Zeitschrift: Der Traktor und die Landmaschine : schweizerische landtechnische Zeitschrift

Herausgeber: Schweizerischer Verband für Landtechnik

Band: 28 (1966)

Heft: 5

Rubrik: IMA-Mitteilungen

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: 08.08.2025

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

IMA-MITTEILUNGEN 3-4 · 66

11. Jahrgang März-April 1966

Herausgegeben vom Schweiz. Institut für Landmaschinenwesen und Landarbeitstechnik in Brugg Aargau

Verantwortliche Redaktion: J. Hefti und W. Siegfried

Beilage zu Nr. 5/66 von «DER TRAKTOR und die Landmaschine»

Inhalt: Das Trocknen von Erntegütern / Anleitung zum i-x Diagramm

Das Trocknen von Erntegütern

Franz Zihlmann, Ing. Agr.

3. Für welchen Druck soll der Ventilator ausgelegt werden?

Pumpt ein Ventilator Luft durch ein System von Kanälen und Trockengut, dann wird ein Teil des Druckes benötigt, um der Luft die Geschwindigkeit zu verleihen; der Rest des Druckes steht zur Ueberwindung der Widerstände zur Verfügung. Bei einer Belüftungsanlage setzt sich der Widerstand zusammen aus dem Reibungswiderstand des Kanalsystems und dem Widerstand des Trockengutes.

Der Reibungswiderstand im Kanalsystem ist umso höher, je grösser die Windgeschwindigkeit ist. Er wächst selbstverständlich mit der Länge der Zuleitung und mit der Zahl der Umlenkungen. Dabei ist es gleichgültig, ob diese Hindernisse auf der Ansaug- oder Druckseite liegen. Weitere Druckverluste treten auf, wenn sich der Querschnitt plötzlich ohne Uebergang erweitert. Die Summe der Reibungsverluste im Kanalsystem kann von Anlage zu Anlage sehr stark variieren. Sie dürfte bei Heubelüftungsanlagen in der Grössenordnung von 10 mmWS und bei Getreidetrocknungsanlagen entsprechend dem kürzeren Kanalsystem etwas niedriger liegen.

Der Luftwiderstand des Trockengutes lässt sich mit einfachen Mitteln messen. Man braucht dazu ein Manometer, das man sich aus einem durchsichtigen Plastikschlauch oder mit einem U-förmig abgebogenen Glasrohr selbst anfertigen kann. Man befestigt den Schlauch oder das U-Rohr auf einem Brett. Als lichten Durchmesser wähle man mindestens 8 mm, weil sich in engen Röhrchen beim Einfüllen des Wassers lästige Blasen bilden. Zur Druckmessung bohrt man möglichst nahe am Uebergang zwischen Kanal

und Trockengut ein Loch in den Kanal und führt den am U-Rohr angebrachten Schlauch in den Kanal. Es ist darauf zu achten, dass der Schlauch im Kanal nicht vorspringt, sondern bündig mit der Kanalwand befestigt wird.

Der Luftwiderstand eines Trockengutes verändert sich bei einer konstanten Windgeschwindigkeit im Verhältnis der Schichthöhe, d. h. beispielsweise, dass der Widerstand bei einer Schichthöhe von 0,5 m halb so gross ist, wie bei einer solchen von 1 m Höhe. Wird bei einer gegebenen Grundfläche die Luftmenge verdoppelt, so verdoppelt sich gleichzeitig die Luftgeschwindigkeit, der Widerstand hingegen steigt nicht im gleichen Verhältnis (doppelte Windgeschwindigkeit = doppelter Druck), sondern sehr viel stärker an und erreicht bald die Grenze der Wirtschaftlichkeit.

H. Bickel ermittelte an einer Horizontalanlage bei seinen Versuchen in Witzwil einen Strömungswiderstand des Dürrfutters von 16,0 mmWS/m Schichthöhe. Es ist jedoch beizufügen, dass je nach Futterart und Feuchtigkeitsgehalt recht grosse Unterschiede beobachtet wurden. Umgerechnet auf eine übliche Schichthöhe von 1,5 m ergibt es einen Strömungswiderstand von 24 mmWS. Bei unseren Messungen an verschiedenen Heustöcken wurden sehr häufig Widerstände zwischen 18 und 25 mmWS ermittelt. Mitunter gab es Stöcke, besonders wenn sich das Heu vorzeitig stark setzte, wo ein statischer Druck von 50 mm WS und mehr gemessen wurde.

