

## Vergleichsprüfung von Ventilatoren für Heustock-Untenbelüftungs-Anlagen

J. Fankhauser

### 1. Einleitung

Nachdem wir im Frühjahr 1975 in der FAT-Mitteilung Nr. 5/75 bzw. in den Blättern für Landtechnik Nr. 89 die Prüfdaten von 40 Ventilatoren mit zirka 7,5 kW Nennleistung veröffentlichten, folgen nun die Prüfergebnisse von 55 Lüftern im Nennleistungsbereich von 9 bis 22 kW.

Im Sommer 1976 wird eine dritte Messerie von Lüftern mit Nennleistungen unter 7,5 kW publiziert.

In der eingangs erwähnten Mitteilung beschrieben wir in der Einleitung die Prüfanlage und die Prüfregeln. Die vorliegende Publikation enthält Hinweise, wie die Daten für die Planung von Anlagen und den Vergleich von Lüftern verwendet werden sollen. Es werden jedoch keine Angaben über die für Heubelüftungsanlagen optimalen Fördermengen und die dabei zu erwartenden Gegendrücke vermittelt. Diese Probleme werden zurzeit abgeklärt.

### 2. Kennlinien eines Ventilators

Das Betriebsverhalten eines Ventilators ist aus seinen Kennlinien ersichtlich.

Wenn ein Ventilator gedrosselt wird, das heisst, wenn er die Luft gegen einen zunehmend höheren Druck fördern muss, nimmt seine Fördermenge ab. Dieses Verhalten von Druck und Fördermenge wird in der Druck-Volumenkurve (Druck-Kennlinie) dargestellt. Weitere, wichtige Kennlinien sind die Kurven der Leistungsaufnahme und, vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, die Wirkungsgradkurve (Abb. 1). Diese drei Ventilator Kennlinien werden bei der Prüfung der Lüfter ermittelt. In der Typentabelle sind aus diesen Kurven die Werte für Drücke von 20 mm WS bis 70 mm WS aufgeführt.

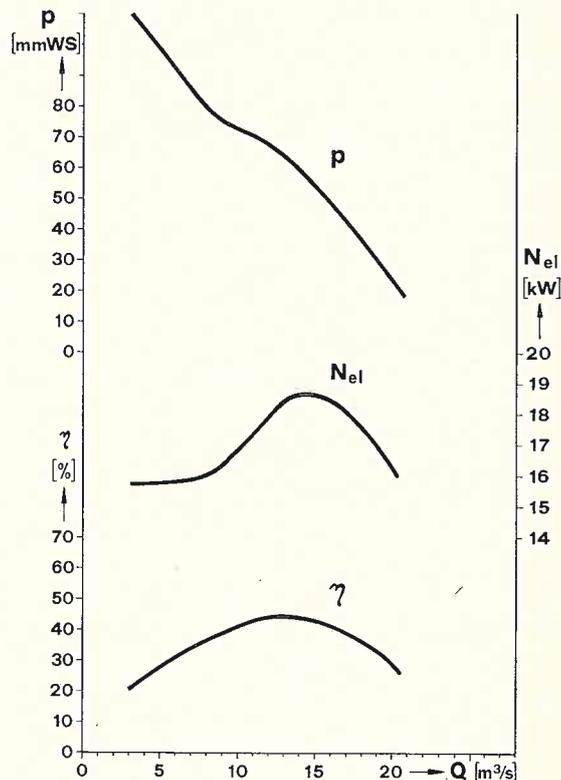


Abb. 1: Ventilator kennlinien

p Druck  
N<sub>el</sub> aufgenommene elektrische Leistung  
η Wirkungsgrad  
Q Luftfördermenge

Wer für die Planung einer Anlage weitere Daten eines Lüfters benötigt, kann bei der FAT die für jeden Typ angefertigten Einzeltestblätter beziehen, auf denen auch die vollständigen Messkurven abgedruckt sind.

