

Der Blick zurück in die Klimageschichte

Ein Großflächen-Scan-Makroskop hilft bei der Forschung

Ein von der Firma Schäfter + Kirchhoff entwickelte Großflächen-Scan-Makroskop ermöglicht dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven eine schnelle und detaillierte Untersuchung von Eisbohrkernen. Bei dieser innovativen Entwicklung kommen Linos Objektive der inspec.x-L-Reihe von Qioptiq zum Einsatz.

Im Eis polarer Gletscher ist die Klimageschichte der Erde gespeichert. Im Zuge der aktuellen Klimadiskussionen sind diese Informationen über den historischen Verlauf des Erdklimas unverzichtbar und ermöglichen Rückschlüsse auf den Einfluss des Menschen. Gas- und Aerosoleinschlüsse im Gletschereis speichern über einen Zeitraum von mehreren hunderttausend Jahren detaillierte Informationen über die zu früheren Zeiten vorherrschenden Umwelt- und Klimabedingungen. Der bislang längste, in der Antarktis gewonnene Eisbohrkern hat eine Länge von 3.260 m und reicht mehr als 700.000 Jahre zurück.

Eisbildung rückverfolgen

Die Eisbildung an der Gletscheroberfläche ist ein komplexer Vorgang, der von Faktoren wie z.B. der Niederschlagsmenge, der Temperatur, der Windstärke und dem Vorhandensein von Spurenstoffen abhängt. Über Jahre verdichtet sich der Neuschnee an der Gletscheroberfläche zu noch luftdurchlässigem Firn und schließlich zu Eis. Aufgrund der Luftdurchlässigkeit der oberen

Gletscherschichten gibt es eine Zeitverschiebung zwischen eingelagerten Aerosolen und Gaseinschlüssen, die 100 bis 10.000 Jahre betragen kann. Durch die Untersuchung der Mikrostruktur der Eisbohrkerne gewinnen Glaziologen des Alfred-Wegener-Instituts Informationen über die Eisbildung und die Entwicklung der Gaseinschlüsse mit dem Ziel, diese Vorgänge zu erfassen und für die Vergangenheit zu rekonstruieren. Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen Aufnahmen von Bohrkernen aus verschiedenen Tiefen.

Schnelle Bilderfassung der Eisstücke

Den wertvollen Eisbohrkernen werden für die Bilderfassung handliche Stücke entnommen, die möglichst schnell gescannt werden müssen, da sich sonst durch Sublimation die poröse Eisoberfläche verändert und dadurch der Informationsgehalt der gewonnenen Bilder verfälscht wird. Um diese schnelle Bilderfassung zu ermöglichen, entwickelte Schäfter + Kirchhoff ein Scan-Makroskop, das eine große Fläche mit hoher Auflösung scannt, Abbildung 1 zeigt das Ge-

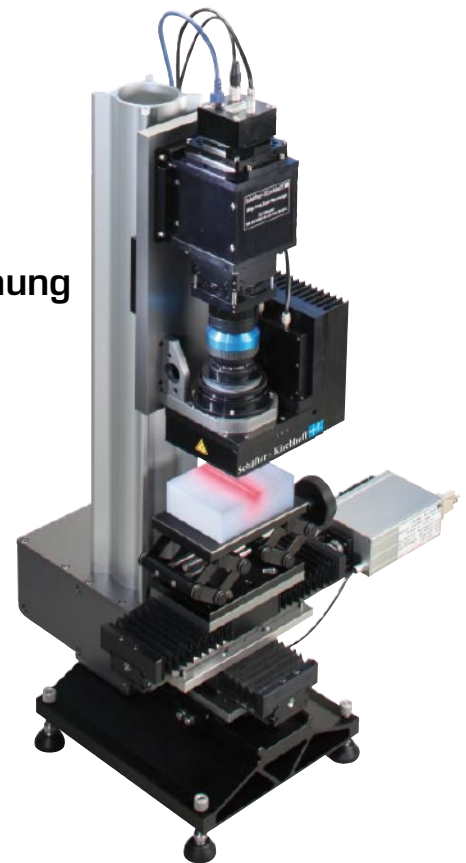


Abb. 1: Der gesamte Aufbau des Scan-Makroskops.

rät im Einsatz. Schäfter + Kirchhoff hat sich auf Bilderfassungssysteme für schwierige Fälle spezialisiert und setzt sehr häufig die selbst entwickelten Zeilenkameras mit hoher Auflösung ein. Zeilenkameras kommen meist dort zum Einsatz, wo große Flächen untersucht werden müssen und trotzdem kleinste Details wichtig sind. Um ein zweidimensionales Bild zu erreichen, wird dabei das Objekt mit einer exakt definierten Geschwindigkeit an der Kamera vorbeigeführt und Zeile für Zeile zusammengesetzt. Schäfter + Kirchhoff setzt im Scan-Makroskop einen Sensor mit 8.192 Pixeln ein und erreicht bei einer Messfeldbreite von 41 mm eine Auflösung von 5 µm. Die Messdauer für eine Fläche von 41 x 100

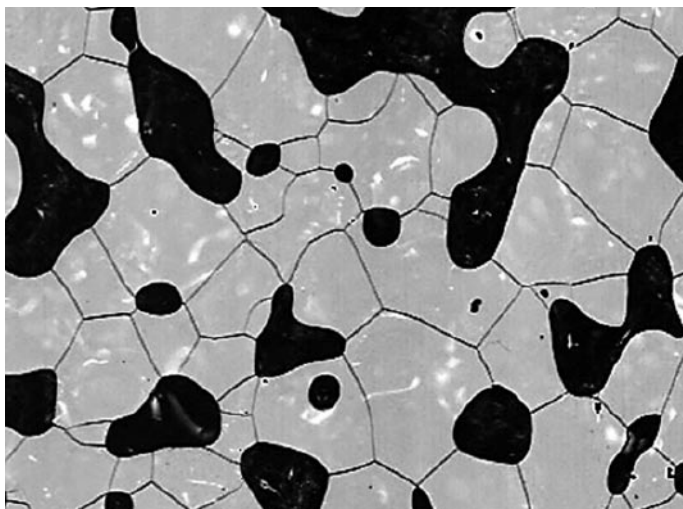


Abb. 2: Scan eines in 60 m Tiefe in der Antarktis gewonnenen Eisbohrkerns. Kornstrukturen und Gaseinschlüsse sind deutlich zu erkennen.

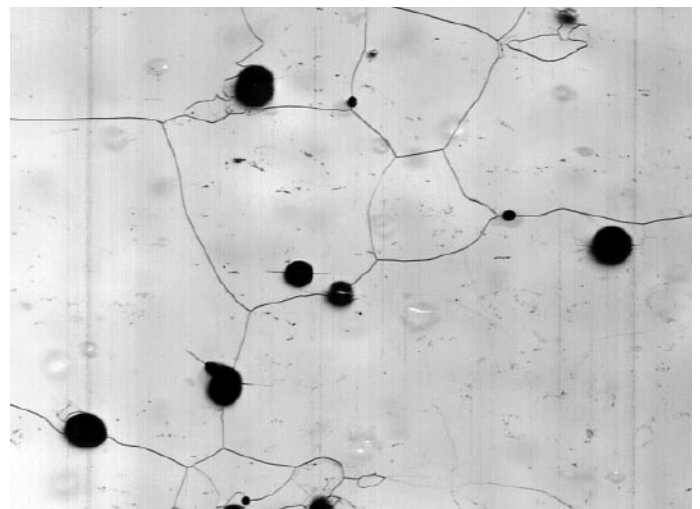


Abb. 3: Scan eines in 615 m Tiefe gewonnenen Eisbohrkerns. Die Gaseinschlüsse sind kleiner und seltener.

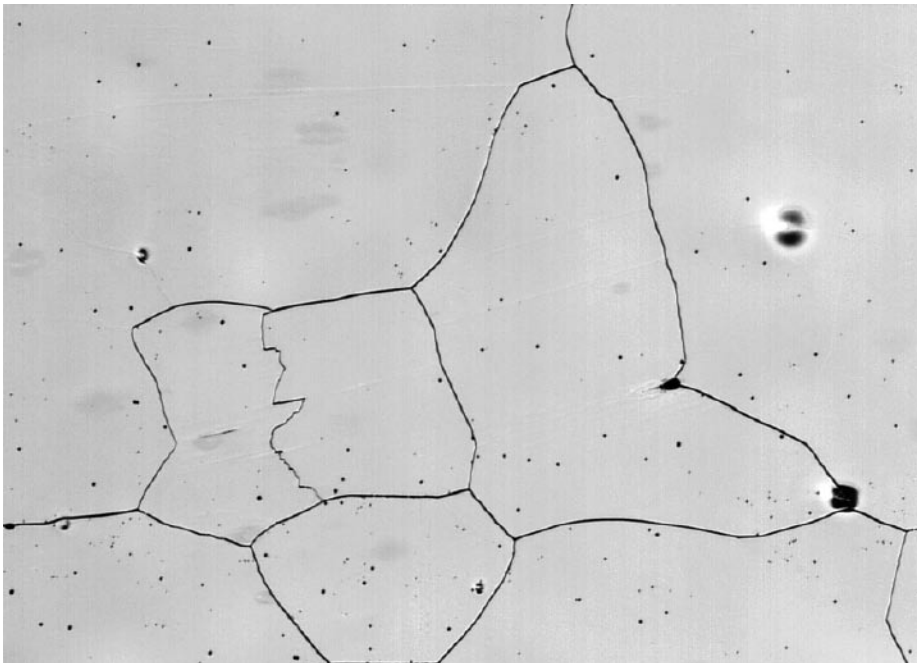


Abb. 4: Scan eines in 1.035 m Tiefe gewonnenen Eisbohrkerns. Fast alle Gaseinschlüsse sind zu Lufthydraten konvertiert.

mm beträgt durch die hohe Bildwiederholrate des Sensors lediglich 2,8 sec.

Hohe Anforderungen an Optik

An die Optik werden bei diesen hohen Auflösungen enorme Anforderungen gestellt. Eine Strukturgröße von 5 µm entspricht einer Auflösung von 100 lp/mm. Bei der nötigen Vergrößerung von 1,4 x liegt das schon sehr nahe an der theoretischen Beugungsgrenze. Zudem muss ein Sensor von 57 mm Länge ausgezeichnet werden. Zum Vergleich: Die Sensordiagonale des Kleinbildformats beträgt 43,3 mm. Die Objektive der inspec.x L Reihe von LINOS wurden genau für diesen Einsatzzweck entwickelt: höchste Auflösung mit langen Zeilensensoren. Im Scan-Makroskop wird speziell das inspec.x L 5.6/105 0.76 x in Retrostellung eingesetzt, um die nötige Vergrößerung von 1,4 x zu erreichen.

Extreme Rahmenbedingungen

Doch nicht nur die optische Abbildungsqualität ist für diesen Einsatz wichtig, auch die Robustheit des gesamten Aufbaus. Das Scannen der Eisbohrkerne wird schließlich bei frostigen -30°C durchgeführt, um keine Veränderungen an der Probe vor und während der Bildaufnahme zu riskieren. Das stellt große Anforderungen an den gesamten Aufbau. Da jedes Lino-Objektiv standardmäßig Klimatests bis -25°C unterworfen wird, waren die Techniker bei Lino zuversichtlich, dass das Objektiv diesem thermischen Stress standhält. Zusätzliche Klimatests bei -40°C und Simulationen zum Temperaturverhalten des Objektivs ergaben schließlich, dass das Objektiv diesen Bedingungen trotz und auch die optische Leistung beibehält.

Erfolgreich beendet

Im Juli dieses Jahres wurde die im Rahmen des NEEM-Projektes (North Greenland Eemian Ice Drilling) durchgeführte Eiskernbohrung auf dem

grönländischen Inlandeis erfolgreich beendet, als der Bohrer nach etwa drei Jahren in 2,5 km Tiefe auf felsigen Untergrund stieß. Gewonnen wurde ein Klimaarchiv, das über mehr als 100.000 Jahre bis in die Eem-Warmzeit zurückreicht. Das Klima der Eem-Warmzeit, in der die mittlere Temperatur 3–5°C höher als heute lag, ist vergleichbar mit möglichen zukünftigen Klimazuständen.

Neben dem beschriebenen Scan-Makroskop kam im NEEM Camp zur Analyse von Eisbohrkernabschnitten von bis zu 1.4 m Länge ein weiterer Eisscanner der Firma Schäfter+Kirchhoff zum Einsatz, der für die Datierung der Eisbohrkerne verwendet wird. Alle Komponenten, mechanische, elektronische und optische, waren für Temperaturen bis zu -40°C ausgelegt. Zum Einsatz kam wiederum ein Scan-Objektiv der Firma Lino.

Autoren Thomas Schäffler

Qioptiq München/Feldkirchen

Dr. Ulrich Oechsner

Schäfter + Kirchhoff

KONTAKT

Qioptiq GmbH & Co. KG, München
Tel.: +49 89 255 458-0
sales@qioptiq.de · www.qioptiq.com

Schäfter + Kirchhoff, Hamburg
Tel.: +49 40 853 997-0
info@SuKHamburg.de · www.SuKHamburg.de