



Arbeitskreis Wasser im Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V. (BBU)
Rennerstraße 10
79106 Freiburg
Tel.: 0761/275693, 4568 7153
E-Mail: nik@akwasser.de
Internet: www.akwasser.de
Konto: Arbeitsgruppe Wasser 41952 757
Postbank Karlsruhe, BIZ 660 100 75

Goldbergbau

—

Verfahren zur Goldgewinnung und Auswirkungen auf die Umwelt

Von
Harald Honer und Simon Zapf
(Praktikanten beim Ak Wasser im BBU in den Jahren
2007 und 2008)

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	3
2. Eigenschaften von Gold	3
3. Goldvorkommen	4
4. Globale Goldförderung	6
5. Verwendung von Gold	8
6. Goldgewinnungsverfahren	10
6.1. Physikalische Verfahren (Goldwaschen, Flotation, Dichtentrennung)	11
6.2. Amalgamverfahren (Quecksilber-Verfahren)	12
6.3. Cyanidlaugerei (Blausäure-Verfahren)	12
6.4. Anodenschlammverfahren	13
6.5. Recycling	13
6.6. Goldsynthese (künstliche Herstellung von Gold)	14
7. Auswirkungen des Goldbergbaus auf die Umwelt (Auswahl)	15
8. Lösungen (was getan werden muss)	16
9. Regionale Beispiele von Umweltkatastrophen, Umweltzerstörung und Ausbeutung von Natur und Menschen durch den Goldbergbau	18
9.1. Bougainville (Papua-Neuguinea)	19
9.2. Brasilien	20
9.3. Demokratische Republik Kongo	23
9.4. Ghana	26
9.5. Guyana	29
9.6. Kirgistan	30
9.7. Mexiko	31
9.8. Mozambique	32
9.9. Nicaragua	33
9.10. Papua-Neuguinea	34
9.11. Peru	34
9.12. Rumänien	35
9.13. Spanien	41
9.14. Venezuela	42
10. Das Gift Cyanid als Goldgewinnungsmittel im Goldbergbau	44
10.1. Herstellung von Cyanid	44
10.2. Nachweis von Cyanid	44
10.3. Entgiftung von Cyanid	46
11. Der Goldpreis	50
12. Schlussfolgerungen	51

1. Einleitung

Abwässer werden meist mit Industrie, Gewerbe und Haushalten in Verbindung gebracht. Da durch diese Teilbereiche große Mengen an Abwasser in oder nahe der Zivilisation entstehen, hat man sich in den letzten Jahrzehnten erfolgreich auf ihre Reinigung konzentriert. Daneben führt aber auch der Bergbau, insbesondere die profitable Goldgewinnung in Schwellen- und Entwicklungsländern, zu erheblich kontaminierten Abwässern. Diese Abwässer fallen zwar nur an wenigen Stellen an, dafür sind sie aber meist stark konzentriert und in der Regel schwerer zu reinigen als häusliche und gewerblich-industrielle Abwässer.

Teilweise fehlt es an praktikablen Verfahren, diese schwermetallhaltigen Giftbrühen zu behandeln, teilweise an der Bereitschaft, diese Giftcocktails zu vermeiden, zu entsorgen oder zu entschärfen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Hauptstandorte des Erzbergbaus in Entwicklungs- und Schwellenländern oder in peripheren Räumen (Taiga, Tundra, Trockenräume) der Industrieländer liegen. Dort ist der Druck der Öffentlichkeit auf umweltverträgliches Verhalten der Bergbauunternehmen oft nicht stark genug. Zudem ist die Natur in diesen Lebensräumen oft weniger widerstandsfähig gegen natürliche und anthropogene Belastungen als in den gemäßigten Mittelbreiten.

Schließlich sind für viele Länder (hauptsächlich Entwicklungsländer, aber auch entwickelte Länder wie Australien und Schwellenländer wie Südafrika) Bergbaubetriebe sehr wichtige Arbeitgeber und bringen bei vielen dieser Länder einen großen Teil der Exporterlöse und Steuereinnahmen ein. Vielerorts bestehen deshalb Hemmungen, durch Umweltauflagen den Ertrag von Minen zu verringern, da die Betreiber in diesem Falle oft mit der Schließung der Mine drohen.

2. Eigenschaften von Gold

Gold kommt in der Natur elementar, d.h. als gediegenes (reines) Mineral vor. Gold besteht nur aus dem stabilen Isotop ^{197}Au und gehört zu den 22 Reinelementen. Reines Gold ist leicht schmied- und dehnbar, weich wie Zinn und lässt sich mit einem Messer leicht schneiden. Gold wird von Säuren, mit Ausnahme von „Königswasser“, einem Säuregemisch aus Salzsäure (HCl) und Salpetersäure (HNO_3), nicht angegriffen. Salpetersäure ist nicht nur eine starke Säure, sondern auch ein kräftiges Oxidationsmittel, das alle Metalle, mit Ausnahme der beiden edelsten Metalle Gold und Platin, oxidiert.

Die Halogene Chlor, Brom und Iod vermögen Gold zu lösen. In wässrigen Cyanidlösungen ist Gold unter Aufnahme von Sauerstoff als Komplexverbindung leicht löslich. Da Gold in heißen, sauren hydrothermalen Lösungen physikalisch relativ gut löslich ist, findet man es manchmal mit Quarz oder mit Kupfererzen zusammen vergesellschaftet in Hydrothermal-adern vor. Zudem sind einige Huminsäuren in der Lage sind, Gold anzulösen. Gold löst sich in vielen Metallen, wie z.B. Kupfer, Silber und Quecksilber leicht zu Legierungen.

Da Gold ein relativ reaktionsträges Element ist, behält es in der Natur gewöhnlich seine Farbe und seinen Glanz bei und ist dadurch leicht zu erkennen. Einige der

ungewöhnlichen Eigenschaften wie die goldgelbe Farbe und hohe Duktilität lassen sich nach neueren Berechnungen am besten mit dem relativistischen Effekt erklären. Nur Gold und Caesium sind auffallend gelb und mit Kupfer zusammen, welches blau ist, die einzigen farbigen Metalle überhaupt.

Gold kristallisiert im kubischen Kristallsystem in einer metallisch-sattgelben Farbe, die als „goldgelb“ bekannt ist. In feiner Verteilung ist es je nach Korngröße gelblich, ockerbraun bis purpurviolett (Goldpurpur). Mit zunehmender Temperatur verliert Feingold an Farbintensität und ist hellgelb glühend, bevor es bei 1064 °C schmilzt. Das geschmolzene Metall ist zitronengelb bis leicht grünlich und erhält seine intensive gelborange Farbe erst wieder, wenn es vollständig abgekühlt ist. Beimengungen von Kupfer lassen es rosa bis rötlich erscheinen, senken die Schmelztemperatur und steigern zugleich die Härte, Festigkeit und Polierbarkeit beträchtlich. Steigende Silberanteile verändern die Farbe des reinen Goldes über hellgelb nach hellgrün und schließlich zu weiß. Schmelztemperatur und Härte verändern sich dabei nur sehr wenig. Die meisten Metalle, so auch die bekannten Platinmetalle, Quecksilber und die Eisenmetalle, führen als Beimischungen dagegen in steigenden Anteilen zu einer Entfärbung in Form einer eher schmutziggelbgrauen bis grauweißen Legierung.

Symbol	Au
Ordnungszahl	79
Atommasse	196,966569
Gruppe, Periode, Block	11 (Nebengruppe), 6 (P-Schale), d
Aussehen	metallisch gelb
Dichte	19,32 g/cm ³
Mohshärte	2,5
Schmelzpunkt	1064 °C
Siedepunkt	2856 °C

3. Goldvorkommen

Der Massenanteil von Gold in der Erdhülle ist mit ca. 0,005 ppm oder 0,0000005 % extrem gering. Gold kommt nicht nur gediegen, sondern auch als Bestandteil von Mineralien vor:

Calaverit AuTe_2 :	- häufigstes Goldtellurit mit bis 4 % Silbergehalt - Kalifornien, Colorado, Kanada, Westaustralien
Krennerit $(\text{Au},\text{Ag})\text{Te}_2$: Calaverit	- entsteht in epithermalen Gängen zusammen mit - Colorado, Westaustralien
Petzit Ag_3AuTe_2 :	- entsteht in epi- und hydrothermalen Goldquarzgängen - Kalifornien, Oregon, Westaustralien
Sylvanit $(\text{Au},\text{Ag})_2\text{Te}_4$:	- bekannt als Schriftez oder Schrifttellur - entsteht in Goldquarzgängen in Ergußgesteinen - Rumänien, Kalifornien, Westaustralien
Goldoxid:	- Au_2O_3
Elektrum:	- 30 % Silber
Porpezit:	- 5 – 11 % Palladium und 4 % Silber

Auricuprid:	- bis 20 % Kupfer
Widmutaurid:	- bis 4 % Bismut
Rhodit:	- rhodiumhaltiges Gold

Begleitminerale von Gold sind Quarz und Sulfide (Pyrit, Arsenkies, Fahlerze, Kupferkies), seltener Bleiglanz und Zinkblende. Gold wird aber auch in den Oxidationszonen sulfidischer Lagerstätten, zusammen mit Limonit, Azurit, Blei-, Wismut-, Antimonocker u.a. neu gebildet.

Als Goldstein wird ein künstlich hergestelltes Edelsteinimitat bezeichnet, das durch kleine Kupferkristalleinschlüsse dem rötlichbraunen Sonnenstein sehr ähnlich sieht. Auch der blaue Goldstein wird synthetisch hergestellt und enthält kein Gold.

Die Goldvorkommen werden grundsätzlich in Vorkommen aus **primären Lagerstätten** (Berggold) und **sekundären Lagerstätten** (Wasch- oder Seifengold) aus der Verwitterung und Erosion goldhaltiger Gesteine unterschieden. Wasch- oder Seifengold lagert sich oft als gediegenes Metall am Boden fließender Gewässer ab und kann zu relativ ausgedehnten sekundären Lagerstätten führen, die aus jedem geologischen Zeitalter stammen können.

Primäre Lagerstätten (Berggold)

Durch Fortschritte in der Gewinnung und dem hohen Goldpreis lohnt sich bereits der Abbau von Gestein, das weniger als 1 Gramm Gold pro Tonne Gestein enthält !

Für die Goldgewinnung müssen also im Vergleich zur gewonnenen Menge an Gold Unmengen an Gestein abgebaut werden. Für kein anderes Metall im Bergbau ist die Ausbeute so gering wie beim Gold (alles bis heute abgebaute Gold zusammengekommen ergäbe gerade einmal einen Würfel mit einer Kantenlänge von etwa 20 m). Trotzdem lohnt sich der Abbau, weil Gold so wertvoll und selten ist.

Alte Abraumhalden ehemaliger Goldvorkommen werden heute durch die neue Technik der Cyanidlaugerei nochmals ausgebeutet. Bedeutende Goldmengen fallen auch bei der Raffination von Metallen wie z.B. Kupfer, Nickel oder anderen Edelmetallen an, so dass unter Umständen erst diese „Verunreinigungen“ eine Gewinnung dieser Vorkommen wirtschaftlich interessant machen. Bei einem spektakulären Zufallsfund im August 2007 stießen zwei Schwedinnen 500 km nördlich von Stockholm auf Gestein mit einem sehr hohen Goldanteil von 23,3 g pro kg Gestein. **Derzeit ausgebeutete Golderz-Lagerstätten haben einen durchschnittlichen Goldgehalt von 0,5 – 13,7 Gramm pro Tonne Gestein** (GIT Labor-Fachzeitschrift 10/99).

Sekundäre Lagerstätten (Wasch- oder Seifengold)

In sekundären Lagerstätten kommt Gold in Form von Blättchen und Körnern (Nuggets) in Flusssanden oder Geröllablagerungen (Goldseifen) vor. Sekundäres Gold enthält weniger Silber als Gold aus primären Lagerstätten. Dieses Gold war zuvor meist in Form kleiner, dünner Blättchen im Gestein eingelagert. Durch Verwitterungsprozesse des umgebenden Gesteins wird es im geologischen Sinn als Seife freigesetzt und gelangt in die Flüsse. Fast alle europäischen Flüsse führen

Spuren gediegenen Goldes mit sich. Auch auf den Geröllbänken des Hoch- und Oberrheins wie beispielsweise bei Istein finden sich geringe Mengen an Gold, insbesondere Goldflitter.

Zukünftige Lagerstätten: Pole, obere Bodenschicht, Meerwasser

Zukünftige Lagerstätten könnten unter den Polen oder in der oberen Bodenschicht (in mg/kg-Größenordnung) liegen. Die größte verfügbare Goldreserve ist jedoch das Salzwasser der Ozeane, worin es in geringsten Konzentrationen als Chlorid-Komplex $[AuCl]$ gelöst ist. Dieses gigantische Volumen im km^3 -Maßstab übertrifft das bisher bergmännisch geförderte Gold mengenmäßig bei weitem, obwohl der Goldgehalt des Meeres nur etwa 4 mg/t (4 ppt) beträgt. Nach dem Ersten Weltkrieg versuchte der deutsche Chemiker Fritz Haber erstmals, Gold aus Meerwasser u.a. durch elektrolytische Verfahren zu gewinnen, um die deutschen Reparationen zu bezahlen. Die durchschnittliche Ausbeute von 0,004 mg Gold pro Tonne Meerwasser war damals allerdings für eine wirtschaftliche Verwertung zu gering.

4. Globale Goldförderung

Abbildung 1 zeigt die 15 führenden Goldförderländer im Jahr 2007 mit Fördermengen in Tonnen. Goldangebot und Goldnachfrage des Jahres 2007 sind im Kreisdiagramm dargestellt. China hat Südafrika nach über 35 Jahren von der Förderspitze abgelöst.

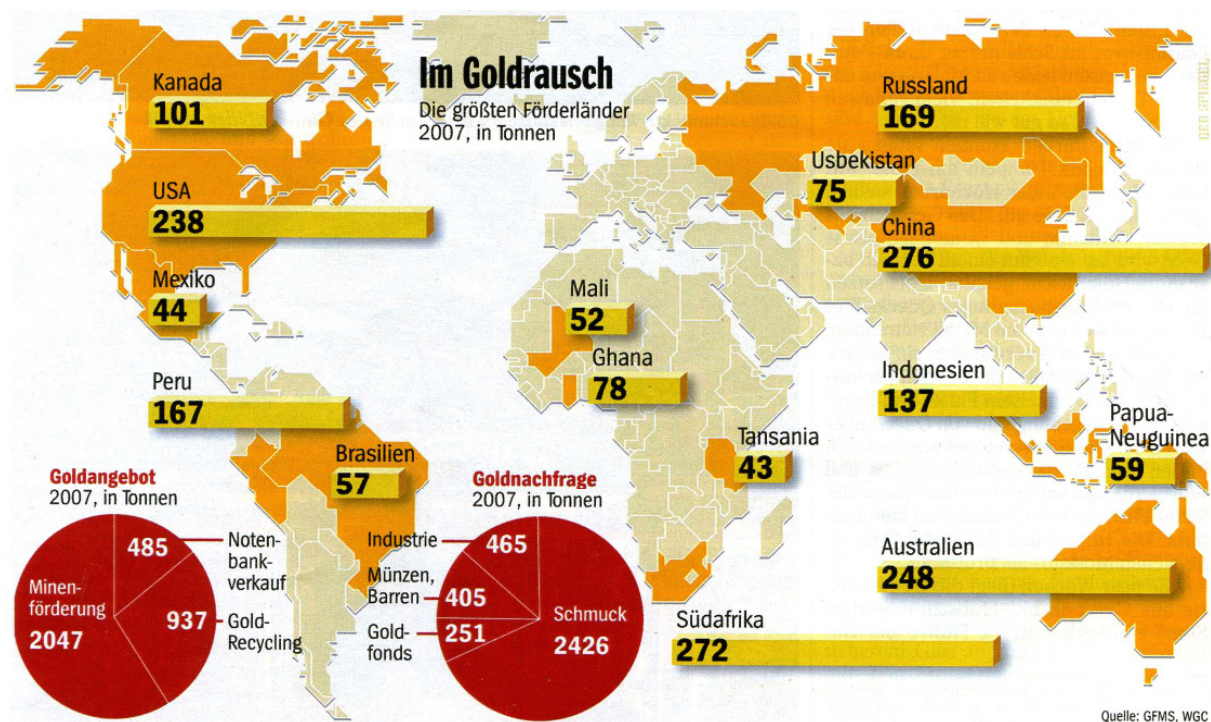


Abb.1: Goldproduktion der größten Goldförderländer sowie Herkunftsquellen und Verwendung von Gold (GMFS, WGC 2008)

Im Jahr 2005 deckten 12 Staaten (Südafrika, Australien, USA, China, Peru, Russland, Indonesien, Kanada, Usbekistan, Papua-Neuguinea, Ghana, Tansania) 66 % der weltweiten Goldförderung. Die 30 führenden Goldgewinnungsländer (Fördermenge in kg) waren:

Rang	Land	1970	1980	1990	2000	2005
1.	Südafrika	1.000.439	674.011	602.997	430.778	294.803
2.	Australien	19.282	17.032	242.299	296.420	263.000
3.	USA	54.225	30.163	290.202	353.437	261.098
4.	China	1.555	6.998	100.000	176.910	224.050
5.	Peru*	3.349	4.155	9.100	132.585	207.822
6.	Russland	118.112	150.820	176.428	142.500	163.148
7.	Indonesien	237	1.862	11.200	127.192	142.894
8.	Kanada	74.917	50.621	167.373	155.538	119.225
9.	Usbekistan	60.673	77.475	90.630	87.500	84.210
10.	Papua-Neuguinea*	740	14.050	31.035	74.540	68.483
11.	Ghana*	22.019	11.135	16.800	78.399	66.530
12.	Tansania	257	8	5.000	15.060	45.405
13.	Mali	1	47	4.000	28.717	44.156
14.	Brasilien*	5.329	40.435	102.200	50.393	41.154
15.	Chile	1.623	6.836	27.503	54.143	40.447
16.	Philippinen	18.747	20.025	24.590	36.541	37.490
17.	Kolumbien	6.268	15.877	29.400	37.018	35.783
18.	Kasachstan	19.409	24.784	28.992	28.171	30.000
19.	Mexiko*	6.166	6.093	8.680	26.375	26.782
20.	Argentinien	0	330	1.400	25.954	25.377
21.	Mongolei	0	0	1.000	11.808	24.122
22.	Guinea	124	0	6.340	13.104	17.474
23.	Kirgisistan*	970	1.239	1.450	22.000	16.500
24.	Simbabwe	15.552	11.446	16.900	22.070	13.453
25.	Suriname	35	11	30	300	10.619
26.	Neuseeland	351	200	4.630	9.880	10.583
27.	Venezuela*	694	514	7.700	7.332	10.000
28.	Bolivien	952	1.620	5.200	12.001	8.906
29.	Guyana*	138	342	1.500	13.510	8.325
30.	Japan	7.937	3.185	7.300	8.399	8.319

Die 10 größten Goldbergbau-Unternehmen förderten 2004 fast 50 % des gesamten Goldes:

Rang	Unternehmen	Land	Menge (t)	Anteil (%)
1.	<i>Newmont Mining Corp.</i>	USA (Denver)	217,4	8,9
2.	<i>AngloGold Ashanti Corp.</i>	Südafrika / Ghana	188,2	7,7
3.	<i>Barrick Gold: Bogoso Goldfields/ Prestea Sankofa Gold Ltd. (Golden Star Resources USA)</i>	Kanada / USA	154,2	6,3
4.	<i>Goldfields Ghana Ltd.</i>	Südafrika	136,1	5,6
5.	<i>Placer Dome</i>	Kanada	113,6	4,7

6.	<i>Harmony Gold</i>	Südafrika	101,5	4,2
7.	<i>Kinross Gold</i>	Kanada	51,3	2,1
8.	<i>Buenaventura</i>	Peru	51,1	2,1
9.	<i>Riotinto Zinc</i>	GB / Kanada	48,3	2,0
10.	<i>Freeport-McMoRan</i>	USA	45,3	1,9

Weitere Unternehmen sind *Red Back Mining* (USA), *Naworo Ltd.* (Deutschland) - noch im Aufbau - Unterlizenz der *Newmont* Konzession, *Obenemase Gold Mines* (Australien), *Golderae Mining Co.*, *Wexford Goldfields Ltd.* (Tochtergesellschaft von *Bogoso Goldfields*) - *Resolute Amansie Ltd.* (Australien), *Nevsun Resources* (Kanada) (wikipedia 23.03.08).

Die Goldförderung erlebt seit einigen Jahren durch den steigenden Goldpreis einen wahren Boom. Die jährliche Goldförderung beträgt derzeit etwa 2.600 t und ist damit 100mal höher als noch im 19. Jahrhundert. Aktuell wird in zwei Jahren mehr Gold gefördert, als in den tausend Jahren des Mittelalters zusammen dokumentiert ist. Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der globalen Goldförderung:

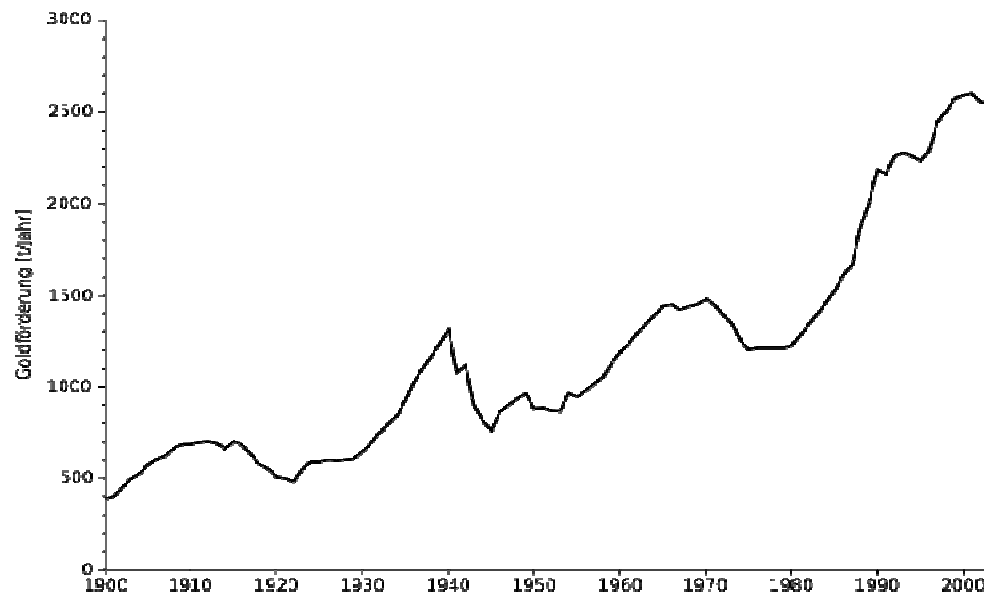


Abb. 2: Entwicklung der weltweiten Goldförderung (U.S. Geological Survey Juni 2007)

5. Verwendung von Gold

In der gesamten Geschichte der Menschheit wurden bisher weltweit etwa 155.000 Tonnen Gold geschürft. Die weltweit vorhandene Goldmenge von etwa 153.000 Tonnen (Schätzung im Dezember 2005) entspricht einem Würfel mit fast 20 m Kantenlänge oder fast 8.000 m³. Nach einer Schätzung aus dem Jahr 2007 wird dieses Gold in folgenden Bereichen verwendet:

51 %	79.000 t	Schmuck
18 %	28.600 t	Zentralbanken und anderen Währungs-Institutionen

Die größten Goldbesitzer sind:

USA	8.133 t
Deutschland	3.428 t (177,6 m ³ = = 275.562 Barren)
Internationale Währungsfonds	3.217 t
Frankreich	2.892 t

16 %	25.000 t	Privatbesitz in Form von Barren und Münzen (Investoren)
12 %	18.000 t	Kunstgegenstände

Im Jahr 2005 wurden etwa 12 % der globalen Goldförderung in Medizin und Technik verwendet. Aus dem Rest machte man Schmuckstücke, Münzen oder Goldbarren (FR 04.09.2006). Allein im Jahr 1998 wurden rund 3.000 t Gold, das waren 75 % der globalen Goldförderung, in der Schmuckindustrie verarbeitet (TZ 15.02.00).