TYPENTABELLE VENTILATOREN FÜR HEUSTOCK-UNTENBELÜFTUNGSANLAGEN 1975

Nr.	Anmelder	Fabrikat	Testblatt-Nr.	System	Elektromotor Nennleistung	Laufrad			Ausblasöffnung			Luftfördermenge bei einem Anlagedruck von					
						Durchmesser	Anzahl Flügel	Nenn-drehzahl	Durchmesser	Höhe	Breite	20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS	70 mmWS
						mm	Anzahl	U/min	mm	mm	mm	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	Aebi & Co. AG	GEC-Woods 38 J 1/2	181	A	9	954	5	1450	960			13,4	11,4	9,4			
2	3400 Burgdorf	GEC-Woods 38 J	182	A	9	954	10	1450	960			11,0	10,0	9,0	7,7	6,1	4,8
3		GEC-Woods 38 J 1/2	183	A	13	954	5	1445	960			16,0	13,8	11,9			
4		GEC-Woods 38 J	184	A	13	954	10	1445	960			14,3	13,1	12,1	10,9	8,5	
5		GEC-Woods 48 J	185	A	13,5	1210	10	975	1220			19,3	17,5	14,8			
6		GEC-Woods 48 J 1/2	186	A	17	1210	6	1450	1220			20,5	19,0	17,3	15,6	13,7	11,0
7		GEC-Woods 60 J 1/2	187	A	17,2	1540	6	975	1550			30,8	28,0	24,2	20,1		
8		Silair DHL 800	188	RD	11	800	2x6	1120		630	1000	11,8	11,4	11,0	10,1	9,7	9,1
9		Silair DHL 900	189	RD	11	900	2x6	920		710	1120	14,4	13,9	13,3	12,4	11,6	10,9
10		Silair DHL 900	190	RD	15	900	2x6	1010		710	1120	15,8	15,2	14,7	13,9	13,1	12,5
11		Silair DHL 1000	191	RD	15	1000	2x6	850		780	1250	18,6	18,0	17,2	16,2	15,2	14,3
12	K. Barth	Ventomat Radial	192	RD	10	780	2x10	1040		645	960	12,7	12,2	11,6	11,0	10,3	9,2
13	8422 Dättlikon	Ventomat Radial	193	RD	11	780	2x10	1070		645	960	13,0	12,6	12,0	11,4	10,8	9,9
14		Ventomat Radial II	194	RD	10	780	2x10	920		645	960	13,4	12,6	11,6	10,5	9,4	8,0
15		Ventomat Radial II	195	RD	11	780	2x10	980		645	960	14,2	13,5	12,7	11,7	10,8	9,7
16		Ventomat R-S	196	RD	11	780	2x10	965		645	960	14,2	13,6	12,8	11,9	11,0	9,9
17		Ventomat Radial G	197	RD	11	985	2x10	765		840	970	17,2	16,4	15,5	14,1	12,8	11,3
18		Ventomat Radial G	198	RD	15	985	2x10	845		840	970	19,0	18,5	17,8	16,8	15,6	14,4
19		Ventomat Radial G-D	199	R2E	2x7,5	985	2x10	730				22,5	21,1	19,2	17,5	15,4	13,2
					1x7,5		10					10,9	10,0	9,2	8,3	7,2	6,2
20		Ventomat Radial G-D	200	R2E	2x11	985	2x10	860				27,1	26,0	24,8	23,2	21,6	20,2
					1x11		10					13,5	12,7	12,0	11,3	10,6	9,9
21	P. Berger 3086 Zimmerwald	Solyvent	201	A	9	990	6	1440	1000			13,5	12,3	9,8	7,4	5,1	4,3
22	Clerici + Co.	Gbs TVL 10,2	202	A	11	970	10	1445	980			15,5	14,8	13,9	12,8	11,5	9,6
23	9302 Kronbühl	Gbs RG/2	203	RD	11	850	2x6	1460		705	960	13,2	12,8	12,3	11,7	11,0	10,3
24	K. Frischkopf	Frischkopf RV 66 D	204	RD	9,6	820	2x8	890		750	1110	14,2	13,2	12,0	10,1	8,1	8,2
25	6027 Römerswil	Frischkopf RV 66 D	205	RD	11	820	2x8	910		750	1110	14,7	13,8	12,7	11,0	9,1	9,3
26	R. Grimm	Grimm RV-150	206	RD	11	780	2x10	1090		630	950	13,2	12,7	12,2	11,5	10,8	10,1
27	8340 Hinwil	Grimm RV-150 G	207	RD	11	780	2x10	960		640	1200	14,1	13,3	12,4	11,4	10,4	9,3
28	Hug 3357 Bützberg	Hug	208	RD	11	780	2x10	1050		630	945	12,5	11,9	11,3	10,6	9,9	9,1
29	Huspo 8340 Wallisellen	Akron PF 110	209	A	11	1090	10	1445	1100			15,8	15,0	14,1	13,0	11,9	10,3
30	Kuster AG 4132 Muttenz	Nordisk AVA-1000 P5	210	A	18,5	1000	15	1460	1260			19,5	18,9	18,2	17,4	16,6	15,8
31	Landtechnik AG 3457 Wasen i.E.	Optimal	211	RD	11	780	2x10	960		640	1245	12,0	11,3	10,4	9,6	8,7	7,9

