



# Globaler Wandel

am Beispiel der Luftfahrt

Klima, Ressourcen, Globalisierung und Demographie

Lösungen zum Unterrichtsmaterial

für die Oberstufe am Gymnasium in Bayern

Geographie

Jürgen Patzke

Diplom-Geograph und Studienrat

Lehrer in der Wirtschaft 2012/13

München 2013

# Inhalt

Kapitel	Seite Unterrichts- material	Seite Lösungen
<b>1 Global Player aus Deutschland – Beispiel MTU Aero Engines</b>	5	3
<b>2 Atmosphäre und Luftfahrt</b>	7	4
2.1 Funktionsweise eines Flugzeugtriebwerks	7	-
2.2 Einfluss von Temperatur und Luftdruck	8	4
2.3 Einfluss von Vulkanasche	11	5
2.4 Einfluss von Flugsand	13	6
<b>3 Wasser- und Energieeinsatz am Hauptsitz der MTU Aero Engines in München</b>	15	7
3.1 Bedingungen am Standort	15	7
3.2 Produktionsfaktor Wasser	17	8
3.3 Produktionsfaktor Energie und CO <sub>2</sub> -Emissionen	19	9
<b>4 Mineralische Rohstoffe – Beispiel Triebwerkskonstruktion</b>	20	10
<b>5 Energieeinsatz im Luftverkehr</b>	23	11
<b>6 Wirtschaftsdynamik in Wirtschaftsräumen - Flughafenregion München</b>	27	12
<b>7 Standortentscheidungen in der globalisierten Welt</b>	30	14
7.1 Blisk-Produktion bei der MTU Aero Engines in München	30	14
7.2 Produktionsstrategie	32	15
7.3 Aufbau des Standorts MTU Aero Engines Polska	33	16
<b>8 Megatrends als Treiber der Luftfahrt</b>	36	18
<b>9 Demographischer Wandel</b>	38	19

# 1 Global Player aus Deutschland – Beispiel MTU Aero Engines

Unterrichtsmaterial: S. 5-6

*A1: Beurteilen Sie, ob die MTU Aero Engines ein „Global Player“ (M3, Lehrbuchdarstellungen) ist!*

- Teilnehmer am globalen Wettbewerb: Ja, das weltweite Triebwerksgeschäft ist von einer kleinen Branche dominiert, zu der die MTU gehört.
- Vormachtstellung in seiner Branche (Technologie-, Qualitäts-, Innovationsführerschaft): Ja, die MTU ist führend bei Niederdruckturbinen, Hochdruckverdichtern und Hightech-Fertigungsverfahren.
- Einflussnahme auf politische und Marktmechanismen: Nein, die MTU ist als Systemlieferant mit weniger als 10.000 Beschäftigten weltweit nicht mächtig genug.
- Weltweite Niederlassungen: Ja, die MTU ist auf allen Kontinenten außer Australien und Antarktis vertreten.
- Finanzkraft vergleichbar mit kleineren Staaten: Nein.
- (weitere Kriterien aus der Literatur...)

*A2: Erläutern Sie, inwiefern das zivile Triebwerksgeschäft globalisiert ist! Recherchieren Sie dazu auch die Hauptsitze der genannten Triebwerkshersteller, Flugzeughersteller und der weiteren Anbieter Boeing, MRJ und Cessna!*

Das zivile Triebwerksgeschäft ist globalisiert, da Triebwerkshersteller, Flugzeughersteller und Airlines weltweit verteilt sind:

- Triebwerkshersteller: P&W (USA und Kanada), GE (USA), RR (Großbritannien), MTU (Deutschland), Safran-Snecma (Frankreich), GKN (Großbritannien), Avio (Italien)
- Flugzeughersteller: Airbus (Europa), Boeing (USA), Bombardier (Kanada), Embraer (Brasilien), UAC (Russland), MRJ (Japan), Cessna (USA)
- Fluggesellschaften: weltweit

*A3: Triebwerke werden über weite Strecken zu den MRO-Standorten transportiert, z. B. vom Stützpunkt der Airline am Persischen Golf zur MTU Maintenance nach Hannover. Der Transport allein kann über 10.000 US-Dollar kosten. Beurteilen Sie diese weiten Transporte in wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht!*

- Wirtschaftliche Hinsicht: Die Transportkosten sind im Vergleich zu den Gesamtkosten vernachlässigbar. Die Transportzeit ist im Vergleich zur Gesamtdauer des MRO-Prozesses vernachlässigbar. Entscheidend ist die Qualität, welche die MTU als Technologieführer garantieren kann.
- Ökologische Hinsicht: Die Transporte sind auf den ersten Blick nicht sinnvoll. Allerdings kann die MRO der MTU den Wirkungsgrad der Triebwerke optimieren und ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß senken, sodass sich der energetische Aufwand für den Transport über die Betriebszeit zwischen den Wartungen amortisieren kann. Langfristig könnte es auch ökonomisch im Hinblick auf steigende Kraftstoffpreise sinnvoll sein, in der Nähe der Standorte der großen Kunden mit eigenen Instandhaltungsbetrieben präsent zu sein.

*A4: Begründen Sie mit Hilfe geeigneter Atlaskarten ausführlich die Standortwahl bei den IGT-Servicecentern (M4)!*

Merkmale der IGT-Servicecenter-Standorte sind:

- Nähe von Erdöl- bzw. Erdgasförderstätten:
  - USA: Westliches Texas, Golfküste
  - Oslo: Nordsee
  - São Paulo: Atlantikküste Brasiliens
  - Bangkok: Brunei, Malaysia und Indonesien.
- Zentrale Orte: Die Lage inmitten der Fördergebiete ist nicht notwendig, stattdessen wird der Standort im nächsten geeigneten Zentrum mit internationaler Bedeutung gewählt, um Agglomerationsvorteile zu nutzen.

## 2 Atmosphäre und Luftfahrt

### 2.1 Funktionsweise eines Flugzeugtriebwerks

### 2.2 Einfluss von Temperatur und Luftdruck

Unterrichtsmaterial: S. 8-10

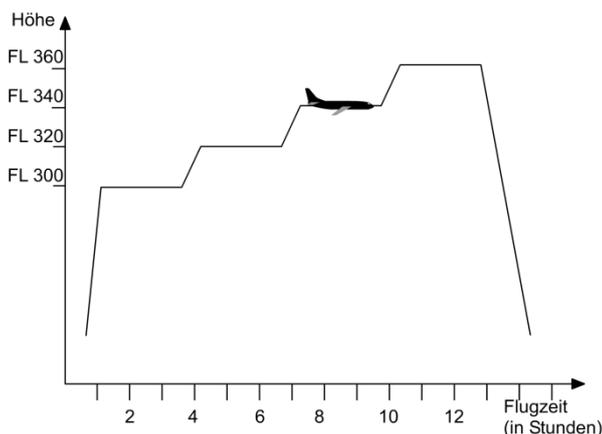
*A1: Begründen Sie, warum ein Flugzeug während eines längeren Verkehrsflugs an Höhe gewinnt!*

Das Flugzeug führt Kerosin mit sich, das in den Triebwerken verbrannt wird. Dadurch wird das Flugzeug leichter, d. h. die Schwerkraft nimmt ab und der Auftrieb steigt. Als Folge steigt es automatisch höher. Ein Aufsteigen bis zur optimalen Höhe von ca. 11.000 m ist von den Fluggesellschaften erwünscht, da man dort mit dem höchsten Wirkungsgrad die Reisegeschwindigkeit erreicht. Über möglichst kurze Flugzeiten kann man den Nutzungsgrad der Flugzeuge und somit die Rendite für das in die Flugzeuge investierte Kapital erhöhen.