Auf Grund obiger Daten setzt sich der Gesamtdruck eines Heulüfters wie folgt zusammen:

Reibungswiderstand des Kanalsystems	ca. 10 mmWS
Reibungswiderstand des Dürrfutters	ca. 22 mmWS
dynamischer Druck je nach Kanalquerschnitt	ca. 5 mmWS
Gesamtdruck des Heulüfters	ca. 37 mmWS

Daraus kann geschlossen werden, dass der Betriebsdruck des Heulüfters meist im Bereich von 40 mmWS liegt. Damit der Druck des Ventilators unter erschwerten Bedingungen noch ausreicht, sollte er einen maximalen Druck (Pumpgrenze des Ventilators) von etwa 50 bis 60 mmWS erreichen. Den kleinsten Stromverbrauch haben diejenigen Fabrikate, welche so konstruiert sind, dass ihr günstigster Wirkungsgrad im Bereich von 40 mmWS liegt. Bei sogenannten Hochdruck-Heulüftern wird der Stromverbrauch stets höher liegen. Sie können nur für ausgesprochen hohe Futterstöcke empfohlen werden. Man soll sich bemühen, die Belüftungsanlage so zu gestalten, dass man mit möglichst geringen Drücken durchkommt.

Bei Getreide hat Simons einen Strömungswiderstand von 23 mmWS je m Schichthöhe bei einem Luftdurchsatz von 300 m^3/h je m^2 Belüftungsfläche ermittelt, was einer Windgeschwindigkeit von 0,083 m/s entspricht. Wird die Windgeschwindigkeit verdoppelt, so steigt der Strömungswiderstand auf 52 mm. Aus wirtschaftlichen Gründen soll der Luftdurchsatz nicht wesentlich über 400 m^3/h je m^3 Getreide erhöht werden, weil einerseits der

Strömungswiderstand rasch ansteigt und anderseits, weil für die Luft beim Durchströmen durch die Getreideschicht zu wenig Zeit verbleibt, um sich genügend mit Wasser sättigen zu können. Viel günstiger wirkt sich die Reduktion der Schütthöhe aus. Dabei sinkt der Strömungswiderstand. Wird jedoch der Luftdurchsatz je m³ Getreide gleichgehalten, so nimmt die Luftgeschwindigkeit in dem Masse zu, wie die Schichtdicke abnimmt.

Für Bodenbelüftungsanlagen mit einer Schichthöhe von ca. 50 cm ist mit einem mittleren Druck von 30 bis 40 mmWS zu rechnen und bei einer Schichthöhe von ca. 100 cm mit einem solchen von 60 bis 70 mmWS. Solche Drücke können mit einem Axialventilator erzeugt werden.

Für Zentralrohr-Belüftungsanlagen werden meist Körnergebläse (Radialventilatoren) verwendet. Diese brauchen mehr Energie als die Axialventilatoren und überwinden höhere Gegendrücke bis 120 mmWS und mehr. Der mittlere Betriebsdruck liegt in der Grössenordnung von 80 bis 90 mmWS. Die Schichtdicke beträgt meist 50—70 cm und ist für eine bestimmte Anlage fest. Belüftungstechnisch ist eine Zentralrohranlage ungünstiger als eine Bodenbelüftungsanlage.

4. Wie gross ist das Trocknungsvermögen eines Ventilators?

Die Berechnungsart für das Trocknungsvermögen eines Ventilators ist für alle Erntegüter gleich. Hier führen wir die Rechnung am Beispiel einer Kaltluftbelüftung durch.

Rechenbeispiel:

Annahmen:

Belüftungsdauer	130 Stunden
Wasseraufnahme	0,5 g/m³ Luft
Endfeuchtigkeit von belüftetem Heu	20 %
Luftförderleistung des Ventilators	10 m³/s bei 40 mmWS

Gesucht:

Belüftete Heumenge in 130 Stunden
a) bei 40 %-igem Halbheu
b) bei 35 %-igem Halbheu

Lösung:

Geförderte Luftmenge = 130 Std. x 10 m³/s x 3600 s = 4 680 000 m³ Luft
Wasserentzug: 4 680 000 m³ Luft x 0,0005 kg/m³ Luft = 2340 kg Wasser

Wasserentzug je 100 kg trockenes Heu
a) bei Halbheu von 40 % Feuchtigkeit 33,3 kg Wasser
b) bei Halbheu von 35 % Feuchtigkeit 23,1 kg Wasser

belüftete Heumenge:
a) bei 40 %-igem Halbheu = 2340 kg Wasser : 33,3 kg Wasser / 100 kg Heu = 70,3 q Heu
b) bei 35 %-igem Halbheu = 2340 kg Wasser : 23,1 kg Wasser / 100 kg Heu = 101,3 q Heu.

