

Globaler Wandel am Beispiel der Luftfahrt
Klima, Ressourcen, Globalisierung und Demographie

Kapitel 4

Mineralische Rohstoffe – Beispiel Triebwerkskonstruktion

Unterrichtsmaterial
für die Oberstufe am Gymnasium in Bayern
Geographie

Jürgen Patzke
Diplom-Geograph und Studienrat
Lehrer in der Wirtschaft 2012/13

München 2013

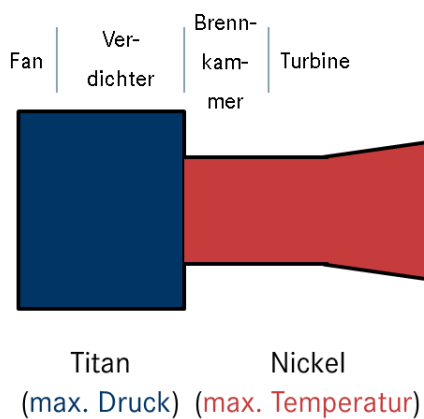
4 Mineralische Rohstoffe – Beispiel Triebwerkskonstruktion

In Triebwerken wird eine Vielzahl von Materialien verbaut – von Legierungen über Stähle und Verbundwerkstoffe bis hin zum carbonfaserverstärkten Kunststoff. Die wichtigsten Rohstoffe sind Titan und Nickel (M1).

Trotz seines niedrigeren Schmelzpunkts ist Nickel hitzebeständiger als Titan. Letzteres verliert bei Temperaturen über 400 °C schnell seine Festigkeit, und ab 880 °C reagiert es mit Sauerstoff. Titan wird wegen seiner geringeren Dichte verwendet, wo bei niedrigeren Temperaturen das Material stärker dynamisch belastet wird. Nickel findet im Bereich der höchsten Temperaturen Anwendung (M2).

	Titan	Nickel
Symbol	${}_{22}\text{Ti}$	${}_{28}\text{Ni}$
Schmelzpunkt	1.668 °C	1.455 °C
Dichte bei 25 °C	4,50 g/cm ³	8,91 g/cm ³

M1: Basisdaten von Titan und Nickel (Quelle: Wikipedia)



M2: Titan und Nickel im Triebwerk

Am Nickel kann man beispielhaft die Bedeutung mineralischer Rohstoffe für den Triebwerksbau erkennen. Die weltweit bekannten Reserven veranschlagt man auf 75 Millionen Tonnen, wobei momentan gut 2 Millionen Tonnen pro Jahr gefördert werden (M3).

Das reine Nickel wird zu 65 % für die Herstellung von Edelstahl verwendet. In die Produktion von Legierungen, die im Triebwerks-, Fahrzeug- und Maschinenbau gebraucht werden, gehen 12 % des Rohstoffs. Die restlichen 23 % verteilen sich auf verschiedene Anwendungen wie die Herstellung von Münzen und Batterien.

Staat	Förderung	Reserven
USA	0	7.100
Australien	230.000	7 bis 20.000.000
Botswana	26.000	490.000
Brasilien	140.000	7.500.000
Kanada	220.000	3.300.000
China	91.000	3.000.000
Kolumbien	80.000	1.100.000
Kuba	72.000	5.500.000
Dominikanische Republik	24.000	970.000
Indonesien	320.000	3.900.000
Madagaskar	22.000	1.600.000
Neu-Kaledonien (Frankreich)	140.000	12.000.000
Philippinen	330.000	1.100.000
Russland	270.000	6.100.000
Südafrika	42.000	3.700.000
andere	120.000	4.600.000
Welt (gerundet)	2.100.000	75.000.000

M3: Förderung und Reserven von Nickel 2012 in Tonnen (Quelle: U. S. Geological Survey)



M4: Nickel Rim South Mine bei Sudbury, Kanada (Quelle: Wikimedia)

Interview mit Rudolf Michl

(Leiter Einkauf- und Logistik-Services)

Warum schwankt die Preisentwicklung von Nickel seit der Jahrtausendwende so stark?

Das hat viel mit dem Erwachen Chinas zu tun. Ab 2003 kam dort die Edelstahlindustrie in Fahrt, und das globale Nickelangebot konnte nicht so schnell wie die Nachfrage wachsen. Neue Förderstätten mussten erst erschlossen werden. Die Preisentwicklung hat Spekulanten auf den Plan gerufen, die zu Beginn der Bankenkrise ihr Kapital in Rohstoffe investieren wollten. Der Preisanstieg war also viel stärker als die Nachfragesteigerung in der Industrie (M7).

Und warum ging der Preis wieder nach unten?

