

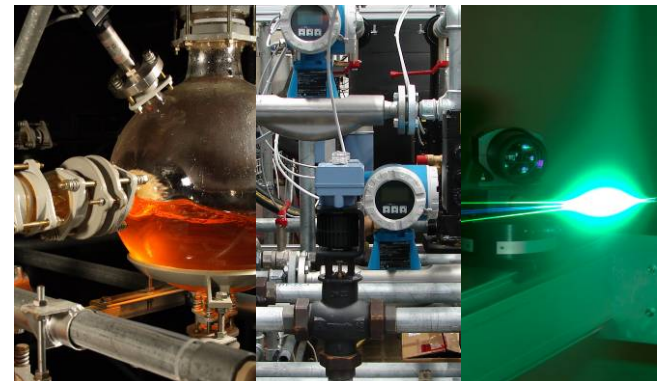
Sprühtrocknung inhalierbarer Partikel



Stefan Blättler

Horw 26. Mai 2010

Master-Thesis / Präsentation SGVC



CC Thermische Energiesysteme & Verfahrenstechnik

Prof. Dr. Beat Wellig, 18 Mitarbeiter

aF&E- und DL-Projekte im Auftrag von BFE, BAFU, KTI, EU
und privaten Unternehmen

- Engineering-Tool PinCH
- Optimierung WRG Batch-Polymerisation
- Prozessoptimierung Gasaufbereitung durch
Absorption/Desorption

BÜCHI Labortechnik AG

- Laborgerätehersteller für Sprühtrocknung, Kjeldahl,
Extraktion, Verdampfung

Inhalt

- Definition inhalierbarer Partikel
- Sprühtrocknungsprozess im Überblick
- Optimierung der Teilprozesse
- Schlussfolgerung

Motivation

- Grosse Verbreitung der Sprühtrocknung in der Chemie-, Pharma- & Lebensmittelindustrie
- Schnelle Methode mit einfachem Scale-Up für Temperaturempfindliche Stoffe
- Anwendungstrend: Herstellung direkt inhalierbarer Wirkstoffe
- Verbesserte Bioverfügbarkeit, geringere und weniger häufige Wirkstoffdosierung

Ziele

- Bestehendes Sprühtrocknungssystem für Herstellung inhalierbarer Produkte optimieren
- Ziel 1: ausreichend feine Partikel erzeugen
- Ziel 2: Partikel mit möglichst hoher Effizienz abscheiden

Definition inhalierbarer Partikel

- Abgesetzte Fraktion im alveolären Bereich

$$IF(d) = 0.5(1 + \exp(-0.06 d))(1 - F_r(d))$$

- Partikelspektrum (logarithmischer Normalverteilung)

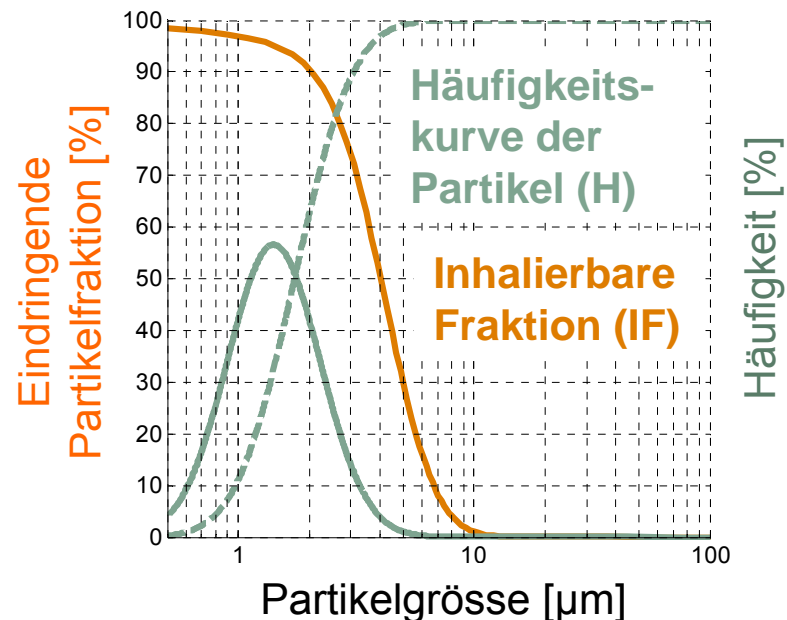
$$H(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma d} \exp\left(-\frac{(\ln d - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

