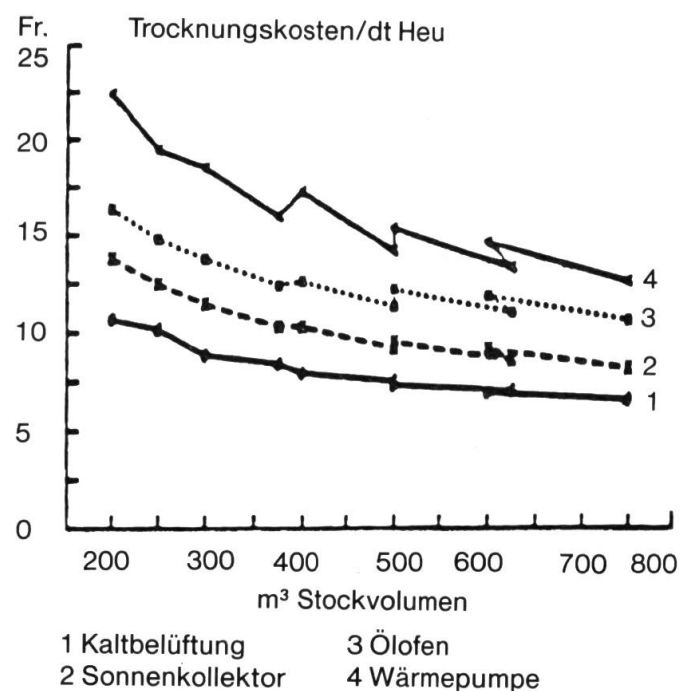


Fig. 2: Die Trocknungskosten (inkl. Grundkosten) je Dezi-tonne Heu sinken mit grösserem Stockvolumen. Ab ca. 400 m³ verlaufen die Kurven flach, d.h. die Kosten je Gewichtseinheit bleiben erhalten.

tionsbedarf und die Trocknungskosten (inkl. Grundkosten) für die 4 beschriebenen Trocknungsverfahren in Abhängigkeit des Stockvolumens. Die zackigen Kurven entstehen, weil den Berechnungen, die an der FAT gemacht worden sind, unterschiedliche Stockhöhen und unterschiedliche Lüftertypen je nach Leistungsbedarf zu Grunde liegen.

