



## Modul 4.1



# Trocknung

## *Allgemeine Aspekte*

**Roberto Moschetti\*, Flavio Raponi,  
Serena Ferri, Riccardo Massantini\*\***

Department für Innovation in Bio-, Agro-Lebensmittel- und  
Forstsystemen, Universität Tuscia,  
Viterbo (Italien)

\*Autor: [rmoscetti@unitus.it](mailto:rmoscetti@unitus.it)

\*\* verantwortlich auf wissenschaftl. Ebene: [massanti@unitus.it](mailto:massanti@unitus.it)

# Gliederung

## 1. GLOBALISIERUNG DES MARKTES, ANGEBOT UND NACHFRAGE

## 2. LEBENSMITTELTROCKNUNG

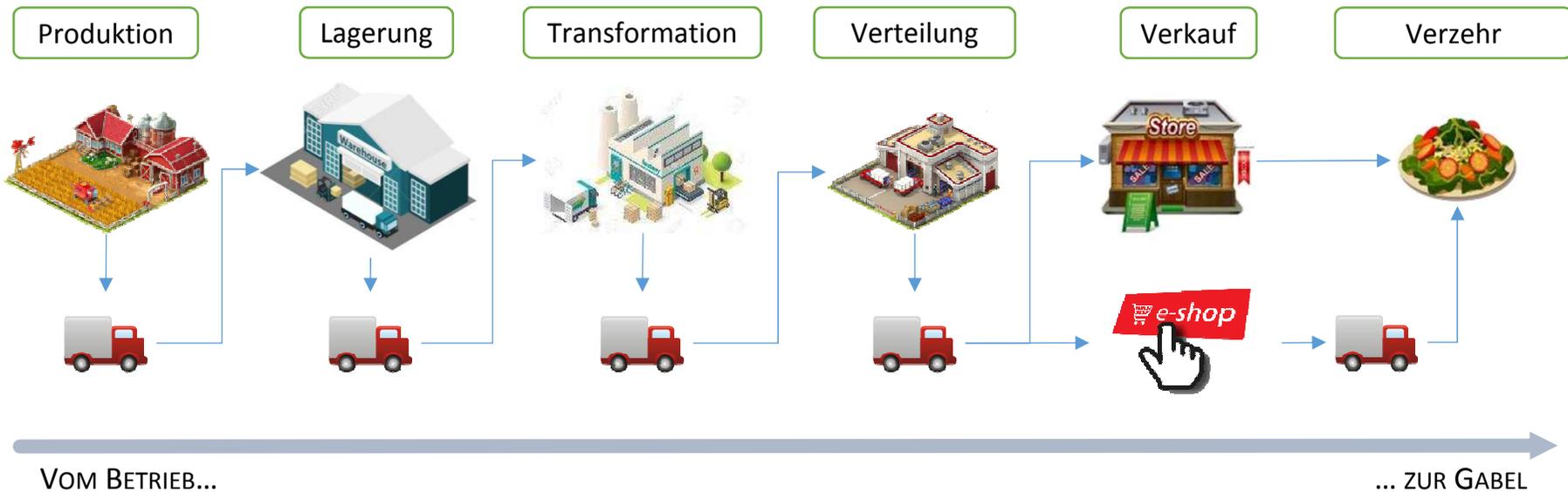
- » Ein Überblick
- » Qualität und Sicherheit von Lebensmitteln
- » Auswirkungen auf die Produktionskosten
- » Art der Trocknungstechnologien
- » Auswirkungen der Trocknung auf die Produktqualitätsmerkmale
- » Verbraucherwahrnehmung der Trockenfutterqualität
- » Farbänderungen
- » Die enzymatische Bräunung
- » Die nicht-enzymatische Bräunung
- » Chemische Zusammensetzung zwischen Arten und Sorten
- » Energieeffizienz
- » Allgemeine Aspekte
- » Ein Ansatz für Qualität durch Design
- » Innovative Trocknungstechnologie
- » Die intelligente Trocknung
- » Vis/NIR-Spektroskopie

# Lernerfolge

- » Verbesserung des technischen Wissens, das zur Optimierung von Prozessen und Technologien für biologische Rohstoffe aus ökologischer Produktion erforderlich ist, und der Faktoren, die berücksichtigt werden müssen.
- » Entwicklung von Wissen und Fähigkeiten in Bezug auf Lebensmittelqualität und -sicherheit sowie der wichtigsten Kriterien für ökologische Produkte.
- » Implementierung moderner Nachhaltigkeitskonzepte

## GLOBALISIERUNG DES MARKTES, ANGEBOT UND NACHFRAGE

Die Globalisierung der Märkte gewährleistet die ständige Verfügbarkeit vieler Lebensmittel unabhängig vom Herstellungsdatum. Innovationen bei Produkten und Prozessen entlang der gesamten Lebensmittelkette sorgen für Lebensmittel mit verbesserter Haltbarkeit, organoleptischer Qualität, Nährwert, Sicherheit und Gesundheit.



## LEBENSMITTELTROCKNUNG – EIN ÜBERBLICK

Die Trocknung kann die Haltbarkeit und Nährstoffqualität von Obst, Gemüse, Gewürzen und Kräutern sowie Fleisch und Fisch erheblich verlängern.



