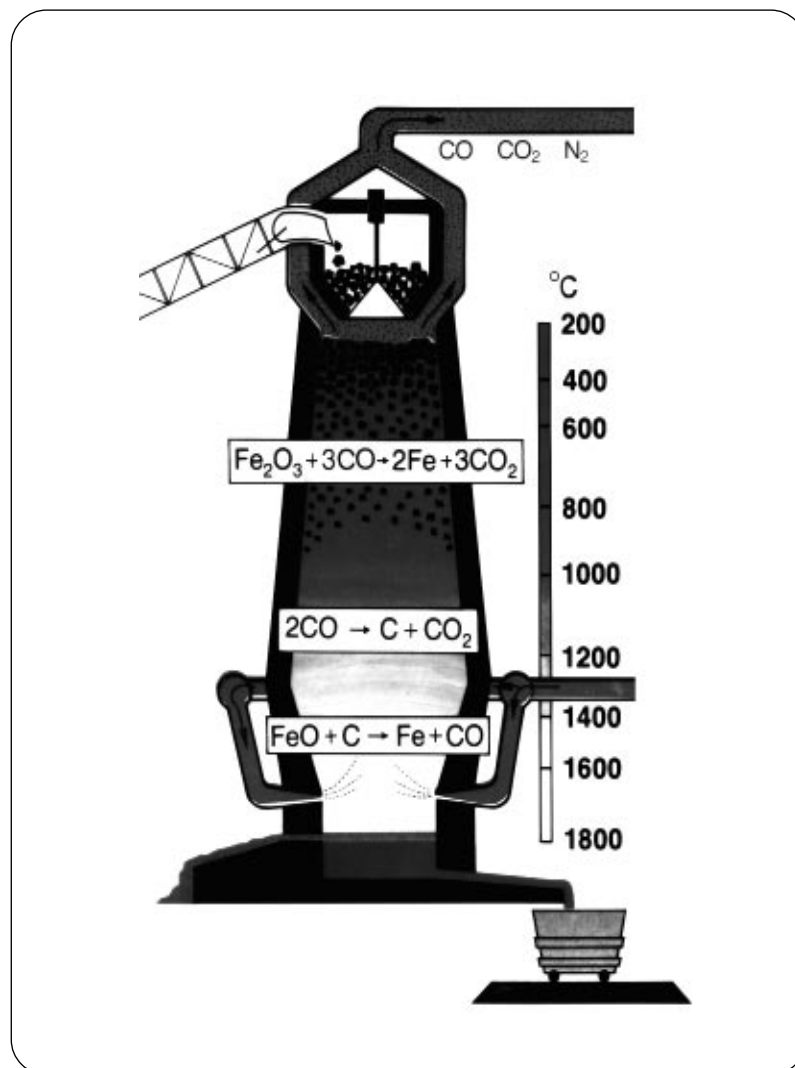
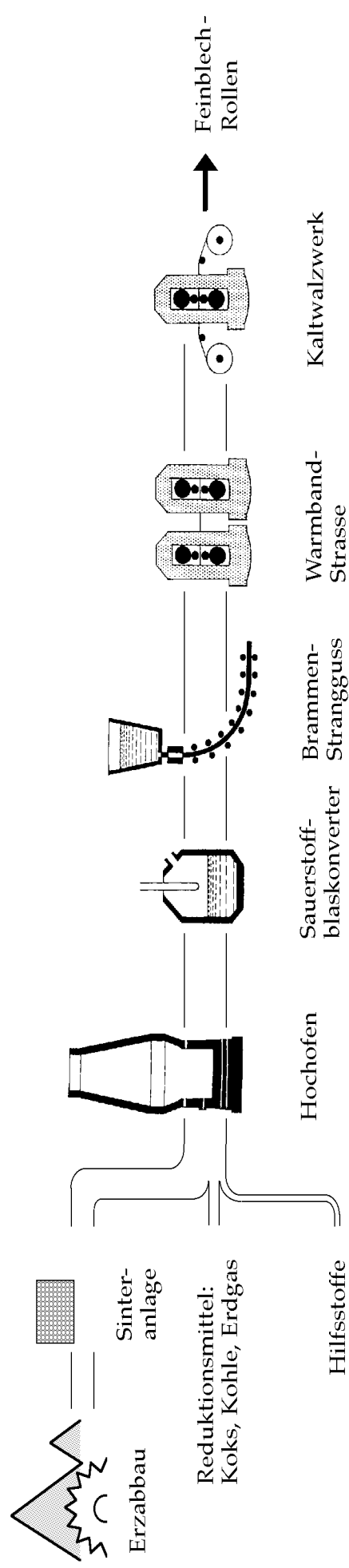


Vom Eisenerz zum Feinblech

SchülerInnen-Modul I



Produktion von Feinblech



Vorbehandlung der Einsatzstoffe	Reduktion	Stahl- erzeugung	Strang- guss	Formgebung
------------------------------------	-----------	---------------------	-----------------	------------



Vom Eisenerz zum Feinblech

Anleitung

Lösen Sie bitte folgende Aufgaben:

- *Lesen* Sie die vorliegenden Texte sorgfältig durch.
- Führen Sie für die einzelnen Produktionsschritte vereinfachte *Energie- und Stoffbilanzen* durch. Vervollständigen Sie zu diesem Zweck das Lösungsblatt am Schluss der Unterlagen mit den Rubriken Rohstoffe, Energie (Verfahrens- und Transportenergie) sowie Abfälle. Die dazu notwendigen Zahlen können Sie den Texten entnehmen.
- Arbeiten Sie ihre Ergebnisse so auf, dass Sie in der folgenden Stunde Ihren MitschülerInnen die einzelnen Produktionsschritte erklären und die Energie- und Stoffbilanzen präsentieren können.
- Teilen Sie die Arbeit innerhalb der Gruppe sinnvoll auf.

Alle Angaben beziehen sich auf *100 Halbliter-Weissblechdosen*, die 6.1 kg Weissblechabfall ergeben. Dies entspricht etwa dem Jahresverbrauch eines durchschnittlichen Haushaltes in der Schweiz (etwas mehr als 2 Personen).¹

Verfahrensbeschreibung

Feinblech besteht zum grössten Teil aus Eisen. Dieses wird aus Eisenerzen gewonnen, die im wesentlichen aus Eisenoxiden bestehen. Die Reduktion, d.h. das Entfernen des Sauerstoffs, geschieht heute zum grössten Teil im Hochofen. Das flüssige Roheisen aus dem Hochofen muss anschliessend gereinigt werden, bevor es gegossen und in grossen Walzwerken zu Feinblech gewalzt wird (vgl. auch das beiliegende Lösungsblatt der Energie- und Stoffbilanzen).

1. Abbau von Eisenerz

Eisen kommt in der Natur nicht in reiner Form, sondern nur in Form von chemischen Verbindungen vor. Am häufigsten sind Eisenoxide, die jedoch immer mit Verunreinigungen – der sog. Gangart – vermischt sind. Diese Eisenerz-Vorkommen sind über die ganze Erde verteilt (siehe Abb. 1) und werden im Tagebau und Tiefbau (Untertagebau) gewonnen. Dort, wo die als abbauwürdig erkannten Eisenerzlagerstätten offen zutage treten, kann das Erz im weniger aufwendigen Tagebau gewonnen werden. Heute wird Eisenerz hauptsächlich in Südamerika, Australien und Kanada auf diese Weise abgebaut (siehe Abb. 2).

¹ inklusiv Dosen für Tierfutter und Farbe

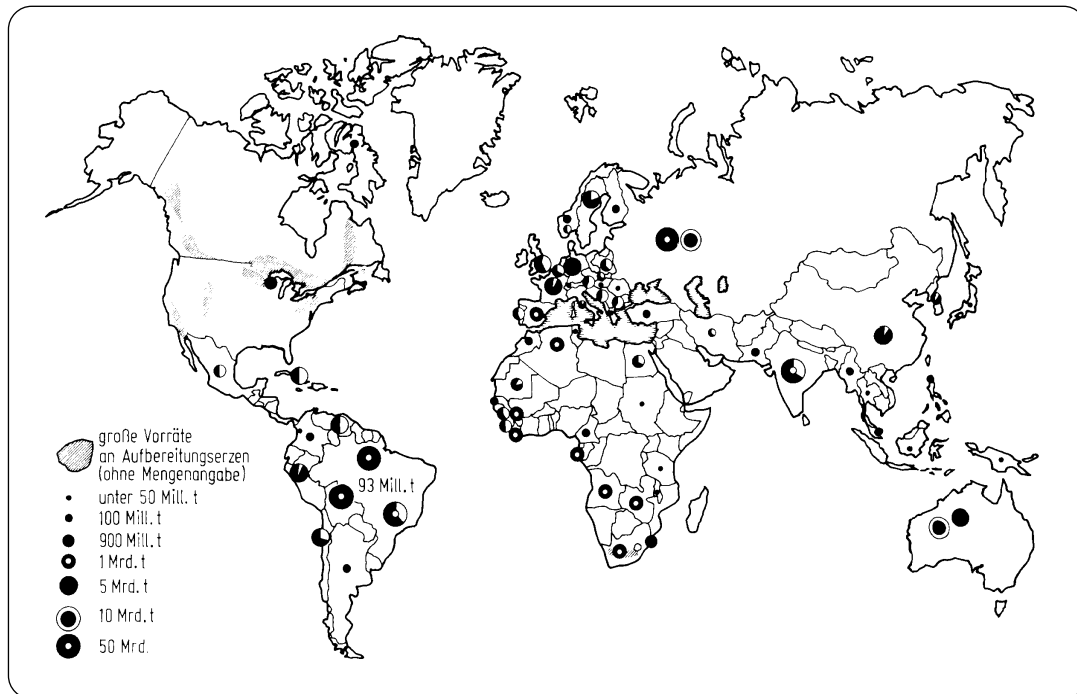
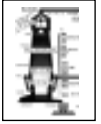


Abb. 1: Eisenerz-Vorkommen der Welt

Vom Bergwerk gelangt das Eisenerz selten unmittelbar zu den Lagerplätzen der Hütten. Meist müssen erst weite Transportwege auf dem Land und auf dem Meer mit mehrfachem Umladen überwunden werden.

Für die Herstellung von 100 Konservendosen braucht es durchschnittlich:

- 15.6 kg Roherz, wovon nach dem Abbau 6.5 kg Abfall (Abraum) übrigbleiben
- 1.5 MJ² an elektrischer und 5.0 MJ fossiler Energie für den Abbau
- 13.2 MJ an fossiler Energie für den Transport von der Erzlagerstätte zu den Eisenhütten



Abb. 2: Abbau von Eisenerz im Tagebau in Brasilien

² Merke: Mit 1 MJ lassen sich 3 Liter Wasser von 20 auf 100 Grad Celsius erhitzen, also beispielsweise 3 mal Frühstückskaffee kochen.



2. Aufbereitung des Erzes

Zur erfolgreichen Reinigung des Roherzes muss dieses zerkleinert werden. Dieser Vorgang erfolgt in verschiedenartigen Brechern, die das Erz immer feiner brechen, bis es schliesslich gemahlen wird, und die einzelnen Komponenten freigelegt werden.

Bei der anschliessenden Reinigung des Feinerzes nutzt man die spezifischen physikalischen Eigenschaften von Erz und Gangart aus: Dichte, Benetzbarkeit und magnetische Eigenschaften.

Durch geeignete Hintereinanderschaltung von Sieben unterschiedlicher Maschenweite lässt sich eine Trennung des gereinigten Feinerzes in mehrere Kornklassen erreichen. Durch Angabe des prozentualen Anteils verschiedener Korngrössenklassen erhält der Hüttenmann den besten Aufschluss über das vorhandene Kornband und damit über die Verarbeitbarkeit der gebrochenen und gesiebten Erze.

Für die Herstellung von 100 Konservendosen braucht es durchschnittlich:

- 0.1 MJ an elektrischer Verfahrensenergie für die verwendeten Maschinen
- 0.1 MJ an fossiler Energie für den werkiternenTransport
- Abfall («Abraum»): 6.5 kg

3. Sintern des Feinerzes

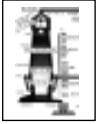
Die in einem Hochofen verwendeten Erze brauchen eine gewisse Grösse, damit die ein-geblasenen Gase durch das Reaktionsgemisch nach oben gelangen können. Das an die Eisenhütte gelieferte Feinerz muss daher zuerst zu grösseren Stücken zusammengebacken werden. Dieser Vorgang wird als Sintern bezeichnet.

Das Sintern wird heute im allgemeinen auf Bandsinteranlagen durchgeführt, die Bandbreiten von mehr als 4 m und Bandlängen von 100 m aufweisen können.

Dazu wird eine Mischung aus angefeuchtetem Feinerz zusammen mit Koks und Hilfsstoffen wie Kalk bzw. Calciumoxid (sog. «Zuschläge») auf einen umlaufenden Rost, das Sinterband, gegeben und von oben gezündet. Der in der Mischung enthaltene Kohlenstoff aus dem Koks verbrennt mit Hilfe der durch den Rost und die Mischung gesaugten Luft und bewirkt ein Zusammenbacken der Erzkörner. Während des Transports auf dem Sinterband wird die gesamte Schicht von oben nach unten gesintert.

Für die Herstellung von 100 Konservendosen braucht es durchschnittlich:

- 1 kg an Zuschlägen
- 2.9 MJ elektrische und 16.4 MJ fossile Energie für den Sinterprozess



- 0.1 MJ elektrische und 0.1 MJ fossile Energie für den Transport der Hilfsstoffe und den werkiternen Transport

Nach dem Sintern muss 1 kg Sinterabfall entsorgt werden.

4. Die Herstellung von Roheisen im Hochofen

4.1 Brennstoffe und Reduktionsmittel

Die zur Verhüttung der Eisenerze benötigten Brennstoffe und Reduktionsmittel werden als Koks, Kohle, Öl oder Gas in den Hochofen eingebracht. Ihr Einsatz dient vor allem dazu, den Eisenoxiden den Sauerstoff zu entziehen, d.h. es zu Roheisen zu reduzieren, und die zum Schmelzen des Eisens notwendige Energie zuzuführen.

Das wichtigste Reduktionsmittel ist der Koks. Dieser wird aus schwefelarmer Kohle gewonnen, die unter Luftabschluss während 15 - 20 Stunden bei Temperaturen von ca. 1000° C erhitzt wird. Dabei werden die flüchtigen Bestandteile – Koksofengas, Teer, Benzol, Schwefelwasserstoff, Ammoniak – ausgetrieben, aufgefangen und anderer Verwendung zugeführt.

Ein Teil des Kokses im Hochofen kann durch die billigeren Brennstoffe Kohle, Öl oder Gas ersetzt werden. Ein vollständiger Ersatz von Koks ist jedoch nicht möglich, da die mechanische Festigkeit, die für den Gasdurchtritt im Hochofen notwendig ist, von anderen Reduktionsmitteln nicht erreicht wird.

4.2 Zuschläge

Die Arbeitstemperatur des Hochofens liegt etwa bei max. 1800°C. Bei dieser Temperatur würde die gebildete Schlacke, die einen Schmelzpunkt von bis zu 2000°C aufweist, in fester Form anfallen. Da die Schlacke in dieser Form nur schlecht vom Roheisen abgetrennt werden könnte, werden Hilfsstoffe (sog. Zuschläge) zugegeben, die den Schmelzpunkt der Schlacke auf 1300 bis 1400°C senken. Auf diese Weise wird eine dünnflüssige Schlacke erzeugt, welche zusätzlich die unerwünschten Begleitelemente Silizium, Aluminium, Phosphor und Schwefel aufnimmt. Die wichtigsten Zuschlagstoffe sind Kalk und Calciumoxid, Aluminiumoxid, Flussspat und Quarz.

4.3 Die Vorgänge im Hochofen

Das Eisenerz, der Koks und die Zuschläge werden mit einem Förderband von oben in den bis zu 35 m hohen Hochofen eingebracht. Die notwendigen Temperaturen werden erzeugt, indem im unteren Teil des Ofens durch eine Ringleitung im Winderhitzer vorgewärmte Luft eingebracht wird. Dabei reagiert der mitgeführte Sauerstoff in einer exothermen Reaktion mit Koks zu Kohlenmonoxid (CO).

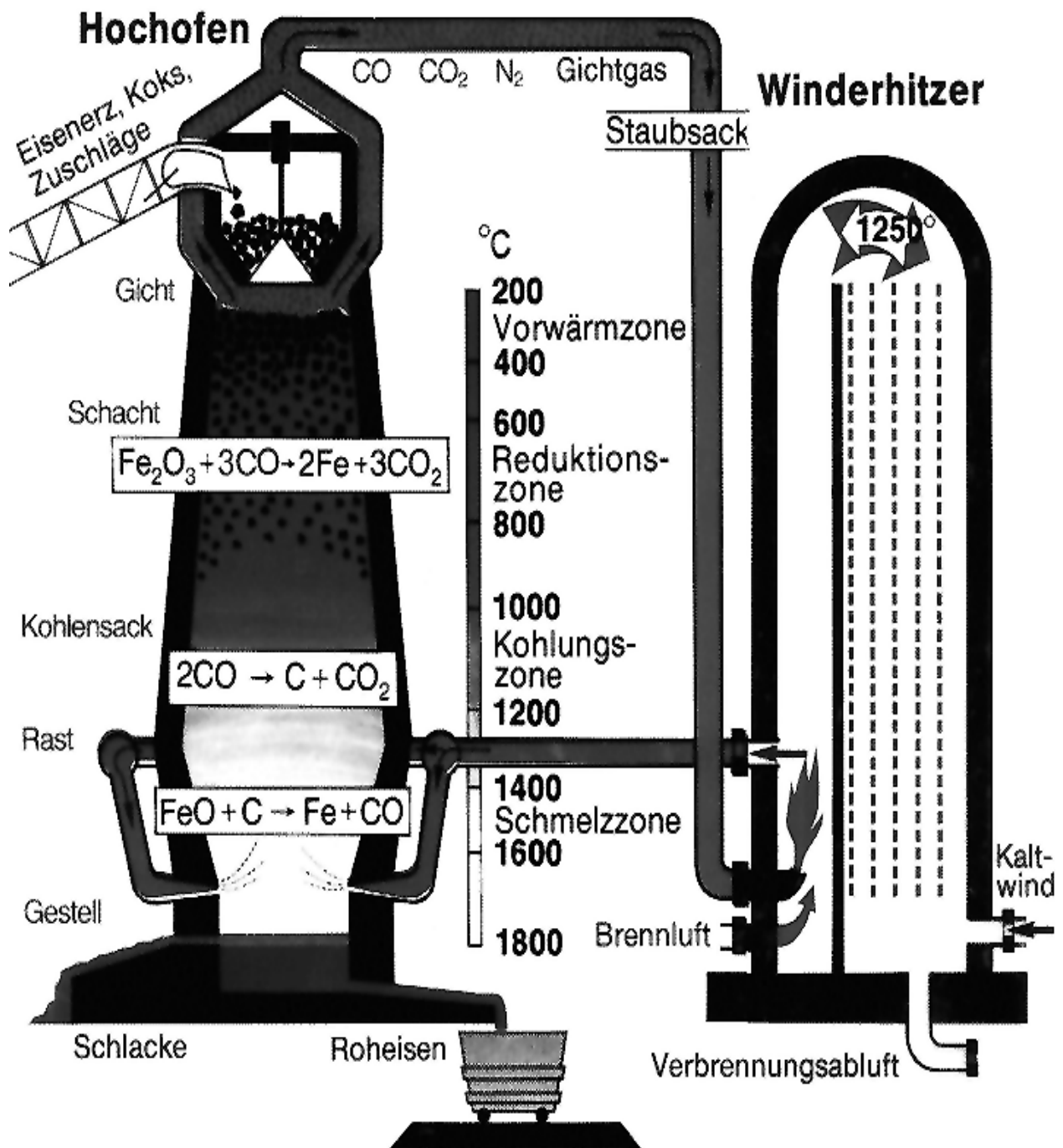


Abb. 3: Vorgänge im Hochofen



Im Hochofen werden vier Zonen unterschieden:

Vorwärmzone: Hier wird das eingebrachte Gemisch getrocknet. Das oben austretende Gasgemisch, das die brennbaren Gase Wasserstoff und CO enthält, wird als sog. Gichtgas aufgefangen und im Winderhitzer zur Erwärmung der eingeblasenen Luft verwendet.

Reduktionszone: In der sog. indirekten Reduktion gibt das Eisenerz die Sauerstoffatome an das von unten aufströmende CO ab, das dadurch zu CO₂ oxidiert wird. Das dabei gebildete Eisen sickert nach unten, bis es durch die höheren Temperaturen schmilzt.

Kohlungszone: Das CO reagiert bei den hier vorliegenden tieferen Temperaturen teilweise zu CO₂ und Kohle, die nach unten sickert und die Reaktionen in der Schmelzzone ermöglicht.

Schmelzzone: Hier findet aufgrund der hohen Temperaturen von 1200-1800°C die sog. Direktreduktion statt: die Eisenoxide geben die Sauerstoffatome direkt an Kohle ab und werden so zu metallischem Eisen reduziert. Dieses ist bei der hohen Temperatur flüssig und sammelt sich aufgrund der hohen Dichte unten an.

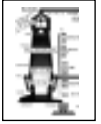
Im unteren Teil des Hochofens sammeln sich das flüssige Roheisen und die flüssige Schlacke, die aufgrund der geringeren Dichte auf dem Roheisen aufschwimmt. Roheisen und Schlacke werden in regelmässigen Abständen von 2-4 Stunden «abgestochen» und in wärmeisolierten «Pfannen» getrennt aufgefangen. Die grössten Hochofen der Welt erzeugen mehr als 11'000 t Roheisen pro Tag.

Das Roheisen enthält ca. 4% Kohlenstoff und andere Verunreinigungen und ist dadurch spröde. Es kann zwar direkt als Gusseisen verwendet werden, muss aber gereinigt werden, um die elastische Konsistenz zu erreichen, die zur Herstellung von Feinblech notwendig ist. Dieser Vorgang, der zur Stahlherstellung führt, wird als «Frischen» bezeichnet und findet in der Regel beim Stahlwerk statt. Der Transport des flüssigen Roheisens vom Hochofen zum Stahlwerk geschieht meist mit wärmeisolierten «Pfannen» mit der Eisenbahn.

Für die Herstellung von 100 Konservendosen braucht es durchschnittlich:

- 0.2 kg Zuschläge
- 5.5 MJ elektrische und 124.1 MJ fossile Energie für die Reduktion im Hochofen. In diesem Wert ist der Koks für die Reduktion inbegriffen. Für das Gichtgas, dessen Energie genutzt werden kann, können 5 MJ an fossiler Energie abgezogen werden.
- 0.9 MJ elektrische und 1.1 MJ fossile Energie für den werkiternen Transport

Nach dem Reduktionsprozess muss 1.5 kg Hochofenschlacke entsorgt werden.



5. Das Frischen des Roheisens zu Stahl

Beim Frischen werden die Verunreinigungen des Roheisens mit reinem Sauerstoff oxidiert, der mit hohem Druck durch die Sauerstofflanze in das flüssige Roheisen eingeblasen wird, das vorher in den sog. Sauerstoffblaskonverter eingefüllt wurde. Der Kohlenstoff wird dabei in gasförmiges Kohlenmonoxid (CO) umgewandelt, das entweicht. Die entstehenden schwerflüchtigen Oxide sammeln sich in der Schlacke an, die wie beim Hochofen durch Zugabe von Zuschlägen (v.a. Kalk) verflüssigt wird und auf dem Eisen aufschwimmt (siehe Abb. 4).

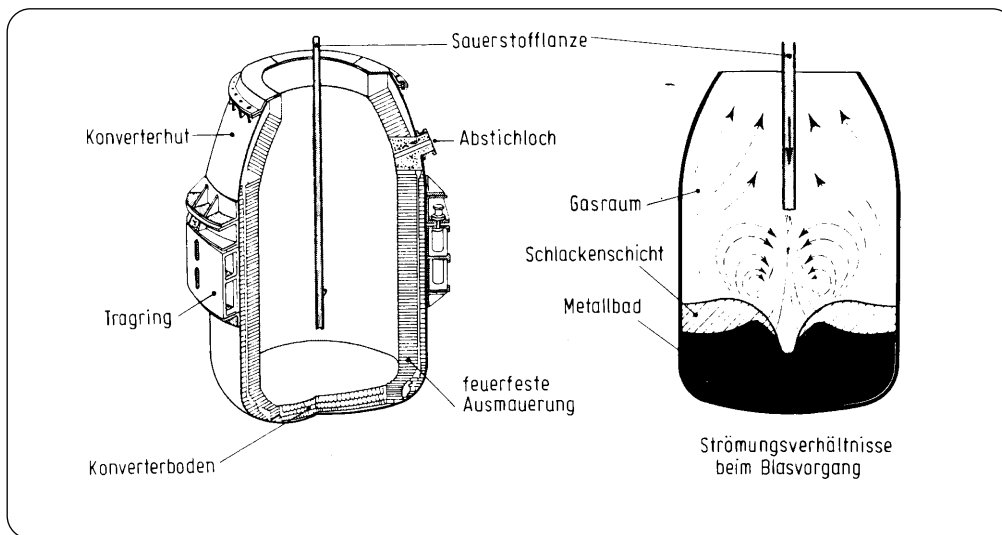


Abb. 4: Der Vorgang des Frischens im Sauerstoffblaskonverter

Die Konverter fassen etwa 200 t Stahl und müssen aufgrund der hohen Temperaturen nach etwa 1000 Giessvorgängen ausgewechselt werden.

Für die Herstellung von 100 Konservendosen braucht es durchschnittlich:

- 0.2 kg Zuschläge
- 2.9 MJ elektrische und 1.9 MJ fossile Energie.
- 0.9 MJ elektrische und 1.1 MJ fossile Energie für den werkiternen Transport

Nach dem Frischen muss 1 kg Schlacke entsorgt werden.

5.1 Die Verwendung von Schrott

Die im Sauerstoffblaskonverter ablaufenden Reaktionen sind stark exotherm. Damit die Temperaturen nicht zu hoch werden, wird das Eisenbad durch Zugabe von Eisenschrott gekühlt. Der Eisenschrott macht etwa 20% des Gesamteisens aus. Verarbeitungsschrott, der wegen seiner guten Qualität besonders gern verwendet wird, fällt bei der Herstellung von Walzstahl bei den Hüttenwerken selbst und in der stahlverarbeitenden Industrie an.



Da dies kein Weissblechschrott ist, der in Haushalten gesammelt wird, handelt es sich hier nicht um ein echtes Weissblechrecycling.

Für 100 Konservendosen werden umgerechnet 0.8 kg Schrott verwendet

6. Vergiessen des Stahls: Strangguss

Heute wird Stahl in der Regel nicht mehr portionenweise im Blockguss, sondern kontinuierlich in Stranggiessanlagen gegossen. Dadurch erstarrt der Stahl gleichmässiger, seine Qualität ist besser, und das Verfahren ist schneller und somit auch kostengünstiger. Die Stranggiessanlagen befinden sich meistens im Stahlwerk. Die Giesspfanne mit dem flüssigen Stahl wird dabei in den Pfannendrehturm eingehängt, der zur Giessvorrichtung gedreht wird. Dort fliesst der Stahl durch einen Zwischenbehälter in die Giesskokille, die senkrecht schwingt, damit der Stahl nicht an der Wand festhaftet. Während er weiter in einem Bogen von der Treib-/Richtmaschine durch die Kühlkammer gezogen wird, muss er ständig von Rollen abgestützt und mit Wasser abgespritzt werden, damit er am Ende der Giessanlage vollständig erstarrt ist. Anschliessend wird er durch Schneidbrenner in Brammen zerteilt; das sind Stahltafeln, die 1.20 m breit und 25 cm dick sind und etwa 25 t wiegen (siehe Abb. 5 und 6).

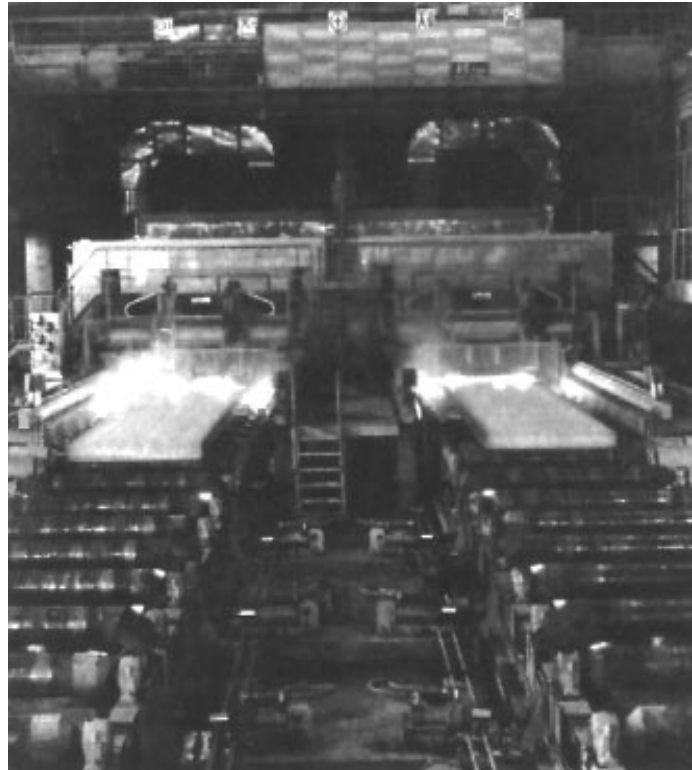


Abb. 5: Zwei Brammen verlassen die Stranggussanlage

Für die Herstellung von 100 Konservendosen braucht es durchschnittlich:

- 1.8 MJ elektrische und 1.8 MJ fossile Energie für den Giessvorgang.
- 0.6 MJ fossile Energie für den werkiternen Transport

Beim Giessvorgang entstehen 0.2 kg Abfall.

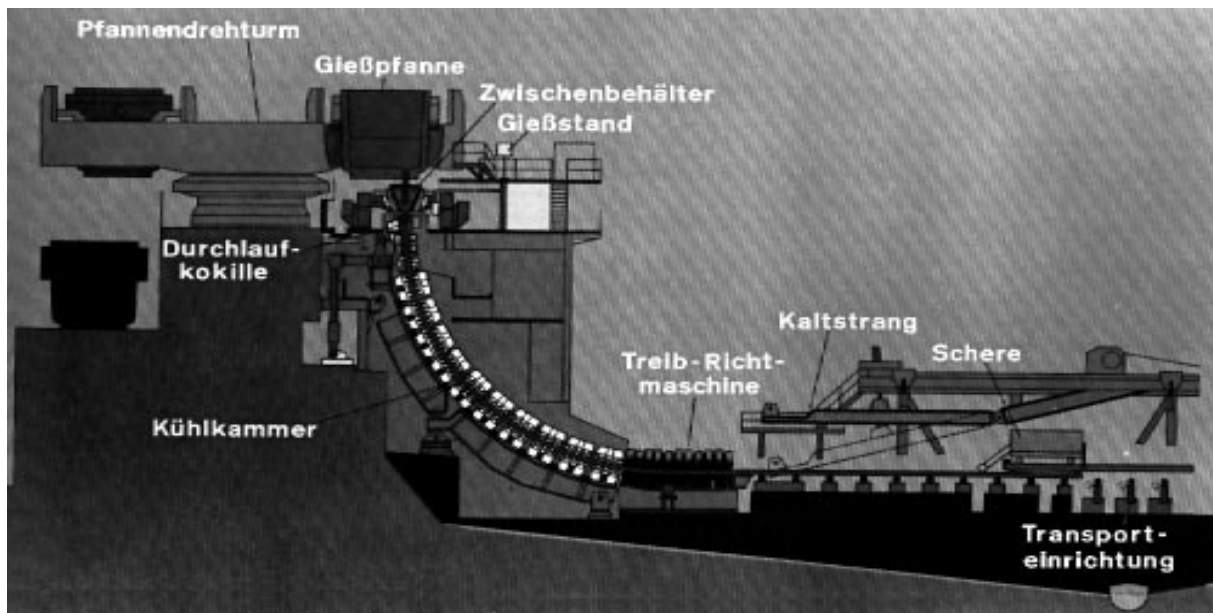


Abb. 6: Schema einer Stranggussanlage für Brammen

7. Die Formgebung des Stahls: Auswalzen

Das Auswalzen der Brammen geschieht im Stahlwerk meist direkt nach dem Strangguss. Dabei werden die Brammen zunächst bei Temperaturen um 1000°C bis zu einer Höhe von 1.5 mm warmgewalzt und dann bei Raumtemperatur bis zur endgültigen Höhe von 0.2 mm kaltgewalzt.

Durch die grossen Verformungskräfte ist der Verschleiss der Walzen relativ gross. Sie bestehen meist aus Gusseisen und werden von Stützwalzen gestützt (siehe Abb. 7).

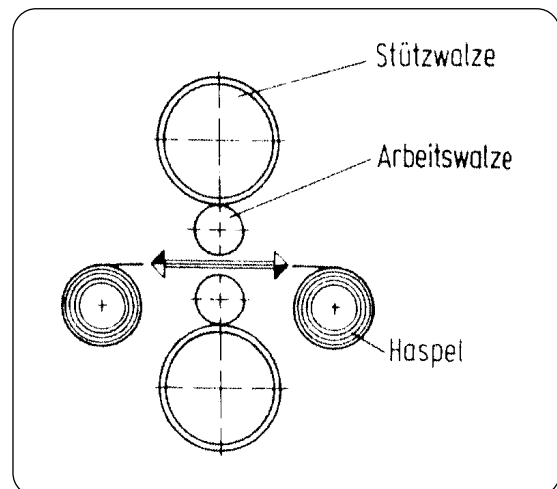
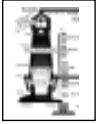


Abb. 7: Vierwalzengerüst

a) Warmwalzen

Eisen ändert beim Abkühlen etwa bei 900°C sein Kristallgitter und wird dabei vom γ -Eisen (Austenit) zum α -Eisen (Ferrit) umgewandelt. Der Vorteil des Warmwalzens oberhalb der Kristallisationstemperatur bei etwa 1000°C besteht darin, dass der Stahl beim Abkühlen ungestört in die Ferrit-Form auskristallisieren kann. Dadurch entstehen keine Verzerrungen des Kristallisationsgefüges und der Stahl bleibt elastisch. Zudem ist der Walz-Widerstand des Stahls geringer, was Energieeinsparungen ermöglicht und den Verschleiss der Walzen vermindert. Allerdings müssen die Brammen vorher im Stossofen erwärmt werden (siehe Abb. 8). Dabei werden die Brammen langsam von oben nach unten transportiert, um einen kontinuierlichen Prozess zu ermöglichen.



Im Zunderwäscher werden sie durch eine basische Lösung von Brennrückständen gereinigt und im Vorgerüst vorgewalzt (siehe Abb. 9). Vor der Fertigstrasse entfernt die Schopfschere unregelmässige Ränder, worauf sie nochmals von einem Zunderwäscher gereinigt werden. In der Fertigstrasse werden sie schrittweise bis auf eine Höhe von 1.5 mm flachgewalzt. Dabei muss berücksichtigt werden, dass sich die Transportgeschwindigkeit durch die Vervielfachung der Länge drastisch erhöht.

Nach dem Warmwalzen wird das Blech mit Wasser abgekühlt, zum Schutz der Oberfläche eingeölt und auf Rollen aufgehaspelt.

Für die Herstellung von 100 Konservendosen braucht es durchschnittlich:

- 0.01 kg Walzöl, kleine Mengen an Säuren und Entfettungsmittel
- 5.4 MJ elektrische und 20.3 MJ fossile Energie. Der hohe Wert für die fossile Energie wird vor allem durch den hohen Energiebedarf des Stossofens verursacht.
- 0.6 MJ fossile Energie für den werkiternen Transport

Nach dem Warmwalzen müssen 0.3 kg Abfall entsorgt werden.

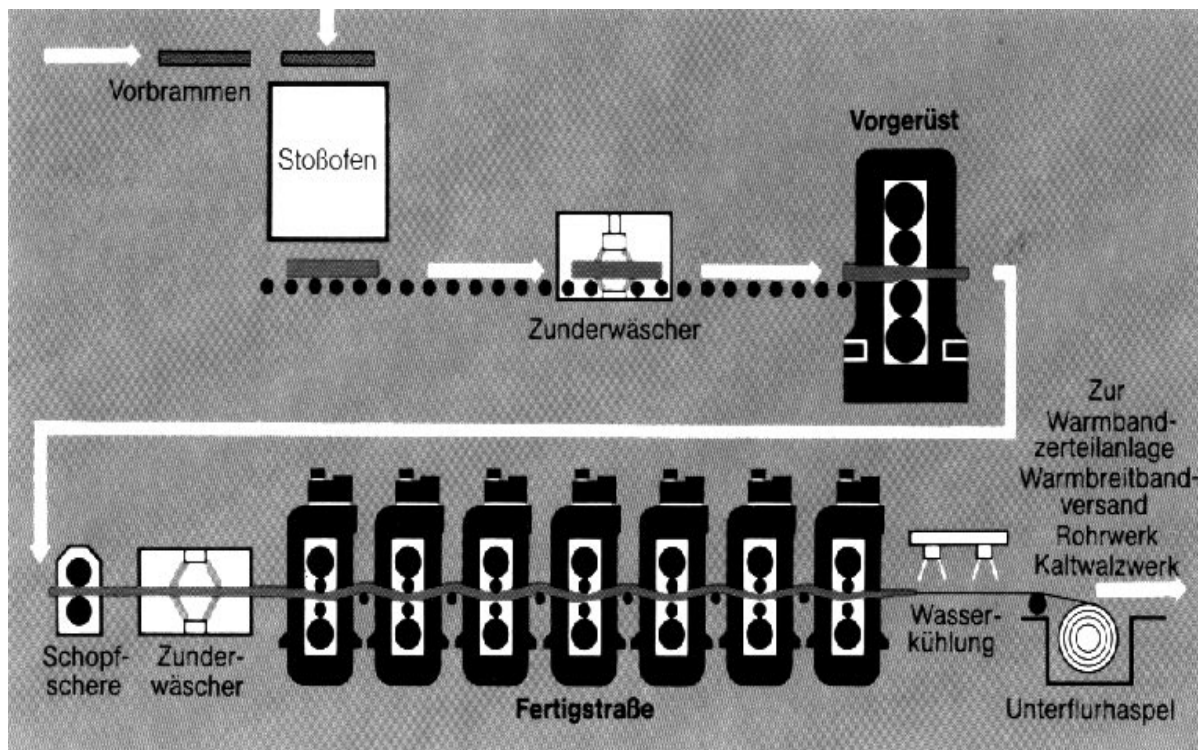


Abb. 8 : Schema einer Warmwalzanlage



b) Kaltwalzen

Die endgültige Dicke des Feinblechs von 0.2 mm kann nur beim Kaltwalzen erreicht werden, da die leichtere Verformbarkeit des Stahlblechs bei höheren Temperaturen zu Unregelmässigkeiten der Blechdicke führen würde. Allerdings ist der Walzwiderstand des Stahlblechs dadurch wesentlich grösser, was zu einem grossen Verschleiss der Walzen führt (siehe Abb. 10). Um den Widerstand zu verringern und eine gleichmässige Dicke zu erreichen, wird das Feinblech vor dem Walzen eingeölt. Zudem muss das Feinstblech nach dem Walzprozess nochmals ausgeglüht werden, damit sich das Kristallgitter des Eisens beim Abkühlen wieder regelmässig anordnen kann. Vor dem Ausglühen muss das Feinstblech in einem Laugenbad vom Schmieröl befreit werden.

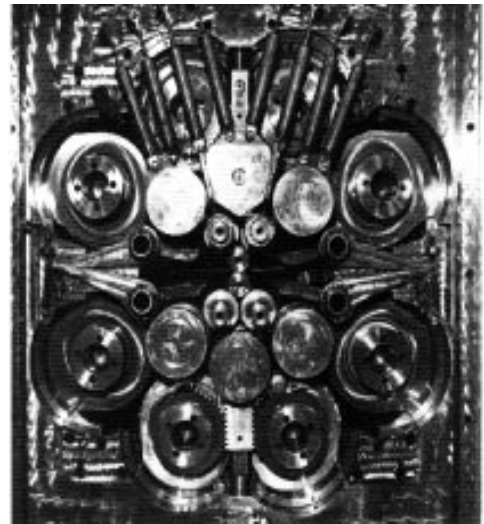


Abb. 9 : Walzgerüst einer Kaltwalzanlage. In der Mitte die vielfach abgestützten, dünnen Arbeitswalzen

Das schliesslich 15 km lange und 0.2 mm dicke Feinblech-Band wird mit einer Geschwindigkeit von 130 km/h aufgehaspelt und als Korrosionsschutz eingeölt. Die Rollen sind nun für den Versand zur Verzinnanlage bereit (siehe Abb. 11).

Für die Herstellung von 100 Konservendosen braucht es durchschnittlich:

- 0.01 kg Walzöl
- 8.2 MJ elektrische und 11.4 MJ fossile Energie. Der höhere Walzwiderstand beim Kaltwalzen im Vergleich zum Warmwalzen kommt im höheren elektrischen Energiebedarf zum Ausdruck.
- 0.6 MJ fossile Energie für den werkiternen Transport

Nach dem Kaltwalzen müssen 0.7 kg Abfall entsorgt werden.

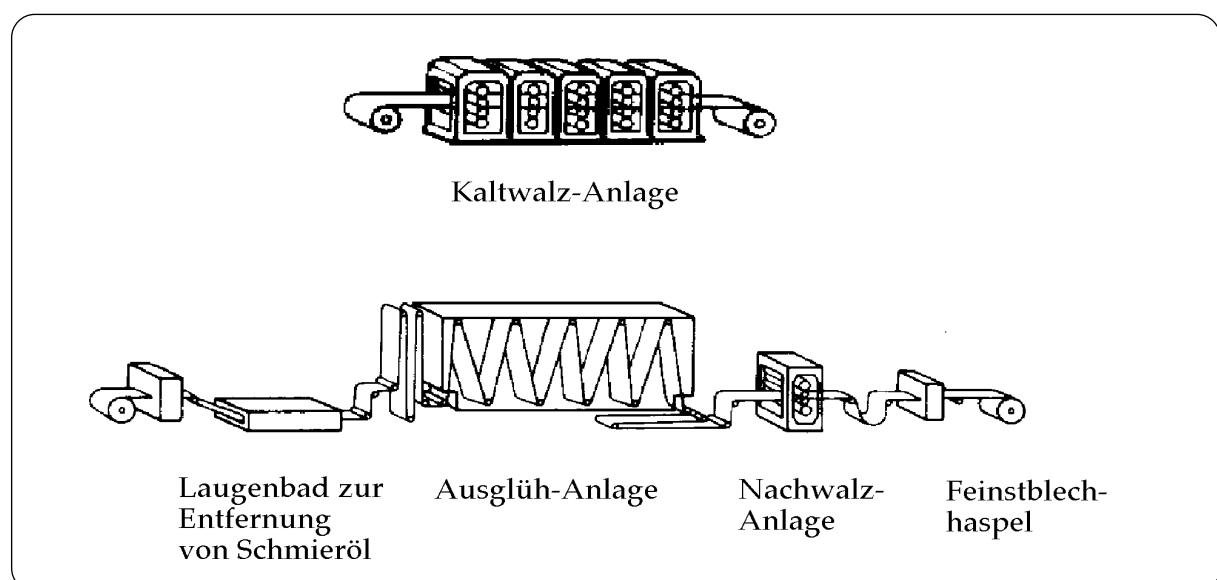


Abb. 10: Schema eines Kaltwalzwerks mit anschliessender Ausglühanlage



Von Bananenrepubliken, ökologischen Grenzen und anderen Abhängigkeiten

Arm oder reich?

Davon zu sprechen, ein Land habe viele Rohstoffe, kann doppelte Bedeutung haben. Bei der traditionellen Beschreibung der Reichtümer einer Nation sind Rohstoffe immer wichtig und werden oft als Vorbedingung für möglichen Wohlstand bewertet. Länder, die große Rohstoffvorkommen haben, sind von anderen Ländern kaum abhängig und haben die materielle Basis, auf der sich die Nationalökonomie erfolgreich entwickeln kann.

Blickt man in die Geschichte zurück, war die Verfügbarkeit von Rohstoffen eine gute Voraussetzung für frühe Hochkulturen oder wirtschaftliche Entwicklung. Nicht umsonst beginnt die Industrialisierung Englands in den Kohleregionen im Norden des Landes und vergleichbar in Deutschland in den Kohleregionen Schlesiens und im Ruhrgebiet.

Auf der anderen Seite bedeutet die Bezeichnung «Rohstoffexportland» heute fast zwangsläufig eine Zuordnung zu den ärmsten Ländern der Welt. Länder, die von der Produktion und dem Export eines oder weniger Rohstoffe leben, sind zum Inbegriff von armen Entwicklungsländern geworden. Statt wirtschaftliche Möglichkeiten und Reichtum zu assoziieren, kommen heute beim Stichwort «Rohstoffökonomie» zuerst Bilder und Begriffe in den Sinn wie «Kolonialismus», «Imperialismus», «Abhängigkeit» oder «internationale Arbeitsteilung».

Im Laufe der Geschichte hat sich damit eine erstaunliche Begriffsverschiebung ergeben: von einer positiven Bedeutung zu einer, die nicht nur in hohem Maße mit Armut in Verbindung gebracht wird, sondern auch auf ökonomische und politische Abhängigkeiten der betroffenen Länder verweist – am besten symbolisiert im Schlagwort der «Bananenrepublik». Das Schlagwort aus den fünfziger Jahren bezeichnete zentralamerikanische Länder wie Guatemala und Honduras, die wirtschaftlich in hohem Maße auf den Export eines Agrarproduktes angewiesen waren und darüber hinaus als politisch vom Einfluß einiger multinationaler Bananenkonzerne abhängig beschrieben wurden.

Nichtsdestotrotz hält sich bis heute auch die andere Vorstellung des Reichtums durch Rohstoffe, am deutlichsten in Verbindung mit dem «schwarzen Gold» der erdölexportierenden Staaten des Nahen Ostens. Seit der Ölpreiskrise von 1973 haben vor allem die «Wüstenstaaten» des Nahen Ostens wie Saudi Arabien oder die kleinen Staaten rund um den Persischen Golf enorme Reichtümer angehäuft.

Der Reichtum und die mögliche hohe politische Bedeutung von Rohstoffen ist dementsprechend bis heute ein wichtiges Motiv für politische Entscheidungen. In den siebziger Jahren



bezeichnete Giscard d'Estaing die Agrarüberschüsse Frankreichs als das «grüne Erdöl» seines Landes. Die Sicherung der Rohstoffquellen im Nahen Osten wurde wiederholt als mögliches Motiv für den Einsatz der USA im zweiten Golfkrieg angeführt.

Von den Grenzen des Wachstums

Viele entwicklungstheoretische Debatten haben sich an der Frage der Rohstoffabhängigkeit entzündet. Doch neben diesen – man kann fast sagen «traditionellen» – Fragen haben die Debatten über Rohstoffe seit etwas mehr als 20 Jahren eine weitere Bedeutung erhalten die für viele inzwischen wohl wichtiger ist: die Frage nach den Grenzen des Wachstums.

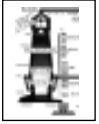
Anfang der siebziger Jahre kamen verschiedene Ereignisse zusammen, die diesem Thema eine erstaunliche Karriere verschafften. 1972 erschien das berühmte Buch des «Club of Rome», in dem das Autorenteam den Lesern die Begrenztheit der vorhandenen Rohstoffe vorrechnete und angesichts der steigenden Weltbevölkerung ein Knappheitsszenario entwarf. Seitdem gehört es zu den modernen Gewißheiten, daß die Vorräte der Erde an Energierohstoffen, aber auch an Metallen und die Potentiale für die Produktion von Agrargütern begrenzt sind, vor allem angesichts der rapide wachsenden Weltbevölkerung.

Außer bei Rohöl führte dies zwar nicht zu einer spürbaren Preissteigerung auf den Weltmärkten, doch ist das Knappheitsszenario zu einem Thema der Industriegesellschaft geworden. Regelmäßig werden Schätzungen über die vorhandenen Rohstoffreserven berechnet.

Gerade die Industrie von Ländern wie Deutschland, Japan, oder die Schweiz, die über wenig eigene Rohstoffe verfügen, ist auf einen kontinuierlichen Zustrom (Import) angewiesen. Spätestens seit Anfang der siebziger Jahre haben fast alle Industrieländer eine mehr oder weniger umfangreiche Politik der Vorratshaltung geschaffen oder versucht, die Rohstofflieferungen, etwa durch feste Lieferbindungen, vertraglich abzusichern.

Der anfängliche Aktivismus der siebziger Jahre für eine Vorsorgepolitik hat allerdings wieder nachgelassen. Meldungen über die doch noch verfügbaren Rohstoffreserven trugen zu einer Entspannung bei, und nach den wenig erfolgreichen Versuchen der OPEC, ihren Einfluß auf die Ölpreisentwicklung in den achtziger Jahren so groß zu halten wie in den siebziger Jahren, ist die Angst vor langfristigen Erfolgen der Kartellbildung von Rohstoffexportländern gesunken. Die tatsächliche Entwicklung der Rohstoffpreise war in den achtziger Jahren dann negativ, da viele Entwicklungsländer ihr Angebot an Rohstoffen erhöhten, um Deviseneinnahmen zu erwirtschaften, so daß Vorratspolitik derzeit keine sehr große Rolle mehr spielt.

Mitte der siebziger Jahre und Anfang der achtziger Jahre wurden in UN-Dokumenten zum ersten Mal zwei Problemzusammenhänge benannt, die bis heute wichtige Themen der Ökologiediskussionen sind:



- die armutsbedingten Umweltzerstörungen wie die Nutzung von Grenzertragsböden, verbunden mit Bodenerosion, Übernutzung von Wäldern und verfügbaren Holzbeständen usw.
- der «Überkonsum» des Nordens – das hohe Konsumniveau, insbesondere von Rohstoffen, durch die Industrieländer.

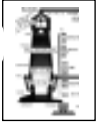
Die Menge der in Anspruch genommenen Ressourcen ist in den Industrieländern pro Kopf so hoch, daß sie nicht auf alle Menschen der Erde übertragbar wäre, da ansonsten weder die Rohstoffe ausreichen würden, noch die Umweltmedien Boden, Wasser, Luft genügend Aufnahmekapazitäten für die Emissionen hätten. Eines der bekanntesten Beispiele aus den öffentlichen Diskussionen Ende der siebziger Jahre war die Kritik am zu hohen Fleischkonsum der Industrieländer, der zu viel Land und zu viele Nahrungsmittel verbrauchen würde, um langfristig alle Menschen in den Entwicklungsländern ernähren zu können.

Qualitativ neu an dieser Diskussion war die Thematisierung einer neuen Kategorie weltweiter Gerechtigkeit: der Verbrauch von Rohstoffen. Der Norden dürfe nicht mehr Ressourcen und Rohstoffe verbrauchen, als ihm von seinem Bevölkerungsanteil her zustehe, vor allem dann nicht, wenn man die zu erwartende Steigerung der Bevölkerungszahl in den Blick nehme.

Als Mitte der achtziger Jahre neue globale Umweltgefährdungen wie das Ozonloch und der prognostizierte Klimawandel in den Blick rückten, veränderte sich die Debatte. Jetzt stand nicht mehr die Begrenzung der verfügbaren Rohstoffe wie Energie, Metalle oder Nahrungsmittel im Zentrum, sondern die Aufnahmekapazitäten von Boden, Wasser und Luft für die Schadstoffe der Industriegesellschaft und der Schutz der für die Weltgemeinschaft als besonders wichtig anerkannten Ökosysteme wie des tropischen Regenwaldes.

Sollten etwa die Hochrechnungen des *International Panel on Climate Change* stimmen, muss der Rohstoffverbrauch weltweit erheblich reduziert werden, um die CO₂-Emissionen zu begrenzen. Dies gilt nicht nur für den Verbrauch von Energie, sondern auch für andere Rohstoffe bis hin zu Agrargütern. Exemplarisch wurde diese Argumentation in zwei neueren Untersuchungen zum nachhaltigen Umbau der Industrieländer entwickelt. 1992 erschien eine Studie von *Friends of the Earth Nederland* über ein nachhaltiges «sustainable Netherlands». 1995 veröffentlichte das Wuppertal-Institut für Klima, Energie und Umwelt im Auftrag vom BUND und Misereor seine Studie «Zukunftsfähiges Deutschland».

Beide Studien gehen von einem Nachhaltigkeitsbegriff aus, der auf einer weltweiten gerechten Verteilung der Rohstoffnutzung auf Basis des Pro-Kopf-Verbrauchs aufbaut. Diese muss so gestaltet sein, daß die langfristige Nutzung der Ressourcen durch alle Menschen nur auf einem Niveau stattfindet, das die Chancen zukünftiger Generationen nicht zerstört oder begrenzt. Auf Grundlage dieser Vorgabe errechnet das Wuppertal-Institut für Deutschland drastische Reduktionsziele für die zukünftig erlaubte Inanspruchnahme von Ressourcen und Umweltmedien.



Wenn all diese Szenarien über die Begrenzung der Inanspruchnahme von Rohstoffen, all die ökologischen Empfehlungen zu einer Verbrauchsreduktion Wirklichkeit werden, könnte das die Entwicklungschancen und Einkommensmöglichkeiten von Entwicklungsländern erheblich beeinflussen – gerade von Entwicklungsländern, die zu großen Teilen von der Förderung beziehungsweise Produktion und vom Verkauf von Rohstoffen leben.

Eine drastische Reduktion des Verbrauchs von Rohstoffen würde für rohstoffexportierende Entwicklungsländer niedrigere Einnahmen bedeuten. Viele Agrarexporte können zu den derzeitigen Preisen nur angeboten werden, wenn bei der Produktion wenig Rücksicht auf natürliche Grenzen und Ökosysteme genommen wird. Überlegungen zur Begrenzung des Energieverbrauchs beziehen sich auch auf den internationalen Transport und damit auf Exportchancen von Entwicklungsländern, etwa bei den neuen Exportrennern wie Wintergemüse oder Schnittblumen. Die besondere Situation der Länder, die den allergrößten Teil ihrer Einnahmen mit Rohstoffen erwirtschaften, muß deshalb in den Debatten über den ökologischen Umbau des Nordens von Anfang an mit berücksichtigt werden.

Eines lehrt die ökologische Debatte über Rohstoff- und Ressourcennutzung auf alle Fälle. Nicht nur Gold und Silber, auch alle anderen Rohstoffe sind ein kostbares Gut; allerdings zahlen wir keinen Preis, der diesem Wert entspräche, schon gar nicht an die Hersteller- beziehungsweise Lieferländer. Im Gegenteil: Niedrige Preise motivieren oder nötigen diese Länder, möglichst viele ihrer knappen Güter möglichst schnell zu verkaufen.

*Aus: Windfuhr, Michael (1996): Zum Beispiel – Rohstoff.
Buchreihe Süd-Nord, Lamuv-Verlag, Göttingen*

