

Zeitschrift: Le Tracteur et la machine agricole : revue suisse de technique agricole
Herausgeber: Association suisse pour l'équipement technique de l'agriculture
Band: 28 (1966)
Heft: 8

Rubrik: Le courrier de l'IMA

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: 11.01.2026

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

11ème année mars-avril 1966

Publié par l'Institut suisse pour le machinisme et la rationalisation du travail dans l'agriculture (IMA),
à Brougg (Argovie) Rédaction: J. Hefti et W. Siegfried



Supplément du no 8/66 de «LE TRACTEUR et la machine agricole»

Table des matières: Le séchage de certains produits de récolte /
Eclaircissements pour la compréhension du diagramme i-x.

Le séchage de certains produits de récolte

par F. Zihlmann, ingénieur agronome

Suite et fin

D'après ce qui précède, on peut conclure que la pression de service du ventilateur correspond généralement à environ 40 mmCE (à la colonne d'eau). Afin que la pression fournie par l'aérateur se montre suffisante dans des conditions plus difficiles, il serait toutefois indiqué qu'elle représente de 50 à 60 mm de hauteur d'eau (limite de pompage du ventilateur). Les types d'aérateurs de grange qui consomment le moins d'énergie électrique sont ceux dont les caractéristiques constructives sont telles qu'ils ont leur rendement optimal lors de pressions avoisinant 40 mmCE. Lorsqu'il s'agit de ventilateurs dits à haute pression, la quantité de courant consommée est toujours supérieure. On ne peut les recommander que pour les tas de foin d'une certaine hauteur. D'une manière générale, il convient de prévoir une installation de séchage qui permette de déshydrater le fourrage avec des pressions d'air aussi faibles que possible.

En ce qui concerne le blé en grains, Simons a pu voir, en effectuant des mesurages, que la résistance opposée au flux d'air correspond à 23 mmCE par mètre de hauteur de la masse à déshydrater lorsque le débit du ventilateur est de 300 m³/h par m² de surface de séchage, ce qui équivaut à une vitesse du courant d'air de 0,083 m/s. Si la vitesse de l'air est

doublée, la résistance que rencontre ce dernier atteint la valeur de 52 mmCE. Pour des raisons d'ordre économique, il faut que le débit du ventilateur ne dépasse pas sensiblement 400 m³/h par m³ de grain. Cela s'avère nécessaire pour éviter que la résistance au passage de l'air augmente rapidement et aussi pour que l'air puisse se saturer suffisamment d'eau en ne passant pas trop vite à travers la masse de grain. Par ailleurs, une diminution de la hauteur du tas à ventiler ne peut avoir que d'heureux effets, du fait que l'air de séchage rencontre moins de résistance. Si le volume d'air pulsé par m³ de grain est maintenu, la vitesse de l'air s'accroît alors proportionnellement à la diminution de hauteur du tas.

En ce qui concerne les cellules horizontales parallélépipédiques, il faut compter avec une pression moyenne de 30 à 40 mmCE pour une masse de grain d'environ 50 cm de haut, et avec une pression moyenne de 60 à 70 mmCE si la hauteur de cette masse atteint à peu près 1 m. De telles pressions peuvent être obtenues avec des ventilateurs axiaux (hélicoïdaux).

Les ventilateurs le plus souvent employés pour les cellules verticales cylindriques sont les ventilateurs radiaux (centrifuges). Il s'agit le plus souvent de ventilateurs à injecteur servant à remplir les silos à grain. Ces matériels consomment davantage d'énergie que les ventilateurs hélicoïdaux et arrivent à surmonter des contre-pressions représentant jusqu'à 120 mmCE et plus. Avec ces ventilateurs, la pression de service moyenne est de l'ordre de 80 à 90 mmCE. Généralement parlant, la hauteur de la couche de grain varie dans ces cas-là de 50 à 70 cm suivant l'installation, mais elle reste constante pour la même cellule. Du point de vue technique, la ventilation d'une cellule horizontale parallélépipédique s'avère plus favorable que celle d'une cellule verticale cylindrique.