- Total in Lunge platzierte Fraktion

$$\xi = \int_0^\infty H(d) \cdot IF(d) dd$$

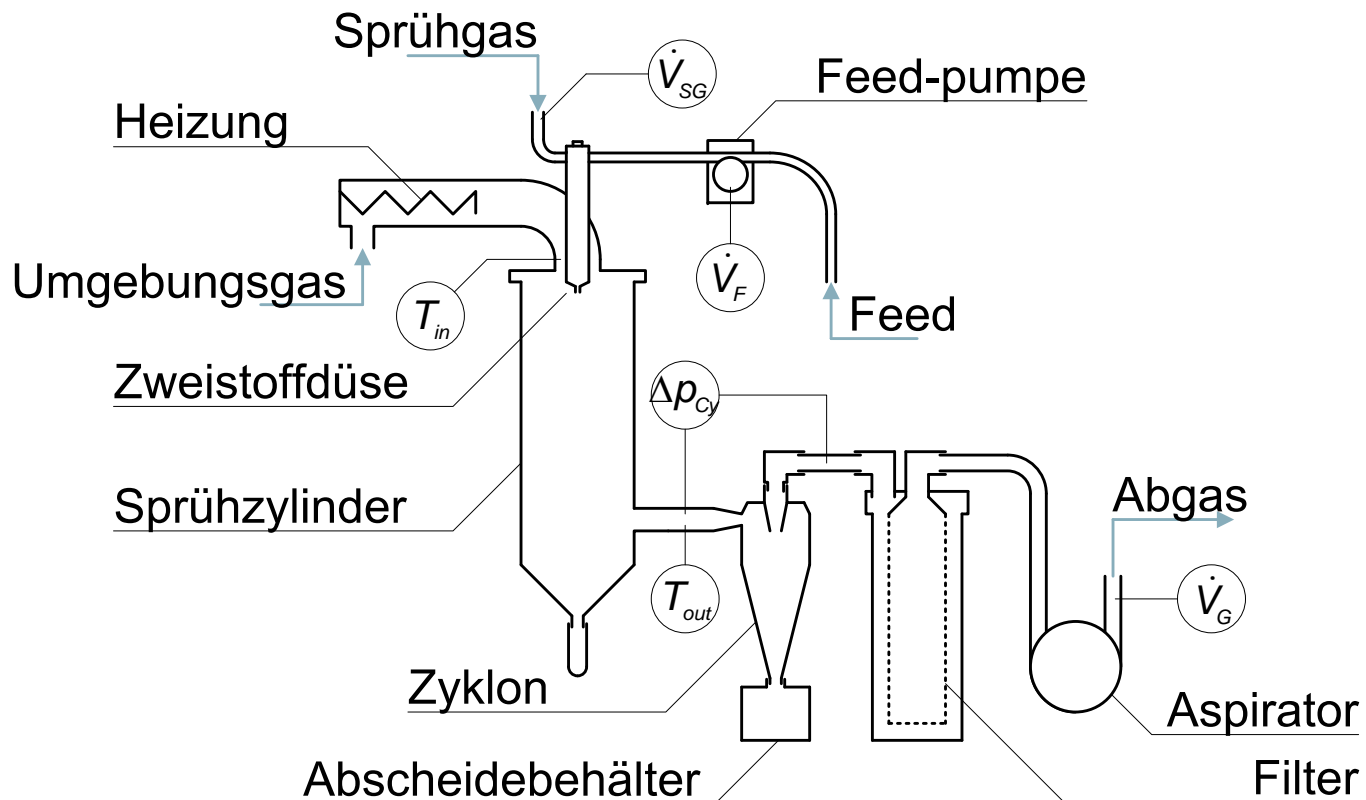
mit

$$\begin{aligned}
 d_{10,3} &= 1 \mu m \\
 d_{90,3} &= 3 \mu m
 \end{aligned}
 \quad \gg \quad \xi = 88\%$$