Obiges Beispiel zeigt mit aller Deutlichkeit, dass das Trocknungsvermögen eines Ventilators sehr stark von der Feuchtigkeit des eingeführten Futters abhängig ist.

5. Schlussbetrachtungen

Das Trocknen von Erntegütern ist ein brennendes Problem. Daher ist das Angebot sowohl von guten als auch von schlechten Anlagen gross. Dem praktischen Landwirt bereitet es einige Schwierigkeiten, sich zurechtzufinden. Auf kaum einem anderen Gebiet ist es so leicht, eine Verwirrung zu schaffen, wie bei der Trocknung, denn um die Zusammenhänge richtig zu erfassen, braucht es doch einige Kenntnisse. In diesem Bericht wurden einige wesentliche Grundlagen zusammengestellt, auf die bei der Beurteilung der Anlagen zu achten ist.

Viele Uebertreibungen, welche immer wieder herumgeboten werden, lassen sich schon aus dem Wasserentzug widerlegen. So ist z. B. eine Belüftungstrocknung von sehr bescheidenen Mengen Gras technisch wohl möglich, aber wegen des grossen Wasserentzuges ganz und gar unwirtschaftlich.

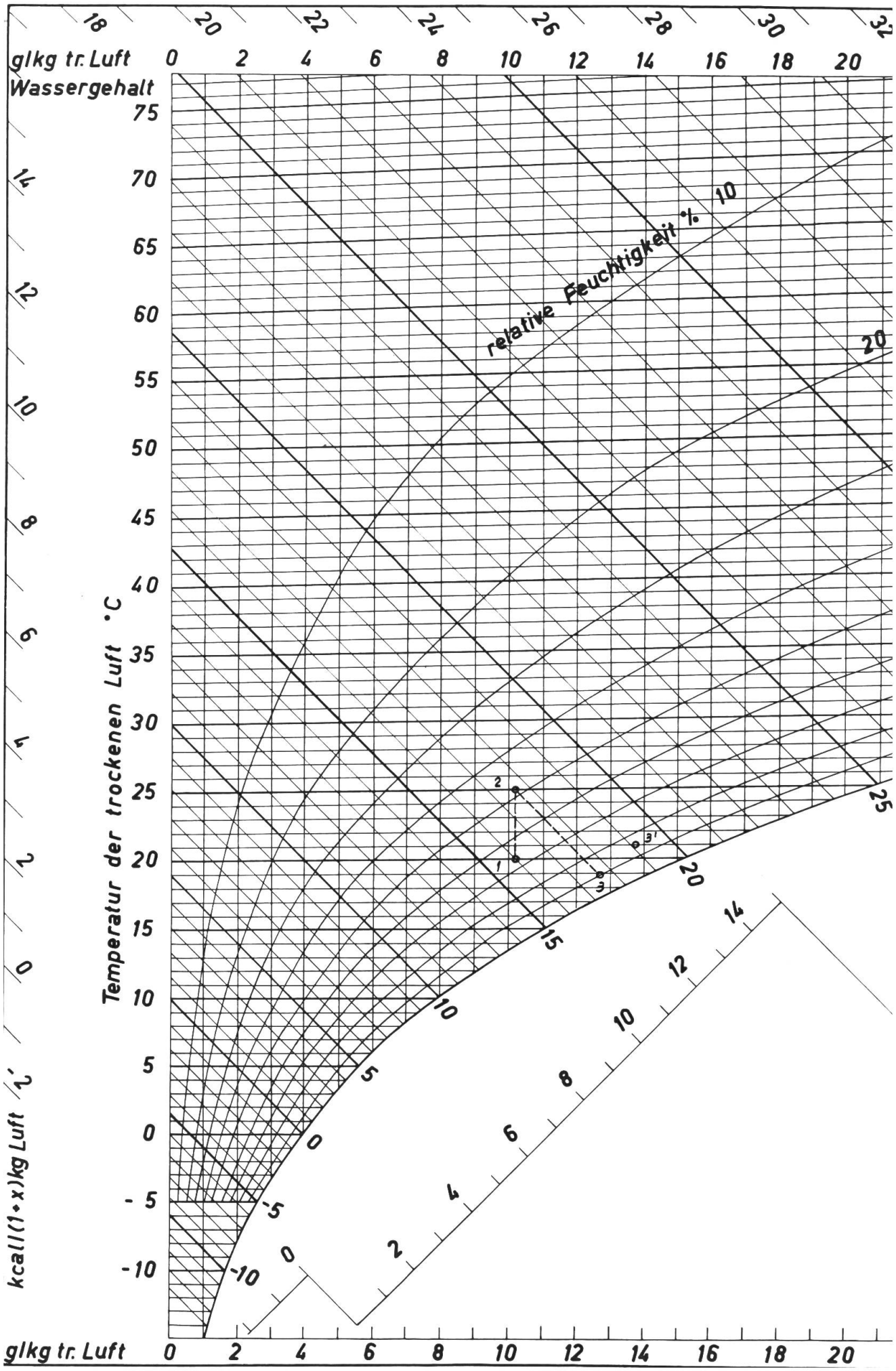
Schwieriger ist die Beurteilung des Wasseraufnahmevermögens der Luft. In der Praxis ist sie stets kleiner, als rein physikalisch möglich ist. Wertvolle Dienste mögen die Tabellen 2 und 3 leisten, deren Werte auf dem i, x-Diagramm nach Molier entnommen sind.