4. Capacité de séchage d'un ventilateur

Le mode de calcul employé pour déterminer la capacité de séchage d'un ventilateur est le même avec tous les produits de récolte. Nous donnons ci-dessous un exemple de calcul pour une installation de déshydratation par air froid.

Exemple :

Données:	Durée du séchage	130 heures
	Absorption d'eau	0,5 g par m ³ d'air
	Taux d'humidité final du foin	20 %
	Débit du ventilateur	10 m ³ /s sous une pression égale à 40 mmCE
A trouver:		

Quantité de foin déshydratée en 130 heures

- a) s'il s'agit de foin demi-sec d'un taux d'humidité de 40 %
- b) s'il s'agit de foin demi-sec d'un taux d'humidité de 35 %

Solution:

Volume d'air débité = $130 \text{ h} \times 10 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s} = 4680000 \text{ m}^3 \text{ d'air}$

Quantité d'eau extraite = $4680000 \text{ m}^3 \text{ d'air} \times 0,0005 \text{ kg par m}^3 \text{ d'air} = 2340 \text{ kg d'eau}$

Quantité d'eau extraite par 100 kg de foin sec:

- a) avec du foin demi-sec contenant 40 % d'eau = 33,3 kilos d'eau
- b) avec du foin demi-sec contenant 35 % d'eau = 23,1 kilos d'eau

Quantité de foin déshydratée:

- a) lorsqu'il s'agit de foin demi-sec d'un taux d'humidité de 40 % = 2340 kg d'eau: $33,3 \text{ kg d'eau}/100 \text{ kg de foin} = 70,3 \text{ quintaux de foin}$
- b) lorsqu'il s'agit de foin demi-sec d'un taux d'humidité de 35 % = 2340 kg d'eau: $23,1 \text{ kg d'eau}/100 \text{ kg de foin} = 101,3 \text{ quintaux de foin.}$

L'exemple ci-dessus montre clairement que la capacité de séchage d'un ventilateur dépend dans une très large mesure de la teneur en eau du fourrage devant être déshydraté (taux d'humidité initial).

5. Considérations finales

Le séchage de certains produits de récolte représente un problème d'actualité. C'est la raison pour laquelle de si nombreuses installations, de valeur pratique inégale, sont vendues sur le marché. Aussi l'agriculteur éprouve-t-il quelques difficultés à opérer un choix judicieux. Il n'existe en effet guère de domaine plus déroutant que celui de la déshydratation des produits, car il faut posséder tout de même quelques connaissances pour pouvoir établir un rapport entre les différents facteurs dont on doit tenir compte. La présente étude contient une série de données fondamentales qu'il convient de prendre en considération lors de l'appréciation d'une installation.

Certaines affirmations, que l'on se plaît à propager, peuvent être réfutées simplement en faisant état de la quantité d'eau extraite. S'il est techniquement possible, par exemple, de sécher par ventilation forcée de très faibles quantités d'herbe, une telle opération se montre cependant tout à fait antiéconomique vu l'importante quantité d'eau à extraire (frais élevés en courant électrique).

Ce qui est plus difficile, en revanche, c'est de formuler une appréciation sur la capacité d'absorption d'eau de l'air de séchage. Dans la pratique, elle s'avère toujours plus faible qu'en théorie. A ce propos, on consultera avec fruit les tables 2 et 3. Les chiffres qui y figurent sont extraits du diagramme i-x de Mollier.

Dans le cas des installations de grange pour le séchage complémentaire du foin, la pression de service du ventilateur oscille la plupart du temps entre 30 et 40 mmCE (à la colonne d'eau). On veillera en tout cas à ce que

