

# **PV-Anlagen und die Heubelüftung effizient kombinieren**

**christof.baumgartner@tg.ch**

**am Forumtag OLMA vom 18.10.2022**

# Hintergründe

- Solarzellen erwärmen sich → Wärmenutzung bietet sich an
- Genügende Kühlung der Solarzellen sicherstellen → ohne aktiven Luftabsaug ist eine Hinterlüftung notwendig!
- Eine Senkung der Solarzelltemperatur um 1 Grad bewirkt eine Zunahme der Stromproduktion um rund 0.4 Prozent (und umgekehrt bei Erwärmung!)



# Bringt's die Dachwärme überhaupt?

Beispiel:

Aussenluft: 20°C, 60% r.F.

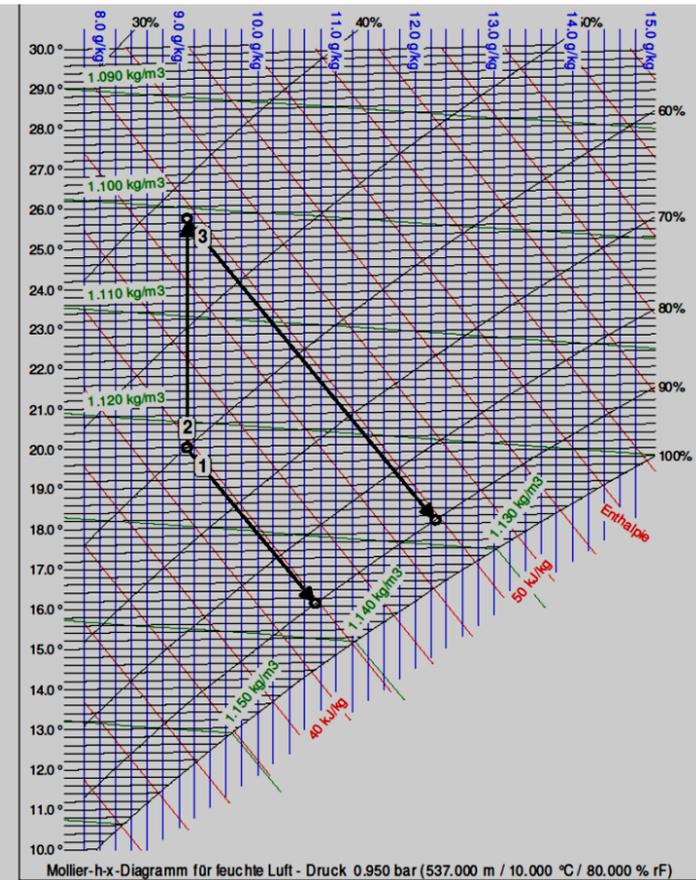
Temperaturerhöhung im Dach: 6°C

Wasseraufnahme ohne Dachwärme: 1.6 g/kg

Wasseraufnahme mit Dachwärme: 3.1 g/kg



mit Dachwärmennutzung  
doppelte Trocknungsleistung

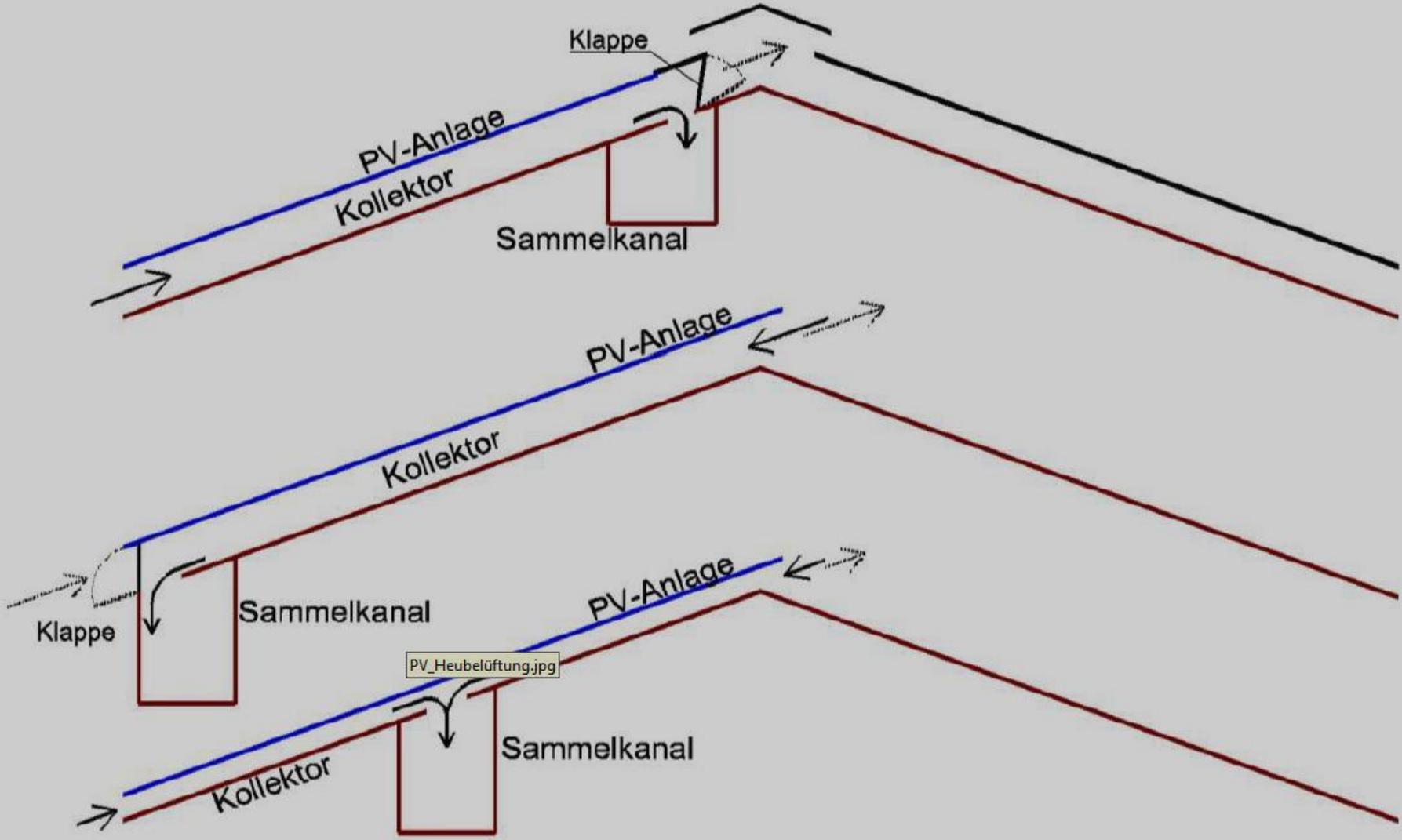


**Eine Lufterwärmung um 6°C verdoppelt die Trocknungsleistung**

Um die selbe Lufterwärmung bei einem 100m<sup>2</sup> Heustock zu erreichen wäre eine Heizleistung von ca. 100kW mit einem Ofen erforderlich