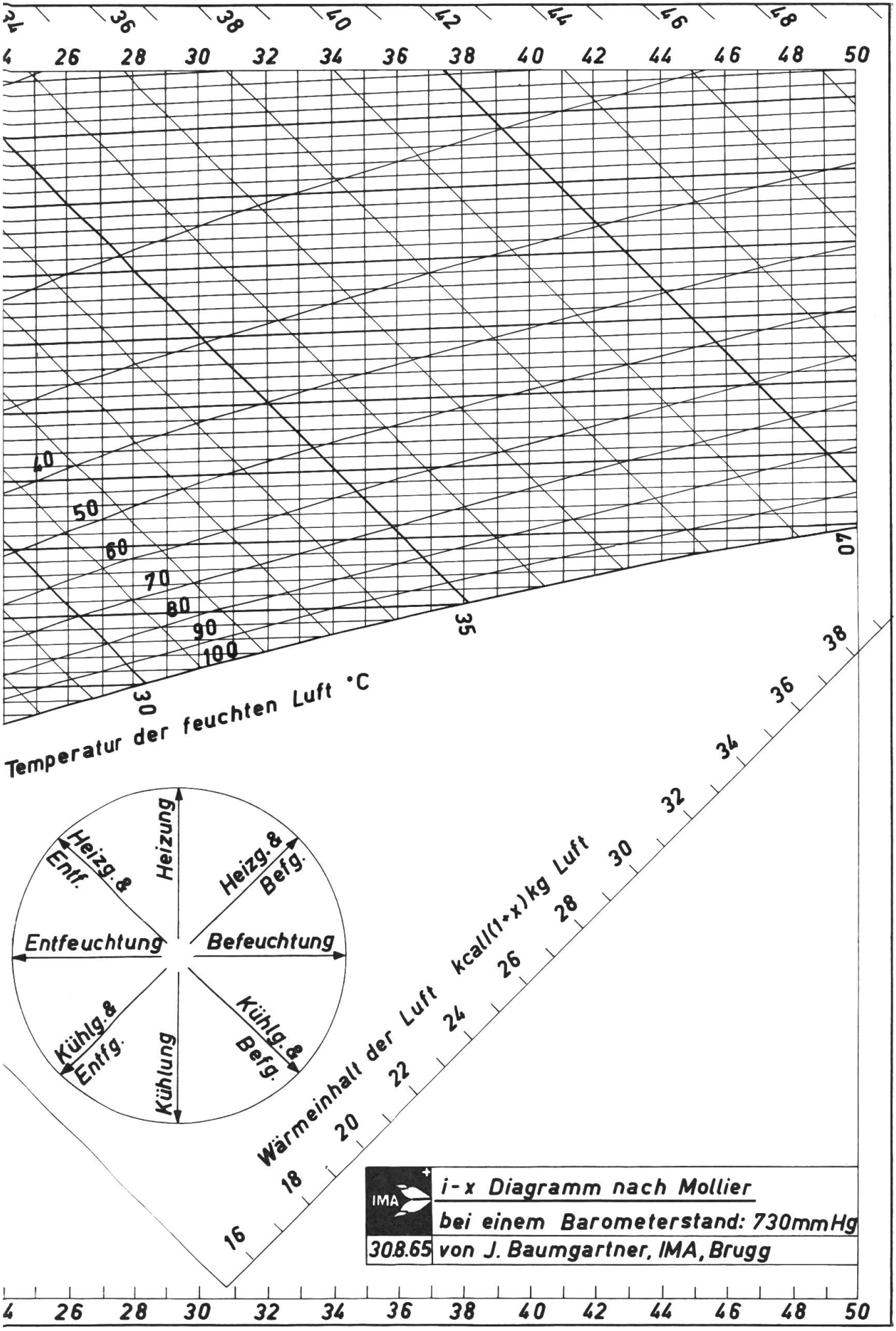
Der Betriebsdruck des Ventilators bei der Heubelüftung schwankt meistens zwischen 30 und 40 mmWS. Auf jeden Fall ist die Anlage so zu gestalten, dass wir mit einem möglichst kleinen Druck auskommen. Wenn ein Ventilator zur Förderung einer bestimmten Luftmenge einen grösseren Druck aufbauen muss, so steigen damit gleichzeitig die Stromkosten. Fehl am Platze sind daher Ventilatoren, deren Wirkungsgrad im Bereich über 60 mmWS gut ist und darunter rasch abfällt. Desgleichen sind auch Ventilatoren unbrauchbar, die einen Druck von weniger als 25 mmWS zu überwinden vermögen. Um die Wahl der Ventilatoren zu erleichtern, veröffentlichen wir anschliessend in Tabelle 4 eine Zusammenstellung der geprüften Ventilatoren. Bei der Auswahl geht man so vor, dass man zunächst die erforderliche Luftleistung in m^3/s bei 40 mmWS bestimmt. Unter den einschlägigen Fabrikaten ist denjenigen der Vorzug zu geben, welche den höchsten Wirkungsgrad und den geringsten Schallpegel aufweisen.