*A2: Erklären Sie, warum der Anstieg während des Reiseflugs in der Regel als Step Climb und nicht als Cruise Climb durchgeführt wird, obwohl Letzterer kraftstoffsparender wäre!*

Auf den meisten Flugrouten herrscht reger Verkehr. Die Flugsicherung weist den Flugzeugen Flugflächen zu, die sie nicht verlassen dürfen, bis sie die Genehmigung dazu bekommen. So werden Kollisionen verhindert.

*A3: Zeichnen Sie in M4 einen Step Climb über vier Flugflächen ein!*



Step Climb (Quelle: Wikimedia)

*A4: Erläutern Sie, warum die atmosphärischen Bedingungen in 11.000 m Höhe für den Reiseflug am günstigsten sind!*

Bis zu dieser Höhe gleichen sich bei der Leistung der Triebwerke der positive Einfluss der sinkenden Temperatur und der negative Einfluss des sinkenden Luftdrucks aus. Ab 11.000 m sinkt der Luftdruck weiter, während die Temperatur konstant bleibt. Somit geht der Wirkungsgrad des Triebwerks ab dieser Höhe zurück. Die Leistungsminderung führt auch dazu, dass der Auftrieb bei abnehmendem Luftdruck nicht mehr gesteigert werden kann und die Dienstgipfelhöhe erreicht wird.

*A5: Führen Sie weitere Vorteile der Reiseflughöhe von 9.000 bis 11.000 m gegenüber einer geringeren Höhe von beispielsweise 2.000 bis 5.000 m an!*

Vorteile sind:

- Überfliegen von Gebirgen
- Überfliegen von Gewittern
- Nutzung des Jetstreams
- Sicherheitsabstand zum Lande- und Start-Verkehr auf Flugplätzen
- Kein Fluglärm auf der Erdoberfläche

## 2.3 Einfluss von Vulkanasche

Unterrichtsmaterial: S. 11-12

*A1: Begründen Sie anhand mehrerer Aspekte, warum ein generelles Flugverbot wegen der Aschewolke ausgesprochen wurde, auch wenn diese nicht bis in die Reiseflughöhe von 9.000 bis 11.000 m vorgedrungen ist!*

- Ein Vordringen der Vulkanasche in die Reiseflughöhe ist durch turbulente Luftbewegungen möglich und zudem schlecht vorhersagbar.
- Flugzeuge bewegen sich nicht nur auf Reiseflughöhe, sondern beim Landeanflug und Starten auch darunter.
- Auch Flugzeugen, die das gesamte Gebiet planmäßig nur überfliegen, muss eine ungefährdete Landung im Bedarfsfall möglich sein. Deshalb wurde auch das Überfliegen der Aschewolke nicht gestattet.

*A2: Führen Sie ein Rollenspiel durch, bei dem Vertreter der Flugsicherung und der Fluggesellschaften in den ersten Tagen der Aschewolkenausbreitung über das Flugverbot diskutieren!*

Diskussionsbeiträge:

- Flugsicherung: Die Gefährlichkeit der Vulkanasche und die Möglichkeit des Flugzeugabsturzes sind spätestens seit dem KLM-Flug 867 klar. Die Sicherheit geht vor; es wird lieber in einem zu großen als in einem zu kleinen Gebiet ein Flugverbot verhängt (...).
- Fluggesellschaften: Beweise für die Gefährdung des Luftverkehrs außerhalb der näheren Umgebung von Island fehlen. Die Konzentration der Aschepartikel in der Luft ist gering. Es entsteht ein enormer wirtschaftlicher Schaden. Die europäischen Fluggesellschaften haben einen Wettbewerbsnachteil gegenüber anderen, die auf ihren Strecken vom Flugverbot weniger betroffen sind. Die Passagiere sitzen fest, und andere Verkehrsmittel werden überlastet. Ein Vertrauensverlust in das Verkehrsmittel Flugzeug entsteht (...).

*A3: Schätzen Sie mit Quellen zur historischen und aktuellen Vulkanaktivität und M12 ab, auf welchen Flugrouten die Gefährdung durch Vulkanasche (Tephra) am größten ist!*

*Links: [earthquakes.volcanodiscovery.com](http://earthquakes.volcanodiscovery.com); [www.volcano.si.edu/weekly\\_report.cfm](http://www.volcano.si.edu/weekly_report.cfm)*

- Stratovulkane am zirkumpazifischen Feuerring und gletscherbedeckte Vulkane (Island, Antarktis) neigen zu Aschewolkenbildung, dort ist die größte Gefährdung.
- Die Nordatlantikroute über Island ist stark frequentiert, doch Eruptionen mit Aschewolken sind selten, deshalb besteht nur eine geringe Gefährdung.
- An der Westküste Nordamerikas und an der Ostküste Ostasiens und im Indonesischen Archipel treffen eine starke Frequentierung des Luftraums und das Vorkommen gefährlicher Vulkane zusammen, deshalb ist die Gefährdung dort am größten.

*A4: Vollziehen Sie die Route des KLM-Flugs 867 (M1) und die Non-Stop-Verbindung von Amsterdam nach Tokio auf einer geeigneten Atlaskarte nach. Begründen Sie, warum die direkte Route ohne Zwischenstopp erst seit Anfang der 1990er Jahre genutzt wird!*

- Karte: Azimutal-Abbildung des Nordpolargebiets
- Der Weg über Anchorage stellt einen erheblichen Umweg gegenüber der Luftlinie Amsterdam-Tokio dar. Das Territorium Russlands wird umgangen.
- Bis Anfang der 1990er Jahre existierte die Sowjetunion. Während des „Kalten Kriegs“ seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs war es westlichen Flugzeugen in der Regel nicht gestattet, das Territorium der Warschauer-Pakt-Staaten zu überfliegen.

