

Dr. Frank Dinger

Konzentrationsmessung des Frucht- und Zuckergehaltes bei der Safftherstellung

Kontinuierliche Konzentrationsmessung mit Ultraschallwellen

Konzentrationsbestimmungen von Flüssigkeiten werden in der industriellen Meßtechnik vorwiegend über indirekte und integrale Meßmethoden, z.B. durch Dichte- oder Brechungsindexmessung, durchgeführt. Bei einer Vielzahl von möglichen Anwendungsfällen spielen sie jedoch aus wirtschaftlichen Erwägungen eine untergeordnete Rolle. Eine in der Bedeutung stetig wachsende Alternative zu diesen Verfahren ist die Konzentrationsmessung mit Ultraschallwellen.

Ultraschall-Meßverfahren haben in vielen Bereichen der Industrie einen festen Platz gefunden. Die Anwendung als Konzentrationsmeßverfahren in der Getränkeindustrie, ob zur Prozeßkontrolle bei der Herstellung oder zur

Qualitätssicherung im Laboreinsatz, eröffnet viele neue Einsatzmöglichkeiten an neuen Einsatzorten, um erforderliche Meßwerte und Analysen zur Produktverbesserung durchführen zu können. Die Vorzüge dieser Meßmethode - die hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit, die große Einsatzbreite, Robustheit und nicht zuletzt der Preis - lassen erwarten, daß sich diese Meßmethode zu einem Standardmeßverfahren entwickelt

Die Herstellung von Fruchtsäften ist technologisch auf zwei Wegen möglich - entweder direkt aus frischen Früchten oder aus Fruchtsaftkonzentraten (Abb. 1). In beiden Fällen ist eine kontinuierliche Überwachung der Parameter Frucht- und Zuckergehalt und damit der Produktqualität notwendig. Mit Hilfe der Ultraschallmessung wird dem Anwender ein Verfahren in die Hand gegeben, um eine automatische Regelung zu realisieren.

Bei der Herstellung von Fruchtsaftkonzentraten in Verdampferanlagen (Abb. 2) können sowohl der Konzentrationsanstieg im Prozeß als auch eine gleichmäßige Endkonzentration überwacht werden.

Wichtige Prozeßparameter, wie Dampfdruck, Produktzufuhr und Vakuum können in Abhängigkeit vom Prozeßzustand geregelt werden.

Die Konzentrationsmessung ist damit eine Voraussetzung für das wirtschaftliche Betreiben der Verdampferanlage und damit für die Sicherstellung der Produktqualität.