Wichtigstes Goldabnehmerland ist derzeit Indien. In Indien ist es seit langem Tradition, der Braut viel Gold zur Heirat zu schenken. Durch den hohen Goldpreis geraten immer mehr Inder in eine Schuldenfalle. Aber auch in China, dem derzeit wichtigsten Goldförderland, steigt die Nachfrage wieder, nachdem 2003 das Verbot des privaten Goldbesitzes aufgehoben wurde.

Medizin:

Gold wird in der Zahnheilkunde, wegen seiner Korrosionsbeständigkeit und ästhetischen Qualitäten, als Füll- oder Ersatzmaterial für defekte oder fehlende Zähne eingesetzt.

Einige Goldsalze kommen in der Rheumatherapie zum Einsatz. Das Goldsalz Natrium-aurothiomalat wird beispielsweise als Basistherapie gegen chronische Polyarthrit (rheumatoide Arthritis) angewendet. Medizinisches Gold kann zu allergischen Reaktionen und bei unsachgemäßer Anwendung sogar zu einer Schädigung von Leber, Blut und Nieren führen. Etwa 50 % der Goldsalz-Therapien müssen aufgrund von unerwünschten Nebenwirkungen abgebrochen werden. Hauptgrund hierfür ist, dass Goldverbindungen aufgrund der Giftigkeit von potentiellen Verbindungspartnern (z.B. Cyanid, Quecksilber oder Chlor) sehr giftig sein können. Die farblosen Goldcyanide $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ und die zitronengelbe Tetrachloro-goldsäure (HAuCl_4) zählen dazu. Da die volle Wirkung einer Goldtherapie zudem erst nach Monaten einsetzt, wird sie zunehmend durch preisgünstigere Medikamente verdrängt.

Technik:

Aufgrund seiner guten elektrischen Leitfähigkeit, Korrosionsbeständigkeit und guten Verarbeitbarkeit verwendet man Gold in der Elektronikindustrie in vergoldeten Leiterplatten, goldbeschichteten Laserspiegeln (Kohlendioxidlaser: 10,6 μm Wellenlänge), Bonddrähten, Bondinseln und Leiterstrukturen. 1 g Gold lässt sich dabei zu einem Bonddraht von mehr als 3 km Länge ziehen. Auch Leiterplatten mit Direkt-Steckverbindern und Schaltkontakte für Signalschalter und Relais werden häufig vergoldet. Das Vergolden von Steckverbindungen und Kontaktflächen mit

einer Schichtdicke $< 1 \mu\text{m}$ bezeichnet man als „Hauchvergolden“. Gold gewinnt in Form feiner Goldpartikelchen zunehmend als Katalysator an Bedeutung.

Optik:

Gold reflektiert infrarote, rote und gelbe Wellenlängen des Lichts deutlich besser als die energiereicheren blauen, blauvioletten und ultravioletten Lichtstrahlen. Deshalb werden wärmereflektierende Beschichtungen, Gläser, Optiken und Spiegel, aber auch Laserspiegel für Laser im mittleren Infrarot, mit Gold bedampft. Dazu verwendet man Germanium-Gold (Ge:Au), einen Halbleiter zum Nachweis infraroter Strahlen. In der Oberflächenchemie werden diverse Flächen von Au-Einkristallen u. a. in der Rastertunnelmikroskopie eingesetzt.

Schmuck (Dekoration):

Seit Jahrtausenden wird Gold in der Schmuckindustrie verwendet, um es zu Ringen, Ketten, Armbändern und anderem Schmuck zu verarbeiten. Der Edelmetallgehalt wird dabei durch die Repunze beglaubigt. Blattgold (Goldfolie) wird aus hochgoldhaltigen Legierungen hergestellt, die dünner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes gewalzt und geschlagen werden können. Im Auflicht glänzt es goldgelb, im Gegenlicht scheint grünlich-blau die Lichtquelle durch und bildet auch das Schlagmuster des Metalls ab, weshalb es auch meistens auf einer entsprechend präparierten Unterlage aufgetragen wird. Blattgold wird seit der Antike dazu verwendet, um nichtmetallischen Gegenständen, wie Bilderrahmen, Büchern (Goldschnitt), Mobiliar, Figuren, Architekturelementen, Stuck, Ikonen etc., das Aussehen von echtem Gold zu geben. Mit 2 g Blattgold kann man 1 m^2 -Oberfläche überziehen.

Im Speisenbereich dient Gold in Form von Blattgold und Blattgoldflocken als Lebensmittel-farbstoff (E 175) zum Vergolden von Speisen (z.B. für Überzüge von Süßwaren und zur Verzierung von Pralinen) und Getränken (z.B. Goldwasser). Metallisches Gold gilt als ungiftig, denn es reichert sich im Körper nicht an und wird gewöhnlich wieder ausgeschieden.

Dekoratив findet Gold weitere vielfältige Anwendungen, wie z.B. in galvanischen Beschichtungen von Metallen und Kunststoffen. Auf Porzellanlasuren, Zahnersatzkeramiken und Glas lassen sich Goldpigmente einbrennen. Goldpigmente wurden seit dem 16. Jahrhundert in der Glasherstellung eingesetzt (Goldrubinglas). Heute werden sie allerdings weitgehend durch preiswertere Verfahren ersetzt. Historisch war die Feuervergoldung von Metallen, mit Hilfe von Amalgamen (Gold-Quecksilber-Legierungen), schon in der Antike die einzig brauchbare Methode, um dauerhafte Vergoldungen auf Silber, Bronze oder Unedelmetallen herzustellen. Mit der Entwicklung galvanischer Vergoldungsbäder im späten 19. Jahrhundert und 20. Jahrhundert wurde dieser Bereich in den Möglichkeiten qualitativ erweitert und ersetzt.

Währung, Währungsdeckung und Wertanlage:

Historisch wurde Gold als Währung eingesetzt. Heute dient Gold in Form von Goldmünzen und Barrengold als internationales Zahlungsmittel und wird von vielen Zentralbanken der Welt als Währungsreserve eingelagert, obwohl die Währungen nicht mehr durch Gold-reserven gedeckt sind. Gold wird speziell bei Krisen und in Zeiten von Hyperinflation als langfristige Wertanlage angesehen. Jedoch kann der Goldpreis von Marktteilnehmern mit großen Goldreserven, etwa Zentralbanken und

Goldminen-Gesellschaften, erheblich beeinflusst werden. Soll der Goldpreis sinken, so wird Gold verliehen, verkauft, oder aber die Goldproduktion wird gesteigert. Soll der Goldpreis steigen, so kaufen die Zentralbanken Gold auf oder die Goldproduktion wird gedrosselt. Allerdings haben die Zentralbanken auch nur eingeschränkte Möglichkeiten. Der Goldbesitz aller Zentralbanken wurde im Dezember 2005 auf etwa 19 % der weltweit vorhandenen Goldmenge von 153.000 Tonnen geschätzt. Die Staaten mit den größten Goldreserven sind folgende:

USA	8100 t	Wert: 178 Mrd. €
Deutschland	3400 t	75 Mrd. €
Frankreich	2500 t	55 Mrd. €
Italien	2450 t	54 Mrd. €
Schweiz	1000 t	23 Mrd. €

Darauf folgen Japan und China und andere Länder.

6. Goldgewinnungsverfahren

Gold kommt im Gegensatz zu den meisten anderen Metallen in der Natur meist gediegen (d.h. elementar) vor. Direkt sichtbares Gold in Form von Nuggets oder Goldstaub ist aber eine Rarität, denn das edle Metall liegt meist in Form kleinster Partikel im Gestein fein verteilt vor und entgeht somit den Versuchen, es mit einfachen Verfahren, wie z.B. durch Goldwaschen zu gewinnen.

Gold kann mechanisch aus dem umgebenden Gestein herausgelöst werden und muss nicht, wie die meisten anderen Metalle, durch Reduzieren aus Erzen gewonnen werden. Da Gold aber chemisch wenig reaktiv und damit schwer in Lösung zu bringen ist, werden spezielle Verfahren mit giftigen Stoffen bei der modernen Goldgewinnung angewendet. Beim Amalgamverfahren kommt zur Lösung des Goldes Quecksilber und in der Cyanidlaugerei das hochgiftige Blausäuresalz Cyanid zum Einsatz.

In der Praxis werden oft mehrere Verfahren miteinander kombiniert, um die gewünschte hohe Ausbeute zu erhalten. Aufgrund ihrer leichten Durchführbarkeit, wurde die Goldwäscherei in Kombination mit der Amalgamation schon in der Antike durchgeführt. Die Cyanidlaugerei wurde dagegen erst Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt und ist das heute am häufigsten angewendete Verfahren. Neuere Verfahren nutzen spezielle Bakterien, die Gold konzentrieren können.

6.1 Physikalische Goldgewinnungsverfahren

Physikalische Trennverfahren nutzen die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften von Gangart (unerwünschten Mineralien) und dem gewünschten Mineral aus. Beim Goldwaschen werden die leichteren Gesteinspartikel von den schweren Goldpartikeln getrennt. Zu diesem Verfahren gibt es einige Varianten, wie z.B. die Flotation oder die Dichtentrennung.

6.1.1 Goldwaschen

Goldwaschen ist das einfachste Verfahren der Goldgewinnung. Dabei wird die hohe Dichte von Gold ($19,32 \text{ g/cm}^3$) genutzt, um das Edelmetall meist aus Flussablagerungen zu gewinnen. Minentechnisch gewonnenes Erz wird vor dem Goldwaschen mechanisch auf die geeignete Korngröße gemahlen. Dabei wird der goldhaltige Sand oder das gemahlene Gestein mit Wasser aufgeschlämmt und auf einer geneigten Ebene geschüttelt. Da Gold schwerer als der umgebende Sand bzw. das gemahlene Gestein ist, wird es vom Wasserstrom nicht mitgerissen, sondern setzt sich am Boden ab und kann leicht abgetrennt werden. Durch Einbringen von Fellen in die abströmende Flüssigkeit verfangen sich in den Fellhaaren selbst noch kleinste Goldpartikel und erhöhen so die Ausbeute.

Die weitere Ausnutzung der goldführenden Sande und Schlämme wird teilmechanisiert an Land oder mit dieselgetriebenen Schwimmbaggern, die mit Saugpumpen und Rüttlern ausgerüstet sind, direkt im Fluss durchgeführt. Die modernen Hobby-Goldsucher wenden meist dieses relativ einfache Verfahren an. Dessen Nachteil besteht in einer geringen Ausbeute bei einem relativ großem Zeitaufwand. Der Vorteil dieser Methode ist die zuverlässige Ausbeute an groben Goldteilchen, die bei der Cyanidlaugerei nicht vollständig erfasst werden.

6.1.2 Flotation

Flotation ist ein Anreicherungsverfahren, das bei vielen Erzen, insbesondere bei Kupfer-, Zink- und Bleierzen angewendet wird. Das fein gemahlene Erz wird dabei zusammen mit einem so genannten „Sammler“ und Wasser in großen Behältern vermischt. Der Sammler ist ein Tensid, d.h. ein Molekül, das ein hydrophiles und ein hydrophobes Ende besitzt. Das hydrophobe Ende des Sammlers, meist eine lange Kohlenwasserstoffkette, adsorbiert an die polare Gruppe des gewünschten Minerals, welches dadurch benetzt wird und eine wasserabstoßende (hydrophobe) Hülle bekommt. Bei der Flotation wird also nur die Gangart, d.h. das unerwünschte Gestein in einem Erz, von Wasser benetzt. Unter kräftigem Rühren wird Luft von unten in das Gefäß eingeblasen, wobei ein selektiv wirkender Schaum entsteht, der an die gewünschten Mineralpartikel bindet und sie an die Oberfläche transportiert, wo sie leicht abgeschöpft werden können (MORTIMER 2001). Da das Flotationsverfahren im Falle der Goldgewinnung deutlich teurer als die Cyanidlaugerei ist, kommt es nur selten zum Einsatz (GIT Labor-Fachzeitschrift 10/99).

6.1.3 Dichtentrennung

Bei der Dichtentrennung werden die Schwereunterschiede einzelner Minerale ausgenutzt. Dabei werden aber derart große Wassermengen benötigt, dass sie nicht gespeichert werden können, so dass alle möglichen Schadstoffe, die durch das Zermahlen des Gesteins wasserlöslich werden, unkontrolliert in die Umwelt entlassen werden. Das Zermahlen des goldhaltigen Gesteins ist für alle modernen Goldgewinnungsverfahren Voraussetzung, um die feinen Goldpartikel im Gestein für die Extraktion zugänglich zu machen (GIT Labor-Fachzeitschrift 10/99).

6.2 Amalgamverfahren (Quecksilber-Verfahren)

Gold und Silber lösen sich in Quecksilber zu flüssigen Legierungen, die Amalgame genannt werden. Beim Amalgamverfahren, das schon in der Antike zur Goldgewinnung angewendet wurde, werden goldhaltige Sande und Schlämme, nach der ersten Ausbeutung durch Goldwaschen, intensiv mit Quecksilber vermischt. Das flüssige Quecksilber löst die Goldpartikel physikalisch auf, wobei eine flüssige Legierung von silberner Farbe, das Amalgam entsteht. Etwas mit Gold angereichert und noch flüssig, sammelt sich das Amalgam wegen seiner hohen Dichte sofort am Gefäßgrund und kann dort leicht abgetrennt werden. Nun kann das Quecksilber durch einfaches Erhitzen abdestilliert (verdampft) werden, so dass nur das kompakte Rohgold zurückbleibt (Mortimer 2001).

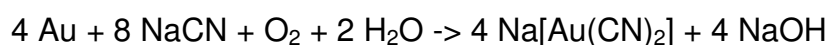
Da die Goldgewinnung mit Quecksilber oft improvisatorische (meist auch illegale) Züge trägt und fernab der zivilisierten Welt stattfindet, werden Umwelt- und Gesundheitsaspekte untergeordnet oder ignoriert. Beträchtliche Mengen von Quecksilber werden schon bei der Gewinnung mit ausgeschwemmt oder beim Verdampfen wissentlich in die Umwelt freigesetzt und vergiften große Gebiete und Flussläufe dauerhaft. Quecksilber wird aus Quecksilber-Sulfid (HgS) durch direktes Erhitzen gewonnen. Zur Gewinnung von 1 g Gold benötigt man 1 kg Quecksilber (GIT Labor-Fachzeitschrift 10/99).

6.3 Cyanidlaugerei

Das Cyanid-Verfahren wurde vor mehr als 100 Jahren entwickelt und wird seit Mitte der 70er Jahre in großem Umfang zur modernen Goldgewinnung eingesetzt. Bei der Cyanidlaugerei wird Gold oder Silber mit Hilfe des äußerst giftigen Blausäuresalzes Cyanid (CN⁻) aus dem gemahlene Gestein herausgelöst. Die Nutzung armer Erze in größeren Vorkommen ist mit der Cyanidlaugerei bereits ab einem Goldgehalt von 0,9 g pro Tonne Gestein wirtschaftlich interessant. Diese Rentabilitätsgrenze könnte in Zukunft bei einem weiter steigenden Goldpreis und der weiteren Vernachlässigung der Folgekosten von Umwelt- und Gesundheitsschäden noch weiter sinken.

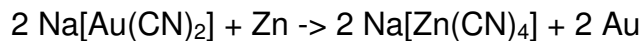
Bei der Cyanidlaugerei werden sämtliche anderen im Gestein enthaltenen Schadstoffe und Schwermetalle wie z.B. Arsen, Nickel, Cadmium, Kobalt, Kupfer und Quecksilber, sowie auch radioaktive Stoffe freigesetzt. Diese problematischen Stoffe stellen ein hohes Umwelt-, Wasser- und Gesundheits-Gefährdungspotential dar und erschweren die Behandlung der Goldabwässer aus der Cyanidlaugerei teilweise sehr stark.

Vor der Behandlung mit NaCN (Natriumcyanid) muss das Gestein bzw. der Boden erst staubfein gemahlen und aufgeschichtet werden, um die winzigen Goldpartikel im Rieselfverfahren, durch Besprühen mit der Extraktionslösung aus NaCN in Anwesenheit von Luft, in wasserlösliche Di-Cyano-Komplexe umzuwandeln, welche mit Gold eine Komplexverbindung $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ eingehen.



Die Cyanidlauge sickert durch das gemahlene Gestein und löst das Gold heraus. Die kleinsten Goldpartikel haben die größte Reaktionsoberfläche und werden zuerst aufgelöst. Am Haldenfuß wird das hochgiftige Sickerwasser in einem Klär-, Rückhalte-, Auffang- oder Absetzbecken gesammelt und zur Extraktion des Goldes weiterverarbeitet.

Die Extraktion des Goldes erfolgt durch das unedle Metall Zink, mit dem das Edelmetall Gold aus wässriger Lösung elektrolytisch abgeschieden werden kann. Der Zinkstaub fällt dabei als brauner Schlamm aus der Lösung aus.



Nach dem gleichen Prinzip kann man Silber in Form des Thiosulfat-Komplexes $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ aus erschöpften Fixierlösungen der photographischen Entwicklung zurückgewinnen.

An die Prozesse zur Aufkonzentrierung, erhält man nach Filtration, Waschen, Trocknen und Schmelzen das begehrte Rohgold. Raffiniert zu Feingold, dem begehrten Grundstoff und Handelsprodukt, ist es standardisiert und bereit für die Märkte der Welt (MORTIMER 2001).

Die verwendeten hochgiftigen Cyanidlaugen werden in Kreislaufprozessen wieder verwendet. Dennoch entweichen Blausäure und ihre Salze teilweise auch in größeren Mengen, etwa bei Unglücken (meist Dammbrüche), Fehlfunktionen der Anlage (meist bauliche Mängel), Überschwemmungen (meist Tiefdruckwetterlagen bzw. Schneeschmelzereignisse), usw. in die Umwelt. Blausäure wird zudem durch atmosphärisches CO_2 kontinuierlich aus den cyanidhaltigen Auffangbecken freigesetzt.

Im Stoffkreislauf der Natur werden Cyanide relativ schnell oxidativ abgebaut oder durch Hydrolyse zersetzt. Dennoch hinterlässt die Cyanidlaugerei auf lange Sicht enorm große schwermetall- und cyanidbelastete Abraumhalden und Auffangbecken, sowie kontaminierte Flüsse, Böden und Grundwasser. Über Staubverfrachtungen, die Nahrungskette und den Transport über Flüsse können sich diese Giftstoffe unkontrolliert in der Umwelt ausbreiten.

Die Auffangbecken sollten von einem mehrere Meter hohen Ringwall umgeben sein und mit einer wasserdichten Folie (z.B. Kautschuk) ausgelegt werden, denn die verbrauchte Cyanidlösung bleibt dauerhaft in den Auffangbecken zurück. Falls keine flüssigkeitssichere Abdichtung zum Untergrund vorhanden ist oder die Folie undicht wird oder reißt, können die schwermetallhaltigen Cyanidlaugen schleichend und dauerhaft Grundwasser, Böden, sowie auch Flüsse kontaminieren. V.a. starke Regenfälle und bauliche Mängel bei der Errichtung der Auffangbecken haben in der Vergangenheit schon oft zu verheerenden Unfällen in Form eines Dammbruchs geführt.

Die Cyanidlaugerei ist zwar teurer als das Amalgamverfahren, hat aber den Vorteil, dass die Cyanide in der Umwelt, zumindest im Vergleich zu Quecksilber, relativ instabil sind. Vor allem UV-Strahlung zerstört die giftigen Verbindungen sehr rasch. Aus dem gleichen Grund aber, und wegen der großen Mengen an edelmetallreichen Erzen, die heute gefördert und mit Cyanid behandelt werden, benötigt man sehr große Mengen an Cyanid (FAZ 16.02.00).

6.4 Anodenschlammverfahren

Gold kann aus Anodenschlämmen, die beispielsweise bei der Raffination von Kupfer zurückbleiben, wieder gewonnen werden. Zur Raffination von Kupfer wird Kupfersulfat als Elektrolyt eingesetzt. Während der Elektrolyse fallen Edelmetalle, wie Silber, Gold und Platin, weil sie durch Kupfer nicht oxidiert werden, als Anodenschlamm am Boden der Zelle aus und können durch geeignete Trennverfahren daraus isoliert werden. Die unedlen Metalle in der Kupfer-Anode werden oxidiert und gehen als Ionen in Lösung, werden an der Kathode aber nicht abgeschieden.

Die elektrolytische Raffination dient zur Reinigung von Metallen wie Kupfer, Gold, Chrom, Nickel, Zink und Blei. Als Anode werden dabei Platten des unreinen Metalls verwendet. Als Elektrolyt dient die Lösung eines Salzes des betreffenden Metalls. Das reine Metall scheidet sich dabei an der Kathode ab.

