

Dipl.-Ing. Hanno Schombacher, Köln

**Laseroptische Meßtechniken
zur Bestimmung prozeß-
relevanter Größen in der
Flüssig/Flüssig-Extraktion**

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik

Nr. **648**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung dieser Arbeit	2
1.1.1	Untersuchungen mit der PDA	2
1.1.2	Untersuchungen mit der RBR	3
2	Streulichttheorien	5
2.1	Mie-Theorie	6
2.2	Geometrische Optik	8
2.2.1	Sphärische Teilchen und ebene einfallende Welle	8
2.2.2	Erweiterungen der Geometrischen Optik	11
2.3	Theorie des Regenbogens	11
2.3.1	Erklärung des Regenbogenphänomenes mittels der Geometrischen Optik	12
2.3.2	Erweiterung durch die Airy-Theorie	15
2.3.3	Einfluß der Teilchenposition im Gaußstrahl	16
3	Auswahl der Stoffsysteme	18
3.1	Stoffsysteme für die Untersuchungen mit der PDA	19
3.2	Stoffsysteme für die Untersuchungen mit der RBR	19
3.3	Stoffdaten	20
3.4	Grenzflächenphänomene während des Stoffüberganges	22
4	Untersuchungen mit der Phasen-Doppler-Anemometrie	25
4.1	Phasen-Doppler-Meßtechnik	25
4.1.1	Physikalische Grundlagen und Aufbau der Standard PDA	25
4.1.2	High-Resolution PDA	29
4.1.3	Zeitaufgelöste Signalanalyse	29
4.1.4	Fehler der Phasen-Doppler-Messung	31
4.1.5	Konzentrationsmessungen mittels der PDA	33
4.2	Tropfenerzeugung und Versuchsaufbau	36
4.3	PDA-Optimierung für die untersuchten Systeme	39
4.3.1	Parameter und Kriterien der PDA-Optimierung	39
4.3.2	PDA-Optimierung durch Streulichtberechnungen	40
4.3.2.1	Streulichtberechnungen nach der Geometrischen Optik	41
4.3.2.2	Streulichtberechnungen mittels der Mie-Theorie	44
4.3.3	Gewählte Meßeinstellungen	47
4.4	Mögliche Probleme bei der Messung an Flüssig/Flüssig-Systemen	49
4.4.1	Tropfenbewegung in flüssiger Umgebung	49

4.4.2	Auswirkungen auf Frequenz- und Phasenbestimmung der PDA . . .	51
4.4.2.1	Beschreibung eines Ellipsoiden	52
4.4.2.2	Statische Formänderungen des Tropfens	52
4.4.2.3	Tropfenoszillationen	54
4.4.2.4	Beschleunigungen oder Verzögerungen des Tropfens	56
4.5	Meßergebnisse	59
4.5.1	Experimentelle Ergebnisse der Durchmesserbestimmung mittels der PDA	59
4.5.2	Experimentelle Ergebnisse der Geschwindigkeitsbestimmung mittels der PDA	62
4.5.2.1	Geschwindigkeit von Einzeltropfen	63
4.5.2.2	Vergleich der Meßergebnisse mit Werten aus der Literatur	67
4.5.3	Experimentelle Untersuchung von Tropfenoszillationen	69
4.5.4	Experimentelle Untersuchung einer beschleunigten Tropfenbewegung	75
4.6	Zusammenfassung der Ergebnisse	77
5	Untersuchungen mit der Regenbogenrefraktometrie	79
5.1	Meßtechnisches Potential der Regenbogenrefraktometrie	80
5.2	Versuchsaufbau	82
5.3	Bestimmung homogener Konzentrationen mit Hilfe der Regenbogenrefraktometrie	83
5.3.1	Meßergebnisse	83
5.3.2	Auflösung und Fehlerbetrachtung	84
5.4	Rückwirkungen von Konzentrationsgradienten auf die Regenbogenposition	85
5.4.1	Theorie des Stoffüberganges an Tropfen	86
5.4.1.1	Definition von Stoffübergangs- und Stoffdurchgangskoeffizienten	86
5.4.1.2	Mathematische Beschreibung des Problems	88
5.4.1.3	Beschreibung der Stofftransportbedingungen	89
5.4.1.4	Lösung der Differentialgleichungen für den instationären Stofftransport	99
5.4.2	Modellierung der Regenbogenposition für tropfeninterne Brechungsindexgradienten	100
5.4.3	Ergebnisse von Modellrechnungen	102
5.4.4	Experimentelle Ergebnisse für Regenbogenmessungen in ruhenden Systemen	108
5.4.4.1	Stoffübergang im System Toluol/Wasser/Aceton	108
5.4.4.1.1	Stoffübergangsrichtung aus der kontinuierlichen Phase	108
5.4.4.1.2	Stoffübergangsrichtung aus der Tropfenphase	110
5.4.4.2	Stoffübergang im System Toluol/Wasser/Essigsäure in der Richtung aus der Tropfenphase	111
5.4.5	Vergleich mit dem Modellansatz	112
5.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	116
5.6	Diskussion des weiteren Potentials der Regenbogenrefraktometrie	117
6	Zusammenfassung und Ausblick	119