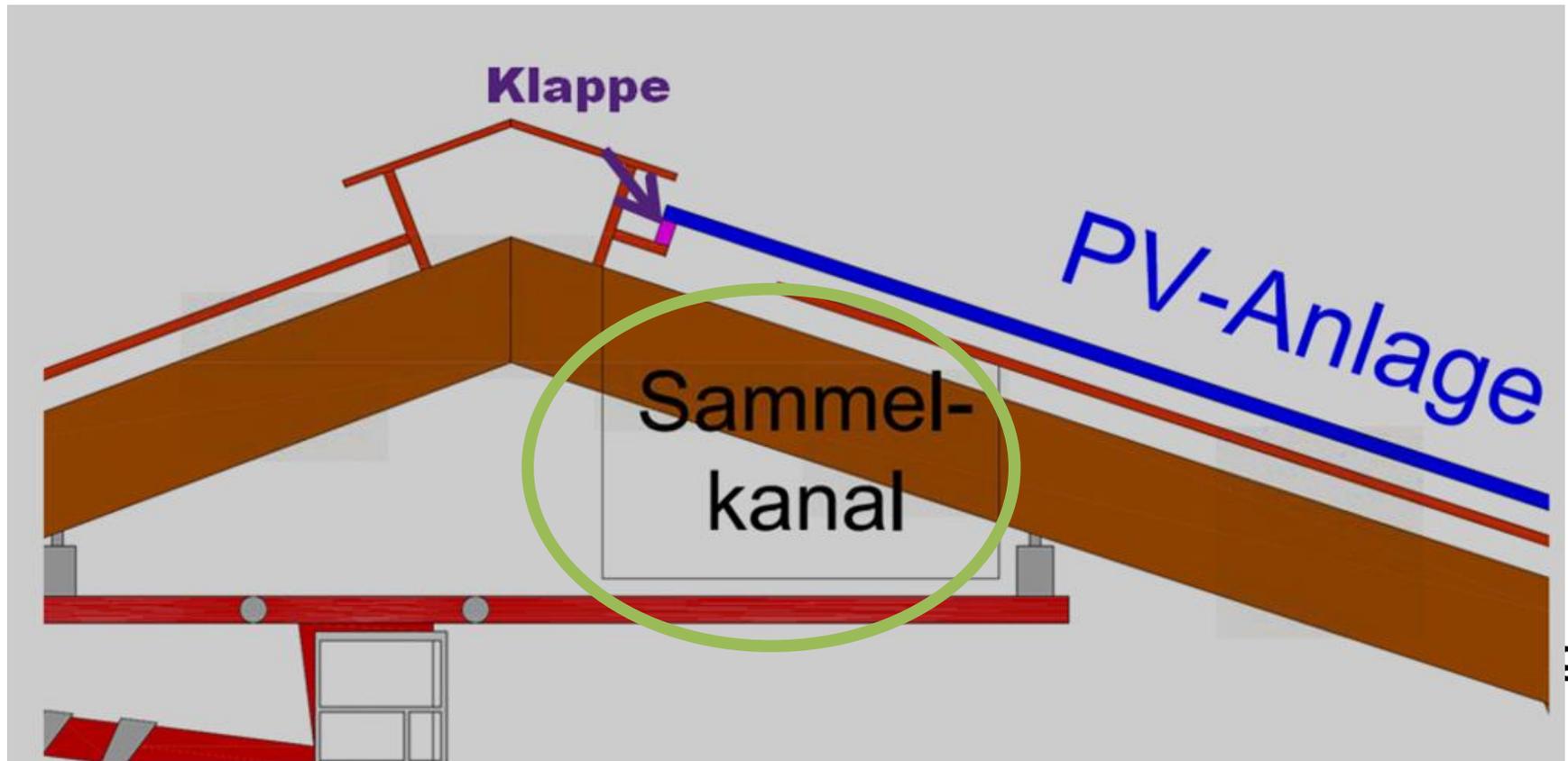
→ 100 kW Heizleistung entsprechen einem Heizölverbrauch von 12lt./h

