

Technische Universität München



Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Becker

Spektrale und optische Sensoren in der **Backindustrie**

Automatisierungstagung des WIG 2019

<u>Takacs, R.</u> Geier, D. Becker, T.

Freising, 28.03.2019



Uliventurn der TVM

Optische Sensoren

Optoelektronische Bauelemente, welche sensitiv gegenüber elektromagnetischen Wellen sind

• Typische Sensoren: Fotowiderstände, -dioden, -transistoren

Der minimalste Aufbau einer Sensoreinheit umfasst die Lichtquelle, den fotoelektrischen Empfänger und die Auswerteeinheit

Kameratechnik:

- Sensorarray mit RGB Lichtfilter
- 1 Pixel = je ein Sensor mit Farbfilter

Spektraltechnik:

Lichtquelle, Probe, Spektrometer

[Quelle: rn-wissen.de]







• Einteilung der elektromagnetischen Wellen



• Je nach Anwendung wird der elektromagnetische Wellenlängenbereich ausgewählt

ТЛП

Etablierte Anwendungsfelder spektraler und optischer Sensoren



Zakacs, R. | Spektrale und optische Sensoren in der Backindustrie | 28. März 2019

Etablierte Anwendungen

Lichtschranken, Laserabstandsmessung:

Objektdetektion, Positionsmessung, Abstandmessung

Temperaturmessung mittels NIR und Lichtfaseroptik

- Infrarot Thermometer
- Sensiblen Umgebungen, Hygienische Ansprüche, ExSchutz

LAB-Farbmessgerät

- CIELab-Farbraum
 - L*: Helligkeit (Luminanz)
 - a*: Grün und Rot
 - b*: Blau und Gelb
- Z.B. Bräunungsindex

UV/VIS/NIR-Labor Spektrometer

- Laboranwendung zur Messung von chemischen/ physikalischen Eigenschaften
- Multivariate Datenauswertung



Etablierte Anwendungen

Porenvermessung:

- Aufzeichnung von Querschnitten
- Definierte Beleuchtung
- Bildung von Schatten in den Poren
- Analyse jeder Pore als Einzelobjekt



Production

Area Classification

Volumeter:

- Vermessung von rotierenden Objekten, mit Laserscanner
 - Brötchen
 - Brote
 - Flachteige
- ...
- Messergebnisse:
 - Volumen
 - Spezifische Dichte
 - 3D Modelle



Etablierte Anwendungen: Rohstoffen



- Kamerabasierte Aufzeichnung von Körnern mittels LED-Flächenlicht
- Klassifizierung in glasig und nicht-glasig



Bewertung der mikrostrukturellen Analyse

ТШ



Lichtmikroskop

Stark gedehnter Weizenmehlpartikel

- Zu geringe Auflösung
- Geringe Tiefenschärfe



Rasterelektronenmikroskop (SEM)

Pastateig

- Probenvorbereitung
- Keine Differenzierung möglich



Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM)

Gekneteter Weizenteig (Protein angefärbt)

[Quelle: Jekle et al.]

Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM)







Neue Anwendungsfelder spektraler und optischer Sensoren



Zame Technologie Takacs, R. | Spektrale und optische Sensoren in der Backindustrie | 28. März 2019

Anwendungen im Bereich des sichtbaren Lichts

• Messung im VIS-Bereich (400-800 nm)



- Kontaktloses, ortsaufgelöste Messung im sichtbaren Lichtbereich
- Bestimmung von Produktparametern
 - Dimensionen: Breite, Tiefe, Höhe
 - Oberflächenbräunung
 - "Oberflächentextur" → Homogenität, Risse…



Basler - acA 1600-60gc

VIS-Kamera – Messmethoden



Aufzeichnung ٠



XENIC BOBCAT-320-20-100-GE



acA2040-25gm NIR



Filterung und Segmentierung ٠



Bestimmung von Objekteigenschaften ٠



VIS-Kamera – Messmethoden

Umrisslinien

•

- Bestimmung des Umfangs des Templates durch Kantendetektion
- Umfang: Summe der Punktmatrix •



U ... Punktmatrix; j ... Index; N ... Endwert bzw. Anzahl Pixel

Takacs, R. | Spektrale und optische Sensoren in der Backindustrie | 28. März 2019

Verhältnis Tiefe/Breite

technologie

- Ermittlung der längsten Achsen a und b •
- Berechnung von Formparametern •











13

VIS-Kamera – Garparameter





Parameter	Online
Wachstumsrate	29,8 ± 7,4 %
Grauwertänderung	-13,6 ± 11,1 %
L*-Wertänderung	-12,5 ± 9,9 %
Homogenität	4,2 ± 8,4 %
Exzentrizität	0,65 ± 0,07 %

Exzentrizität= 0... Kreis, 1... "Elliptische Linie"

👌 📄 brau &



getränke
 Zeränke
 Zeränke

VIS-Kamera – Erfassung von Kinetiken



- Messung der Wachstumskinetik bei Vollbeladung
- Detektion über die Backzeit per Top-View



VIS-Kamera – Kinetiken



technologie Takacs, R. | Spektrale und optische Sensoren in der Backindustrie | 28. März 2019

VIS-Kamera – Fuzzy-Steuerung





Implementierung Expertenwissen

- Ermittlung von Standartwerten
- Festlegung z.B. einer optimalen
 Wachstumsrate in Pixel pro Sekunde
- Basiswert f
 ür Fuzzy-Sets

brau& getränke

 Verknüpfung durch logische Operatoren (wenn...dann...)