**OBST**



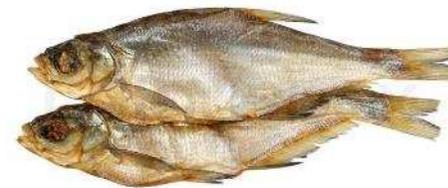
**GEMÜSE**



**GEWÜRZE UND  
KRÄUTER**



**FLEISCH**



**FISCH**

## LEBENSMITTELTROCKNUNG – EIN ÜBERBLICK

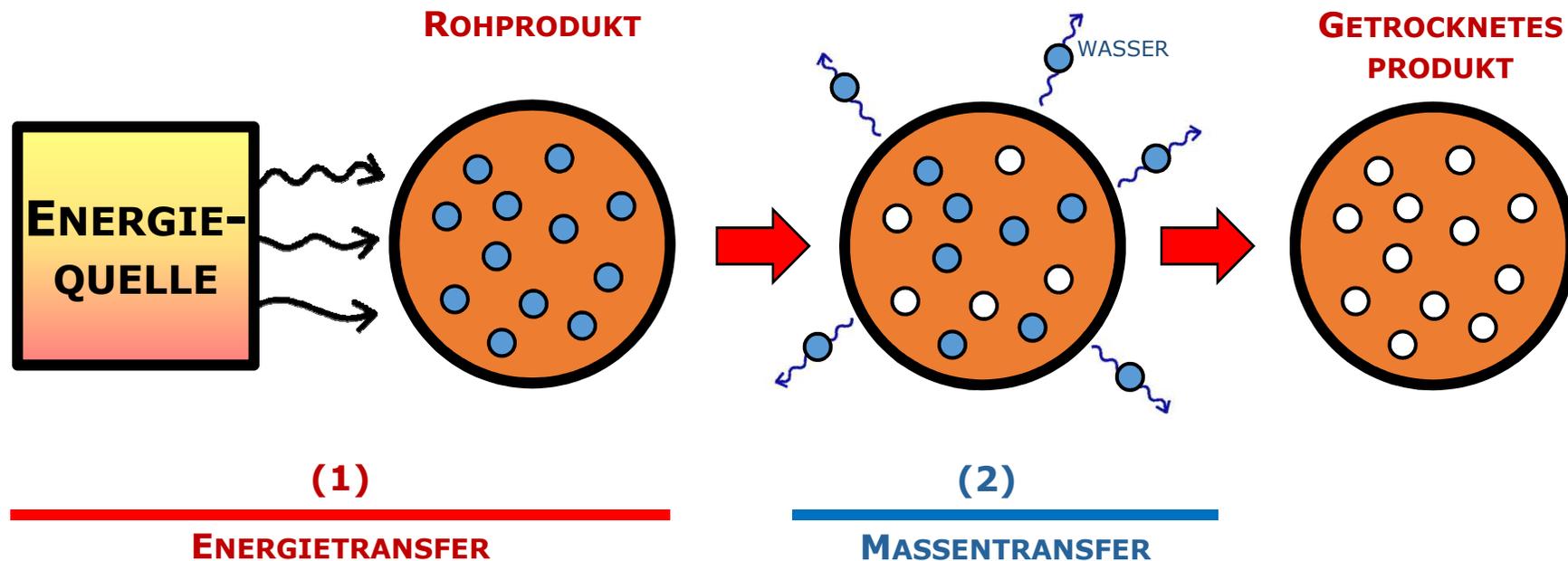
### DIE LEBENSMITTELTROCKNUNG BESTEHT AUS 3 SCHRITTEN...



## LEBENSMITTELTROCKNUNG – EIN ÜBERBLICK

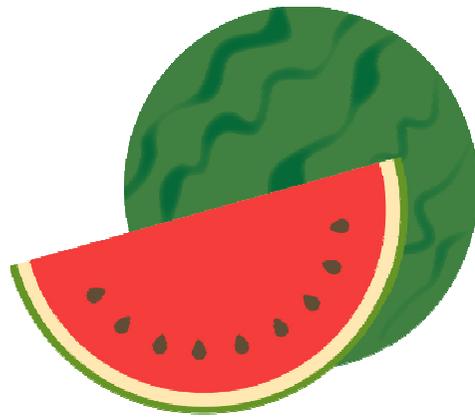
Bei der Trocknung werden zwei Prozesse gleichzeitig ausgeführt:

- (1) Übertragung von Energie aus einer Wärmequelle auf ein feuchtes Rohprodukt
- (2) Massentransfer als Wasserdampf



## LEBENSMITTELTROCKNUNG – QUALITÄT UND SICHERHEIT

Obst und Gemüse hat einen hohen Wasseranteil



Wassermelone

**93%**

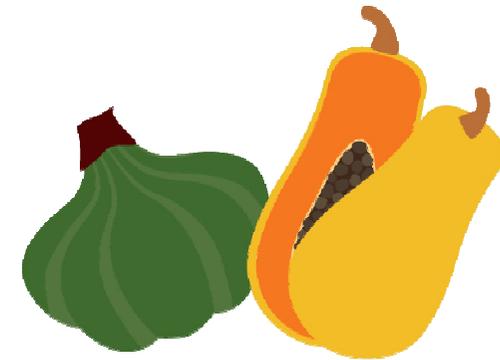
Wasser



Salat  
Blattgemüse  
Beeren  
Tomaten  
Radischen  
Blumekohl  
Zucchini  
Paprika

