



Doctoral Thesis

The Properties of the solid-liquid interface layer of growing ice crystals a dynamic light scattering study

Author(s):
Böni, Peter

Publication Date:
1983

Permanent Link:
<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000301128> →

Rights / License:
[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

THE PROPERTIES OF THE SOLID-LIQUID INTERFACE LAYER OF
GROWING ICE CRYSTALS: A DYNAMIC LIGHT SCATTERING STUDY

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ZÜRICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by
PETER BÖNI
Dipl. Phys. ETH Zürich
born March 1, 1955
citizen of Amden SG

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. W. Käuzig
Prof. Dr. C. Jaccard

ABSTRACT

The dynamics of solidification are investigated at the interface ice-water by means of Rayleigh-Brillouin spectroscopy. If a critical growth velocity is exceeded Rayleigh scattering occurs in a layer which has a thickness between $1.4\mu\text{m}$ and $6\mu\text{m}$ and a density between water and ice, close to water. At constant intensity the width Γ of the central line is proportional to the square of the scattering vector k , $\Gamma = D_i \cdot k^2$, independent of the orientation of k relative to the interface. The measured diffusion constants D_i are in the range $1.4 \cdot 10^{-8} < D_i < 5.7 \cdot 10^{-8} \text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ and isotropic in space. The intensity of the scattered light depends on the heat flow from the liquid into the solid and on the growth velocity. The linewidth of the scattered light decreases with increasing scattering intensity and vice versa. We interpret D_i as an effective thermal diffusion constant that describes the transport of heat involving fluctuations of order and disorder in the layer (J. Frenkel's "structure diffusion"). The increase of the total scattering intensity corresponds to an increase of the isothermal compressibility by a factor of 700 as compared to water.

KURZFASSUNG

Mit Hilfe von Rayleigh-Brillouin Spektroskopie wird die Dynamik des Gefrierens an der Phasengrenze Eis-Wasser untersucht. Falls eine kritische Wachstumsgeschwindigkeit überschritten wird, tritt in einer Schicht mit einer Dicke zwischen 1.4 und 6 μm starke Rayleighstreuung auf. Die mittlere Dichte liegt zwischen der von Eis und Wasser, aber näher bei Wasser. Bei konstanter Intensität ist die Linienbreite Γ der zentralen Linie proportional zum Quadrat des Streuvektors k , $\Gamma = D_i \cdot k^2$, unabhängig von der Orientierung von k relativ zur Phasengrenze. Die gemessene Diffusionskonstante D_i liegt zwischen $1.4 \cdot 10^{-8}$ und $5.7 \cdot 10^{-8}$ cm^2/s und ist isotrop. Die Intensität des gestreuten Lichts hängt vom Wärmefluss von der Schmelze zum Kristall und von der Wachstumsgeschwindigkeit ab. Die Linienbreite des gestreuten Lichts nimmt ab mit zunehmender Streuintensität und umgekehrt. D_i kann als effektive Diffusionskonstante interpretiert werden, die den Wärmetransport beschreibt, der mit Fluktuationen in der Struktur der Schicht einhergeht (J. Frenkel's "structure diffusion"). Die Zunahme der totalen Streuintensität entspricht einer Zunahme der isothermen Kompressibilität um einen Faktor von 700 verglichen mit Wasser.