Als man große Überkapazitäten aufgebaut hatte, gelang es den Chinesen, bei ihrer Edelstahlproduktion das reine Nickel als Rohstoff zu ersetzen. Sie hatten Wege gefunden, stattdessen in Asien vorkommende niedrigqualitative Nickelerze, sogenanntes Nickel Pig Iron, zu verwenden. Nach einem Zwischenhoch Ende 2010 ist der Nickelpreis jetzt durch das schwächere Wachstum der Edelnachfrage, vor allem in China, und die gleichzeitig stark gestiegenen Minenkapazitäten wieder beim Niveau von vor zehn Jahren angelangt. Man überlegt sogar, das Angebot durch die Schließung von Minen in Australien zu verknappen, um dem Preisverfall entgegenzuwirken.

Das hört sich so an, als sei die Beschaffung von Nickel langfristig mit Unsicherheiten verbunden.

Wir versuchen, Unsicherheiten zu vermeiden. Die MTU Aero Engines hat eine längerfristig orientierte Beschaffungsstrategie. Wir schließen mit unseren Lieferanten bilaterale Verträge, die Kursrisiken abfedern und unsere Versorgung sicherstellen. So hatten wir auch während der Hochpreisphasen keine Schwierigkeiten, Nickellegierungen zu beschaffen. Wenn sich der Rohstoff in der Zukunft aber fundamental verknappt, wird die Beschaffung von Elementen bzw. Legierungen schwieriger. Schneller als beim Nickel kann die Situation aber bei einzelnen Seltenen Erden ernst werden. Wenn nicht anzunehmen ist, dass wir ein Material dieser Gruppe über die nächsten Jahrzehnte zu akzeptablen Konditionen beschaffen können, dann beziehen wir es nicht in neue Entwicklungsprogramme ein. Durch ein konsequentes Recyclingprogramm versuchen wir zudem, uns von der Nickel-Primärproduktion unabhängiger zu machen. So erfolgt beispielsweise in unserer Fertigung eine strikte Trennung der bei der maschinellen Bearbeitung anfallenden Späne nach den einzelnen Legierungen, um diese wieder in den Herstellkreislauf einfließen zu lassen.

Sie sprachen von Nickellegierungen. Was heißt das?

Wir verwenden in der Luftfahrtindustrie kein elementares Nickel (M5), sondern Legierungen, in denen mehrere metallische Komponenten vereint sind. Damit lassen sich die Materialeigenschaften optimieren. Eine typische Nickelbasis-Superlegierung ist Inconel Alloy 718 (M6). Sie hat Anteile von 52,5 % Nickel, 19 % Chrom, 19 % Eisen und anderen Metallen. Im Vergleich zum reinen Nickel ist sie bei hohen Temperaturen noch kriech- und ermüdungsfester. Man kann die Legierung bis zu einer Temperatur von circa 1.300 °C verwenden. Wenn luftgekühlte Schaufeln verwendet werden, bei denen ein Teil des Gasstroms das Bauteil durch kleine Löcher passiert, kann man sogar 200 K höher gehen.

Wie muss man sich den Weg von der Nickelmine zum Triebwerk vorstellen?

Der Weg kennt einige Abzweigungen und Schleifen. Sehen Sie sich die Übersicht (M8) an!



M5: Pellets aus Nickel (Quelle: Wikimedia)



M6: Zylinder aus Inconel Alloy 718 (Quelle: Wikimedia)



M7: Preisentwicklung von Nickel (Quelle: MTU Aero Engines/Metalprices/London Metal Exchange, Monatswerte gemittelt)



M8: Nickel von der Mine bis zum Recycling (Quelle: MTU Aero Engines)

AUFGABEN

- A1: Wichtige Nickelvorkommen befinden sich in Zentralbrasilien und in Russland auf der Halbinsel Kola sowie in Norilsk (M3). Lokalisieren Sie die Lagerstätten auf geeigneten Atlaskarten und erläutern Sie die ökologischen Zusammenhänge der Förderung vor dem Hintergrund der Tragfähigkeit der jeweiligen Ökosysteme!
- A2: Begründen Sie, warum manche Staaten im Verhältnis zu ihren Reserven übermäßig viel produzieren (M3)! Erörtern Sie die Vor- und Nachteile der Entwicklungsstrategie, die augenscheinlich hinter der Förderpolitik steht!
- A3: Stellen Sie dar, inwiefern in der Triebwerksinstandhaltung großes Potenzial für den nachhaltigen Einsatz mineralischer Ressourcen steckt!
- A4: Begründen Sie, warum es bei sich verknappenden Rohstoffen im Metallkreislauf für die MTU Aero Engines interessant ist, selbst im Instandhaltungsgeschäft aktiv zu sein!