## Zusammenfassung

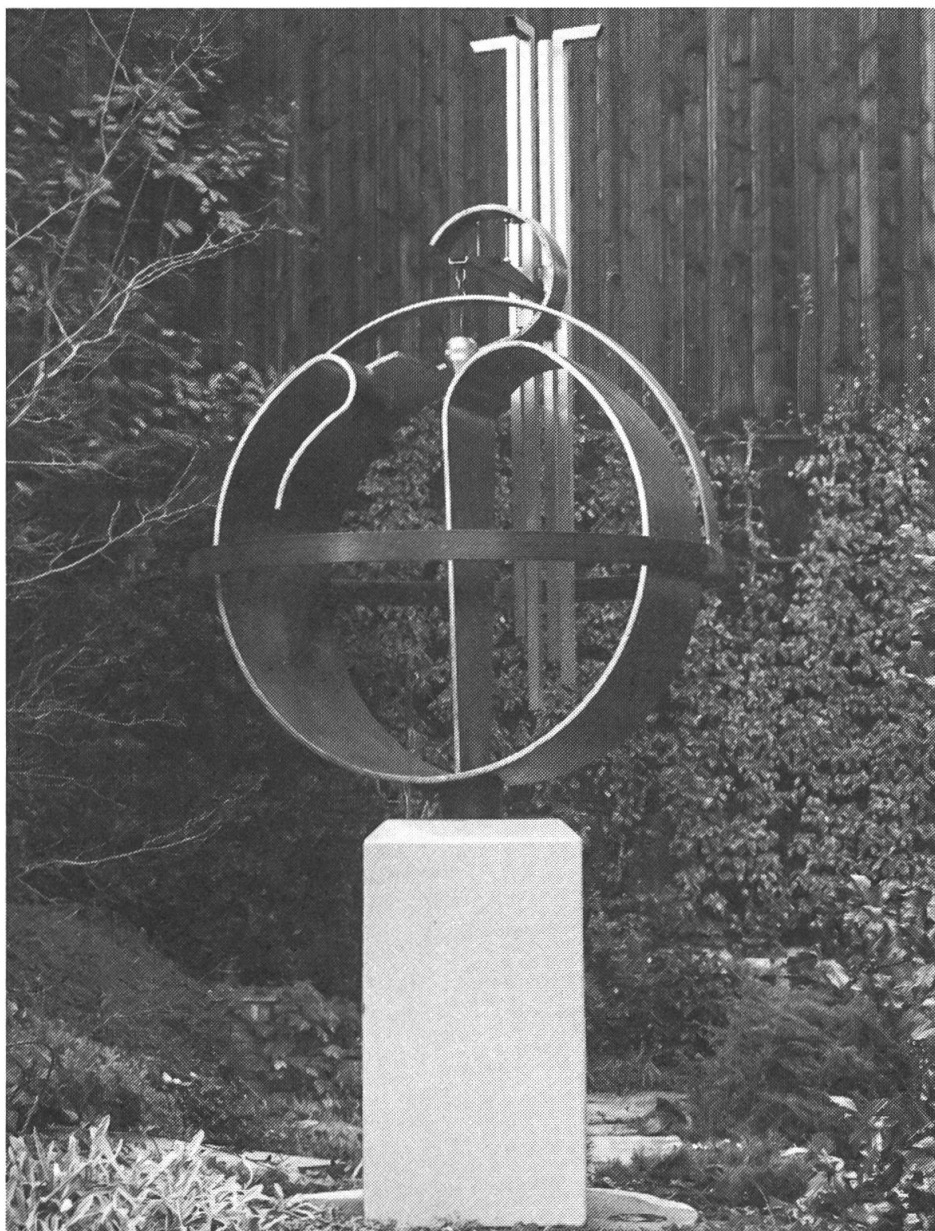
Manche Kaltbelüftungsanlage dürfte noch verbesserungsfähig sein. Vor allem sollte der Heustock nur dann belüftet werden, wenn Wasser entzogen wird. Der Sonnenkollektor verbessert die Trocknungskapazität der Kaltbelüftung und hat den tiefsten Energieverbrauch. Leider ist er nicht ganz wetterunabhängig, wie das Frühjahr 1987 drastisch gezeigt hat. In solchen Notfällen wird immer noch der Ölofen eingesetzt. Neben dem hohen Energieverbrauch sprechen auch Gründe des Umweltschutzes gegen dessen Einsatz. Als Alternative bietet sich die Wärmepumpe an. Sie verursacht jedoch einen hohen Investitionsbedarf mit entsprechenden Jahreskosten. Der Einsatz kann sich dann lohnen, wenn noch andere landw. Güter getrocknet werden können. Ein weiterer Nachteil beim Einsatz der Wärmepumpe kann die grosse Anschlussleistung in Gebieten mit Spitzenstromzählern oder schwachen Verteilnetzen sein.

## Utopia

### AEBI-Lehrlinge erringen 2. Rang im ASM-Plastikenwettbewerb «50 Jahre Friedensabkommen»

tk. Im Rahmen des Jubiläums «50 Jahre Friedensabkommen in der Maschinen- und Metallindustrie» organisierten die beteiligten Verbände ASM, SMUV, CMV, SVEA und LFSA einen Plastikenwettbewerb zum The-

ma «Sinnvolle Arbeitswelt von morgen», an dem alle Lehrlinge der Mitgliederfirmen teilnehmen konnten. Die Jury sprach der Plastik «UTOPIA» der sechs AEBI-Lehrlinge Leo Bonetti, Thomas Dali, Markus Hofer, Peter Rutschi, Dieter Wüthrich und Heinz Wüthrich den 2. Rang (4 erste und 6 zweite Ränge) im Feld der 67 Konkurrenten zu.



**Vorsicht beim  
Linksabbiegen**