6.5 Recycling

Eine wichtige Goldquelle ist die Wiedergewinnung aus alten edelmetallhaltigen Abfällen, wie Elektronikschrott, Galvanikschlämme, Pigmente, Filterstäube, Schlacken, Dental- und Schmuckverarbeitungsabfälle. Auch in den Klärschlämmen der Städte finden sich bemerkenswerte Goldspuren wieder, die von der Nutzung, der Verarbeitung und dem Verschleiß von Goldlegierungen (Abrieb von Zahnfüllungen oder Schmuckkettengliedern, Verlust usw.) stammen können.

Das MIPS-Konzept von F. Schmidt-Bleek benutzt für ökologische Betrachtungen des Bergbaus die definierten Begriffe Materialintensität (MI-Faktor) und „ökologische Rucksäcke“. Die „ökologischen Rucksäcke“ berücksichtigen auch ökologische Belastungen, d.h. auch Änderungen in der Bioverfügbarkeit der genutzten Materialien. Der hohe MI-Faktor für Gold bedeutet, dass **für jedes Gramm Gold 540.000 g Rohstoffe aus ihren natürlichen Plätzen herausgerissen und verändert werden müssen**.

Beispiele für MI-Faktoren:	Al =	85	Al (recycelt) =	3,5
	Cu =	500	Cu (recycelt) =	10
	Pt =	320.000		
	Au =	540.000		

Ein Goldring wiegt nach dem MIPS-Konzept ökologisch gesehen mehrere Tonnen. Obwohl man Gold technisch leicht recyceln kann, wird dies heute noch nicht konsequent durchgeführt (GIT Labor-Fachzeitschrift 10/99). Im Jahr 2007 wurden laut GMFS, WGC aber immerhin 937 Tonnen Gold recycelt (siehe Abb.1 auf Seite 6), das ist annähernd die Hälfte der Menge Gold, die durch den Bergbau neu gewonnen wird.

6.6 Goldsynthese (künstliche Herstellung von Gold)

In einem Kernreaktor kann man heute durch Bestrahlung von Platin (Pt) oder Quecksilber (Hg) synthetisches Gold herstellen. Da Platin aber noch seltener und teurer als Gold ist, ist Platin als Ausgangsmaterial wirtschaftlich ungeeignet. Aber

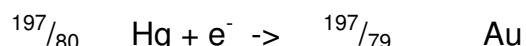
auch die Goldsynthese aus Quecksilber hat wegen ihrer geringen Effizienz heute noch keine wirtschaftliche Bedeutung.

Das Quecksilber-Isotop ^{196}Hg , welches in natürlichem Quecksilber zu 0,15 % enthalten ist, kann durch Bestrahlung mit langsamen Neutronen, durch Neutroneneinfang und anschließenden Elektroneneinfang (ϵ) in das einzige stabile Goldisotop ^{197}Au umgewandelt werden.

Isotope	NH	$t_{1/2}$	ZM	ZE MeV	ZP
^{195}Au	syn.	186,1 d	ϵ	0,227	^{195}Pt
^{196}Au	syn.	6,183 d	ϵ	1,506	^{196}Pt
^{197}Au	stabil (100 %)		β^-	0,686	^{196}Hg
^{198}Au	syn.	2,69517 d	β^-	1,372	^{198}Hg
^{199}Au	syn.	3,169 d	β^-	0,453	^{199}Hg

Beim Elektronen-Einfang fängt der Atomkern ein Elektron aus einer inneren Schale der Elektronenhülle ein. Das Kernproton wird dabei in ein Neutron umgewandelt, d.h. die Zahl der Protonen sinkt um 1 und die Zahl der Neutronen steigt um 1. Folglich nimmt die Ordnungszahl um 1 ab. Die anderen Quecksilberisotope wandeln sich bei Bestrahlung mit langsamen Neutronen ineinander um oder bilden Quecksilberisotope, die sich durch Beta-Zerfall (β^-) in Thallium umwandeln.

Mit schnellen Neutronen kann das Quecksilber-Isotop ^{198}Hg , welches in natürlichem Quecksilber zu 9,97 % enthalten ist, durch Abspaltung eines Neutrons in das Quecksilberisotop ^{197}Hg umgewandelt werden, welches zu Gold zerfällt.



Allerdings besitzt diese Reaktion einen geringeren Wirkungsquerschnitt und wäre nur in Schnellen Brütern oder mit Spallations-Neutronenquellen durchführbar. Denkbar ist auch, mit sehr energiereichen Neutronen aus den anderen Quecksilberisotopen mehrere Neutronen herauszuschlagen, um so Quecksilber ^{197}Hg zu erhalten. Allerdings können so energiereiche Neutronen nur mit Hilfe von Teilchenbeschleunigern erzeugt werden.

7. Auswirkungen des Goldbergbaus auf die Umwelt (Auswahl)

7.1 Sedimentbelastungen

Beim Waschen und Naßbaggern von Sand und Kies, in Gold- und Zinnseifen und bei der Förderung diamant- und schwermetallhaltiger Sedimente an Flachküsten kommt es zu Wassertrübungen und Ablagerungen, die für die dort lebenden Organismen schädlich bis tödlich sein können. Besonders Flüsse, die unterhalb von Minen liegen, werden oft mit gewaltigen Mengen an schwermetallhaltiger Sedimentfracht belastet. Das aufgelöste Gestein wird teilweise direkt in die Flüsse eingeleitet oder sie erreichen das Gewässer infolge von Erosion, Dammbruchunfällen, Infiltration oder durch Rutschungen in den Abraumhalden.

Nur wasserreiche Flüsse in einem hohen Gefälle können die riesigen Sedimentfrachten, die bei der modernen Goldgewinnung anfallen, bewältigen. Aber selbst in diesen wenigen günstigen Fällen wird das Problem der giftigen

Sedimentfracht lediglich flussabwärts verlagert. Denn durch die Ablagerung der Sedimentfracht im Tal, erhöht sich das Flussbett, so dass die Auen immer öfter mit giftigen Schwermetallen kontaminiert werden und sich ausbreiten. Schon bei mäßigem Hochwasser wird daher die ganze Aue überschwemmt und mit schwermetallbelasteten Sedimenten bedeckt. Selbst wenn die Sedimente völlig unbelastet wären, würde die ständige, unnatürlich starke Akkumulation zu schweren Schäden im und neben dem Gewässer und zu Beeinträchtigungen, die sich noch Hunderte Kilometer unterhalb der Einleitungsstelle auswirken können, führen (Praxis Geographie 11/1998).

Im Kies laichende Fische und aquatische Organismen werden durch die Goldwäscherei gestört oder vertrieben. Sogar noch Korallen vor der Küste können bei wiederholter Sedimentbelastung durch den Goldbergbau absterben. Schwermetalle werden in der Natur in der Regel nicht oder nur langsam abgebaut, lagern sich im Sediment der Flüsse ab und gehen von dort in die Nahrungskette über (St Z 18.02.00).

7.2 Gesundheitliche Auswirkungen von Cyanid

Das bei der Cyanidlaugerei zum Einsatz kommende Blausäuresalze Natriumcyanid (NaCN) zählt wie auch Kaliumcyanid zu den giftigsten chemischen Verbindungen, die es gibt ! Die giftige Wirkung von Cyanid ist schon seit Jahrhunderten bekannt. Lange vor der industriellen Revolution, die Cyanid hauptsächlich in der Metallindustrie einführt, wussten die Menschen bereits von dem Vorkommen des Giftes in Pflanzen wie Bittermandel, Maniok und Bohne. Cyanide sind zudem in den Kernen von Aprikosen, Pflaumen und Kirschen enthalten. Große Mengen an Cyanid werden vor allem bei der Verbrennung von synthetischen Stoffen, Kunststoffen und Chemiefasern freigesetzt (FZ 15.02.00).

Der Verzehr von fünf bis zehn Bittermandeln kann bei einem Kind bereits zum Tod führen, denn Cyanid wird im Körper in die hochgiftige Blausäure (HCN) umgewandelt. Die für einen erwachsenen Menschen tödliche Cyaniddosis liegt bei 1 mg CN- je kg Körpergewicht. Bei einer Konzentration von 3 mg CN- pro Liter ist ein Fluss biologisch tot.

Zunächst macht sich das Gift durch Angstzustände, Kopfschmerzen, Schwindel, Herzklopfen und Hyperventilation bemerkbar. Bei erhöhter Dosis wird die innere Zellatmung innerhalb kürzester Zeit blockiert. Der Blutdruck fällt, die Herzschlagfrequenz sinkt unter 60 Schläge pro Minute und der Vergiftete fällt ins Koma oder wird von Krämpfen geschüttelt. Bei noch höher Dosis tritt der Tod innerhalb weniger Minuten durch einen Erstickungskampf ein, denn beim Einatmen des Giftes werden die Atemwege regelrecht zerfressen. Dabei wird das Blutbild und das Nervensystem geschädigt. Wird das Gift eingenommen, greift es die Wände von Magen und Darm an. Bei starker Dosis verliert der Vergiftete schlagartig das Gedächtnis. Nach einer überstandenen Cyanidvergiftung bleiben aber meist keine Schädigungen zurück. Geringere Konzentrationen können aber Gehirnschäden verursachen.

8. Lösungen (was getan werden muss)

Sicherung:

Um Katastrophen durch Dammbrüche wie in Rumänien, Guyana und Andalusien zu vermeiden, müssen alle Dämme von Rückhaltebecken auf ihre Stabilität hin überprüft und gegebenenfalls gesichert, repariert bzw. verstärkt werden. Zum Schutz des Grundwassers sollten die Absetzbecken, z.B. durch eine mehrere mm-Dicke Kautschukplane, ausreichend abgedichtet sein. Die jeweiligen Regierungen müssten diese Sicherungsmaßnahmen durch gesetzliche Auflagen, eventuell unterstützt durch internationale Hilfe, durchsetzen.

Reinigung:

Schadstoffbelastete Bergbauabwässer und –schlämme dürfen nicht ungeklärt in Gewässer eingeleitet werden und unbelastete Sedimente nur in hydrologisch vertretbaren Mengen, d.h. in Mengen die der jeweilige Fluss bewältigen kann. Im Interesse der Firma, ihrer Beschäftigten und des auf Einnahmen angewiesenen Staates können Kompromisse und Übergangsfristen hingenommen werden. Geschlossene Kreisläufe für Wasser und Hilfsstoffe wie Cyanid bewahren die Umwelt von Schadstoffen und ersparen das oft aufwendige Produzieren, Heranleiten, sowie manches Auffangbecken. Zum Fördern, Anreichern und Verhütten von Erzen gibt es oft auch alternative Verfahren, die ohne oder mit wenig Wasser und toxische Hilfsstoffe auskommen.

Sanierung:

Laufende Beeinträchtigungen von Umwelt und Mensch durch Rückhaltebecken oder Abraumhalden oder ständig drohende Katastrophen sind auf Dauer nicht hinnehmbar. Die Sanierung der verseuchten Abbaugelände und Flüsse erfordert in der Regel viel Geld, was bei laufendem Betrieb schon schwer, nach Auflassung einer Mine kaum zu erhalten ist. In den USA gelang es immerhin, Cyanid-Auslaugungsminen für die Begleichung der von ihnen verursachten Schäden in Höhe von Hunderten von Millionen US Dollar verantwortlich zu machen. Auch durch Sanierungsmilliarden nicht ganz zu beseitigen sind die, auch durch Bergbauabwässer entstandenen, Schäden des Uranbergbaus in Thüringen und Sachsen. Noch schwieriger ist die Situation in der Dritten Welt, wo Mittel, Macht und oft auch der Wille zur Sanierung fehlen.

Reduzierung des Goldverbrauchs, des Goldbergbaus und verstärktes Recycling:

Abhilfe kann durch umweltschonende Aufbereitungsverfahren, Reduzierung des Verbrauchs von Bergbauerzeugnissen, vor allem in westlichen Industrieländern, und höhere Recyclingraten erreicht werden !

Exkurs: Der „International Cyanide Management Code“

Anfang 2007 wurde unter Führung des UN-Umweltprogramms der „International Cyanide Management Code“ (ICMC) und das „International Cyanide Management Institute“ (ICMI) in Washington etabliert.

Mit diesem Code werden Prinzipien, Verhaltensregeln und Sicherheitsmaßnahmen für den verantwortungsvollen Umgang mit Cyanid im Goldbergbau festgeschrieben. Die Teilnahme von Unternehmen, die im Cyanidgeschäft tätig sind (nicht nur Bergbauunternehmen, sondern auch die Hersteller von Cyanid und Firmen, die den Transport zu den Minen übernehmen), an dieser Initiative ist vollkommen freiwillig, jedoch sind seit 2007 bereits die meisten, und auch die wichtigsten im Geschäft mit Cyanid tätigen Unternehmen dem Code beigetreten.

Das Ziel des „Cyanide Code“ ist es, die Auswirkungen des Einsatzes von Cyanid im Goldbergbau für Umwelt und Menschen so weit wie möglich zu minimieren und Unfällen auch bei der Herstellung und dem Transport von Cyanid vorzubeugen. Bergbaufirmen, die eine Goldmine nach dem Code zertifizieren lassen wollen, müssen die betreffende Mine von unabhängigen Experten untersuchen lassen, die dann feststellen, ob die Operationen in der Mine gemäß dem Code ablaufen. Diese Überprüfungen werden dann alle drei Jahre wiederholt.

Die Verwaltungszentrale dieses Zertifizierungsprojekts hat ihren Sitz in Washington. Sie ist für die Koordinierung sowie für die Förderung und weitere Verbreitung des Codes zuständig.

Diese Initiative zur Durchsetzung eines verantwortungsvollen Umgangs mit Cyanid ist sicher ein großer Fortschritt beim Kampf gegen die schädlichen Auswirkungen des Einsatzes von Cyanid im Goldbergbau. Der Code ist bereits jetzt ein großer Erfolg, da bis heute bereits viele wichtige Unternehmen der Initiative beigetreten sind.

Inwieweit der Code jedoch in den zertifizierten Minen wirklich auch dauerhaft zur Anwendung kommt und somit die schlimmsten Auswirkungen auf die Umwelt verhindern kann, ist jedoch weiterhin unsicher. Darüber hinaus stellt der Cyanideinsatz nur einen kleinen Teil der vielfältigen Umweltzerstörungen dar, die allgemein beim Bergbau entstehen. Beim „Cyanide Code“ geht es aber ausschließlich um Cyanid und nicht um all die anderen Bergbauschäden. Außerdem kann man an dieser Zertifizierung des Cyanideinsatzes im Bergbau erkennen, dass Cyanid im Bergbau wohl leider auch in Zukunft nicht verboten werden wird.

9. Regionale Beispiele von Umweltkatastrophen, Umweltzerstörung und Ausbeutung von Natur und Menschen durch den Goldbergbau

Die Abbildung unten gibt einen Überblick über die größten Goldminen der Welt (mit ihrer Goldproduktion in Tonnen im Jahr 1999), Unfälle (meist in Form von Dammbrüchen von Rückhaltebecken) und Konflikte um Landnutzung und Umweltzerstörung. Größere Kupfer- und Silberminen werden mit aufgeführt, da auch sie beträchtliche Mengen an Gold gewinnen, da Gold oft mit Kupfer und Silber vergesellschaftet vorkommt.



Im Folgenden sollen einige dieser Konflikte und Unfälle in bedeutenden Goldgewinnungs-ländern näher betrachtet werden. Fälle von Umweltzerstörung und Menschenrechts-verletzungen durch die Goldbergbauunternehmen, die meist von Banken finanziell unterstützt werden, sind dabei meist Vorraussetzung. Als Beispielländer dienen Brasilien, Demokratische Republik Kongo, Ghana, Guyana, Kirgistan, Mexiko, Mozambique, Nicaragua, Papua-Neuguinea, Peru, Rumänien, Spanien und Venezuela.

9.1 Bougainville (Papua-Neuguinea)

Der Krieg auf der Insel Bougainville südöstlich von Neuguinea dauerte 9 Jahre. Die Zentralregierung von Papua-Neuguinea kämpfte dabei um den Erhalt der territorialen Integrität des jungen Inselstaates, die *Guerilla* von Bougainville um das Recht auf nationale Selbstbestimmung für ihr Volk. Tatsächlich spielten aber ökologischen Zerstörungen durch eine der größten Kupfertagebau-minen der Welt, eine Schlüsselrolle in dieser Auseinandersetzung. Die *Panguna-Mine* hat die natürliche Umwelt und die traditionellen Lebensformen der indigenen Bevölkerung zerstört.

Der Bougainville-Konflikt war zunächst lokal begrenzt. Die Bevölkerung, die von den ökologischen Zerstörungen durch die *Panguna-Mine* betroffen war, wehrte sich gegen die Zerstörung ihrer natürlichen und sozialen Lebensgrundlagen. Der Betreiber der Mine, der britisch-australische Bergbaumulti *Conzinc Riotinto of Australia/Riotinto Zinc*, interessierte sich anfangs überhaupt nicht für die ökologischen und sozialen Folgen des Projekts.

Die Zentralregierung Papua-Neuguineas in Port Moresby setzte auf die Modernisierungseffekte der Panguna-Mine, die man nicht zuletzt deshalb

unterstützte, weil sie während ihres Betriebs dem jungen, erst 1975 unabhängig gewordenen Staat, den weitaus größten Anteil an Exporten und Staateinkünften erbrachte. Obwohl in Papua-Neuguinea mehr als 700 ethno-linguistische Gruppen leben, war Port Moresby „zu Gunsten der Entwicklung der Nation“ bereit, die abgelegene Insel als *national sacrifice area* zu behandeln.

Da die *Panguna-Mine* für die rund 160.000 Bougainvilleans, die vorwiegend von Gartenbau, Fischfang und Jagd lebten, vor allem Nachteile mit sich brachte, forderten sie entsprechende Kompensationen. Auf Grund der unnachgiebigen Haltung der Gegenseite eskalierte der Konflikt Anfang der 90er Jahre zu einem sezessionistischen Krieg. Die Bevölkerung von Bougainville hatte, obwohl sie aus 19 verschiedenen Sprach- und Abstammungsgruppen zusammengesetzt war, eine ethnonationale Identität konstruiert: Die „schwarzen“ Bougainvilleans grenzten sich von den „weißen“ Managern der Bergwerksgesellschaft und den „roten“ Minenarbeitern sowie den Bürokraten von den Hauptinsel ab.

Bougainville gehörte einst zu den Kolonien des deutschen Kaiserreiches, und solange die *Panguna-Mine* auf der Insel Kupfer produzierte, wurde dieses nach Hamburg verschifft und in der *Norddeutschen Raffinerie* verarbeitet. Schon bei der Errichtung der Kupfermine ging der einheimischen Bevölkerung viel Land verloren. Da Land aber die Grundlage der traditionellen, sozialen, kulturellen und spirituellen Ordnung ist, stellte der Verlust für die Betroffenen nicht nur ein wirtschaftliches Problem dar. Die zunehmende Vergiftung von Böden, Luft und Gewässern durch die *Panguna-Mine* vernichtete die Grundlagen der Subsistenzwirtschaft. Regenwälder wurden großflächig zerstört, viele Tierarten drastisch dezimiert und Schwermetalle in so hohen Konzentrationen in die Flüsse eingeleitet, dass sie für Menschen und Fische giftig wurden und der traditionelle Fischfang zusammenbrach. Durch die belasteten Flüsse wurden selbst noch die Fischbestände an der westlichen Meeresküste der Insel in Mitleidenschaft gezogen.

Die Errichtung der Mine war mit einem hohen Bevölkerungswachstum mit Urbanisierungstendenzen verbunden, die die traditionelle Lebensweise auf dem Land mehr und mehr gefährdete. Die Mine schuf zwei völlig neue Städte, in denen sich vor allem zugewanderte männliche Arbeiter niederließen. In der Folge kam es zu einem deutlichen Anstieg der Kriminalität und zu Spannungen zwischen den InselbewohnerInnen und den Zugewanderten. Innerhalb der indigenen Bevölkerung koexistierten traditionelle und kapitalistische Gesellschaftsformen in widersprüchlicher Weise. Neue soziale Differenzierungen, etwa zwischen einheimischen Unternehmern und Lohnarbeitern, zwischen Landbesitzern und Leuten ohne Land, zwischen den Geschlechtern und den Generationen störten die Bindungen. Allerdings ermöglichte erst die ökologische Zerstörung der Böden und die damit einhergehende Entfremdung des Landes die Durchsetzung kapitalistischer Verhältnisse.

Die von ausländischem Kapital beherrschten Bergbauprojekte in Papua-Neuguinea sind mit der übrigen Wirtschaft kaum verknüpft. Die Rohstoffextraktion ist eine Enklaven-Industrie geblieben und die Bodenschätze werden nicht im Land verarbeitet, so dass die erhofften positiven Auswirkungen der Großprojekte in den betreffenden Regionen ausblieben. Die Steuern, die von den Bergwerkskonzernen entrichtet werden, sowie Beteiligungen des Staates an den Minen könnten zu einer Entwicklung und Modernisierung des Landes zwar beitragen, aber die korrupte Regierung in Port Moresby verhindert die gerechte Verteilung dieser durchaus beträchtlichen Einnahmen (AK 21.01.1999).

9.2 Brasilien

Brasilien erlebt seit Anfang der 70er Jahre einen wahren Goldboom. Hunderttausende von Goldgräbern, die sogenannten *Garimpeiros*, wurden insbesondere in Amazonien tätig und durchwühlen dort auf der Suche nach Gold bis heute unzählige Flussläufe. Zur Extraktion des Goldes verwenden sie das Amalgamverfahren, bei dem Quecksilber zur Anwendung kommt.

Ihre Camps, die *Garimpos*, gelten als Synonym für menschliche und ökologische Ausbeutung, Gewalt, Prostitution und Zerstörung. Auf der anderen Seite stellen die *Garimpos* aber gleichzeitig eines der Überdruckventile für Brasiliens wirtschaftliche, soziale und gesellschaftliche Probleme dar. Die Beschäftigungsalternative der Goldwäscherei leitet einen großen Teil dieses Überdruckes in die Unzugänglichkeit der Regenwälder ab. Die zahlreichen *Garimpeiros* sind für rund 90 % der brasilianischen Goldförderung verantwortlich und machen Brasilien zum siebtgrößten Goldproduzenten der Welt.

