

# Wärme-Kälte-Kopplungen in der Pflanzen- und Tierproduktion

Dozent Dr. sc. techn. W. Maltry, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Zu den Produktionsverfahren der Landwirtschaft gehören u. a. Prozesse mit hohen Wärme- bzw. Kälteleistungen je Standort (Tafel 1).

Der thermodynamische Prozeß der Kälteerzeugung erfordert die Aufnahme von Wärme bei der tiefen Temperatur, das „Hochheben“ dieser Wärme auf ein höheres Temperaturniveau und das Abgeben dieser Wärme an die Umgebung oder an einen Nutzer dieser Wärme. Das „Hochheben“ erfordert entweder mechanische Energie (Kompressorkältemaschine) oder ein entsprechendes Äquivalent an Arbeitsfähigkeit in Form von Wärme bei relativ hoher Temperatur (Absorberkältemaschine). Das Verhältnis von Nutzen ( $\hat{=}$  abgegebene Wärme) und Aufwand ( $\hat{=}$  mechanisches Antriebsenergieäquivalent) wird als Leistungsziffer  $\epsilon$  bezeichnet. Für den thermodynamisch idealen Prozeß erreicht sie höchstens den Wert des Carnot-Prozesses

$$\epsilon_{\max} = \epsilon_c = \frac{T}{T - T_0}$$

$\epsilon_{\max}$	maximale Leistungsziffer
$\epsilon_c$	Leistungsziffer des Carnot-Prozesses
T	Kelvintemperatur der abgegebenen Wärme
$T_0$	Kelvintemperatur der aufgenommenen Wärme.

Sie also ist in besonderem Maß von der Temperaturdifferenz zwischen „warmer“ und „kalter“ Seite abhängig. Bereits aufgrund der Eigenschaften der Kältemittel wird diese optimale Leistungsziffer nicht erreicht. Die entsprechenden Gütegrade  $\eta_{ig}$  betragen kältemittel- und temperaturabhängig 0,68 bis 0,93. Reibung und Ventilverluste reduzieren in ausgeführten Anlagen die Leistungsziffer weiter auf bestenfalls die Hälfte des thermodynamisch idealen Wertes.

Der reine Wärmepumpenbetrieb läßt aufgrund dieser Zusammenhänge nur bei solchen Prozessen eine wirtschaftliche Anwendung erwarten, wo der Wärmebedarf des Verbrauchers nur um wenige Kelvin über dem Temperaturniveau einer nutzbaren Wärmequelle (Umgebungsluft oder Fluß) bereitzustellen ist. Ein Beispiel hierfür ist die Belüftungstrocknung. Die erforderliche Antriebsenergie des Koppelprozesses bleibt auch dann beachtlich niedrig, wenn man beachtet, daß in praktischen Anlagen das Doppelte der für den idealen Prozeß erforderlichen Antriebsenergie benötigt wird. Die erreichbare Wasserverdunstung wird je Kilogramm Luft um so geringer und verläuft um

so langsamer, je günstiger der wärmeenergetische Aufwand ist, so daß diese Art der Trocknung bestenfalls für die Sätztrocknung im Lager, nicht aber für Durchlaufstrocknung Verwendung finden sollte.

Energiewirtschaftlich günstiger ist die Wärme-Kälte-Kopplung, d. h. die Nutzung der Abwärme von Kälteprozessen mit dem Ziel, durch diese Art der Substitution den Verbrauch anderer Wärmeträger zu reduzieren. Auch die Kopplung ist energetisch um so günstiger, je niedriger die für die Abwärmenutzung erforderliche Temperatur ist. Bereits bewährt hat sich in der Praxis die Warmwasser-Vorwärmung durch die Milchkühlanlage in Milchviehanlagen. Am Kondensator fällt das erwärmte Kühlwasser mit einer Temperatur von rd. 45 °C an und reicht somit für soziale Zwecke und für einige Reinigungsaufgaben aus. Die weitere Erwärmung eines Teils dieses Kühlwassers auf 70 bis 90 °C z. B. durch Elektroheizung ist gegenüber der Warmwasserbereitung im Kesselhaus dann wirtschaftlich vertretbar, wenn – in den Sommermonaten – auf die Inbetriebnahme des Kesselhauses nur für die Warmwasserbereitung verzichtet werden kann. Erschwerend für die Nutzung ist, daß sowohl im Tagesverlauf als auch im Jahresverlauf Kältebedarf und Wärmebedarf zeitlich normalerweise nicht zusammenfallen. Kälte-Wärme-Kopplung ist deshalb besonders dort wirtschaftlich aussichtsreich einzusetzen, wo für eine längere Einsatzzeit örtlich nebeneinander und gleichzeitig Kälte- und Wärmebedarf bestehen.

