The image shows the interior of a hay drying box. The structure is built with a wooden frame and metal beams. The roof is supported by a series of wooden trusses and metal beams. Several bright lights are mounted on the ceiling, illuminating the space. The walls are made of wood, and there are some green plants or grasses growing in the foreground. The overall atmosphere is industrial and functional.

Überlegungen bei der Planung einer Boxentrocknung für Heu

Faustzahlen für die Boxengröße:



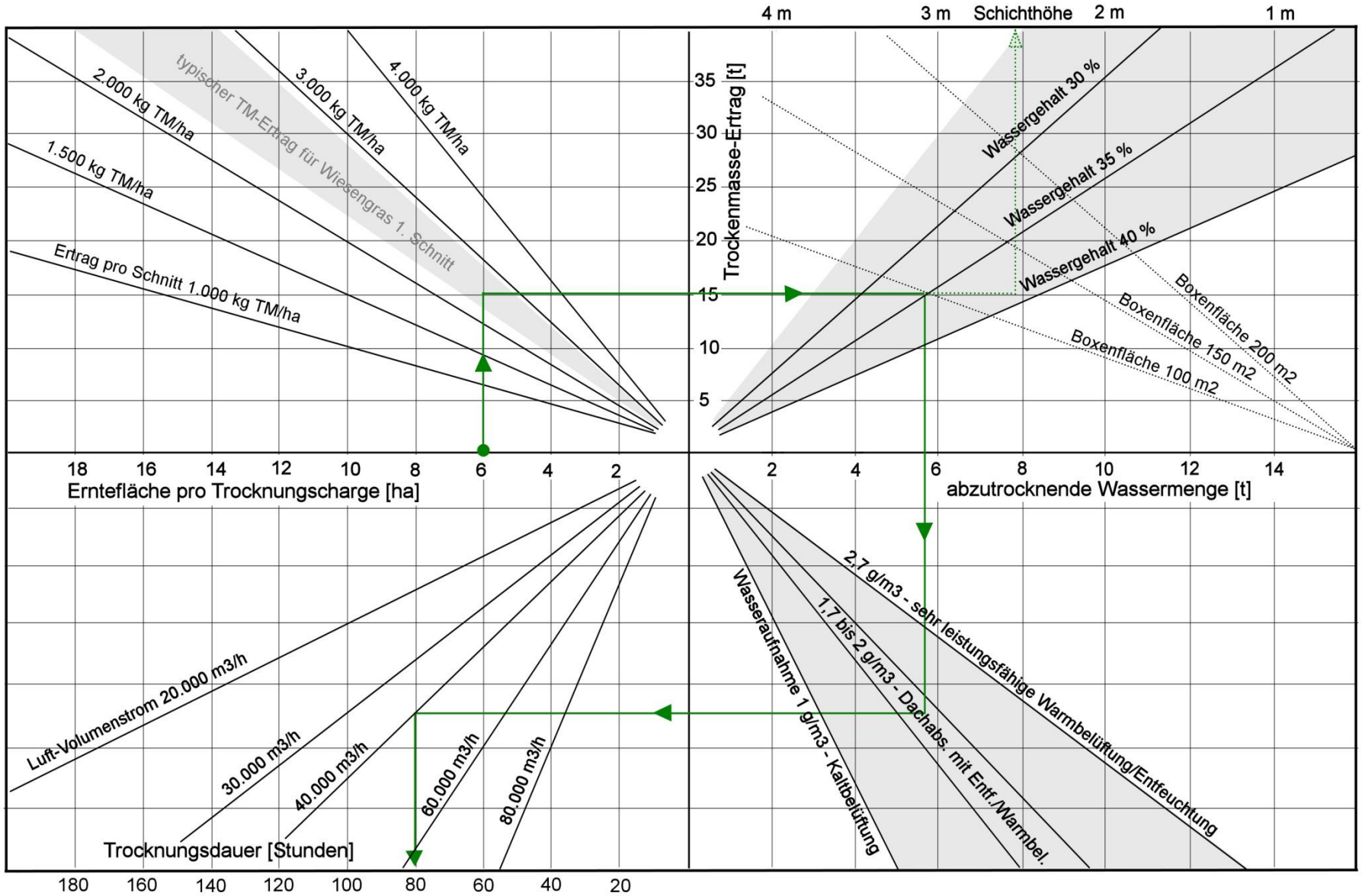
Foto: Jan Meilink

Boxenfläche [m²] = 6 bis 10-fache Mähfläche je Schnitt [ha]
Boxenvolumen ab 30 m³ je ha Mähfläche pro Schnitt

Der gesamte erste Schnitt soll in den Boxen Platz finden!
Heustockhöhe über Rost nicht über 6 m. Boxen über 250 bis 300 m² besser unterteilen!

Minimale Erstbeschickungshöhe 1 bis 1,5 m, daher sehr große Boxen, stark ungleiche Seitenverhältnisse oder Abwinkelungen vermeiden!





Grobplanung mit Nomogramm



**Luft-Volumenstrom 0,07 bis 0,11 (ev. bis 0,13) m³/s
pro m² belüfteter Fläche**

Möglichst einen Frequenzwandler zur
Anpassung an Trocknungszustand
und Betriebsart verwenden!

Gesamtdruck 100 bis 240 Pa/m Stockhöhe

(z.B. bei gräser-/kräuterreichem Trockengut 125 Pa/m,
bei ausgewogenem Trockengut 135 Pa/m,
bei kleereichem Trockengut 160 Pa/m)

+ 75 bis 120 Pa für Dachabsaugung

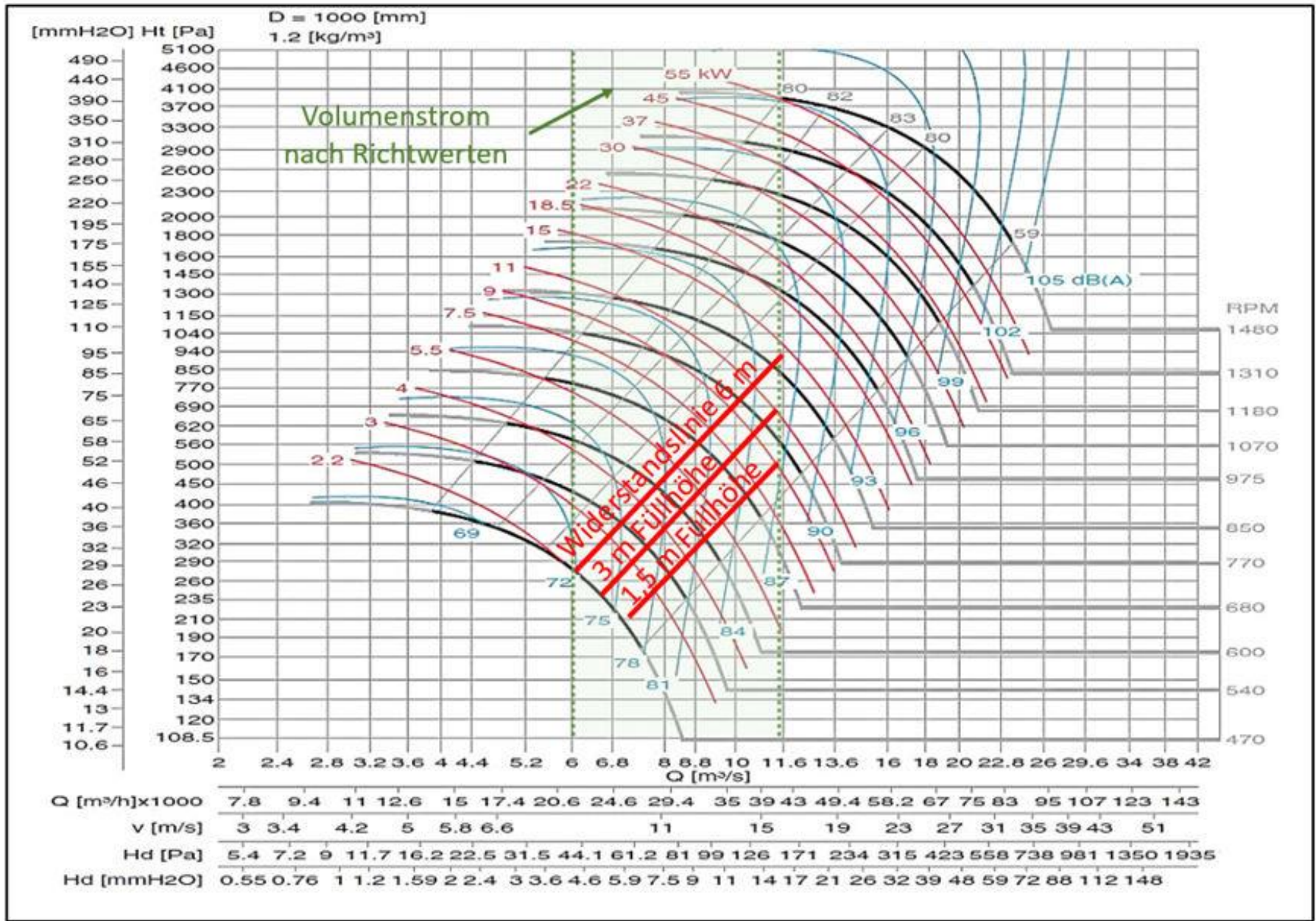
+ 50 bis 110 Pa für Wärmetauscher/Entfeuchter
insgesamt typisch 1.300 bis 1.900 Pa maximaler Druck



Umrechnung: 10 mm Wassersäule = 100 Pa = 1 mbar

Faustzahlen für den Ventilator





Auswahlbeispiel für 100 m² Box

Die Ventilatorauswahl sollte anhand von Kennlinien erfolgen



Hausanschluss-Sicherung	mögliche Leistung
25 A	14,4 kW
32 A	18,4 kW
50 A	28,7 kW
63 A	36,2 kW
80 A	45,9 kW

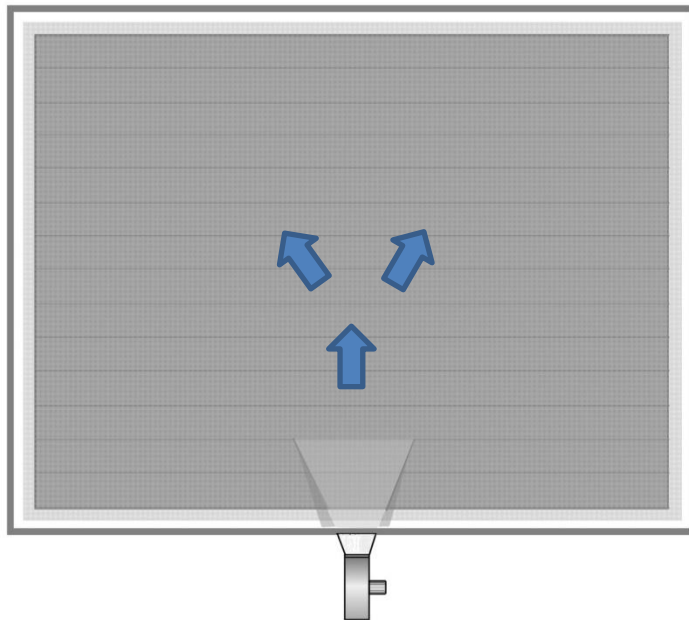
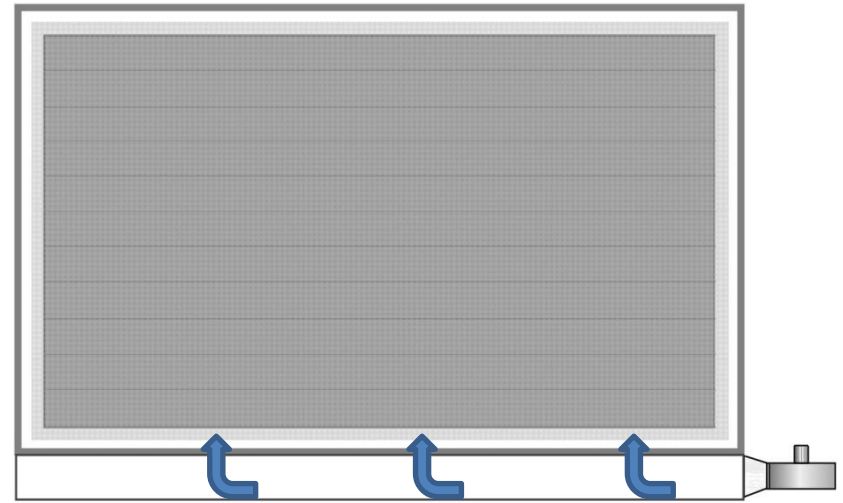
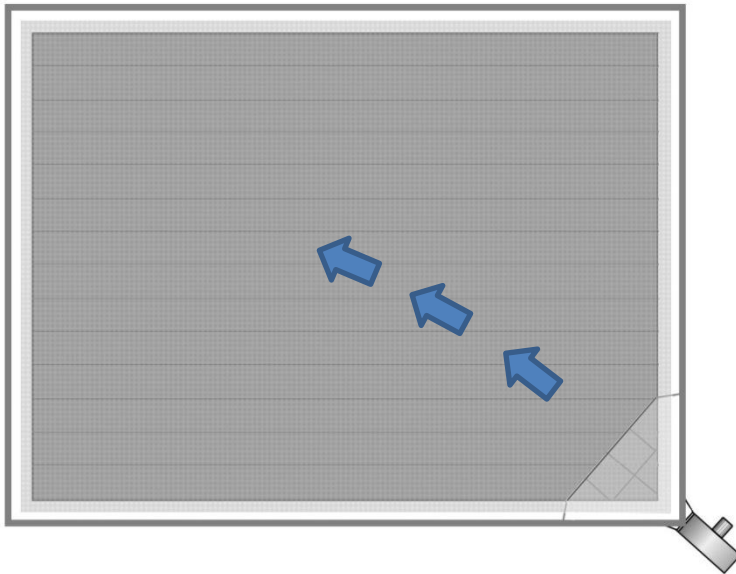
Reicht der vorhandene elektrische Anschlusswert?