Fortschrittliche Landwirte treten dem IMA als Förderer bei und werden von diesem durch kostenlose Zustellung aller Prüf- und Untersuchungsberichte auf dem laufenden gehalten. — Jahresbeitrag Fr. 15.–

Tabelle 4: Zusammenstellung geprüfter Heulüfter Stand: September 1965

Firma	Typ	Durchmesser	Motorleistung	Drehzahl	Nennstrom	Förderleistung bei 40 mm WS	max. Druck	Wirkungsgrad in % bei mm WS				Schallpegel	Grundfläche
		mm	PS	U/min	A	m³/s	mm WS	30	40	50	max.	dB	m²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bleibler, Winterthur	BL 800	800	5,5	1425	8,9	6,0	56	49	54	55	56	83	60
Frischkopf, Römerswil	AL 80/8	800	5,5	1420	9,0	6,9	51,0	59	59	53	60	86,5	70
Clerici, St. Gallen	GbS TVL 8,0	800	5,5	1420	9,0	6,9	51	68	66	57	68	73	70
VOLG, Winterthur	Fima FH 3	800	5,5	960	9,4	7,8	51,8	60	70	72	73,5	69	80
Zimmermann, Mühlethurnen	Zima 7,5	888	7,5	1445	12,0	9,4	70,7	55	64	67	67	79,5	95
Widmer, Zürich	Woods 30 ISB	762	8,5	1450	11,5	9,7	62,1	—	61	62	62,5	72,5	100
Siemens, Zürich	KLOR 80/2 S	800	9,5	1430	14,5	9,9	58	—	68	68	69	77	100
Clerici, St. Gallen	Gb TVL 9,0	900	7,5	1430	12	9,9	56	66	67	63	67	79	100
Sumag, Wil SG	900	900	7,5	1445	12	10,1	57	55	59	62	62	87	100
VOLG, Winterthur	Fima H 50	800	10	965	16,3	10,1	75,8	39	46	54	67,5	77	100
Wild, Untereggen	A 3	900	7,5	1440	12	10,1	54	65	66	62	66	76,5	100
Lanker, Speicher	HBA-SMS IV	900	7,5	1435	11,3	10,4	52	68	71	66	71	76	105
Bleibler, Winterthur	BL 940	940	10	1440	15	10,5	77	56	64	69	70	90	105
Hug, Bützberg	HUG 900	910	7,5	1440	12	10,6	61,7	58	62	63	64	83,5	105
VOLG, Winterthur	Fima FH 5	900	7,5	960	12,8	10,6	59,3	57	66	72	72	74	105
Frischkopf, Römerswil	AL 95-5	950	7,5	1440	12	11,2	63,1	61	64	63	64	87	110
Wiltschi, Wohlen	Zyklon 62	940	8,5	1460	15,1	11,6	65	61	65	67	67	87	115
Wiltschi, Wohlen	Zyklon 62	940	3,5	970	7,5	—	29	—	—	—	—	79	—
Hug, Emmenbrücke	Hasting	970	10	1440	16	11,6	67,9	54	60	61	61	87,5	115
Clerici, St. Gallen	GbS TVL 9,6	960	10	1430	16	12,3	59	65	67	64	67	78	125
Rüst, Arnegg	Helios 95/7	950	10	1440	15	12,4	68	61	65	65	66	90	125
Zimmermann, Mühlethurnen	Zima 10	993	10	1450	15,6	12,4	74,1	56	63	66	66	83	125
Wiltschi, Wohlen	Zyklon 61	940	12	1455	20,3	15,2	74	—	61	65	67	90	150
Wiltschi, Wohlen	Zyklon 61	940	6	965	10,7	—	33	—	—	—	—	77,5	—
Wiltschi, Wohlen	Zyklon 61	940	3,4	710	7,8	—	18	—	—	—	—	71	—
Zimmermann, Mühlethurnen	Zima 15	1000	15	1450	22	15,3	98,3	—	54	61	68	83	155
Bleibler, Winterthur	BL 1080	1080	15	1450	22	15,4	80	—	60	66	69	94	155
VOLG, Winterthur	Firma FH 7	1000	10	965	16,8	15,9	54,8	—	69	73	73,5	75,5	160
Clerici, St. Gallen	GbS TVL 10,2	1020	15	1430	22,3	16,8	80	—	72	72	72	81	170
VOLG, Winterthur	Fima H 60	1000	15	965	23,5	17,1	79,2	—	57	65	74,5	76,5	170