Leistungsaufnahme bei einem Anlagedruck von						Wirkungsgrad bei einem Anlagedruck von						Lautstärke gemessen in 7 m Abstand		Preis Herbst 1975	Bemerkungen
20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS	70 mmWS	20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS	70 mmWS	vorn	seitlich	Fr.	
kW 18	kW 19	kW 20	kW 21	kW 22	kW 23	% 24	% 25	% 26	% 27	% 28	% 29	dB(A) 30	dB(A) 31	Fr. 32	
8,6	9,4	9,5				30	36	39				81	81	4276.--	Pumpgrenze bei 46 mmWS
7,0	8,1	8,8	9,1	8,8	8,8	30	36	41	41	40	37	84	86	4376.--	
13,4	14,1	13,8				24	29	34				80	82	4731.--	Pumpgrenze bei 46 mmWS
10,5	11,7	12,6	13,2	12,7		28	33	37	41	40		83	84	4831.--	Pumpgrenze bei 46 mmWS
12,8	14,0	14,9				30	37	40				84	78	5955.--	Pumpgrenze bei 48 mmWS
15,6	17,0	17,8	18,5	18,6	17,3	25	33	38	42	44	43	85	85	6665.--	Pumpgrenze bei 58 mmWS
16,0	17,3	18,6	19,0			38	47	52	53			82	79	8995.--	
10,8	11,2	11,5	11,6	11,8	12,0	21	31	38	43	48	52	72	75	4680.--	Pumpgrenze bei 58 mmWS
11,9	12,3	12,8	12,9	13,1	13,3	24	33	41	47	52	55	72	75	5300.--	
14,5	15,0	15,5	15,9	16,0	16,4	21	30	38	43	48	52	73	76	5560.--	
15,6	16,4	16,9	17,2	17,4	17,8	24	33	40	46	51	55	73	76	6250.--	
10,1	10,5	11,0	11,2	11,3	11,0	25	33	41	48	54	58	74	76	4480.--	
10,6	11,0	11,5	11,7	11,9	11,7	24	33	41	48	53	58	73	76	4580.--	
10,9	11,0	10,7	10,6	10,4	9,8	24	33	41	49	54	56	73	74	4480.--	
13,2	13,4	13,1	13,0	13,0	12,8	21	30	38	44	49	52	74	75	4580.--	
13,0	13,0	12,6	12,5	12,4	12,2	21	30	39	47	52	57	73	75	4580.--	
12,4	12,8	13,0	13,0	13,0	12,9	27	38	46	53	58	60	69	70	5400.--	
16,2	16,5	17,0	17,2	17,3	17,2	23	33	41	48	53	57	72	74	5600.--	
17,6	18,0	18,0	18,5	17,8	17,2	25	34	42	47	51	54	71	73	7500.--	
9,0	9,0	9,0	9,0	8,8	8,6	24	33	40	46	49	50	69	72		
27,7	27,8	28,0	28,0	28,3	28,5	20	28	35	40	45	49	75	77	7900.--	
14,8	14,8	14,9	15,0	15,1	15,0	17	25	31	37	41	45	74	76		
7,4	8,2	9,2	8,9	8,5	9,0	36	44	42	41	35	33	83	82	3800.--	
10,8	11,7	12,5	13,3	13,9	14,2	28	38	44	48	49	47	79	83	4550.--	
11,4	11,8	12,1	12,3	12,5	12,6	24	32	40	47	52	57	74	76	4650.--	
12,6	12,4	12,1	11,4	10,5	10,8	22	31	38	43	45	52	72	75	4450.--	
13,6	13,5	13,2	12,5	11,8	12,0	22	31	38	43	45	54	73	76	4600.--	
12,2	12,6	12,9	13,2	13,3	13,3	21	29	37	43	48	52	74	78	4800.--	
11,4	11,4	11,4	11,6	11,6	11,4	25	34	42	48	53	56	76	77	4800.--	
9,9	10,3	10,6	10,7	10,7	10,8	25	35	42	49	54	57	74	77	5069.--	
10,1	11,1	11,9	12,5	12,9	13,1	31	40	46	51	54	54	86	85	2335.--	
14,1	15,5	16,8	17,8	18,7	19,4	27	35	42	48	53	56	84	82	5470.--	
9,7	10,0	10,3	10,4	10,4	10,4	24	33	40	45	49	52	73	74	4950.--	