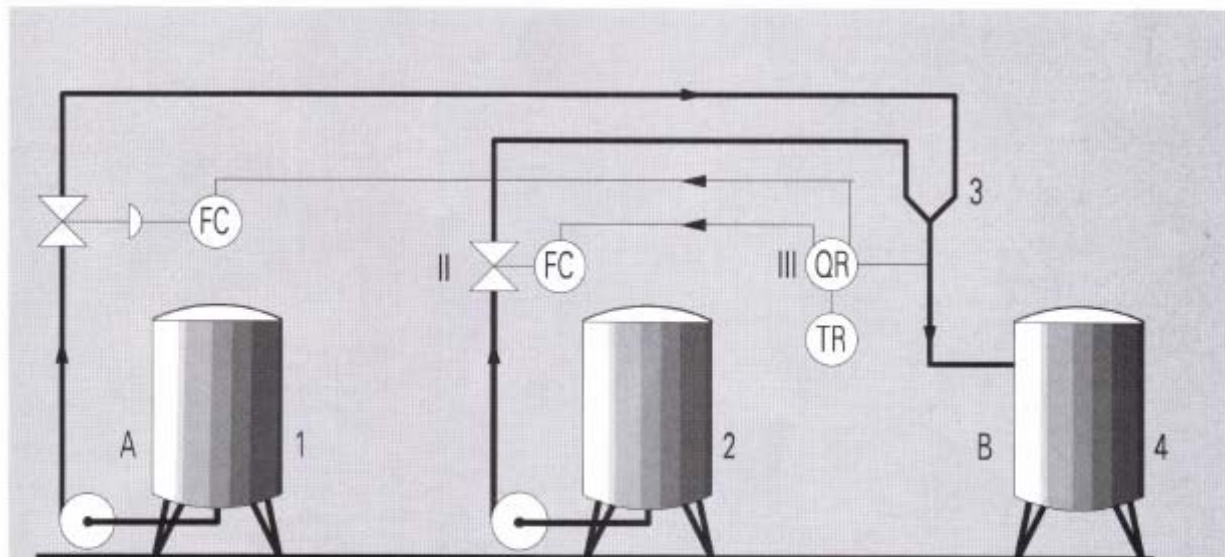


Abb. 1 Schema Fruchtsaftmischanlage aus Fruchtsaftkonzentraten

- 1 Vorlaufbehälter Fruchtsaftkonzentrat
- 2 Vorlaufbehälter Wasser
- 3 Mischstation
- 4 Saffbehälter

- I Durchflußregelung Fruchtsaftkonzentrat
- II Durchflußregelung Wasser
- III Konzentrationsmessung Fruchtsaft
- A Fruchtsaftkonzentrat
- B Fruchtsaft

Grundlagen der Ultraschall-Konzentrationsmessung

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallwellen in reinen Stoffen ist eine temperaturabhängige Stoffkonstante [c]. Das trifft sowohl auf Gase als auch auf Flüssigkeiten und Feststoffe zu. Sind in Mehrkomponentensystemen die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der einzelnen Stoffe (in einfachen Stoffsystemen) bzw. die Kennlinien (bei komplizierten Stoffsystemen) bekannt, läßt sich die Konzentration von Flüssigkeitsgemischen ermitteln.

Funktionsbeschreibung

Das Meßprinzip ist die Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Ultraschalls durch Messung der Laufzeit eines Ultraschallimpulses in einer definierten Meßstrecke.

Die Ultraschall-Ausbreitungsgeschwindigkeit hängt in charakteristischer Weise von:

- der Struktur und chemischen Beschaffenheit der Einzelkomponenten
- der Temperatur
- der Zusammensetzung eines Mehrkomponentensystems und
- Wechselwirkungen in Mehrkomponenten-/Mehrphasensystemen

ab.

Bei Kenntnis dieser Zusammenhänge, die durch Kalibrierungsmessungen zugänglich sind, und unter gleichzeitiger Messung der Temperatur, sind Aussagen über die Zusammensetzung und damit über die Konzentration möglich.

Die Meßgröße **Ultraschallgeschwindigkeit** c im Stoffsystem wird durch die Anteile der einzelnen Komponenten A, B, C ... X bestimmt:

$$c = c_A + \Delta c_B + \Delta c_C + \dots + \Delta c_X$$

Dabei ist Komponente A ein Bezugsstoff in Form von Lösungs- oder Dispersionsmittel.

Die **Ultraschall-Dämpfung** als zweite Meßgröße liefert vor allem Informationen über nichtgelöste Gasanteile im flüssigen Medium. Da die Ultraschall-Dämpfung in Gasen deutlich höher als in Flüssigkeiten ist, würde bei einer Vernachlässigung dieser Meßgröße eine Verfälschung der Meßwerte auftreten.

Bedingungen für den industriellen Einsatz von Ultraschallverfahren

Um genaue Konzentrationsmessungen durchführen zu können, müssen Kennlinien in dem zu erwartenden Konzentrations- und Temperaturbereich ermittelt werden. Der Verlauf dieser Kennlinien kann in Abhängigkeit der

Temperatur sehr unterschiedlich sein und ist im Idealfall annähernd linear.