l'installation soit conçue de telle façon que la déshydratation puisse se faire avec une pression aussi faible que possible. Lorsqu'un ventilateur doit fournir une plus forte pression pour pulser un volume d'air déterminé, les frais occasionnés par le courant électrique nécessaire augmentent du même coup. Aussi convient-il de renoncer à des ventilateurs dont le rendement est bon lors de pressions dépassant 60 mmCE mais baisse rapidement avec des pressions inférieures. Les ventilateurs ne présentant également pas d'intérêt sont ceux qui n'arrivent à vaincre que des contre-pressions de moins de 25 mmCE. Afin de faciliter le choix du ventilateur, nous publions plus bas, à la table 4, une liste des matériels essayés jusqu'à maintenant par notre institut. Lorsqu'on envisage l'acquisition d'un ventilateur, il s'agit de déterminer auparavant le débit d'air (en m^3/s), sous une pression de 40 mmCE, qui s'avère nécessaire pour l'installation en cause. Parmi les divers types et modèles entrant en considération, on donnera la préférence à ceux qui ont le rendement le plus élevé et le niveau sonore le plus bas.

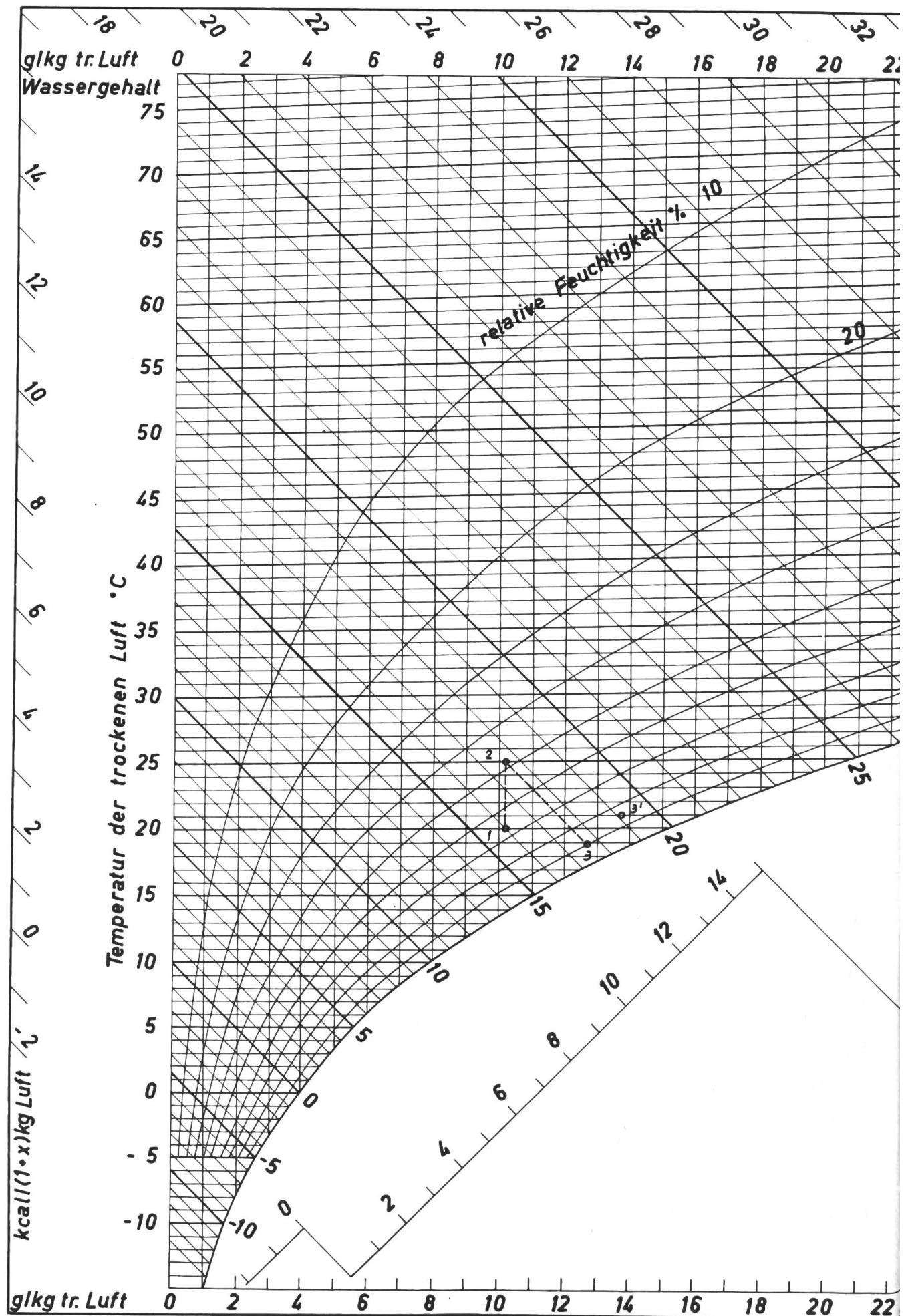
**Les agriculteurs progressistes deviennent membres collaborateurs de l'IMA.
Grâce à l'envoi (gratuit) de tous les rapports d'essais et d'études pratiques,
ils sont assurés d'être constamment bien informés.**