**90%**

water



Eichel-, Butternut-Kürbis

**85%**

water

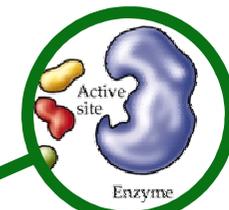
# Drying - general aspects

## LEBENSMITTELTROCKNUNG – QUALITÄT UND SICHERHEIT

Die Trocknung verlangsamt Verderbsprozesse



**CHEMISCHE  
REACTIONEN**



**ENZYMATISCHE  
AKTIVITÄT**



**MIKROBIELLES  
WACHSTUM**

# Drying - general aspects

## LEBENSMITTELTROCKNUNG – EINFLUSS AUF DIE PRODUKTIONSKOSTEN

Die Trocknung reduziert Lagerungs- und Transportkosten

**ROHPRODUKT**

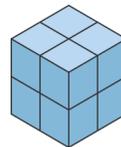


**VS**



**GETROCKNETES  
PRODUKT**

Mehr Volumen/Größe



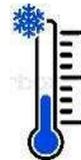
Geringe Größe/Volumen

Höheres Gewicht



Geringes Gewicht

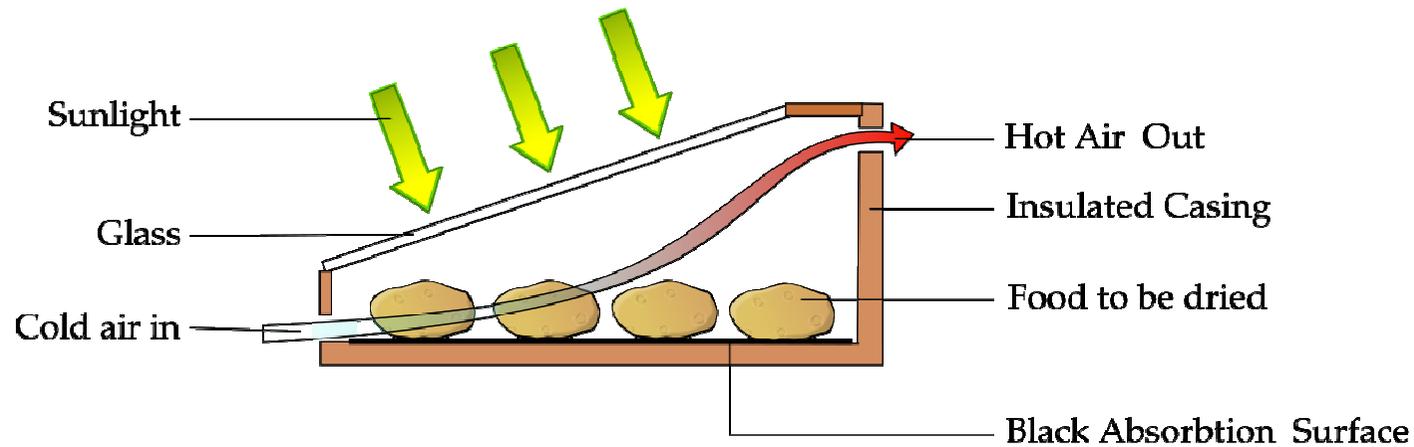
Kühllagerung



Lagerung bei Zimmertemperatur

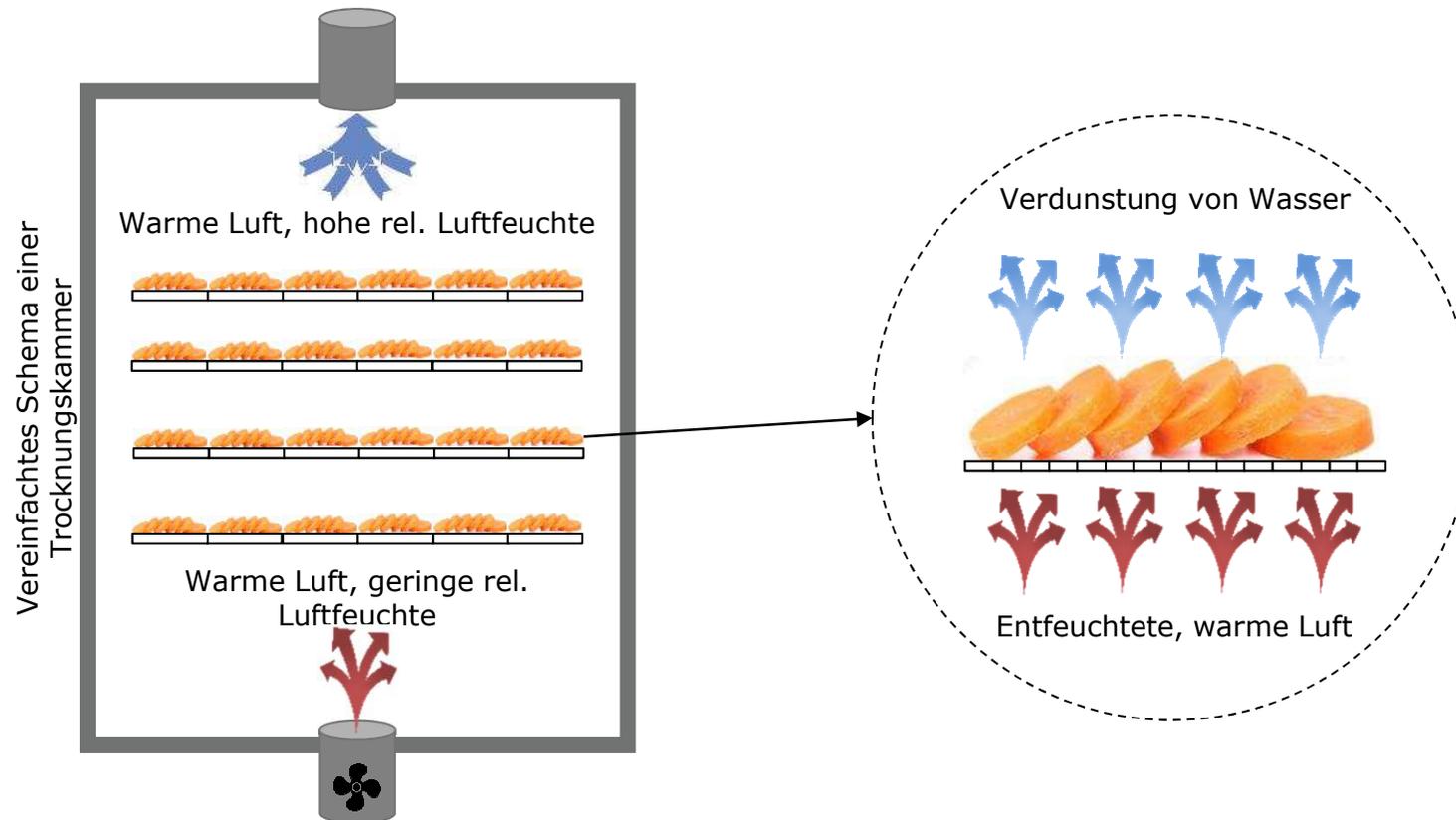
## LEBENSMITTELTROCKNUNG - TROCKNUNGSTECHNIKEN