Mähfläche (bei 2 bis 3 Chargen je Schnitt) [ha]	empfohlene Boxenfläche [m²]	Ventilator-Volumenstrom		Querschnitt Saugkanal [m²]	Boxenraum 1. Schnitt ab [m³]	typische Ventilator- Leistung [kW]	lichte Rosthöhe [cm]	Abdeck- breite Rost [cm]	Typische Verdichter- leistung Entfeuchter [kW]	Anzahl belüftbarer Rundballen nach Luft- Volumenstrom
		bei halber Stockhöhe [m³/h]	bei voller Stockhöhe [m³/h]							
6 bis 8	40	15.840	10.080	1,10	252	5	41	49	7	8
7 bis 10	50	19.800	12.600	1,38	312	6	43	51	9	10
8 bis 12	60	23.760	15.120	1,65	373	7	44	53	10	12
10 bis 14	70	27.720	17.640	1,93	433	8	46	54	12	14
11 bis 16	80	31.680	20.160	2,20	493	9	47	56	14	16
12 bis 18	90	35.640	22.680	2,48	554	10	49	58	16	17
14 bis 20	100	39.600	25.200	2,75	614	12	50	59	17	19
15 bis 22	110	43.560	27.720	3,03	674	13	52	61	19	21
16 bis 24	120	47.520	30.240	3,30	735	14	53	63	21	23
18 bis 27	130	51.480	32.760	3,58	795	15	55	64	23	25
19 bis 29	140	55.440	35.280	3,85	855	16	56	66	24	27
20 bis 31	150	59.400	37.800	4,13	916	17	58	67	26	29
22 bis 33	160	63.360	40.320	4,40	976	19	59	69	28	31
23 bis 35	170	67.320	42.840	4,68	1.036	20	61	71	30	33
24 bis 37	180	71.280	45.360	4,95	1.097	21	63	72	31	35
26 bis 39	190	75.240	47.880	5,23	1.157	22	64	74	33	37
27 bis 41	200	79.200	50.400	5,50	1.217	23	66	76	35	39
28 bis 43	210	83.160	52.920	5,78	1.278	24	67	77	36	41
30 bis 45	220	87.120	55.440	6,05	1.338	25	69	79	38	43
31 bis 47	230	91.080	57.960	6,33	1.398	27	70	80	40	45
32 bis 49	240	95.040	60.480	6,60	1.459	28	72	82	42	47
34 bis 51	250	99.000	63.000	6,88	1.519	29	73	84	43	48
35 bis 53	260	102.960	65.520	7,15	1.579	30	75	85	45	50
36 bis 55	270	106.920	68.040	7,43	1.640	31	76	87	47	52
38 bis 57	280	110.880	70.560	7,70	1.700	32	78	89	49	54
39 bis 59	290	114.840	73.080	7,98	1.760	34	79	90	50	56
40 bis 61	300	118.800	75.600	8,25	1.821	35	81	92	52	58

Richtwerte zur Kontrolle

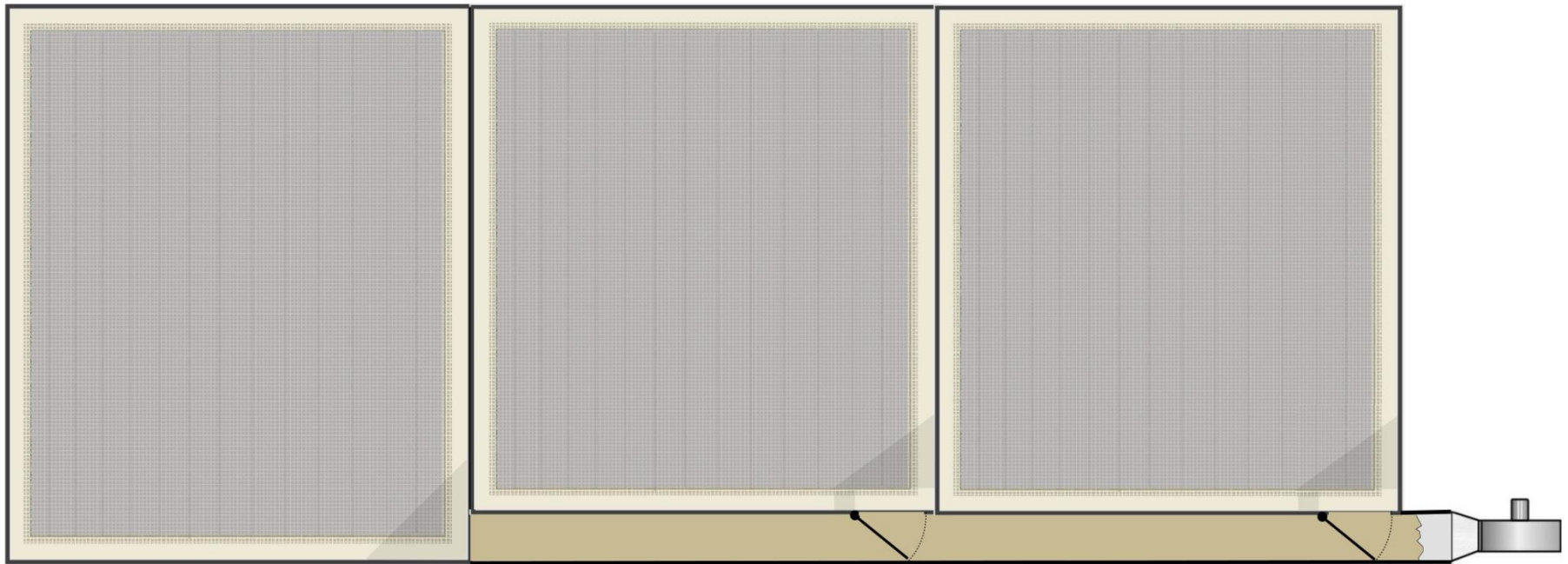




Ein eckseitiger Einblasstutzen ist oft die zweckmäßigste Lösung, von einem Standort können damit auch zwei Boxen über eine Weiche versorgt werden. Bei langen Boxen mit geringer Breite ist ein innen- oder außenliegender (ideal konisch verlaufender) Speisekanal vorteilhaft. Der Ventilatorstandort wird auch durch den Sammelkanal der Dachabsaugung bestimmt.

Rostträger stets quer oder schräg zur Strömungsrichtung anordnen!

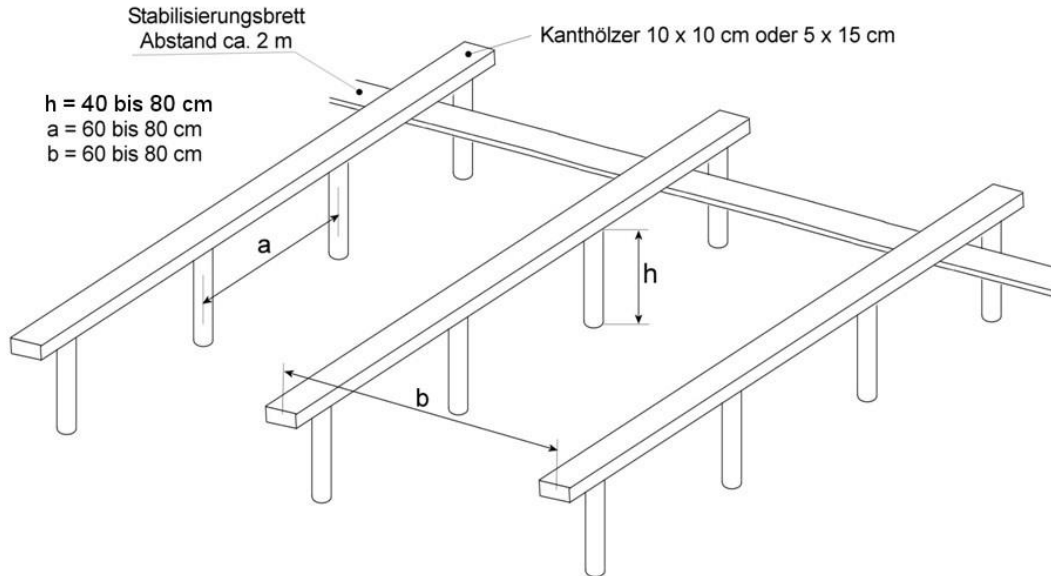
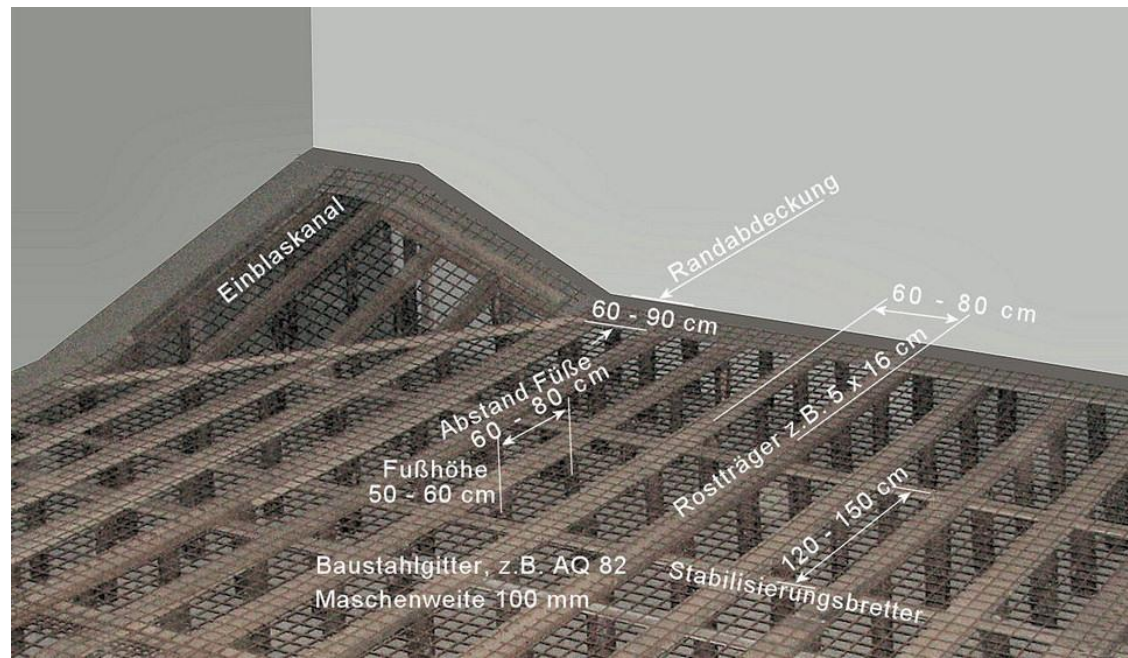




Hintereinanderliegende Boxen können von einem gemeinsamen Speisekanal versorgt werden. Ein außenliegender Speisekanal ist auch besonders bei langen Boxen mit geringer Breite zweckmäßig.