TYPENTABELLE VENTILATOREN FÜR HEUSTOCK-UNTENBELÜFTUNGSANLAGEN 1975

Nr.	Anmelder	Fabrikat	Testblatt-Nr.	System	Elektromotor Nennleistung kW	Laufrad		Ausblasöffnung			Luftfördermenge bei einem Anlagedruck von							
						Durchmesser	Anzahl Flügel	Durchmesser	Höhe	Breite	20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS	70 mmWS		
						mm	Anzahl	mm	mm	mm	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
32	Lanker AG	Lanker SMS 6 SH	212	A	11	896	12	1450	900			14,6	14,1	13,4	12,6	11,6	10,4	
33	9015 St. Gallen	Lanker RV 3	213	RD	11	780	2x10	950			645	960	13,6	12,8	11,9	11,0	9,0	
34	Liggensdorfer AG 8408 Winterthur	LICO AL 13,5	214	RD	10	950	2x10	740			790	1200	15,3	14,0	12,4	10,8	9,1	6,0
35	Müller AG	Neuero T-HLZ 900	215	RD	11	900	2x8	840			700	1130	15,2	14,4	13,4	12,5	11,6	10,6
36	4112 Bättwil	Neuero T-HLZ 900	216	RD	15	900	2x8	950			700	1130	17,7	17,1	16,4	15,6	14,6	13,9
37	M. Strauss	Edel HB 15	217	A	11	890	8	1460	900				11,2	10,8	10,3	9,7	9,1	8,3
38	8545 Rickenbach	Edel RHB II 15	218	RD	11	900	2x10	950			730	1100	14,1	13,5	13,0	12,3	11,5	10,6
39		Edel RHB II 20	219	RD	15	900	2x8	900			800	1250	17,8	16,8	15,7	14,6	13,5	11,9
40	Sumag	Sumag 11456	220	RD	10	780	2x8	1070			800	1000	13,2	12,8	12,2	11,5	10,5	9,8
41	9500 Wil	Sumag 11456	221	RD	11	780	2x8	1100			800	1000	13,7	13,3	12,7	12,1	11,2	10,5
42		Sumag 74055	222	RD	11	980	2x10	740			1000	1250	17,9	17,3	16,0	15,0	13,8	12,1
43		Sumag 74055	223	RD	15	980	2x10	820			1000	1250	19,9	19,4	18,8	17,7	16,8	15,9
44	VLG 3000 Bern	Fima H 60	224	A	11	998	10	960	1000				15,5	14,8	13,9	12,8	11,2	
45	Weber 9500 Wil	Helios 96/7H	225	A	11	950	7	1440	960				14,0	13,1	11,9	9,7		
46	Widmer AG	AWAG-GW 48 G 1/3 4 P	226	A	11	1210	4	1430	1220				19,9	18,2	16,2	13,7		
47	8036 Zürich	AWAG-GW 48 G 1/2 4 P	227	A	18,5	1210	6	1450	1220				24,8	23,5	21,9	20,1	18,2	16,0
48		AWAG-GW 48 G 6 P	228	A	11	1210	12	955	1220				16,9	14,8				
49		AWAG-GW 60 G 1/3 6 P	229	A	11	1540	4	955	1550				28,0	24,3	16,5			
50	Wild	Wild A-3	230	A	11	890	10	1450	900				13,5	12,5	11,3			
51	9033 Untereggen	Wild A-7 S	231	RD	9,2	880	2x10	960			1040	1200	13,8	13,1	12,3	11,4	10,3	9,2
52		Wild A-7 S	232	RD	11	880	2x10	960			1040	1200	16,0	15,2	14,3	13,2	12,1	11,0
53	Zimmermann Gebr. 3127 Mühlethurnen	Zima Radial	233	RD	11	850	2x10	720			700	1500	15,7	13,2	11,5	9,5	7,2	4,0
54	Zumstein	Zumstein ZR 12,5	234	RD	9,2	780	2x6	960			610	1250	12,2	11,4	10,5	9,7	8,7	7,5
55	4528 Zuchwil	Zumstein ZR 15	235	RD	11	880	2x6	960			720	1100	14,0	13,1	12,1	11,1	9,9	8,5

Leistungsaufnahme bei einem Anlagedruck von						Wirkungsgrad bei einem Anlagedruck von						Lautstärke gemessen in 7 m Abstand		Preis Herbst 1975	Bemerkungen
20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS	70 mmWS	20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS	70 mmWS	vorn	seitlich	Fr.	33
kW	kW	kW	kW	kW	kW	%	%	%	%	%	%	dB(A)	dB(A)	Fr.	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
12,0	12,4	12,9	13,3	13,7	13,7	26	33	41	47	50	53	77	76	5200.--	
12,1	12,3	12,0	12,0	12,0	11,8	22	31	39	44	50	53	70	74	4450.--	
9,2	9,6	9,6	9,7	9,3	7,7	33	42	51	55	57	53	68	71	5200.--	
11,7	12,0	12,0	11,9	11,9	11,8	25	35	44	52	57	61	71	75	5900.--	
17,5	18,0	18,3	18,5	18,6	18,5	20	28	35	41	47	51	76	78	6260.--	
7,8	8,3	8,9	9,5	10,0	10,4	30	38	45	50	54	55	76	82	4626.--	
12,2	12,6	12,8	13,0	13,2	13,3	24	33	39	46	51	55	73	76	5642.--	
17,0	17,2	17,4	17,6	17,8	17,5	21	29	35	40	45	47	72	75	6361.--	
11,1	11,5	11,8	12,1	11,7	11,7	25	33	40	47	53	57	75	78	4300.--	
12,1	12,5	12,9	13,3	12,9	12,9	23	31	38	45	49	55	76	79	4600.--	
13,1	13,7	14,0	14,2	14,1	13,7	27	37	46	53	58	61	72	74	5300.--	
17,5	18,0	18,5	18,9	19,0	19,1	22	31	40	46	53	57	75	77	5900.--	
11,4	11,7	11,8	11,9	11,7		28	38	46	53	57		74	74	5690.--	Pumpgrenze bei 64 mmWS
9,4	10,1	10,7	10,8			29	38	43	44			80	84	4180.--	Pumpgrenze bei 51 mmWS
13,0	13,9	14,5	14,8			30	38	44	45			86	84	4850.--	Pumpgrenze bei 59 mmWS
20,0	21,1	22,3	23,4	24,2	24,7	24	32	38	43	44	44	88	85	6700.--	
13,0	13,9					25	31					84	82	5110.--	Pumpgrenze bei 38 mmWS
14,7	15,5	14,7				38	46	44				89	86	6940.--	Pumpgrenze bei 42 mmWS
10,1	10,9	11,6				26	34	38				80	80	3500.--	
8,7	9,2	9,8	10,4	10,9	11,2	32	42	49	53	56	56	71	74	4400.--	
11,1	11,6	12,1	12,5	12,8	13,0	28	39	46	52	56	58	73	75	5000.--	
11,5	10,8	10,4	9,6	8,3	6,3	27	36	43	49	51	43	68	72	4550.--	
10,2	10,5	10,5	10,6	10,4	10,1	24	32	39	45	49	52	70	73	4350.--	
11,1	11,3	11,6	11,7	11,5	11,2	26	35	41	46	50	52	72	74	4960.--	