g/kg tr. Luft Wassergehalt
Temperatur der trockenen Luft °C
kcal/(1+x)kg Luft
relative Feuchtigkeit %
10
20
25
1
2
3
3'
g/kg tr. Luft


Temperatur der feuchten Luft °C
Wärmeinhalt der Luft kcal/(1+x) kg Luft
Heizung
Heizg.& Befg.
Heizg.& Entf.
Befeuchtung
Entfeuchtung
Kühlung
Kühlg.& Befg.
Kühlg.& Entfg.
i-x Diagramm nach Mollier
bei einem Barometerstand: 730mmHg
30.8.65
von J. Baumgartner, IMA, Brugg

Anleitung zum i-x Diagramm

von J. Baumgartner

Das i-x Diagramm gilt nur für die natürliche Luft und nicht für das zu trocknende Gut, z. B. Heu, Getreide usw. Beim Benützen des Diagramms wird immer von der Luft ausgegangen. Beispielsweise wird die Luft befeuchtet, wenn ein Erntegut mittels Luft getrocknet werden soll.

Wer Näheres über die physikalischen Grundlagen, die dazugehörenden Formeln und den Aufbau des i-x Diagramms wissen will, verlange die Broschüre «Das i-x Diagramm» von obenstehendem Bearbeiter.

Der Gebrauch des i-x Diagramms wird am besten anhand von Beispielen gezeigt.

1. Beispiel (Punkt 1)

Ein normales Glasthermometer zeige eine Temperatur (= Temperatur der trockenen Luft) von 20° C an. Ein zweites Thermometer, das an der Meßspitze mit einem feuchten Strumpf umwickelt ist, messe eine Temperatur (= Temperatur der feuchten Luft) von 16° C. In welchem Zustand befindet sich die gemessene Luft?

Lösung:

Im Schnittpunkt der Temperatur der trockenen Luft (= waagrechte Linie, schwach nach rechts oben geneigt) und der Temperatur der feuchten Luft (= ca. 45° nach links oben verlaufende Linie) finden wir beim Punkt 1:

- relative Feuchtigkeit (Kurven nach rechts verlaufend)
  φ = 67 % (zwischen 60 und 70 % abschätzen)
- Wassergehalt (senkrechte Linien) x = 10,2 g/kg trockene Luft
- Wärmeinhalt (am Maßstab «Wärmeinhalt der Luft» abzulesen)
  i = 11 kcal / (1+x) kg Luft

Bemerkung: Die natürliche Luft enthält immer ein mehr oder weniger grosses Quantum Wasserdampf; auch ist immer schon eine gewisse Wärme darin!