In der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts wurden in Brasilien große Reichtümer an Gold und Diamanten entdeckt. Um an deren Ausbeutung teilzuhaben, beschloss der portugiesische König per Dekret 1731 die Verpachtung des Landes an zahlungskräftige Personen. Indirekt wurde dadurch der *Garimpeiro* geboren, denn all jene, welche den hohen Pachtbetrag nicht aufbrachten und trotzdem der Gold- und Diamantensuche nachgingen, versteckten sich in den Bergen (*grimpas* = Bergkämme) vor den Militärpatrouillen.

Bis heute verknüpft sich mit den *Garimpeiros* die weitgehend illegale, heimliche und gefährliche mineralische Extraktion von Gold mit Quecksilber. Brasiliens Bergbau ist deshalb seit über 250 Jahren in den organisierten Bergbau durch Unternehmen und den wilden Bergbau durch die *Garimpeiros* gespalten. An den flächenhaften Waldverwüstungen in Amazonien haben sie aber weit weniger Anteil als Regierungsprojekte, multinationale Konzerne, Spekulanten und landhungrige Siedler.

Wenn die Front der *Garimpos* aber über noch unberührte Wildnis hereinbricht, zählt beim Kampf um Landrechte, Rohstoffe, Hölzer und Gold das Leben des Einzelnen nicht viel. Tausende von Menschen starben in diesen Kleinkriegen, die meist mit brutaler Gewalt seitens der bewaffneten *Garimpeiros* vollzogen werden. Die Ausbeutung der Regenwälder erfolgte dabei weitgehend ohne ausreichenden Schutz der ansässigen Indianer, die für Brasiliens Fortschritt mit ihrem Leben oder ihren traditionellen Lebensformen bezahlen mussten.

Besonders drastische Auswirkungen ergaben sich für die *Yanomami-Indianer* am oberen Rio Negro, im Grenzgebiet zu Venezuela. Zwischen 40.000 und 60.000 *Garimpeiros* fielen auf der Suche nach Gold in das von 10.000 *Yanomami-Indianern* bewohnte Land ein und brachten Gewalt, Prostitution und zahllose Krankheiten mit sich. Die Gewässer wurden in kürzester Zeit durch die Goldwäsche mit Sedimentfracht belastet und mit Quecksilber kontaminiert. Die *Yanomami-Indianer* waren chancenlos gegen die Invasion unterlegen und wurden mit Waffengewalt oder Schweigegeld aus ihrem Land vertrieben.

Die staatliche Indianerbehörde FUNAI versuchte erfolgreich, die *Yanomami-Indianer* durch die Ausweisung eines großflächigen rohstoffarmen Reservates zu schützen, aber bis heute verblieben nur 30 % des damals ausgewiesenen Gebietes im Reservatstatus, da die *Garimpos* ihre Interessen auf politischer Ebene durchsetzen konnten. Sie schützen ihren illegalen Status durch Bestechung oder skrupellose

Bedrohung von öffentlichen Institutionen bzw. Personen an den Schaltzentren der Macht, so dass sie sogar Einfluss auf die Ausweisung bzw. die Aufhebung von Schutzgebieten ausüben können. Die FUNAI versucht internationales Interesse auf sich zu ziehen, um Druck auf die brasilianische Politik ausüben zu können.

Abbildung 3 zeigt spontan entstandene Garimpeiro-Gebiete (schraffiert) und durch den DNPM ausgewiesene Garimpo-Areale (grau hinterlegt) in Brasilien.

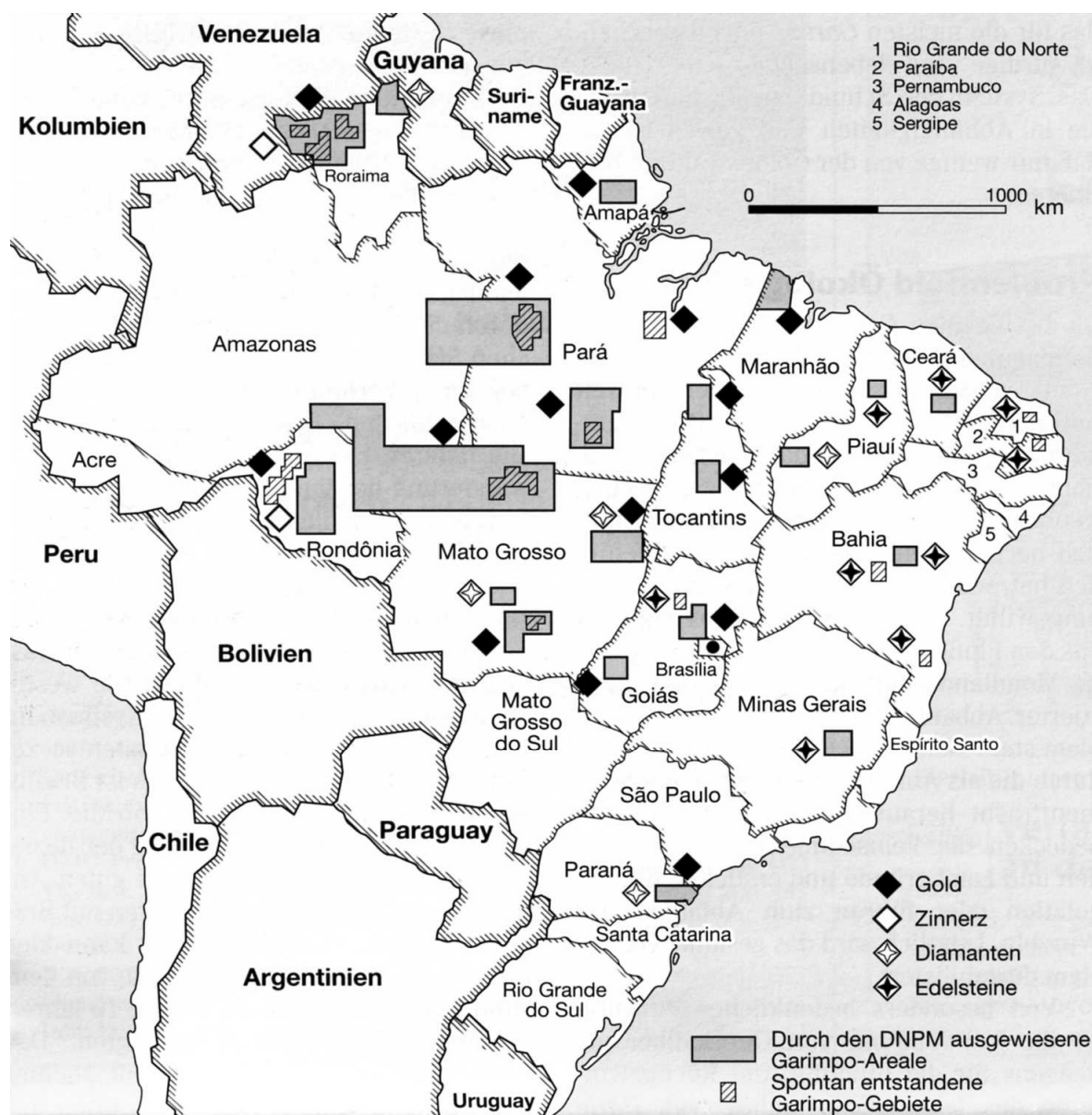


Abb.3: Spontan entstandene und durch den DNPM ausgewiesene Garimpo-Areale in Brasilien

Im Jahr 1992 geriet die brasilianische Regierung unter Handlungsdruck. Vor Beginn der Umweltkonferenz ECO-92 in Rio sollte das von internationalen Protesten begleitete Problem der *Yanomami-Indianer* gelöst werden. Unter Hilfe der Bundespolizei und Militär wurden die *Garimpeiros* zwangsläufig ausgeflogen und die

Landepisten im Urwald gesprengt. Für die *Yanomami-Indianer* war dies aber nur eine kurze Erholungsphase, denn nach einiger Zeit kehrten etwa 10.000 *Garimpeiros* nach dem problemlosen Wiederaufbau der Pisten zurück.

Für viele Indianerfrauen bedeutet der Ansturm der goldhungrigen *Garimpeiros* eine tiefe Verletzung ihrer Menschenwürde, indem sie sexuellen Übergriffen hilflos ausgeliefert sind. Das Leben in der Illegalität des *Garimpo* schafft den rechtlichen Freiraum, in welchem Gewalt gegenüber Indianerfrauen nicht geahndet wird bzw. nicht geahndet werden kann. Anfang der 90er Jahre gab es etwa 600.000 *Garimpeiros*, die sich auf etwa 2.000 Garimpos in ganz Brasilien verteilten. Bei einer derart hohen Zahl beschränkt sich das Problem der sexuellen Gewalt nicht nur auf Einzelfälle, sondern wird zu einem gesellschaftlichen Problem.

Beim Schritt in die illegale Goldwäscherei kann davon ausgegangen werden, dass bei den betreffenden Personen oft persönliche Krisensituationen als Antrieb im Hintergrund stehen. Mit der Erschließung von Amazonien entstand ein gewaltiger Menschenpool von erfolglosen Kolonisten. Aufgrund der geringen Bodenfruchtbarkeit, der mangelhaften Beratung, der fehlenden Vermarktungsinfrastruktur sowie des immer geringer werdenden Arbeitskräftebedarfs der großen Rinderfarmen gerieten viele der neu eingewanderten Amazonier in wirtschaftliche Schwierigkeiten. Der Garimpo-Mythos mit einer Vision vom Glücksfund bot eine Alternative. Er kann als eine Konsequenz aus staatlichen Entwicklungsmaßnahmen in Amazonien gedeutet werden, indem sich genügend Arbeitskräfte für diese Beschäftigung fanden und zudem eine entsprechende Infrastruktur im Regenwald aufgebaut wurde.

Besonders bedenklich ist die Verwendung von Quecksilber für die Extraktion des feinen Goldstaubes. Das dabei entstehende Amalgamgemisch muss destilliert werden muss, um das begehrte Rohgold zu erhalten. Da dieses Verfahren nicht in einem geschlossenen System angewendet wird, entstehen große Verluste an Quecksilber, welche die Gewässer belasten und zur Zerstörung von Flora und Fauna beitragen. Das flüssige Schwermetall reichert sich in der Nahrungskette an und schädigt dadurch insbesondere die Uferbewohner und Urwaldindianer, die sich im Wesentlichen von Fisch ernähren. Schwere Erbschäden, Nervenkrankheiten bis hin zum Tod sind die Folgen starker Quecksilberbelastungen.

Bei den *Garimpos* handelt es sich um komplexe Systeme, in denen eigene Gesetze gelten. Ihr Wirkungsgefüge mit allen aktiv und passiv Beteiligten, den Verflechtungen in Politik, Wirtschaft, Gesellschaft und den Rückwirkungen auf die Natur ist nicht einfach zu erfassen. Ein ungeschriebener Kodex bestimmt das für die meistens *Garimpeiros* menschenunwürdige und lebensgefährliche Leben. Das System der Schuldknechtschaft treibt sie in Abhängigkeiten und gewährleistet, dass nur wenige von der Goldextraktion profitieren. Brasilien versuchte bisher kläglich und ohne Erfolg den Problemen der Abwanderung der ländlichen und städtischen Bevölkerung in die *Garimpos* zu begegnen. In den Garimpos herrschen meist prekäre sanitäre Bedingungen und Krankheiten breiten sich sowohl unter den *Garimpeiros* als auch unter indigenen Regenwaldvölkern in ihrer Umgebung aus. Die Zuwanderer in die Garimpos müssen sich mit brutaler Gewalt, Unterdrückung, Ausbeutung, Krankheit und Prostitution abfinden.

Als Schwellenland versucht Brasilien heute mit einer mehr als nur bedenklichen ökologischen Ausbeutung Anschluss an die Wirtschaftsmächte der Welt zu bekommen. Da Brasilien ein Wirtschaftsmarkt von 160 Mio. Einwohnern ist, schauten die westlichen Nationen dem Treiben im Regenwald lange weitgehend untätig zu, denn eine Verschlechterung der Beziehungen zu Brasilien könnte bedeuten, einen

guten Anteil von den profitablen Geschäften mit Brasilien zu riskieren. Als Beispiel kann hier das eingesetzte Quecksilber genannt werden, von dem rund 2.000 Tonnen in den letzten 10 Jahren in Amazoniens Umwelt zur Goldgewinnung angewendet wurden. Das äußerst gefährliche Flüssigmetall stammt aus westlichen Industrieländern, u.a. auch aus Deutschland. Nach Angaben des Lateinamerika-Beauftragten Augusto Padua wird das Quecksilber von mehreren brasilianischen Importeuren als zahnärztliches Produkt eingeführt und zu über 80 % an die Gamrimpeiros weiterverkauft (Praxis Geographie 11/1998). Laut der NGO *Project Underground* gelangen jedes Jahr 100 Tonnen in die Umwelt des Amazonasgebietes (TZ 15.02.00).

9.3 Demokratische Republik Kongo

Der Osten der „Demokratischen Republik Kongo“ ist seit Jahren wegen seiner Bodenschätze von regulären und irregulären Armeen aus den Nachbarländern Uganda, Ruanda, Burundi, Angola und von Truppen aus Simbabwe und Namibia umkämpft. Seit 1996 leidet der Kongo unter nicht enden wollender Gewalt und Terror. Und immer ging es dabei auch um den Zugriff auf die Bodenschätze des Kongo.

Die neben Südafrika größten Goldminen Afrikas liegen im in der Abbildung unten rötlich eingefärbten Kilo-Moto-Gebiet in der Nähe von Mongbwalu im äußersten Nordosten der demokratischen Republik Kongo (Abb.4).

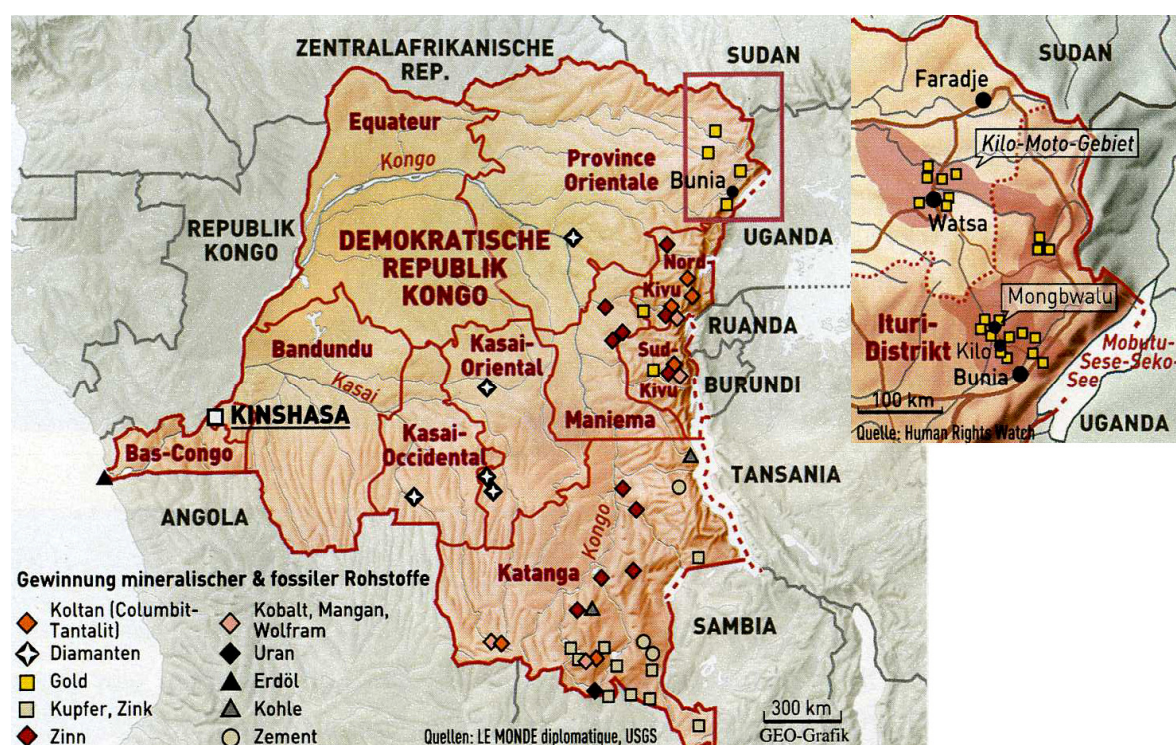


Abb.4: Gewinnung mineralischer und fossiler Rohstoffe in der Demokratischen Republik Kongo; Ausschnitt: Kilo-Moto-Gebiet im Ituri-Distrikt im Nordosten des Landes

Bereits 1905 waren Australier im Ituri-Distrikt auf Gold gestoßen und hatten die Fundstelle nach dem Häuptling *Kilo* benannt, bevor sie auch im Fluss *Moto* Nuggets fanden. In den folgenden Jahrzehnten barg die belgische Kolonialmacht durch die belgische Minengesellschaft *Kilo-Moto* einen der größten Schätze Afrikas. Dutzende Minen und mehrere Goldgräberstädte wie Mongbwalu wurden von den Belgiern im *Kilo-Moto-Gebiet* errichtet, das fast dreimal so groß wie das Mutterland ist. Aber schon vor 1960, dem Ende der belgischen Herrschaft im Kongo, schlossen die Belgier viele Abbaustätten wieder, weil die Ausbeute zu gering und die Einsturzgefahr in den Stollen zu hoch geworden war. Knapp ein halbes Jahrhundert später ist die Not im Nordosten des Kongo aber wieder so groß, dass Männer täglich ihr Leben für Goldreste riskieren, nach denen sich kein Belgier mehr bücken würde.

In den Minen des Kilo-Moto-Gebiets wurden in den letzten 100 Jahren rund 400 Tonnen Gold abgebaut. In Goldgräberstädten wie Mongbwalu sind die Leute aber trotzdem arm geblieben und tausende von Schürferfamilien müssen noch heute ohne Strom und sauberes Trinkwasser auskommen. Hunger und Malaria gehören zu den unvermeidlichen Übeln des Alltags und an Tuberkulose sterben heute im Ostkongo sogar mehr Menschen als während der Kolonialzeit, als es noch Zugang zu Medikamenten gab.

In den engen Schächten der Minen um Mongbwalu arbeiten besonders viele Kinder. Die Minenarbeiter übernehmen das schwere Schürfgut erst zum Abtransport. Schichtende ist, wenn keiner mehr kann, d.h. die Arbeit richtet sich im Wesentlichen nach dem Maß der Erschöpfung. In den Enden der Schächte werden oft große Kohlefeuer entzündet, um das Gestein spröde und damit leichter abbaubar zu machen. Die Gefahr in den oft mehrere 100 Meter langen Schächten zu ersticken ist dabei nicht gering, vor allem wenn betroffene Minenarbeiter nicht informiert oder Warnungen diesbezüglich ignoriert werden.

Die Goldgräberstadt Mongbwalu wirkt wie ein in die hügelige Wildnis gestreutes schäbiges Dorf. Es gibt kaum Häuser, dafür jede Menge Lehmhütten und Bretterbuden, die von Feldern und Dickicht umgeben sind. Entlang der Hauptstraße, einer zerfurchten Lateritpiste auf der höchstens ein paar Mopeds fahren, reihen sich die Läden der Goldkäufer. Diese Buden sind kaum größer als Telefonzellen und in jeder befinden sich ein Tisch, ein Stuhl und ein Händler mit einer winzigen Waage und den begehrten US-Dollar. Als Gewichte benutzen die Händler die nicht mehr gültigen Blechmünzen „Kitchele“ mit einem Gewicht von einem Gramm und bezahlen dafür rund 12,50 US-Dollar.

Im Herbst 2002 marschierte eine Miliz der Hema, die „Union des Patriotes Congolais“ (UPC), in Mongbwalu und den umliegenden Dörfern ein und metzelte Hunderte Lendu, aber auch Zivilisten, die nicht die richtige ethnische Zugehörigkeit hatten, nieder. Monate später schon war Mongbwalu von der „Front des Nationalistes et Integrationnistes“ (FNI) erobert worden, einer Miliz der Lendu. Auch sie tobte sich an Schürferfamilien aus, und verschonte nicht einmal Hema-Frauen, die mit Lendu-Männern verheiratet waren. Sie wurden zu Dutzenden in Hütten gepeinigt und lebendig verbrannt.

Der Kongo wurde von den ihn beherrschenden Diktatoren stets als private bevölkerte Schatztruhe betrachtet und entsprechend behandelt. Von 1960 bis 1996 gehörte der Kongo *Mobutu Sese Seko*, der sich zum reichsten Mann Afrikas machte. Dann *Laurent-Desire Kabila*, der *Mobutu Sese Seko* mit Hilfe von Truppen aus dem benachbarten Ruanda im Jahr 1997 stürzte. Als Belohnung für ihre Unterstützung sollten sich die Truppen im Kongo selbst mit Gold, Diamanten und Koltan, einem

Mineral, das bei der Herstellung von Mobiltelefonen verwendet wird, bedienen dürfen. Dann aber wollte *Laurent-Desire Kabila* seine gierigen Verbündeten aus Ruanda wieder loswerden und holte sich dazu Unterstützung aus Angola, Simbabwe und Namibia, während sich Ruanda mit Burundi und Uganda zusammenschloss.

So brach 1998 der erste afrikanische Weltkrieg aus. Der Kongo zahlte mit Bodenschätzen und bis zu vier Millionen Toten. Die meisten starben im Kilo-Moto-Gebiet im Osten des Kongo. Uganda schickte seine Truppen direkt in die Minen und befahl ein Heer von kongolesischen Schürfern um etwa eine Tonne Gold auszubeuten. Auch nachdem die Milizen aus Uganda, Ruanda und Burundi durch internationalen Druck zum Abzug gezwungen worden waren, bewahrten sie ihr gemeinsames Interesse, den Osten des Kongo in unregierbarem Status zu erhalten. Diese Milizen geben die Befehle für Überfälle auf Goldgräberstädte und versorgen die verfeindeten Stämme im Kongo mit Waffen. Im Gegenzug sorgen die Warlords der Hema und der Lendu für Instabilität im Kilo-Moto-Gebiet. Die Warlords kämpfen dabei in erster Linie nicht gegeneinander, sondern um die Goldminen. Früher ging es bei der Auseinandersetzung zwischen Hema und Lendu nur um Land, aber das Gold verwandelte Neid zu Hass. Denn die Belgier und auch der Diktator *Mobutu* hatten in den Minen von *Kilo-Moto* die Hema stets bevorzugt. Die Hema erhielten die guten Posten, während sich die Lendu im Schlamm abrackern mussten. Die Lendu entluden ihren Frust bei Dorffehden, wobei manchmal ein ganzes Lendu-Dorf, samt Frauen und Kinder, mit Lanzen und Knüppeln über ein Hema-Dorf herfiel und alles Tragbare in ihr eigenes Dorf schleppte.