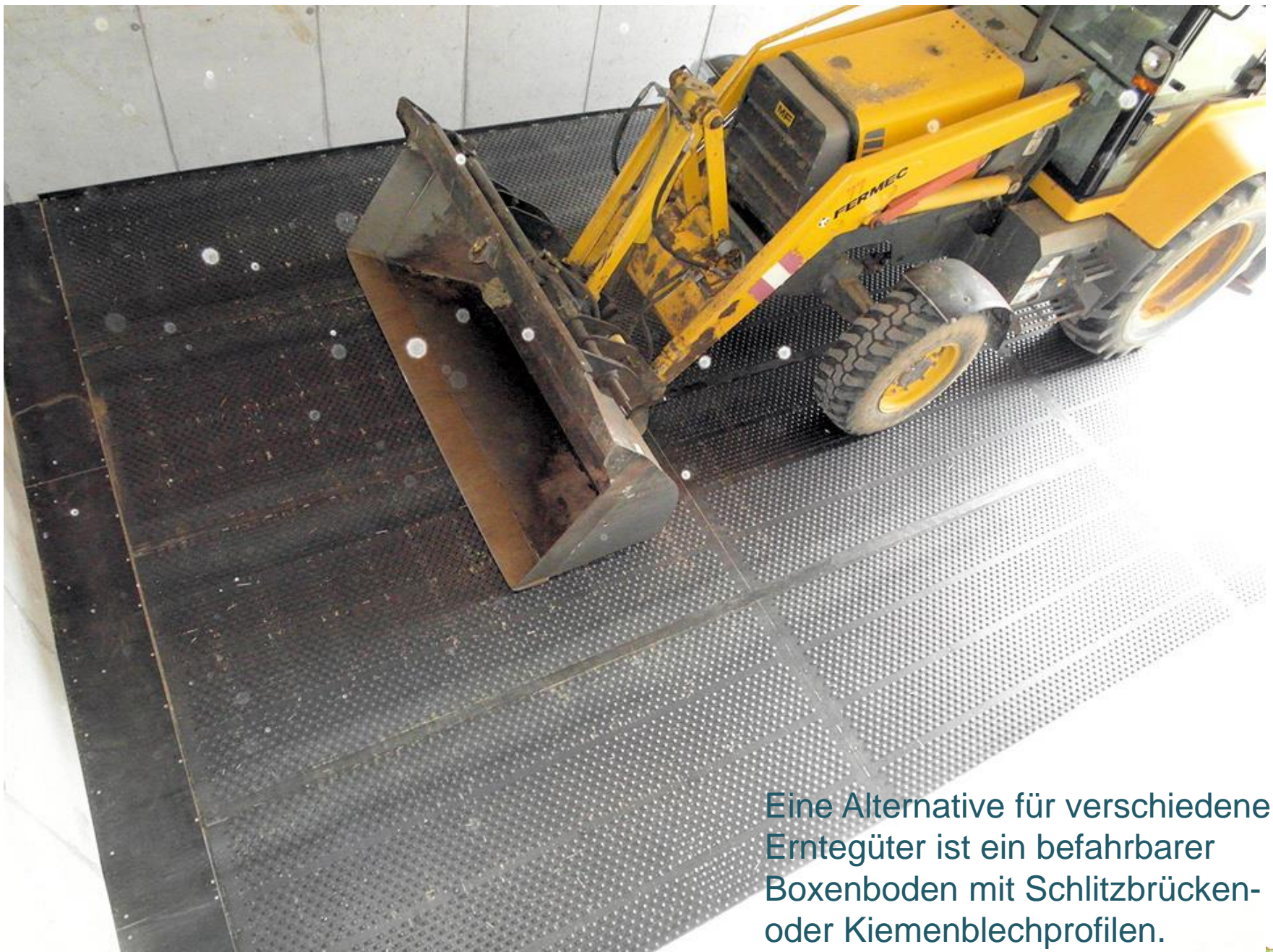
Abdeckung mit Baustahlmatten, 100 mm Maschenweite (z.B. ÖNORM AQ 82). Die Matten werden überlappend lose verlegt. Rostträger quer oder schräg zum Luftstrom anordnen!



Eine lichte Rosthöhe ab ca. 50 cm ist für einen Druckausgleich empfehlenswert. Damit ist auch nur ein kurzer Einblaskanal über 3 bis 4 Rostträger-Abstände erforderlich.

Eine Alternative für verschiedene Erntegüter ist ein Boxenboden mit Schlitzbrücken- oder Kiemenblechprofilen.



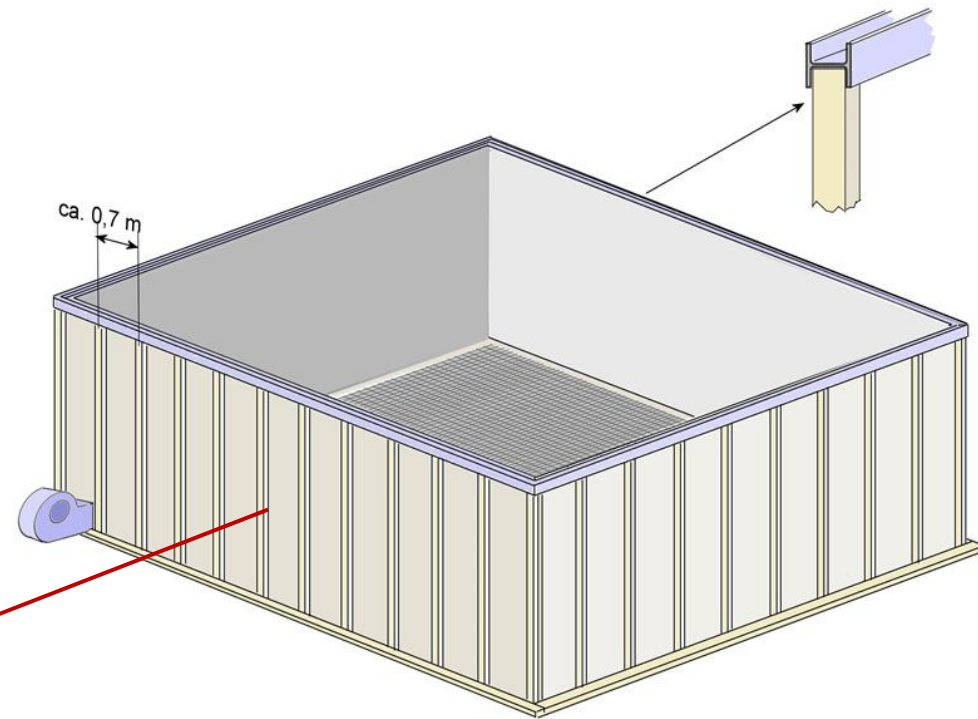


Eine Alternative für verschiedene Erntegüter ist ein befahrbarer Boxenboden mit Schlitzbrücken- oder Kiemenblechprofilen.

Alternative Ausführung des Bodenrostes



*Boxenboden unterhalb des Rostes
mit OSB-Platten gegen Wärmeverlust
dämmen!*



Vertikale Kantholzstreben

gemäß ÖKL-Statik

Gesamt- höhe der Box (inkl. 0,5 m Rosthöhe)	Heustock- höhe	Kantholz- profil (b/h) [cm]
3,5 m	3,0 m	8 / 8
4,5 m	4,0 m	8 / 10
5,5 m	5,0 m	8 / 12
6,5 m	6,0 m	8 / 16

Wandverkleidung mit Nut/Feder-
OSB-Platten, Stärke ca. 18 bis 19
mm, Feuchtekategorie ab 3

Eventuell nächstgrößeres Kantholzprofil
verwenden!

Daten: Österr. Kuratorium für Landtechnik
(ÖKL)



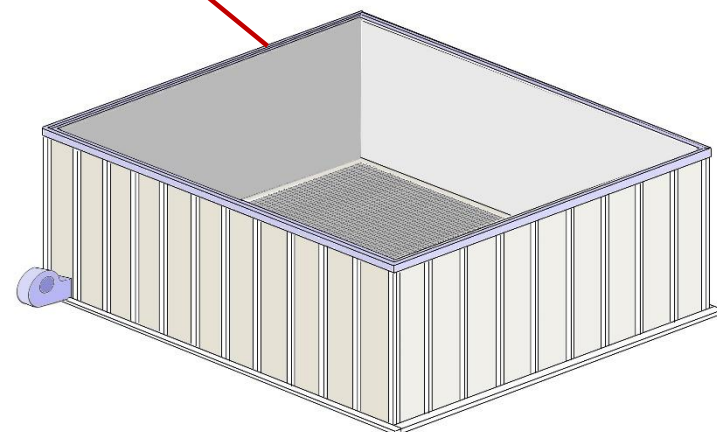
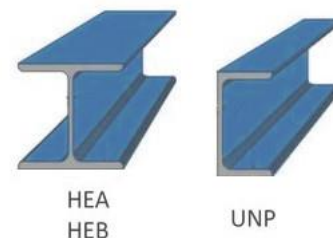


eine waagrechte Verstrebung verlangt gut fundierte Vertikalprofile.
Im Bildvordergrund ein Abladeplatz.

Waagrechte Boxenverstrebung

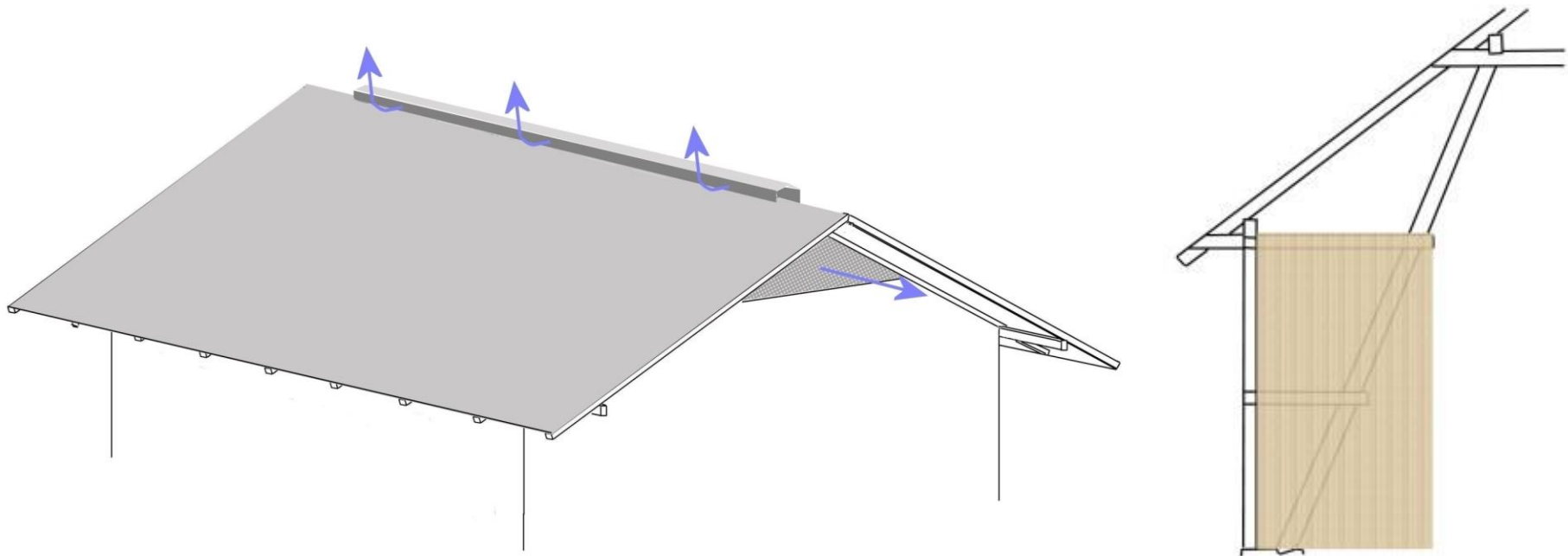


Wandlänge	Gesamthöhe der Box (inkl. 0,5 m Rosthöhe)	Heustockhöhe	Stahlprofilträger gemäß ÖKL-Statik		
			HEA-Profil	HEB-Profil	UNP-Profil
6 m	3,5 m	3,0 m	120	120	180
	4,5 m	4,0 m	120	120	180
	5,5 m	5,0 m	120	120	180
	6,5 m	6,0 m	120	120	180
8 m	3,5 m	3,0 m	120	120	180
	4,5 m	4,0 m	120	120	180
	5,5 m	5,0 m	140	140	180
	6,5 m	6,0 m	140	140	180
10 m	3,5 m	3,0 m	120	120	180
	4,5 m	4,0 m	140	140	180
	5,5 m	5,0 m	160	160	200
	6,5 m	6,0 m	180	160	220
12 m	3,5 m	3,0 m	140	140	180
	4,5 m	4,0 m	160	160	200
	5,5 m	5,0 m	180	160	220
	6,5 m	6,0 m	200	180	240
14 m	3,5 m	3,0 m	160	160	200
	4,5 m	4,0 m	180	160	220
	5,5 m	5,0 m	200	180	240
	6,5 m	6,0 m	220	200	280



obere Boxenbewehrung
mit Stahlprofilen
(Quelle ÖKL)





