



ERFORSCHUNG DER ERDENTWICKLUNG

Edelgas-Massenspektrometer im Einsatz für die Geowissenschaften

Die Erforschung der Geschichte unserer Erde und ihrer Bewohner beschäftigt die Menschheit seit Jahrhunderten. Wissenschaftler unterschiedlichster Disziplinen arbeiten ständig an neuen Erkenntnissen, die erklären, wie unser Planet entstand. Zu einer wichtigen Fachdisziplin für Geowissenschaftler, die in diesem Themenbereich forschen, hat sich die Geochronologie mittels Isotopenmessung entwickelt.

Isotope sind verschiedene Formen eines Elements. Sie unterscheiden sich lediglich in der Zusammensetzung ihres Atomkerns. Elementare Isotope haben stets die gleiche Anzahl an positiv geladenen Teilchen (Protonen), verfügen aber über eine unterschiedliche Anzahl ungeladener Teilchen (Neutronen). Manche Isotope sind sehr instabil und tendieren daher dazu, in einen stabileren Zustand überzugehen. Diese Isotope werden als radioaktiv bezeichnet. Radioaktive Isotope zerfallen

nach und nach oder wandeln sich sogar in andere Elemente um. Wie lange diese Umwandlung dauert, wird durch die Bestimmung der Halbwertszeit eines Isotops gemessen. Als diese wird die Zeitspanne bezeichnet, in welcher sich die Menge der Atome eines Isotops halbiert hat. Kennt man die Halbwertszeit der jeweiligen Isotope, kann von der Halbwertszeit und der Isotopenzusammensetzung auf das Alter eines Minerals geschlossen werden, in dem dieses Element enthalten ist.

Dieses Prinzip hat sich die Geochronologie in Form des Verfahrens der Isotopenmessung zu Nutzen gemacht: Bei dieser Forschungsmethode werden die Anteile der Zerfallsprodukte gemessen, die durch den radioaktiven Zerfall von Isotopen mit bekannter Halbwertszeit entstehen. So kann dann das absolute Alter von geologischem Material bestimmt werden.

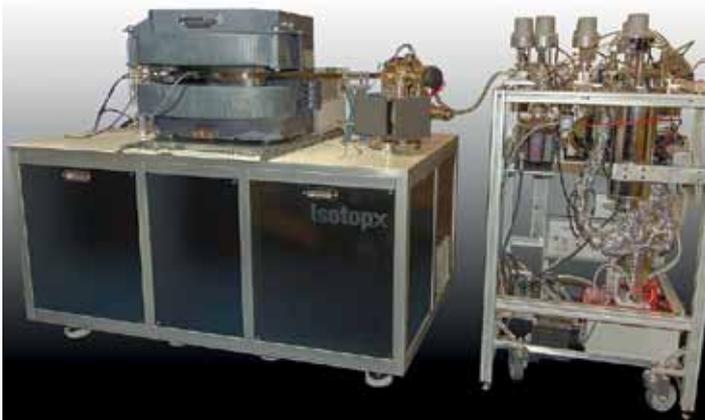


Abbildung 1: Edelgas-Massenspektrometer mit angegliedertem Ultrahochvakuum- Probenvorbereitungssystem und dem HiCube Pumpstand von Pfeiffer Vacuum

Das Berkeley Geochronology Center (BGC) in Kalifornien, USA, ist seit mehr als dreißig Jahren Experte auf dem Gebiet der geochronologischen Forschung. In den dortigen Labors kommen modernste Technologien zum Einsatz.

Dank der Fortschritte in der Vakuum-, Laser- und Computertechnologie können in den Experimenten nun noch genauere Daten gewonnen werden. Diese Versuchsergebnisse erlauben aufschlussreiche Einblicke in Prozesse wie Kontinentalverschiebung, Vulkanismus, Gebirgsbildung, Massenaussterben, Klimaveränderung sowie die Entwicklung der Menschheit selbst. Die Geochronologie ist nicht nur für die Festschreibung der Zeitachse ausschlaggebend, entlang derer diese verschiedenen Phänomene auftreten, sondern auch zur Bestimmung ihrer zeitlichen Zusammenhänge.