# Varianten welche nicht mittig absaugen benötigen eine Klappe oder Ventilatoren für eine Zwangsentlüftung



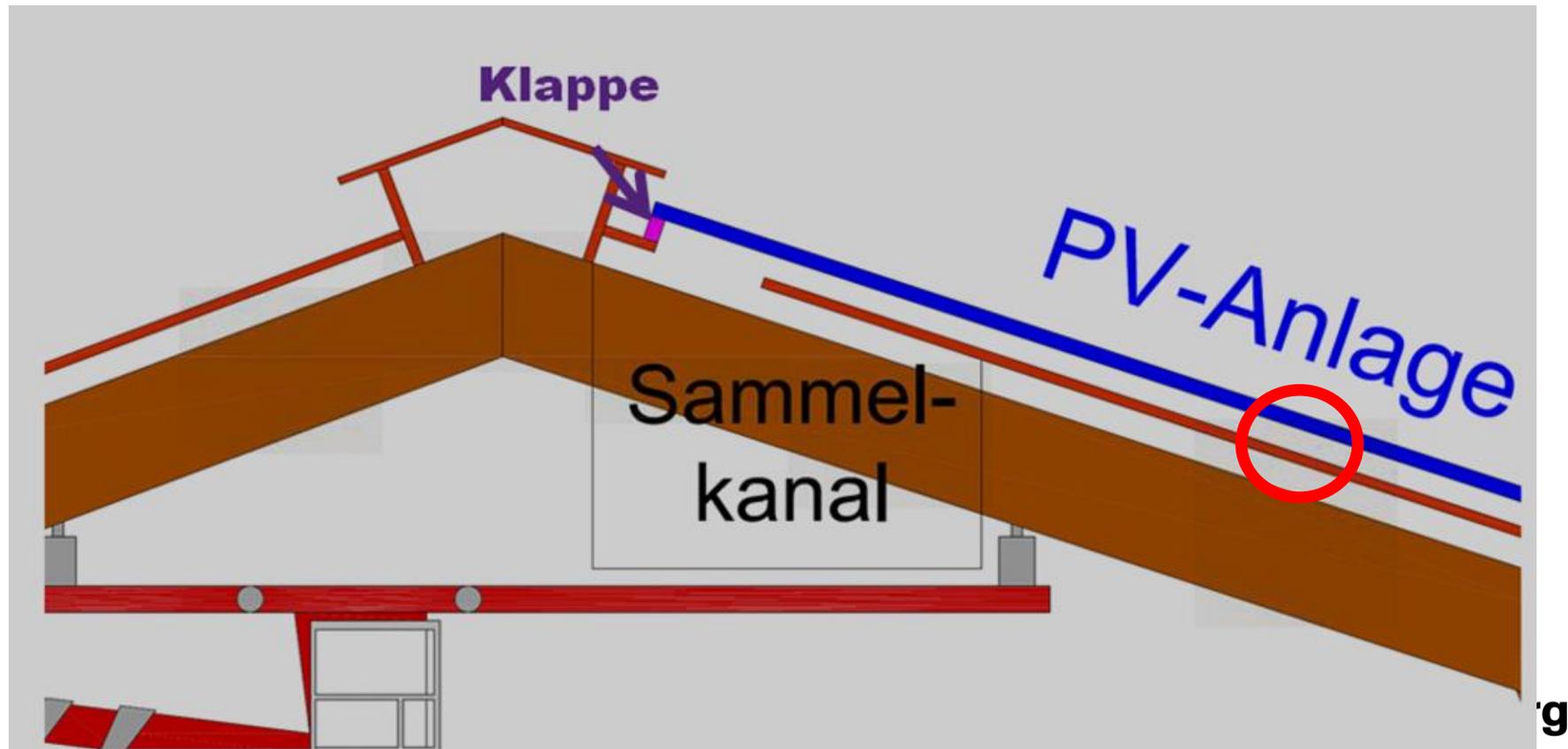
# PV-Anlage in Kombination mit Wärmenutzung für die Heutrocknung - Restriktionen

- Die **Luftgeschwindigkeit** im Sammelkanal sollte max. **5m/s** betragen
- Ventilatorleistung:  $0.11\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{Heustockfläche}$
  - $100\text{m}^2$  Heustockfläche entsprechen  **$11\text{m}^3/\text{s}$  Ventilatorenleistung**
  - **$11\text{m}^3/\text{s} : 5\text{m/s} = \text{mind. } 2.2\text{m}^2$  Querschnitt des Sammelkanals**



# PV-Anlage in Kombination mit Wärmenutzung für die Heutrocknung - Restriktionen

Der Abstand von Dach zu PV-Anlage sollte so dimensioniert sein, dass maximal ein Unterdruck von 100Pa (1cm Wassersäule) entsteht → Druckverlust



# Wärmeeffizienz (PV) und Abstandsdimensionierung → nützliche Faustzahlen

Verhältnis Dachfläche:Heustockfläche	Lufterwärmung	Erforderlicher Mindestabstand von PV- Anlage zu Dach (netto!) → Max 1mBar Unterdruck
4:1	11°C	9cm
2:1	6.5°C	14cm
1:1	3.8°C	22cm

Die aufgeführten Angaben können im Einzelfall abweichen. Für eine exakte Auslegung kann eine Berechnung mit dem Programm ART-Soko Sinn machen.

Kollektor-Typ: Photovoltaik-Module    Anzahl Kollektorfelder: 2

Kollektor-Länge 1: 6.00 m    Kollektor-Länge 2: 6.00

Kollektor-Breite 1: 25.00 m

Max. Balken-Höhe: 20.0 cm    Darstellung: Tabelle

Heustock Nummer		1	2	3	4	5	6
Fläche des Heustocks	m <sup>2</sup>	200	200	180	180	180	180
Höhe des Heustocks	m	5	5	5	5	5	5
Durchsatz des Ventilators	m <sup>3</sup> /s	22.0	22.0	19.8	19.8	19.8	19.8
Ventilator in Betrieb	ja/nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein
Durchsatz bzgl. Kollektorfläche	m <sup>3</sup> /(s*m <sup>2</sup> )	0.073	0	0	0	0	0
Strömungsgeschwindigkeit (Stock)	m/s	0.11	0	0	0	0	0
Druckverlust (Stock)	Pa	500	0	0	0	0	0