### Erläuterungen zur Typentabelle

Spalte 3: Nummer der FAT-Einzeltestblätter

Spalte 4:

A = Axial

RD = Radial doppelflutig

R2E = Radial, aus zwei einflutigen Lüftern bestehend (2 Laufräder, 2 Motoren)

doppelflutig: Lüfter mit zwei Ausgangsöffnungen

einflutig: Lüfter mit einer Ausgangsöffnung

Spalte 5: Leistungsangabe auf dem Motor-Typenschild

Spalten 12 bis 29: Werte umgerechnet für ein einheitliches spezifisches Gewicht der Luft von 1,2 kp/m<sup>3</sup>

Spalten 18 bis 23: aufgenommene elektr. Leistung

Spalten 24 bis 29: Gesamtwirkungsgrad von Lüfter und Motor

Spalte 31: seitlich = grösserer der beiden unter einem Winkel von 45 Grad zur Kanalachse gemessenen Werte

Spalte 32: einbaufertiger Lüfter, das heisst Lüfter mit Schutzgitter und Anströmdüse, aber ohne Anschlusskabel und Motorschalter.

### 3. Kennlinien einer Belüftungsanlage

Der Druck, der sich in einer Heubelüftungsanlage einstellt, hängt nicht nur von den Stockabmessungen, der Art des Futters, der Gestaltung der Luftführung und der Uebertrittsfläche zum Heustock ab. Auch die Fördermenge beeinflusst den Druck massgebend. Je mehr Luft pro Zeiteinheit durch einen bestimmten Heustock gefördert werden muss, desto höher wird der Druck unter dem Heulager. Wie beim Lüfter die Druck-Volumenkurve, so kann auch bei der Belüftungsanlage eine Kennlinie dargestellt werden, die sogenannte Anlagekennlinie: Sie zeigt den Gegendruck unter dem Heustock in Abhängigkeit der Fördermenge. Je nach Stockhöhe ergeben sich verschiedene Anlage-Kennlinien (Abb. 2).

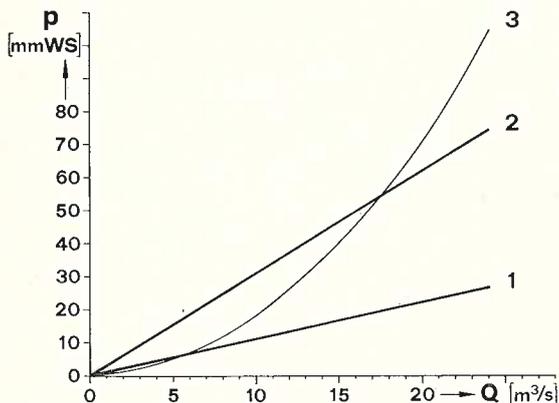


Abb. 2: Anlagekennlinien

- p Druck
- Q Luftfördermenge
- 1 linear verlaufende Kennlinie für kleine Stockhöhe
- 2 linear verlaufende Kennlinie für grosse Stockhöhe
- 3 quadratisch verlaufende Kennlinie

Wenn der Gegendruck durch Kanäle, Rohre oder Gitter erzeugt wird, verläuft die Kennlinie quadratisch. Soll zum Beispiel die Luftfördermenge verdoppelt werden, ist ein viermal so grosser Druck notwendig. Beim Heustock zeigte sich, dass die Kennlinien nahezu linear verlaufen. Soll also eine doppelte Luftmenge durch den Heustock gefördert werden, ist auch mit einem doppelt so grossen Gegendruck unter dem Heustock zu rechnen.

Im folgenden werden die Heustockkennlinien als Geraden angenommen, die durch den Nullpunkt gehen.

### 4. Der Betriebspunkt einer Anlage

Sowohl bei einem Ventilator wie bei einer Belüftungsanlage besteht eine Abhängigkeit zwischen Fördermenge und Druck, die aus den Kennlinien ersichtlich ist.