Normalerweise weisen die Kennlinien in ihrem Verlauf Minima, Maxima oder Wendepunkte auf. Die Kennlinien bei der Konzentrationsbestimmung von Essigsäure zeigen einen typischen Verlauf, bei der speziell im oberen Masse%-Bereich eine sehr hohe Genauigkeit der Konzentrationsmessung erreichbar ist (Abb.5). Die praktisch erreichbare Genauigkeit der Messung unter industriellen Bedingungen, 0,1 bis 0,2 Masse % und besser, hängt somit eindeutig vom Stoffsystem selbst ab, d.h. vom Anstieg der Kennlinien.

Die Bedingungen für eine zuverlässige, reproduzierbare Messung ergeben sich aus den physikalischen Grenzen der zu messenden Stoffe:

- Die Kennlinien müssen eine bestimmte Steigung aufweisen
- Es muß die Konzentration aller außer der zu bestimmenden Komponente bekannt sein, um eine eindeutige Zuordnung zu gewährleisten
- Es muß bekannt sein, ob Bereiche existieren, in denen die Messung nicht eindeutig ist.

Konzentrationsmessungen auf Ultraschallbasis haben einen größeren Einsatzbereich als die meisten anderen Verfahren. Die Messung ist nicht an die Transparenz des Meßmediums gebun-

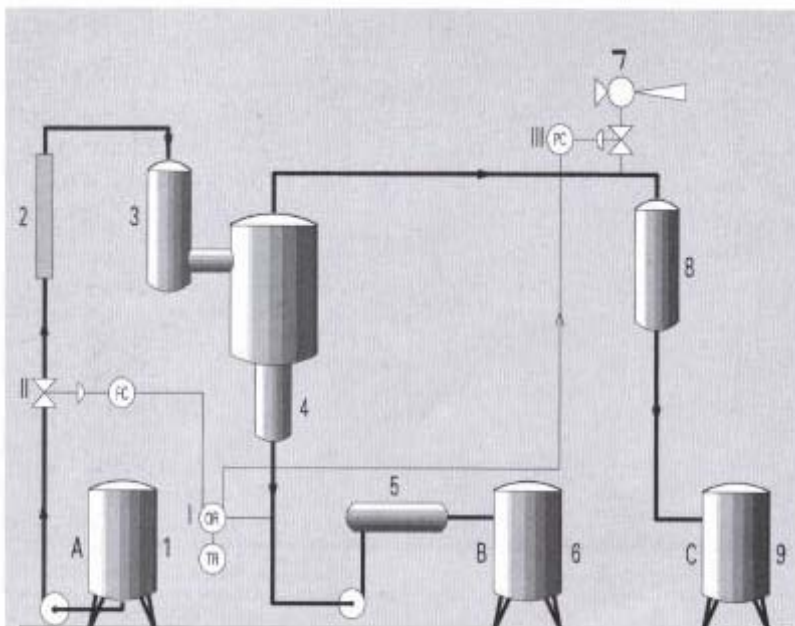


Abb.2 Herstellung von Fruchtsaftkonzentrat in Verdampferanlagen

- 1 Vorlaufbehälter Fruchtsaft
 - 2 Vorwärmer
 - 3 Fallstromverdampfer
 - 4 Rieselfverdampfer
 - 5 Fruchtsaft-Konzentratkühler
 - 6 Fruchtsaft-Konzentratbehälter
 - 7 Vakuumpumpe
 - 8 Destillatkühler
 - 9 Destillatbehälter
- A Fruchtsaft
B Fruchtsaftkonzentrat
C Destillat
I Konzentrationsmessung im Konzentrat incl. Temperaturmessung
II Durchflußregelung Fruchtsaft
III Druckregelung