Solartrocknung ist die älteste Trocknungsmethode



## LEBENSMITTELTROCKNUNG - TROCKNUNGSTECHNIKEN

Die Warmlufttrocknung ist die am häufigsten verwendete Technik





## IMPACT OF DRYING ON PRODUCT QUALITY TRAITS

### PHYSICOCHEMICAL CHANGES

- » Moisture content and water activity
- » Shape and size
- » Firmness and texture
- » Pigments content
- » Enzymatic and non-enzymatic browning

### ORGANOLEPTIC CHANGES

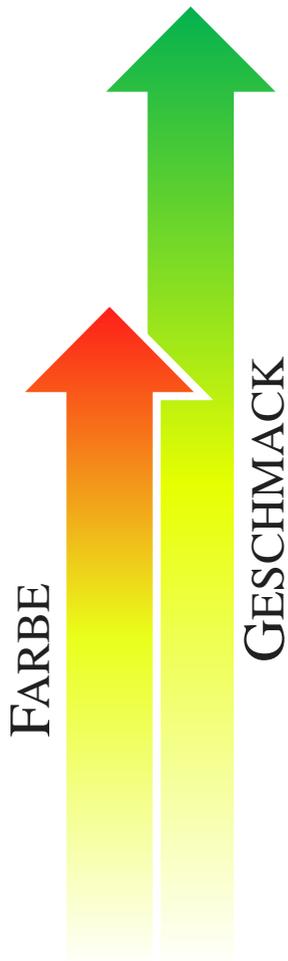
- » Aspect
- » Odor
- » Taste
- » Texture

### NUTRITIONAL CHANGES

- » Vitamins content
- » Carotenoids content
- » Total polyphenolic content
- » Antioxidant capacity
- » ...



## VERBRAUCHERWAHRNEHMUNG DER QUALITÄT VON GETROCKNETEN PRODUKTEN

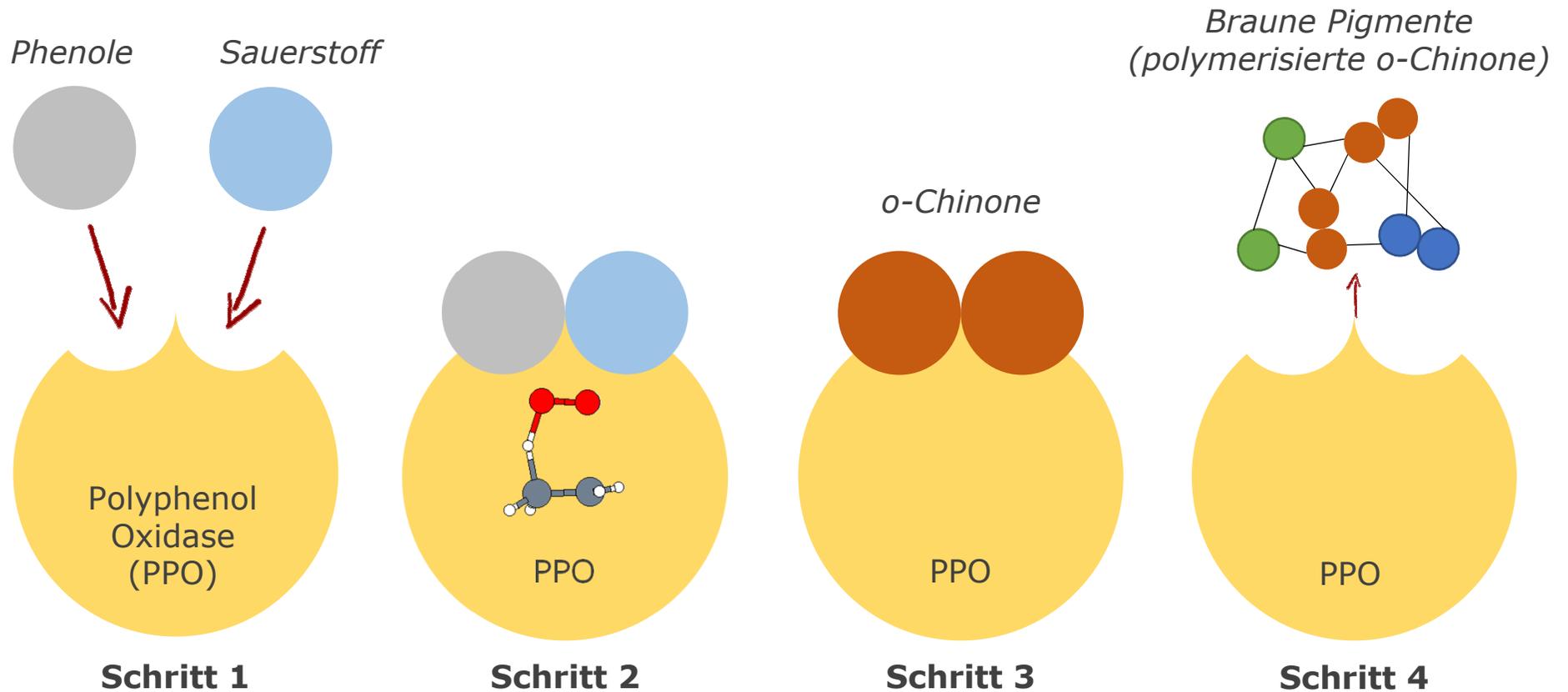


Auf der Grundlage der Farbwahrnehmung erhält der Verbraucher kritische, aber auch voreingenommene Informationen über die Qualität von Lebensmitteln, indem er Hinweise auf die Genusstauglichkeit sowie die Identität und Intensität des Geschmacks erhält.