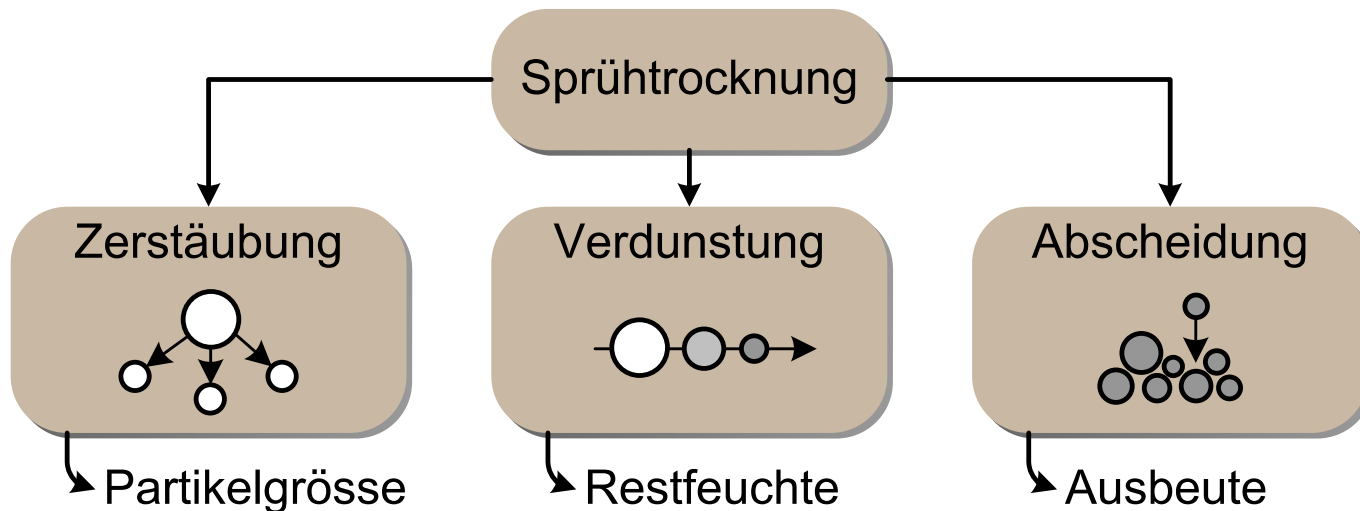
Der Sprühtrocknungsprozess im Überblick

- Büchi Mini-Sprühtrockner B290



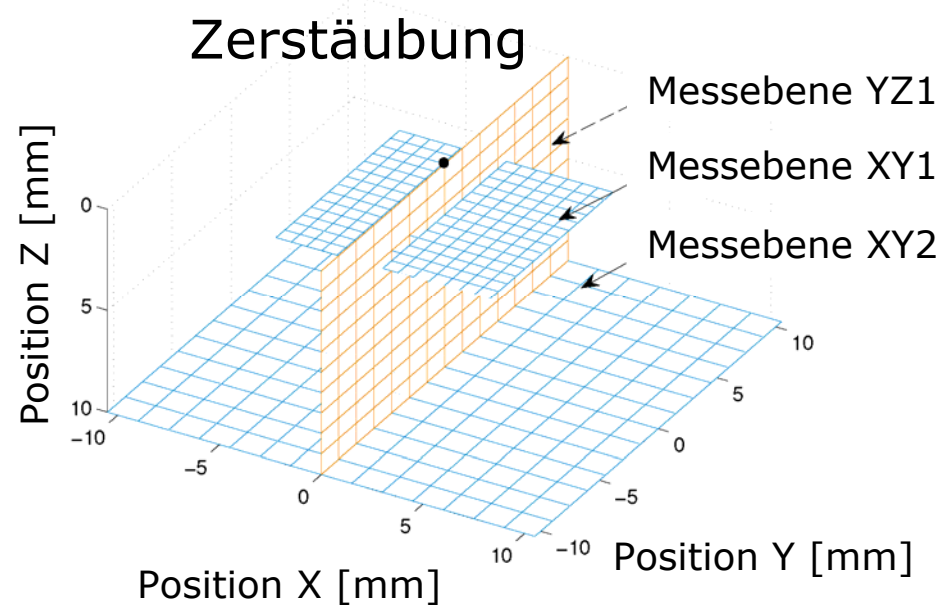
Der Sprühtrocknungsprozess im Überblick

- Untersuchung der drei Teilprozesse experimentell und mittels mathematischen Modellen

