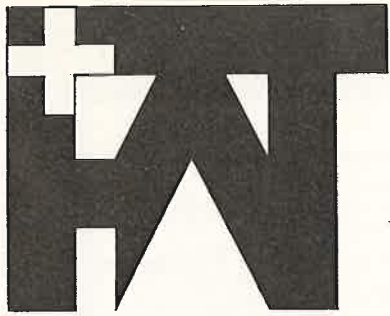




Separatdruck aus FAT-Mitteilung Nr. 2/1978
in Schweizer Landtechnik Nr. 2/1978
Herausgegeben von der Eidg. Forschungsanstalt für
Betriebswirtschaft und Landtechnik CH 8355 Tänikon

Vergleich von zwei Steuerautomaten bei der Heubelüftung

J. Baumgartner

1. Einleitung

Können mit Steuergeräten Stromkosten eingespart und der Bedienungsaufwand bei der Unterdachrocknung gesenkt werden? Soll man bei zweifelhafter Witterung die Belüftung einschalten? Wenn ja, wird Wasser durch die feuchte Aussenluft im fast trockenen Heustock eingelagert? Wenn nein, besteht Selbstentzündungsgefahr des Heus?

Mancher Besitzer von Heubelüftungsanlagen wird diese Fragen schon gestellt haben. Um eine Antwort darauf zu erhalten, wurden im Jahre 1977 an der FAT zwei Systeme von Steuerautomaten auf zwei fast gleichen Versuchsbelüftungen miteinander eingesetzt.

2. Funktion und Beschreibung des Steuerautomaten

Einige Steuerautomaten benutzen einen Hygrometer (Luftfeuchtemesser) für das Ein- und Ausschalten des Belüftungsventilators. Als Vertreter dieses Systems diente die **Fima-Automatik** wechselweise auf unseren beiden Versuchsanlagen als Steuergerät. Als zweites System stand ein elektronischer **Aebi-Steuer-automat** mit Temperaturmessung zur Verfügung, der auf den Ventilator der Parallel-Anlage wirkte.

Die Fima-Automatik (Abb. 1 und 2)

Sie besteht aus folgenden Hauptteilen:

- a) Steuerkasten mit Programmwählschalter und elektrischer Uhr
- b) Schützenkasten, und
- c) Kontakthygrometer oder Hygrostat (Luftfeuchtemesser mit elektrischen Schaltkontakten).

Der Hygrostat misst die relative Luftfeuchte und soll in der Nähe des Ventilators montiert werden. Von

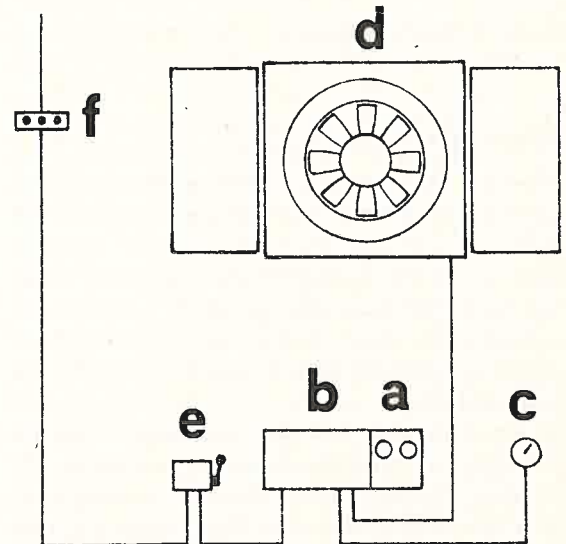


Abb. 1: Prinzipschema des FIMA-Automaten.

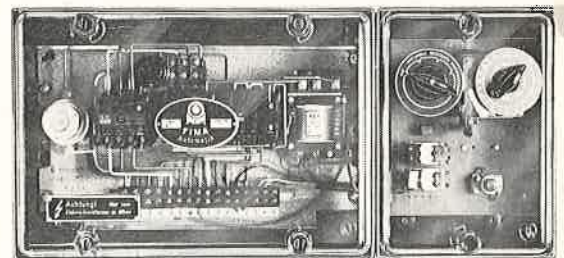


Abb. 2: Ansicht des FIMA-Steuer- und Schützenkastens.

Hand sind die Grenzwertkontakte der relativen Feuchte einstellbar, bei denen der Lüfter ein- oder ausschalten soll.