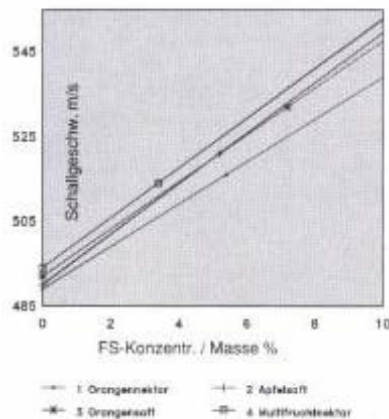


Abb.3 Kennlinien Fruchtsäfte

den und es können homogene und heterogene Flüssigkeiten gemessen werden. Feststoffsuspensionen mit einem Feststoffanteil bis zu 95 Masse % wurden bereits gemessen. Technisch hochwertige Meßgeräte bieten außerdem die Möglichkeit, durch gleichzeitige Messung der Schalldämpfung nicht gelöste Gasanteile zu erfassen. Für bestimmte Prozesse kann somit die Dämpfungsmessung als Hauptmeßgröße verwendet werden. Eine Selbstüberprüfung des Meßgerätesystems und damit eine Vermeidung von Fehlmessungen ist generell möglich.

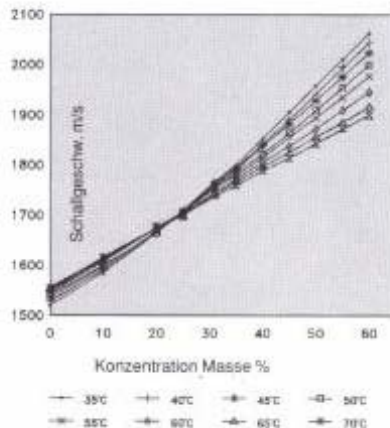


Abb.4 Kennlinien Apfelsaftkonzentrat

Das Meßgerätesystem ist verfügbar

- als Einklemmarmatur in Rohrleitungen in den Nennweiten DN50 und DN80 auch in Ex-Ausführung.
- als Tauchsensoren für Rohrleitungen (DN 125), Kanäle und offene oder geschlossene Behälter
- als Rohrsensoren in VARIVENT-Armaturen in den Nennweiten DN 25 bis DN 125
- als Labor-Sensor

Der Meßwertempfänger ist standardmäßig aus Edelstahl, Werkstoff 1.4571, und somit unempfindlich gegenüber den meisten Flüssigkeiten.

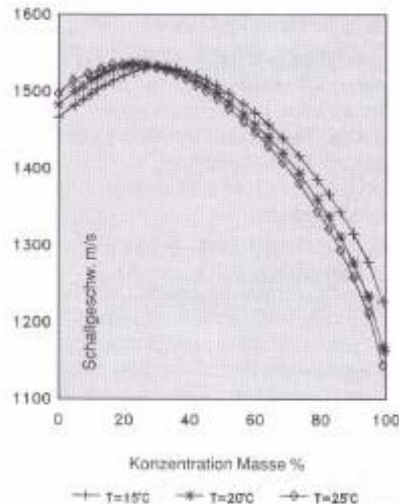


Abb.5 Kennlinien Essigsäure

Sollen aggressive oder abrasive Medien gemessen werden, sind Sondermaterialien wie Hastelloy C, Titan, PVC oder eine gummierte Ausführung möglich.

Die Schallgeschwindigkeit wird mit einer Genauigkeit von 0,1 m/s gemessen. Eine gleichzeitige Erfassung der Schalldämpfung erlaubt die Selbstdiagnose des Meßsystems in bezug auf die Meßbedingungen. Mit Hilfe der im Meßumformer integrierten Software sind die Grenzen der Schalldämpfung einstellbar, damit das Meßgerät immer mit der angegebenen Genauigkeit arbeitet.

Im Meßumformer (Abb.7) können bis zu 30 verschiedene Kennlinien hinterlegt werden, die wahlweise über Folientastatur oder eine serielle Schnittstelle ausgewählt werden können. Ein zweizeiliges, hinterleuchtetes LC-Display ist frei konfigurierbar zur Anzeige von Konzentration, Dichte, Temperatur, Schallgeschwindigkeit und/oder Dämpfung. Die Temperatur wird immer mit einer Genauigkeit von 0,1 K gemessen.