2. Beispiel (Punkt 2)

Was geschieht, wenn die Luft des 1. Beispiels von 20 auf 25° C erwärmt wird? (Für das i-x Diagramm spielt es keine Rolle, ob die Erwärmung der Luft z. B. durch Gärung des Heustockes oder durch Anwärmung mit einem Lufterhitzer erfolgt.)

Lösung:

Wir ziehen eine genaue senkrechte Linie («Heizung» auf dem runden Richtungsmaßstab!) von 20° auf 25° C und erhalten Punkt 2. Wir lesen ab:

- relative Feuchtigkeit φ = 48 %
- Wassergehalt x = 10,2 g/kg trockene Luft
- Wärmeinhalt i = 12,25 kcal / (1 + x) kg Luft

Folgerungen:

- Die relative Feuchtigkeit nimmt ab.
- Die absolute Feuchtigkeit bleibt gleich, da ja weder Wasser zugegeben noch entzogen wurde.
- Der Wärmeinhalt ist um 12,25 – 11 = 1,25 kcal/kg Luft grösser geworden. Damit kann der nötige Wärmebedarf (Heizölmenge) und die Leistung des Lufterhitzers ermittelt werden.

3. Beispiel (Punkt 3)

Die angewärmte Luft von 25° C vom 2. Beispiel werde zum Trocknen von Heu benützt. Was geschieht im Diagramm?

Lösung:

Die Luft wird befeuchtet, wenn das Gut trocknet. Da normalerweise beim Trocknungsvorgang keine Wärme mehr zugeführt wird (Wärmeinhalt i = konstant), erfolgt der Prozess parallel zur Temperatur der feuchten Luft (ca. 45° von links oben nach rechts unten). Wir müssen annehmen, dass die Luft nur bis zu einer relativen Feuchtigkeit φ = 90 % gesättigt werden kann. Bei diesem Punkt 3 finden wir:

- relative Feuchtigkeit φ = 90 % (Annahme)
- Wassergehalt x = 12,7 g/kg trockene Luft
- Wärmeinhalt i = 12,25 kcal / (1 + x) kg Luft

Folgerungen:

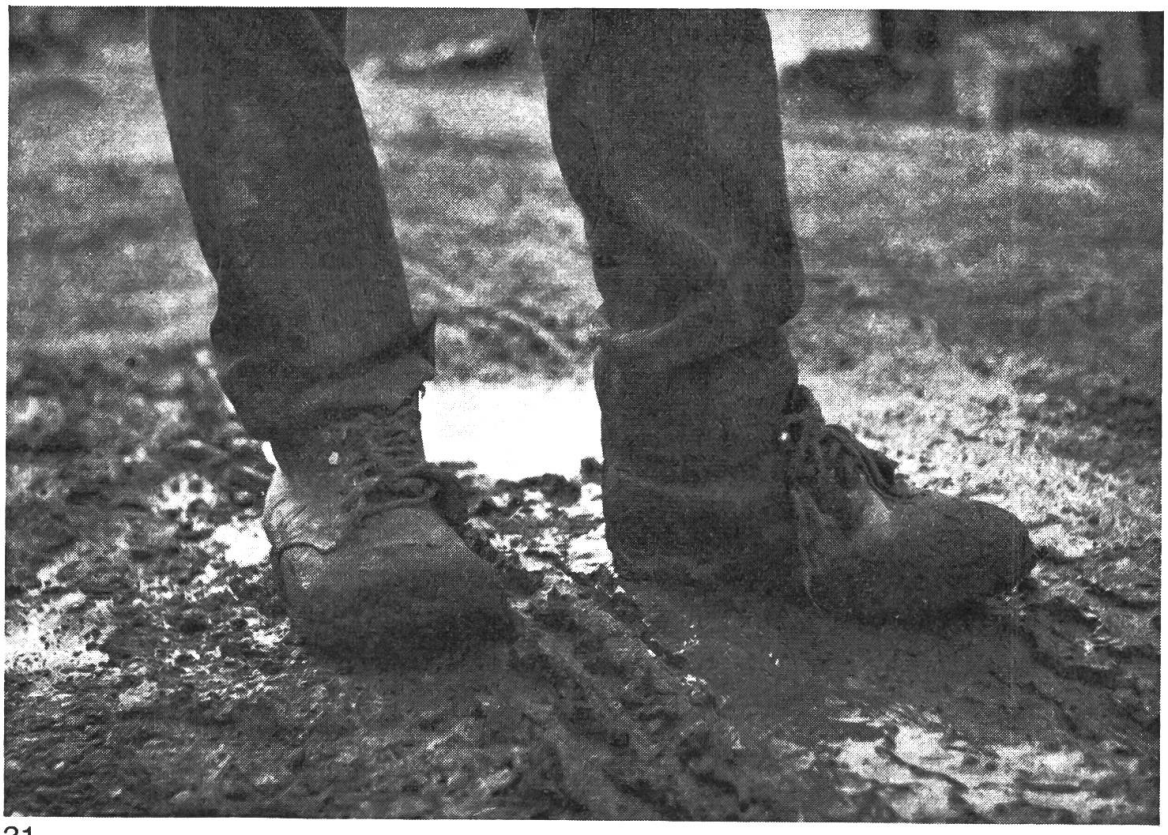
- Die relative Feuchtigkeit nimmt zu.
- Die absolute Feuchtigkeit ist auf 12,7 g/kg trockene Luft gestiegen, d. h. wir entziehen pro kg durchgeschickte Luft 12,7–10,2 = 2,5 g Wasser dem Trocknungsgut.
- Es wird weder Wärme zu- noch abgeführt.
- Es ist ganz normal, wenn die austretende Luft (Temperatur der trockenen Luft) aus dem Trocknungsgut tiefer ist als die eintretende. In unserem Fall fällt sie von 25 auf 19° C.

