



## Modul 4.2



# Trocknung von Kräutern und Gewürzen

**Dr. Sturm, Barbara, von Gersdorff, Gardis**

Zugehörigkeit: Uni Kassel, Ökologische Agrarwissenschaften

Witzenhausen (Germany)

[barbara.sturm@uni-kassel.de](mailto:barbara.sturm@uni-kassel.de)



*Modul: Nachhaltige Verarbeitung ökologischer Lebensmittel*

# Gliederung

- Allgemeine Ziele und Herausforderungen der Dehydrierung
- Qualitätsparameter für getrocknete Kräuter
- Ziele in der Kräutertrocknung
- Einflussfaktoren auf die Kräuterqualität
- Weitere Einflussfaktoren



# Lernerfolge



**Dieses Modul soll dem Anwender ein tieferes  
Verständnis des Trocknungsprozesses von Kräutern  
vermitteln und die Einflussfaktoren auf hohe  
Produktqualität und effiziente Verarbeitung aufzeigen**

# Allgemeine Ziele der Dehydrierung

- **Reduzierung** des Feuchtigkeitsgehaltes
  - **Reduzierung** der chemischen und biologischen Aktivität
  - **Verlängerung** der Haltbarkeit
  - **Verhinderung** von Trockenmasseverlusten
  - **Einfache und kostengünstige** Handhabung von Produkten
  - **Erhalt** Sie die ernährungsphysiologischen, biologischen und technischen Eigenschaften des Produktes
- Dehydration von Lebensmitteln ist für **15-25%** des industriellen Energieverbrauchs bei **niedrigen Energieeffizienzwerten** (35-45%) und oft unbefriedigender Produktqualität verantwortlich

Der Feuchtigkeitsgehalt der feuchten Basis (MC<sub>wb</sub>, auch als W bekannt) ist am häufigsten für Landwirte und Produzenten und wird wie folgt definiert:

$$\text{MC}_{wb} = \frac{\text{Wassermasse}}{\text{Trockenmasse} + \text{Wassermasse}} \times 100$$

Kräuter und Gewürze sind stetig bei **10 %** MC<sub>wb</sub>

Trockener Basisfeuchtigkeitsgehalt ( $MC_{db}$ , auch bekannt als X) ist für Wissenschaftler am üblichsten und wird als definiert

$$MC_{db} = \frac{\text{Wassermasse}}{\text{Trockenmasse}} \cdot 100$$

Er wird wie folgt umgewandelt:

$$MC_{wb} = \frac{MC_{db}}{100 + MC_{db}} \cdot 100 \quad \text{or} \quad MC_{db} = \frac{MC_{wb}}{100 - MC_{wb}} \cdot 100$$

# Herausforderungen während des Trocknungsprozesses

## → Vitaminabbau

- Die meisten Vitamine sind nicht stabil hitzestabil oder werden durch enzymatische Oxidation reduziert

## → Änderungen in Struktur, Textur, Farbe, Geschmack, Protein-Denaturation

- Protein/Lipid Oxidation
- Verlust von ätherischen Ölen

## → Oft nicht vollständig rekonstituierbar

- Eine vollständige Wiederbefeuchtung ist nicht möglich; es kann weniger Wasser aufgenommen werden, als während des Trocknens verloren geht

# Herausforderungen in der industriellen Trocknung

## **Ausgangssituation** (Mujumdar, 2007)

- Veraltete technische Geräte
- Unnötig lange Trocknungszeiten
- Erhöhter Energiebedarf
- Abhängigkeit von Öl- und Gaspreisen
- Notwendigkeit der Anpassung
- Die Produkttemperatur ist normalerweise unbekannt

## **Erfolge**

- Gezielte Prozesskontrolle
- Technisch einfach umsetzbare Lösungen (Upgrade von Geräten)
- Erhöhte Kapazität oder kleinere Geräte
- Flexibilität in der Produktion
- Reduzierung von Energiekosten und -anforderungen

## Prozessanalyse und -optimierung

- Thermodynamik
- Produktqualität
- Operation nach Einheit oder Teil des gesamten Prozesses

## Processkontrolle (Lufttemperatur, -geschwindigkeit und rel. Luftfeuchtigkeit)

- Einstufig
  - Mehrstufig, zeitgesteuert (Chua et al., 2000)
  - Mehrstufig, basierend auf optischer Analyse (Martynenko, 2008)
- Messwerte müssen verwendet werden, um dem System eine Rückmeldung zu geben, z. Anpassung der Prozessparameter
    - Zu jedem Zeitpunkt des Trocknungsprozesses sollte die Beziehung zwischen **Lufttemperatur, -geschwindigkeit** und **relativer Luftfeuchtigkeit** ausgeglichen sein

# Qualitätsparameter für getrocknete Kräuter

➔ Was bedeutet Qualität?