Aussichtsreiche Anwendungsfälle bestehen bei landwirtschaftlichen Erntegütern überall dort, wo einerseits die konservierende Behandlung mit einer Wärmezufuhr bei relativ niedriger Temperatur vorgenommen wird, andererseits aber der Verderb von stoßartig anfallendem Erntegut durch Kühlung und Zwischenlagerung bis zur eigentlichen Konservierung wirksam unterbunden werden kann. Mögliche Anwendungen dieser Art sind denkbar für

- Annahme und Belüftungstrocknung von Grassaatgut
  - Nacherntebehandlung von Zwiebeln.
- Es erscheint ferner aussichtsreich, die bei vorhandenen Kältemaschinen anfallende Kühlwärme für die Intensivierung der Heubelüftungstrocknung zu nutzen. Diese Nutzungsart bietet folgende Vorteile:
- Wärmebedarf besteht während der Sommermonate
  - Wärmebedarf besteht nur bei 5 bis 10 K über Umgebungstemperatur

- Fortsetzung der Belüftungstrocknung auch bei zeitweilig abgeschalteter Kältemaschine möglich
- Nutzungsmöglichkeit der Investitionen für die Wärmeübertragung an die Luft als Kühleinrichtung für die Kältemaschine anstelle des bisher üblichen Kleinkühlturms
- Reduzierung der Luftrate ( $m^3/t$  Heu und h), da je Kubikmeter Luft eine größere Wassermenge aufgenommen wird; dadurch Einsparung an Energie für die Lüftung bzw. Beschleunigung der Trocknung
- Vergrößerung der Schichthöhe je Belegung mit entsprechenden arbeitswirtschaftlichen Vorteilen; das Aufbringen der Gesamtleistung in einer einzigen Schicht ist gesondert zu prüfen.

Diese Kopplung von Kältemaschine und Heubelüftungstrocknung ist überall dort denkbar, wo leistungsfähige Kältesätze installiert und am selben Ort die Bedingungen für den Aufbau von Heubelüftungsanlagen gegeben sind, wie z. B. bei

- Milchviehanlagen
- Kühllagern
- Apfellageranlagen.

Für jeden möglichen Einsatzfall sind sorgfältige energieökonomische Vorbereitungsarbeiten durchzuführen. Hierzu gehören:

- Analyse des jahreszeitlichen und tageszeitlichen Wärme- und Kälte-Bedarfs
- betriebliche Auswirkungen für die Fälle „kein Kältebedarf/kein Kühlwärmefall“ und „kein Wärmebedarf/keine Abnahme von Kühlwärme“
- Gesamtkostenrechnungen für verschiedene Varianten der Wärmebereitstellung und -nutzung
- Abschätzung des Wärmespeicherbedarfs, falls Wärmeproduktion und -bedarf zeitlich überbrückt werden müssen.

Die mögliche Wärme-Kälte-Kopplung ist in allen ihren Auswirkungen einer traditionellen Lösung mit getrennter Wärmeerzeugung gegenüberzustellen.

## Zusammenfassung

Wärme-Kälte-Kopplungen sind nur dann gesamtwirtschaftlich vertretbar, wenn Kältemaschine und Wärmeabnehmer in bezug auf folgende Faktoren diese Kopplung rechtfertigen:

- Temperaturen
- Abwärmeleistung und Wärmeleistungsbedarf
- jahreszeitliche und tageszeitliche Einsatzzeit
- Kostenminimum im Vergleich zu alternativen Varianten.

Die Kurzzeitkonservierung von Erntegütern und die Heubelüftung mit gering erwärmter Luft sind neben der bereits praktizierten Brauchwasserbereitung weitere denkbare Einsatzfälle.

Tafel 1. Beispiele für Prozesse mit hohen Wärme- bzw. Kälteleistungen je Standort in der Landwirtschaft

	Anlagengröße bzw. Durchsatz	Wärme- und Kälte-Bedarf	Temperatur
Heißlufttrocknung	12 t/h	rd. 14 MW	bis 900 °C
Zwiebel-Wärmebehandlung	800 t/Sektion	4 MW	bis 45 °C
Milchkühlung	MVA 1930	bis 4 GJ/d	35 ... 5 °C
Kühlagerung von Gemüse	800 t/Kühlsektion	bis 150 kW	0 ... 5 °C
Stallheizung	z. B. 600 Schweine	90 kW	15 ... 25 °C