**Kollektorfeld 1**

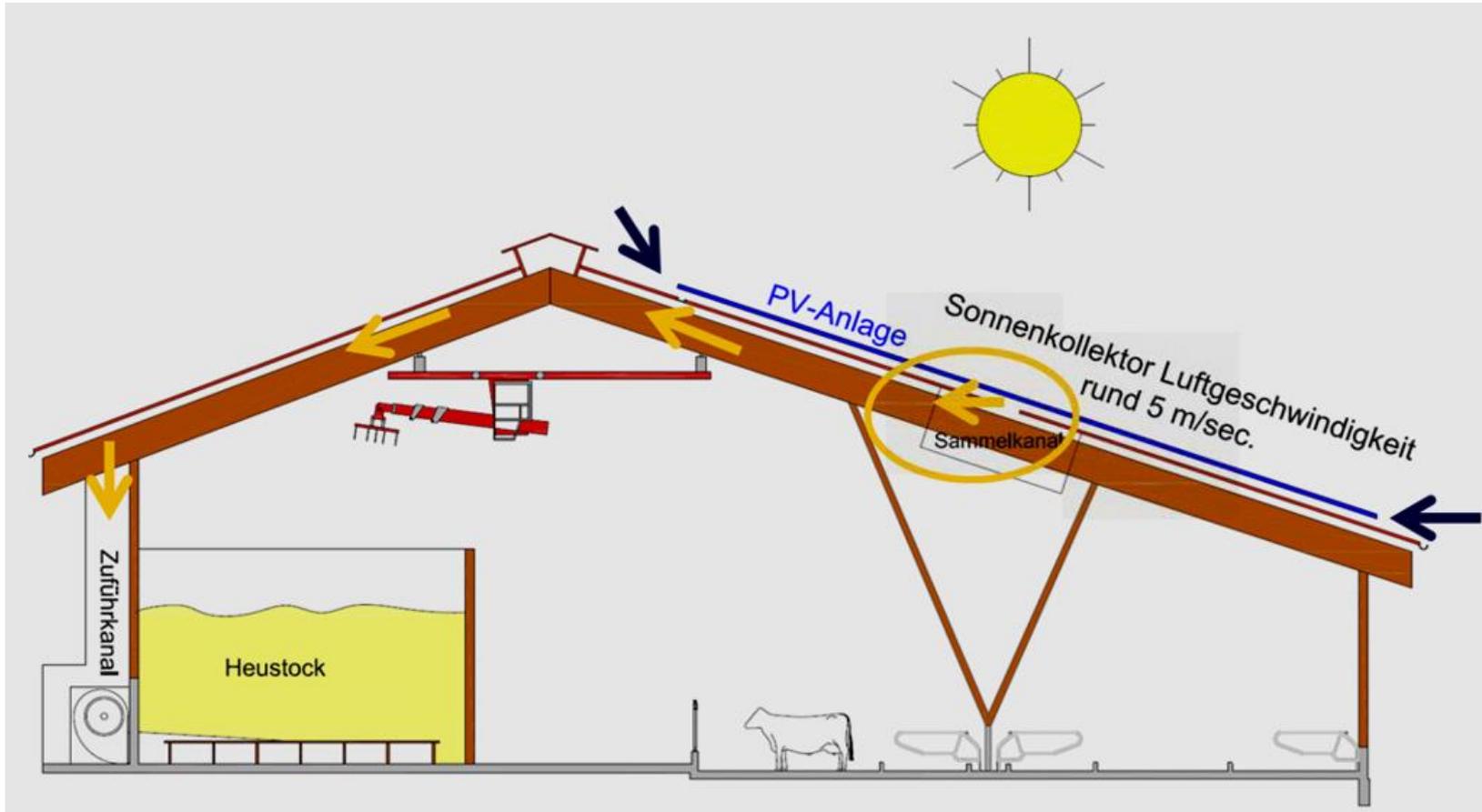
Kanalhöhe	cm	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
Luftgeschwindigkeit	m/s	2.2	2.32	2.44	2.59	2.75	2.93	3.14	3.38	3.67	4
Druckverlust	Pa	7	8	9	11	12	15	18	22	28	35
Wirkungsgrad	%	45.1	45.9	46.7	47.5	48.2	48.9	49.6	50.2	50.9	51.5
Temperaturerhöhung	K	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8	4.9	4.9	5