VIS-Kamera – Fuzzy-Steuerung



Fuzzy-Rules



Temperatur





tie Takacs, R. | Spektrale und optische Sensoren in der Backindustrie | 28. März 2019

VIS-Kamera – Fuzzy-Steuerung



- 50 % der Standardhefemenge, Abbruch der Gare nach relativer Größe
- Fuzzy steuert höhere Wachstumsrate an





VIS-Kamera – Knetoptimum

 Bestimmung des Knetoptimums durch Analyse der Oberflächenbeschaffenheit mittels Bildanalyse



brau &



Ш

VIS-Kamera – Laser-Rheologische-Messung





s brau& getränke zw technologie

gie Takacs, R. | Spektrale und optische Sensoren in der Backindustrie | 28. März 2019

Knetzeit (s)

Knetzeit (s)

Thermografie

• Messung im MIR-Bereich (7.000-15.000 nm)



- Kontaktlose, ortsaufgelöste Messung von Wärmestrahlung
- Adaption der Thermokamera an ein Ofensystem



FLIR A655sc 45°



ZnS-Sichtfenster

Thermografie – Backfehler

ПΠ

• Detektion von Krustenrissen





- Texturhomogenität
 - Homogenität: 0,72 ohne, 0,64 mit Krustenriss
- Temperaturverteilung
 - Verschiebung des Mittelwertes, Ausbildung 3. Maximum



Thermografie – Backraumuntersuchung

ТШ



Zan technologie Takacs, R. | Spektrale und optische Sensoren in der Backindustrie | 28. März 2019

Thermografie – Backraumuntersuchung

4C

4 3

4 3 ² ¹



∠ w technologie Takacs, R. | Spektrale und optische Sensoren in der Backindustrie | 28. März 2019

Thermografie – Backraumuntersuchung

ТЛП



ZM technologie Takacs, R. | Spektrale und optische Sensoren in der Backindustrie | 28. März 2019

• Multispektrale Messung im UV/VIS/NIR-Bereich (400-1440 nm)



• Kontaktlose, ortsaufgelöste Messung von multispektralen Daten



brau&

ТЛП

150 W Xenon Lampe Monochromator: 350 - 2000 nm Lichtfilterscheiben: 400 nm - 1600 nm Sensoren:

- VIS-Kamera (2048 x 2048 Pixel)
- NIR-Kamera (320 x 256 Pixel)



Stärke (300 - 800 nm)





ТЛП



technologie Takacs, R. | Spektrale und optische Sensoren in der Backindustrie | 28. März 2019



Konstruktion eines Fließbandes

- Endlosband
- Kontrastreicher Hintergrund
- Geschwindigkeit. 0.014 m/s 0.043 m/s
- Probenauftragung per Trichter mit inhomogener Oberfläche









Take-Home Message

- Zunehmende Rolle der optischen Sensoren im Bereich der Mess- und Regelungstechnik
- Dynamisches Feld
- Durch Neu-/Weiterentwicklungen
 - Günstiger
 - Kleiner
 - Robuster
 - Neue Möglichkeiten
 - ...
- Was kann mit Kameras gemessen werden:

Farben, Dimensionen, chemischphysikalische-Eigenschaften,3D-Abbildung, Photogrammetrie, Tiefenscans, Oberflächenscans, ...

 Viele Kombinations- und somit Einsatzmöglichkeiten









ТЛП

Herzlichen Dank ...

... für Ihre Aufmerksamkeit

... ein Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)



Das Forschungsvorhaben (AiF 19014, AiF 18123 N, AiF 17735, AiF 15617 N, AiF 18906 N, AiF 20495 N) wurde im Programm zur Förderung der "Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)" vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.



Besonderer Dank geht an Dr. Mario Jekle und Stefan Steinhauser

Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie Wissenschaftszentrum Weihenstephan Technische Universität München Weihenstephaner Steig 20 D-85354 Freising

 Tel.:
 +49 8161 71 3261

 Fax:
 +49 8161 71 3883

 E-Mail:
 verwaltung@bgt.wzw.tum.de

 lbgt.wzw tum de

s brau& getränke zw technologie

lbgt.wzw.tum.de