Kann die austretende Luft genau und zuverlässig gemessen werden, z. B. mit 21° C und 85 %, so erhalten wir die Werte von Punkt 3':

- relative Feuchtigkeit φ = 85 % (gemessen)
- absolute Feuchtigkeit x = 13,7 g/kg trockene Luft
- Wärmeinhalt i = 13,35 kcal / (1 + x) kg Luft

Es wird in diesem Fall wohl mehr Wasser dem Trocknungsgut entzogen (13,7 – 10,2 = 3,5 g Wasser/kg trockene Luft), dafür wird der Luft zusätzliche Wärme zugeführt (13,35 – 12,25 = 1,1 kcal / (1 + x) kg Luft), die dann ziemlich sicher aus Wärme des gärenden Heustockes besteht.

Analog werden Probleme der Getreidetrocknung behandelt, und auch die Stallklimatisierung können wir berechnen, wobei im letztern Falle der runde Richtungsmaßstab direkt gilt.

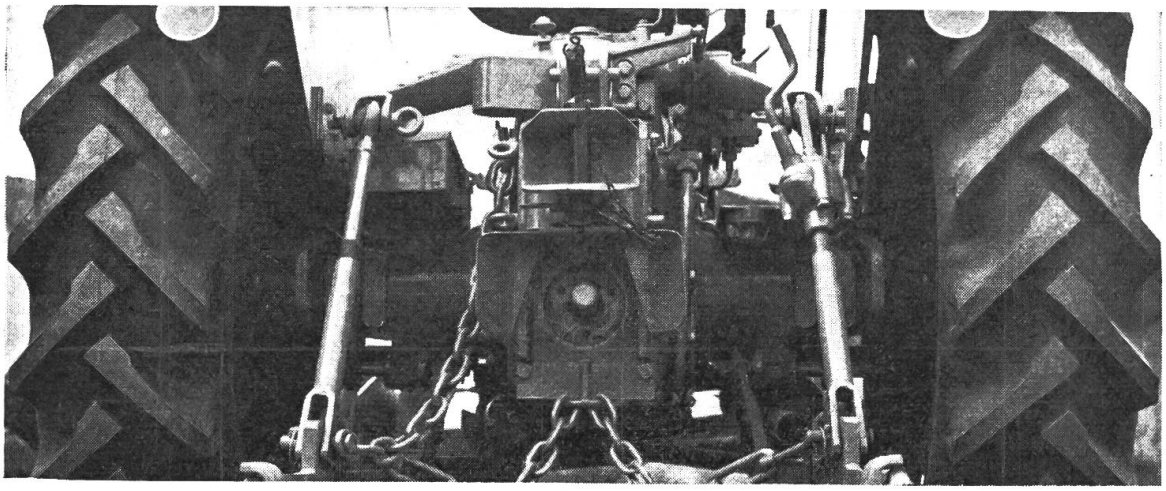


31

AGRAR

für jeden Boden

Wo hart gearbeitet wird, braucht der Mensch kräftiges Schuhwerk und der Schlepper «Agrar» von VEITH, natürlich auch für alle Landmaschinen.

VEITH

Pneu Veith SA, Payerne