## 2.4 Einfluss von Flugsand

Unterrichtsmaterial: S. 13-14

*A1: Verorten Sie das Satellitenbild M7. Gliedern Sie den dargestellten Landschaftsausschnitt in physisch-geographischer Hinsicht mit einer Skizze und ordnen Sie das Aufnahmedatum mit Hilfe geeigneter Atlaskarten jahreszeitlich ein!*

- Verortung: nördlicher Persischer Golf
- Skizze: Arabische Wüste im Westen und im Zentrum, Zagrosgebirge im Südosten und Südwesten, Persischer Golf im zentralen Osten, Euphrat- und Tigris-Delta im Nordwesten
- Jahreszeit: Nordwestwind (Richtung der Sandwolken, Wolken der aufsteigenden Luft im Zagros-Gebirge). Das Satellitenbild stammt aus dem Sommerhalbjahr, da der Wind in das sommerliche Tiefdruckgebiet über dem Hochland von Iran einströmt.

*A2: Beschreiben Sie vergleichend die Vulkanasche (M10) und den Flugsand (M11) nach Form und Partikelgrößen. Begründen Sie Ihre Befunde, indem Sie auf die jeweiligen Entstehungsbedingungen eingehen! Begründen Sie anschließend die stärkere abrasive Wirkung der Vulkanasche im Vergleich zum Flugsand!*

- Vulkanasche: Es sind hauptsächlich sehr kleine Partikelgrößen, die durch die heftige Explosion und das Zerreißen von Vulkangestein entstanden sind. Größere Partikel sind kantig und wahrscheinlich von bereits verfestigtem Gestein abgerissen worden.
- Flugsand: Die Partikel sind gleichmäßig groß und dabei größer als die Vulkanaschekörner. Sie sind kantig, da sie unter ariden Bedingungen durch Frostsprengung entstanden sind und durch äolische Kräfte transportiert wurden, wobei sie brechen. Bei Sand aus humiden Gebieten würde die Verfrachtung durch fluvialen Transport geschehen, was eine Abrundung der Partikel durch das Zusammenstoßen im Wasser zur Folge hätte.
- Abrasive Wirkung: Vulkanasche liegt in Form kleinerer Partikel vor, die kaum mehr gespalten werden können. Beim Aufprall übertragen sie ihre ganze kinetische Energie auf die Verdichterschaukel. Durch ein Brechen an der Schaukel verliert ein Flugsandpartikel hingegen einen Teil seiner kinetischen Energie, der dann nicht mehr auf die Schaukel einwirkt.

*A3: Beurteilen Sie mit Hilfe geeigneter Atlaskarten und M12, welche Regionen und zivilen Flugrouten durch Flugsand am meisten beeinträchtigt sind! Berücksichtigen Sie dabei auch, wo das zukünftige Wachstum im Luftverkehr erwartet wird!*

Karten zur Desertifikation und zur Bodenbedeckung:

- Flugrouten und aride Gebiete der niederen und mittleren Breiten überlagern sich: Südwesten der USA, Iberische Halbinsel, Türkei, Levante, Golfregion, zentralasiatische Republiken, Indien, Nordosten Chinas.
- Künftig noch stärker betroffen: Golfregion, Indien, Nordosten Chinas, zusätzlich Wüstengebiete im Nordwesten Chinas

*A4: Recherchieren Sie, wo die deutschen bzw. die US-amerikanischen Streitkräfte mit Truppen und Fluggeräten in Auslands- bzw. Kampfeinsätzen präsent sind. Geben Sie eine vergleichende Einschätzung zur Bedeutung der Erosion durch Flugsand!*

Die Erosion durch Flugsand hat für beide Luftstreitkräfte große Bedeutung:

- USA: Einsätze in Afghanistan, Irak
- Deutschland: Einsätze in Afghanistan, Mali

*A5: Fassen Sie überblicksartig zusammen, wie Vulkanasche und Flugsand auf Triebwerke einwirken und beurteilen Sie, welche der beiden Partikelarten im Alltag das größere Problem darstellt!*

Vulkanasche:

- erodiert Verdichter
- Schmelze lagert sich in der Turbine ab
- Mehrverbrauch an Treibstoff und Gefahr des Triebwerkausfalls
- geringere Gefahr im Alltag, da Aschewolken selten auftreten und Vulkanausbrüche zeitnah vorausgesagt werden können, sodass Zeit zum Warnen der Besatzungen bleibt, die die Aschewolke umfliegen können.

Flugsand:

- erodiert Verdichter
- Mehrverbrauch
- ständige Gefahr in trockenen Gebieten der niederen und mittleren Breiten

# 3 Wasser- und Energieeinsatz am Hauptsitz der MTU Aero Engines in München

## 3.1 Bedingungen am Standort

Unterrichtsmaterial: S. 15-16

*A1: Verorten Sie das Werksgelände (M1) auf einer kleinmaßstäblichen Altaskarte – oder bei Erlaubnis mittels Mobiltelefon!*

Bsp. Diercke-Weltatlas (2008), Karte 46 (Alpenvorland/Wirtschaft, Planquadrat B2),

- Signaturen für Maschinenbau (MTU) und Fahrzeugbau (MAN)
- südöstlich von Karlsfeld nördlich der Autobahn und östlich der Eisenbahn nach Dachau.

*A2: Erklären Sie anhand einer Nutzungsskizze die Struktur des abgebildeten Landschaftsausschnitts (M1) und unter Zuhilfenahme einer Atlaskarte die erkennbaren Gunst- und Ungunstfaktoren aus der Sicht der Wohnbevölkerung und der MTU!*

- Skizze: strukturiert mit Verkehrslinien, Differenzierung von Wohnnutzung (Einzelhäuser, Blockbebauung), Landwirtschaft, Industrie, Wald, Verkehrsflächen
- Wohnbevölkerung:
  - Gunst: Nähe zu Verkehrsinfrastruktur (Autobahnring, Einfallstraße nach München, Bahnhof), Nähe zu Industriearbeitsplätzen der MTU und MAN, Nähe zu Naherholung im Allacher Forst, Stadtrand mit sich nach Norden anschließender landwirtschaftlicher Nutzung
  - Ungunst: Lärm- und Abgasemissionen des Verkehrs und der Industrie, Industrie als Verkehrserzeuger wegen Berufspendlern
- MTU:
  - Gunst: Verkehrsgunst, Berufspendler aus dem Umland müssen nicht in die Münchner Innenstadt, schnelle Anbindung zum Flughafen, Nachbarschaft bzgl. Lärmemissionen unempfindlich (Autobahn im Süden, Dachauer Straße mit Grünflächen und Gewerbegebiet im Osten, MAN im Norden und Westen)
  - Ungunst: mangelnde Expansionsmöglichkeit