Arbeitet ein Ventilator in einer Belüftungsanlage, so entspricht seine Fördermenge der Luftmenge, die durch die Anlage strömt. Der Gegendruck, der dabei unter dem Heustock entsteht, muss vom Ventilator aufgebracht werden. Zwischen Ventilator und Anlage

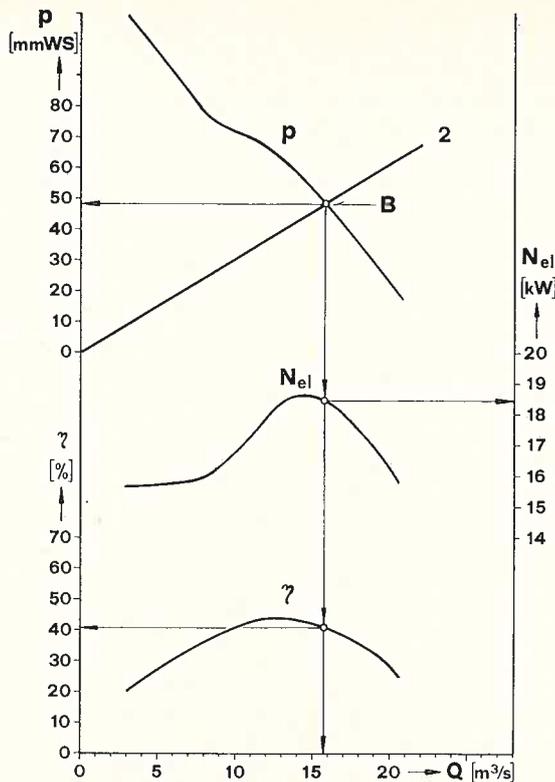


Abb. 3: Ermittlung eines Betriebspunktes  
 p Druck-Volumenkurve (Druck-Kennlinie) des Ventilators  
 Nel Leistungsaufnahme-Kennlinie  
 $\eta$  Wirkungsgrad-Kennlinie des Ventilators  
 2 Anlagekennlinie  
 B Betriebspunkt

stellt sich eine Art Gleichgewicht ein. Um diesen sogenannten Betriebspunkt, bei dem der Ventilator in der betreffenden Anlage arbeitet, zu bestimmen, zeichnen wir die Druck-Volumenkurve des Lüfters und die Anlagekennlinie im gleichen Diagramm ein (Abb. 3).

Der Schnittpunkt B der beiden Kurven p und 2 entspricht dem Betriebspunkt, dessen Druck und Fördermenge aus dem Diagramm abgelesen werden können. Aus den weiteren Ventilator Kennlinien lassen sich bei der betreffenden Fördermenge Stromverbrauch und Wirkungsgrad bestimmen.

### 5. Wahl eines Ventilators

Um abzuklären, ob sich ein Ventilator für eine bestimmte Anlage eignet, wird in erster Linie der erwartete oberste Betriebspunkt, das heisst der Betriebspunkt bei der grössten Stockhöhe, untersucht. Dazu muss der etwa zu erwartende Gegendruck bei der gewünschten Fördermenge bekannt sein. Die Grundlagen zur Bestimmung dieser Daten werden zur Zeit erarbeitet. Die Annahmen in den folgenden Beispielen wurden frei getroffen und dürfen nicht für die Praxis verallgemeinert werden (Abb. 4).

Für den gewählten Betriebspunkt B muss ein Lüfter gesucht werden, dessen Kennlinie möglichst durch diesen Punkt, oder mindestens in dessen Nähe ver-

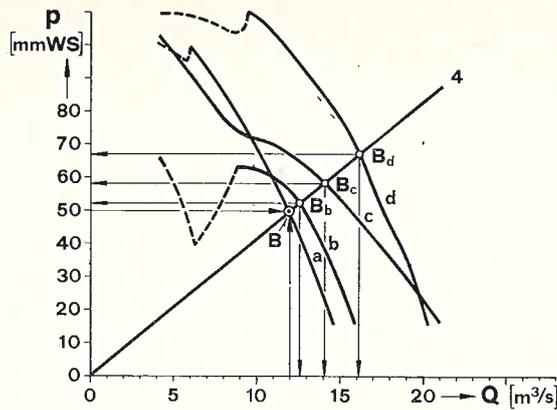


Abb. 4: Wahl eines Ventilators aufgrund von Anlage- und Ventilator Kennlinie  
 a, b, c, d verschiedene Ventilator Kennlinien  
 4 Anlage Kennlinie  
 B angestrebter Betriebspunkt  
 Bb, Bc, Bd effektive Betriebspunkte für die betreffenden Ventilatoren

läuft (Kennlinien a und b). Bei Lüftern, die wesentlich mehr fördern (Kennlinie d), ist auch mit einem entsprechend höheren Gegendruck und einer größeren Leistungsaufnahme zu rechnen, was sich in einer höheren Stromrechnung bemerkbar machen kann.

In der Regel wird die Eignung eines Lüfters zusätzlich bei einem zweiten Betriebspunkt, zum Beispiel für die Stockhöhe am Ende der Heuernte, untersucht.

Besonders bei Lüftern mit einer relativ tief liegenden, sogenannten «Pumpgrenze» (Abreisspunkt) und einem ausgeprägten labilen Bereich muss die Eignung des betreffenden Lüfters aufgrund der Kennlinien (Anlage Kennlinie und Lüfter Kennlinie) beurteilt werden (Abb. 5).