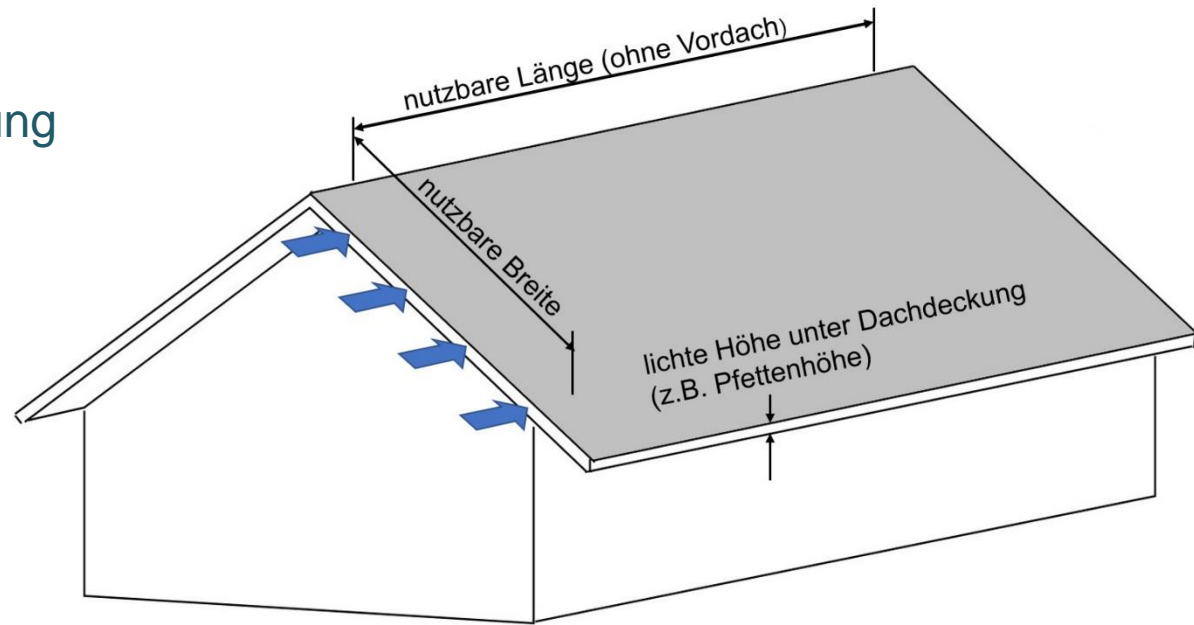
Abluftöffnungen nicht vergessen!

Firstentlüftung ist ideal, weil feuchte Luft wegen der geringeren Dichte aufsteigt. *Querschnittsfläche von Abluftöffnungen auf 3 m/s maximale Luftgeschwindigkeit dimensionieren (z.B. bei 100 m²-Box ca. 3,7 m²).*

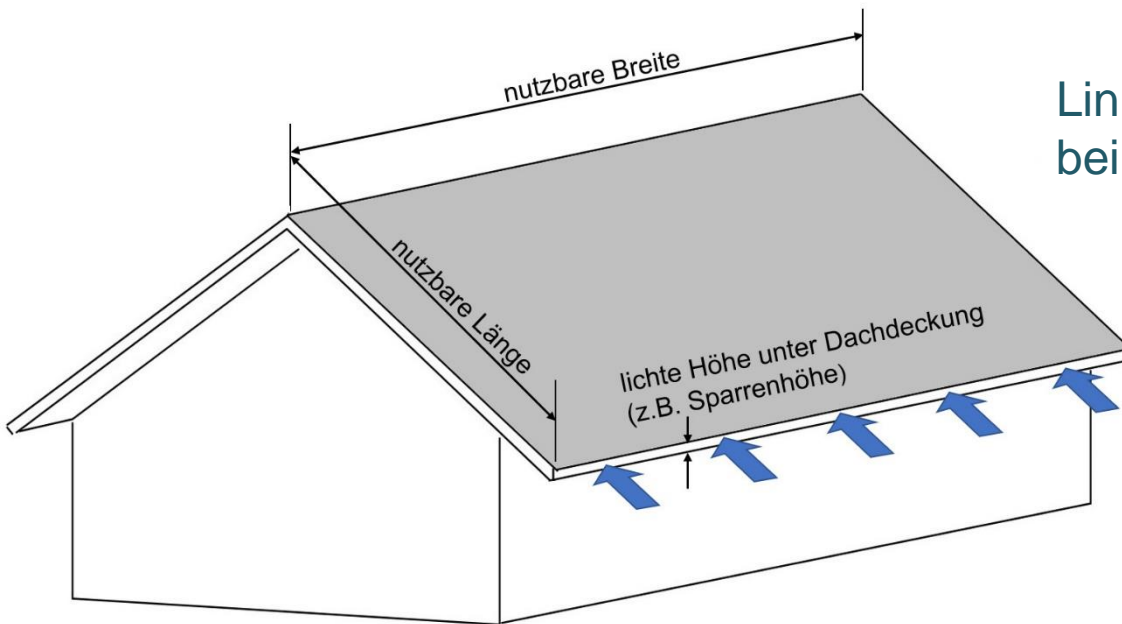
In eine Box ragende **Zangenbinder** beidseitig verkleiden!



Rechts waagrechte Luftführung
(z.B. bei Pfettendach)

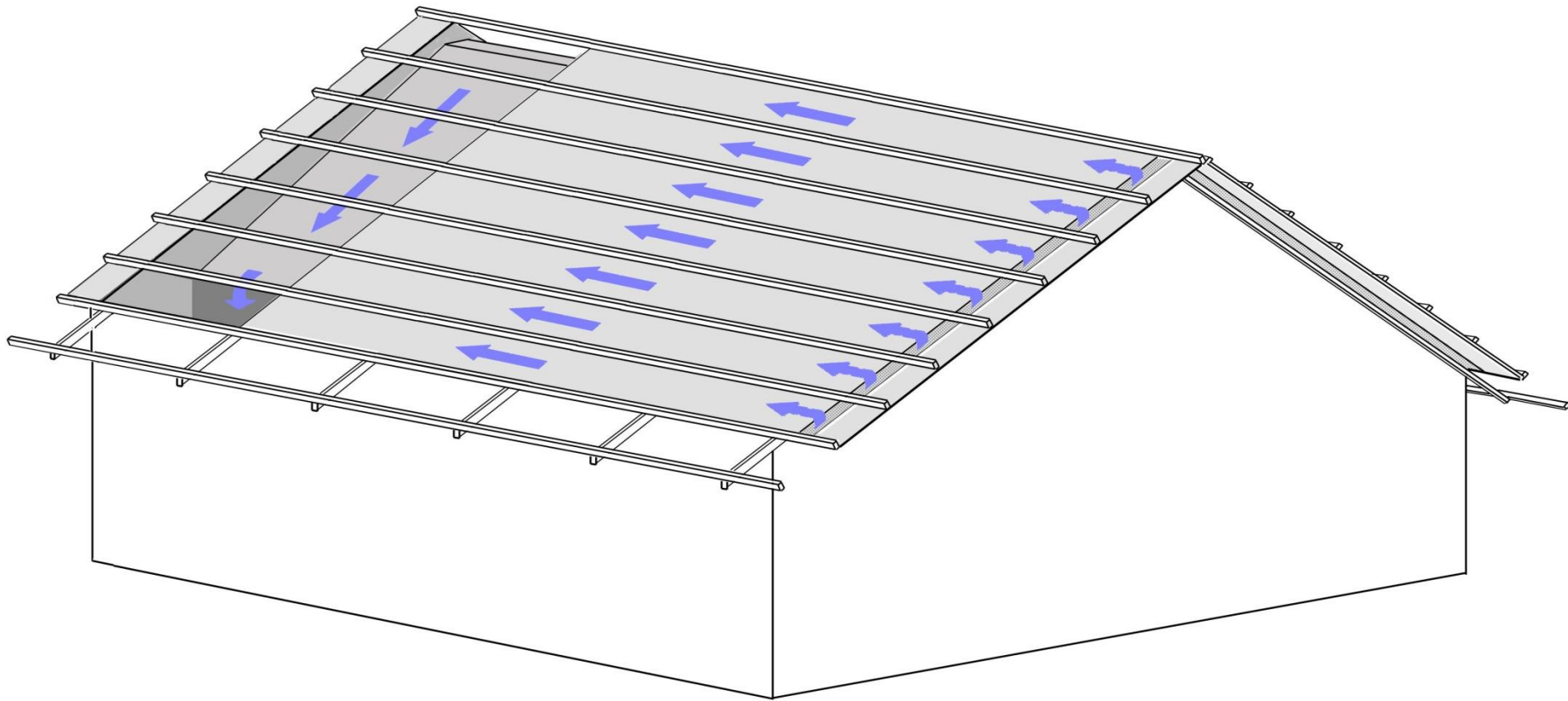


Links schräge Luftführung (z.B. bei Sparrendach)



Luftführung bei der Dachabsaugung überlegen



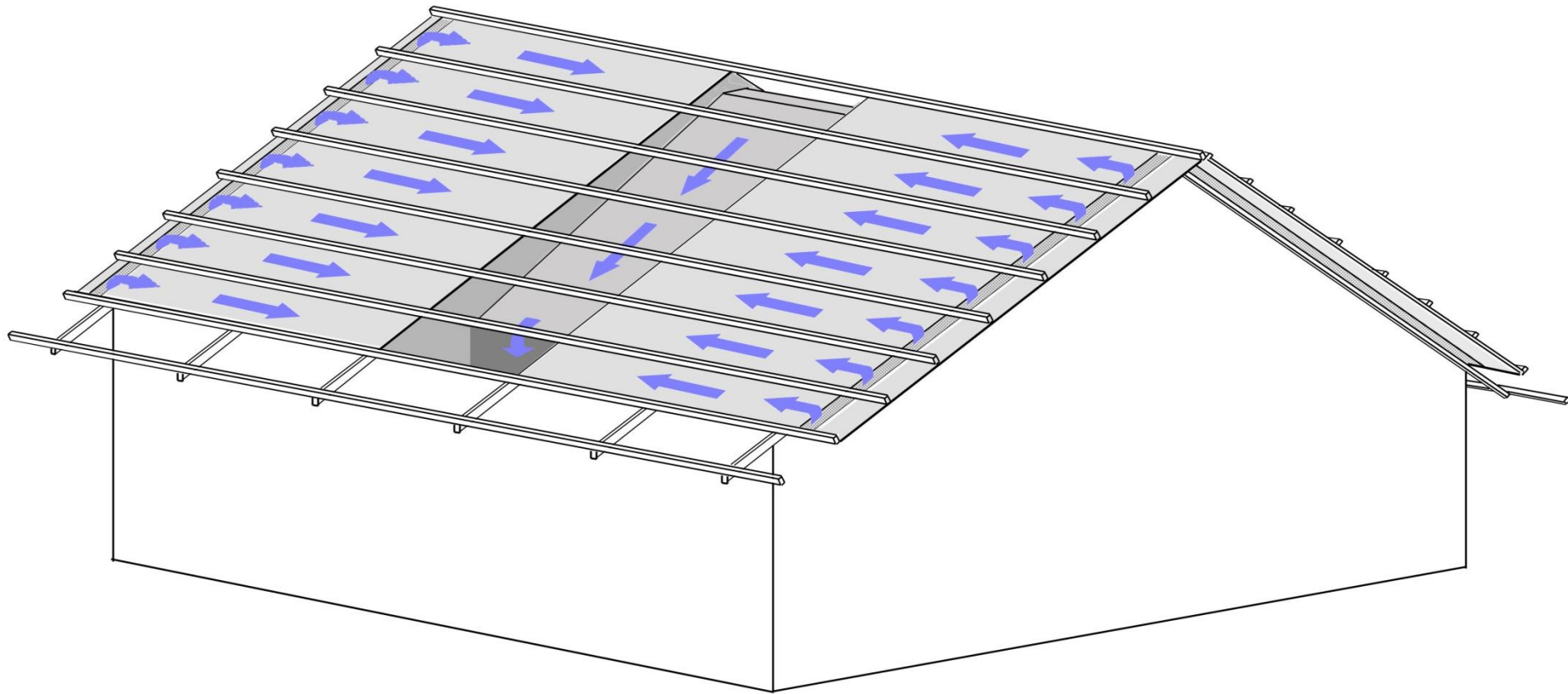


Oben Dachabsaugung mit Sammelkanal und einseitiger Giebelansaugung beim Pfettendach (gezeichnet ohne Dachdeckung!)