**Kollektorfeld 2**

Kanalhöhe	cm	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
Luftgeschwindigkeit	m/s	2.2	2.32	2.44	2.59	2.75	2.93	3.14	3.38	3.67	4
Druckverlust	Pa	7	8	9	11	12	15	18	22	28	35
Wirkungsgrad	%	45.1	45.9	46.7	47.5	48.2	48.9	49.6	50.2	50.9	51.5
Temperaturerhöhung	K	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8	4.9	4.9	5

Platzierung der Öffnung im Dach und der Abstand vom Dach zur PV-Anlage sind idealerweise vorgängig berechnen zu lassen!  
 Bei bereits aufgebauten Anlagen können kaum mehr brauchbare Lösungen umgesetzt werden!

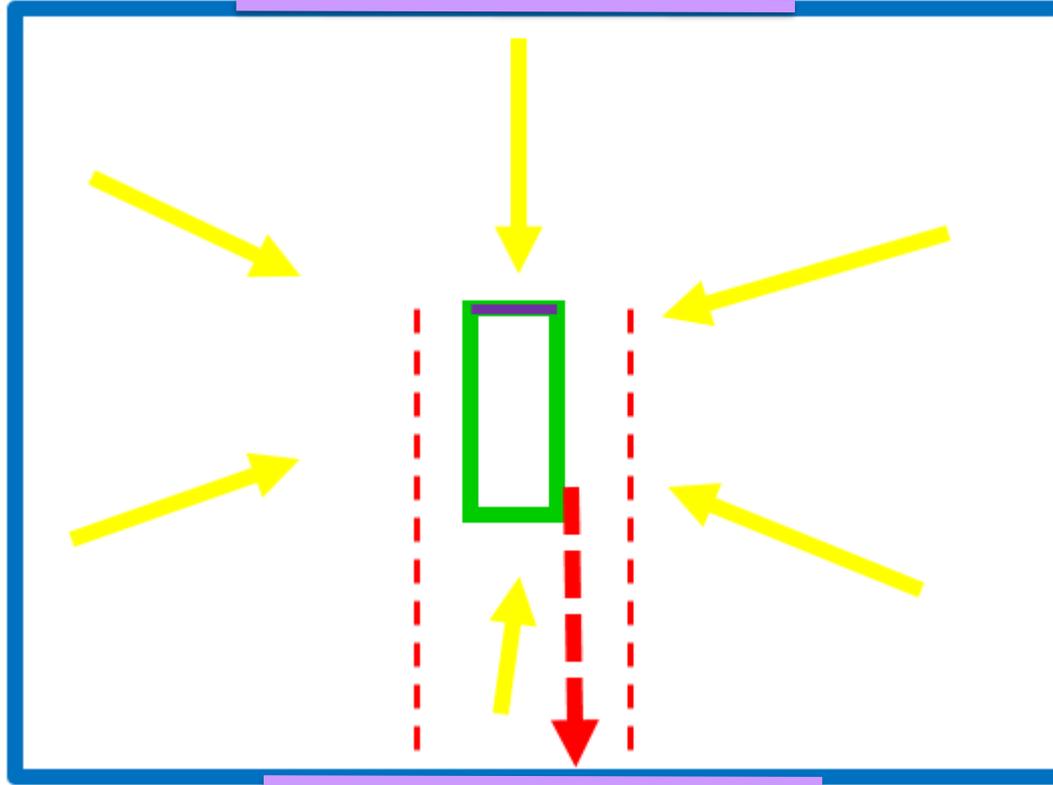
# Beispiel: natürliche Hinterlüftung



# Beispiel Platzierung: Beim Vordachansatz



# Beispiel Platzierung: Vertikal im mittleren Binderfeld



*Achtung:  
Wird eine PV  
Anlage auf einen  
bestehenden  
Kollektor  
aufgebaut,  
verliert dieser  
seine Leistung!*

