

Kristallisation

Grundlagen und Technik

Von

Günther Matz

Zweite, völlig neu bearbeitete Auflage



Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1969

Dr. phil. nat. GÜNTHER MATZ
Farbenfabriken Bayer, Wuppertal-Elberfeld

Das Buch enthält 174 Abbildungen

ISBN-13:978-3-642-47435-4 e-ISBN-13:978-3-642-47433-0
DOI: 10.1007/978-3-642-47433-0

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung
des Springer-Verlages übersetzt oder in irgendeiner Form vervielfältigt werden.

© by Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1954, and 1969

Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1969

Library of Congress Catalog Card Number: 68-8889

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buche
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

Titelnummer 1513

Vorwort zur zweiten Auflage

In den 15 Jahren, die seit Erscheinen der ersten Auflage vergangen sind, wurden auf dem Gebiete der Kristallisation erstaunliche Fortschritte erzielt. 1952 wurde das Zonenschmelzen entdeckt, in den Jahren 1953—1955 erfüllte sich mit dem Gelingen der Diamant-Synthese ein Menschheitstraum. Seit 1955 hat die Bedeutung der adduktiven Kristallisation entscheidend zugenommen. 1958 erreichte die hydrothermale Synthese beim Quarz technische Ausmaße, im gleichen Jahr wurde die Fließbett-Sublimation entwickelt, und 1962 gelangen entscheidende Versuche zur Desublimation im Fließbett. Seit etwa 1965 wurden Ausfrierverfahren zur Gewinnung von Süßwasser aus Meerwasser technisch angewendet. Neue Heizquellen wurden für das Flammenschmelzverfahren erfolgreich herangezogen. Starke Impulse wendeten sich dem Gebiet der fraktionierten Kristallisation zu; hier wurden sowohl auf theoretischem Gebiet als auch bei der Entwicklung von Apparaturen beträchtliche Erfolge errungen, technische Anlagen wurden zur Reife entwickelt. Eine Fülle neuer Einkristalle mit besonderen piezoelektrischen oder elektrooptischen oder auch ferroelektrischen Eigenschaften wurde nach zum Teil ganz neuen Verfahren gezüchtet. Es scheint, daß die Woge der Neuerkenntnisse noch nicht verebbt.

Angesichts dieser ungewöhnlichen Situation war eine völlige Neubearbeitung der ersten Auflage geboten. Die neue Auflage ist wesentlich umfassender und mehr aufgegliedert als die erste. Die allgemeine Zielsetzung blieb erhalten, nämlich von der breiten Basis gesicherter Grundlagen aus zu einem Verständnis der technischen Kristallisation und der Kristallisatoren zu gelangen. Aber kein Spezialgebiet sollte besonders herausgearbeitet, sondern jedes Teilgebiet möglichst gleichmäßig berücksichtigt werden. Das Kapitel über die Grundlagen der Kristallisation wurde neu gegliedert, und die Umarbeitung mancher Paragraphen (z. B. Löslichkeit und Überlöslichkeit) ließ sich nicht vermeiden. Hier wurde großer Wert darauf gelegt, experimentelle Daten zu bringen, weil es bislang noch sehr an Stoffkonstanten (z. B. für Keimbildungs- oder Kristallwachstumsgeschwindigkeiten) fehlte.

Der Abschnitt über Kristallisatoren wurde erheblich erweitert. Insgesamt 74 Kristallisatoren wurden besprochen. Der Leser findet das Wesentliche über diese Kristallisatoren in zahlreichen Tabellen zusammengefaßt und durch viele Abbildungen veranschaulicht. Dieser Teil ist elementar geschrieben und kann ohne Kenntnis des theoretischen Teils verstanden werden und als Nachschlagewerk dienen.

Bezüglich der Voraussetzungen des Buches gilt das im Vorwort zur ersten Auflage Gesagte. Die Zahl der Tabellen wurde wesentlich vermehrt (auf 55) und ebenso die Zahl der Abbildungen (auf 174), um dem Leser eine rasche Übersicht zu ermöglichen.