Dachabsaugung nicht vergessen!

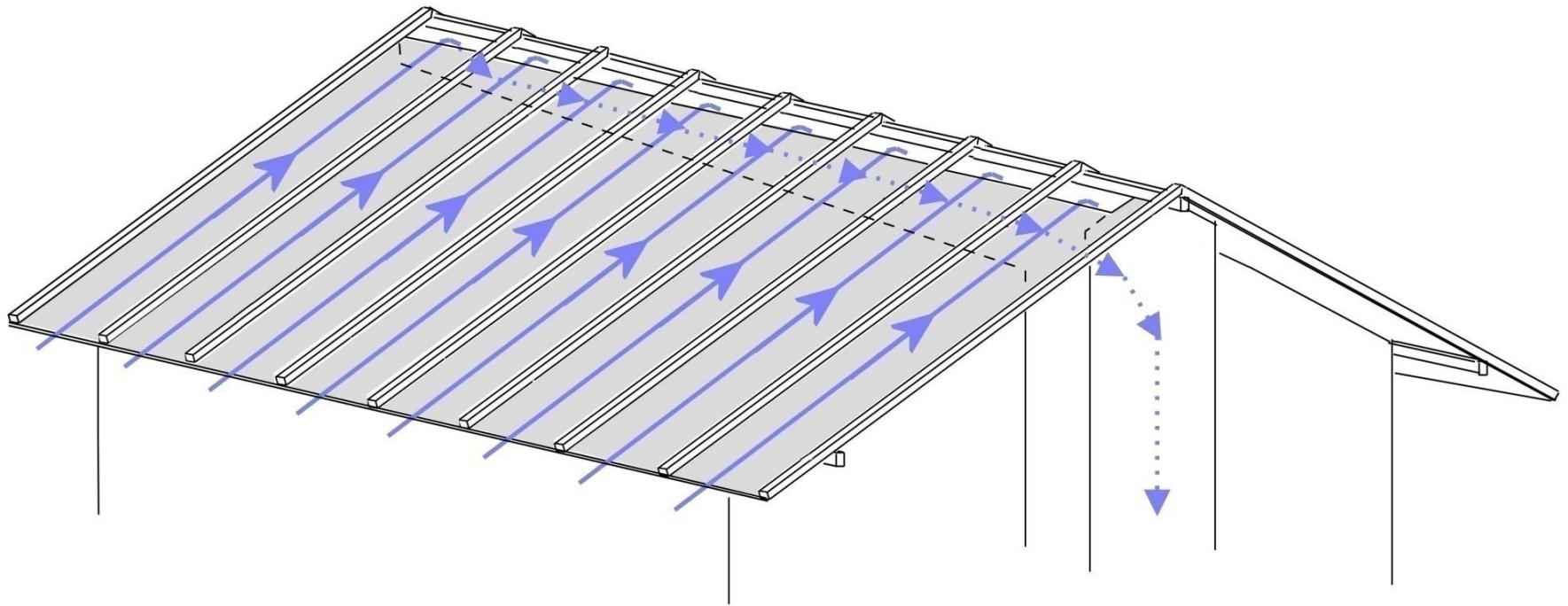


Anstelle einer durchgehenden Unterschalung können auch Verlegeplatten zwischen den Pfetten auf Leisten von oben eingelegt werden!



Dachabsaugung mit mittigem Sammelkanal für Pfettendach





Einseitige Dachabsaugung für Sparrendach mit Giebelkanal



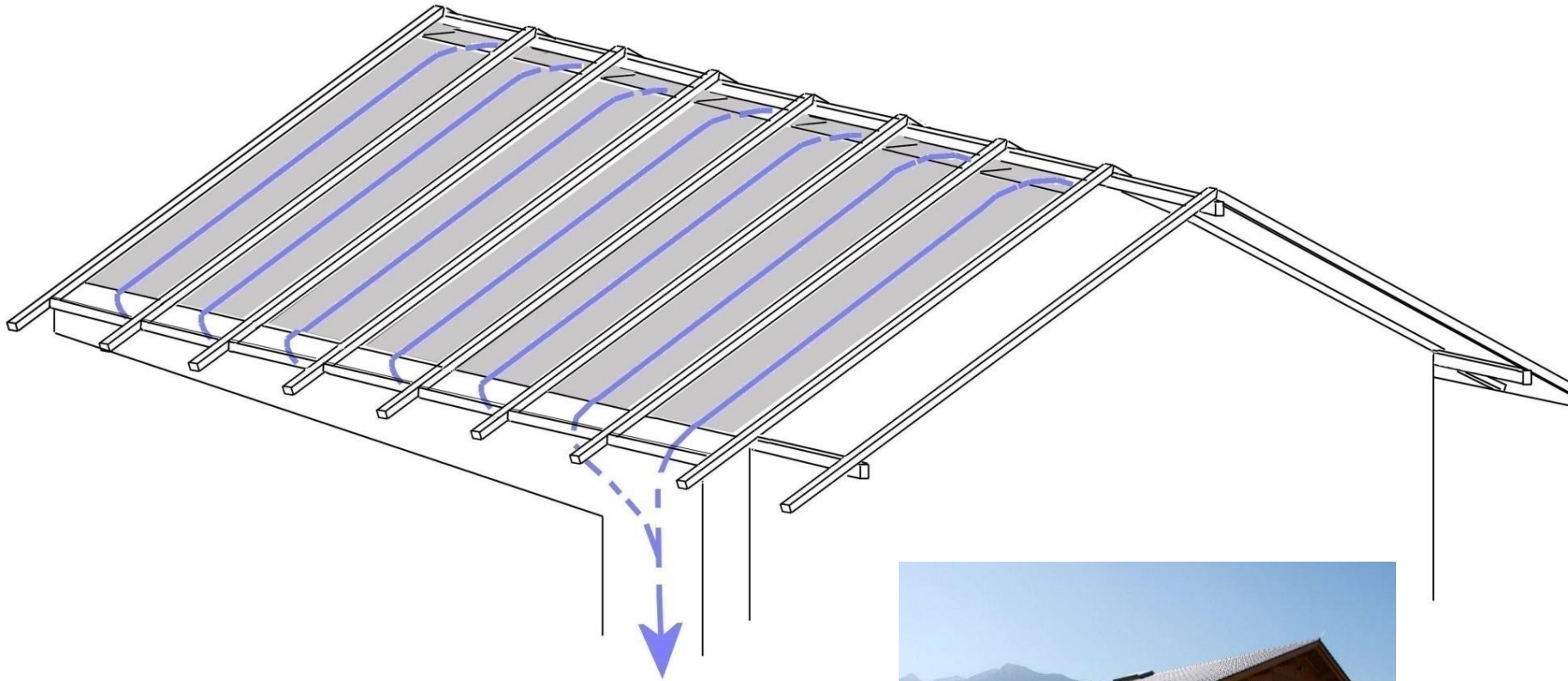
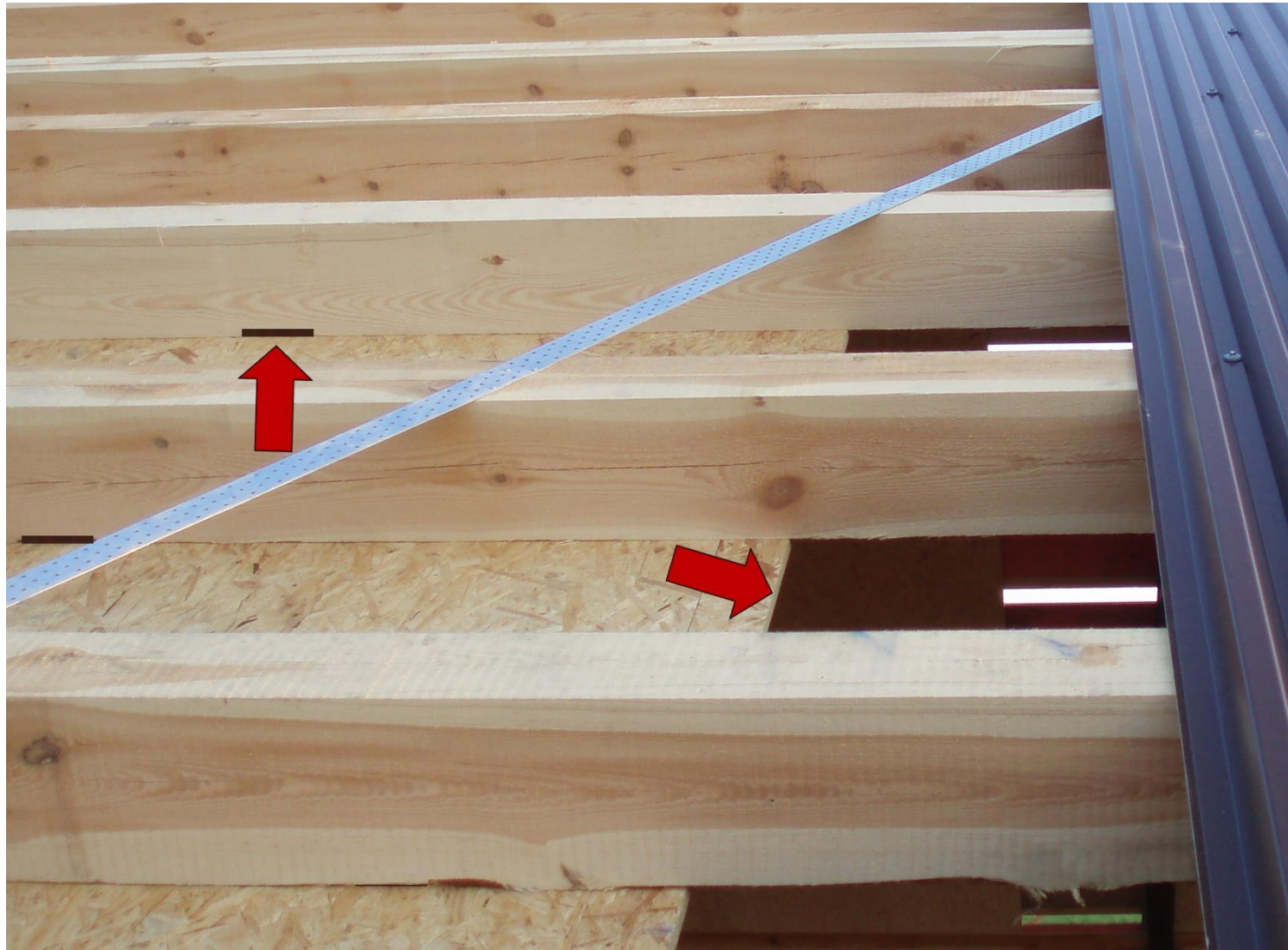