- **Sie definiert den Grad der Konvergenz zwischen der Erwartung an / den Bedarf eines Produkts und seinen tatsächlichen Eigenschaften**
  - Produktqualität
  - Prozessqualität
  - Verbraucher (Händler) orientierte Qualität



# Die Qualität von Kräutern wird definiert durch



- Farbe (Aussehen)
- Menge der ätherischen Öle / Aroma (Geruch, Geschmack, Nährwert)
- Nährwert (Vitamine etc.)
- Sekundäre Pflanzenbestandteile (Nährwert)
- Struktur (Aussehen)

Es ist **nicht vermeidbar**, die Parameter während des Dehydratisierungsvorgangs durch Oxidation und Verdampfung negativ zu beeinflussen, Veränderungen können jedoch auf ein Minimum reduziert werden

→ Trocknen kann die Qualität des Rohmaterials nicht verbessern!

Mikrobieller Befall (Schimmelpilze, Hefen, bakterielle Krankheitserreger)

→ kann **nicht** durch Trocknen verringert werden, aber das Wachstum kann gehemmt werden

- Phase I (nur für regennasses Rohmaterial)
  - Verdunstung auf der Oberfläche
  - Konstante Trocknungsrate
- Phase II
  - Eindampfen aus dem Inneren von Produkten und Diffusion durch bereits getrocknete Schichten
  - Temperaturanstieg im Produkt
  - Sinkende Trocknungsrate
- Phase III
  - Weitere Verdampfung von physikalisch-chemischem gebundenem Wasser bis Feuchtigkeitsgleichgewicht erreicht ist

- Der Entwässerungsprozess für Kräuter sollte so kurz wie möglich sein
  - **Lange Trocknungszeiten** verringern die Produktqualität aufgrund chemischer und physikalischer Veränderungen
  - Erreichbar durch **produktorientierte Trocknungsprozesse** und **Kontrolle** der Trocknungsparameter
- Vermeidung von Übertrocknung
  - und daher Verlust von wertvollen Verbindungen, Farbe usw.
  - Der Trocknungsvorgang sollte gestoppt werden, wenn der endgültige Feuchtigkeitsgehalt erreicht ist, **nicht** nach einer bestimmten Zeit! Vermeidung von Übertrocknung
- Hohes **Energieeinsparpotenzial** ⇒ Reduzierung der Bearbeitungskosten

optimale Trocknung



vs.



nicht-optimale  
Trocknung

Bilder: Cuervo-Andrade, 2011

Der Trocknungsprozess zielt darauf ab, die Produktoberfläche so schnell wie möglich zu trocknen, um zu vermeiden, dass:

- **Mikrobielles Wachstum** (welches feucht und Temperatur +/- 37 ° C benötigt) stattfindet
- **Abbauprozesse** von Farbe und wertvollen Komponenten **durch Oxidation** stattfinden

Die Luftgeschwindigkeit muss ausreichend sein (mind. 0,12 m / s), um einen ausreichenden relativen Luftmassenstrom zu erreichen

- **Zu hoch** -> ungesättigte Luft, ineffizient
- **Zu wenig** -> gesättigte Luft, Feuchtigkeit bleibt auf der Produktoberfläche, ineffizient, längere Trocknungszeiten
- Gefahr der **Feuchtigkeitsansammlung** durch **ungleiche Trocknung**

Besonders bei niedrigen Temperaturen ist die Luftgeschwindigkeit der wichtigste Trocknungsparameter!

# Faktoren, die Einfluss auf die Qualität nehmen

- Vor der Trocknung:
  - Anfangsfeuchtigkeitsgehalt**
    - Bedingungen während der Ernte
  - Zeit zwischen Ernte und Verarbeitung**
    - Abbau während der Lagerung durch Selbsterhitzung, Enzyme usw.
  - Mikrobieller Befall**
  
- Während der Trocknung:
  - Lufttemperatur**
    - Erhebliche Auswirkungen auf die Produkttemperatur
    - Verluste an wertvollen Komponenten
  - Relative Feuchtigkeit innerhalb des Trockners**
  - Luftfluss** (Risiko der Rezirkulation ⇒ Ansammlung von Pathogenen)
  - Bulk (Gewicht/ Höhe)**

# Faktoren, die Einfluss auf die Qualität nehmen

- Qualitätsverlust während der Trocknung **kann nicht** in folgenden Verarbeitungsschritten kompensiert werden!
  - Die **gesamte Prozesskette** muss ausgezeichnet sein!
- Der Trocknungsprozess (Dauer, Prozessparameter) hängt vom Rohmaterial ab
  - Jeder Trocknungsprozess ist individuell und sollte abhängig von der Materialqualität und der Ladekapazität des Rohmaterials überwacht werden