Edelgas-Massenspektrometersystem zur Bestimmung des Alters von Elementen

Eines der vielen wissenschaftlichen Instrumente, die zur Untersuchung dieser Phänomene am Forschungsinstitut eingesetzt werden, ist ein Edelgas-Massenspektrometersystem. Dieses System umfasst ein Massenspektrometer, ein Heizgerät – in den meisten Fällen auf Laserbasis – sowie ein Probenvorbereitungssystem. Die Anlage wird zur Analyse von Probengas, das von einer geologischen Probe freigesetzt wurde, verwendet.

Edelgas-Massenspektrometer sind hochempfindliche Instrumente, die der Analyse von Edelgasen wie zum Beispiel Helium und Argon dienen. Eine ideale Anwendung von Edelgas-Massenspektrometrie ist die $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Geochronologie. Diese Methode beruht auf der hochpräzisen Messung von Argon Isotopen, die genutzt wird, um die Produkte (Tochterelemente) des radioaktiven Zerfalls von ^{40}K (Elternelement). Vom Verhältnis dieser Tochterelemente zueinander kann das Alter von Mineralien und Gesteinen abgeleitet werden, wenn die Halbwertszeit der Isotope bekannt ist. Nur Neutronenbeschuss einer solchen Probe wird ^{39}K in ^{39}Ar umgewandelt.

Die zeitgleiche Analyse der Probe sowohl mit Hinblick auf das Mutterelement (K als ^{39}Ar) als auch auf das Tochterelement (^{40}Ar) im Edelgas-Massenspektrometer erhöht die Präzision und Genauigkeit der Messung deutlich.

Edelgas-Massenspektrometer erfordern eine spezielle Aufbereitung der Gasproben, die analysiert werden sollen. Dieser Prozess erfolgt in einem Subsystem zur Probenvorbereitung. Dieses System ist mit einer Pipettier Vorrichtung sowie Anschlüssen zum Hinzufügen eines Probenheizsystems (z.B. Laser, Ofen, chemische Auflösung) für die Erzeugung des Probengases ausgestattet. Nachdem Probengas von einer geologischen Probe freigesetzt wurde, wird es mit Tiefkühlfallen und Getterpumpen gereinigt, sodass ausschließlich Edelgase verbleiben. Andere Gase, die den Ablauf der Messung stören könnten, werden eliminiert. Die Probenvorbereitungslinie wird im Ultrahochvakuum (UHV) betrieben. Dieses Vakuumniveau lässt sich nur mit hocheffizienten und zuverlässigen Pumpen erzielen.

Hohe Anforderungen an die Qualität der Vakuumlösung

Aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen hat sich das Berkeley Geochronology Center für Pfeiffer Vacuum als Partner für die Vakuumausrüstung in den Vorbereitungslinien des Edelgas-Massenspektrometers entschieden. Diese Systeme stellen hohe Ansprüche an die benötigte Vakuumlösung, da sie über einen hohen technologischen Standard verfügen und sich durch geringen Platzbedarf sowie leichte Transportierbarkeit auszeichnen.

Ausschlaggebend bei der Konzeption der Vakuumlösung war es, das benötigte UHV mit einem geforderten Endbasisdruck im unteren $1 \cdot 10^{-9}$ bis zum mittleren $1 \cdot 10^{-10}$ hPa Bereich zu gewährleisten. Zeitweise muss das Pumpensystem auch in der Lage sein, viel größere Gaslasten zu bewältigen, die bei der Zufuhr von Proben auftreten.