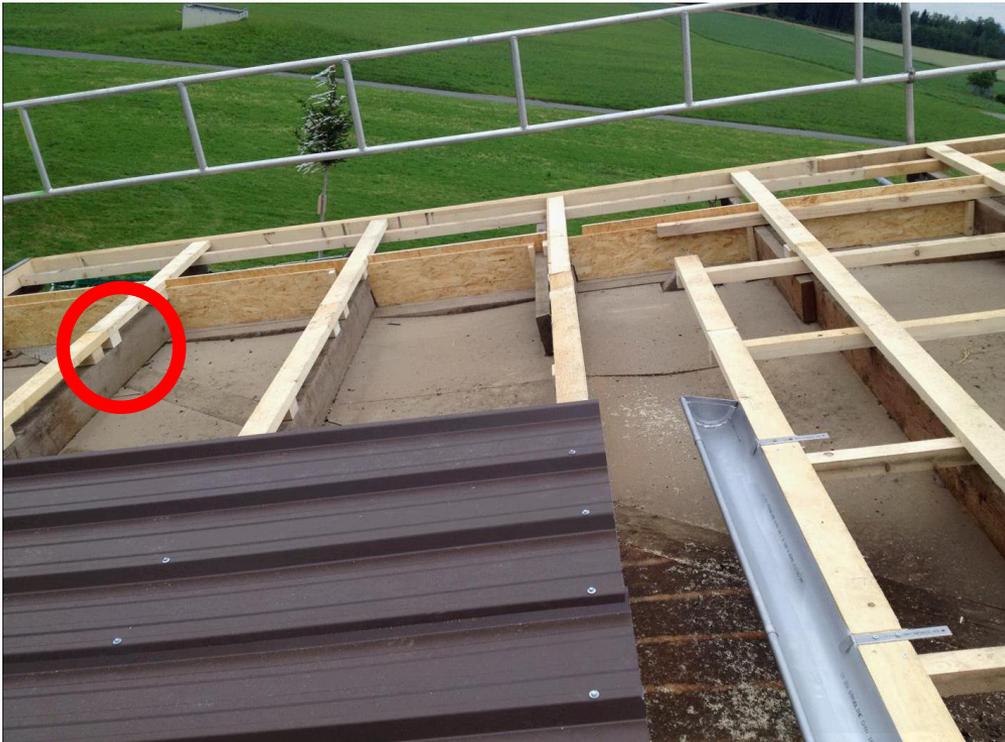
Die Luftzuführung zum Lüfter erfolgt in der Regel **im mittleren Binderfeld** (max. Luftgeschwindigkeit 5m/s beachten).  
Oberhalb der Dachöffnung ist eine Dachrinne anzubringen (violett gekennzeichnet).  
**2-4 Eternitplatten bis unter die PV-Anlage anheben** → in der Regel mind. 20cm Abstand von Dach zu PV-Anlage notwendig (max 5m/s)  
Ev. Dachöffnung unten und oben **verjüngen**