Bei diesen Massakern kamen oft Kindersoldaten zum Einsatz, die von den Zauberern der Lendu befehligt wurden. Die Zauberer betäubten die Kindersoldaten vor einem Überfall auf ein Hema-Dorf häufig mit Marihuana oder anderen Drogen. Wenn die Kinder mit dem Morden fertig waren, befehligten die Zauberer sie, Herz, Leber und Schenkelstücke aus den Körpern ihrer Opfer herauszuschneiden, sie über einem Lagerfeuer zu grillen und anschließend zu essen. Dies sei der Wille von Godza, dem großen Ahnengeist der Lendu, lehren die Lendu-Zauberer die Kinder.

Die Minengesellschaft *Kilo-Moto* in Mongbwalu wird derzeit von *Baudoin Bakambu* geführt. Ungefähr 25 % der Gewinne aus den Minen fließen in die Kassen der Lendu-Miliz, die sich nach der Ermordung von 2 Blauhelmsoldaten teilweise entwaffnen ließ. Diesen Geldstrom bestreitet *Bakambu* aber ebenso wie sein Arrangement mit einem geheimnisvollen Dr. Kisoni. Seine Antonow, heißt es in einem Bericht von „Human Rights Watch“ schaffe regelmäßig Gold aus dem Kilo-Moto-Gebiet nach Uganda. Jeden Monat sollen es zwischen 20 und 60 kg Gold mit einem Marktwert von 250.000 bis 750.000 US-Dollar sein.

Kleinflugzeuge schaffen heute den Großteil der Bodenschätze des Kongo illegal über die Grenzen des Kongo, vor allem nach Uganda. Von dort gelangt das Gold auf den internationalen Markt - der größte Teil wandert direkt in die Schweiz. Wie das Schmuggel-gold legalisiert wird, lassen Ugandas offizielle Statistiken vermuten. Für 2004 gab die Regierung in Kampala den Wert ihrer Goldexporte mit über 45 Mio. US-Dollar an. Der Wert der landeseigenen Goldproduktion belief sich im selben Jahr auf weniger als eine halbe Mio. US-Dollar. Die Erklärung für die fehlenden 44,5 Mio. US-Dollar bieten die Geschäfte mit dem Gold des Kilo-Moto-Gebietes. Mit dem Schmuggel finanzieren die Milizen ihre Waffen.

Auch das Unternehmen *AngloGold Ashanti Ltd.* hat die Lendu-Miliz, durch die Entrichtung von „Schutzgebühren“, finanziell unterstützt. Der südafrikanische Konzern, einer der weltweit größten Goldproduzenten, hat von der Regierung in Kinshasa eine Konzession für ein 2.000 km² großes Abbaugelände bei Mongbwalu

erhalten. *AngloGold Ashanti Ltd.* hat gegen das UN-Embargo, das jede Unterstützung bewaffneter Gruppen verbietet, verstoßen.

Exkurs: Der afrikanische Weltkrieg

Seit 1996 sind im Kongo bis zu 4 Mio. Menschen umgekommen. Zeitweise kam es im Kongo zu Völkerwanderungen von hunderttausenden von Menschen. Mitte 2005 gab es innerhalb des Kongo immer noch 2,4 Mio. Vertriebene und 400.000 Flüchtlinge in Nachbarländern. Im Kongo, einem Land von der Größe Westeuropas, verbinden sich lokale, nationale und grenz-überschreitende Konflikte zu einer komplexen Tragödie mit ständig wechselnden Allianzen.

Der erste Kongo-Krieg begann im Jahr 1996 mit dem Einmarsch der Rebellenarmee unter Führung des Oppositionspolitikers *Laurent-Desire Kabila* in die Hauptstadt Kinshasa, um den Diktator *Mobutu Sese Seko* zu stürzen. Dieser hatte 1960, im Jahr der Unabhängigkeit von der belgischen Kolonialherrschaft, die Macht übernommen und das Land *Zaire* genannt. *Kabila* siegte 1997 mit Hilfe von Truppen aus Ruanda, Uganda und Burundi über *Mobutu*. Gleichzeitig operierten im Osten des Kongo aber auch aus Ruanda geflüchtete Hutu-Milizen, die dort 1994 einen Völkermord an den Tutsi verübt hatten, sowie weitere Rebellengruppen aus Burundi und Uganda. Hinzu kamen diverse Zusammenrottungen lokaler Stammes-kämpfer, die mal mit- und mal gegeneinander kämpften. Allen ging es dabei weniger um die Macht über wechselnde Todfeinde, sondern um den Zugriff auf die Bodenschätze des Kongo.

Als *Laurent-Desire Kabila* sich 1998 der Armeeeinheiten aus Ruanda, Uganda und Burundi entledigen wollte und dabei Hilfe aus Angola, Simbabwe und Namibia holte, begann der zweite Kongo-Krieg. Nun fochten reguläre und irreguläre Armeen, Rebellengruppen und Milizen aus sieben verschiedenen Staaten gegeneinander. Beobachter bezeichneten die Kämpfe als den „ersten afrikanischen Weltkrieg“. Am schlimmsten betroffen war erneut der Osten des Landes, wo die Zahl der Opfer auf 3,3 Millionen geschätzt wurde.

Vor allem im Distrikt Ituri, eine der goldreichsten Gegenden des afrikanischen Kontinents, kam es zu unvorstellbaren Grausamkeiten, vorwiegend durch Kämpfer der verfeindeten Hema- und Lendu-Stämme. Gemetzel zwischen Kämpfern, Massaker an Zivilisten, Folter, Verstümmelung, Vergewaltigung und massenhafte Vertreibungen haben den Kongo in dem fast 10 Jahre lange dauerndem Krieg zum größten Katastrophengebiet der Welt gemacht.

Nach zahlreichen gescheiterten Initiativen sollte das Abkommen von Sun City in Südafrika im April 2003 den Krieg offiziell beenden. Im Abkommen wurden der Abzug aller ausländischen Truppen und die Entwaffnung der Milizen vereinbart. Auf Beschluss des Weltsicherheitsrates wurden 16.000 UN-Truppen in den Kongo gesandt, um die missliche Lage in den Griff zu bekommen. Mit einer Milliarde US-Dollar Jahresbudget wurde der Kongoeinsatz zur teuersten und größten UN-Mission aller Zeiten.

Die Blauhelmsoldaten hatten zu Beginn ihres Einsatzes vollständig versagt. Unter ihren Augen richteten im Mai 2003 Hema- und Lendu-Milizen im Distrikt Ituri entsetzliche Massaker an, wodurch allein im Gebiet von Kilo-Moto 60.000 Menschen ums Leben kamen. Wegen des Unvermögens der Blauhelme musste kurzfristig eine europäische Streitmacht unter französischer Führung aushelfen. Nach deren Abzug setzten die Gräueltaten aber unmittelbar und unvermindert wieder ein. Schließlich begingen einige Blauhelmsoldaten der UN-Friedenstruppe sogar selbst Verbrechen,

indem sie sich in der Stadt Bunia im Distrikt Ituri u.a. der Vergewaltigung, der sexuellen Misshandlung und Prostitution von Kindern schuldig machten.

Nachdem noch Anfang des Jahres 2005 im Ostkongo täglich tausende Menschen ermordet wurden, gelang es den UN-Soldaten im März 2005, die wichtigsten Warlords im Distrikt Ituri zu verhaften und 15.000 Milizionäre zur Abgabe ihrer Waffen zu bewegen. Inzwischen wurde die offizielle kongolesische Armee im Distrikt Ituri stationiert. Da die Regierungssoldaten aber nicht bezahlt werden und vor allem deshalb an dem Reichtum teilhaben wollen, kommt es regelmäßig zu gewalttätigen Übergriffen des Militärs auf die Bevölkerung.

Nach wie vor wird im Osten der Demokratischen Republik Kongo gekämpft. Immer wieder lodern Konflikte zwischen verschiedenen Milizen auf, die sich im Busch versteckt halten und ihre Waffen nicht abgeben wollen. Deshalb sind weiterhin viele Menschen auf der Flucht. Den Kongo als Staat oder gar als Nation gibt es de facto nicht, da zivile Strukturen weitgehend fehlen.

Nachdem *Laurent-Desire Kabila* im Jahr 2001 von Verschwörern aus den eigenen Reihen ermordet worden war, hatte sein Sohn *Joseph Kabila* die Nachfolge angetreten. Seit dem Abkommen von Sun City 2003 ist er der Übergangspräsident des Kongo. *Joseph Kabila* und seine Interimsregierung mit 72 Ministern aus allen ehemaligen Kriegsparteien herrschen noch immer, obwohl sie zerstritten sind und es bereits zwei Putschversuche gegeben hat. Im Dezember 2005 nahmen die Wähler bei der ersten demokratischen Abstimmung seit der Unabhängigkeit im Jahr 1960 eine neue Verfassung an, und im Sommer 2006 wurde Joseph Kabila bei den ersten demokratischen Präsidentschaftswahlen des Landes wiedergewählt.

9.4 Ghana

1957 gab es in Ghana noch ungefähr 8,3 Mio. Hektar Wald, heute sind es nur noch 1,2 Mio. Hektar. Der Rückgang des Waldes ist zu einem großen Teil auf die Haltung der Regierung zurückzuführen, internationale Goldbergbauunternehmen zu begünstigen. Das Steigen des Goldpreises in den letzten Jahren weckte noch stärkeres Interesse der Bergbauunternehmen für den Goldabbau in Ghana. Konzessionen wurden bisher nur in Regionen vergeben, in denen schon andere Wirtschaftszweige (v.a. Landwirtschaft) angesiedelt waren, wie in den Wäldern der westlichen und östlichen Ashanti-Region. Die ghanaische Regierung sieht vor, die Minengesetzgebung weiter zu deregulieren, das heißt Investoren-freundlicher zu gestalten und die Erzgewinnung im Tagebau auch in Naturschutzgebieten zu erlauben.

Die Firma *Newmont Mining Corp.*, einer der weltweit größten Goldbergbaukonzerne, erhielt die Schürfrechte für zwei neue Ausbeutungsflächen in Ghana. Die *Newmont Mining Corp.* wird zum ersten Mal in Ghana tätig werden und mit 450 Mio. US-Dollar, unter Schutz stehende Waldflächen abholzen, um große Bergbauaktivitäten im Tagebau zu ermöglichen. Abbau-Lizenzen wurden ebenfalls der ghanaischen *AngloGold Ashanti Ltd.*, der australischen *Red Back Mining* und der kanadischen *Nevsun Resources* versprochen. Alle diese Bergbaufirmen sind dafür bekannt, die Gemeinschaften, in deren Siedlungsbereichen sie bisher tätig wurden, mit starken Umwelt- und Sozialschäden belastet zu haben.

Die Entscheidung der Regierung, die Schutzzonen der Wälder für den Bergbau zu öffnen, steht im Widerspruch zu den in Ghana bestehenden Umwelt- und Naturschutzgesetzen. Wenn es der Regierung gelingt, sich mit dem neuen

Minengesetz durchzusetzen, wird diese Entscheidung einen Präzedenzfall schaffen, der langfristige, negative Auswirkungen auf weltweit einzigartige Biotope und Arten hat.

Die lokalen Gemeinschaften, die in den Randzonen der Waldreservate leben, sind von den Ressourcen des Waldes abhängig, die ihnen Unterkunft, Ernährung und Schutz bieten. Die Existenz der Lebensgemeinschaften in Ghana hängt von Waldprodukten wie Trauben, Nüssen, Brennholz, Heilkräutern und Honig ab. Ihr Trinkwasser beziehen diese Gemeinschaften aus Flüssen, deren Quellen in den Wäldern liegen. Der Goldtagebau wird für sie in beiderlei Hinsicht Existenz gefährdend sein. Wenn ihre Lebensgrundlage einmal zerstört ist, bleibt ihnen nichts anderes übrig, als in die Ballungszentren zu ziehen, in der vermeintlichen Hoffnung auf Lohnarbeit.

Ghana ist ein Mitgliedstaat der Internationalen Konvention für wirtschaftliche, soziale und kulturelle Rechte und damit verpflichtet, in den Waldschutzgebieten der westlichen wie der östlichen Region der Ashanti den Zugang der Gemeinschaften zu lebenswichtigen Ressourcen zu gewährleisten. Das Eingehen des Staates auf die Interessen der internationalen Bergbau-unternehmen führt zu einer offensichtlichen Verletzung der wirtschaftlichen und sozialen Rechte der betroffenen Gemeinschaften.

Ghana ist als Unterzeichnerstaat der afrikanischen Menschenrechts-Charta verpflichtet, deren Prinzipien zur Anwendung zu bringen: „Jedes Volk hat Anrecht auf seine eigene wirtschaftliche, kulturelle und soziale Entwicklung und auf den Respekt seiner Freiheit, seiner Identität und der Nutzung des gemeinsamen Erbes der Menschheit (Art. 22).“ Artikel 21.5 fügt hinzu: „Die Unterzeichnerstaaten der vorliegenden Charta werden jede Form ausländischer wirtschaftlicher Ausbeutung bekämpfen, insbesondere jene, die durch die internationalen Monopole ausgeübt wird. Dies soll ihren Völkern erlauben, voll und ganz in den Genuss der Vorteile zu gelangen, die ihnen die nationalen Ressourcen bieten.“

Seit Mitte der 80er Jahre erlebt Ghana einen Goldboom mit schrecklichen Folgen für Menschen und Umwelt. Die Ausweitung von existierenden Goldminen und die Eröffnung neuer Minen haben in den letzten Jahren zu einer neuen Welle von Übergriffen durch Polizei und Militär geführt, obwohl das Militär offiziell nicht im Inland eingesetzt werden darf. Von den Übergriffen sind hauptsächlich Bauernfamilien, die auf Konzessionen großer Unternehmen leben, Demonstranten und Kleinschürfer betroffen. Seit der Kolonialzeit ist der Bergbau in Ghana eng mit Menschenrechtsverletzungen verbunden.

Im Juni 2005 gingen in Prestea 5.000 Menschen auf die Strasse. Das kanadische Unternehmen *Bogoso Gold Limited* hatte eine neue Grube bis nur wenige Meter vom Krankenhaus entfernt in die Stadt hineingetrieben. Bei der Demonstration wurden sieben Personen verwundet, als das Militär in die Menge schoss. Nur wenige Monate später protestierten bei der *Akyem Goldmine*, Bauern gegen die niedrigen Entschädigungssummen, die ihnen von dem US-Konzern *Newmont* angeboten wurden. Zwei Menschen starben, als staatliche Kräfte auf die Demonstranten schossen.

Zudem berichtete die ghanaische Presse über eine "künstliche Hungersnot" in den von der *Goldmine Ahafo* betroffenen Gemeinden, die von Menschen gemacht ist und vom ghanaischen Staat toleriert wurde. Nach einem Besuch vor Ort im September

2005, versuchte die Menschenrechtsorganisation FIAN gemeinsam mit ghanaischen und internationalen NGOs Einfluss auf die Kreditvergabe zu nehmen, um die Lebenssituation der 9.500 Betroffenen zu verbessern und Maßnahmen zum Schutz der Umwelt zu erreichen. Im Januar 2006 beschloss die Weltbanktochter IFC (International Finance Corporation) jedoch, die *Goldmine Ahofo* des Goldgiganten *Newmont* mit einem Kredit von 125 Mio. US-Dollar zu fördern. Im April 2006 legte das Unternehmen drei Dokumente vor: ein Programm um den Zugang zu Land sicherzustellen, ein Nahrungsmittel-Hilfeprogramm und die Vorgaben für ein externes Monitoring. Bei FIAN-Besuchen vor Ort im Mai 2006 und April 2007 wurde jedoch deutlich, dass die vorgelegten Programme ohne wirkliche Beteiligung der Betroffenen entwickelt wurden und in ihrer Ausgestaltung unzureichend sind.

Aktuell setzt das Unternehmen alles daran, das Projekt weiter auszubauen. Die Erweiterung *Ahafo North* soll 8.000 Hektar umfassen, 1.500 weitere Hektar werden zusätzlich im Umfeld der aktuellen Mine benötigt. Insgesamt ist die Abbaufäche damit größer als Gartzweiler 1 und 2 im rheinischen Braunkohlenrevier. Wie viele Menschen umgesiedelt werden müssen ist noch unklar. Die Verbindungsstrasse soll teilweise durch ein Waldschutzgebiet führen und die Hauptverkehrsstrasse der Region muss verlegt werden.

Im Februar 2006 wurde ein Bauer angeschossen, als Militär und private Sicherheitskräfte der *Iduapriem-Mine* den Bauern den Zugang zu ihrem Ackerland verwehrten. Der Betreiber der Goldmine ist das Unternehmen *AngloGold Ashanti*.

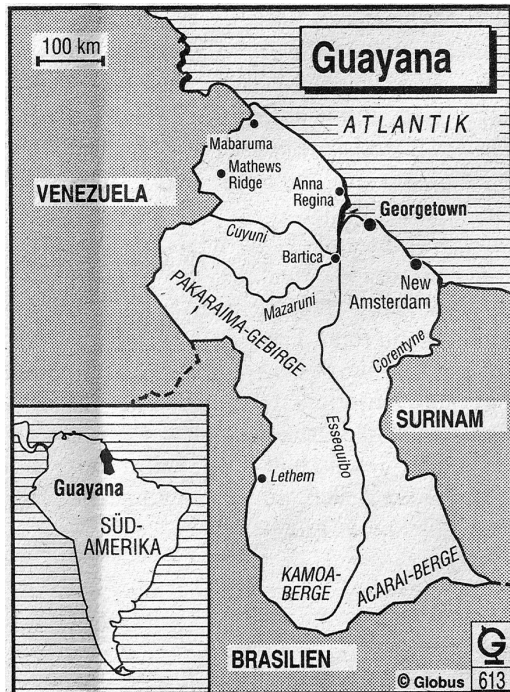
Im November 2006 startete das Militär die „Operation Flush Out“, um Kleinschürfer von den Konzessionen großer Bergbauunternehmen zu vertreiben. Eine unbekannte Zahl von Kleinschürfern wurde dabei angeschossen oder anderweitig verletzt und ihr Eigentum zerstört. Offizielle Untersuchungen und Entschädigungsleistungen gibt es bisher keine.

Mit der Einrichtung des Menschenrechtsrats bei den Vereinten Nationen, der 2006 die Menschenrechtskommission ablöste, wurde von den Staaten ein neues Verfahren eingeführt, mit dem die Menschenrechtslage in einzelnen Ländern untersucht werden soll. Ghana ist Mitglied im Menschenrechtsrat und eines der ersten Länder, die 2008 im Rahmen dieses Universal Periodic Review menschenrechtlich überprüft werden. FIAN hat gemeinsam mit der ghanaischen Selbsthilfeorganisation WACAM (Wassa Association of Communities Affected by Mining) Informationen über Menschenrechtsverletzungen im Großtagebau in Ghana vorgelegt. In Ghana wird weiterhin eine zunehmende Militarisierung der Bergbaugebiete beobachtet (URL 2).

9.5 Guyana

Die Staatseinnahmen von Guyana, aus den beiden Hauptexportgütern Zucker und Bauxit sanken bis im Jahr 1993 ständig. Dies hatte zur Folge, dass der Druck des Internationalen Währungsfonds (IWF) auf die guyanische Regierung wuchs, diese Defizite durch Gold-gewinnung auszugleichen. 1993 stiegen die Staatseinnahmen von Guyana schließlich durch Goldgewinnung um 25% durch das Unternehmen *Omai Gold Mines*. Der guyanische Staat ist nur mit 5 % an der größten Goldtagebaugrube ganz Südamerikas beteiligt, so dass 95% des Gewinns ins Ausland an die beiden Hauptbetreiber *Cambior Ltd.* (Kanada) und *Golden Star Resources* (USA) fließt (FR 24.08.1995).

Am 20.08.1995 kam es 160 km westlich der Hauptstadt Georgetown am Fluss Omai zu einem Dammbruch des Auffangbeckens der *Omai Gold Mines*. Das Auffangbecken der Goldmine fasste nach 2 Jahren Betriebszeit, bereits 3 Mio. m³ cyanidhaltigen Giftschlamm. Davon gelangten ca. 1,2 Mio. m³ in den Fluss Omai und über den Cuyuni in den größten Fluss des Landes, den Essequibo. Stündlich flossen ca. 60.000 m³ Abwasser in den Omai, so dass alles Leben auf der gesamten Fließstrecke vernichtet wurde. Die Konzentration von Cyanid im Essequibo betrug teilweise bis zu 15 mg/l (TZ 23.08.1995).



Die 18.000 Anrainer, v.a. Indios, die Trinkwasser aus den betroffenen Flüssen bezogen, verloren dadurch gleichwohl ihre beiden Haupt-nahrungsmittel Wasser und Fisch. Davon betroffen sind auch die etwa 50.000 Amerindians, die Ureinwohner des guyanischen Regenwaldes. Da sie fern der Zivilisation leben und ohnehin schon erhebliche gesundheitliche Probleme haben, leiden sie besonders stark unter dem verschmutzten Wasser und dem eingeschränkten und belasteten Nahrungsmittelangebot.

In Guyana befand sich bis zum Zeitpunkt des Unglücks der bisher schlimmsten Umweltkatastrophe Südamerikas, eines der größten und unberührtesten Regenwaldgebiete der Welt. Dieser einzigartige Lebensraum wird durch vergangene und zukünftige Ausbeutung

der Bodenschätze des Landes zunehmend bedroht.

Bereits 3 Monate vor dem Dammbruch kam es bei einem Unfall mit Natriumcyanid zu einem geringen Fischsterben im Omai. Diesmal sollen die Besitzer zur Verantwortung gezogen werden und der Grubenbetrieb mehrere Monate geschlossen bleiben. Die guyanische Regierung will die ökologische Situation verbessern und vor allem aufgrund des für Ghana ungünstigen Vertrages die Steuerbefreiung des Goldexportes aufheben.

Die Wirtschaftlichkeit der Omai-Mine macht deutlich, warum internationale Goldbergbau-Konzerne ohne große Umweltskrupel in armen Ländern wie Guyana agieren. Im Jahr 1994 erwirtschaftete die Goldmine 250.000 Unzen (31,1 g), oder 7,5 t reines Gold (FR 24.08.1995). Menschen kamen in Guyana offensichtlich nicht zu Schaden und die panamerikanische Gesundheitsorganisation erklärte das Gebiet schon wenige Monate nach dem Unfall für ökologisch wieder hergestellt (FAZ 16.02.00).