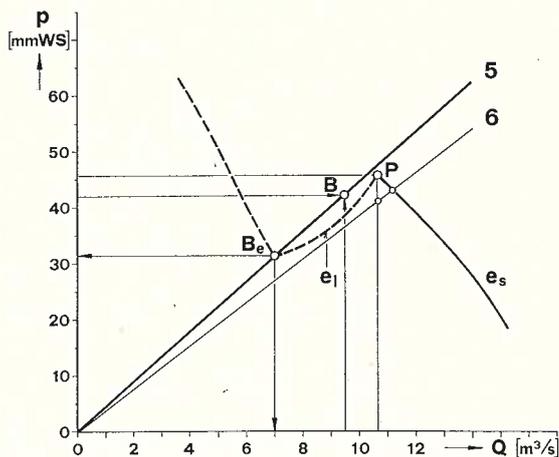


Abb. 5: Beurteilung eines Lüfters mit labilem Betriebsbereich  
 es Ventilator Kennlinie, stabiler Bereich  
 e1 Ventilator Kennlinie, labiler Bereich  
 5, 6 Anlage Kennlinien  
 B angestrebter Betriebspunkt für Anlage Kennlinie 5  
 Be effektiver Betriebspunkt für Anlage Kennlinie 6  
 P Pumpgrenze (Abreisspunkt)

Erwarten wir zum Beispiel für eine bestimmte Belüftungsanlage einen Betriebspunkt B mit einer Fördermenge von  $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einem Gegendruck von  $42 \text{ mm WS}$ , scheint der Lüfter mit der Pumpgrenze bei einem Druck von  $46 \text{ mm WS}$  und einer Fördermenge von  $10,3 \text{ m}^3/\text{s}$  geeignet zu sein. Zeichnen wir jedoch die Kennlinien des Lüfters und des Stockes auf, zeigt sich, dass der Lüfter nicht die gewünschte Luftmenge liefert. Da die Anlage Kennlinie 5 über der Pumpgrenze P verläuft, wird sich eine Fördermenge von  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einem Gegendruck von  $31 \text{ mm WS}$  einstellen (Schnittpunkt  $B_e$  der beiden Kennlinien).

Der Lüfter ist also für den angestrebten Betriebspunkt ungeeignet, was jedoch nicht heisst, dass er für niedrigere Stöcke nicht Vorteile haben kann.

Bei Ventilatoren mit labilem Betriebsbereich muss sowohl die Pumpgrenze als auch der ganze labile Bereich über der Anlage Kennlinie liegen. In unserem Beispiel ist diese Forderung bei der Anlage Kennlinie 6 erfüllt.

Der Wirkungsgrad ist ein Mass für die Wirtschaftlichkeit eines Lüfters im betreffenden Druckbereich. Arbeiten zwei verschiedene Lüfter im gleichen Betriebspunkt, nimmt derjenige mit dem grösseren Wirkungsgrad weniger Strom auf, ist also wirtschaftlicher. Fallen die Betriebspunkte zweier Lüfter nicht zusammen, müssen für einen genauen Vergleich der Wirtschaftlichkeit die Ventilator- und Anlage Kennlinien aufgezeichnet werden.

Bei geringer Stockhöhe, am Anfang der Heuernte, arbeitet der Lüfter im tiefsten Betriebspunkt. Nachdem das letzte Futter eingebracht ist, arbeitet er im obersten Betriebspunkt. Dazwischen ändern die Betriebsbedingungen ständig mit dem Anwachsen des Heustockes.

Für wirtschaftliche Betrachtungen vergleichen wir deshalb die Lüfter bei halber Stockhöhe. Das entspricht etwa den Verhältnissen am Ende der Heuernte. Auch in diesem Fall muss aber überprüft werden, ob die Fördermenge des Lüfters auch bei der grössten Stockhöhe, das heisst im obersten Betriebspunkt, noch genügt.

Im folgenden Beispiel wird angenommen, bei der mittleren Stockhöhe werde eine Fördermenge von  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  gewünscht und der Gegendruck werde dabei  $40 \text{ mm WS}$  betragen. Für den angestrebten Betriebspunkt werden aus der Tabelle zwei Ventilatoren C und F mit stark unterschiedlicher Kennlinie (c bzw. f) gewählt (Tab. 1).

Für den Vergleich der Wirtschaftlichkeit zeichnen wir die Kennlinien der beiden Lüfter und der Anlage auf (Abb. 6).

Auf der Anlage Kennlinie 8 für die mittlere Stockhöhe liegen die Betriebspunkte nahe beieinander.

Zu Beginn der Heuernte (Kennlinie 7) und bei grösster Stockhöhe (Kennlinie 9) weichen die Fördermengen und Drücke stark von den angestrebten Betriebspunkten  $B_7$  und  $B_9$  ab.