Infolgedessen haben getrocknete Erdbeeren aufgrund der intensiveren Farbe im Vergleich zu getrockneten Äpfeln mehr Chancen, gekauft zu werden.

## FARBVERÄNDERUNGEN – ENZYMATISCHE BRÄUNUNG



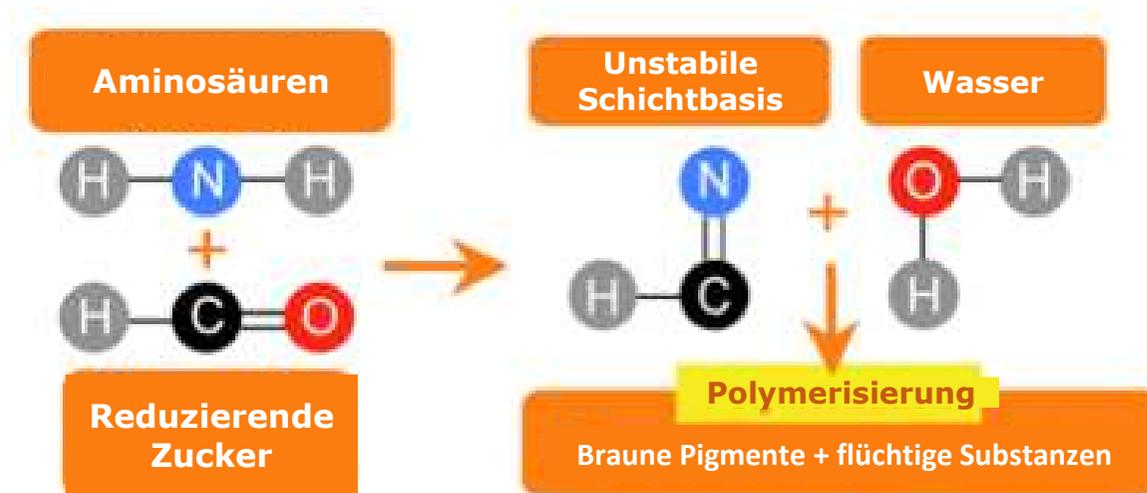
## FARBVERÄNDERUNGEN – NICHT-ENZYMATISCHE BRÄUNUNG

Es gibt zwei Typen der nicht-enzymatischen Bräunung:

- 1) Karamellisation (ein prolytischer Prozess von Zuckern)
- 2) Maillard Reaktion (eine chem. Reaktion zwischen Aminosäuren und reduzierenden Zuckern). Diese Reaktion wurde 1912 erstmalig von Louis Maillard beschrieben.



Louis Camille Maillard



## CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG VERSCHIEDENER ARTEN UND SORTEN

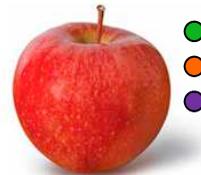
Arten, Sorten und andere agronomische Variablen (z.B. Erntezeitpunkt, Bodenart und Wasserverfügbarkeit) beeinflussen die chemische Zusammensetzung und funktionale Eigenschaft von Obst und Gemüse stark.