*A3: Die Input-Output-Analyse (M2) umfasst die durch die Leistungserstellung in den eigenen Anlagen bedingten Stoff- und Materialströme bzw. Emissionen. Den Pendlerverkehr der Beschäftigten enthält sie nicht. Schätzen Sie in Partnerarbeit ab, wieviele Kilometer in Summe von den Beschäftigten der MTU im Jahr im individuellen Personenverkehr zurückgelegt werden! Treffen Sie dazu plausible Annahmen bezüglich: Arbeitstage bei 40 Urlaubs- und Feiertagen pro Jahr, Anteil der Teilzeitkräfte mit drei bzw. vier Arbeitstagen pro Woche, Anteil der Mitarbeiter mit durchschnittlich 10 km, 30 km und 50 km Anfahrtsweg, Anteile der benutzten Verkehrsmittel, durchschnittlicher Krankenstand (Prozentsatz der Beschäftigten, die krankheitsbedingt abwesend sind).*

21.689.184 km (ca. 22 Mio. km) bei folgenden Annahmen:

- 4.600 Beschäftigte, 220 Arbeitstage im Jahr, 10 % haben Teilzeit mit 3 Tagen pro Woche, 10 % haben Teilzeit mit 4 Tagen pro Woche, einfache Entfernung MTU-Wohnort: 50 % mit 10 km, 30 % mit 30 km, 20 % mit 50 km, Anteil motorisierter Individualverkehr 50 %, Krankenstand 5 %.
- Jährliche Gesamtdistanz =  $4.600 \cdot (220 \cdot 1 \cdot 0,8 + 220 \cdot 0,8 \cdot 0,1 + 220 \cdot 0,6 \cdot 0,1) \cdot (10 \cdot 0,5 + 30 \cdot 0,3 + 50 \cdot 0,2) \cdot 0,5 \cdot 0,95$

*A4: Umreißen Sie drei Ansätze zur Reduktion des individuellen motorisierten Pendlerverkehrs und diskutieren Sie die Umsetzbarkeit!*

- Parkraumbewirtschaftung mit Gebühren: Veränderung der Verkehrsmittelwahl nur bei denjenigen, die auch eine realistische Alternative haben (ÖPNV, Fahrgemeinschaften), die anderen werden nur verärgert
- Sponsoring von ÖPNV-Tickets für die Mitarbeiter mit guter Anbindung: erhebliche Kosten, Benutzung nicht sichergestellt
- Werksbusse: zwei Linien in den Landkreis Dachau bestehen bereits, Ausweitung mit erheblichen Kosten verbunden
- Werksbusse zur nächsten S-Bahn-Station Karlsfeld: Shuttle-Verkehr besteht bereits

## 3.2 Produktionsfaktor Wasser

Unterrichtsmaterial: S. 17-18

*A1: Ordnen Sie das Schema des Wasserhaushalts der MTU Aero Engines (M1) in den allgemeinen Wasserkreislauf (Lehrbuchdarstellung) ein. Beschreiben Sie, worin die Unterschiede zu einem für Wohn- oder Agrarfunktionen genutzten Landschaftsausschnitt bestehen!*

Unterschiede:

- keine Evapotranspiration wegen hohen Versiegelungsgrad des Werksgeländes, siehe auch Satellitenbild
- Grundwassernutzung zur Kühlung
- keine Entnahme von Oberflächenwasser
- Verwendungszwecke des Wassers in der Produktion: Galvanik, Kühlschmierstoffe

*A2: Erklären Sie mit Hilfe von M1 und M3, warum mehr Abwasser anfällt, als Trinkwasser bezogen wird!*

Niederschläge werden als Abwasser entsorgt. Bei Starkregenereignissen, für die die Tage mit >20 mm Niederschlag ein Indikator sind, gelangt vermehrt Wasser in den Abwasserkanal, bevor es verdunsten kann.

*A3: Diskutieren Sie die Vorteile und Nachteile der Verschärfung des Wasserrechts aus Sicht der Bürger und der Unternehmen!*

Bürgersicht:

- Nachteile: Gefährdung der Arbeitsplätze, wenn die Unternehmen Wettbewerbsnachteile erleiden, falls andere Staaten ihre Umweltgesetze lockern.
- Vorteile: Gesundheit, langfristige Erhaltung der Lebensgrundlagen

Unternehmenssicht:

- Nachteile: Kosten
- Vorteile: Imagegewinn; Wettbewerbsvorteil, wenn andere Staaten ihre niedrigeren Umweltstandards anheben und durchsetzen, da die Verfahren von der MTU Aero Engines bereits beherrscht werden.

### 3.3 Produktionsfaktor Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen

Unterrichtsmaterial: S. 19

*A1: Erklären Sie anhand von M1 und M2, inwiefern die Energienutzung im Zeitverlauf effizienter geworden ist! Errechnen Sie dazu auch eine geeignete Kennzahl!*

Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission bleiben ungefähr gleich, während die Produktionsleistung steigt. Wahl der Maschinenstunden als Divisor, weil die Maschinen die großen Energieverbraucher sind (Personal als Divisor eher ungeeignet, da zunehmende Mechanisierung, Mehrmaschinenbedienung, also weniger Personal pro Maschine)

*A2: Entwickeln Sie in Partnerarbeit drei Ideen für noch mehr Nachhaltigkeit bei der Wahl und dem Einsatz der Energieträger!*

Elektromobilität auf dem Werksgelände, Nutzung der EDV-Abwärme zur Gebäudeheizung, computersimulierte Triebwerksläufe, Kapazitätsausweitung des Blockheizkraftwerks ... (Maßnahmen allesamt geprüft und teilweise in der Umsetzung)

*A3: Begründen Sie, warum in M2 im Vergleich zu M1 das Pflanzenöl in der Aufstellung fehlt!*

Pflanzenöl verbrennt CO<sub>2</sub>-neutral, da in der Wachstumsphase der Pflanzen bei der Photosynthese CO<sub>2</sub> verbraucht wird.

*A4: Am Flughafen München wurden im Jahr 2011 etwa 400.000 Tonnen CO<sub>2</sub> durch Flugzeuge im Landing-and- take-off-Zyklus (LTO-Zyklus unterhalb 3.000 Fuß) freigesetzt (Quelle: Flughafen München 2012). Errechnen Sie, nach wievielen Tagen des Jahres 2011 am Flughafen soviel CO<sub>2</sub> angefallen ist wie bei den Triebwerkstests der MTU Aero Engines im ganzen Jahr!*

$(3.500/400.000) \cdot 365 = 3,19375$  Tage

*A5: Recherchieren Sie die Auswirkungen der Erwärmung von Grundwasser auf 20 °C und bewerten Sie die Nutzung des Grundwassers zu Kühlzwecken!*

Die Nutzung ist grundwasserökologisch unbedenklich und vorteilhaft für Anwohner mit Wärmepumpe. Insgesamt sehr positiv.