In Tabelle 2 sind Fördermenge, Leistungsaufnahme und Wirkungsgrad für die effektiven Betriebspunkte

**Tabelle 1: Auszug aus der Typentabelle**

	Luftfördermenge bei einem Anlagedruck von					Leistungsaufnahme bei einem Anlagedruck von					Wirkungsgrad bei einem Anlagedruck von				
	20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS	20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS	20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	kW	kW	kW	kW	kW	%	%	%	%	%
Ventilator C	20,5	19,0	17,3	15,6	13,7	15,6	17,0	17,8	18,5	18,6	25	33	38	42	44
Ventilator F	19,0	18,5	17,8	16,8	15,6	16,2	16,5	17,0	17,2	17,3	23	33	41	48	53

**Tabelle 2: Zusammenstellung der in Abb. 6 ermittelten, effektiven Werte für Fördermenge, Leistungsaufnahme und Wirkungsgrad.**

	effektive Fördermenge beim angestrebten Betriebspunkt von 17 m <sup>3</sup> /s und					effektive Leistungsaufnahme beim angestrebten Betriebspunkt von 17 m <sup>3</sup> /s und					effektiver Wirkungsgrad beim angestrebten Betriebspunkt von 17 m <sup>3</sup> /s und				
	20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS	20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS	20 mmWS	30 mmWS	40 mmWS	50 mmWS	60 mmWS
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	kW	kW	kW	kW	kW	%	%	%	%	%
Ventilator C	20,0	18,5	17,2	16,0	15,1	16,2	17,2	17,8	18,3	18,6	29	35	38	41	42
Ventilator F	18,9	18,3	17,6	16,8	16,0	16,2	16,7	17,0	17,2	17,3	26	36	43	47	51

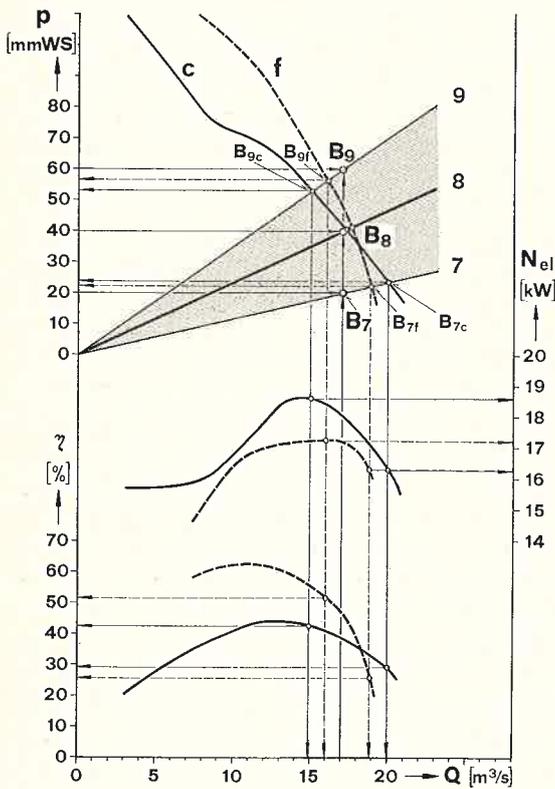


Abb. 6: Vergleich zweier Lüfter mit verschiedenen Kennlinien

- c, f Ventilator Kennlinien der Lüfter C und F
- 7 Anlagekennlinie für kleinste Stockhöhe
- 8 Anlagekennlinie für mittlere Stockhöhe
- 9 Anlagekennlinie für grösste Stockhöhe
- B7, B8, B9 entsprechende angestrebte Betriebspunkte
- B7c, B8c, B9c effektive Betriebspunkte für den Ventilator C
- B7f, B8f, B9f effektive Betriebspunkte für den Ventilator F

der beiden Ventilatoren aufgeführt. Zusätzlich zu den in der Abbildung 6 eingezeichneten Betriebspunkten sind in der Tabelle noch die Werte für zwei weitere angestrebte Betriebspunkte (17 m<sup>3</sup>/s bei 30 mm WS bzw. 17 m<sup>3</sup>/s bei 50 mm WS) eingetragen (Tab. 2).

Für grössere Stockhöhen sind die Wirkungsgradwerte für den Ventilator F besser. Bei der kleinsten Stockhöhe weist der Ventilator C einen etwas günstigeren Wert auf. Ueber den ganzen Bereich betrachtet, arbeitet der Ventilator F für das gewählte Beispiel wirtschaftlicher.

## 6. Schluss

In der Typentabelle sind einzelne Werte der Ventilator Kennlinien zwischen 20 und 70 mm WS aufgeführt. Ein ungefährer Vergleich der Lüfter und eine rasche Abklärung, ob ein Lüfter für eine bestimmte Anlage in Frage kommt, ist direkt aus der Tabelle möglich. Die sichere, genauere Abklärung der Eignung eines Lüfters und vor allem auch das Abwägen von Vor- und Nachteilen verschiedener Lüfter-Typen, Fabrikate oder Systeme ist nur durch Vergleichen der Ventilator Kennlinien zusammen mit den Anlagekennlinien möglich.

Neben den beschriebenen strömungstechnischen Abklärungen sind natürlich noch weitere Faktoren für die Wahl eines Ventilators massgebend, von denen hier nur noch der Lärm erwähnt werden soll. Vermehrte Anfragen und Klagen zeigen, dass diesem Problem oft zuwenig Beachtung geschenkt wird.

Nachdruck der ungekürzten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.