# Faktoren, die Einfluss auf die Qualität nehmen

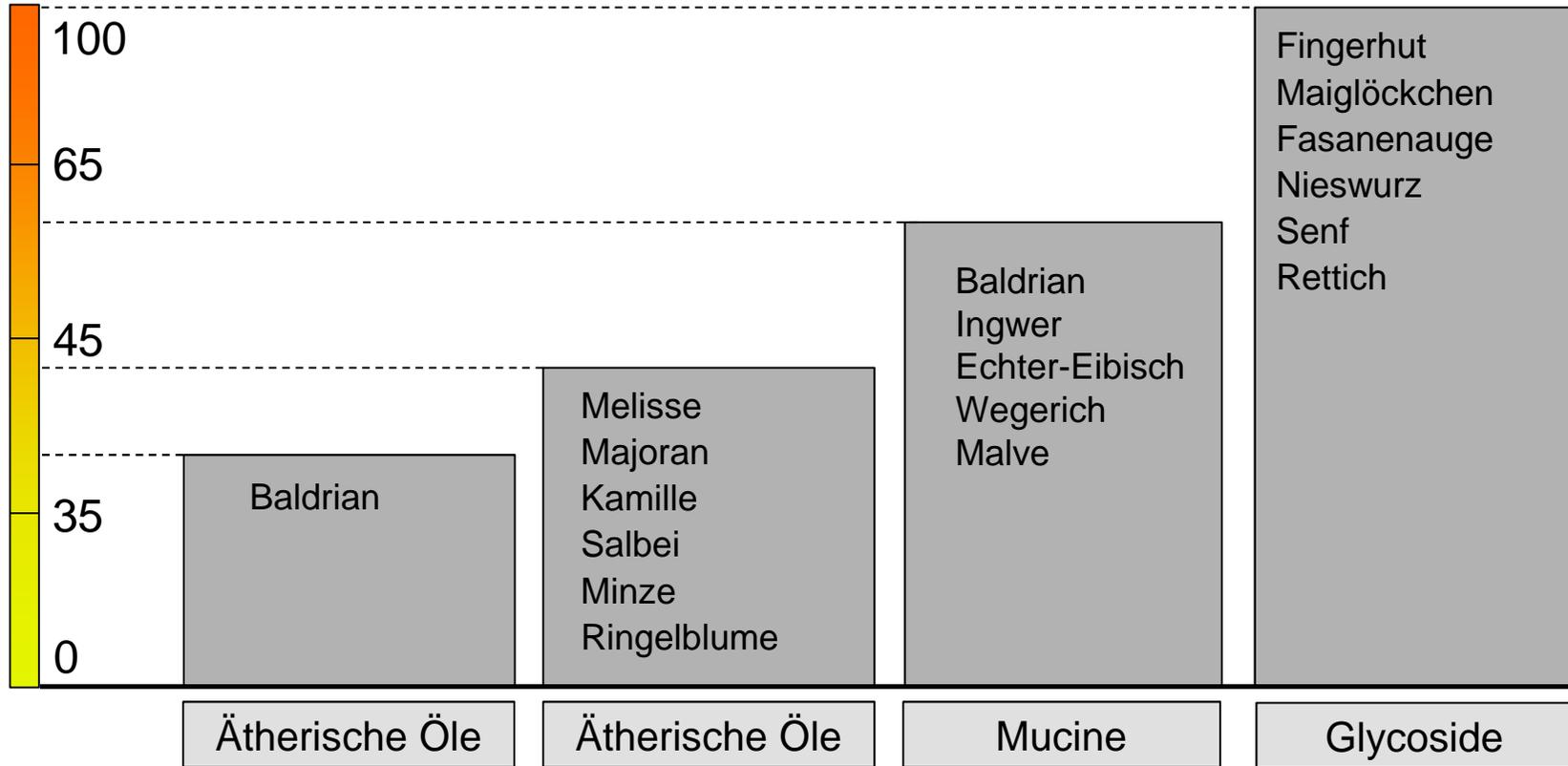
- Gezielte **kurze Trockenzeiten** setzen die Anwendung zu hoher Trocknungstemperaturen voraus
  - Poröse Oberflächen und Zellschäden des Endproduktes, Abbauprozesse