Da das Berkeley Geochronology Center und Pfeiffer Vacuum auf eine enge und langfristige Kooperation zurückblicken, verfügt Pfeiffer Vacuum über ausgezeichnete Kenntnisse der Anforderungen und Forschungsbereiche des BGC. Diese Voraussetzung sowie die enge Zusammenarbeit mit dem Institut ermöglichte die Entwicklung einer maßgeschneiderten individuellen Vakuumlösung.

Die Lösung von Pfeiffer Vacuum

Bei dieser Anwendung werden sowohl in der Edelgas-Proben-vorbereitungslinie als auch im Edelgas-Massenspektrometer UHV-Systeme benötigt. Dieses Vakuumniveau wird durch den Einsatz von Turbopumpenanlagen, Ionenpumpen und NEG-Getterpumpen sowie durch Anwendung kryogener Trenntechniken erzielt.

Um den Kundenanforderungen für die Probenvorbereitungslinie optimal gerecht zu werden, fiel die Wahl auf ein Pfeiffer Vacuum HiCube Eco Turbopumpstand als Vorpumpensystem.

Die entscheidenden Argumente für diese Lösung waren:

- Kompakte Größe
- Einfache Verkabelung und Steuerung
- Möglichkeit, die Bedieneinheit abzusetzen und individuell an gewünschter Stelle zu montieren
- Betrieb eines Totaldruckmessgerätes
- Einzigartig niedriger Energieverbrauch (20W im Hochvakuum-Modus)
- Überzeugendes Preis-Leistungs-Verhältnis
- Kombination von Turbo- und Vorpumpe optimal aufeinander abgestimmt
- Dank modularen Aufbaus einfache Abstimmung mit bestehendem System

Die Integration der Pfeiffer Vacuum HiCube Eco in das Gehäuse der Probenvorbereitungslinie war besonders einfach. Die Bedieneinheit konnte leicht von der Pumpstation entfernt und oben am Gestell des Probenvorbereitungssystems montiert werden. Damit wurden die Steuerungen an einer für diese Anlage ergonomischeren und bedienerfreundlichen Stelle positioniert.

Darüber hinaus bietet die MVP 015-2 Membranpumpe, mit der der HiCube Eco standardmäßig ausgestattet ist, zusätzliche Vorteile für den Kunden und seine Anwendung: Sie verfügt über einen Ruhemodus, in dem die Membranpumpe automatisch abgeschaltet wird, sobald die Turbopumpe des HiCube in einem niedrigeren Leistungsbereich arbeitet. Dadurch wird die Lebensdauer der Membrane erhöht und Strom gespart. Beides führt zu einer deutlichen Senkung der Betriebskosten. Dieses Leistungsmerkmal reduziert zudem die vom System erzeugten Geräusche und Schwingungen. Mit dieser Lösung ist es Pfeiffer Vacuum gelungen, die hohen Anforderungen des Berkeley Geochronology Center zu erfüllen und einmal mehr die enge und zuverlässige Zusammenarbeit zu bestätigen.



Abbildung 2: Der HiCube Eco von Pfeiffer Vacuum

VAKUMLÖSUNGEN AUS EINER HAND

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuumlösungen, für technologische Perfektion, kompetente Beratung und zuverlässigen Service.

KOMPLETTES PRODUKTSORTIMENT

Vom einzelnen Bauteil bis hin zum komplexen System:

Wir verfügen als einziger Anbieter von Vakuumtechnik über ein komplettes Produktsortiment.

KOMPETENZ IN THEORIE UND PRAXIS

Nutzen Sie unser Know-how und unsere Schulungsangebote!

Wir unterstützen Sie bei der Anlagenplanung und bieten erstklassigen Vor-Ort-Service weltweit.

Sie suchen eine perfekte
Vakuumlösung?
Sprechen Sie uns an:

Pfeiffer Vacuum GmbH
Headquarters · Germany
T +49 6441 802-0
info@pfeiffer-vacuum.de

www.pfeiffer-vacuum.com

PFEIFFER  **VACUUM**