Cotisation annuelle Fr. 15.—.

Tabelle 4 — Liste des aérateurs de grange essayés par l'IMA

(jusqu'en septembre 1965)

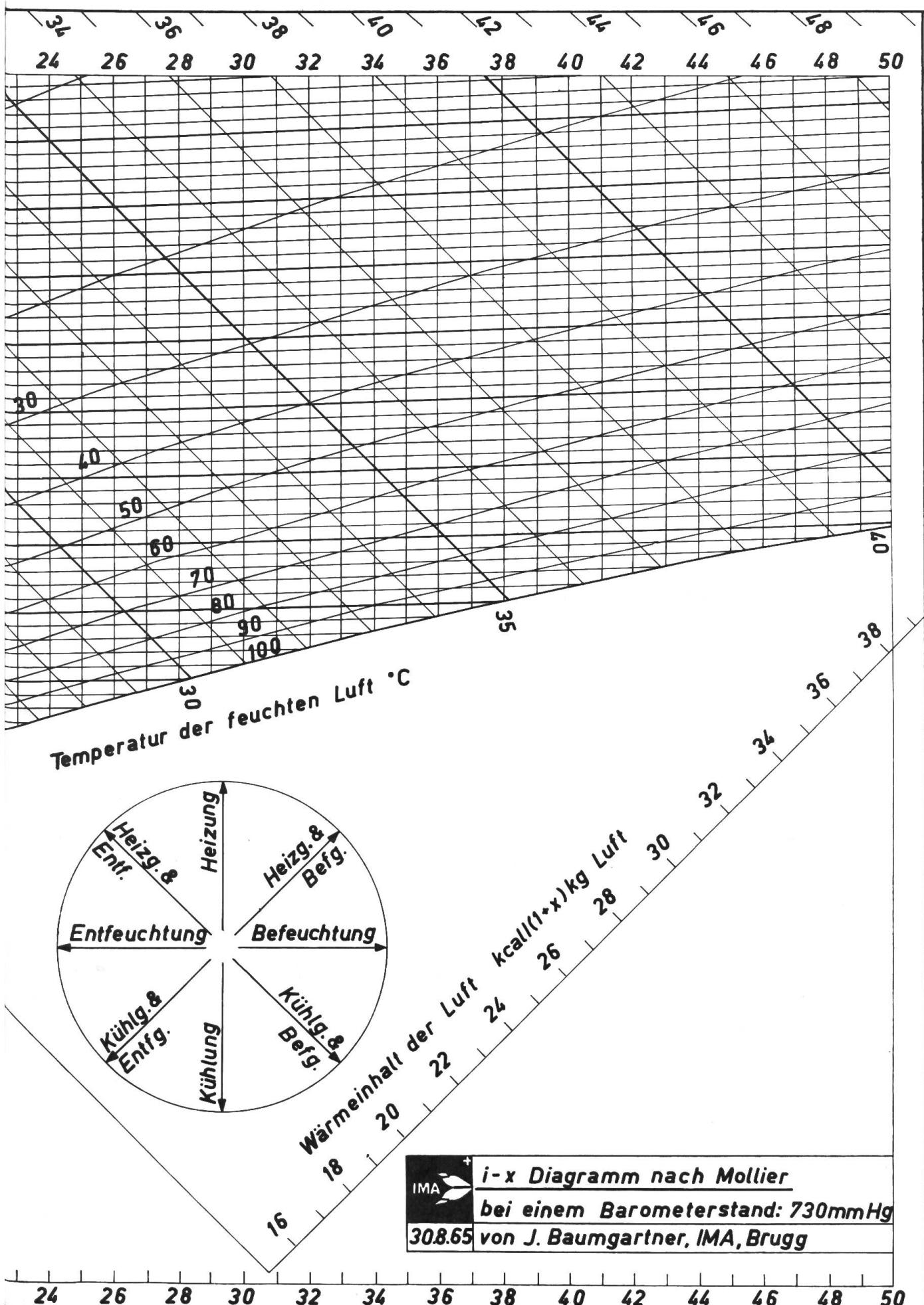
Fournisseur	Modèle	Dia-	Puis-	Régime	Cou-	Débit	Press-	Rendement (en %)				Niveau	Sur-
		mètre	sance	du	rant	sous		30	40	50	rend. max.	sonore	face
mm	ch	tr/mn	A	pression	mmCE	mmCE	10	11	12	13	14		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bleibler, Winterthour	BL 800	800	5,5	1425	8,9	6,0	56	49	54	55	56	83	60
Frischkopf, Römerswil	AL 80/8	800	5,5	1420	9,0	6,9	51,0	59	59	53	60	86,5	70
Clerici, Saint-Gall	GbS TVL 8,0	800	5,5	1420	9,0	6,9	51	68	66	57	68	73	70
VOLG, Winterthour	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, Saint-Gall	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, Winterthour	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, Winterthour	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, Winterthour	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	Cyclone 62	940	8,5	1460	15,1	11,6	65	61	65	67	67	87	115
Wiltschi, Wohlen	Cyclone 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, Saint-Gall	GbS TVL 9,6	960	10	1430	16	12,3	59	65	67	64	67	78	125
Rüst, Arnegg	Hélios 95/7	950	10	1440	15	12,4	68	61	65	65	66	81	125
Zimmermann, Mühlethurnen	Zima 10	993	10	1450	15,6	12,4	74,1	56	63	66	66	83	125
Wiltschi, Wohlen	Cyclone 61	940	12	1455	20,3	15,2	74	—	61	65	67	90	150
Wiltschi, Wohlen	Cyclone 61	940	6	965	10,7	—	33	—	—	—	—	77,5	—
Wiltschi, Wohlen	Cyclone 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, Winterthour	BL 1080	1080	15	1450	22	15,4	80	—	60	66	69	94	155
VOLG, Winterthour	Fima FH 7	1000	10	965	16,8	15,9	54,8	—	69	73	73,5	75,5	160
Clerici, Saint-Gall	GbS TVL 10,2	1020	15	1430	22,3	16,8	80	—	72	72	72	81	170
VOLG, Winterthour	Fima H 60	1000	15	965	23,5	17,1	79,2	—	57	65	74,5	76,5	170