## 4 Mineralische Rohstoffe – Beispiel Triebwerkskonstruktion

Unterrichtsmaterial: S. 20-22

*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!*

Lokalisierung:

- Brasilien: Niquelândia (Bundesstaat Goiás), Tucumã (Bundesstaat Pará), natürliche potenzielle Vegetation: tropischer Regenwald,
- Russland: Norilsk (Nordsibirien), Halbinsel Kola (Nordwestrussland nahe Finnland), natürliche potenzielle Vegetation: Tundra bzw. borealer Nadelwald

Gefahr bei Bergbau:

- Beeinträchtigung der Vegetation durch Minen und Infrastruktur, Emissionen durch Metallverarbeitung und Gewinnung der dafür benötigten Energie, Einbringung von Chemikalien in Böden und Gewässer
- Tragfähigkeit jeweils eingeschränkt: langsamer Stoffumsatz und kurze Vegetationsperioden in den kalten Zonen, nährstoffarme Böden und Gefahr der Austrocknung bei Entfernung der Vegetation im tropischen Regenwald
- Die Regeneration der Ökosysteme ist nur eingeschränkt möglich und sehr langwierig.

*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!*

Indonesien und die Philippinen produzieren für den Absatz ins nahe China, wo durch den Wirtschaftsboom und die Industrialisierung nach wie vor eine bedeutende Nachfrage herrscht. Außerdem entwickelt sich in den beiden Staaten jeweils eine eigene Metallindustrie.

- Vorteil: schneller Devisenzufluss
- Nachteile: keine weitere Wertschöpfung im eigenen Staat, Abhängigkeit vom Weltmarkt für Rohstoffe

*A3: Stellen Sie dar, inwiefern in der Triebwerksinstandhaltung großes Potenzial für den nachhaltigen Einsatz mineralischer Ressourcen steckt!*

Was repariert wird, muss nicht produziert werden. Dabei entfallen der Verbrauch von Energie, Wasser und Landschaft für den Rohstoffabbau, die Bearbeitungsschritte und Transporte.

*A4: Begründen Sie, warum es bei sich verknappenden Rohstoffen im Metallkreislauf für die MTU Aero Engines interessant ist, selbst im Instandhaltungsgeschäft aktiv zu sein!*

Über die schadhaften Teile gewinnt man Zugriff auf die recyclebaren Metalle, die als eigene Chargen dem Recycler und den nachgeordneten Stufen zugeführt werden können. Somit gewinnt die MTU an Versorgungssicherheit.

# 5 Energieeinsatz im Luftverkehr

Unterrichtsmaterial: S. 23-26

**A1: Ordnen Sie die mit dem Luftfahrt-RFI abgebildeten Effekte (M1) in den Strahlungshaushalt der Erde ein!**

Ansprache der betroffenen Strahlungsströme in der Lehrbuchdarstellung

**A2: Stellen Sie zusammen, welche Herausforderungen bei der Optimierung des Luftverkehrsmanagements bestehen!**

Sicherheit:

- horizontaler und vertikaler Abstand der Flugzeuge
- genaue Taktung
- Kapazitäten der Start- und Landebahnen
- Vorgehen bei dringenden Fällen
- Berücksichtigung des Wettergeschehens

**A3: Arbeiten Sie für den fächerübergreifenden Unterricht mit Physik ein Referat zur CRISP-Technologie und zum Wärmetauscher-Propfan aus!**

Anregungen und Informationen: [www.mtu.de](http://www.mtu.de)

**A4: Erklären Sie am Beispiel des Biokerosins, was unter der gesamten CO<sub>2</sub>-Bilanz eines Energieträgers zu verstehen ist!**

Gesamte CO<sub>2</sub>-Bilanz von Biokerosin: Berücksichtigung der Emissionen bei der

- Kultivierung (Saatgutherstellung, Fahrzeuge, Dünger)
- Konversion (Herstellung des Biokerosins aus Biomasse)
- Bereitstellung (Transport zum Verbraucher)
- und der Nutzung (Verbrennung)

**A5: Bewerten Sie in einer tabellarischen Übersicht (M8) die alternativen Flugtreibstoffe. Geben Sie jeweils die Rohstoffquelle an und füllen Sie die restlichen Felder mit Signaturen für „günstig“, „nicht einwandfrei“ und „ungünstig“!**

Treibstoff	Quelle	Energiedichte	Modifikationen	Technologie-reife	Langfristige Verfügbarkeit	Klimawirksamkeit
Kerosin	Erdöl					
BTL- oder HVO-Kerosin	Biomasse					
STL-Kerosin	Solarstrahlung					
Flüssiger Wasserstoff	Solarstrahlung und Wasser					
Elektrische Batterie	Solarstrahlung, Wind					

günstig
nicht einwandfrei
ungünstig

**A6: Begründen Sie, warum im globalen Maßstab die langfristige Verfügbarkeit und die durchgehend nachhaltige Produktion von Bio-Rohstoffen auf großen Flächen nicht gesichert sind!**

- Langfristige Verfügbarkeit: Eine Nutzungskonkurrenz der Flächen zur Lebensmittelproduktion besteht. Die verfügbaren Flächen verknappen sich, da die Nachfrage der wachsenden Weltbevölkerung nach Lebensmitteln steigt, die durch den Klimawandel und unangepasste Landwirtschaft verstärkte Desertifikation die landwirtschaftliche Nutzfläche schrumpfen lässt und die Verstädterung und Industrialisierung in den Schwellenländern zur Versiegelung und Verseuchung von Agrarflächen führt.
- Durchgehend nachhaltige Produktion: Der Pestizid- und Düngemitelesatz, eine etwaige Rodung von Primärwäldern oder die soziale Ausbeutung von Landarbeitern beeinträchtigen die nachhaltige Produktion.

**A7: Begründen Sie, warum der Elektroantrieb bei entsprechender Technologiereife besonders nachhaltig wäre!**

- Keine stofflichen Emissionen irgendeiner Art im Flug, daher auch kein RFI-Faktor
- Stromerzeugung durch Photovoltaik technologisch möglich. Zwar großer Flächenbedarf, aber keine chemische Beanspruchung des Bodens

## 6 Wirtschaftsdynamik in Wachstumsräumen – Flughafenregion München

Unterrichtsmaterial: S. 27-29

*A1: Weisen Sie die Wirtschaftsdynamik des Großraums München anhand geeigneter Atlaskarten nach!*

Aspekte: niedrige Arbeitslosigkeit, hohes Pro-Kopf-Einkommen, hohe Kaufkraft (...)

*A2: Begründen Sie mit einem geeigneten Stadtentwicklungsmodell die Wahl der Standorte der Münchener Flughäfen!*

Gewerbesuburbanisierung:

- Da der Luftverkehr mit Geräuschemissionen verbunden ist und, wenn auch mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit, die Gefahr von Flugzeugabstürzen besteht, wählte man einen Standort außerhalb der geschlossenen städtischen Bebauung. Dabei sollte die Entfernung zum Stadtzentrum trotzdem minimiert werden, um eine gute Anbindung an das Zentrum zu gewährleisten.
- Dieses Muster entspricht der Gewerbesuburbanisierung, die auch für Industriebetriebe und seit der Massenmotorisierung der 1960er Jahre auch für Dienstleistungsbetriebe typisch ist. Das Oberwiesenfeld und Riem lagen bei der Errichtung der Flughäfen jeweils am Stadtrand, wurden jedoch im Zuge des Stadtwachstums bzw. der Verstädterung im 20. Jahrhundert von der städtischen Wohnbebauung eingeholt.
- Bei der Standortwahl für den neuen Großflughafen war es möglich, den Stadtrand zu verlassen und eine größere Entfernung zum Stadtzentrum einzunehmen, da durch die Massenmotorisierung und die ausbaufähigen Schnellbahnsysteme eine Anbindung an die Stadt gewährleistet ist.

