Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Kostengünstige Alternative zum herkömmlichen EWT

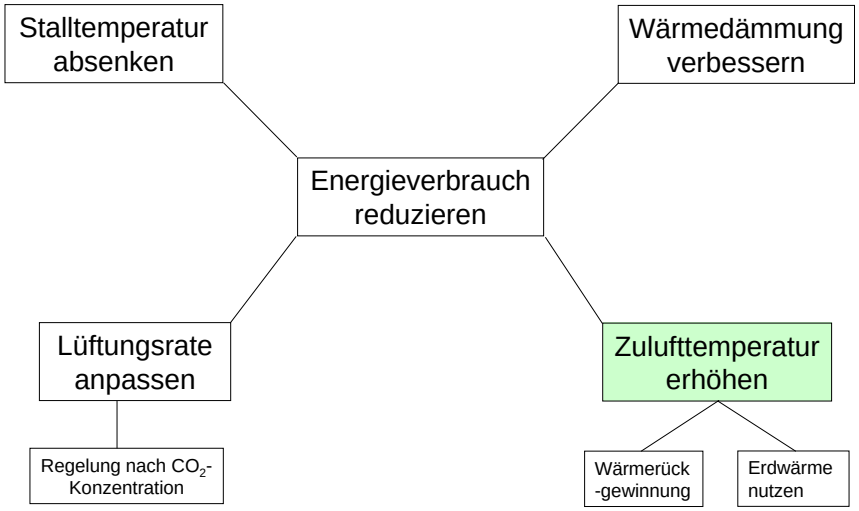
Ludo Van Caenegem

ALB Fachtagung 28.02.08, Hohenheim

Inhalt

- Rippenrohr-Erdwärmetauscher (EWT)
  - Heiz- und Kühlleistung
  - Bemessung/Investitionen/Wirtschaftlichkeit
- Alternative Erdwärmenutzung im Hohlraum unter dem Stall
  - Bauliche Aspekte
  - Klimamessungen Stall 1
  - Klimamessungen Stall 2
  - Heiz- und Kühlleistung
- Vergleich Hohlraumlüftung – Rippenrohr-EWT
- Bemessung des Hohlraums
- Schlussfolgerungen

Energiebedarf reduzieren

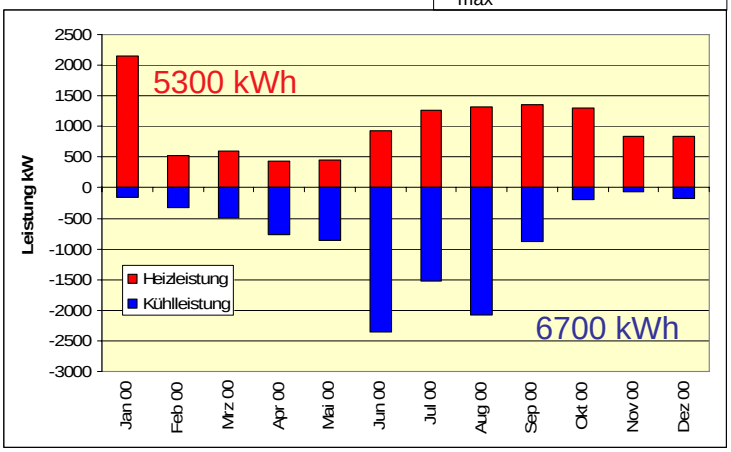


Nutzung von Erdwärme: klassischer Rippenrohr-Erdwärmetauscher

- Dank dem Rippenrohr-Erdwärmetauscher (EWT) kann in Abferkelställen auf Heizung und Kühlung verzichtet werden.
- EWT erfordern jedoch hohe Investitionen

EWT: Heiz- und Kühlleistung

3 ∅402 mm, L=39 m,
v_{max} = 3.5 m/s



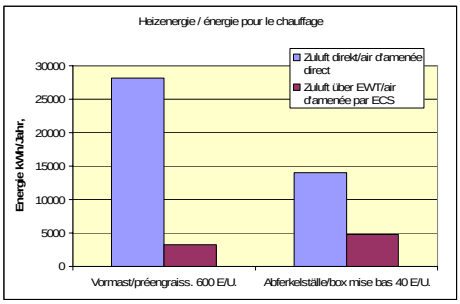
EWT: Bemessung und Investitionen

Wirkungsgrad im Sommer: 50 %

$$x = \frac{\ln(1-\eta)}{-\beta}$$

	40 Abferkelbuchten				
	Kennzahlen				
Rohrdurchmesser	0.2	0.25	0.315	0.4	0.5
Anzahl Rohre m	50	32	20	12	8
Rohrlänge m	12	18	24	32	42
Gesante Rohrlänge m	594	570	479	396	333
Rohrabstand a/a m	0.60	0.63	0.68	0.75	0.83
Zuluft/Sammelkanal Länge m	29.8	19.9	13.5	9.3	6.6
Aushub m3	1381	1294	1164	1094	1072
Aushub + zudecken Rohre Fr/m3	10	10	10	10	10
Zuluft und SammelKanal Fr/m	600	600	600	600	600
Rippenrohr Fr./m	18	21	28	42	61
	Investitionen Fr.				
Aushub + zudecken Rohre Fr.	**13808**	**12936**	**11640**	**10945**	**10715**
Zuluft und SammelKanal Fr.	**35760**	**23880**	**16200**	**11160**	**7920**
RippenrohreRohre Fr.	**10549**	**12152**	**13505**	**16623**	**20193**
Investitionen total Fr.	**60117**	**48968**	**41345**	**38727**	**38828**
Investitionen Fr./Abferkelbucht	**1503**	**1224**	**1034**	**968**	**971**
Investitionen €./Abferkelbucht	**939**	**765**	**646**	**605**	**607**

EWT: Wirtschaftlichkeit



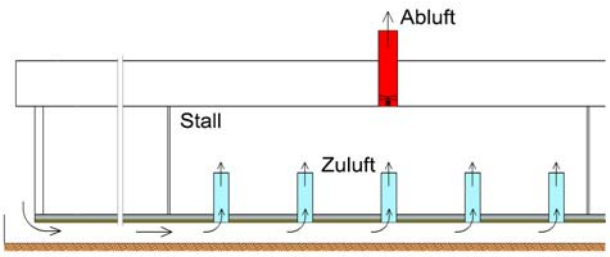
- **Beispiel Abferkelstall**
  - Energieeinsparung: 300 kWh/Jahr, Abferkelbucht
  - Kosteneinsparung: 300kWh x 0.10€/kWh = 30€./Jahr, Abferkelbucht
  - Mögliche Investitionen: $\frac{(1-(1+0.04)^{-25})\cdot 30}{0.04} \approx 470\,€ / Abferkelb.$

Abschreibung: 25 Jahre Zins : 4.0%

Alternative zum EWT

Zuluft aus dem Hohlraum unter dem Stall

- Fragen:
  - Bauliche Voraussetzungen
  - Heiz- und Kühlleistung
  - Investitionen im Vergleich zum EWT
  - Dimensionierung (Berechnungsmethode)

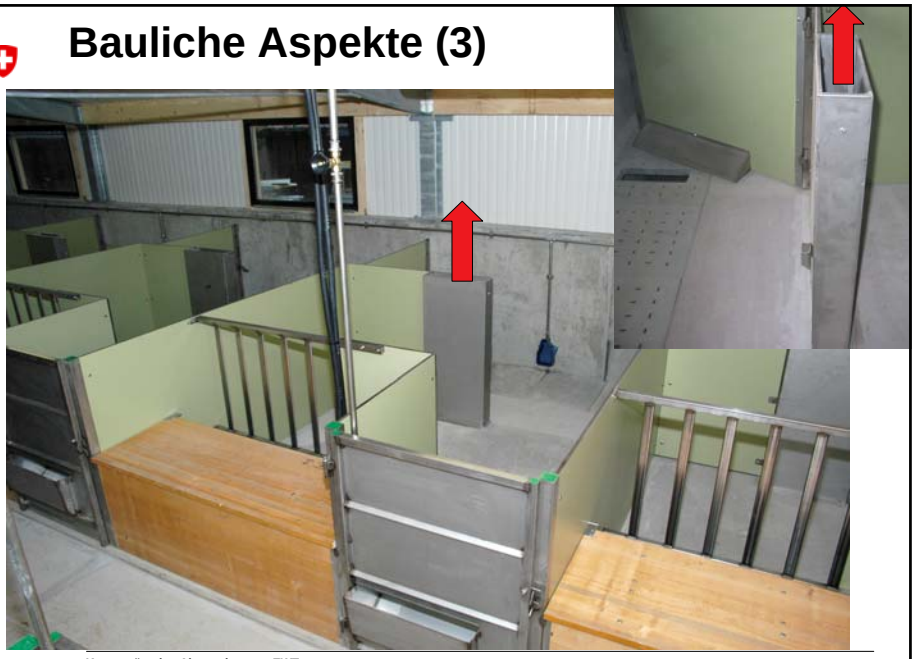


Bauliche Aspekte (1)

- Isolierte Bodenplatte
- Wände + Dach Sandwichpaneele
- Tragstruktur Stahl

Bauliche Aspekte (2)

Bauliche Aspekte (3)



Stallklimamessungen

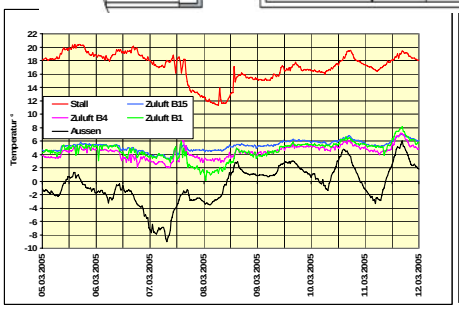
2x8 Abferkelbuchten

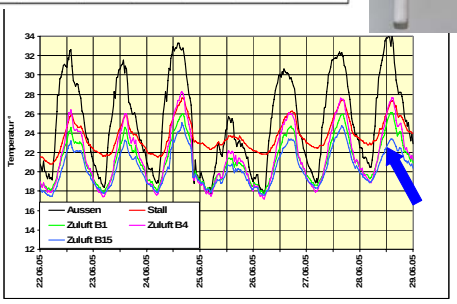
März-Oktober 2005

2x10 Abferkelbuchten

Juli 2005 – Juni 2006

Klimamessungen Stall 1: März-Okt. 2005

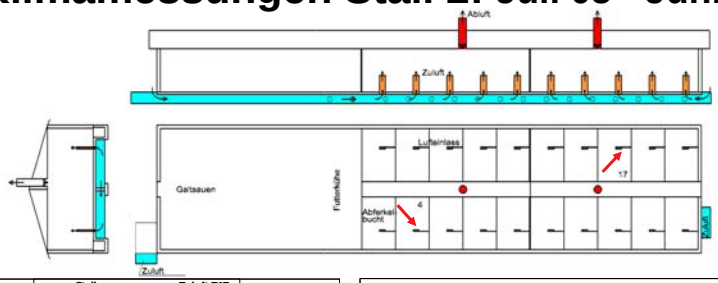


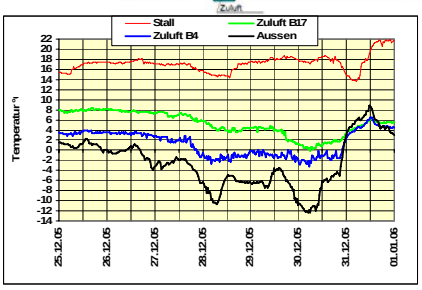


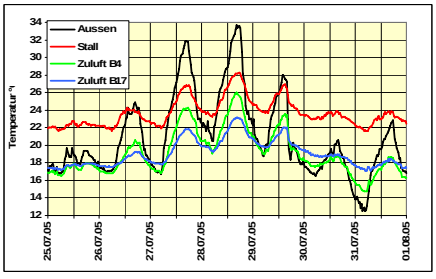
Winter: dt_{max} = 12.3 °C

Sommer: dt_{max} = -11 °C

Klimamessungen Stall 2: Juli 05 - Juni 06



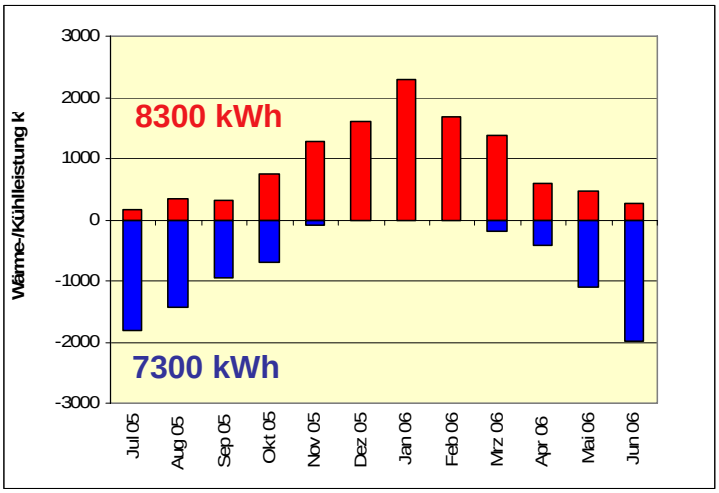




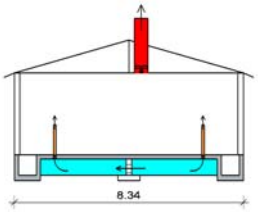
Winter: dt_{max} = 14.8 °C

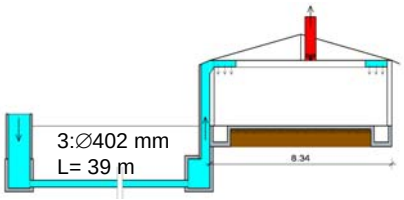
Sommer: dt_{max} = 10.5 °C

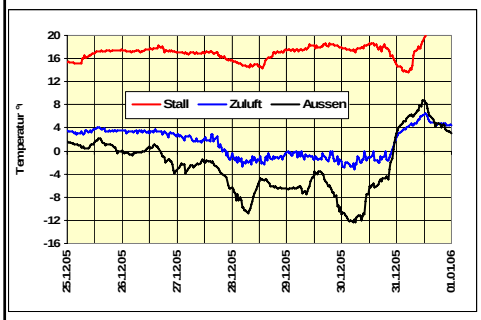
Heiz- und Kühlleistung (Stall 2)