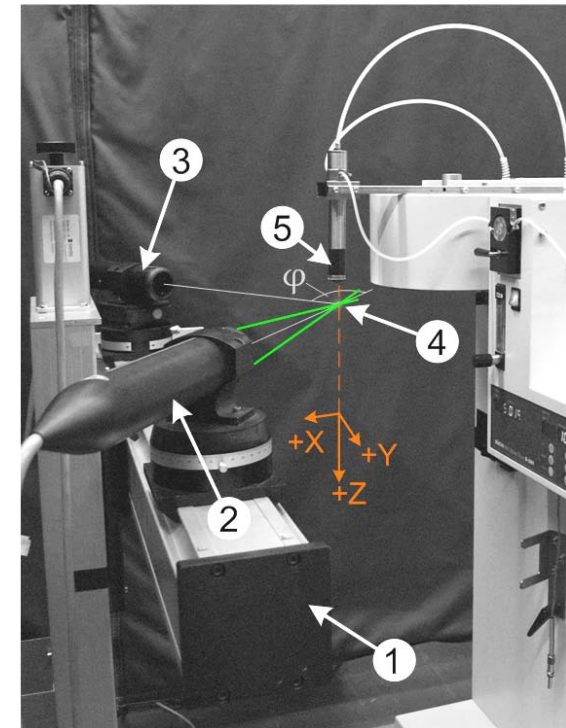


Zerstäubung der Feed-Lösung

- Experimentelle Untersuchung mit PDA-Lasermesstechnik
- Feeddurchsatz und Sprühgasdurchsatz bestimmen
Tropfengrösse
- Messgitter zur Untersuchung der
Zerstäubung



- 1: Traversiersystem
- 2: Sendeoptik
- 3: Empfangsoptik
- 4: Messvolumen
- 5: Zweistoffdüse



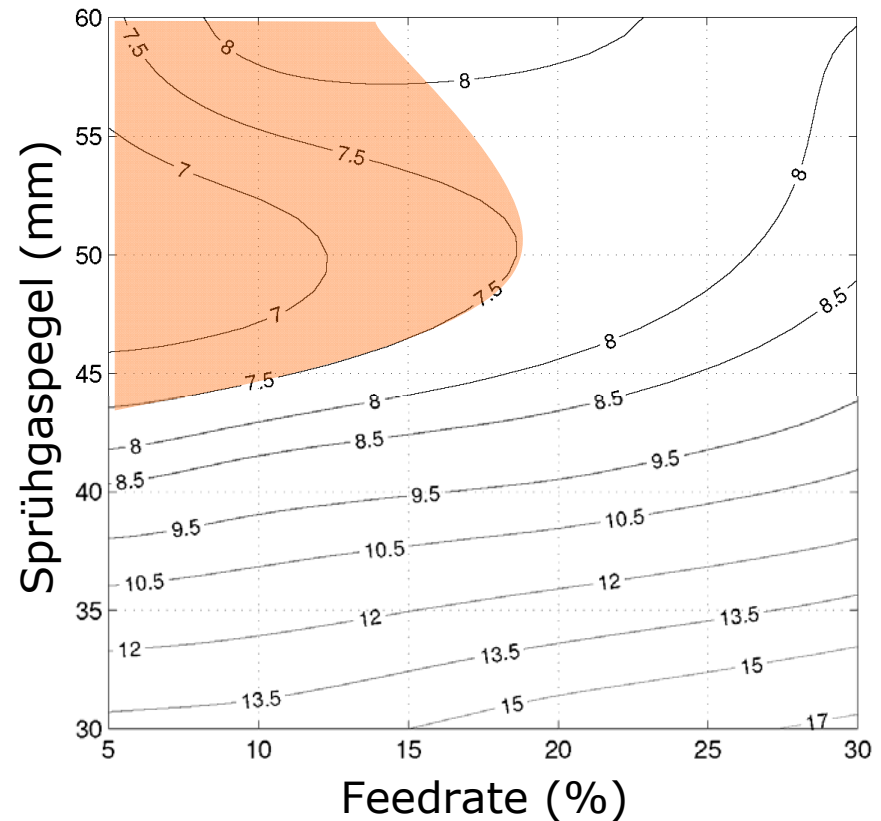
Zerstäubung der Feed-Lösung

- Kleinste Tropfen bei tiefer Feedrate und hohem Sprühgasdurchsatz

$$d \sim \frac{\dot{m}_{Feed}}{\dot{m}_{Sprühgas}}$$

| Feedrate | Sprühgaspegel | | | |
|----------|---------------|-------|------|------|
| | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 5 | 13.92 | 8.62 | 6.62 | 7.40 |
| 10 | 14.22 | 9.10 | 6.79 | 8.26 |
| 20 | 15.95 | 9.72 | 7.58 | 8.10 |
| 30 | 17.43 | 10.91 | 8.38 | 7.99 |