*A3: Diskutieren Sie zu zweit die Entwicklung der Fracht-, Luftpost- und Passagiervolumina seit 1994 (M2)!*

Durch die Globalisierung steigen die Waren- und Passagierströme, da die Handelsverflechtungen und die touristische Reisetätigkeit zunehmen. Die Luftpost wird weniger, da sie vom elektronischen Datenverkehr verdrängt wird.

*A4: Erklären Sie die Verteilung der Dienstreisekilometer auf die Verkehrsmittel bei der MTU Aero Engines (M3)!*

- Überwiegend Flugreisen: internationale Kunden, Zulieferer, Systempartner
- Autos: Dienstwagen hauptsächlich für den Pendlerverkehr genutzt, Miet- und Bereitschaftsfahrzeuge für dienstliche Fahrten hauptsächlich in der Region (Luftfahrtcluster München-Augsburg)
- Eisenbahnverbindungen im Schnellbahnnetz nach Stuttgart, Frankfurt, Hannover

*A5: Stellen Sie in Partnerarbeit die günstigen und die ungünstigen Einflüsse des Flughafens auf die Betroffenen gegenüber!*

Positive Aspekte:

- Erreichbarkeit des Flughafens mit weltweiten Verbindungen (Unternehmen, Wohnbevölkerung)
- Zustrom von Geschäftsreisenden und Touristen als Übernachtungsgästen (Unternehmen)
- Arbeitsplätze direkt am Flughafen und im Umfeld (Beschäftigte)
- Steuereinnahmen (Staat)
- Mittel der Wirtschaftspolitik, Aufbau und Erhalt von regionalem Wohlstand (Staat)

Negative Aspekte:

- Landgebundenes Verkehrsaufkommen, Bau neuer Verkehrsstrassen (Wohnbevölkerung, Staat, Ökosystem)
- Schallentwicklung (Wohnbevölkerung, Ökosystem)
- Steigende Immobilienpreise (Wohnbevölkerung, Unternehmen)
- Emissionen wie CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> etc. (Ökosystem)
- Landschaftsverbrauch (Ökosystem)

*A6: Interpretieren Sie die räumliche Verteilung der Wohnorte der Flughafen-Beschäftigten (M8)!*

- Hauptteil im direkten Flughafenumfeld bis zu 40 km, Abnahme mit zunehmender Entfernung
- Im Rest Bayerns in weiten Teilen einzelne Mitarbeiter, im Ballungsraum Nürnberg entsprechend der Bevölkerungsdichte auch etwas mehr. Wahrscheinlich handelt es sich um Wochenendheimfahrer, Studenten der nahegelegenen Hochschulen oder sonstige Arbeitnehmer, die ihren Heimatwohnsitz unabhängig von ihrer Arbeitsstelle am Flughafen München noch als Erstwohnsitz angeben.

*A7: Interpretieren Sie M10 und erstellen Sie mit Hilfe des Atlas' eine Nutzungsskizze! Bewerten Sie die Getriebefan-Technologie bezüglich ihres Potenzials, die Interessen der am Flugbetrieb Beteiligten auszugleichen (A5)!*

Nutzungsskizze:

- Verkehr: Flughafen mit zwei Start-/Landebahnen, Autobahn im Norden parallel zur Isar
- Gewässer: Isar mit Auwald im Westen und Norden
- Siedlungen: Freising nordwestlich des Flughafens, Erding ost-südöstlich gelegen,
- Landwirtschaft: in der westlichen Bildhälfte überwiegend Grünland (Erdinger Moos), in der östlichen Hälfte Ackerbau

Interpretation:

- Deutliche Verkleinerung des von Lärm >75db betroffenen Gebiets, Erding ist auch bei ungünstigen Windverhältnissen oder Abweichungen vom Kurs nicht mehr betroffen.
- Auch bei anderer Anflugroute ist Beeinträchtigung von Erding oder Freising sehr viel unwahrscheinlicher als vorher.

Bewertung:

- Getriebefantechnologie grundsätzlich geeignet, die Lärmbelastigung für die Anwohner deutlich zu reduzieren, dadurch weniger Grund für Widerstand gegen Luftverkehr im Allgemeinen
- Flugzeuge und Triebwerke bis zu 40 Jahre im Einsatz, deshalb nur allmählicher Effekt der Lärmreduktion zu erwarten

*A8: Kartieren Sie mit Hilfe von Stanly-Track ([www.dfs.de](http://www.dfs.de)) die momentanen Flüge unter 3.000 Fuß am Flughafen München!*

Skizze: Umkreis von ca. 20 bis 30 km entlang der An- und Abflugrouten

# 7 Standortentscheidungen in der globalisierten Welt

## 7.1 Blisk-Produktion bei der MTU Aero Engines in München

Unterrichtsmaterial: S. 30-31

*A1: Erklären Sie anhand des Konzepts der Wettbewerbsvorteile von Porter ausführlich, warum sich die MTU Aero Engines beim Aufbau ihrer Blisk-Produktion für München entschieden hat!*

- Faktorkonditionen: Verfügbarkeit von Produktionsfaktoren
  - Qualifizierte Facharbeiter: Spezialisten für Entwicklung, Programmierung, Arbeitsvorbereitung, Prüfung mit langjähriger Erfahrung, Projektmanagement
  - Rohstoff- und Energiressourcen: offenbar gegeben
  - Know-how von Spezialisten und Forschungseinrichtungen: Hochschulen und Universitäten, vernetzt mit MTU-Ingenieuren
  - Kapital und geringe Kapitalkosten: offenbar gegeben
  - Infrastruktur für Transport und Kommunikation: sehr gut, Flughafennähe, Autobahn
- Inländische Nachfragekonditionen: weltweiter Markt, daher nicht entscheidend
- Verwandte und unterstützende Branchen: Luftfahrt-Cluster München-Augsburg
- Unternehmensstrategie und Branchenstruktur: Differenzierungsstrategie über Qualität und Liefertreue, internationaler Wettbewerb, daher Optimierung der Kostenposition
- Staat: Luftfahrtförderprogramm des BMWi
- Unvorhersehbare Ereignisse: enormer Markterfolg des PW1000G-Triebwerks

*A2: Recherchieren Sie mindestens fünf weitere Unternehmen der Luft- und Raumfahrtindustrie mit einem Standort im Großraum München-Augsburg! Recherchieren Sie ebenfalls mindestens drei Einrichtungen der Luft- und Raumfahrtforschung im Cluster!*

- Unternehmen: Aerotech in Peißenberg, Cadcon in Gersthofen, Cassidian in Unterschleißheim und Manching, EADS in Taufkirchen/Ottobrunn, Eurocopter in Donauwörth, Eurojet in Hallbergmoos, IABG in Ottobrunn, Liebherr Aerospace in Lindenberg, MBDA in Schrobenhausen, MT Aerospace in Augsburg, Premium Aerotech in Augsburg, Ruag in Weßling
- Forschungseinrichtungen: Bauhaus Luftfahrt in München, BICAS in Taufkirchen/Ottobrunn, DLR in Oberpfaffenhofen, Hochschule Augsburg, Hochschule München, TU München, Universität der Bundeswehr München

*A3: Stellen Sie den Studiengang „Luft- und Raumfahrttechnik“ in Referatform vor und erläutern Sie dabei die Relevanz dieser Wissenschaft für den Standort Deutschland!*

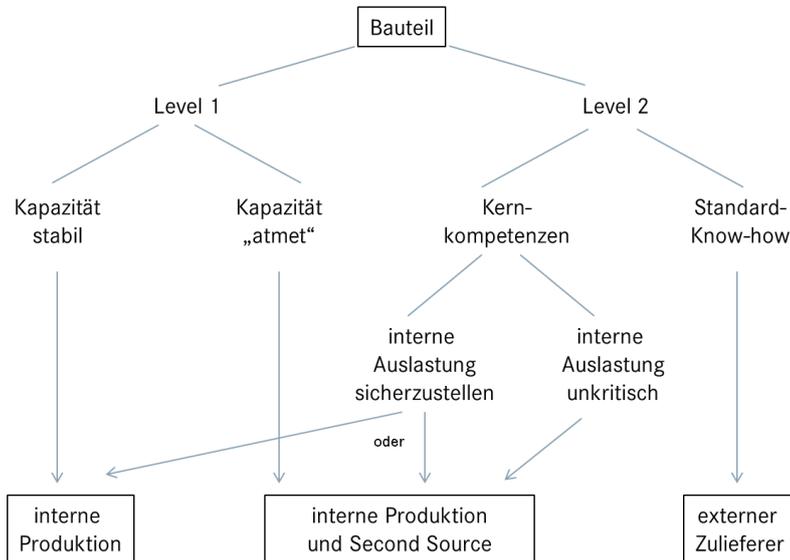
- Referat wie im BuS-Unterricht
- Relevanz der Luft- und Raumfahrttechnik: Vielzahl von Unternehmen, Schlüsseltechnologien für verschiedene Verfahren im Maschinenbau, in der Oberflächenbehandlung, in der Metallurgie, im Fahrzeugbau, im Wachstumsmarkt Luftfahrt, in der Atmosphärenforschung, in der Satellitentechnik etc., Behauptung von deutschen Wettbewerbsvorteilen, große Anzahl an Arbeitsplätzen, Daten über den Bundesverband der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie: [www.bdli.de](http://www.bdli.de)

## 7.2 Produktionsstrategie

Unterrichtsmaterial: S. 32

*A1: Entwerfen Sie einen Entscheidungsbaum für die Optionen bei der Teileproduktion bzw. -beschaffung! Diskutieren Sie mit Hilfe dessen die Aussage, der Standort Deutschland sei im internationalen Vergleich zu teuer!*

Entscheidungsbaum:



Diskussion:

Die Aussage, der Standort Deutschland sei im internationalen Vergleich zu teuer, ist nicht pauschal zutreffend. Grundsätzlich stimmt sie für Level-2-Produkte und noch weniger anspruchsvolle Technologien, z. B. bei einem hohen Anteil manueller Arbeit. Das Stückkostenargument ist jedoch auch bei Level-2-Produkten zu relativieren, falls die Kernkompetenzen bzw. der Auslastungsgrad der Maschinen am deutschen Standort relevant ist. Bei Level-1-Produkten sind in Deutschland vorhandene Standortvorteile (siehe Diamantenmodell von Porter) für die geforderten Produkteigenschaften entscheidend. Die Kosten sind am Markt in Form höherer Preise durchsetzbar. Wichtig ist es, dabei trotzdem möglichst effizient und kostenoptimiert zu produzieren.

*A2: Erklären Sie, welche Vorteile das neu errichtete MTU-Werk in Polen im Sinne der Produktionsstrategie bietet! Nehmen Sie dabei auch Bezug auf den Entscheidungsbaum!*

Vorteile Produktion in Polen:

- Geringere Personalkosten
- Behalten des Know-hows,
- Vermeidung einer Abhängigkeit von externen Lieferanten
- Sicherheit durch Steuerung der Produktion im eigenen Konzern
- Kapazitäten in München für Level-1-Produktion freimachbar
- Vorteilhaft für ganzes Unternehmen

## 7.3 Aufbau des Standorts MTU Aero Engines Polska

Unterrichtsmaterial: S. 33-35

*A1: Recherchieren Sie die vom Flughafen Rzeszów aus angebotenen Direktflüge und die Lage der Stadt im Fernstraßennetz! Beurteilen Sie die Erreichbarkeit von Rzeszów per Flugzeug und Lastwagen von den MTU-Standorten München, Hannover und Berlin aus!*

Direktflüge (Sommer 2013):

- Deutschland: Frankfurt
- Frankreich: Paris; Großbritannien: Birmingham, Bristol, East Midlands, Glasgow, London, Manchester; Irland: Dublin; Italien: Rom, Trapani; Norwegen: Oslo; Polen: Warschau; Spanien: Barcelona

Erreichbarkeit:

- Umsteigeverbindungen per Flugzeug über Frankfurt und Warschau
- Gute Erreichbarkeit auf geradlinig verlaufenden Fernstraßen von Hannover und Berlin (Autobahnen fast durchgehend), von München ebenfalls fast durchgängig Autobahnen, wenn auch nicht auf direktestem Weg. Von jedem Standort innerhalb eines Tages leicht per Lkw erreichbar.

*A2: Bestimmen Sie mit Hilfe einer geeigneten Atlaskarte und M3 den längsten Pfad in der Produktionskette von der Schmiede über die MTU bis zum Flugzeughersteller (ohne Second Source und Komponentenanlieferung). Geben Sie die ungefähre Entfernung der Luftlinie an!*

Längster Pfad:

USA-Israel-München-Rzeszow-USA-Frankreich: ca. 30.000 km

(Messpunkte jeweils in der Mitte der Staaten, grob überschlagenes Ergebnis)

*A3: Stellen Sie in Partnerarbeit mögliche ökologische und wirtschaftliche Probleme zusammen, die sich aus der globalisierten Produktionskette ergeben können. Vergleichen Sie diese mit den Problemen der globalisierten Herstellung von Textilien (Lehrbuchdarstellungen), deren wesentliche Schritte in den Entwicklungsländern stattfinden!*

- Ökologische Probleme:
  - Weite Transporte mit Klimagas- und Schadstoffemissionen, Wasser- und Chemikalieneinsatz an Standorten wie Mexiko und Türkei möglicherweise weniger nachhaltig als in Industrieländern.
  - Im Vergleich zur Textilindustrie aber sehr viel geringere Transportvolumina wegen weit geringeren Stückzahlen, statt in Drittweltstaaten wie Bangladesch Produktion in Staaten mit strengen Umweltschutzgesetzen, die auch in Mexiko und der Türkei im Rahmen ihrer Compliance (Regeltreue) eingehalten und übererfüllt werden.
- Soziale Probleme:
  - Nutzung der niedrigeren Löhne in Staaten wie Türkei, Polen und Mexiko
  - Im Vergleich zur Textilindustrie, die Ungelernte und Kinder beschäftigt, in der Triebwerksherstellung ausschließlich hoch qualifizierte Fachkräfte, die im Vergleich zur sonstigen einheimischen Industrie einen überdurchschnittlichen Lohn erhalten.

*A4: Begründen Sie die Kriterien des ersten Filters (M6)!*

- EU: Zoll- und Rechtssystem
- NATO: Vermeidung politischer und vertraglicher Restriktionen, die außerhalb der NATO bei militärischen Programmen auftreten könnten

*A5: Begründen Sie, warum das Vorhandensein von Unternehmen der Luftfahrtindustrie für die MTU Aero Engines ein Muss-Kriterium ist, auch wenn man um dieselben Arbeitskräfte konkurriert!*

- Es besteht eine Konkurrenz um den gleichen Pool von Arbeitskräften, die in der Metallverarbeitung und der Luftfahrtindustrie einsetzbar sind.
- Ohne den Arbeitsmarkt für Fachkräfte, den die Luftfahrtindustrie am Ort bietet, würden die Ausbildungsmöglichkeiten aber nicht von den Hochschulen und Berufsschulen angeboten werden. Daher ist eine kritische Masse an entsprechenden Unternehmen vor Ort notwendig, die auch gestaltend auf das Ausbildungsangebot einwirken kann.

*A6: Ergänzen Sie die Entscheidungsmatrix (M5) mit Unterpunkten und diskutieren Sie die gegebene Gewichtung!*

- Infrastruktur – Grundstück: Zuschnitt, Straßenanschluss, Größe, Erschließung, Geländeprofil, Grundwasserspiegel, Altlasten, Bau- und Nutzungsgenehmigung, Eigentümer (...)
- Infrastruktur – Ver-/Entsorgung: Strom, Gas, Wasser, Datenleitung
- Infrastruktur – Transport: Flughafen, Fernstraßen
- Human Resources – Personalverfügbarkeit: Facharbeiter Metallberufe, Ingenieure Fertigung und Entwicklung, Arbeitszeit, Englischkenntnisse
- Wirtschaftsraum: Konkurrenzsituation, Anbindung an das Zentrum (...)
- Standortattraktivität: internationale Schulen, Kindergarten, Einkaufsmöglichkeiten, Freizeitwert
- Kosten: Ingenieure, Facharbeiter, Lohnentwicklung, Bauland, Gas, Wasser, Strom, Grundsteuer (...)
- Förderungen: Investitionshilfen des Staates

*A7: Führen Sie ein Rollenspiel zu folgendem Thema durch: Ein lokaler Politiker fordert, dass die Löhne am Standort Rzeszów denen am Standort München angeglichen werden. Ein Vertreter der Unternehmen in der Region spricht sich für die moderate Lohnsteigerung von 5 % pro Jahr aus. Bilden Sie zwei Gruppen, sammeln Sie für Ihre Position gemeinsam Argumente und wählen Sie jeweils einen Vertreter, der im Rollenspiel diskutiert. Ein Schüler moderiert.*

Rollenspiel:

- Argumente Politiker:
  - Harmonisierung in der EU, gleicher Lohn für gleiche Arbeit
  - Partizipation an der Wertschöpfung
- Argumente Unternehmensvertreter:
  - Wertschöpfung nur gegeben durch geringeren Lohn als im Westen
  - Lohn steigt jährlich 5 %, mittelfristige Angleichung findet also statt
  - Lohn ist Lebenshaltungskosten vor Ort angepasst
  - Lohn überdurchschnittlich im Vergleich zu anderen Industrieunternehmen vor Ort
  - Größerer Abstand zu anderen Industrieunternehmen vor Ort würde sozialen Frieden gefährden, da Lebenshaltungskosten steigen würden und die einheimischen Unternehmen ihren Arbeitern nicht mehr zahlen können (...)



## 9 Demographischer Wandel

Unterrichtsmaterial: S. 38

*A1: Ordnen Sie den Wandel der Altersstruktur (M1) in das Modell des demographischen Übergangs ein!*

- Die jungen Jahrgänge sind zahlenmäßig schwach, der Hauptteil der Beschäftigten ist in den mittleren Jahren.
- Ein zunehmender Altersdurchschnitt ist vorhersehbar.

*A2: Erklären Sie die Herausforderungen des demographischen Wandels für das Unternehmen. Stellen Sie dazu heraus, inwiefern die personalbezogenen Maßnahmen (M2) Lösungsansätze darstellen!*

- Notwendige Kompetenzen sicherstellen: Erfahrungsträger, die einen Großteil der Belegschaft ausmachen, werden mit dem Erreichen des Rentenalters die MTU Aero Engines bald verlassen. Dies macht einen organisierten Wissenstransfer notwendig, damit das Know-how als Technologieführer in der Triebwerksherstellung erhalten bleibt.
- Personalgewinnung und -bindung: Die MTU braucht geeignete Nachwuchskräfte, um die ausscheidenden Mitarbeiter zu ersetzen. Der entsprechende Personenkreis ist demographisch bedingt klein, wobei eine Konkurrenz zu anderen Arbeitgebern besteht. Bisher wurden nur wenig Frauen eingestellt, da weiblicher Ingenieursnachwuchs rar ist.
- Arbeitsorganisation und -gestaltung: Um qualifizierte Mitarbeiter zu halten, kommt ihnen die MTU bei der Arbeitszeitgestaltung entgegen. Das betrifft Teilzeitmodelle genauso wie Sabbaticals.
- Körperliche Leistungsfähigkeit: Tendenziell steigt der durchschnittliche Krankenstand mit dem Alter. Bei einer älteren Belegschaft sind höhere krankheitsbedingte Ausfälle zu erwarten. Um die Beschäftigten bei der Erhaltung ihrer Gesundheit und ggf. einer längeren Berufstätigkeit zu unterstützen, bietet die MTU gesundheitsfördernde Maßnahmen an.