9.6 Kirgistan

Am 20.03.1998 stürzte in Kirgistan ein mit 20 t Natriumcyanid beladener Lastwagen von einer Brücke in den Fluss Barskoun. Die Ladung war für die *Kumtor Goldmine* bestimmt, einem Jointventure zwischen der staatlichen Firma *Kyrgyzaltyn* und der

kanadischen Firma *Cameco*. Bei der Bergung des Lastwagens, stellten die Bauarbeiter fest, dass etwa 1.700 kg des hochgiftigen NaCN in den Barskoun gespült wurden. Dieser mündet nach acht Kilometern in den Issyk-kul See, der als beliebtestes Urlaubsziel in Zentralasien gilt. Zwischen Juli und August sind hier in der Regel alle Privatpensionen und Erholungsheime ausgebucht. Doch in dieser Urlaubssaison mussten etwa 5.000 Mitarbeiter entlassen werden.

Die von *Kumtor* gemeldeten Konzentrationen waren erschreckend hoch. Am 20. Juni wurden 0,5 mg/l an der Mündung des Barskoun in den Issyk-Kul und 0,7 mg/l direkt an der Unfallstelle gemessen. Diese hohen Konzentrationen bedeuten, dass im Fluss und in der Flussmündung alle Lebewesen verendeten. Das Management von *Kumtor* veranlasste, trotz Warnungen von Fachleuten, einen Tag nach dem Unglück große Mengen gelöstes Natriumhypochlorit in den Barskoun einzuleiten. Geplant war offenbar die Cyanidentgiftung mit Natriumhypochlorit, wie sie in der Metallbranche üblicherweise durchgeführt wird. Das Natriumhypochlorit hinterließ aber nicht nur einen chloridvergifteten Fluss, sondern gelangte über Bewässerungskanäle auch auf die Felder, wo unter Sonneneinwirkung ätzende Chlordämpfe entstanden. Bei den Bewohnern von Barskoun traten infolge dieser ungeeigneten Gegenmaßnahme Atembeschwerden und asthmatische Anfälle auf, die in Krankenhäusern behandelt werden mussten. In der Öffentlichkeit wurden diese Krankheitsfälle als Cyanidvergiftungen, durch den verseuchten Issyk-Kul See wahrgenommen. Deshalb kam es durch das Ministerium für außerordentliche Situationen und Zivilverteidigung zu einer weiteren ungeeigneten Gegenmaßnahme. Nach Informationen der seriösen Zeitung *Wecherny Bischkek* spülten drei Brigaden eine Lösung mit 5.016 kg Calciumhypochlorit in den Barskoun und Stichkanäle. Die Motive blieben im Dunkeln und sind eigentlich nur mit dem Druck der Öffentlichkeit, die endlich wirksame Gegenmaßnahmen sehen wollte, zu erklären. Natriumhypochlorit ist wegen der pH-Erhöhung und der Freisetzung von Chlor für Wasserorganismen sehr schädlich. Es wirkt stark ätzend auf Haut, Schleimhäute und Augen. Calciumhypochlorit ist für Wasserorganismen noch schädlicher als Natriumhypochlorit, da es einen höheren Chlorgehalt hat. Schädlichkeitsgrenze für Fische: < 0,5 mg Chlor pro Liter.

Die WHO gab am 9. Juni, nachdem sie eigene Messungen durchgeführt und festgestellt hatte, dass im Issyk-kul kein Cyanid mehr nachweisbar war, Entwarnung für die Einwohner, die erstmals einem offiziellen Messergebnis vertrauten. Die staatlichen Behörden und die Presse waren mit den Unfallfolgen offensichtlich überfordert. Sie selbst haben dazu beigetragen, dass aus einem beherrschbaren Unfall eine ökologische und ökonomische Katastrophe wurde.

Die Mine Kumtor liegt in einem Biosphärenreservat, also in einem wegen seiner ökologischen Besonderheit international anerkannten und geschützten Gebiet. Sie gehört zu einem Drittel der kanadischen Firma *Cameco* und wurde auch aus internationalen Entwicklungsgeldern finanziert. Daran beteiligt waren die *IFC* (*International Finance Corporation*), eine Tochter der *Weltbank* und die *Europäische Bank für Wiederaufbau in London* (TZ 15.02.00). Der Standort der Goldmine in über 4.000 m Höhe war bei Umweltschützern von Anfang an umstritten. Ein Teil der Lagerstätte liegt unter einem Gletscher, so dass ca. 9 Mio. m³ Eis gesprengt werden müssen, um an das Gold zu gelangen. Zudem liegt die Mine in einem stark erdbebengefährdeten Gebiet. Ein Ende des Goldbergbaus in Kirgistan ist aber trotz aller Gefahren nicht in Sicht, denn die *Kumtor Goldmine* erwirtschaftet rund 30 % des kirgisischen Bruttosozialproduktes und ist damit für das Land unverzichtbar. Um das Transportrisiko zu minimieren, soll das Natriumcyanid künftig direkt bei der Mine produziert werden. Der Lastwagenfahrer wurde zu einer Gefängnisstrafe verurteilt,

was für die Geschädigten vermutlich bedeutet, dass sie leer ausgehen werden (KGV-Rundbrief 3+4/1998).

9.7 Mexiko

Das Unternehmen *Met Tex Penoles* betreibt in Torreon die größte Silber- und Goldraffinerie Südamerikas. In der Raffinerie werden jährlich 200.000 t Minerale verarbeitet. Die Behandlung erfolgt dabei mit Arsen, welches in die Luft und den Boden gelangt und zu gesundheitlichen Schäden in den nahe gelegenen Arbeitervierteln führt. Zudem stößt die Raffinerie hochgiftigen Bleistaub aus, der auf die Stadt niederrieselt bzw. -regnet.

Vor allem Kinder sind von der kontinuierlichen Bleibelastung betroffen, da sie Blei 40mal schneller aufnehmen als Erwachsene. Ihr Gewebe wächst noch und neigt deshalb viel mehr zur Aufnahme von Blei. Blei lagert sich im Blut, in der Leber, den Knochen und den Nieren ab. Manchmal treten bei einer kontinuierlichen Bleiexposition schon nach wenigen Jahren Krämpfe und Hirnschäden auf. Die Kinder von Torreon weisen eine durchschnittliche Blei-Konzentration von 33 mg/dl auf. 1350 von 3000 Blutproben von Kindern enthielten mehr als 25 mg/dl. Das US-Krankheitskontrollzentrum hält eine Bleikonzentration von mehr als 25 mg/dl Blut gefährlich. Insgesamt sind etwa 60.000 Kinder von der Bleibelastung betroffen.

Met Tex Penoles hat in den letzten 20 Jahren ca. 20 Mio. \$ in die Reduzierung des SO₂-Ausstoßes investiert und damit die gesetzlichen Auflagen erfüllt, denn Blei- und Cadmium-grenzwerte werden in den gesetzlichen Auflagen nicht gefordert. Bei der Verarbeitung von Silber und Gold entstehen die Problemstoffe Blei, Cadmium und Arsen (Pb > Cd > As).

Als die Gesundheitsbehörden nach Jahren plötzlich Umweltalarm auslösten, musste *Met Tex Penoles* den Betrieb der Raffinerie um 25 % drosseln. Nachdem sich die Situation nicht verbessert hatte, sollte das Unternehmen den Betrieb um 50 % senken, worauf die Mitarbeiter von *Penoles* gegen die neue Auflage demonstrierten und sie erfolgreich abwendeten. Das Unternehmen will die Emissionen weiter reduzieren und kaufte für 6 Mio. US-Dollar die 20 gefährdetsten Wohnblocks auf und ließ sie abreißen, um die dort lebenden Arbeiter zu schützen. Eine Schließung der Raffinerie ist ausgeschlossen, da sie in der Region 9.000 Arbeitsplätze geschaffen hat und jährlich 500 Mio. US-Dollar an Steuereinnahmen erwirtschaftet (FR 29.07.1999).

9.8 Mozambique

In den Bergen von Mozambique graben Tausende Glücksritter nach Gold. Die meisten kommen aus dem bitterarmen Nachbarland Simbabwe und träumen von märchenhaften Schätzen, aber in den Schürfgebieten erwartet sie meist Sklavenarbeit, Seuchen und Tod.

Wenn die Kühle der Nacht die Schwüle des Tages in den Chimanimani-Berge im Westen Mozambiques verdrängt, kommen die Malaria übertragenden Anopheles-Mücken in dichten Schwärmen aus den Sümpfen. Die jungen Goldgräber versuchen vergebens, sich mit Feuern den todbringenden Quälgeistern zur Wehr zu setzen. Wenn das Holz noch zu feucht ist, verbrennen sie Plastik, dessen beißender und stinkender Qualm sich in endlosen Schwaden über dem Camp ausbreiten. Die grünen Hügel um die Provinzstadt Manica haben sich in ein gewaltiges Elendslager

verwandelt. Überall entlang dem Fluss Revue sind kleine Siedlungen aus Plastikplanen, Wellblech und Bambus, entstanden. Viele Menschen kampieren aber auch eingehüllt in Lumpen oder notdürftig von mottenzerfressenen Decken bedeckt auf dem Boden und ernähren sich von Wurzeln, Gräsern und Käfern.

Tagsüber graben sie sich mit Spaten und Pickel, teilweise aber auch mit bloßen Händen in die lehmige Erde. Viele von ihnen beginnen ihre Arbeit schon 4 Uhr morgens und beenden diese erst nach völliger Erschöpfung. Die meisten Goldsucher kommen über die Berge aus dem benachbarten Simbabwe, wo die Arbeitslosigkeit über 80 % beträgt und die Inflation bei fast 70.000 % liegt. Aufgrund der großen Anzahl von Goldsuchern die seit Jahren die Grenze zu Mosambique überschreiten, wurde die Visumpflicht für Simbabwe aufgehoben.

Offiziell heißt es, dass sich Mosambique auf diese Weise für die Aufnahme, die Simbabwe mosambiquanischen Flüchtlingen während der 80er Jahre gewährt hatte, bedanken will. Wahrscheinlich aber kann das Land, das sich immer noch von den Folgen des 1992 beendeten Bürgerkriegs erholt, dem Ansturm der Simbabwe nicht mehr anders Herr zu werden, als einfach die Grenzen zu öffnen. Denn mehr als 3 Millionen Simbabwe sind geflüchtet, allein in Südafrika sollen sich bis zu 2 Millionen Flüchtlinge aufhalten. Die meisten weißen Farmer wurden in Simbabwe vertrieben. Ihre Felder verrotten, so dass viele Menschen hungern müssen. International ist der bankrotte Staat Simbabwe isoliert. China macht hier durch Waffenlieferungen an den Diktator Robert Mugabe, der sich seit Jahren mit brutaler Gewalt an die Macht klammert und die Opposition unterdrückt, eine Ausnahme. Solange Mugabe an der Macht bleibt wird der Exodus der Simbabwe weiterhin anhalten.

Über 20.000 Goldgräber, drei Viertel von ihnen kommen aus Simbabwe, durchpflügen bereits die rote Erde von Mozambique. Das Gold soll 8 Meter tief in der Erde verborgen sein. Die Suche nach Gold hat in Mozambique eine lange Tradition. Schon bevor die portugiesischen Kolonialisten kamen, wurde hier geschürft, das benachbarte Südafrika wurde durch reiche Goldvorkommen sogar steinreich. Solange die Portugiesen herrschten, wurde das Gold von großen internationalen Minengesellschaften ausgebeutet. Doch als die Weißen das Land 1975 verließen, hinterließen sie ein Chaos. Mozambique wurde sozialistisch und schlitterte in einen 16 Jahre dauernden Bürgerkrieg, der vom südafrikanischen Apartheidstaat geschürt wurde. Während dieser Zeit kam die Goldproduktion zum Erliegen. Seit der Goldpreis aber nahezu explodiert, herrscht rund um den Fluss Revue eine wahre Goldhysterie.

Dabei funktioniert in den Bergen ein ausgeklügeltes System. Das Land gehört Mozambi-quanern, die hier noch bis vor kurzem Bananenstauden, Mais oder Mangobäume pflanzten und langfristige Pachtverträge mit der Regierung abgeschlossen hatten. Seit der Goldrausch ausbrach, unterteilen die Pächter ihr Land in Claims. Diese lassen sie von den Simbawern durchwühlen, die ihnen dafür einen Teil der Ausbeute überlassen müssen. Deshalb herrschen am Fluss Faustrecht und rohe Gewalt. Wer anderen in die Quere kommt, wird verjagt. Manchmal kommen sogar Polizisten oder Soldaten in die Camps und fordern mit Gewalt und Morddrohungen ihren Anteil ein, denn die Jagd nach Gold ist illegal. Theoretisch gehört das Gold dem mosambiquanischen Staat, aber Polizei und Militär können die illegale Goldsuche mit Gewalt allein nicht stoppen, da die Goldsucher keine Alternative haben und ihre Familien ernähren müssen. Zudem leben auf beiden Seiten der Grenze Angehörige des Schona-Volkes. Sie sprechen eine gemeinsame Sprache und sind untereinander verwandt. Lediglich die einst von den Kolonialmächten willkürlich gezogene Grenze trennt sie voneinander.

In Manica verkaufen die Zwischenhändler das Gold für 27 \$ pro Gramm vor allem an Libanesen, Israelis und Europäer. Dieser Goldexport ins Ausland ist eigentlich verboten. Derzeit läuft das Geschäft für die Händler in Manica, die nicht nur mit Gold handeln, durch den hohen Goldpreis hervorragend. Jeden Donnerstag „bestellen“ sie Lastwagen weise Huren aus Simbabwe, weil freitags in den Minen nicht gearbeitet werden darf. Zudem läuft auch das Geschäft mit dem mozambiquanischen Bier „Buffalo Dry Gin“ bestens.

Der Staat ignoriert diese eigene Welt mit ihren eigenen Gesetzen so gut er kann. Doch lange ist der Raubbau nicht mehr zu übersehen, denn die Flüsse verschlammen zunehmend und kontaminieren das Grundwasser in der Region. Zum jetzt schon herrschenden Trinkwasser-mangel kommt hinzu, dass sich in den Chimanimani-Bergen mittlerweile öde Kraterland-schaften gebildet haben, denn teilweise graben die Goldsucher bis zu 20 Meter tiefe Schächte, die in einem weit verzweigten Tunnelsystem enden. Ist die Grube ausgebeutet, wird das Loch einfach offen gelassen. In der Regenzeit kommt es dann regelmäßig zu Erdrutschen, bei denen immer wieder Goldsucher verschüttet werden. Andere erfrieren in den eiskalten Nächten der Berge. Zudem eskaliert fast jeden Abend die Gewalt in den Camps. Die Zahl der Toten, die dieser Irrsinn fordert, kennt niemand (Der Spiegel Nr.12 / 17.03.08).

9.9 Nicaragua

Nicaragua ist mit einem Durchschnittseinkommen von jährlich weniger als 600 \$ ein sehr armes Land. Daneben ist Nicaragua aber der größte Goldförderer in Mittelamerika und gehört zu den 20 wichtigsten Fundstätten der Welt. Laut der UN-Wirtschaftskommission Cepal für Lateinamerika (2000) betrug die Goldförderung 118.000 Unzen, wobei der wilde Goldabbau der *güiriseros* aber nur unzureichend erfasst wurde.

Etwas außerhalb der Kreisstadt Bonanza, an der ungeteerten Strasse nach Vesubio, werden mit Schubkarren Gesteinsbrocken aus einem Berg ans Tageslicht befördert. Mit Hammer-schlägen zerkleinern die *güiriseros* die geförderten Steine auf die Größe von Hühnereiern und füllen sie in Kunststoffsäcke. Diese Säcke werden in einer *rastra* (Gesteinsmühle), die seit zwei Jahrhunderten nach demselben Prinzip arbeitet, gemahlen. Von einem nahe gelegenen Wasserfall schießt Wasser unter hohem Druck über ein Rohr auf das Schaufelrad der *rastra*. Die Gesteinsbrocken werden sandfein gemahlen und anschließend mit Quecksilber versetzt. Am Ende des Tages kratzen die Arbeiter das Amalgam aus dem Becken und drücken es zum Entwässern durch ein Tuch. Das flüssige Amalgam wird in einem Tiegel erhitzt und über einen Kolben destilliert, wobei sich das Quecksilber in einem Wasserbehälter wieder absetzt.

An guten Tagen steckt in einer Tonne Geröll, das entspricht etwa 15 vollen Kunststoffsäcken, rund 15 g Gold, das mit den Betreibern der *rastra* im Verhältnis 60:40 geteilt werden muss. Niemand weiß genau, wie viele *güiriseros* die Berge im *Minendreieck* von Nicaragua aushöhlen. Die GTZ hat die Arbeitsbedingungen der *güiriseros* untersuchen lassen und ca. 10.000 Goldsucher gezählt. Der wilde Tagebau ist damit der größte Arbeitsgeber der Region.

Die Amerikaner entdeckten um das Jahr 1800 das Goldvorkommen und gründeten Bonanza, um das Gold industriell abzubauen. Seither hat der Goldrausch die Bewohner, am Rande des Regenwaldes von Bosawa, nicht wieder losgelassen.

Viele arbeiten heute für die kanadische Goldschürfgesellschaft *Hemco*, welche die Mine in Bonanza den Amerikanern abkaufte. Die meisten *güiriseos* graben heute aber auf eigene Verantwortung und Rechnung, um an einer der 80 Goldadern mit zu profitieren. Das Goldwaschen hat das Einkommen vieler junger Männer zwischen 18 und 45 Jahren in der Region um Bonanza erheblich verbessert. Das durch Goldabbau erwirtschaftete Geld geben die *güiriseros* aber oft für Alkohol, Glücksspiel oder Prostitution aus, so dass ihre Familien nur selten von dem „Goldreichtum“ profitieren.

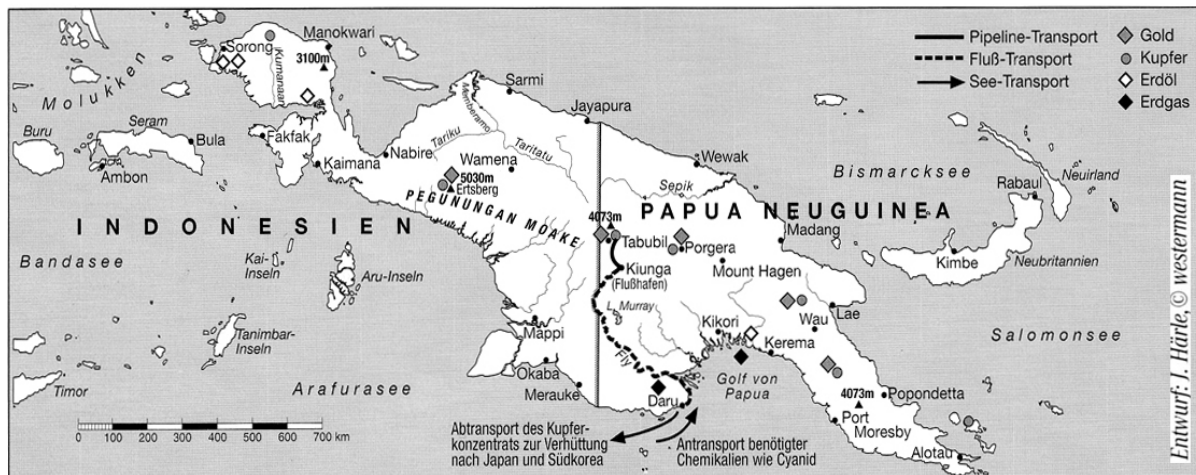
In Vesubio arbeitet statt einer *rastra* ein dieselbetriebenes Stampfwerk. Die *güiriseros* von 60 Schürfergemeinschaften laden hier ihre Säcke ab und verlassen das Gelände mit einem kleinen Beutel Goldstaub. Das Stampfwerk verarbeitet in einer Stunde so viel Gestein wie die *rastra* an einem ganzen Tag. Die Zentralregierung in Managua erhebt jährlich 1.000 \$ Gebühr für den Betrieb des Stampfwerks in Vesubio und fordert 3% Steuern auf den Erlös des Goldverkaufs. Da, laut Betreiber, die Goldausbeute seit Jahren zurückgeht (1996: 1 Unze pro Tonne, 2001: oft nur eine Viertel Unze pro Tonne), könne der Betrieb manchmal kaum die Kosten für die Anlage und die 40 Mitarbeiter decken. Für Quecksilberabscheider und Schutzkleidung sei schlichtweg kein Geld da. 1 kg Quecksilber kostete zu dieser Zeit ca. 52 US-Dollar. Das Amalgam-Verfahren sei laut Betreiber nicht nur schneller, sondern auch umweltschonender, da das Abwasser durch Dutzende von Senkbecken fließt, in denen sich das überschüssige Quecksilber ablagere und zu 80 – 90 % wieder gewonnen wird.

Eine finnisch-nicaraguanische Studie aus dem vergangenen Jahr fand heraus, dass in Vesubio nicht einmal 50 % des Quecksilbers zurück gewonnen wird. Jedes Jahr gelangen auf diese Weise 2,5 – 4 t Quecksilber in die Umwelt von Nicaragua und kontaminieren vor allem die Flüsse. Insbesondere Mühlenarbeiter leiden unter dem hochgiftigen Quecksilber, das über Berührung oder beim Destillieren über die Atemwege in den Körper gelangt und ernsthaft krank machen kann. Hohe Quecksilberkonzentrationen, wie sie im Blut und den Haaren von Destillateuren gemessen wurden, führen zu Krämpfen und Schlaflosigkeit (FAZ 20.11.01).

9.10 Papua-Neuguinea

In Papua-Neuguinea wurden im Jahr 1968 auf dem 2.084 m hohen Mount Fubilan reiche Kupfer- und Goldvorkommen entdeckt. In Kiunga wurde deshalb ein Flußhafen angelegt und von dort eine 135 km lange Straße durch den Regenwald zu der neu angelegten Siedlung Tabubil am Fuße des Berges gebaut. Der von der Bergbaugesellschaft *Ok-Tedi* unvollendete Rückhaltedamm für Abwasser und Erzschlämme wurde von einem Erdbeben zerstört. In dem regenreichen Gebirgsklima mit 8.000 – 10.000 mm Niederschlag jährlich sind Erdbeben, besonders in den abgeholzten Regenwaldgebieten keine Seltenheit.

Dennoch erlaubte Papua-Neuguinea im Jahr 1984 den Goldbergbau durch Cyanidlaugerei, um ca. 1 g Gold pro Tonne Gestein zu gewinnen. Bei der nach einigen Jahren einsetzenden Förderung von Kupfererz müssen täglich 80.000 t Abraum bewegt werden, um ca. 7,5 g Kupfer pro Tonne Gestein zu gewinnen. Das Kupfer-Konzentrat wird mit Wasser verdünnt in einer Pipeline zum Hafen in Kiunga transportiert.



Rund 40.000 m³ zum Teil giftbelastete Abwässer und Schlämme muss der Ok Tedi, der in den Fly mündet, täglich aufnehmen. Weil der Fluss nur einen Teil dieser Sedimentfracht abtransportieren kann, erhöhte sich sein Flussbett ständig, so dass er immer öfter über die Ufer trat und seine giftige Fracht immer weiter ausbreitete. Das Flussbett des Ok Tedi hat sich durch die hohe Sedimentationsbelastung der Mine in nur wenigen Jahren um 10 m erhöht.

Die Einheimischen fordern eine Entschädigung für die Zerstörung ihres Lebensraums, den Bau eines Rückhaltedamms und eine Beteiligung am Erlös der Mine von 25 %. Die Bergbaugesellschaft *Ok-Tedi* hingegen verweist auf die Errichtung der 5.000 Einwohner Stadt Tabubil mit Krankenhaus, Schule, Post, Bank, Supermarkt, Flugplatz und richtigen Häusern. Die Lebenserwartung stieg von früher 30 auf heute fast 50 Jahre und nur unterhalb der Einleitungsstelle gebe es kaum noch Fische. Wegen der Erdbebengefahr und den heftigen Regenfällen müsste ein Spezialdamm für weit mehr als 500 Mio. Euro errichtet werden, der der Firma zu teuer ist. Außerdem sei die tägliche Einleitung von Abwasser in den Ok Tedi geeigneter und sicherer als sich einer gigantischen Umweltkatastrophe in Form eines Dammbrochs auszusetzen. Wirtschaftlich gesehen ist die Mine ein großer Erfolg, denn aus den 600.000 t Konzentrat, die an der Mündung des Fly auf Hochseeschiffe verladen werden, gewinnen Schmelzen in Japan und Südkorea jährlich 175.000 t Kupfer, 8 t Gold und 23 t Silber (Praxis Geographie 11/1998).

9.11 Peru

Mit zahlreichen Vergünstigungen hat die Regierung des ehemaligen Präsidenten *Fujimori* ausländische Bergbauunternehmen nach Peru geholt. Diese investierten in den letzten acht Jahren fast 5 Mrd. US-Dollar in den Goldabbau. Inzwischen ist Peru der achtgrößte Bergbauproduzent der Welt. Die internationalen Goldbergbauunternehmen beuten in wenigen Jahren die Bodenschätze aus und hinterlassen eine zerstörte Umwelt. Dabei werden nicht nur Flüsse verseucht, sondern auch ganze Berge abgetragen. Der Staat nimmt den Bauern Ackerland weg und die peruanische Bevölkerung wird an den Gewinnen nicht beteiligt. Sie verelendet und leidet langfristig unter Schwermetallen und giftigen Chemikalien.

In den Bergbauregionen wetteifern 3.200 der 5.680 Bauerndörfer mit den Unternehmen um Land und Wasser. Die Abbaurechte werden vom Staat vergeben, ohne darauf zu achten, wem das Land gehört. Planlos zur Vernichtung

freigegebenes Ackerland ist besonders schädlich für die Zukunft des Landes, denn nur 5 % der gesamten Landesfläche ist für die Landwirtschaft geeignet. Werden die Bauern enteignet, droht ihnen Hunger und Not, denn für neues Ackerland fehlt ihnen das Geld und sie erhalten keine Entschädigungen.

In Tambogrande leben 15.000 von 22.000 Einwohnern vom Zitronen- und Mangoanbau. Sie produzieren fast die Hälfte aller Mangos und Zitronen in Peru. Das geplante Bergwerk soll dagegen nur 350 Arbeitsplätze für 12 Jahre schaffen und dann verseuchte Flüsse und Böden hinterlassen. Die Regierung stellte nach einer Volksbefragung, bei der sich 98 % gegen den Goldabbau aussprachen, das Projekt vorläufig ein.

Die unkontrollierte extrem hohe Wasser- und Luftverschmutzung durch giftige Chemikalien zerstört die Landwirtschaft und schädigt die Gesundheit. In dem Ort La Oroya in den Anden in 3.500 m Höhe leiden beispielsweise 90 % der Kinder unter Bleivergiftungen. Bei den so genannten Bleikindern verlangsamt Blei im Blut das Wachstum und stört das Nervensystem. Bleikinder sind deshalb ungewöhnlich klein. Bei der Gewinnung von Bodenschätzen durch Bergbau werden aber auch Quecksilber, Kadmium und Arsen eingesetzt. Die modernen Goldgewinnungsverfahren hinterlassen nach der erfolgreichen Ausbeutung in aller Regel Mondlandschaften, Arbeitslosigkeit, langfristige Umweltschäden und Armut (Caritas International ???).

In Yanacocha befindet sich die größte und profitabelste Goldmine Südamerikas. Zusammen mit einem einheimischen Partner und der *Weltbank-Tochter IFC* hat die US-amerikanische *Newmont Mining Corporation* 2,5 Mrd. US-Dollar in die zweitgrößte Goldmine der Welt gesteckt. 1994 begann die Produktion der Goldmine, und heute erbringt sie rund 50 % der peruanischen Goldförderung. In den nordperuanischen Anden um Cajamarca wurde nie viel Gold gefördert, da es dort zu wenig gab. Aber neue Verfahren wie die Cyanidlaugerei machen die Ausbeute schon ab einem Goldgehalt von nur 0,9 g pro Tonne Gestein rentabel. In Yanacocha beträgt der Goldgehalt rund 1 g pro Tonne Gestein. Pro Tag gewinnt die *Newmont Goldmine* 250 kg Gold.

Ende August 2006 drohte *Newmont*, die Mine zu schließen, nachdem die Zufahrtsstrassen tagelang von aufgebrachten Anwohnern blockiert wurden, die dem Unternehmen erneut vorwarfen, die Wasserläufe zu schädigen. Die Kritik zielt nicht nur auf die Cyanidlaugerei, die laut *Newmont* in geschlossenen Kreisläufen eingesetzt wird, sondern auch auf die Eingriffe in den Wasserhaushalt. Yanacocha versetzt buchstäblich Berge, und dadurch verschwinden Seen, Bäche und Flusszuläufe durch die hohe Sedimentbelastung. Zudem veröffentlicht das Unternehmen kaum Messergebnisse über Wassermenge und -qualität, was die 130.000 Einwohner von Yanacocha sehr verunsichert, denn viele von ihnen betreiben im Umland Viehwirtschaft.

Der Yanacocha-Pressechef versicherte, nach einer Auskunftsgenehmigung durch die Zentrale in den USA, dass ständig Luft-, Wasser- und Bodenprüfungen vorgenommen würden. Eine Statistik über verendete Tiere, für die *Yanacocha* Entschädigungen gezahlt hat, gebe es allerdings nicht. Die Behörden sind entweder überfordert, unterfinanziert oder beides, wenn sie Bergbauvorhaben auf Kollateralschäden überprüfen sollen. Im Bergbau-Ministerium in Lima gibt es gerade mal 4 Fachleute, die für die Umweltgutachten von so riesigen Projekten wie Yanacocha zuständig sind. Der staatliche Veterinärdienst hat nicht einmal untersucht, ob Vieh in der Nähe der Mine häufiger verendet als weiter weg. Von den

ca. 50 Rinderkadavern pro Jahr wurden bisher nur 2-3 Kadaver genauer untersucht, weil die Laborkosten für diese Untersuchungen zu hoch seien.

Der Bergbau ist in den letzten Jahren auf 54 % des Exporterlöses gewachsen. Aber viele Peruaner sehen darin nur die Modernisierung der Jahrhunderte langen Ausplünderung ihres Landes. Tatsächlich bietet Peru so freundliche Investitionsbedingungen wie kaum ein anderes Land auf der Welt. 181 Mio. \$ hat *Yanacocha* 1994 für 90 Tonnen Gold gezahlt. 2.300 Festangestellte und dreimal so viel waren 1994 indirekt beschäftigt. Von 1994 bis 2002 ist den UN zufolge die Unterernährung bei Kindern in der Region noch gestiegen und Cajamarca sei immer noch das zweitärmste unter den 24 peruanischen Departements. Bei der Errichtung der Mine wurde Land für 40 € pro ha unter staatlicher Drohung der Enteignung aufgekauft (FR 04.09.2006). (TZ 05.02.00). Der Versuch, einen Berg oberhalb von Cajamarca auszubeuten, der von der Landbevölkerung als heilig angesehen wird, während die Städter sich vor allem um die Wasserversorgung fürchteten, scheiterte 2004 am Widerstand der Bevölkerung. Der Berg ist dem Unternehmen 2,5 Mrd. US-Dollar wert und nach der Ausbeutung von Yanacocha das nächstgelegene und profitabelste Opfer (FR 04.09.2006).

9.12 Rumänien

Am 30. Januar 2000 kam es gegen 22 Uhr bei der Goldmine *Aurul S.A.* im Nordwesten von Rumänien zu einer Umweltkatastrophe riesigen Ausmaßes. Die Anlage war noch nicht einmal ein Jahr in Betrieb gewesen, als der Damm eines Auffangbeckens brach. Die Goldmine liegt am Fuße der Karpaten nahe der „grauen“ 150.000 Einwohner-Stadt Baia Mare (rumänisch: große Mine), die durch 10-stöckige Häuserblocks, wenige Bäume und viel Schnee gekennzeichnet ist. Die Römer hatten vor 2.000 Jahren begonnen, Gold in den Bergen hinter Baia Mare abzubauen. Seit Jahrzehnten verpesteten in Baia Mare Blei- und Edelmetall-fabriken Luft und Boden mit Bleistaub, Schwefeldioxid und Arsen. Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte für Luftverunreinigungen um den Faktor 10 sind für Baia Mare nicht ungewöhnlich. Totgeburten und Missbildungen treten deswegen gehäuft auf. Im Vorort Recla arbeitet die *Aurul S.A.*, ein australisch-rumänisches Jointventure von 120 Mitarbeitern; 5 Australier und 115 Rumänen (Stern 9/2000). *Aurul S.A.* gewinnt in Baia Mare jährlich etwa 8 t Gold und 50 t Silber aus schwermetallbelasteten Abräumen (mit 1 - 4 g Gold pro Tonne) umliegender Erzbergwerke (FAZ 11.02.00). Das 30 Mio. US-Dollar teure Projekt war auf 10 Jahre angelegt und wurde u.a. von der *Dresdner Bank* finanziert (Stern 9/2000). Jeweils 8,5 Mio. US Dollar Kredit für den Bau der Goldmine stammen von der *Dresdner Kleinwort Benson* und der britischen Firma *Rothschild & Sons Ltd.* Das Unternehmen *Aurul S.A.* gehört zu 50 % der australischen Firma *Esmeralda Explorations Ltd.* und zu 44,8 % der staatlichen rumänischen Bergwerksgesellschaft *Remin* (BZ 15.02.00).

Die Menschenrechtsorganisation *Fian* forderte die *Dresdner Bank* auf, sich an Entschädigungszahlungen zu beteiligen, da die Bank die „Umwelterklärung der Banken“ von 1992 unterzeichnet hat. In dieser Umwelterklärung, die bis 1996 weltweit über 80 Banken unterzeichnet haben, befürworteten diese „ein vorausschauendes Umweltmanagement zur frühzeitigen Erkennung und Vorbeugung potenzieller Umweltschäden“ und einen „verantwortungsbewussten Umgang mit der Umwelt“ (TAZ 16.02.00).

Aurul S.A. verwendet neben anderen problematischen Goldgewinnungsverfahren auch die Cyanidlaugerei. Die dabei zur Anwendung kommende Blausäure fällt als

hochgiftiges Abwasser an und wird in einem Teich von 1,5 m Tiefe in einer extrem hohen Konzentration von ca. 405,5 mg/l gesammelt. Das Auffangbecken hat eine Fläche von 18 Fußballfeldern und wurde mit einer 5 mm dicken Kautschukfolie ausgelegt.

Vor dem Unglück regnete und schneite es mehrere Tage sehr stark, so dass der Pegel des Teiches, so stark angestiegen war, dass er die Deichkrone erreichte und sie aufweichte. Infolge von Erosion durch das Überlaufen der Deichkrone oder eines Wasserdurchbruchs durch das sandhaltige und damit leicht wasserdurchlässige Dammmaterial, barst der Deich innerhalb kürzester Zeit auf einer Länge von 25 Metern. Die Giftbrühe schoss über Teile des Firmengeländes und gelangte über kleine Kanäle in den Lapus, der nach wenigen Kilometern in den Szomas (rumänisch: Somes) mündet. Der Somes mündet auf ungarischer Seite in die Theiß, den zweitgrößten Fluss des Landes. Die Theiß mündet vor Belgrad in die Donau, welche im Donau-Delta ins Schwarze Meer mündet.



70 Bergbauarbeiter wurden an den Unglücksort gebracht, um den Damm mit Säcken unter dem Einsatz von Lastwagen und Baggern abzudichten, aber in der Nacht konnten sie gegen die Flut nichts ausrichten. In den ersten 11 Stunden entwichen ca. 100.000 m³ cyanidhaltige Abwässer aus dem Auffangbecken und erst nach 51 Stunden konnte das Loch im Damm wieder geschlossen werden (Stern 9/2000). Nach Angaben des ungarischen Umweltministeriums waren etwa 100 t Cyanid und eine ebenso große Menge an Schwermetallen in den Lapus in Rumänien gelangt (FAZ 18.02.00).

Am 5. Februar erreichte die Giftflut gegen 4 Uhr morgens Tokaj, wo der berühmteste Wein in Ungarn gedeiht. Kapitäne der dortigen Wasserschutzdirektion stellten ihre Eisbrecher quer, um die vergifteten Fischleichen leichter bergen zu können. Der ganze Fluss war mit Fischleichen bedeckt und der bittere Mandelgeruch der Blausäure lag in der Luft. Die Leichenfischer erlitten durch die giftigen Dämpfe stechende Kopfschmerzen (Stern 9/2000). In Ungarn mussten seit dem Eintreffen der Giftflut hunderttausende Menschen über mehrere Tage durch Tankwagen mit Trinkwasser versorgt werden (TAZ 14.02.00).

Am 10. Februar kam die Giftwelle in Nord-Serbien an. Zur Bewässerung der großen landwirtschaftlich genutzten Flächen der *Wojwodina* wird dort Wasser aus der Theiß

entnommen. Serbien hatte zu diesem Zeitpunkt noch mit den Folgen der Nato-Luftangriffe zu kämpfen, denn durch den Beschuss von Raffinerien und Chemiefabriken entlang der Donau gelangten verschiedenartige Giftstoffe in die Donau (St.Z 15.02.00).

Am 13. Februar erreichte die Cyanidfront, mit einer Konzentration von 2 mg/l die Donau vor Belgrad. Der starke Verdünnungseffekt der Donau führte dazu, dass die zulässigen Grenzwerte (Europa: 0,05 mg/l, Rumänien, Ungarn und Serbien: 0,01 mg/l, Bulgarien: 0,1 mg/l) erstmals unterschritten wurden. In Ungarn hängten zu diesem Zeitpunkt Fischer im ganzen Land schwarze Fahnen an den Brücken entlang der Theis als Zeichen des Protests und der Trauer auf. Anwohner warfen Blumen in den Fluss und zündeten Kerzen an. Rund 300 Tonnen Fisch hatte die Theiß in den letzten beiden Wochen angespült (TAZ 14.02.00).

Die Entsorgung der kontaminierten Fische stellte eine große Herausforderung dar, denn Cyanid kann durch das Vergraben der Fische durch Infiltration bis ins Grundwasser gelangen. In Serbien wurden die meisten Fische in 3 m Tiefe begraben und zur Bindung des Cyanids mit Chlorkalk versetzt. In Ungarn wurden die meisten Fische in der Sondermüllverbrennung von Debrecen entsorgt. Die wichtigste Aufgabe neben Maßnahmen der Sicherung der Unfallstelle, Warnung der Bevölkerung und evtl. Errichtung von Schutzdämmen besteht in der Bergung der kontaminierten Fische, um weitere Opfer und somit eine Ausbreitung des Giftes in der Nahrungskette zu verhindern (FR 16.02.00).

Die Cyanidfront erreichte am 18. Februar nach über 1950 km das Donaudelta am Schwarzen Meer. Im Donaudelta wurden Cyanid-Konzentrationen von 0,03 - 0,04 mg/l gemessen. Deshalb mussten selbst noch in diesem weit von der Unfallstelle entfernten Gebiet, Menschen mit Trinkwasser versorgt werden. Ein Fischsterben blieb hier jedoch aus (FR 29.02.00).

In Bulgarien wurden bereits Tage zuvor örtliche Schutzmaßnahmen und das Fangverbot für Donau-Fisch wider aufgehoben, da die gemessenen Cyanid-Konzentrationen laut bulgarischer Behörden den zulässigen Grenzwert von 0,1 mg/l bereits weit unterschritten hatten. Im rumänischen Abschnitt der Donau wurde zu diesem Zeitpunkt noch eine Konzentration von 0,25 mg/l gemessen, aber die Lage verbesserte sich auch hier weiter. Das Ministerium für Katastrophenschutz in Kiew erklärte, dass sich die Cyanidflut, gut 3 Wochen nach dem Unglück, auf einer Länge von 100 km durch die Donau erstreckte. Dies erkläre die unterschiedlichen Spitzenwerte in Rumänien, Bulgarien und der Ukraine (St.Z 24.02.00).

Unterdessen entwich offenbar weiterhin Cyanid aus dem Unglücksbecken in Baia Mare. Das rumänische Gesundheitsamt stellte fest, dass fünf und wenige Tage später schon sieben Brunnen in der Nähe des Auffangbeckens mit Blausäuresalzen kontaminiert waren (BZ 22.02.00). Nachdem der Unfall von Baia Mare von den rumänischen Behörden untersucht worden, stellten diese zudem fest, dass eine andere Firma in Baia Mare regelmäßig cyanid-haltige Abwässer in den Lapus einleitet (TAZ 14.02.00).

Die Betreiber der Mine der Vorsitzende des australischen Unternehmens Esmeralda Explorations Ltd., *Brett Montgomery*, in Canberra wies jede Verantwortung für das Unglück zurück. Sie bezweifelten, dass Cyanid die Ursache des Fischsterbens gewesen sei. Tiere und Pflanzen seien durch Natriumhypochlorid vergiftet worden, das zum Neutralisieren des Cyanids eingesetzt wurde, aber diese Gegenmaßnahme hat nie stattgefunden (FAZ 18.02.00).

Der rumänische Umweltminister *Romica Tomescu* hat schwere Mängel bei Klärbecken mit giftigen Bergbau-Rückständen eingeräumt und die Überprüfung aller Bergbau-Kläranlagen angeordnet. Von den landesweit 106 derartigen Klärbecken sind nur 52 im Fall von Über-schwemmungen abgesichert und bei 43 sei die zulässige Speicherkapazität erreicht oder überschritten. 33 Kläranlagen hätten kein Benutzungs-Regelwerk, das im Einklang mit dem Bauplan hätte erarbeitet werden müssen. Umweltminister Tomescu verlangte strengere Gesetze und die Ausschöpfung der existierenden Strafgesetze. Ursache für das Unglück in Baia Mare war nach rumänischer Darstellung das in der Region herrschende Hochwasser durch starke Niederschläge und Schneeschmelzereignisse. Diese Ursachen bestätigte auch ein Untersuchungsergebnis der UN-Organisation UNEP, bei dem aber technische Mängel gleichermaßen für das Unglück mitverantwortlich gemacht wurden (BZ 26.04.2000).

Aurul hat wenig zur Aufklärung der Katastrophe beigetragen. Chef Phil Evers hockt in seinem Werksbüro in Baia Mare und gibt sich cool. „Zweifellos gab es hier einen Unfall, bei dem kritische Substanzen freigesetzt wurden. Die Firma bedauert das, und wenn da Fischer betroffen sind, dann ist auch das bedauernswert.“ Mehrere frühere Störfälle, bei denen schon vor der jüngsten Katastrophe Cyanid durch undichte Rohre freigesetzt wurde, tut er als „kleine Vorfälle in der technologischen Testphase“ ab. Da seien mal „ein paar Tropfen über ein Stück Land geflossen, und wir haben den Besitzer entschädigt.“ Aurul musste damals ca. 1300 € Strafe bezahlen, weil einige Rinder verendet waren. Dabei wurde jedes Vieh mit mehr als dem doppelten Marktpreis entschädigt. Dass der Deich gebrochen ist, sei keineswegs auf Konstruktionsmängel zurückzuführen, sondern alleinig auf die schlechte Wetterlage. Der Direktor der Umweltbehörde beklagt, dass der steigende Pegel nicht kontrolliert worden sei. In einem vertraulichen Bericht des rumänischen Krisenstabes heißt es aber, dass der Wasserpegel laut Kontrollen der Umweltbehörde EPA bereits am 28. Januar bedrohlich angestiegen war. Am selben Tag hat der Chef Phil Evers seinen Job gekündigt, um mit seiner Familie zu verreisen und um „auszuspannen von all dem hier“. Zurück bleiben die Menschen, die es sich nicht leisten können, vor dem Gift zu fliehen.

Wo sonst tosendes Geschrei von Tausenden von Möwen, Wildenten und Wildgänsen ertönte, herrscht jetzt Totenstille in und rund um die bräunlich trübe Theiß. 300.000 Ungarer, die von und mit ihr lebten, wissen nicht, ob der Fluss jemals wieder so sein kann wie früher. Sogar Hasen, Füchse und Wildschweine sind verschwunden, und auch Biber und Fischotter sind durch die vergiftete Fischnahrung stark bedroht. Im Mai laichen an der Theiß Millionen Frösche und im Juni ist das Wasser von tausenden sich paarenden gelb-schwarzen Schmetterlingen fast nicht mehr zu erkennen (Stern 9/2000). Besonders bedauerlich ist, dass sich die Katastrophe in der Hauptlaichzeit vieler Fischarten ereignet hat. Nach Angaben von Umweltschutzorganisationen sind in der Theiß durch Cyanid, neun geschützte Fischstämme vernichtet worden, darunter vermutlich auch empfindlichere Arten wie Stör und Donaulachs. Laut WWF starben an dem Gift auch Graureiher, Störche und Seeadler (BZ 15.02.00).