Der Ventilator (d), der Hauptschalter (e) und die Absicherung (f) sind normalerweise bei einer bestehenden Belüftungsanlage vorhanden.

Mit dem Programmschalter können vier Stellungen gewählt werden:

Aus-Einführen-Trocknen-Nachtrocknen.

Aus: Die Automatik ist ausgeschaltet, nur die Uhr läuft weiter.

Einführen: Der Ventilator dreht ohne Rücksicht auf die eingestellten Grenzwerte des Hygrostaten dauernd. Nach Angabe der Betriebsanleitung soll diese Stellung nach dem Einführen von Welkheu mindestens 24 bis 48 Stunden belassen werden.

Trocknen: Der Ventilator schaltet ein, sobald die gemessene relative Luftfeuchte den eingestellten Grenzwert des Hygrostaten unterschreitet. Er stellt den Lüfter ab, wenn die Grenze wieder erreicht wird. Sind die Wetterbedingungen stets schlechter, so erfolgt eine Intervallschaltung alle 4 Stunden mit ungefähr 30 Minuten Dauer.

Nachtrocknung: Täglich erfolgt eine zweistündige Zwangsbelüftung. Der Ventilator wird auch eingeschaltet, wenn die Luftfeuchte unter den eingestellten Wert des Kontakthygrometers fällt.

Preis der Belüftungsautomatik ohne Montage:
Fr. 1100.—.

Aebi-Steuerautomat (Abb. 3 und 4)

Trockene Luft wird durch Wasseraufnahme abgekühlt. Dieses Prinzip nutzt der Aebi-Steuerautomat aus.

Eine Sonde (A) misst die Lufttemperatur am Ausgang des Ventilators. Die Sonde (B) registriert die Lufttemperatur beim Austritt aus dem Heustock. Beide Mess-Signale werden an das Steuergerät (C) weitergegeben.

Ist die austretende Luft über dem Stock kühler als diejenige beim Ventilatoraustritt, werden die Schaltschützen im Kasten (D) auf Dauerbetrieb geschaltet, weil dann Wasser verdunstet wird. Andernfalls stellt der Lüfter nach 10 Minuten ab. Werden die Bedingungen während des Dauerbetriebes für die Trocknung schlecht, so schaltet das Steuergerät den Ventilator aus.

Nach einer Pausenzeit von einer Stunde schaltet das Steuergerät den Ventilator wieder ein. Der Stock

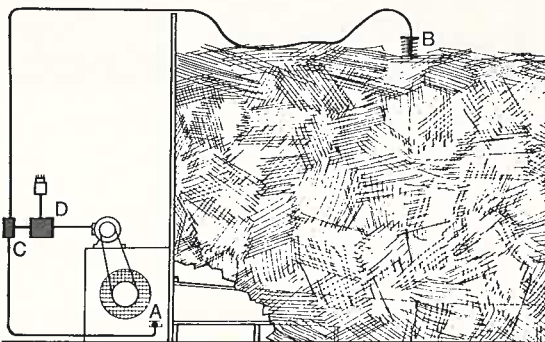


Abb. 3: Prinzipschema des AEBI-Steuerautomaten.

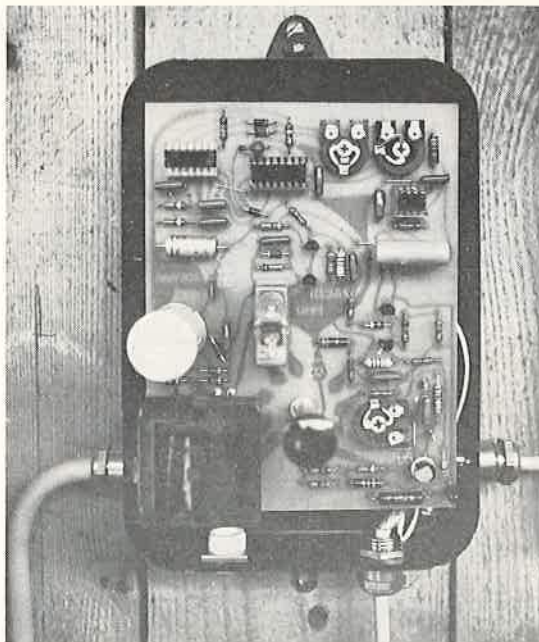


Abb. 4: Ansicht des geöffneten AEBI-Steuerkastens.

wird dann 10 Minuten belüftet. In dieser Zeit messen die Sonden erneut die Lufttemperaturen. Stellt das Steuergerät ungünstige Trocknungsbedingungen fest, wird der Ventilator abgeschaltet. Diese Intervalle wiederholen sich während einer Schlechtwetterperiode und in der Regel auch nachts. Die zehnminütige Laufzeit soll zugleich die Erwärmung des Heustocks verhindern.