Allen, die mir durch Diskussionen, Ratschläge und technische Hilfen bei der Abfassung der zweiten Auflage geholfen haben, sage ich herzlichen Dank. Herrn Dr. SALZER und Herrn Dr. SIGWART, Farbenfabriken Bayer, danke ich für die Unterstützung bei der Erstellung des Manuskriptes. Dem früheren Vorsitzenden des Fachausschusses „Kristallisation“ in der Verfahrenstechnischen Gesellschaft im VDI, Herrn Prof. Dr. SEIFERT, und dem jetzigen Vorsitzenden, Herrn Prof. Dr. NEUHAUS, gebührt Dank für anregende Diskussionen auf zahlreichen Tagungen. Ferner danke ich allen Firmen, die bei der Besprechung der einzelnen Kristallisatoren genannt sind und mich durch Prospekt-Material unterstützt haben. Herrn HENSMANN, Farbenfabriken Bayer Wuppertal-Elberfeld, bin ich zu Dank für die Bildgestaltung der zweiten Auflage verpflichtet. Dem Verlag sage ich Dank für das Eingehen auf Sonderwünsche und die vorzügliche Ausgestaltung des Buches.

Wuppertal-Elberfeld, Ende 1968

Günther Matz

Inhaltsverzeichnis

I. Begriffsbestimmung der Kristallisation	1
II. Überblick über das thermische Trennverfahren Kristallisation	5
III. Grundlagen der Kristallisation	9
A. Allgemeine Grundlagen	9
1. Keimbildung	9
2. Kristallwachstum	19
a) Grenzflächentheorie	19
b) Volmersche Grenzsichttheorie	23
c) Diffusionstheorien	24
d) Theorie von KOSSEL und STRANSKI	29
e) Schraubenversetzungen	33
f) Adsorptionstheorie	35
g) Kristallwachstumsgeschwindigkeiten	38
3. Einkristalle	42
4. Realkristalle	47
B. Grundlagen der Kristallisation aus Lösungen	50
1. Temperatur-Löslichkeitsdiagramm	50
2. Löslichkeit und Überlöslichkeit	59
3. Trachtänderung von Kristallen	69
4. Der Grundversuch	76
5. Ausfällen (Fällungs-Kristallisation)	84
6. Aussalzen	93
7. Ausfrieren	94
8. Fraktionierte Kristallisation aus Lösungen	99
C. Grundlagen der Kristallisation aus Schmelzen	106
1. Der Grundversuch	106
2. Normales Erstarren und Zonenschmelzen	110
3. Betrachtungen am Zustandsdiagramm.	117
4. Vergleich zwischen der Kristallisation aus Lösungen und Schmelzen	124

D. Grundlagen der Sublimation und Desublimation	132
1. $p - T$ -Diagramm	132
2. Die beiden Arten der Sublimation	138
a) Vakuum-Sublimation	138
b) Trägergas-Sublimation	139
3. Begrenzende Faktoren	140
4. Fließbett-Sublimation	143
5. Andere Arten der Sublimation	148
6. Arten der Desublimation	151
7. Fraktionierte Sublimation	155
E. Grundlagen der adduktiven Kristallisation	156
1. Art und Aufbau der Addukte	156
2. Thermodynamische Betrachtungen	159
F. Einwirkungen besonderer äußerer Einflüsse auf die Kristallisation .	165
1. Ultraschall	165
2. Strahlungen radioaktiver Stoffe	169
3. Elektrische Felder	171
4. Magnetische Felder	173
IV. Technik der Kristallisation	174
A. Wärmetechnische Gesichtspunkte der Kristallisation	174
1. Latente Wärmen	174
2. Krustenbildung	181
3. Betrachtungen zum Wärmeübergang und Wärmedurchgang . .	183
B. Kornverteilung von Kristallisaten	190
1. Problemstellung und Begriffsbestimmungen	190
2. Messen von Kornverteilungen	192
3. Mathematische Darstellung von Kornverteilungen	195
4. Theorien zur Kornverteilung	201
C. Das Zusammenbacken der Kristalle	210
D. Kristallisatoren	214
1. Kristallisatoren für die einfache Kristallisation	215
a) Lösungskristallisatoren	215
α) Kühlungskristallisatoren	218
β) Verdampfungskristallisatoren	230
γ) Vakuumkristallisatoren	244
δ) Klassierende Kristallisatoren	261
ϵ) Reaktions-Kristallisatoren	276
ζ) Sprühkristallisatoren	285
η) Kristallisatoren zur Züchtung von Einkristallen aus Lö-	
sungen	291

b) Schmelzkristallisatoren	305
α) Schmelzkristallisatoren zur Erzeugung von Kristallisaten .	305
β) Schmelzkristallisatoren zur Züchtung von Einkristallen .	313
2. Fraktionierende Kristallisatoren	331
3. Sublimatoren und Anordnungen zur Kristallisation aus der Gas- phase	352
4. Anordnungen zur adduktiven Kristallisation	363
 V. Die Kristallisation im Rahmen der anderen thermischen Trennverfahren	370
 Schrifttum	379
 Namenverzeichnis	401
 Sachverzeichnis	406