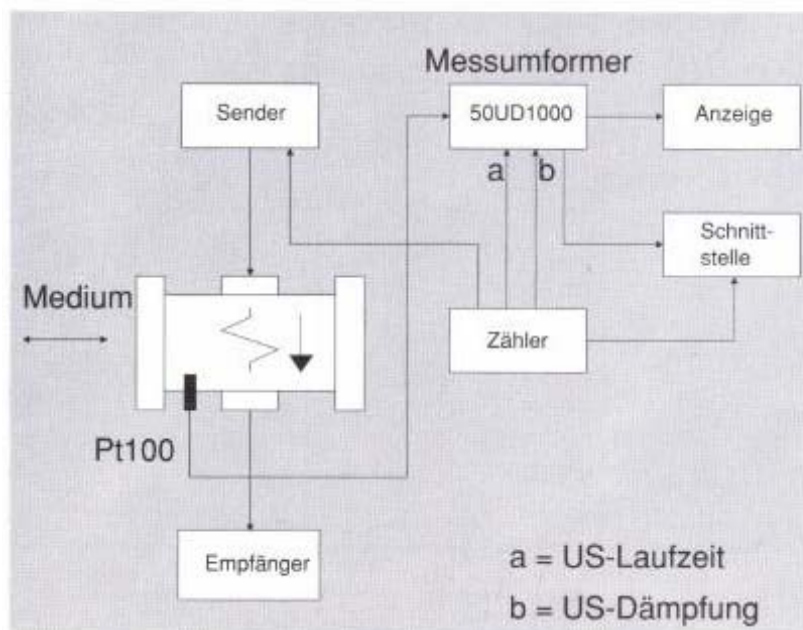


Abb.6 Schema SONOCON 3

Sonocon 3 Ultraschall-Meßgerätesystem

Dieses Konzentrationsmeßsystem basiert auf einem indirekte Laufzeit-Meßverfahren nach dem Impuls-Laufzeit-Prinzip und bietet den Vorteil einer verzögerungsfreien, kontinuierlichen Messung ohne Eingriff in das Medium.

Ein umfangreiches Sortiment an Ultraschallsensoren deckt einen vielfältigen Einsatzbereich ab.

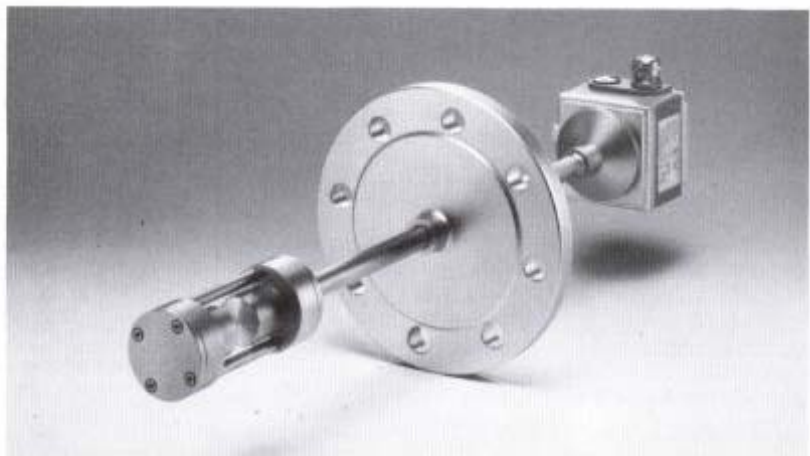


Abb.9 Tauchsensoren



Abb.7 Meßumformer



Abb.10 Laborsensoren



Abb.8 Rohrsensoren VARI/VENT Armatur



Abb.11 Rohrsensoren Zwischenflanschgerät