

**Daniel Anaya**

# Mathematisch-Statistische Modellierung von Schäumen

**Diplomarbeit**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2007 Diplom.de  
ISBN: 9783836605311

**Daniel Anaya**

# **Mathematisch-Statistische Modellierung von Schäumen**



---

Daniel Anaya

# Mathematisch-Statistische Modellierung von Schäumen

Diplomarbeit  
Fachhochschule Weihenstephan  
Fachbereich Garten- und Lebensmitteltechnologie  
Studiengang Lebensmitteltechnologie  
Juli 2007



Diplomica GmbH \_\_\_\_\_  
Hermannstal 119k \_\_\_\_\_  
22119 Hamburg \_\_\_\_\_

Fon: 040 / 655 99 20 \_\_\_\_\_  
Fax: 040 / 655 99 222 \_\_\_\_\_

agentur@diplom.de \_\_\_\_\_  
www.diplom.de \_\_\_\_\_

Daniel Anaya

**Mathematisch-Statistische Modellierung von Schäumen**

ISBN: 978-3-8366-0531-1

Druck Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2007

Zugl. Fachhochschule Weihenstephan, Weihenstephan Deutschland, Diplomarbeit 2007

---

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

© Diplomica Verlag GmbH

<http://www.diplom.de>, Hamburg 2007

Printed in Germany

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	4
2.	Beschreibung von Schäumen .....	5
2.1.	Elemente der Schaumstruktur.....	10
2.2.	Der Plateau- Rand.....	11
3.	Tenside und ihre Eigenschaften.....	12
3.1.	Funktionsweise der Tenside .....	12
3.2.	Einfluss der Tenside auf den Schaum.....	12
3.3.	Tenside in der Lebensmittelindustrie .....	14
4.	Schäume in der Lebensmittelindustrie .....	15
4.1.	Schaumstabilisatoren .....	15
4.2.	Schaumerzeugen in der Lebensmittelindustrie.....	16
4.3.	Sensorische Wahrnehmung von Schaum .....	19
4.4.	Anwendungen von Schaum .....	19
4.4.1.	Milchschaum .....	19
4.4.2.	Schlagsahne .....	20
4.4.3.	Speiseeis .....	20
4.4.4.	Marshmallow .....	21
4.4.5.	Schäume in der Getränkeindustrie.....	21
4.5.	Schaum als unerwünschter Faktor.....	23
4.5.1.	Probleme von Schäumen .....	23
4.5.2.	Schaumzerstörung und Unterdrückung .....	24
5.	Praktische Modellierung von Schäumen .....	27
5.1.	Versuchsaufbau .....	27
5.2.	Material und Durchführung .....	28
5.2.1.	Verwendete Geräte und Materialien.....	28
5.2.2.	Versuchsdurchführung .....	28
5.3.	Versuchsergebnisse .....	29
5.4.	Mathematische Untersuchung der Versuchsergebnisse .....	33
5.4.1.	Hintergrund der mathematisch- statistischen Untersuchung.....	33
5.4.2.	Durchführung der Untersuchung.....	34
5.4.3.	Theoretische Grundlagen zu den Berechnungen .....	34
5.4.4.	Berechnung der Parameter.....	36
5.4.5.	Numerische Ableitung und Regression .....	43
5.4.6.	Trennung der Kurvenverläufe .....	46
6.	Diskussion der Ergebnisse.....	49
6.1.	Regressionen.....	49
6.1.1.	Signifikanz der Versuchsparameter.....	51
6.2.	Trennung von Saisonal- und Zufallskomponente.....	53
6.3.	Prüfung der Stufentheorie.....	54
6.3.1.	Relativer Fehler .....	54
6.3.2.	Varianzanalyse .....	56
7.	Fazit .....	59
8.	Literaturverzeichnis .....	60
9.	Abbildungsverzeichnis .....	63
10.	Tabellenverzeichnis .....	65
11.	Anhang .....	66

# 1. Einleitung

Eine Dispersion von Gas in Flüssigkeit bezeichnet man als Schaum, falls der Gasanteil überwiegt. Im Bereich der Kosmetik oder der Lebensmitteltechnik sind stabile Schäume erwünscht. Beispielhaft erwähnt seien Rasierschaum, Bierschaum oder der Schokokuss. Es ist sehr leicht Schäume herzustellen, doch überraschend schwierig, sie mathematisch zu beschreiben.

Schaumblasen begeistern die Menschen, seit es Tenside gibt. Aber ihre mathematische Erforschung begann erst in den dreißiger Jahren des vorletzten Jahrhunderts, als der belgische Physiker Joseph A. Plateau (1801 bis 1883) Drahtgestelle in Seifenwasser tauchte und über die Ergebnisse staunte. Selbst heute, 170 Jahre später, haben wir noch keine vollständige mathematische Erklärung - oder auch nur Beschreibung - einiger interessanter Phänomene, die Plateau beobachtet hat.

In der Sommerzeit ist es den Gästen von Biergärten sicherlich aufgefallen, dass der Schaum leider nicht so schön bleibt, wie man ihn bekommt, und mit diesem Problem beschäftigen sich Wissenschaftler (und auch die Brauereien) schon seit Plateaus- Zeiten, wie man dieses Gebilde langlebiger macht. Außerdem wird es in dieser Arbeit versucht, anhand von Daten aus der Fachhochschule in Kiel, durch mathematisch- statistische Untersuchungen den exponentiellen Verlauf von dem Schaumzerfall zu bestätigen. Ferner werden die Einflussparameter von Schäumen mit statistischen Methoden auf Signifikanz untersucht.