Preis des Gerätes mit zwei Sonden und 40 m Kabel, ohne Installation und ohne Stern-Dreieck-Schützenkombination: Fr. 1100.—.

Stern-Dreieck-Schützenkombination für Elektromotoren 4 bis 7 kW: Fr. 520.—.

3. Beurteilungskriterien für die Steuergeräte

Die Beurteilung eines Steuergerätes darf nicht kurzfristig erfolgen. Nur indirekt über den Trocknungserfolg von mehreren Versuchen kann die Wirksamkeit von Steuergeräten bewertet werden. Für die Beurteilung des Wirkungserfolges haben sich unter anderem folgende Kriterien eingebürgert:

a) Spezifischer Wasserentzug in g/m³ Luft (SWE)

Der spez. Wasserentzug gibt an, wieviel g Wasser 1 m³ durchgeblasene Luft durch den Stock aufgenommen hat.

Die Formel dafür lautet:

$$\text{Spez. Entzug (SWE)} = \frac{\text{Total entzogenes Wasser (kg)} \times 1000}{\text{Ventilatorluftleistung (m}^3/\text{h)} \times \text{Laufzeit (h)}} \quad (\text{g/m}^3)$$

Der spez. Entzug hängt natürlich vom Wetter während der Abtrocknung ab, ferner auch von der Fut-

terfeuchtigkeit und von der Menge des eingeführten Welkheus. Als guter Durchschnittswert gilt 1 g/m³. Im trockenen Jahr 1976 lag das Mittel aus sechs Parallelversuchen bei 1,8 g/m³ mit Handbedienung der Versuchsbelüftungen.

b) Spezifischer Energieverbrauch in MJ/kg (SEV)

Ab diesem Jahr gilt als neue Energieeinheit nicht mehr die Kalorie, sondern das Joule. Der spez. Energieverbrauch ist ein Mass, wieviel Fremdenergie, in der Regel elektrischer Strom, das heisst wieviele Joule bzw. Mega-Joule nötig sind, um 1 kg Wasser dem Stock zu entziehen.

Der spez. Energieverbrauch lässt sich wie folgt berechnen:

$$\text{Spez. Energieverbrauch (SEV)} = \frac{\text{Totaler Stromverbrauch (kWh)} \times 3600}{\text{Totaler Wasserentzug (kg)} \times 1000} \quad (\text{MJ/kg})$$

Um den Uebergang auf das neue Mass-System zu erleichtern, sind in der Tabelle 1 auch noch die alten Werte in kcal/kg in Klammern angegeben. Als übliches Mittelmass für den spez. Energieverbrauch kann 1 MJ/kg (240 kcal/kg) angegeben werden. Im Jahre 1976 lag der Durchschnitt bei 0,7 MJ/kg (150 kcal/kg).

c) Spezifischer Stromverbrauch in kWh/dt (SSV)

Will man beurteilen, ob wirtschaftlich getrocknet wurde, dann werden die spez. Stromverbrauchszahlen verglichen. Sie sind ein Mass für den Stromverbrauch um 100 kg Heu = 1 dt (Dezitonne) Heu zu erzeugen.

Für den spez. Stromverbrauch gilt:

$$\text{Spez. Stromverbrauch (SSV)} = \frac{\text{Totaler Stromverbrauch (kWh)}}{\text{Totale Heumenge (kg)} \times 100} \quad (\text{kWh/dt})$$

Der spez. Stromverbrauch hängt von vielen Faktoren ab, im besonderen von der Feuchtigkeit und Menge des eingeführten Welkheus. Bei den Versuchen im Jahre 1976 wurde ein Durchschnittswert von 10,6 kWh/dt bei einer mittleren Futterfeuchtigkeit von 42% beim Einführen gemessen.

4. Versuchsergebnisse

Die Resultate in der Tabelle 1 sind Durchschnittszahlen. Sie setzen sich aus vielen Einzelmessungen zusammen.

Die Versuche mit den FIMA- und AEBI-Steuergeräten erfolgten gleichzeitig auf zwei nebeneinander stehenden Anlagen. Deshalb waren die Wetterbedingungen für beide Steuerautomaten praktisch gleich.

Die Versuche Nr. 1, 2 und 5 wurden bis zur Endtrocknung durchgeführt. Die Versuche Nr. 3 und 4 erfolgten hintereinander praxisgemäss, ohne die Endaustrocknung des Versuches Nr. 3. In den Versuchen Nr. 1 und 2 war das AEBI-Steuergerät mit einer Intervallschaltung von 20 Minuten Einschaltdauer ausgerüstet.

Beide Geräte haben ohne Störungen funktioniert. Die Handhabung des AEBI-Steuerautomaten bot bis auf die Endtrocknung keine Probleme. Die Endtrocknung mit dem Steuergerät benötigte verhältnismässig viel elektrischen Strom. Mit der Handsteuerung der Endtrocknung könnte zum Beispiel im 1. Versuch beinahe die Hälfte Strom eingespart werden. Die Einstellung der Feuchtigkeitsgrenzwerte am Hygrostaten bei der FIMA-Belüftungs-Automatik erforderte eine gewisse Erfahrung mit der Unterdach-trocknung. Der Versuchsleiter beeinflusste deshalb in gewissem Masse die Resultate des FIMA-Gerätes. Die Unterschiede in den Resultaten der beiden Geräte sind unbedeutend und können zufällig sein. Der AEBI-Automat war der FIMA-Automatik in der Abtrocknungsphase überlegen. Nach dem Einfüllen bis zur Endtrocknung arbeitete das Gerät wirkungsvoller und nützte die Wetterbedingungen besser aus. In der Regel konnte nämlich das Gut mit dem AEBI-Gerät schneller abgetrocknet werden. Hingegen bot das FIMA-Gerät in der Endtrocknungsphase Vorteile.

Weitere Feststellungen:

FIMA-Automatik:

- Die Eichung und die Einstellung des Kontakt-hygrometers nach Luftfeuchtigkeit und Gutfeuchte können Probleme bieten.

Tabelle 1: Spez. Wasserentzug (SWE), spez. Energieverbrauch (SEV) und spez. Stromverbrauch (SSV) der Versuchsergebnisse 1977.

Versuch Nr.	Futterfeuchte (%)		SWE (g/m ³)		SEV (MJ/kg)		SEV (kcal/kg)		SSV (kWh/dt)	
	FIMA	AEBI	FIMA	AEBI	FIMA	AEBI	FIMA	AEBI	FIMA	AEBI
1	37	38	0,7	0,6	1,16	1,26	(278)	(300)	13,6	16,7
2	47	44	0,8	0,7	1,04	1,19	(249)	(285)	19,2	20,1
3	36	37	0,9	0,9	1,07	1,08	(256)	(259)	6,5	6,1
4	32	29	1,0	0,8	1,13	1,44	(269)	(343)	11,3	17,5
5	31	38	1,1	1,1	0,89	0,89	(212)	(213)	9,9	11,1
Durchschnitt	37	37	0,9	0,8	1,06	1,17	(253)	(280)	12,1	14,3
Vergleich 1976	42		1,8		0,7		(168)		10,6	

- Die Empfehlung in der Betriebsanleitung, nach dem Einführen von Welkheu den Lüfter 24 bis 48 Stunden laufen zu lassen (Stellung Einführen), ist fragwürdig. Bereits in der ersten Nacht kann wieder Wasser in den vorher eingeführten und abgetrockneten Schichten abgelagert werden.
- Die Intervallsteuerung schaltet bei schlechtem Wetter zu oft. Die gesamte Belüftungszeit von zirka drei Stunden pro Tag ist zu lang.
- Es besteht die Gefahr der Untertrocknung in der Endtrocknungsphase.
- Die elektrische Uhr muss alljährlich von einem Elektroinstallateur eingestellt werden.

AEBI-Steuerautomat:

- Von der Sonne erwärmtes Gut wird unter Umständen in der ersten Nacht nicht getrocknet, wie im Versuch Nr. 3 bemerkt wurde. Nach 10 Minuten Laufdauer des Ventilators kann die austretende Luft aus dem Stock immer noch wärmer sein als diejenige beim Ventilator. Obwohl eine Trocknung stattfinden würde, schaltet der Ventilator aus.
- Bei schlechtem Wetter, in der Regel auch nachts und bei der Endtrocknung hat die stündliche Intervallschaltung Nachteile.
- Die Endtrocknung sollte nicht mit dem Automaten erfolgen, weil dann die Gefahr einer Untertrocknung besteht. Dies verringert andererseits den Bedienungskomfort.

5. Schlussfolgerungen

Die Bedienung einer Heubelüftung ist mit beiden Automaten einfacher und komfortabler als von Hand. Nach dem Einführen von Welkheu bis zur Endtrocknung treffen die Automaten die günstigen Ein- und Ausschaltzeitpunkte der Ventilatoren besser, als dies der Bedienungsperson mit der Handsteuerung möglich ist.

Letztes Jahr liess sich im Vergleich zu früheren Versuchen mit Handsteuerung keine Strom einsparung

feststellen. Dies ist teilweise auf andere Belüftungsbedingungen wie schlechteres Wetter, stärker vorgetrocknetes Welkheu, viele Endtrocknungen und auf einzelne Untertrocknungen der Heustöcke zurückzuführen. Auch sind die Laufzeiten der Ventilatoren bei Schlechtwetter innerhalb der Intervalle mit drei bis vier Stunden pro Tag lang, so dass eine Wiederbefeuchtung des Gutes eintreten kann. Die Steuerung der Endtrocknung sollte besser von Hand vorgenommen werden. Damit erreicht man eine erhebliche Strom einsparung.

Eine abschliessende Beurteilung der Steuergeräte ist noch nicht möglich; weitere Versuche sind dieses Jahr vorgesehen.

Allfällige Anfragen über das oben behandelte Thema, sowie auch über andere landtechnische Probleme, sind nicht an die FAT bzw. deren Mitarbeiter, sondern an die unten aufgeführten kantonalen Maschinenberater zu richten.

ZH	Schwarzer Otto, 052 - 25 31 21, 8408 Wülflingen
ZH	Schmid Viktor, 01 - 77 02 48, 8620 Wetzikon
BE	Mumenthaler Rudolf, 033 - 57 11 16, 3752 Wimmis
BE	Marti Fritz, 031 - 57 31 41, 3052 Zollikofen
BE	Herrenschwand Willy, 032 - 83 12 35, 3232 Ins
LU	Rüttimann Xaver, 045 - 81 18 33, 6130 Willisau
LU	Widmer Norbert, 041 - 88 20 22, 6276 Hohenrain
UR	Zurfluh Hans, 044 - 2 15 36, 6468 Attinghausen
SZ	Fuchs Albin, 055 - 48 33 45, 8808 Pfäffikon
OW	Gander Gottlieb, 041 - 96 14 40, 6055 Alpnach
GL	Jenny Jost, 058 - 63 11 01, 8750 Glarus
ZG	Müller Alfons, landw. Schule Schluechthof, 042 - 36 46 46, 6330 Cham
FR	Krebs Hans, 037 - 82 11 61, 1725 Grangeneuve
BL	Langen Fritz, Feldhof, 061 - 83 28 88, 4302 Augst
BL	Speiser Rudolf, Aeschbrunnhof, 061 - 99 05 10, 4461 Anwil
SH	Hauser Peter, Ing. Agr., Kant. landw. Schule Charlottenfels, 053 - 2 33 21, 8212 Neuhausen a.Rhf.
AR	Ernst Alfred, 071 - 33 34 90, 9053 Teufen
SG	Haltiner Ulrich, 085 - 758 88, 9465 Salez
SG	Pfister Th., 071 - 83 16 70, 9230 Flawil
GR	Stoffel Werner, 081 - 81 17 39, 7430 Thusis
AG	Müri Paul, landw. Schule Liebegg, 064 - 31 15 53, 5722 Gränichen
TG	Monhart Viktor, 072 - 6 22 35, 8268 Arenenberg

Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Maschinenberatung, Telefon 052 - 33 19 21, 8307 Lindau.

Nachdruck der ungekürzten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.

Die «Blätter für Landtechnik» erscheinen monatlich und können auch in französischer Sprache unter dem Titel «Documentation de technique agricole» im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 27.-, Einzahlung an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8355 Tänikon, Postcheckkonto 30 - 520. In beschränkter Anzahl können ferner Vervielfältigungen in italienischer Sprache abgegeben werden.