Nacherntetechnik:
Optimierung von Trocknungsverfahren – Aktueller Stand und Perspektiven

Thomas Ziegler
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)

Martin Böhner
Universität Hohenheim

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Verbundvorhaben Trocknung

Martin Böhner
Joachim Müller

Teilvorhaben 1 – Universität Hohenheim

- Kontinuierliche Bandtrockner – geschnittene Ware
- Hordentrockner, kleine Flächentrockner
- Grundlagenuntersuchungen

Thomas Ziegler
Jochen Mellmann

Teilvorhaben 2 – ATB

- Große Flächentrockner – ungeschnittene Ware
- Einsatz von optimierten Wärmepumpen
- BHKW-Abwärmenutzung

Effizienzsteigerung der Flächentrocknung

Aktueller Stand

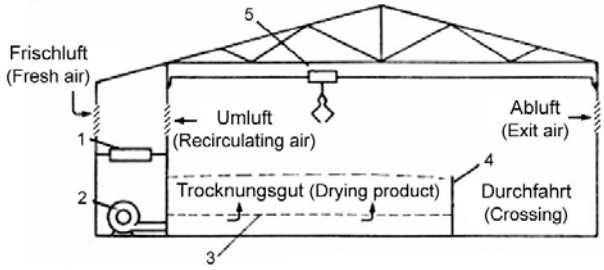
- Energiekosten bisher 30 - 55 % der Verfahrenskosten
- Thermodynamische und primärenergetische Analysen
- Kombiniertes Trocknungsverfahren:
  Wärmepumpen + konventionelle Lufterwärmung
- **30 % Energieeinsparung bereits realisiert**

Perspektiven

- Optimierte Wärmepumpen + BHKW-Abwärmenutzung
- Gleichmäßige Trocknung:
  Computational Fluid Dynamics (CFD)
- Teilumluftbetrieb, Abluftnutzung
- **50 % Energieeinsparung möglich**
- Transfer der Ergebnisse:
  Individuell optimierte Anlagen erforderlich

Konventionelle Flächentrocknung

- **Hohe Schlagkraft**
  für große Anbauflächen
- **Unverzügliche Trocknung**
  ohne Zwischenlagerung
- **Gute Qualität** durch niedrige Trocknungstemperaturen
- **Geringer Arbeitskräftebedarf**
- **Unkompliziertes Verfahren**
  für unterschiedlichste Produkte
- **Bisher hoher spez. Energiebedarf**
  8,5 - 12,5 MJ / kg Wasser bzw.
  0,9 - 1,4 Liter Öl / kg Trockenware
- **Großes Optimierungspotenzial**
  insbesondere in den östlichen BL



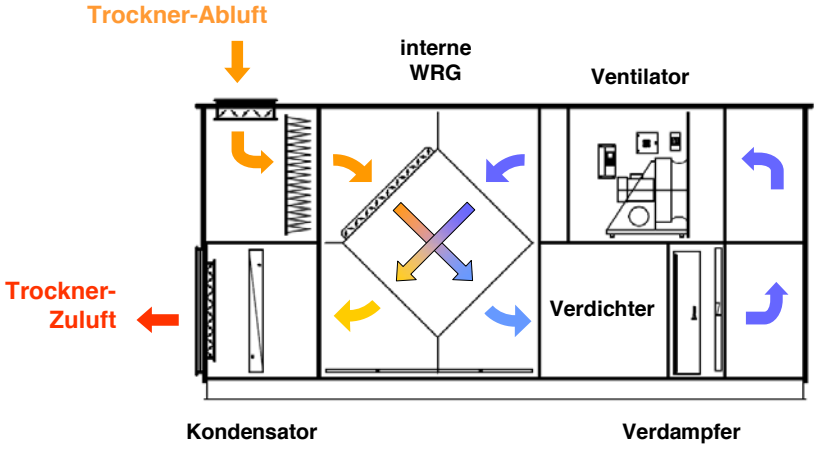
1 Wärmeübertrager (Heat exchanger)
2 Radiallüfter (Radial fan)
3 Flächenrost (Perforated floor)
4 Rostbegrenzung (Grate border)
5 Brückenkran mit Greifer (Gantry crane with grabber)