**BRAEBURN**



**COX**



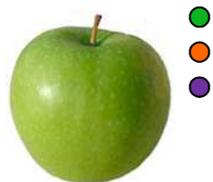
**CAMEO**



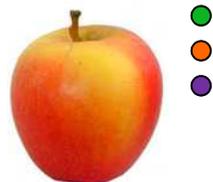
**FUJI**



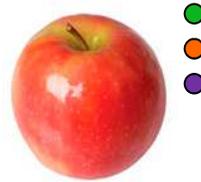
**GOLDEN DELICIOUS**



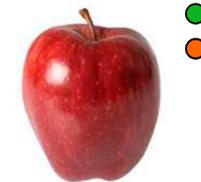
**GRANNY SMITH**



**JAZZ**



**PINK CRISP**



**RED DELICIOUS**



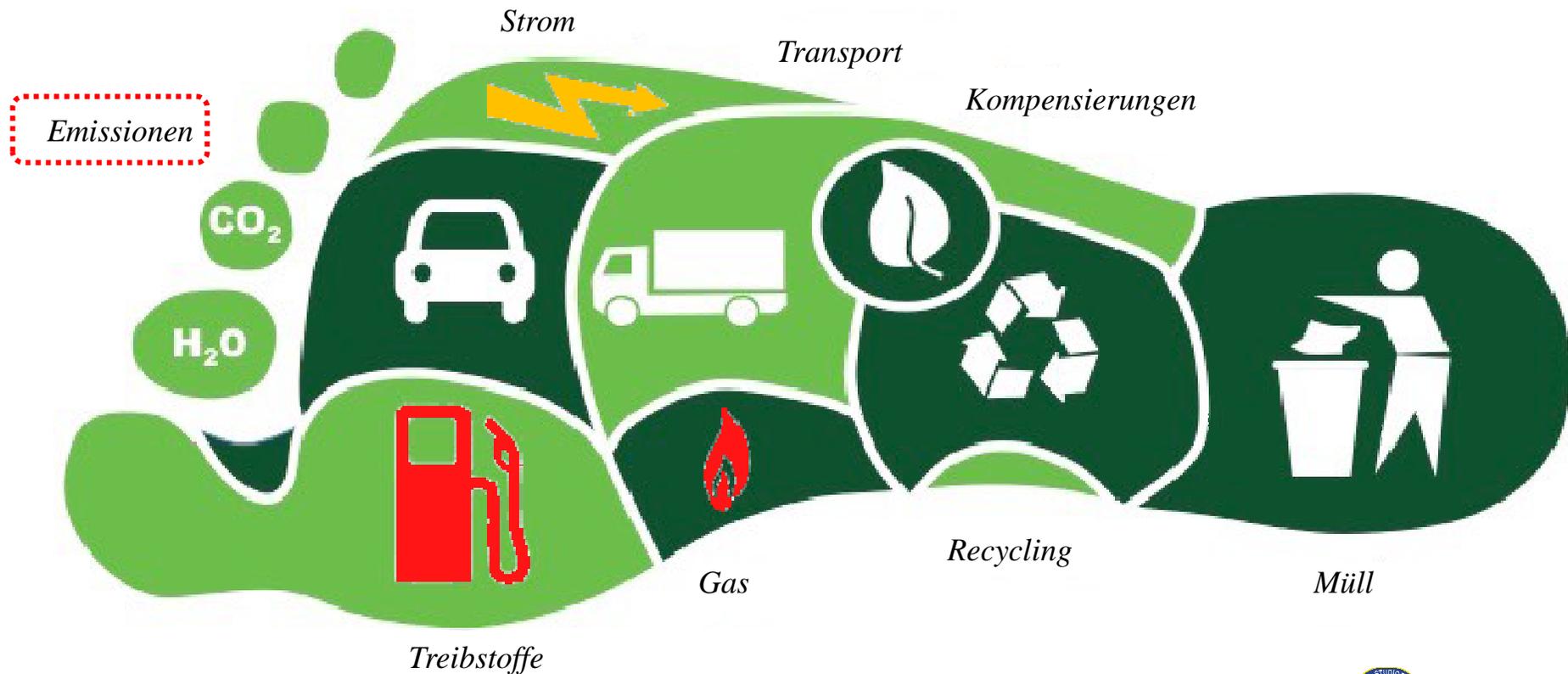
**ROYAL GALA**

### LEGENDE

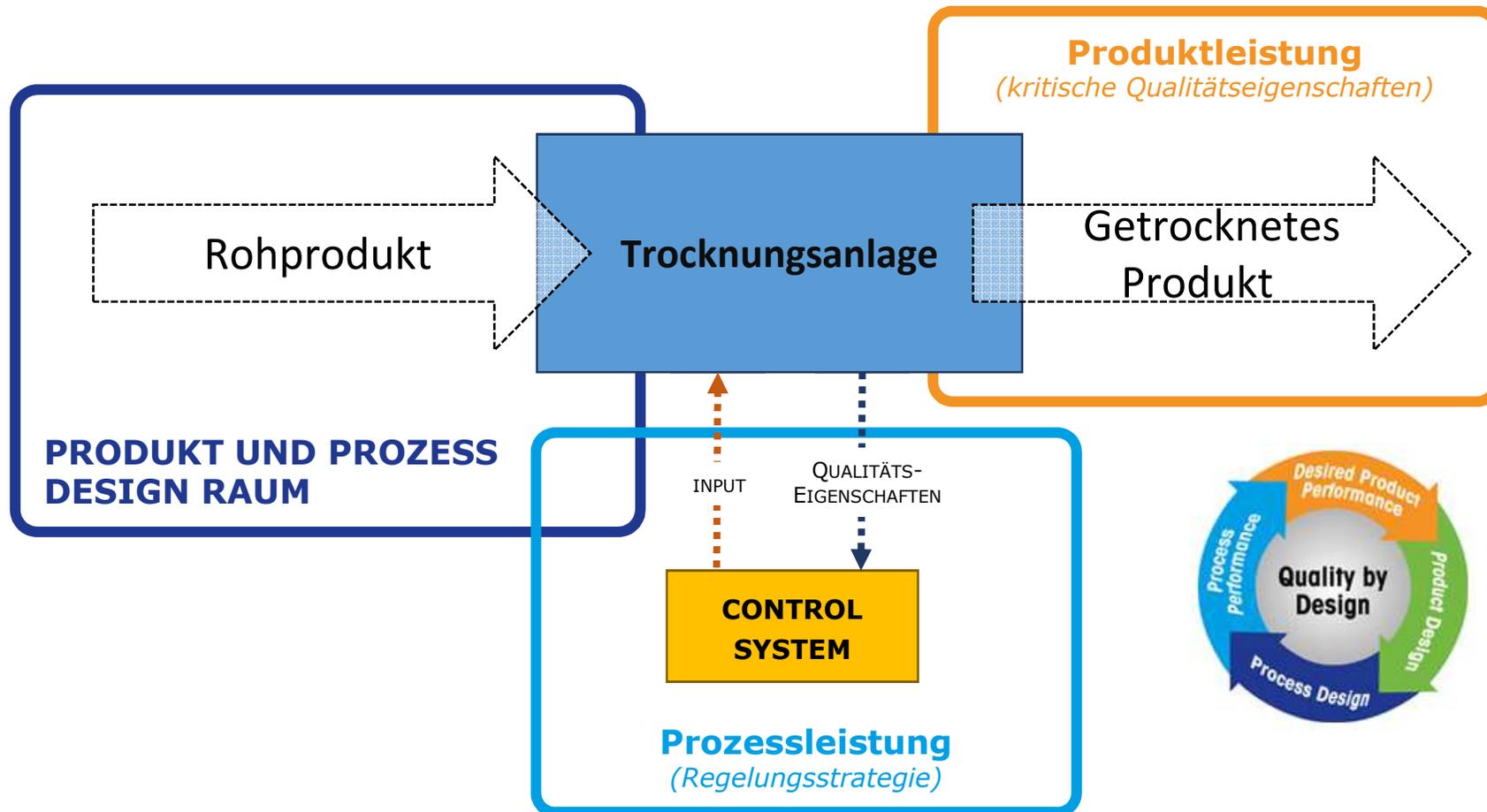
● Roh-  
verzehr    
 ● Backen    
 ● Kochen