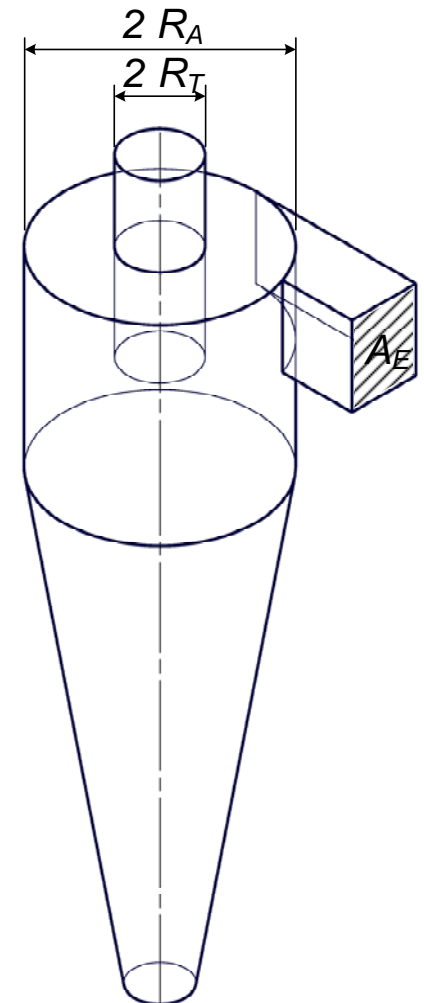
Charakteristische Tropfengrösse ($d_{50,0}$)



Abscheidung der Partikel: Entwicklung eines optimierten Zyklons

Schritt 1: Geometrieevaluierung mittels mathematischen Modellen

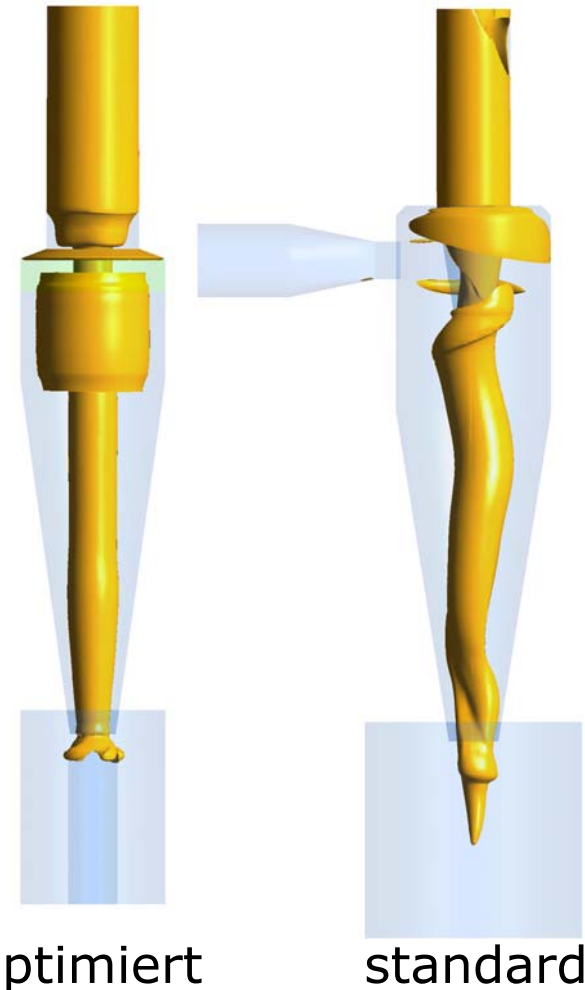
- Massnahmen für bessere Abscheideleistung:
 - Reduktion des Einlaufquerschnitts (A_E)
 - Vergrösserung des Aussenradius (R_A)
 - Vergrösserung des Tauchrohrradius (R_T)
 - Spiralförmiger Einlauf



Abscheidung der Partikel: Entwicklung eines optimierten Zyklons

Schritt 2: Beurteilung der
Strömungsqualität durch CFD-
Simulationen

- Stabilerer Wirbel aufgrund spiralförmigem Einlauf
- Wirbelbrechung am unteren Austritt durch Einsatz eines Apex