Rockendorf: 2 Wärmepumpen für 6 Trocknungsroste
Agrarprodukte Ludwigshof e.G. (2007)

Nöbdenitz: 2 Wärmepumpen mit Wärmerückgewinnung
Agrargenossenschaft Nöbdenitz e.G. (2010)

Interne Wärmerückgewinnung (WRG)

Vorkühlung der Trockner-Abluft
=> Sinkende Leistung des Kältemittel-Verdichters



Mobiler Wärmepumpentrockner für praxisnahe Untersuchungen

Wärmepumpe mit Hochleistungs-Wärmerückgewinnung

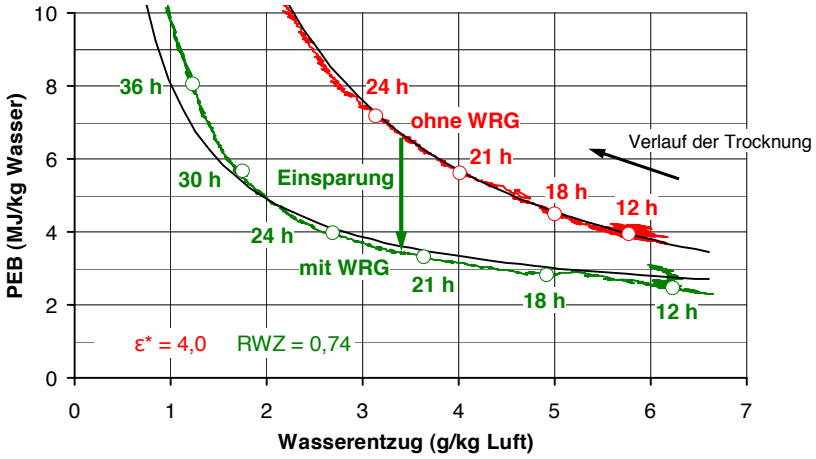
- Exakt definierbare Trocknungsbedingungen
- Produktspezifische Versuche
- Satztrockner 2,5 m²
- Luftmenge 1.500 m³/h
- Wasserentzug bis 12 kg/h

Scale-up Nöbdenitz

- Wärmepumpen-Rost 120 m²
- Luftmenge 2 x 35.000 m³/h
- Wasserentzug bis 560 kg/h
- Übertragung des Regelungskonzepts

Experimenteller Nachweis der Energieeinsparung

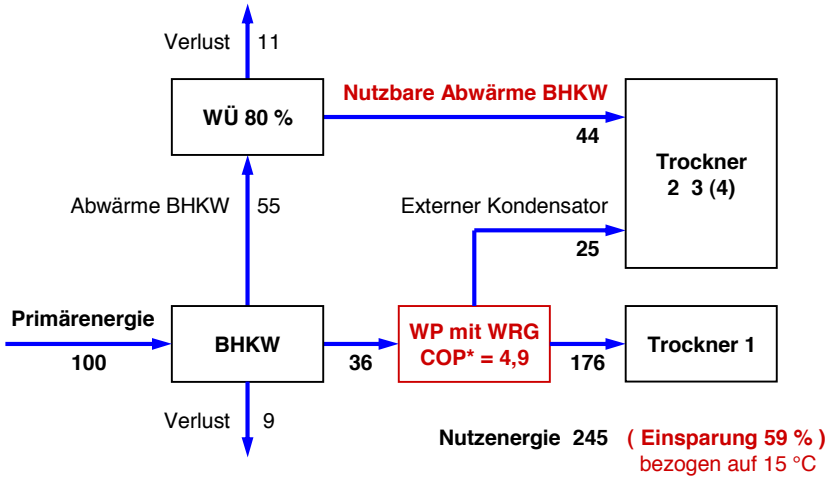
Beispiel: Trocknung von Kamilleblüten



PEB = Spezifischer Primärenergiebedarf
ε* = Leistungszahl Kältemaschine
RWZ = Rückwärmzahl

WP = Wärmepumpe
WRG = Wärmerückgewinnung

Potenziale des kombinierten Verfahrens



Nutzenergie 245 **(Einsparung 59 %)**
bezogen auf 15 °C

BHKW = Blockheizkraftwerk, WP = Wärmepumpe, WÜ = Wärmeübertragung
Gütegrad der internen Wärmerückgewinnung (WRG) steigt im Verlauf der Trocknung
COP* (coefficient of performance) einschließlich Hilfsantrieben (WP-Ventilator)

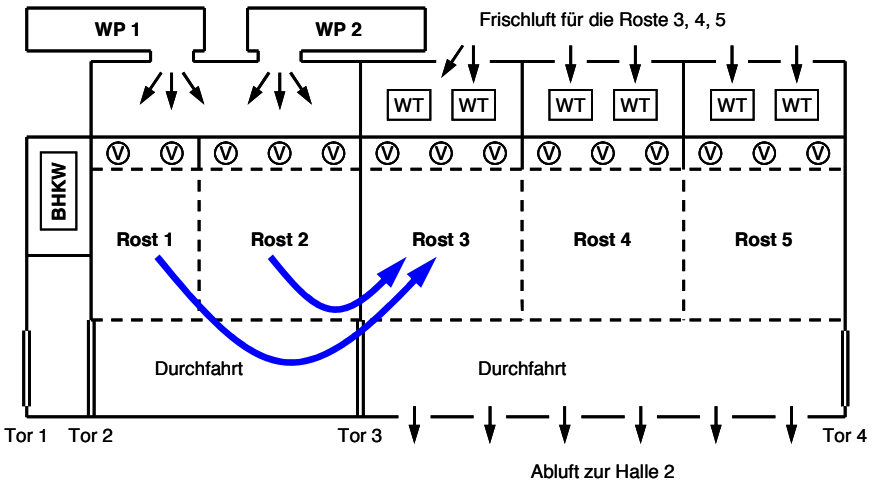
Individuell unterschiedliche Anlagenkonzepte

	Rockendorf	Nöbdenitz
Inbetriebnahme	Neubau 2007	2010 Umbau
Rostfläche gesamt	312 m²	330 m²
Anzahl Roste	2 x 3	2 + 3
Primäres Produkt	Kamilleblüten	Krautdrogen
Trocknungszeit	ca. 3 Tage	ca. 4 Tage
Umlagerung	NEIN	JA
Bewirtschaftung	Kranbahn	Teleskoplader
Wärmepumpen	ohne WRG	mit WRG
Gasheizung	dezentral	zentral
BHKW	Biogas (2010)	Erdgas
Abluftnutzung	benachbarte Roste	Halle 2
Teilumluftbetrieb	JA	NEIN

Umsetzung des kombinierten Verfahrens

Nöbdenitz

Entfeuchtungsleistung bis zu 560 kg/h

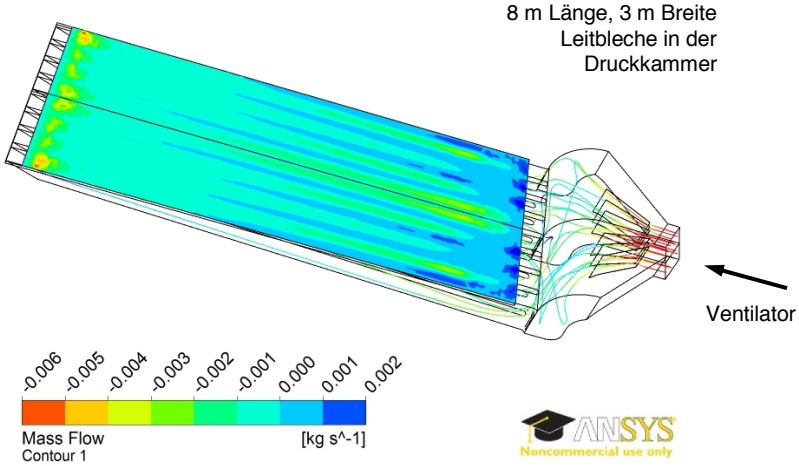


Rockendorf
Boxensystem mit 2 Wärmepumpen
Belegung mit Kamille (Blüten)
Belegung mit Melisse (Ganzpflanzen)
Trocknung von Baldrian (Wurzeln)

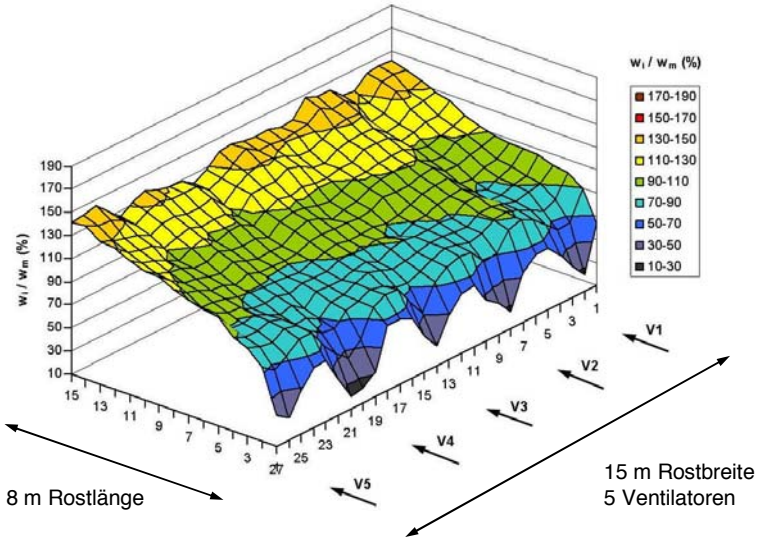
Nöbdenitz
Halle mit separatem Wärmepumpen-Rost
Anlieferung (Wärmepumpen-Rost)
Belegung (Wärmepumpen-Rost)
Umlagerung (konventionelle Roste)

Luftverteilung – Strömungssimulation (CFD)

Beispiel: Luftmassenstrom am Austritt
aus einem Rostsegment
8 m Länge, 3 m Breite
Leitbleche in der
Druckkammer



Luftverteilung – Messungen am leeren Rost



Zusammenfassung

Trocknungskosten entscheiden über wirtschaftliche Effizienz

- Flächentrocknung: Bewährtes, schlagkräftiges Verfahren
- Wärmepumpen + konventionelle Lufterwärmung
  - interne Wärmerückgewinnung
  - BHKW-Abwärmenutzung
- **Bis zu 50 % Energieeinsparung realisierbar**

Aktuelle Forschungsaufgaben

- Nachweis durch energetisches Monitoring
- Produktspezifische Analyse des Trocknungsverhaltens von Blüten-, Kraut- und Wurzeldrogen
- **Energieoptimierte Regelung**
  - Einfluss veränderlicher Witterungsbedingungen
  - Teilumluftbetrieb / Abluftnutzung
  - Logistik der Bewirtschaftung
- Vergleichmäßigung der Luftverteilung (CFD)

Handlungsbedarf zur Erweiterung der Anbaufläche

Technologietransfer in die Praxis

- Hohe Energieeffizienz – hohe Investitionskosten
- **Wirtschaftlich insbesondere bei Produktionserweiterungen**
- Unterschiedliche Anlagenkonzepte – individuell optimierte Lösungen
- Kompetente Beratung von Unternehmen organisieren

Förderrichtlinien anwenden für energieeffiziente Trocknung

- EU-Richtlinie 2009/28/EG vom 23.04.2009
  - **Einsparung von Primärenergie ist erneuerbare Energie**
  - Konkrete EU-Leitlinien für Wärmepumpen bis 01.01.2013
- Vielzahl von Bundesprogrammen
  - "Strom aus Biomasse / Biogas" : gesetzlich klar geregelt
  - "Energieeffizienz" : derzeit nur für Gewächshäuser
  - "Gewerbekälte" : Abwärme aus Produktionsprozessen
- Klare Rahmenbedingungen für Agrarbetriebe wünschenswert