## ENERGIEEFFIZIENZ UND LEBENSMITTELTROCKNUNG

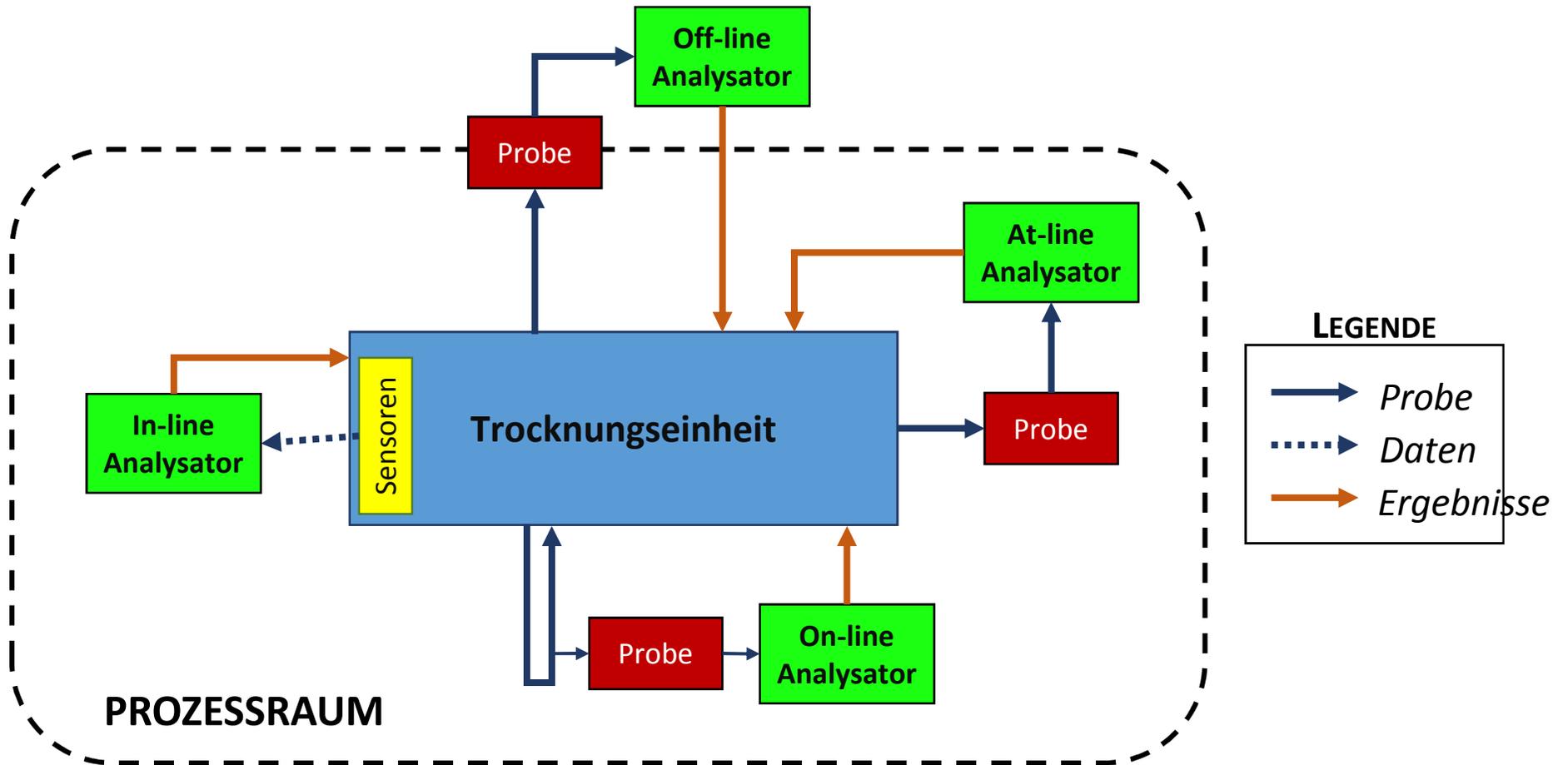
Die Lebensmitteltrocknung ist ein sehr energieintensiver Vorgang, der die Umwelt negativ beeinflusst (Treibhausgasemissionen).



## DRYING EFFICIENCY – A QUALITY BY DESIGN APPROACH



## INNOVATIVE TROCKNUNG - SMART DRYING



## INNOVATIVE TROCKNUNG - SMART DRYING

### 1) Steuerungssysteme in Trocknern

- *Druck*
- *Temperatur*
- *Luftgeschwindigkeit*
- *Luftfeuchte*

▶ Einfluss auf die Produktqualität

▶ Information über den Trocknungsverlauf

### 2) Biomimetische Systeme

- *Geruchswahrnehmung (Electronische Nase)*
- *Gesch,ackswahrnehmung (Elektronische Zunge)*

▶ Geruch und Geschmack

▶ Größe, Form, Farbe

### 3) Computer Vision Technologie

### 4) Mikrowellen/dielectricische Spektroskopie

▶ Chemische, physikalische and Physicochemische Eigenschaften

### 5) Sichtbare und oder Nahinfrarotspektroskopie

- *Einzelpunkt*
- *multi/hyperspektrale Bildgebung*

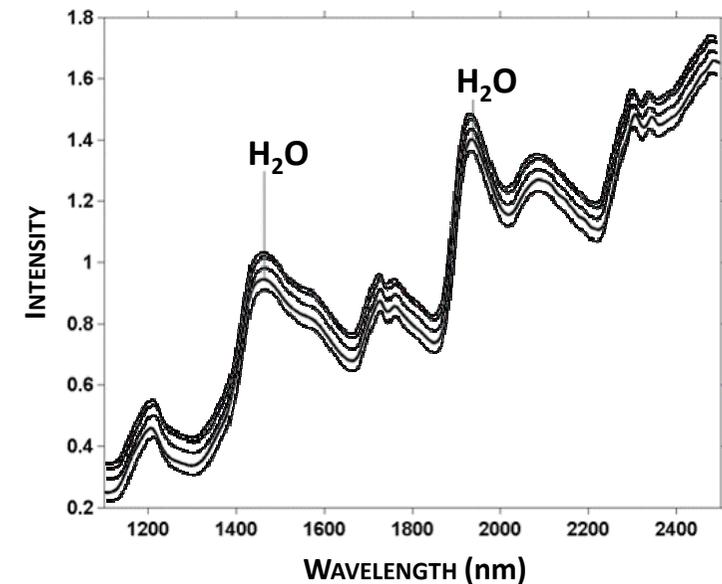
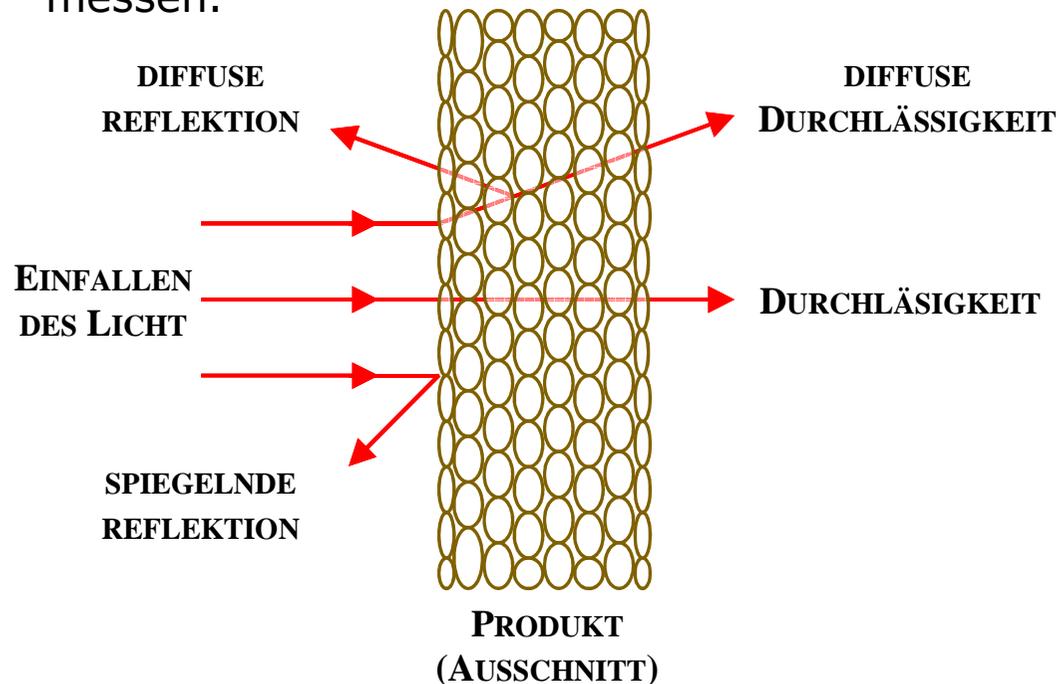
▶ Information über den Trocknungsverlauf

### 6) Magnetische Resonanz Bildgebung

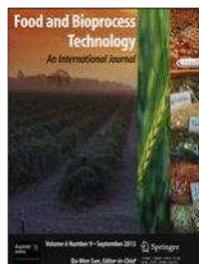
### 7) Ultraschall Techniken

## INNOVATIVE TROCKNUNG - Vis/NIR SPEKTROSKOPIE

Sichtbare (Vis) / Nahinfrarots (NIR) Spektroskopie ist eine Form der nicht-invasiven Bildgebung, die sichtbare und nahe Infrarotstrahlung auf Chemikalien oder biologische Subjekte anwendet, um die unterschiedliche Absorption zu messen.



# Referenzen

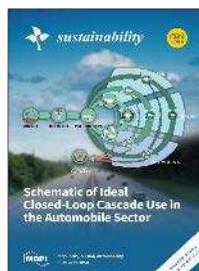


**2017**

**Journal:** Food and Bioprocess Technology

**Authors:** Moscetti R, Haff RP, Ferri S, Raponi F, Monarca D, Liang P, Massantini R

**Title:** Real-time monitoring of organic carrot (var. romance) during hot-air drying using Near-Infrared spectroscopy

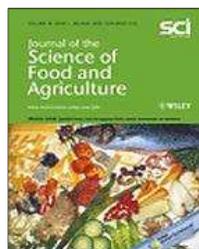


**2017**

**Journal:** Sustainability

**Authors:** Raponi F, Moscetti R, Monarca D, Colantoni A, Massantini R

**Title:** Monitoring and optimization of drying fruits and vegetables process using computer vision: a review



**2017**

**Journal:** Journal of the Science of Food and Agriculture

**Authors:** Moscetti R, Sturm B, Crichton SOJ, Amjad W, Massantini R

**Title:** Postharvest monitoring of organic potato (cv. anuschka) during hot-air drying using vis/nir hyperspectral imaging

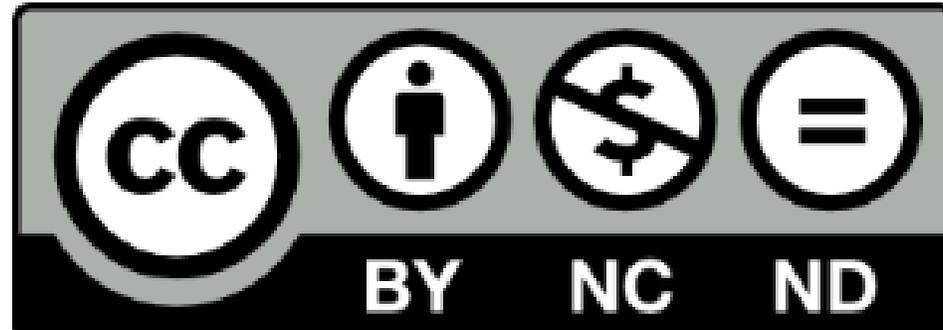


**2018**

**Journal:** Journal of Food Engineering

**Authors:** Moscetti R, Raponi F, Ferri S, Colantoni A, Monarca D, Massantini R

**Title:** Real-time monitoring of organic apple (var. Gala) during hot-air drying using Near-Infrared spectroscopy



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/>.