**Qualitätsverluste !!**



Bilder: Cuervo-Andrade, 2011

°C

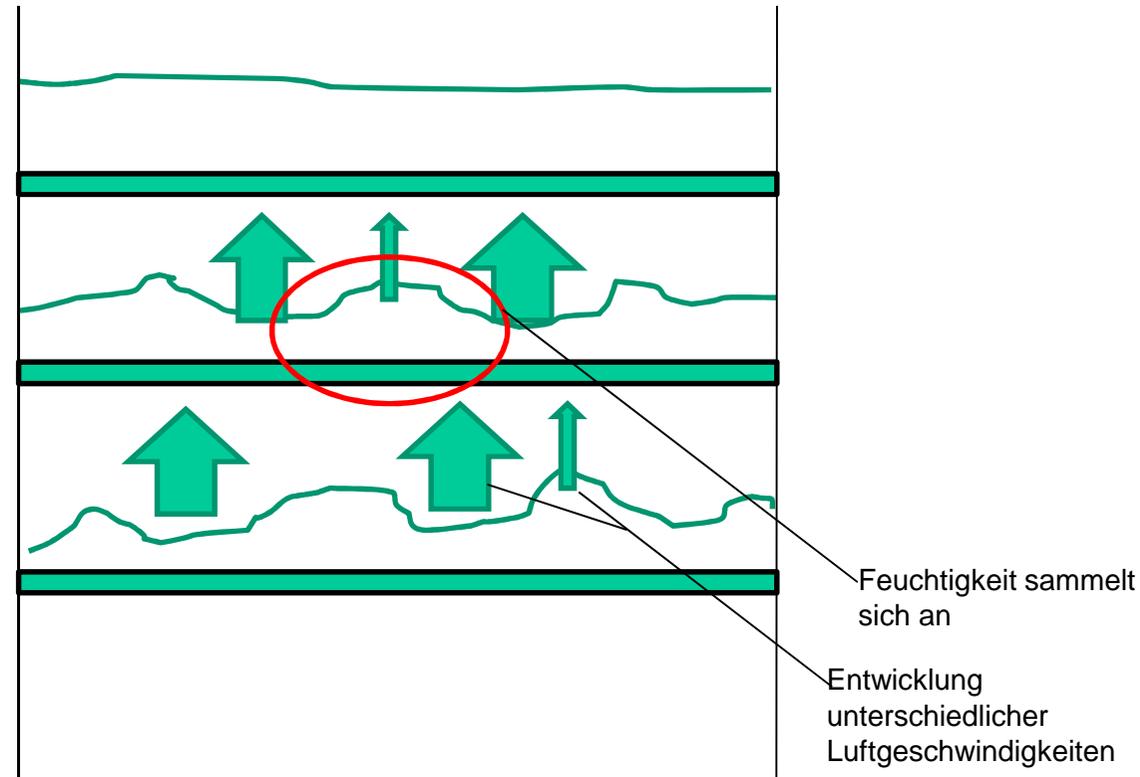


Hauptbestandteile

Cuervo-Andrade, n.d.

- Schüttung: Schüttungs-Gewicht ist ein geeigneterer Indikator als Schüttungs-Höhe, wie die Schüttungs-Höhe vernachlässigt
  - Der anfängliche Feuchtigkeitsgehalt des Rohprodukts
  - Die Partikelgröße (Volumen) -> **Änderungen der Luftverteilung im gesamten Volumen!**
  
- Luftverteilung
  - Ungleiche Luftverteilung führt zu ungleicher Trocknung der Masse
  - Kann durch kleine Änderungen der Trocknerkonstruktion verbessert werden
  - Kann durch entsprechende Lüfter verbessert werden

# Stichwort: Feuchtigkeitsansammlung



Luft geht immer den Weg des geringsten Widerstandes, was zur Ansammlung von Feuchtigkeit führt ⇒ **ungleichmäßige Luftverteilung**

# Stichwort: Feuchtigkeitsansammlung

Uneinheitliche Luftverteilung wird hervorgerufen durch:

- Zu hohe Schüttung

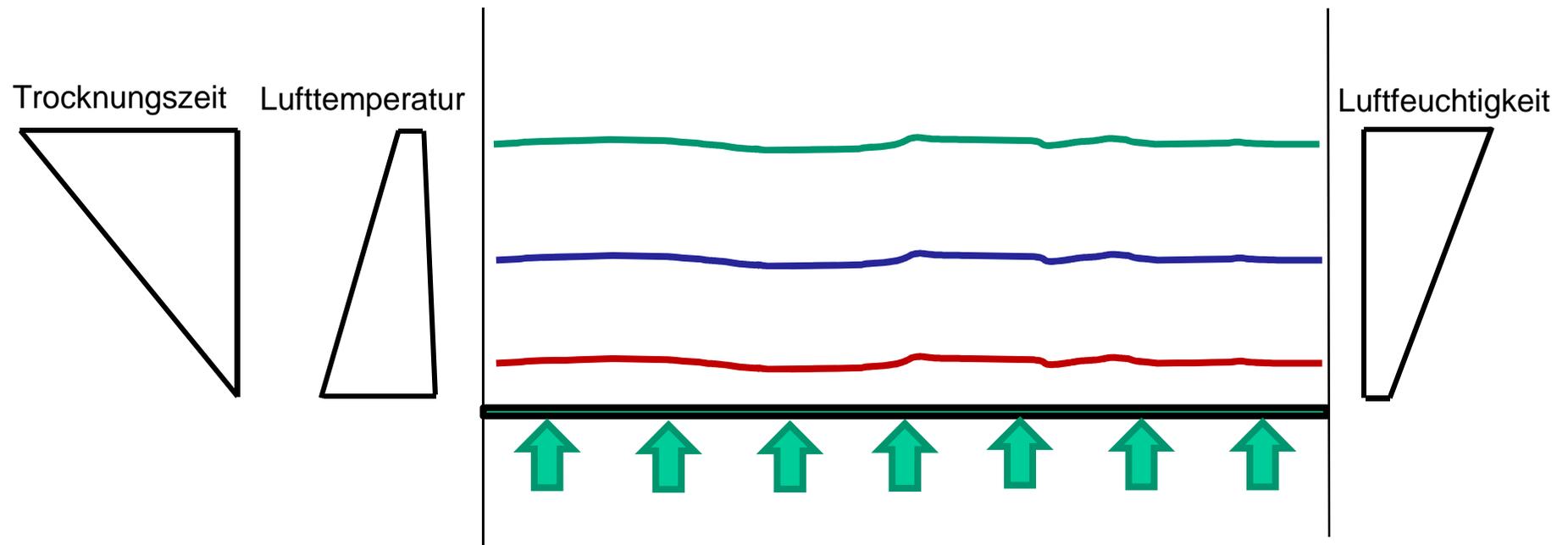
**→ Lösung: Je geringer die Schüttung, desto geringer die Verdichtung (bezogen auf die Volumenreduktion), je weniger Luftkanäle, desto besser der Luftstrom**

- Erhöhung der Luftgeschwindigkeit während der Luftwiderstand während der Trocknung abnimmt

**→ Die Luftgeschwindigkeit muss während des Vorgangs angepasst werden**

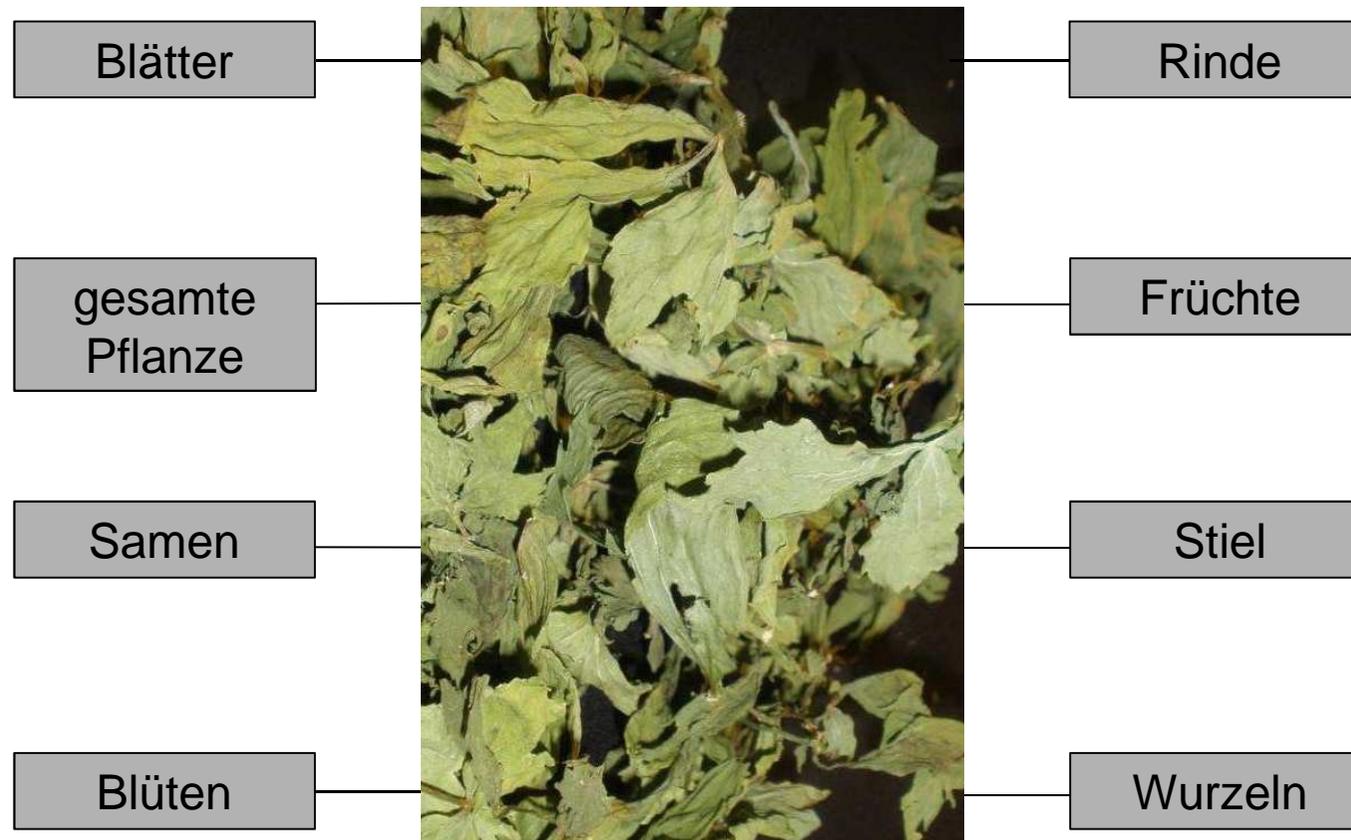
**Während des gesamten Trocknungsprozesses muss eine kontinuierliche Durchströmung der Trocknungsluft möglich sein!**

# Auswirkung auf Schüttung, Höhe der Schüttung, Geschwindigkeit und Verteilung der Luft



Je höher die Masse, desto mehr nimmt die Geschwindigkeit im gesamten Volumen ab, desto ungleichmäßiger ist die Verteilung!