Abscheidung der Partikel: Entwicklung eines optimierten Zyklons

Schritt 3: Konstruktion

Schritt 4: Prototypenfertigung

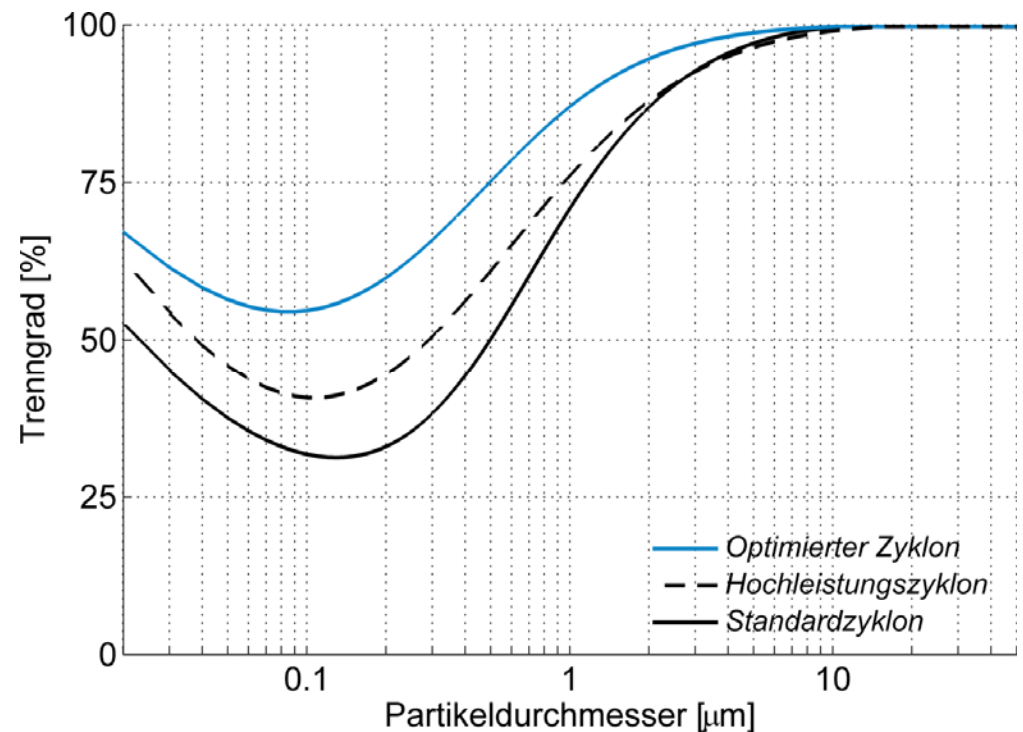


Abscheidung der Partikel

- Leistungsuntersuchung mit Maltodextrin als Modellsubstanz
- Trenngradbestimmung durch Bilanzierung der Feststoffmassen und Partikelgrössenanalysen

$$T(d) = \frac{g \cdot q_g(d)}{q_e(d)}$$

- Leistungssteigerung für Partikel < 3µm



Abscheidung der Partikel

| Zyklon | Abgeschiedenes Produkt | | Abscheidel. | Ertrag | |
|--------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|------|
| | $d_{50,3}$ [μm] | $d_{90,3}$ [μm] | η [%] | ζ [%] | |
| Std | 1.87 | 3.23 | 64.2 | 47.1 | +43% |
| HP | 1.91 | 3.79 | 78.1 | 77.0 | +13% |
| Opt | 1.58 | 3.58 | 94.2 | 90.3 | |

(50 mm Sprühgaspegel | 20 % Feedrate | 1% Feststoff)

- Erhebliche Leistungssteigerung gegenüber bestehender Zyklone
- Standard-Zyklon eignet sich nicht für den Einsatz bei Herstellung inhalierbarer Partikel



Schlussfolgerung

- Sprühtrocknung inhalierbarer Partikel ist mit dem B290 möglich
- Mit $d_{90,3} < 4\mu\text{m}$ des abgeschiedenen Partikelspektrums beträgt die inhalierbare Fraktion rund 80%
- Mit dem optimierten Zyklon ist im Bereich $< 3\mu\text{m}$ eine erhebliche Leistungssteigerung möglich
- Beim Einsatz des optimierten Zyklons ist auf die Wahl der Temperaturbedingung besonders zu achten
- Der Einsatzbereich des optimierten Zyklons ist bei sehr feinen Partikelspektren

Besten Dank an:

- Prof. Dr. Beat Wellig
- Dr. Cordin Arpagaus
- BÜCHI Labortechnik AG, Flawil

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit