

Vakuumtechnik auf Forschungsreise in der Arktis



Einsatz einer Turbopumpe an einem Massenspektrometer.

Pfeiffer Vacuum, der Anbieter von individuellen Vakuumlösungen, hat seine Produkte für Forschungszwecke in die Arktis geschickt.

Mithilfe von Vakuumtechnik wurde auf einem schwedischen Eisbrecher nahe des 87. nördlichen Breitengrades nach den Gründen für das Schmelzen des arktischen Packeises geforscht.

Ein mit einer innovativen Pfeiffer Vacuum Turbopumpe (SplitFlow Turbo) ausgerüstetes Protonen-Transfer-Reaktions-Flugzeit-Massenspektrometer (PTR-TOF-MS) wurde bei der Arctic Summer Cloud Ocean Study (ASCOS) eingesetzt. Die Studie wurde im Sommer 2008 im hohen Norden (bis zum

87. Grad nördlicher Breite) an Bord des Eisbrechers „Oden“ durchgeführt. Bei ASCOS handelte es sich um einen sechswöchigen Feldversuch im Rahmen des polaren Jahres (IPY), an dem ein internationales 34-köpfiges Forscherteam beteiligt war. Zwei Wissenschaftler der Universität Innsbruck, Mag. Markus Müller und Dr. Martin Graus, waren eingeladen, sich mit einem neu entwickelten PTR-TOF-MS zu beteiligen.

Die Studie umfasst die Bereiche Meeresbiologie, Ozeanografie, Meteorologie, Aerosolchemie und -physik und Atmosphärenchemie. ASCOS dient dem Verständnis der maßgeblichen Faktoren der Entwicklung des Aerosolwolken-systems im arktischen Sommer. Auf diese multidisziplinäre Weise wurden dringend notwendige wissenschaftliche Daten über das ungeklärte rapide Schmelzen permanenter Eis-



SplitFlow™ Turbo

schollen generiert. Zur Verfeinerung zukünftiger Klimaprojektionen besteht eines der Ziele darin, die unteren Wolken-schichten in Klimamodellen realistisch zu beschreiben. Zur Sammlung qualitativ hochwertiger und einzigartiger Daten diente eine Reihe modernster Luftmessgeräte (z. B. Massenspektrometer).

Als Teil der Arbeiten zur Chemie der Atmosphäre wurde ein mit einer Pfeiffer Vacuum Turbopumpe ausgestattetes PTR-TOF-MS aus Innsbruck verwendet. Es wurden kontinuierlich organische Spurengase über einen breiten Massenbereich mit einer zeitlichen Auflösung von einer Minute gemessen. Zusätzlich wurden Luftproben mit einem Hubschrauber in Höhen bis zu 3.000 m gezogen und analysiert, um vertikale Spurengasprofile zu erhalten. Die gesammelten Daten inklusive Aerosol- und meteorologischer Angaben werden zum besseren Verständnis globaler klimarelevanter Prozesse benötigt.

Der schwedische Eisbrecher „Oden“

Die „Oden“ ist einer von acht von der Schwedischen Seeverwaltung betriebenen Eisbrechern. Das Schiff ist für Begleitung, Eisbrechen und Polarforschungsarbeiten eingerichtet. Der äußerst flexibel ausgelegte Eisbrecher dient auch als Forschungsplattform und kann wissenschaftliche Ausrüstungen, Container-/Mobillabors, Gefrierlagercontainer sowie eine Tiefbohr-ausrüstung für die geologische Probenahme befördern.

Die „Oden“ ist 107,7 Meter lang und 31,2 Meter breit. Sie hat einen Tiefgang von 7 bis 8,5 Meter und eine Tonnage von 13.000 Tonnen. Die Motorleistung beträgt 18 MW und die Höchstgeschwindigkeit 16 Knoten. Die „Oden“ bricht ein Meter dickes Eis bei einer Fahrgeschwindigkeit von neun Knoten und zwei Meter dickes Eis bei drei Knoten. Mit einem bis zu 60 mm dicken Stahlrumpf liegt das Eisbrechvermögen je nach Konsistenz des Eises deutlich über zwei Metern. Aufgrund ihrer Form reagiert die „Oden“ sehr empfindlich gegenüber Stampf- und Rollbewegungen. Beim Eisbrechen sowie bei Frontalwellen auf See treten erhebliche nieder- und mittelfrequente Vibrationen auf.

Die Pfeiffer Vacuum Turbopumpentechnologie kann im Feld bei harten Umweltbedingungen wie zum Beispiel auf einem Eisbrecher im Polarmeer eingesetzt werden. Die Pumpen

funktionierten auch bei starken Vibrationen beim Eisbrechen und bei starkem Seegang einwandfrei.

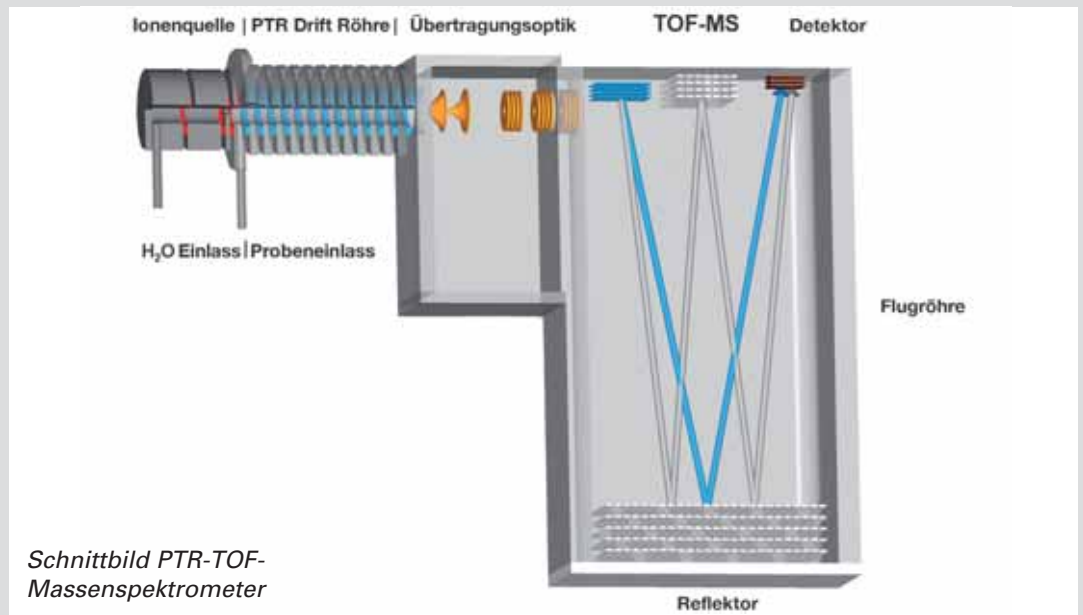
Wir bedanken uns bei den ASCOS-Organisatoren Michael Tjernström und Caroline Leck, dem Schwedischen Polarforschungs-Sekretariat und bei SWEDARCTIC 2008. ASCOS wurde von DAMOCLES und der Knut und Alice Wallenberg Stiftung finanziell unterstützt.

Autoren:

*Martin Graus, Armin Hansel, Universität Innsbruck
Milena Wessendorf, Pfeiffer Vacuum GmbH*



PTR-TOF-Massenspektrometer



PTR-TOF-Massenspektrometer

Zur Bestimmung der Zusammensetzung von chemischen Substanzen werden unter anderem Protonen-Transfer-Reaktions-Flugzeit-Massenspektrometer (PTR-TOF-MS) eingesetzt. TOF bedeutet „time of flight“ beziehungsweise Flugzeit. Das Grundprinzip eines Massenspektrometers besteht darin, chemische Verbindungen anhand ihrer Masse zu identifizieren und aus der Höhe des Signals auf die Menge an Substanz zu schließen. Die Moleküle werden dabei ionisiert und können so mittels elektrischer Felder manipuliert und schließlich in ein elektrisches Signal umgewandelt werden.

Im PTR-Massenspektrometer erfolgt die Ionisation in einer Driftröhre. Geladenes Wasser (Hydriumionen H_3O^+) reagiert dabei mit den organischen Bestandteilen der Analyseluft. Ein Proton wird vom geladenen Wasser auf eine organische Verbindung übertragen – die Teilchen der Substanz werden ionisiert.

In einem Flugzeit-Massenspektrometer (TOF-MS) werden in einem ersten Schritt die ionisierten Teilchen von einem elektrischen Feld beschleunigt. Teilchen mit unterschiedlichen Massen, die durch die Beschleunigung die gleiche kinetische Energie erlangen, fliegen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten durch die feldfreie Flugröhre. Aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten treffen die verschiedenen schweren Ionen zu unterschiedlichen Zeiten auf dem Detektor auf. Von der Flugzeit kann auf die Masse der ionisierten Teilchen geschlossen werden.

Die Masse eines Teilchens lässt sich bei einem TOF-MS wie folgt berechnen:

Die Ionen haben nach der Beschleunigung mit der Spannung V beim Verlassen des elektrischen Feldes die kinetische Energie $q \cdot V$ (q ist die Ladung eines Ions), die gleich $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ sein muss

$$q \cdot V = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{m \cdot L^2}{2 \cdot t^2}$$

$$m = \frac{2 \cdot t^2 \cdot V \cdot q}{L^2}$$

(m = Masse des Teilchens; v = Geschwindigkeit des Teilchens; V = Feldspannung; q = Ladung des Teilchens; t = Flugzeit; L = Länge der Flugbahn)

Das Vakuumsystem hat die Aufgabe, das System stufenweise auf Arbeitsdruck zu bringen. Die drei hintereinanderliegenden Kammern (Ionenquelle, Transfer- und Fokussierstufe, Flugröhre und Detektor) benötigen unterschiedliche Drücke. In herkömmlichen Anwendungen wird an jede Kammer eine separate Turbopumpe angebracht. Pfeiffer Vacuum realisiert mittels einer einzigen SplitFlow Turbo die nötigen Vakuumbereiche. Das spart Zeit und Geld. Ohne die unter Vakuum befindlichen Kammern könnte diese Untersuchung nicht durchgeführt werden.

**Führend. Zuverlässig.
Kundennah.**

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuumlösungen in Perfektion. Für deutsche Ingenieurskunst, kompetente Beratung und zuverlässigen Service.

Seit der Erfindung der Turbopumpe setzen wir in unserer Branche Maßstäbe. Dieser Führungsanspruch wird uns auch in Zukunft antreiben.

**Sie suchen eine perfekte
Vakuumlösung?
Sprechen Sie uns an:**

Deutschland
Pfeiffer Vacuum GmbH
Headquarters
Tel. +49 (0) 6441 802-0
info@pfeiffer-vacuum.de

Benelux
Pfeiffer Vacuum GmbH
Sales & Service Benelux
Tel.: +800-pfeiffer
benelux@pfeiffer-vacuum.de

China
Pfeiffer Vacuum
(Shanghai) Co., Ltd.
Tel.: +86 21 3393 3940
info@pfeiffer-vacuum.cn

Frankreich
Pfeiffer Vacuum France SAS
Tel.: +33 169 30 92 82
info@pfeiffer-vacuum.fr

Großbritannien
Pfeiffer Vacuum Ltd.
Tel.: +44 1908 500600
sales@pfeiffer-vacuum.co.uk

Indien
Pfeiffer Vacuum India Ltd.
Tel.: +91 40 2775 0014
pfeiffer@vsnl.net

Italien
Pfeiffer Vacuum Italia S.p.A.
Tel.: +39 02 93 99 05 1
contact@pfeiffer-vacuum.it

Korea
Pfeiffer Vacuum Korea Ltd.
Tel.: +82 31 266 0741
sales@pfeiffer-vacuum.co.kr

Österreich
Pfeiffer Vacuum Austria GmbH
Tel.: +43 1 894 17 04
office@pfeiffer-vacuum.at

Schweden
Pfeiffer Vacuum Scandinavia AB
Tel.: +46 8 590 748 10
sales@pfeiffer-vacuum.se

Schweiz
Pfeiffer Vacuum (Schweiz) AG
Tel.: +41 44 444 22 55
info@pfeiffer-vacuum.ch

Vereinigte Staaten
Pfeiffer Vacuum Inc.
Tel.: +1 603 578 6500
contact@pfeiffer-vacuum.com

www.pfeiffer-vacuum.net