Bild: HSR Reindl

Doppelseitige Dachabsaugung für Sparrendach mit Traufenkanal

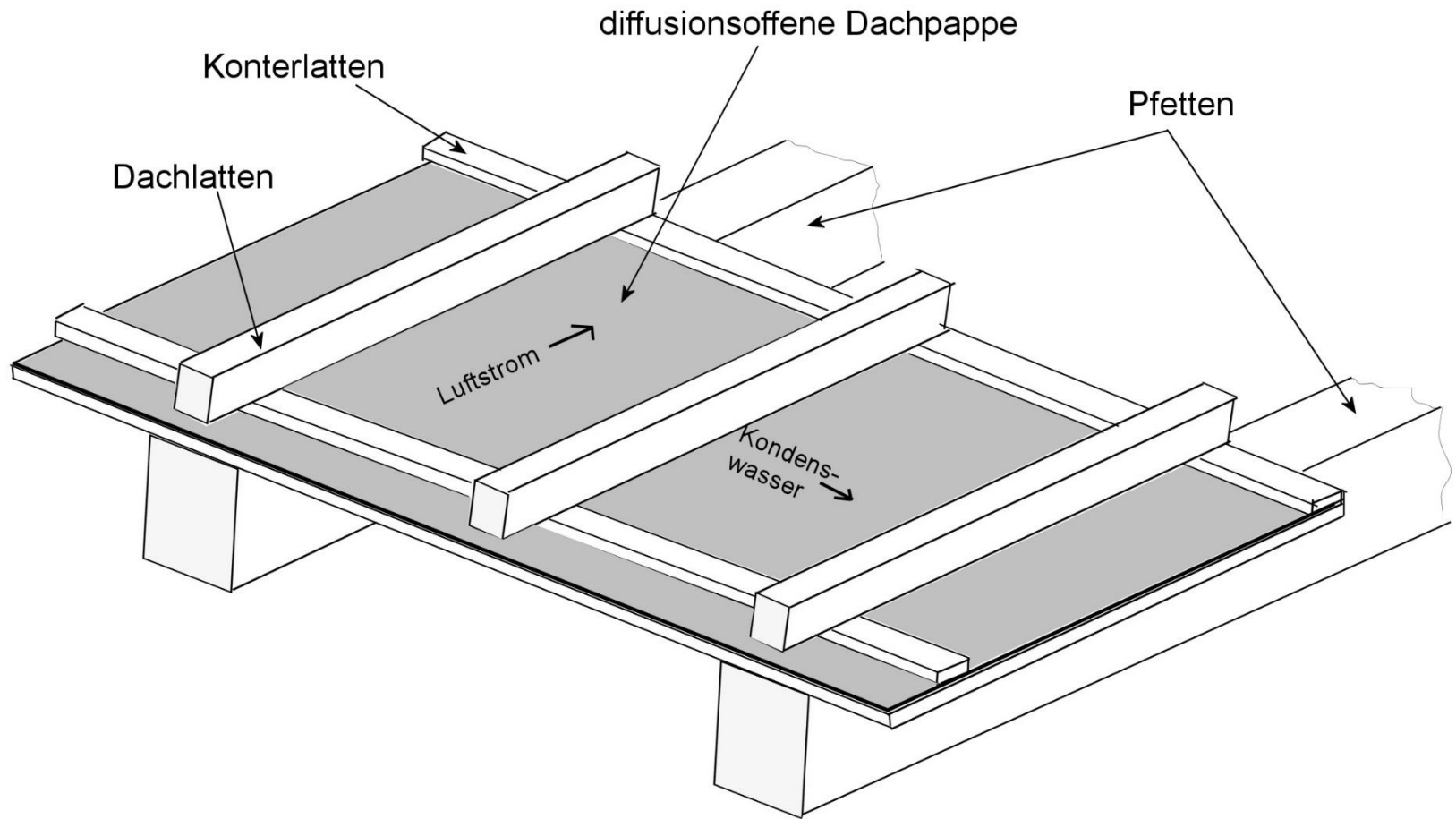




Kondenswasserabflussmöglichkeit durch Fräsnoten an Pfettenunterseite oder abgekantete Unterschalung

Details zum Abfluss von eventuellem Kondenswasser





Dachaufbau bei waagrechtter Luftführung über Blinddach, Kondenswasserabfluss zwischen Konterlatten in Dachschräge, ohne Dachdeckung gezeichnet!

Abfluss von Kondenswasser über Blinddach



Beispieldaten:

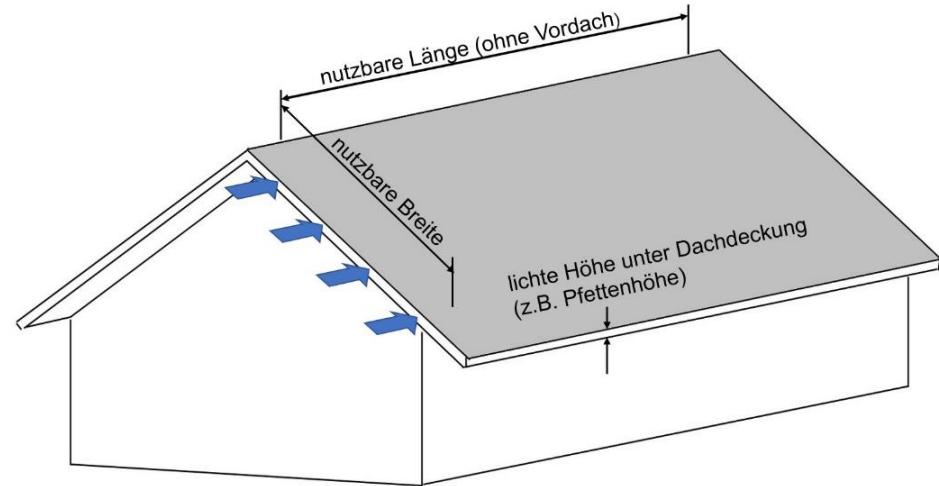
Pfettendach, nutzbare Länge 30 m,
schräge Dachbreite ohne Vordach 7 m,
Pfettenquerschnittshöhe 20 cm

Stirn-Saugfläche damit:

$2 \times 7 \times 0,2 \text{ m} = 2,8 \text{ m}^2$ (ohne Pfetten)

Boxenfläche 110 m^2 ->

Volumenstrom = $110 \times 0,11 = 12,1 \text{ m}^3/\text{s}$



Günstige Geschwindigkeit im Dachbereich $v = 3$ bis $6,5 \text{ m/s}$

Eine einseitige Ansaugung (von einer Giebelseite) ergibt eine Luftgeschwindigkeit v :

$$v = \text{Volumenstrom/Saugfläche} = 12,1/2,8 = 4,32 \text{ m/s}$$

Damit liegt die Geschwindigkeit im günstigen Bereich!

Eine doppelseitige Ansaugung (von beiden Giebelseiten) verringert die Luftgeschwindigkeit auf $2,16 \text{ m/s}$, wäre daher ungünstiger!

Kontrolle der Luftgeschwindigkeit im Dachkollektor



Rechts Ausführung eines
Sammelkanals,
Verstrebung außenliegend!
Links oben ist eine
Firstentlüftung sichtbar, diese ist
im Bereich des Sammelkanals
unterbrochen.



Zulässige Geschwindigkeit im Sammelkanal $v = 4 \text{ m/s}$

Beispiel:

Boxenfläche $A = 110 \text{ m}^2$ -> Volumenstrom $(Q) = 12,1 \text{ m}^3/\text{s}$