# Wertvolle Teile der Pflanze



Gefahr der Austrocknung ganzer Pflanzen: Übertrocknen oder unzureichendes Trocknen verschiedener Teile (gleichgültiges Trocknungsverhalten)

# Energieverbrauch bei der Kräutertrocknung

- Energieverbrauch von ca. 2000 kJ / kg getrocknete Kräuter ist möglich!

Jedoch:

- Gemessener Verbrauch auf der Farm:
  - 8500 kJ / kg (Behältertrockner)
  - 5000-6000 kJ / kg (Bandtrockner)
  - Schlechteste Messung 20000 kJ / kg !!

# Verbesserungen bei der Kräutertrocknung

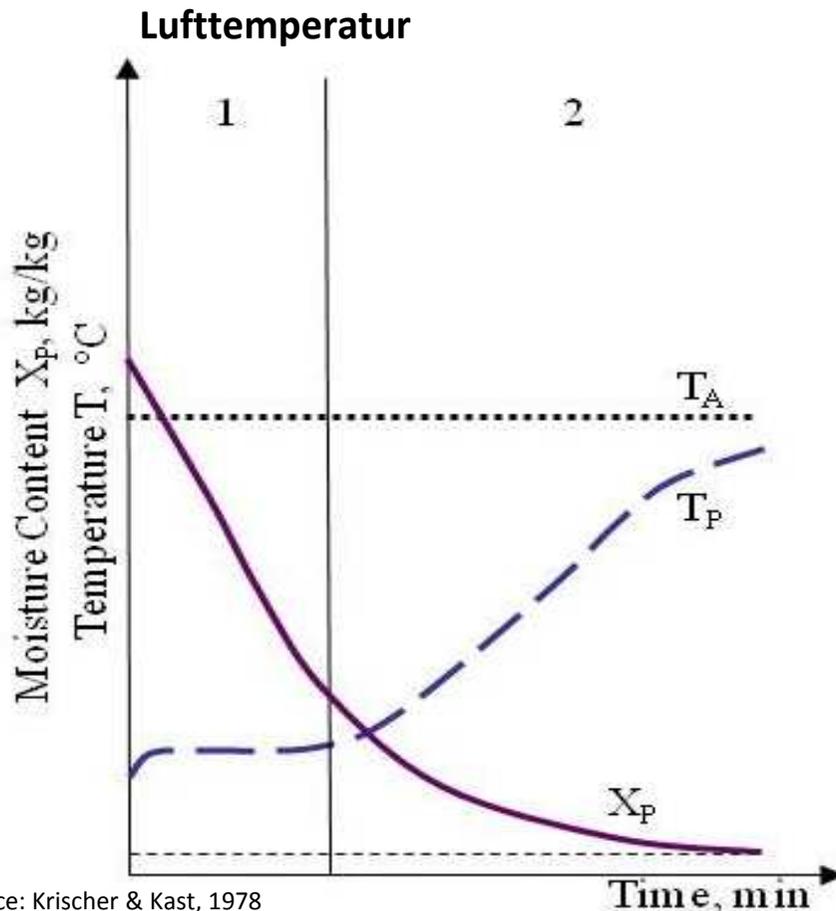
- Produktspezifische Trocknung
  - Ganze Pflanze / Teile
  - Wissen über wertvolle Komponenten
  - Angepasste Massengewichte
- Kontrolle der Luftgeschwindigkeit
  - Entfeuchtung  $\Rightarrow$  rel. Luftfeuchtigkeit  $\leq 70\%$  über dem Volumen
  - Gleiche Luftverteilung, genügend Luft verfügbar
- Produkttemperaturgesteuerte Trocknung

**Phasentrocknung:** höhere Temperaturen zu Beginn, bis die Oberfläche trocken ist, weitere Trocknung bei qualitätssparenden Temperaturen

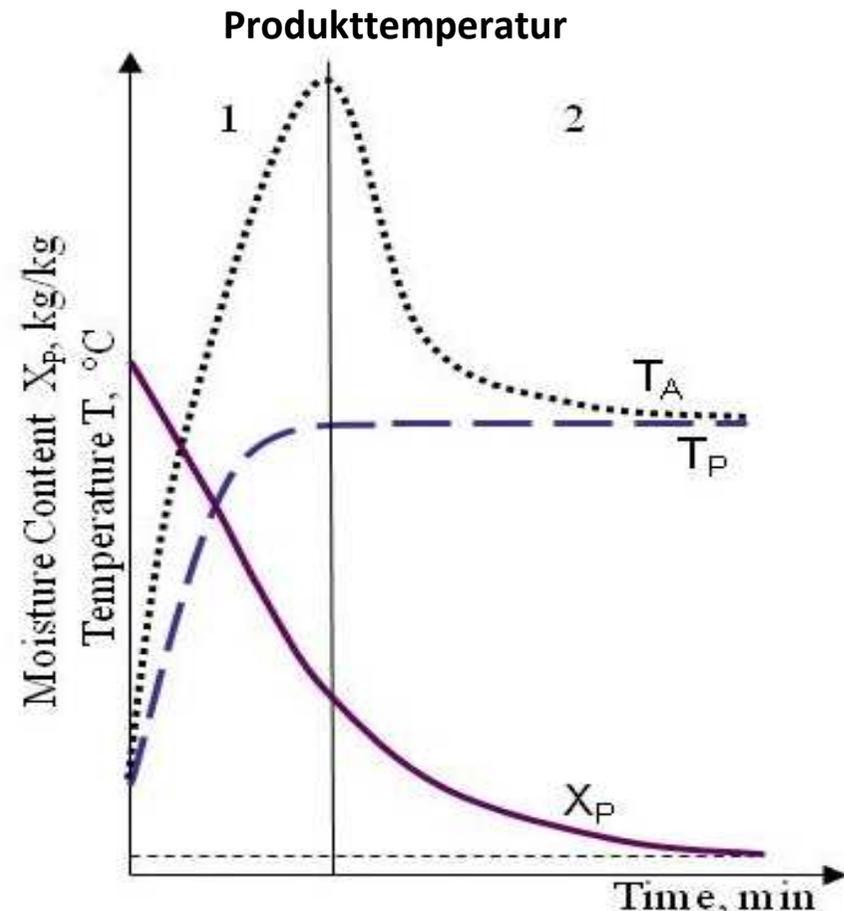
  - Qualitätsparameter müssen definiert werden
  - Kritische Temperatur muss bekannt sein

**→Verringerte Trocknungszeiten, Hohe Produktqualität**

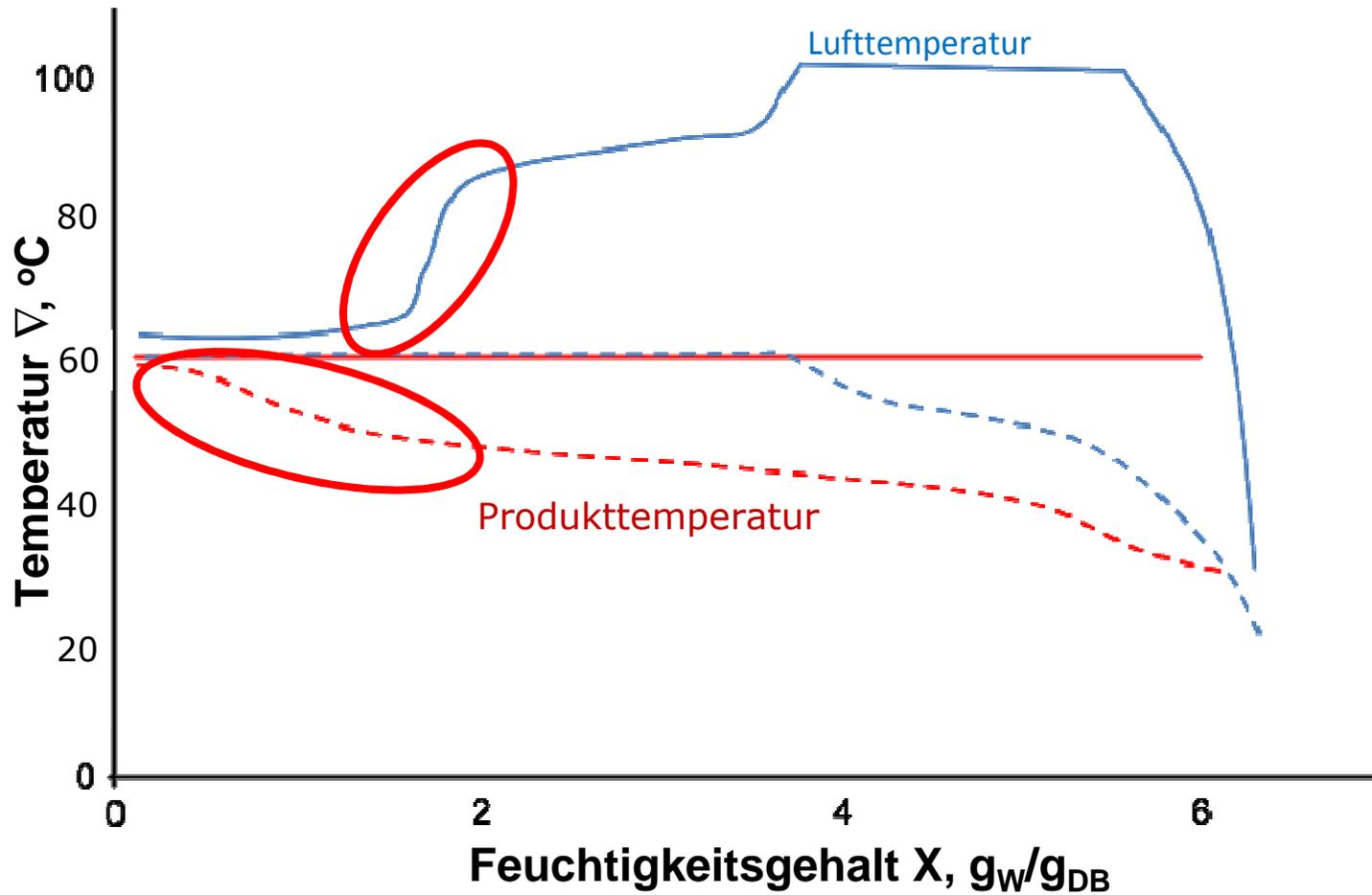
# Vergleich von Lufttemperatur- ( $T_A$ ) und Produkttemperatur-kontrolliertem ( $T_P$ ) Trocknen