g/kg tr. Luft = g par kg d'air sec
 Wassergehalt = Teneur en eau

relative Feuchtigkeit % = Humidité relative (en %)
 $kcal/(1+x)$ kg Luft = kcal par $(1+x)$ kg d'air

Temperatur der trockenen Luft °C = Température de l'air sec (en °C)
 g/kg trockene Luft = g par kg d'air sec
 Temperatur der feuchten Luft °C = Température de l'air humide (en °C)
 Wärmeinhalt der Luft $kcal/(1+x)$ kg Luft = Teneur en calorique de l'air
 (kcal par $(1+x)$ kg d'air)



Kühlung = Refroidissement
 Heizung = Réchauffement
 Entfeuchtung = Déshydratation
 Befeuchtung = Humidification
 Heizg. & Entf. = Réchauffement et Déshydratation

Kühlg. & Befg. = Refroidissement et Humidification
 Kühlg. & Entfg. = Refroidissement et Déshydratation
 Heizg. & Befg. = Réchauffement et Humidification
 Diagramme i-x (d'après Mollier) établi par J. Baumgartner,
 IMA, Brougg, en admettant une pression atmosphérique de 730 mmHg.

Eclaircissements pour la compréhension du diagramme i-x

Rappelons tout d'abord que i représente la teneur en calorique de l'air (en kilocalories par kilo d'air) et x la teneur en eau de l'air (en grammes par kilo d'air). Soulignons ensuite que ce diagramme est uniquement valable pour l'air (naturel) et non pour le produit à déshydrater (foin, blé en grains, etc.).

En se servant du diagramme en question, on doit toujours prendre l'air comme point de départ. L'air s'humidifie, par exemple, quand on déshydrate un produit de récolte au moyen de ce fluide. Ceux qui désireraient connaître plus en détail les principes, bases et formules d'après lesquels le diagramme i - x a été établi peuvent obtenir la brochure intitulée «Le diagramme i - x » en s'adressant à l'auteur du présent article. (Cette brochure n'existe toutefois qu'en langue allemande).

Les trois exemples ci-dessous permettront de se rendre mieux compte de la façon d'utiliser le diagramme i - x .

Exemple I (point 1)

Admettons qu'un thermomètre ordinaire indique une température de 20°C (= température de l'air sec) et qu'un second thermomètre (dont le tube de verre a été entouré d'un bas humide à son extrémité inférieure) marque une température de 16°C (= température de l'air humide). Dans quel état se trouve l'air mesuré?

Solution:

Au point d'intersection de la courbe de la température de l'air sec (= ligne horizontale montant très légèrement vers la droite) et de la courbe de la température de l'air humide (= ligne montant selon un angle d'environ 45° vers la gauche), nous trouvons au point 1:

- humidité relative (courbes montant vers la droite):
 $\varphi = 67\%$ (valeur située entre 60 et 70 %, à estimer)
- teneur en eau (lignes verticales): $x = 10,2 \text{ g par kg d'air sec}$
- teneur en calorique (valeur à lire sur l'échelle oblique montant de la gauche vers la droite): $i = 11 \text{ kcal par } (1 + x) \text{ kg d'air}$

Remarque — L'air naturel renferme toujours une quantité plus ou moins grande de vapeur d'eau, laquelle contient évidemment toujours une certaine quantité de calorique.

Exemple II (point 2)

Que se passe-t-il lorsque la température de l'air de l'exemple I est élevée de 20 à 25°C par réchauffement? (En ce qui concerne le diagramme i - x , il importe peu que le réchauffement de l'air soit produit par la fermentation de la masse de foin ou à l'aide d'un réchauffeur d'air.)

Solution:

Si nous élevons une ligne strictement verticale de 20° C à 25° C (voir «Réchauffement» sur l'indicateur de direction circulaire), nous obtenons le point 2 et lisons ce qui suit:

- humidité relative: $\varphi = 48\%$
- teneur en eau: $x = 10,2$ g par kg d'air sec
- teneur en calorique: $i = 12,25$ kcal par $(1 + x)$ kg d'air

Conclusions:

- L'humidité relative diminue.
- L'humidité absolue demeure invariable puisqu'il n'y a ni apport ni extraction d'eau.
- La teneur en calorique a augmenté de 1,25 kcal (12,25–11) par kg d'air. Cela permet de déterminer l'énergie calorifique nécessaire (autrement dit la quantité de mazout) ainsi que la puissance (exprimée en kcal/h) du réchauffeur d'air.

Exemple III (point 3)

L'air réchauffé de 20 à 25° C de l'exemple II est utilisé pour déshydrater du foin demi-sec. Que nous indique alors le diagramme?

Solution:

L'air de séchage se charge d'humidité lorsque le produit se déhydrate. Etant donné qu'aucune chaleur supplémentaire n'est normalement fournie lors du processus de dessiccation (la teneur en calorique i demeure ainsi constante), la déshydratation a lieu de manière parallèle au comportement de la température de l'air humide (lignes obliques d'environ 45° descendant de la gauche vers la droite). Nous devons admettre que l'air ne peut être saturé que jusqu'à une humidité relative (φ) de 90 %. A ce point 3, nous lisons les indications suivantes:

- humidité relative: $\varphi = 90\%$ (valeur admise)
- teneur en eau: $x = 12,7$ g par kg d'air sec
- teneur en calorique: $i = 12,25$ kcal par $(1 + x)$ kg d'air

Conclusions:

- L'humidité relative augmente.
- L'humidité absolue s'est accrue pour atteindre 12,7 g par kg d'air sec. C'est-à-dire que 2,5 g d'eau (12,7–10,2) sont extraits du produit à sécher avec chaque kilo d'air pulsé.
- Il n'y a ni apport ni évacuation de chaleur.
- Il est parfaitement normal que la température de l'air sortant de la masse à déshydrater (température de l'air sec) soit plus basse que celle de l'air entrant dans cette masse. En l'occurrence, elle tombe de 25 à 19° C.

S'il est possible de procéder à des mesurages avec l'air de sortie, soit en enregistrant par exemple 21° C et 85 %, on obtient les valeurs du point 3', à savoir:

- humidité relative: $\varphi = 85\%$ (mesurée)
- humidité absolue: $x = 13,7$ g par kg d'air sec
- teneur en calorique: $i = 13,35$ kcal par $(1 + x)$ kg d'air

D'après cet exemple, on arrive à extraire davantage d'eau du produit à sécher ($13,7 - 10,2 = 3,5$ g d'eau par kg d'air sec). Par ailleurs, l'air reçoit un apport de chaleur supplémentaire ($13,35 - 12,25 = 1,1$ kcal par $(1 + x)$ kg d'air), laquelle provient presque sûrement de la fermentation du tas de foin.

Les problèmes concernant le séchage du grain peuvent être résolus de manière similaire. Il est également possible de résoudre celui de la climatisation des étables. Dans ce dernier cas, on se servira plus particulièrement de l'indicateur de direction circulaire que contient le diagramme i-x.

Machines et produits approuvés par l'IMA

Rapport d'essais:	Désignation:	Demandeur d'essai:
Ep 1293	Distributeur à balancier «Vicon»	Allamand SA, Morges
Ep 1259	Tracteur «Fendt» Farmer 2	Fédération des syndicats agricoles, Schaffhouse
Ep 1277	Epandeur de lisier «Agrar» à pompe à vide, mod. DF-300	Agrar, Wil SG
Ep 1339	Moissonneuse-batteuse «JF», mod. MS 5	Ernest Messer, Sissach BL
Ep 1345	Moissonneuse-batteuse «Fahr», mod. M 88	Bucher-Guyer, Niederweningen ZH
Ep 1320	Remorque autochargeuse «Agrar» LW	Agrar, Wil SG
Ep 1300	Aérateur de grange «Zima», mod. 7,5	Zimmermann Frères, Mühlethurnen BE
Ep 1299	Aérateur de grange «Zima», mod. 10	Zimmermann Frères, Mühlethurnen BE
Ep 1341	Aérateur de grange «Zima», mod. 15	Zimmermann Frères, Mühlethurnen BE
Ep 1310	Aérateur de grange «Wild», mod. A 3	J. Wild, Untereggen SG
Ep 1352	Aérateur de grange «Woods», mod. 30 I SB	A. Widmer SA, Zurich
Ep 1302	Piquet KUBE pour clôtures électriques	Lanker & Cie., Speicher AR
Ep 1255	Salle de traite «Surge-Mélotte»	Mélotte SA, Schoenenwerd
Ep 1245	Machine à traire «National»	W. Zingg, Sitterdorf TG
Ep 1309	Détergent et désinfectant «Galoran» PB A	Venerba SA, Muttenz BL
Ep 1288	Détergent et désinfectant «Milkasept»	Savonnerie SA, Hochdorf
Ep 1286	Détergent et désinfectant «Ultima» 60 D	Savonnerie SA, Hochdorf

Pour commander un ou plusieurs de ces rapports d'essais, le plus simple est de verser 50 cts par rapport et 10 cts pour les frais d'expédition au compte postal 50 - 4768 de l'Institut suisse du machinisme agricole, à 5200 Brougg, en indiquant au verso du talon droit le(s) numéro(s) du (des) rapport(s) désiré(s).