Kanalquerschnitt (Ende) $A = Q/4 = 12,1/4 = 3,025 \text{ m}^2$

Mindestquerschnitt des Sammelkanals



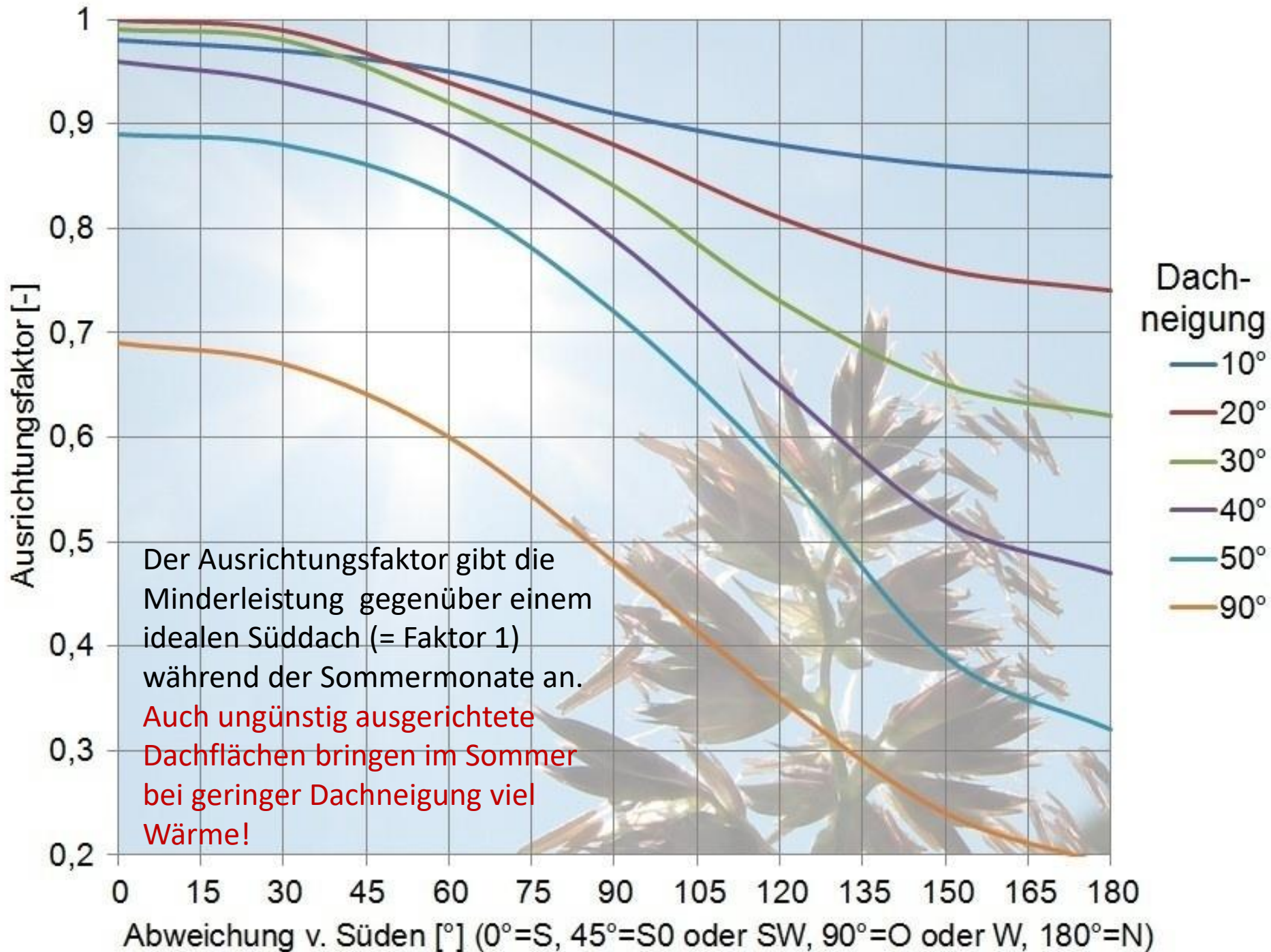




Foto: Biolandhof Braun, Freising

Indach-PV-Module über einer Dachabsaugung im Bau



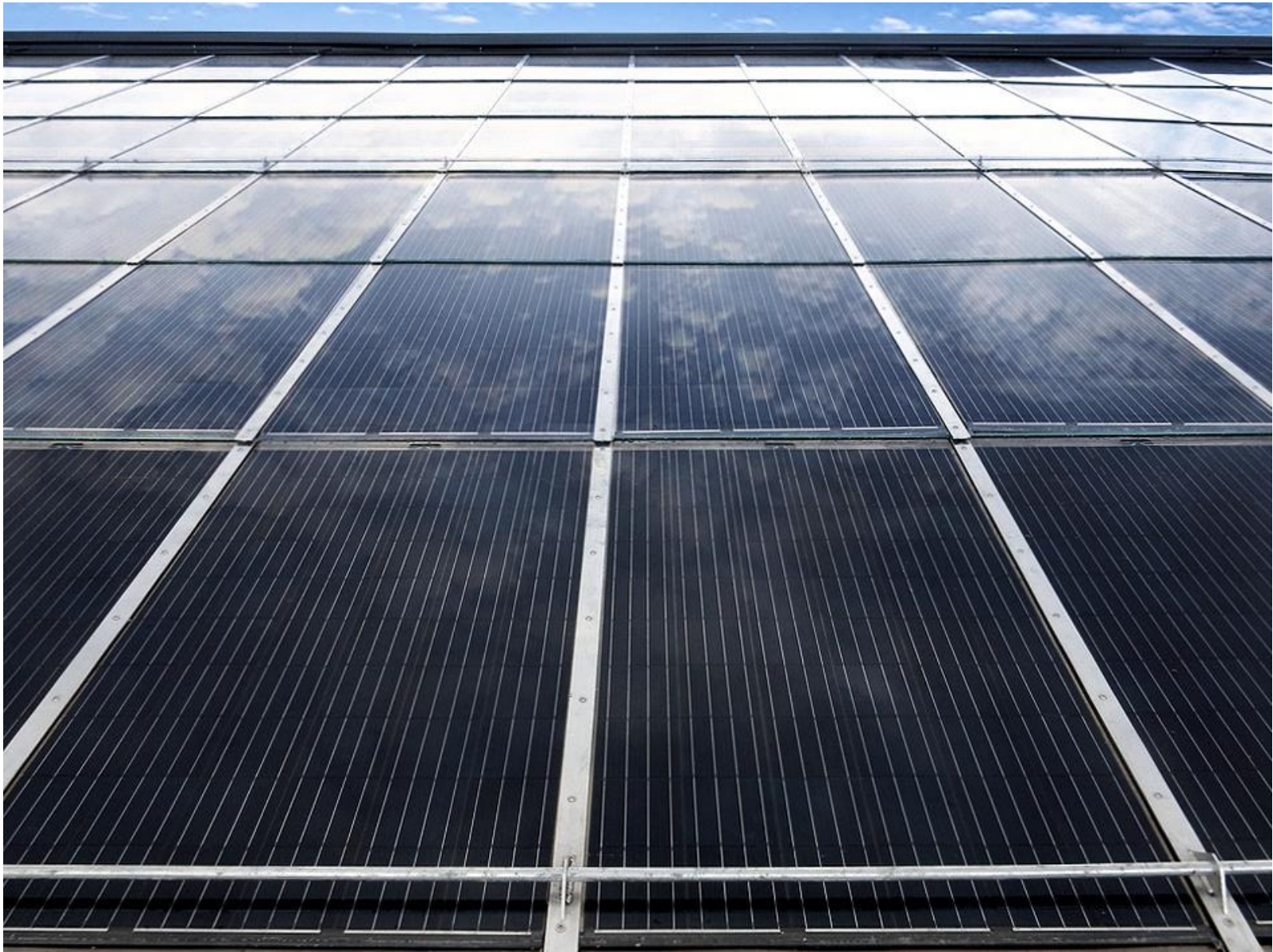
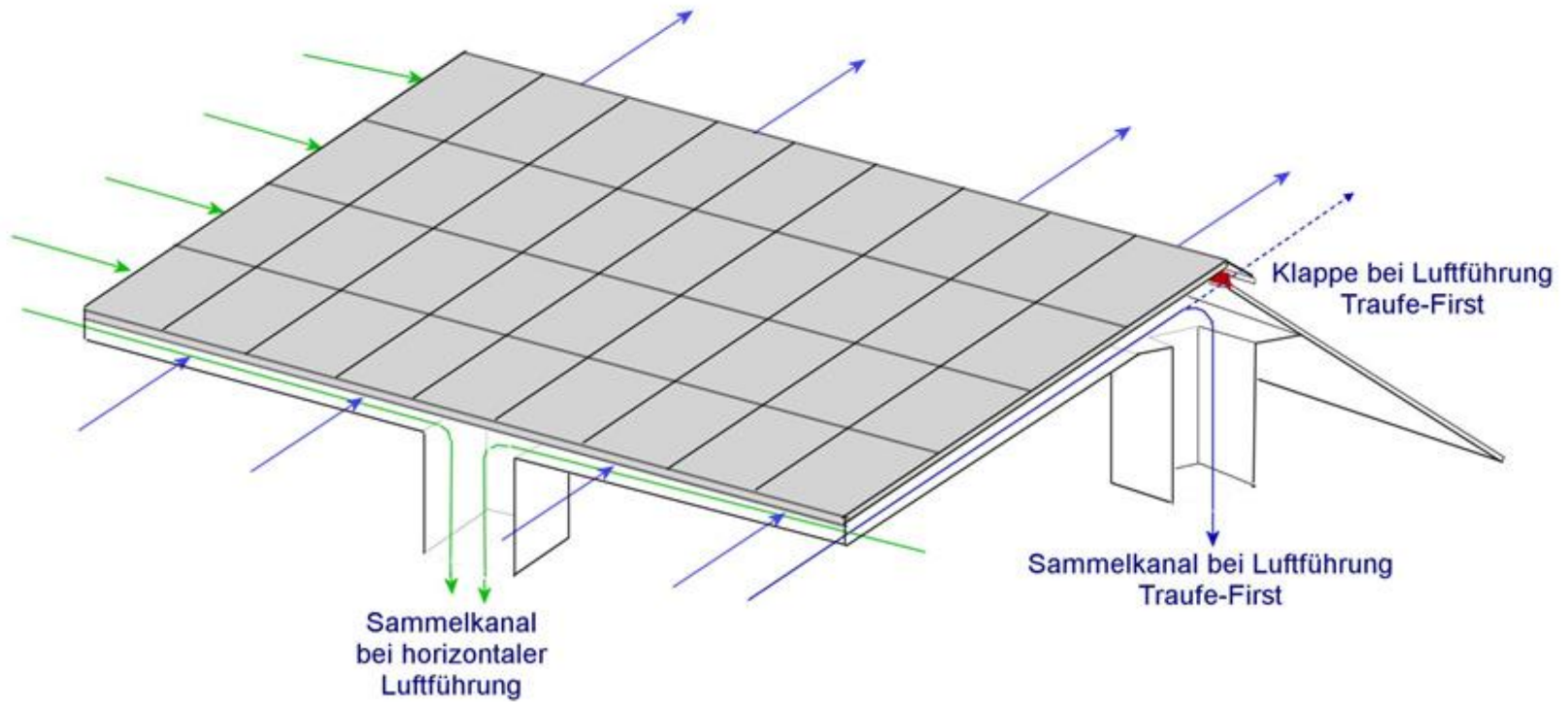


Foto: ENDORADO GmbH.

Neue, überlappende Indach-PV-Module über einer Dachabsaugung





Modulkühlung bei Stillstand der Trocknung durch Öffnen einer Klappe oder durch einen kleinen Axialventilator vom Sammelkanal nach außen

Kühlung von PV-Modulen ohne Trocknungsbetrieb





Zur Erhöhung der Schlagkraft und zur Überbrückung von Schlechtwettertagen ist eine **Luftanwärmung** (z.B. über Wärmetauscher bei vorhandener Heizung oder über Warmluftofen) oder eine **Luftentfeuchtung** sinnvoll.



Warmluftofen



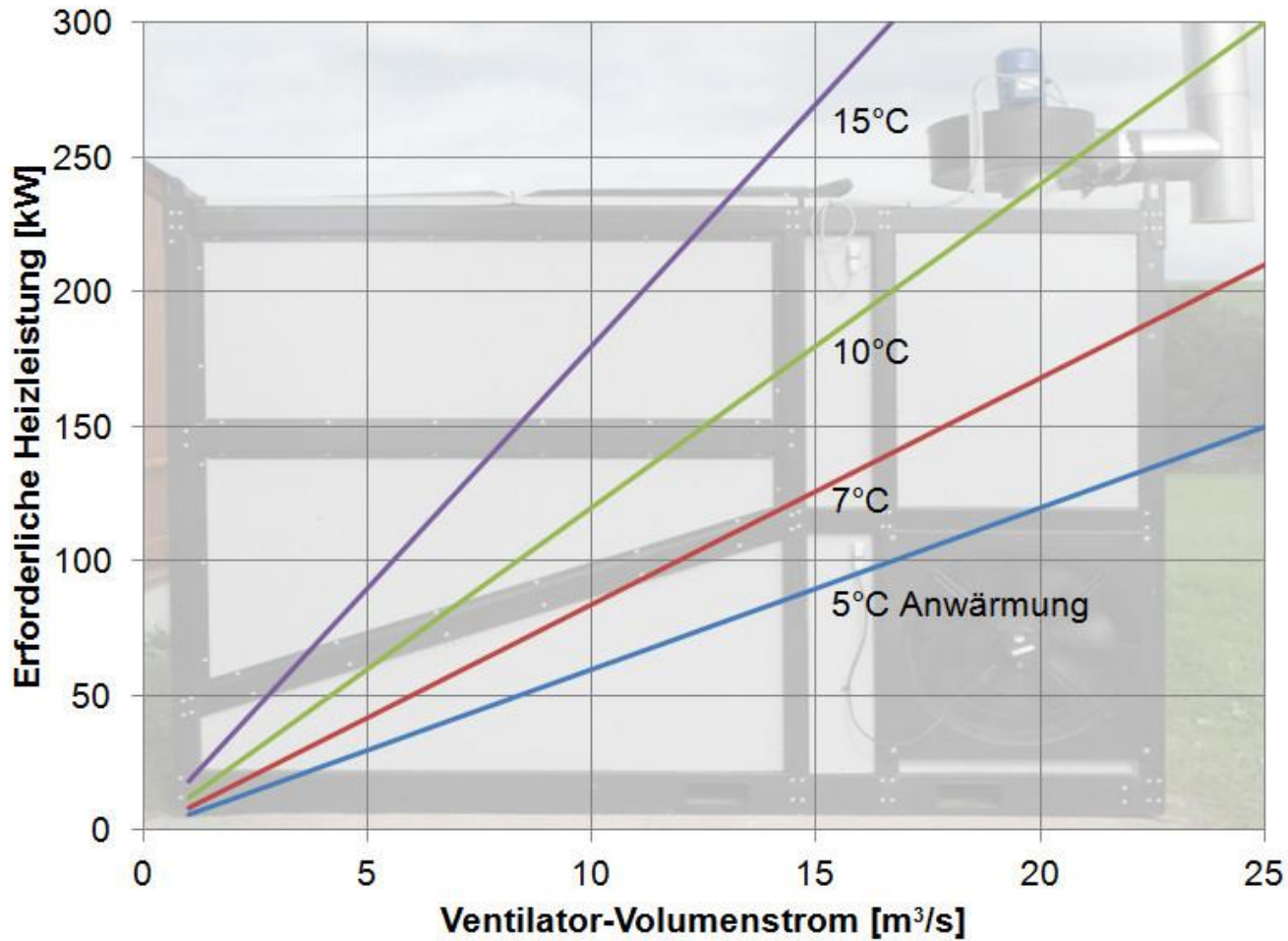
Wärmetauscher



Entfeuchter

Was tun bei Schlechtwetter?



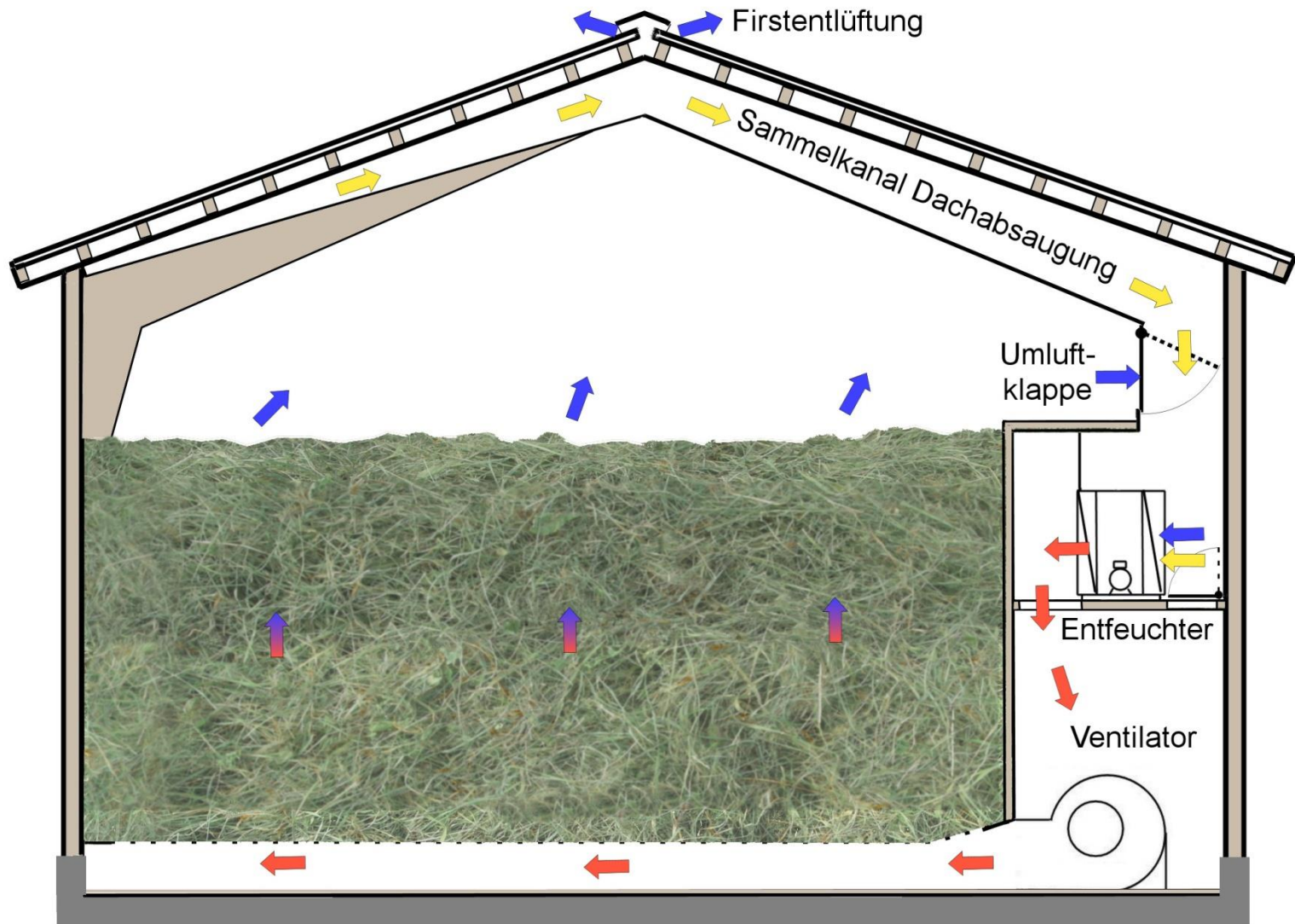


Faustzahl:
je 10 m³/s
benötigt man für
1°C Anwärmung
12,5 kW.

Für die Aufstellung eines Warmluftofens sind die örtlichen feuerpolizeilichen Vorschriften zu beachten (meist 5 m Mindestabstand vom Gebäude)!

Luftanwärmung braucht viel Energie





Varianten: Vollentfeuchtung – Teilentfeuchtung (teilweise Umgehung des Entfeuchters oder Bypass nach dem Verdampfer)

Schema einer Luftentfeuchtung





Anstelle von Umschaltklappen sind auch Umschaltjalousien geeignet.

Umschaltklappe über Lüfterkammer



Luftentfeuchter arbeiten nur gut ...



- **bei hoher Luftfeuchtigkeit.** Ohne Luftfeuchtigkeit gibt es keine Kondenswärme und damit nur eine geringe Lufterwärmung durch die aufgewendete Antriebsenergie des Verdichters!
- **bei warmer Eingangsluft.** Unterhalb von 20°C Außentemperatur ist daher ein Umluftbetrieb empfehlenswert. Bei Lufttemperaturen unter 8 bis 13°C kann es sogar zu einer Vereisung des Verdampfers kommen! Kalte Luft enthält auch nur wenig Feuchtigkeit! Boxenboden bzw. Luftkanal gegen Wärmeverlust dämmen!
- **wenn zwischen Verdampfer und Kondensator wenig Temperaturunterschied herrscht** – also bei moderat warmer Eingangsluft und nicht zu hoher Kondensatortemperatur.
- **bei guter Abstimmung der durchströmenden Luftmenge auf die Verdichterleistung** (z.B. Verdichterleistung = 0,8 bis 3-fache Ventilatorleistung)
- **bei einer Anström-Luftgeschwindigkeit von 1,5 bis 4 m/s** (der Bereich ist je nach Bauart der Wärmetauscher etwas verschieden)
- **wenn die Wärmetauscher nicht verschmutzt sind**





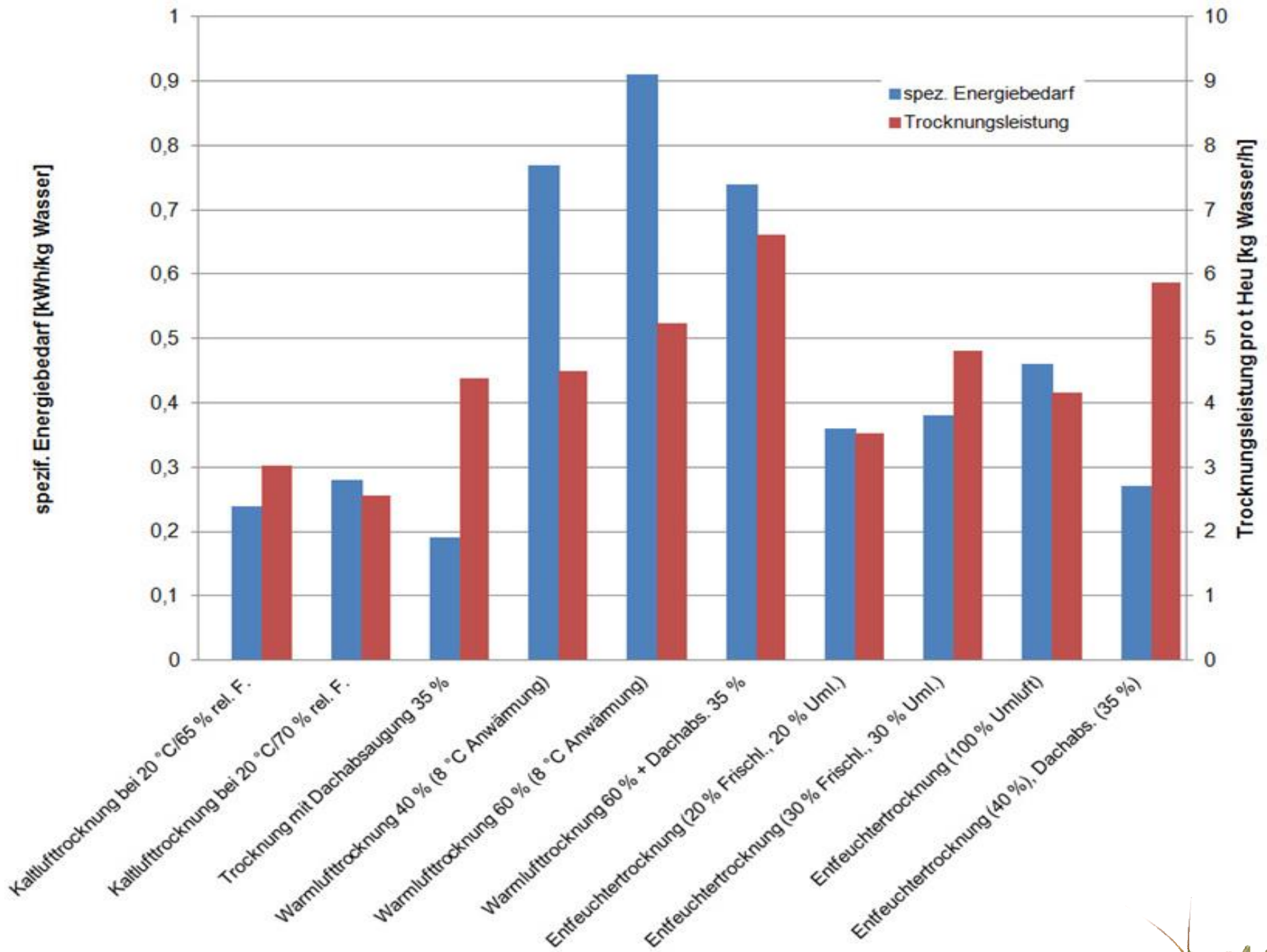
Beim Entfeuchter-Umluftbetrieb ist eine Abtrennung des Trocknungsbereiches zweckmäßig! Das Bild zeigt eine Rollplane an der Kranbahn zum Abladeplatz und Stall.

Abtrennung des Trocknungsbereiches



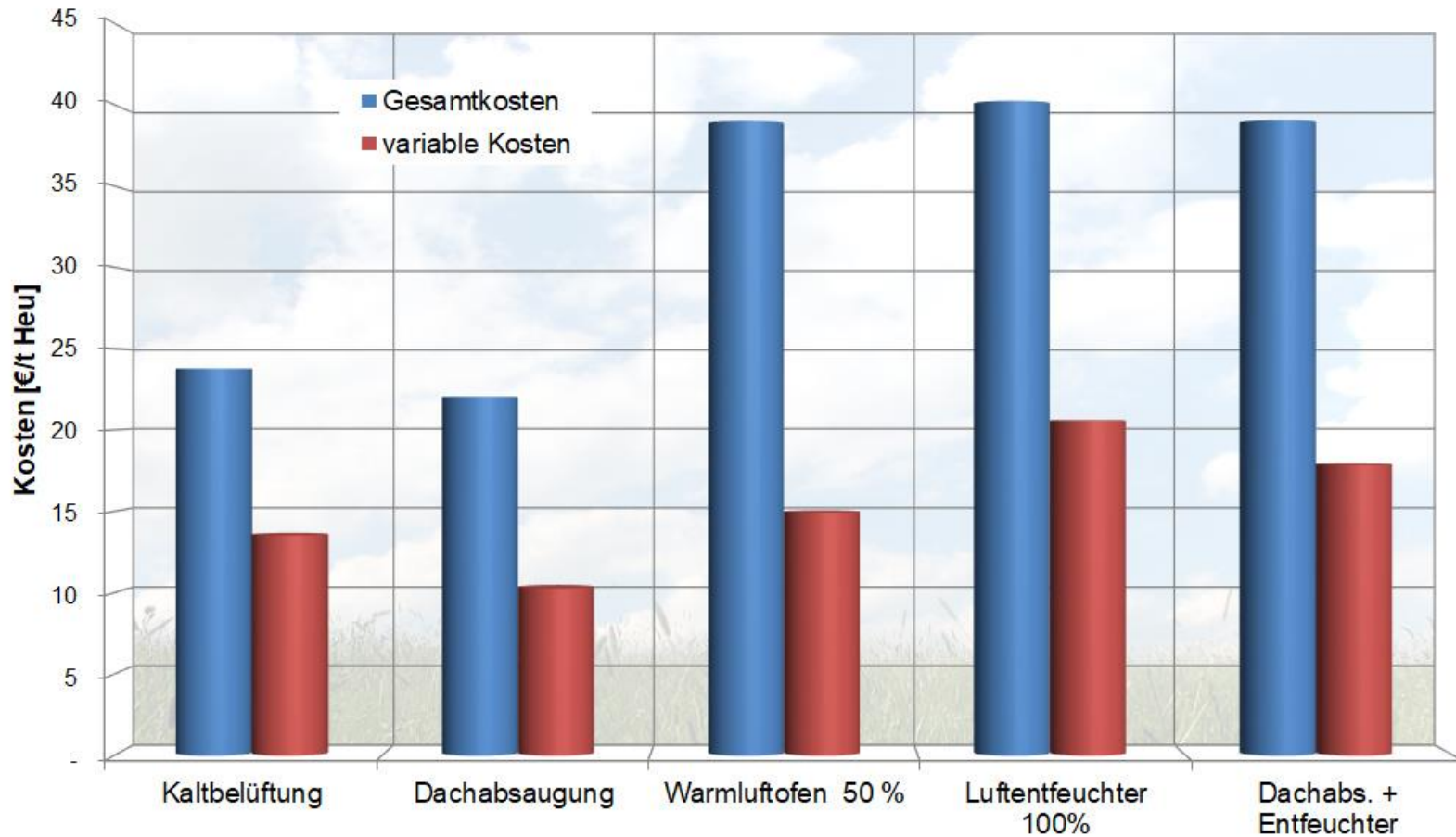
- Einhaltung eines begrenzten elektrischen Anschlusswertes (z.B. 50 A)
- variable Lüfterdrehzahl je nach Betriebsart und Trocknungszustand, automatische Kurzzeit-Intervallbelüftung mehrerer Boxen
- automatische Umschaltung zwischen Umluft- und Frischluftbetrieb bei Entfeuchtung
- Laufzeitsteuerung entsprechend dem Trocknungszustand, automatischer Übergang in den Intervallbetrieb





Energiebedarf und Trocknungsleistung





Aktualisiert: 2021 mit AfA, Verzinsung, Versicherung, Reparatur, Elektrikerkosten.
 Kosten für Gebäude und Förderanlagen sind hier nicht berücksichtigt!
 Berechnungsbasis für Trocknung von 35% auf 13% Wassergehalt, Stromtarif 0,16 €/kWh, Hackgutpreis 0,025 €/kWh



Schritte zum Erfolg bei der Loseheutrocknung

- Boxengröße mit der Erntefläche abstimmen
- Lüfterauswahl entsprechend Boxengröße, Erntefläche, Stockhöhe, Erntegut
- Druckausgleich herstellen – hoher Boxenrost
- Solarwärme nutzen, Schlagkraft durch Luftanwärmung oder Entfeuchtung erhöhen
- Vortrocknung am Boden zwei- bis dreimaligem Einsatz des Kreiselzettwenders und ev. Aufbereiter optimieren
- locker und gleichmäßig beschicken, Charge auf Auslegung der Anlage beschränken



So könnte gutes Heu aussehen