# Problematik bei PV-Aufbau auf bestehenden Warmdächern

## → Das bestehende Warmdach wird keine Wärme mehr liefern!

### Variante Ersatz der alten Dachhaut

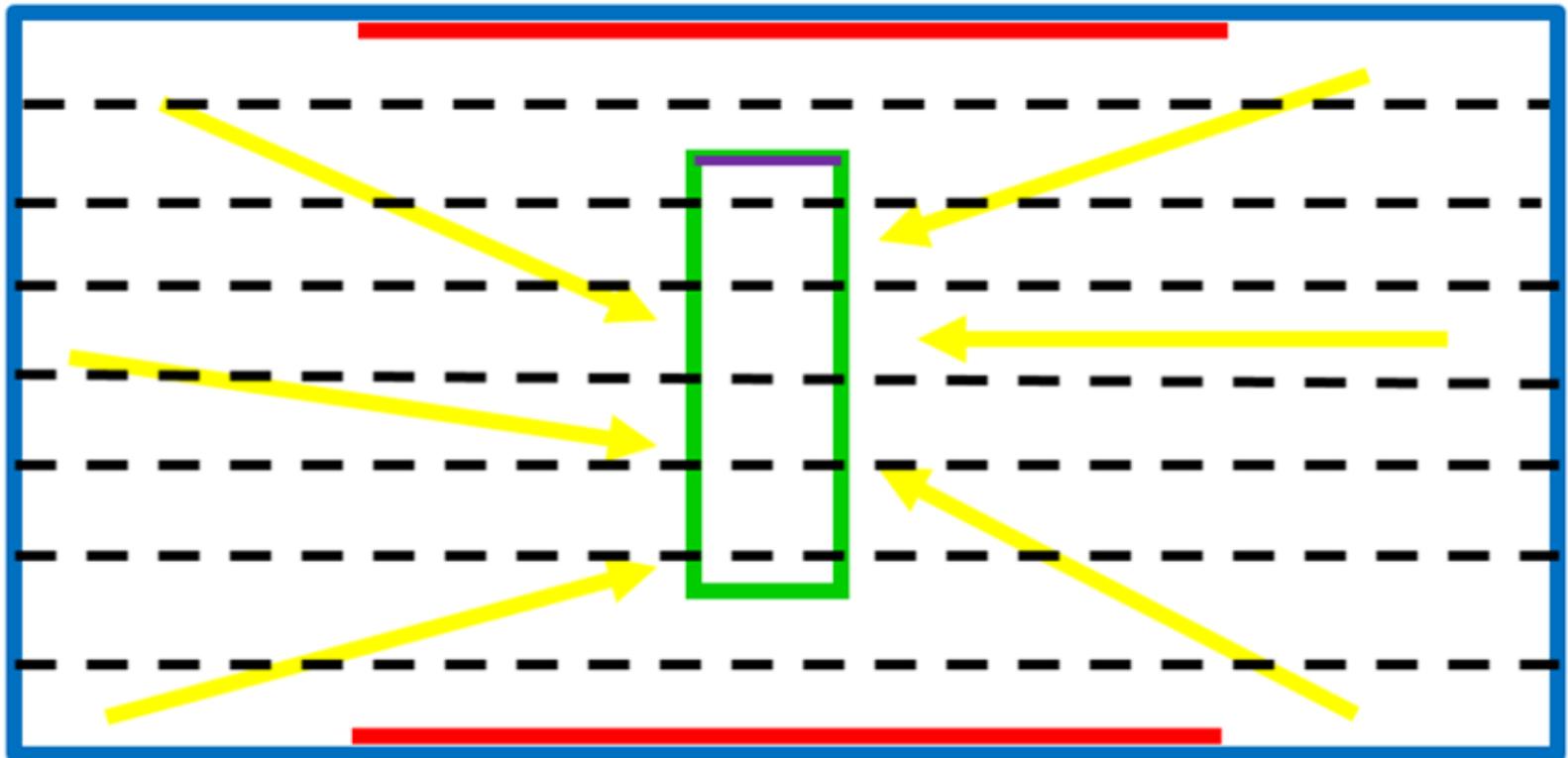
- Auflattung der auf den bestehenden Pfetten, so dass die Luft jedoch weiterhin zwischen den Kollektorfeldern zirkulieren kann
- Längsseitiger Schlitz in der Mitte des Daches. Keine Verjüngung notwendig
- Ohne Auflattung mit Zirkulationsmöglichkeit wäre die gesamte Luft im gleichen Pfettenfeld (zu hoher Luftwiderstand)



# Problematik bei PV-Aufbau auf bestehenden Warmdächern:

## Variante von einem Pfettenkollektor:

- mehrere Eternitplatten werden bis unter die PV-Anlage angehoben.
  - Oben und unten werden **Verjüngungen** angebracht (Reduktion Öffnung von ca. 15 auf 3cm)
  - Der alte Kollektor wird stirnseitig verschlossen
- Sehr kostengünstige Lösung. Die bestehende Luftführung kann weiter genutzt werden und das Warmdach behält seine Effizienz



# Beispiel In-Dach Anlagen

Sicherstellung einer natürlichen Hinterlüftung nicht möglich  
→ Zwangslüftung mit Temperaturfühler installieren (Ventilator oder Klappe).

Gibelseitige Anbringung gegenüber traufseitiger Anbringung des Entlüftungsventilators bevorzugen (gegen die Thermik ist eine gleichmässige Luftabsaugung fast nicht möglich, so dass es «tote» Felder gibt).



# Besten Dank für die Aufmerksamkeit



**Übrigens:** das Konzept ist auch für Hackschnitzeltrocknungsanlagen oder Luftwärmepumpen anwendbar