Source: Krischer & Kast, 1978



# Temperaturen als Funktionen des Feuchtigkeitsgehalts



Sturm, ?

# Kostengünstige Geräte zur Messung der Oberflächentemperatur von Produkten

- **Pyrometer**
- **Infrarot-Kamera (IR)**
  - Daten können in das System zurückgeführt werden  
**Produkt-Temperaturgesteuerte Trocknung**

Des Weiteren

- **Trocknungsstrategien basierend auf Farbe**
  - CCD-Sensor-Anwendungen (RGB-Kameras etc.)
- **Trocknungsstrategien basierend auf spektrale Information**
  - Photospektrometer, Hyperspektralbildgebung usw.

**Die Trocknung von Kräutern zielt auf hohe Produktqualitäten und niedrigen Energieverbrauch ab**

deshalb

**• Sollte die Prozessdauer der Kräutertrocknung so kurz wie möglich sein**

**• Beziehen sich die Verarbeitungsparameter auf jedes einzelne Produkt**

**• Sind die Trocknungsparameter nicht festgelegt und ihre Kontrolle hängt mit den Veränderungen des Produkts während des Trocknens zusammen**

Chua, K. J.; Chou S. K.; Ho, J. C.; Mujumdar, A. S. & Hawlad, M. N., 2000. Cyclic Air Temperature during drying of guave pieces: Effects on moisture and ascorbic acid contents. *Food and Bioproducts Processing* 78 (2): 28-72.

Cuervo-Andrade, S.P., 2011, *Quality oriented drying of lemon balm (Melissa officinalis L.)*. Doctoral Dissertation, University of Kassel, Germany.

Cuervo-Andrade, S.P., n.d. Qualitätsorientierte Solartrocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen. Oral presentation.

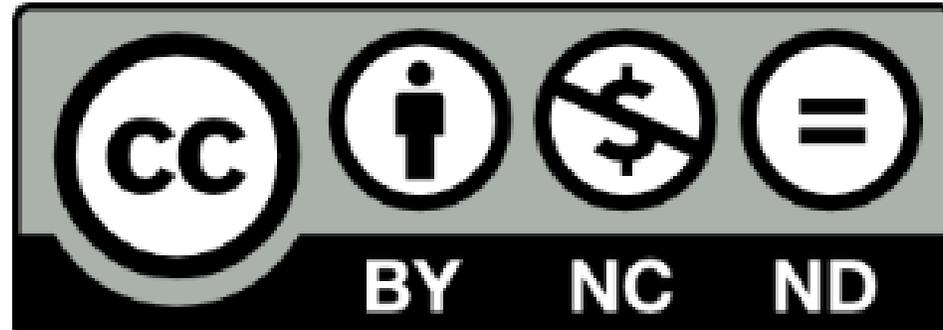
Krischer, O. & Kast, W., 1978. Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Bd. 1. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

Martynenko, A., 2008. Computer Vision System for Ginseng Drying: Remote Sensing, Control and Optimization of Quality in Food Thermal Processing. VDM Verlag, Saarbrücken

Mujumdar, A. S., 2007. Handbook of Industrial Drying. CRC Press, Boca Raton, New York, Oxon

Further reading: Ziegler, A., 2017. Leitfaden Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen. Bornimer Agrartechnische Berichte. <https://opus4.kobv.de/opus4-slbp/frontdoor/index/index/docId/12293>

- 1. Was ist die minimale Luftgeschwindigkeit, die für das Trocknen von Kräutern benötigt wird?**
- 2. Was verursacht Qualitätsverluste in getrockneten Kräutern**
  - Vor der Trocknen?
  - während des Trocknens?
- 3. Wie viel Energie sollte durchschnittlich verbraucht werden (kJ / kg getrocknete Kräuter)?**
- 4. Was ist der wichtigste Trocknungsparameter für die Trocknung bei niedriger Temperatur?**



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.