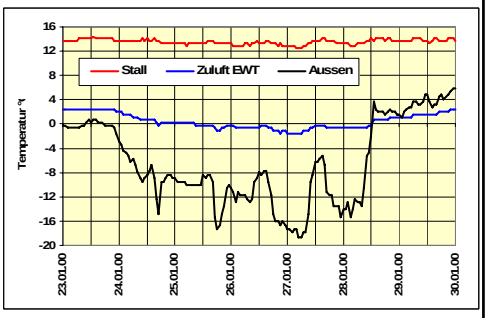


Hohlraumlüftung – EWT Winter

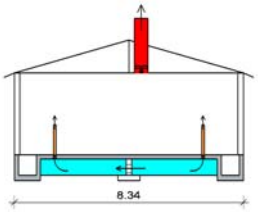


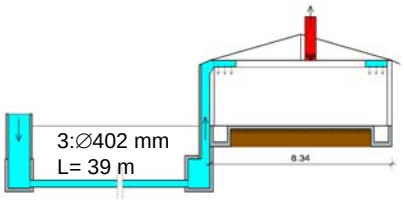


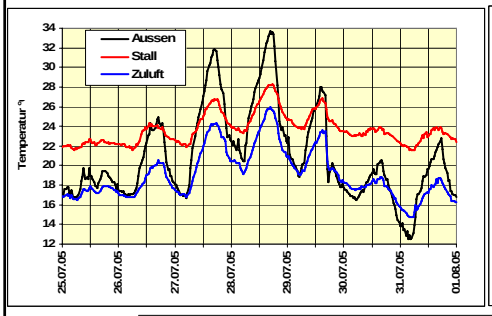


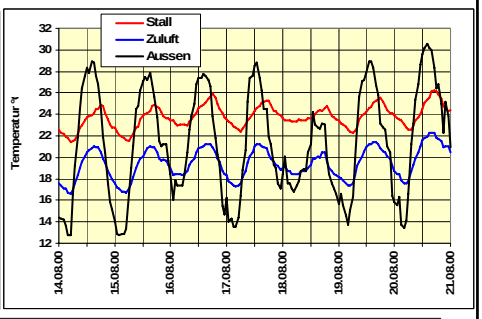


Hohlraumlüftung – EWT Sommer









Investitionen

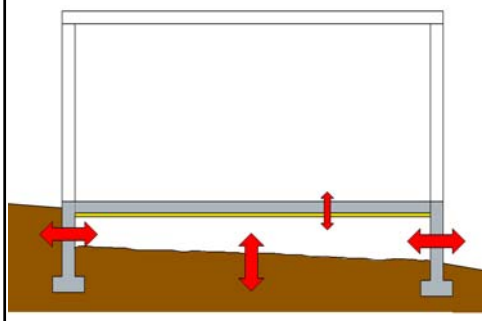
	Zuluft < Hohlraum	Zuluft < EWT
Investitionen Fr. (16 Abferkelbuchten)	3’200	10’400
Investitionen €./Abferkelbucht	200	650

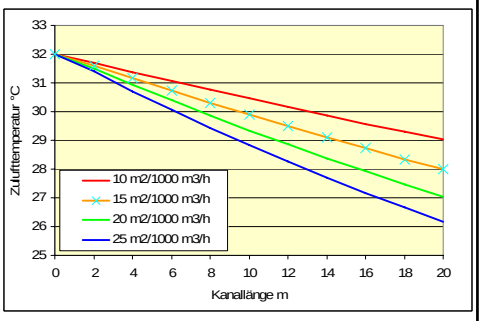
Bemessung des Hohlraums

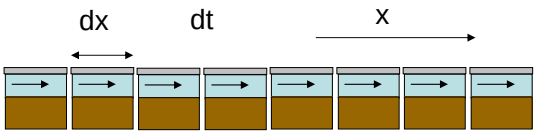
Eine Zuluftabbkühlung von 6 °C erfordert eine Wärmetausch-fläche von etwa 25 m² pro Lüftungsrate von 1000 m³/h

Stalltyp	Verfügbare Fläche	Verfügbare Fläche
	m²/kWh	m²/1000 m³/h
Abferkelstall Krieger	18.0	26.0
Ferkelaufzucht bis 25 kg	8.4	12.0
Mastschweine 100 kg	6.6	9.0
Galtsauen 250 kg	16.6	22.0

Berechnung der Wärmeleistung







$$\frac{dQ_{l,x}}{d\vartheta} = \left[P_x \cdot \alpha \cdot \left(t_{l,x} - t_{w,x}\right)\right] \cdot dx$$

$$dt_{l,x} = \frac{dQ_{l,x}}{m_l \cdot d\vartheta \cdot c_l}$$

Empfehlungen für die Praxis

- Grundfläche (m^2) ≥ 1/40 maximale Lüftungsrate (m^3/h) für eine Abkühlung der Zuluft um max. 6°C
- Luftgeschwindigkeit im Hohlraum:
  - Winter: < 0.15 m/s
  - Sommer: < 0.60 m/s
- Wenn möglich Luft ansaugen von der Südseite im Winter, von der Nordseite im Sommer
- Seitenwände des Hohlraums frostfrei gründen

Schlussfolgerungen

- Leistung:
  - Die Anwärmung der Zuluft im Hohlraum unter dem Stall ist im Winter mit der im Rippenrohr-Erdwärmetauscher vergleichbar.
  - Die Abkühlung der Zuluft im Hohlraum ist im Sommer deutlich geringer als im Rippenrohr-Erdwärmetauscher.
- Investitionen:
  - Die Investitionen für die Luftführung unter dem Stall sind bei Systembau weniger als die Hälfte im Vergleich zum Rippenrohr-EWT.
- Berechnungsgrundlagen:
  - Der Wärmefluss unter dem Stall lässt sich modellieren.
  - Das Berechnungsmodell hat sich als Planungsinstrument für die Dimensionierung von Zuluftkanälen unter dem Stall bewährt.

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit
Fragen?