In Rumänien werden Verletzungen von Umweltrichtlinien in aller Regel nur lax oder gar nicht geahndet. Die rumänische Regierung sieht die Verantwortung bei der australischen Betreiberfirma *Esmeralda Explorations Ltd.*, gegen die in Rumänien ohnehin bereits mehrere Prozesse wegen Umweltverschmutzung laufen (TAZ 14.02.00). Das gewonnene Gold aus der Mine geht ausschließlich an die Nationalbank Rumäniens (FAZ 14.02.00). „Rumänien braucht 20 Mrd. € für den

Umweltschutz, um die Beitrittsrichtlinien der Europäischen Union erfüllen zu können“, sagt Fokion Foidadis, EU-Beauftragter in Bukarest. Und bisher ist Rumäniens Budget für Transportwesen noch 20-mal höher als das für Umweltschutz. Warnungen des EU-Beauftragten diesbezüglich sind bisher stets auf taube Ohren gestoßen, so dass es in den letzten Jahren immer wieder zu Giftschüben von Öl, Benzin, Schwermetallen und Chemikalien über den Somes in die Theiß kam.

Der Biologe Dr. Oszkar Balazs vom regionalen Umweltaufsichtsamt berichtet, dass die australische Firma nun behauptet, dass die Fische wegen der extremen Kälte infolge von Sauerstoffmangel unter der zugefrorenen Theiß verendet seien. Über solche Märchen kann der Biologe nur lachen, denn er untersucht Wasserproben seit Beginn der Katastrophe und weiß, dass sogar die Einzeller abgestorben sind. Die Cyanid-Konzentration war mit 20 mg/l etwa 200mal zu hoch für die meisten Lebewesen. Für die Theiß und auch für die Nebenflüsse wurde ein totales Fangverbot verhängt. Man hat die Hoffnung, dass mit den Frühjahrhoch-wässern Fische aus Nebenarmen in die Theiß geschwemmt werden und der Theiß wieder Leben einhauchen. Größer als die Hoffnung aber ist die Angst davor, dass viele tote Fische nicht geborgen werden konnten, weil sie am Grund der sehr kalten und teilweise noch zugefrorenen Theiß liegen. Diese Fische könnten Schlangen und Frösche, die noch in den Höhlen der Berge überwintern, sowie auch Fische und Schildkröten, die im Flussgrund vergraben Winterschlaf halten, gefährden (Stern 9/2000).

Internationale Wissenschaftler sprachen von der größten Giftschlammflut, die es je gegeben hat. Die Fischereiindustrie in den Anrainerstaaten wurde zerstört, der Tourismus brach ein und besonders nachteilig für das Hauptopfer Ungarn war, dass im Grundlagenvertrag zwischen Ungarn und Rumänien Umweltschäden nicht geregelt waren. Der Schaden geht in die Milliarden und wird vor allem von der EU bezahlt werden müssen. Insgesamt verendeten etwa 500 t Fisch qualvoll und nur ein paar Algen und Bakterien überlebten die Cyanidflut (Stern 9/2000). Laut WWF wurden bei dem Unglück innerhalb von nur 2 Wochen 700 km Flussstrecke vollständig mit hochgiftigen Blausäuresalzen und Schwermetallen verseucht.

Bereits im Jahresbericht 1999 des australischen Bergbaukonzerns Esmeralda, sei von technischen Problemen mit Pumpen und Abwasseranlagen die Rede gewesen. Als Vieh in der Nähe der Mine verendete, hätten rumänische Behörden zwar Verbesserungen verlangt, aber der Konzern habe lediglich Entschädigungen an die Bauern gezahlt. Eine EU-Experten-kommission hatte zudem einige Monate vor dem Unglück technologische und bauliche Mängel bei den Aurul-Anlagen festgestellt und ein Verbot der Cyanidlaugerei gefordert. Das Unglücksbecken wurde von der High-Tech-Firma Esmeralda Explorations Ltd. gebaut. Dabei wurde teilweise zu leichtes Material mit einem zu hohen Sandanteil verwendet (FR 16.02.00).

Wenige Wochen nach dem Unglück von Baia Mare brach zweimal der Damm des Klärbeckens bei der staatlichen Mine Borsa. Dabei gelangten 22.000 t mit Zink, Blei und Eisen belasteter Schlamm über kleinere Flüsse in den Oberlauf der Theiß, der von dem Unglück von Baia Mare nicht betroffen war. Diese Metalle belasten die Theiß zusätzlich auf lange Sicht (Berliner Luftzeitung). Am 3. Dezember 2000 kam es im westlichen Rumänien bei der Stadt Reschitza wieder zu einem Cyanidunfall, bei dem der Fluss Birzava verseucht wurde und für die Trink- und Brauchwasserentnahme gesperrt werden musste.

Fast ein halbes Jahr nach dem Unglück von Baia Mare wurde der Deich um das Unglücksbecken verstärkt und um einen Meter erhöht. Die für die Genehmigung zuständige Kommission aus Umwelt- Bau und Wasserschutzbeamten war nun der

Meinung, Aurul habe zufrieden stellende Lösungen für technische Verbesserungen vorgelegt. Zudem sei die erneute Inbetriebnahme notwendig, da sich die Anlage in einer schwierigen finanziellen Situation befinde und 1.500 Arbeitsplätze in Gefahr seien. Vor der vorläufigen Genehmigung waren auch die Bauern der Umgebung angehört worden, deren Brunnen durch Cyanide verseucht worden waren, Ihnen wurden Entschädigungen versprochen (TZ 13.07.2000). Im September 2000 hat die *Aurul S.A.* die Goldproduktion in Baia Mare wieder aufgenommen.

Ende Januar 2001 zogen die Menschenrechtsorganisation *FIAN* und der Umweltverband *BUND* eine kritische Bilanz. In den betroffenen Gebieten ging der Tourismus um 60 % zurück und hunderte Fischer verloren ihr Einkommen und Grundnahrungsmittel. Bis heute haben die Betroffenen keine Entschädigungen erhalten, obwohl das UN-Umweltprogramm festgestellt hat, dass eklatante Mängel in Planung und Betrieb für die Katastrophe verantwortlich waren. Von der *Dresdner Bank* fordern die Organisationen, sich an der Beseitigung der Schäden zu beteiligen. Obwohl der Vorstandsvorsitzende der *Dresdner Bank* nach dem Unglück Besserung gelobt hat, investiert die Bank weiter in Goldbergbauprojekte, bei denen massive Umweltschäden und Menschenrechtsverletzungen an der Tagesordnung stehen, wie beispielsweise in Ghana, wo Tausende Bauern durch Goldminen vertrieben oder von Trinkwasser und Agrarland abgeschnitten wurden (Rabenpfeffer 02/03.01).

Am 16. Februar 2001 ist in Rumänien erneut ein Fluss mit giftigen Chemikalien verseucht worden. Aus einer Chemiefabrik im südrumänischen Craiove ergoss sich eine Ammoniak-Lösung in einen Zufluss der Donau, den Schyl und tötete tausende Fische. Die Ammoniak-Konzentration betrug einen Tag nach dem Unglück 20 mg/l. Erst im Januar war der Fluss Siret im Nordosten Rumäniens mit Cyanid verseucht worden, wobei 200 Menschen in Krankenhäuser eingeliefert werden mussten (FR 17.02.01).

Fast zwei Jahre nach dem Cyanidunfall im nordrumänischen Baia Mare hat in Budapest der Prozess gegen *Aurul S.A.* begonnen. Vor dem Gericht erschien nicht der *Aurul*-Anwalt, sondern der Anwalt des Unternehmens *Transgold*. Das Gericht vertagte die Verhandlung um 2 Monate um zu klären, ob *Transgold* der *Aurul*-Rechtsnachfolger sei. In dem Prozess verklagt der ungarische Staat Aurul auf Schadensersatz in Höhe von ca. 115 Mio. Euro. Das australische Unternehmen *Esmeralda Explorations Ltd.* hatte kurz nach dem Cyanidunfall vom 30. Januar 2000 Konkurs angemeldet. Der Handel mit Aktien der *Esmeralda Explorations Ltd.* musste nach einem Kurssturz von 40 % eingestellt werden (TAZ 05.12.01).

Der australische Goldproduzent *Esmeralda Explorations Ltd.* ist seit einigen Jahren in Rumänien aktiv. Jahrelang hatte sie Lobby-Arbeit für Minen-Konzessionen in Bukarest geleistet. Dabei erhielt sie sowohl politische Unterstützung aus Canberra als auch aus Bukarest. Besonders Australiens Labor-Oppositionsführer Kim Beazley hatte sich bei der rumänischen Regierung für die Lizenzerteilung eingesetzt und Rumäniens Präsident selbst hatte das Goldprojekt gefördert. Die Australier konnten sich nach sieben Jahren Lobby-Arbeit schließlich Konzessionen für ein Gebiet von 20 km² in der Umgebung der Stadt Baia Mare und weitere Blocks bis zur Grenze zur Ukraine sichern. *Esmeralda* hat dort drei Altlager wieder geöffnet und abgebaut. Zudem wurde eine Goldaufbereitungs-Fabrik gebaut. Vor der Katastrophe verhandelte *Esmeralda* über ein zusätzliches Gebiet von 55 km² (HB 15.02.00)

Ioan Gherhes, Direktor der staatlichen Umweltagentur in Baia Mare ist sich sicher, dass die *Aurul S.A.* bzw. *Transgold* weiterhin Gold schürfen dürfe, wenn alle Auflagen erfüllt sind. Schließlich gebe es rund um Baia Mare noch 20 weitere vergleichbare Dämme von anderen Firmen, die ebenfalls Cyanid zur Goldgewinnung

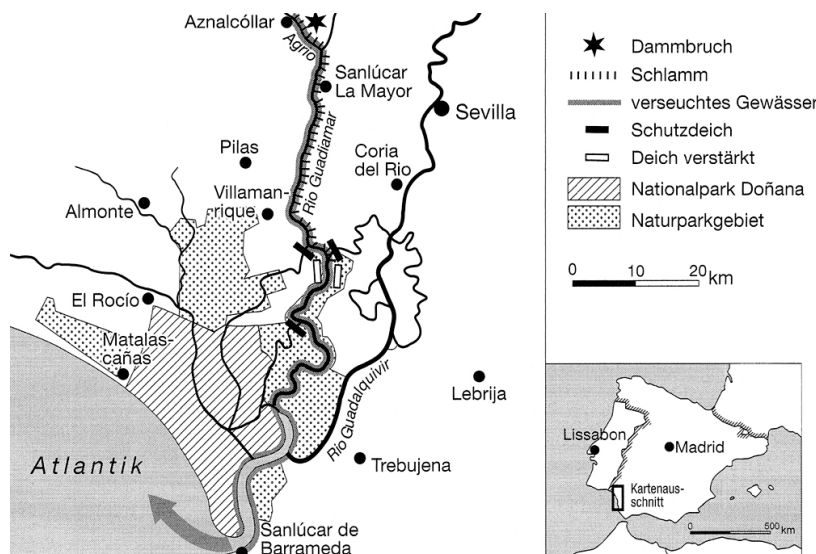
verwenden. Dabei galt der Damm der *Aurul S.A.* bis zum Zeitpunkt des Unglück eigentlich als der sicherste von allen, insbesondere weil er mit einer Kautschukfolie ausgelegt war. Bei den anderen ist dies in der Regel nicht der Fall. Deswegen muss davon ausgegangen werden, dass immer wieder oder ständig etwas Cyanid aus diesen Auffangbecken in den Boden und das Grundwasser sickert.

Rund um Baia Mare wird nicht nur Gold, sondern auch Blei, Zink, Kupfer oder Eisenerz abgebaut und teilweise weiterverarbeitet. Die Lebenserwartung der Einwohner von Baia Mare liegt etwa 10-15 Jahre tiefer als in anderen Regionen des Landes (Schlaglicht – Die Südost-Schweiz 15.05.00). Ein Drittel der Bevölkerung von Baia Mare leidet an chronischer Bronchitis und jährlich werden etwa 500 neue Fälle der hirnschädigenden Bleikrankheit diagnostiziert. Die Krankheiten werden durch zehntausende Tonnen Bleistaub aus den Schloten des Bleiwerks *Romplumb* und Schwefeldioxid vom Chemiewerk *Phoenix*, die unentwegt auf die Bevölkerung nieder rieseln bzw. nieder regnen, ausgelöst (TZ 19.02.00).

Der rumänische Umweltbericht des Jahres 1998 beziffert die Fläche, die mit den Schwermetallen Kadmium, Kupfer, Zink oder Blei verseucht sind auf 900.000 ha, das entspricht rund 1 Mio. Fußballfeldern. Seit 1995 gilt in Rumänien ein neues Umweltschutz-gesetz, das aber nur selten Anwendung findet, denn die meisten Firmen zahlen lieber geringe Strafen, als gesetzliche Grenzwerte einzuhalten. Die Esmeralda Exploration Ltd. musste für die Umweltkatastrophe im Januar 2000 etwa 1.000 Euro Strafe an die rumänische Regierung bezahlen. In Baia Mare ist der Boden teilweise bis in 1 m Tiefe mit Cyaniden und Schwermetallen kontaminiert.

9.13 Spanien (Andalusien)

Am 25.04.1998 brach der Damm des Auffangbeckens der von der schwedischen Firma *Boliden Apirsa* betriebenen Schwefelkies-Mine beim 6.000 Einwohner zählenden Minenstädtchen Aznalcollar in Andalusien. Ob Sprengungen in nahe gelegenen Bergwerken oder natürliche Erschütterungen die Ursache für den Riss im Damm waren, ist ungeklärt. Dicht war er jedenfalls nicht, da schon Jahre zuvor Schadstoffe ausgesickert waren. Aus einer 50 m breiten Kerbe ergossen sich etwa 5 Mio. m³ Giftschlamm über den Rio Agrio in den Rio Guadiamar. Die Säuren, Blei, Zink, Kadmium und Quecksilber enthaltende Giftbrühe vernichtete in der Aue des Agrio und Guadamir auf einer Länge von 40 km alles Leben.



Durch die mangelnde Koordination zwischen der Zentralregierung in Madrid und der Regionalregierung in Sevilla verstrich wertvolle Zeit bis wirksame Maßnahmen ergriffen wurden, um mit Behelfsdämmen die Schlammflut vom angrenzenden Nationalpark *Cota Donana* fernzuhalten. Begonnen wurde mit dem Abtragen der oberen Bodenschicht (10-15 cm) in der Guadamir-Aue. Die zu entfernende Abraummenge von rund 7 Mio. Tonnen entspricht ca. 350.000 Lastwagenladungen. Schnelles Handeln war erforderlich um bei Niederschlägen ein Weiterschweben bzw. bei Trockenheit ein Ausblasen des giftbelasteten Staubs zu verhindern. Die abgetragene Schlammschicht wurde zunächst aufs Minengelände transportiert. Da aber nur ca. 10 % des Giftschlammes aus dem Auffangbecken entwichen, war die Sicherung des Damms von besonderer Dringlichkeit. Opfer der giftigen und extrem sauren Schlammflut (pH-Wert 2) wurden sämtliche Wassertiere und -pflanzen in den Flüssen und Auen des Agrio und des Guadamir. Trotz des Einsammelns mehrerer Tonnen verendeter Fische und anderer Tiere, kamen auch Reiher, Greifvögel, Füchse und andere Tiere, die vergiftete Fische fraßen oder vergiftetes Wasser tranken ums Leben. Es muss befürchtet werden, dass das Gift in der Nahrungskette noch lange weiterwirkt.

Trotz der rasch errichteten Dämme ist ein Einsickern von Schadstoffen, über das Grundwasser und deren Ausbreitung durch die Gezeiten, in den *Cota Donana-Nationalpark* kaum aufzuhalten. Für die intensive landwirtschaftliche Nutzung gingen fast 6.000 ha Land verloren. Von diesem Verlust waren ca. 250 Kleinbauern und 500 Landarbeiter betroffen. Wann sie nach Abtragung der verseuchten Schlammmerde und teilweisen Auftrag neuen Erdreichs ihre Flächen wieder bewirtschaften können und ob diese dann auch tatsächlich unbelastet sind, ist ungewiss. Auch die rund 600 Fischerfamilien wissen nicht, ob ihre Fänge giftfrei sind und wann sie diese wieder verkaufen bzw. essen können. Naturschützer in ganz Europa sind besorgt, ob das für den Vogelzug nach Afrika und zurück lebenswichtige Schutzgebiet *Donana* seine Aufgabe noch erfüllen kann.

9.14 Venezuela

Mit Feuer und schwerem Gerät hält im Südosten von Venezuela die staatlich verordnete „Entwicklung ohne Grenzen“ ihren Einzug in das Land der *Pemon*, der Ureinwohner Venezuelas. Die sogenannten *Mineros* richten dabei einen starken

Wasserstrahl gegen Wurzeln und Erdreich, so dass der aufgewirbelte Schlamm über Rampen fließt, auf denen die feinen Goldpartikel im Amalgamverfahren mit Quecksilber gebunden werden.

Unter dem Schutz populistischer Politiker und korrupter Militärs dringen die *Mineros* selbst in Gebiete vor, die der Staat einst als Waldressourcen-Gebiet auswies, als das Geld durch den intensiven Ölexport noch in Strömen floss. Heute werden die Gesetze, die das Schürfen verbieten, für ein paar Dollar ignoriert.

Die Goldsucher in Venezuela entnehmen der Erde jährlich Edelmetalle im Wert von 100 Mio. US-Dollar und hinterlassen dabei immer mehr neue Mondlandschaften. 10 t Quecksilber gelangen auf diese Weise jedes Jahr in die Umwelt und finden sich in Flüssen, Fischen, Tieren und Menschen wieder. Die Fingernägel einiger Kinder in Venezuela enthalten 4mal soviel Quecksilber wie Experten für unbedenklich halten.

Dennoch lässt die venezolanische Regierung immer neue Straßen in den Urwald fräßen und vergibt Konzessionen, mit denen nationale und internationale Gesellschaften die reichhaltigen Vorkommen an Gold, Diamanten und Holz ausbeuten. Gleichzeitig kommen auch immer mehr Touristen in diese Gegenden. Die Ureinwohner werden so Schritt für Schritt an den Rand gedrängt ohne juristisch gegen die Invasion vorgehen zu können, denn sie haben keinerlei politischen Einfluss auf die Entscheidungen, die in Caracas gefällt werden.

Die Ureinwohner protestieren seit 1998 gegen den Bau einer 650 km langen Stromleitung nach Brasilien. Die venezolanische Regierung will Energie nach Las Claritas befördern und die Stadt zu einem der größten Goldabbauzentren Südamerikas entwickeln. In den Strommasten sehen die *Pemon* aber Vorboten für die Invasion von noch mehr Menschen. Deshalb blockieren sie die *Pan Americana*, sägen Strommasten um und bemühen vergeblich die Gerichte. Mit ihrem Protest haben sie erreicht, dass die venezolanische Öffentlichkeit erstmals darüber diskutiert, wie sie ihren Süden entwickeln will und welche Rechte sie den landesweit etwa 1 Mio. Ureinwohnern zugestehen möchte. Die Lage der Ureinwohner könnte sich mit der Wahl von Hugo Chavez zum Präsidenten des Landes verbessert haben. Auf Einladung des Präsidenten arbeiteten Ureinwohner an der neuen Verfassung mit. Darin wurden erstmals umfassende Rechte der Indianer festgeschrieben. Im neuen Kongress sitzen ebenfalls zum ersten Mal in der Geschichte 3 Vertreter der Ureinwohner. Die deutsche GTZ war an dieser Entwicklung, v.a. durch Organisation und finanzielle Unterstützung, maßgeblich beteiligt. Die neuen Rechte der *Pemon* stehen nun zwar in der Verfassung, aber bisher können sie ihren Erfolg weder sehen noch spüren (Akzente, 03/2001).

10. Das Gift Cyanid als Goldgewinnungsmittel im Goldbergbau

10.1 Herstellung von Cyanid

Der weltweit größte Hersteller von Cyanid war früher die deutsche Degussa AG (Degussa steht für „Deutsche Gold- und Silber-Anstalt“). Seit 2007 bildet Degussa die Chemiesparte des deutschen Industriekonzerns Evonik (der bis vor kurzem noch RAG hieß). Der Name des Unternehmens Degussa wurde in „CyPlus“ (wohl nach Cyanid benannt) geändert. CyPlus ist auch heute noch einer der weltweit größten Hersteller von Cyanid. Die Hauptabnehmer des produzierten Cyanids sind die Goldbergbauunternehmen.

Jeden Tag gelangen, laut Professor Friedhelm Korte vom Institut für ökologische Chemie der TU Weihenstephan, bei dieser Herstellung von Cyanid 60 kg Blausäure in die Atmosphäre.

Cyanwasserstoff (HCN), auch Blausäure genannt, wird katalytisch bei hoher Temperatur aus Methan (CH₄) und Ammoniak (NH₃) hergestellt. Als Katalysator dient Platin oder Rhodium.

$\text{CH}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{HCN} + 3 \text{H}_2$ Katalysator: Platin bei 1200 °C

$2 \text{CH}_4 + 2 \text{NH}_3 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{HCN} + 6 \text{H}_2\text{O}$ Katalysator: Pt/Rh bei 1100 °C

Blausäure ist eine sehr giftige und sehr flüchtige Flüssigkeit (Sdp. 26 °C), die neben der Gold- und Silbergewinnung vor allem bei der Produktion von Kunststoffen Bedeutung hat. Cyanwasserstoff ist eine schwache Säure, die gut wasserlöslich ist. Durch Neutralisation der Lösung erhält man die Cyanide (XCN), die ebenfalls sehr giftig sind. In Lösung zeigen Cyanide viele Ähnlichkeiten zu den Halogeniden (F⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻), deshalb bezeichnet man sie auch als Pseudohalogenide. Das Cyanid-Ion hat eine starke Tendenz, sich an Metallionen anzulagern und Komplexe zu bilden:

$[\text{Cr}(\text{CN})_6]^{3-}$ $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ $[\text{Ag}/\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$ $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$

Viele Komplexe von Nebengruppenelementen erfüllen die 18-Elektronen-Regel. Mit den von den Liganden zur Verfügung gestellten Elektronenpaaren wird eine Zahl von 18 Elektronen in der Valenzschale des Zentralatoms erreicht. Linear aufgebaute Komplexe mit Koordinationszahl zwei sind seltener. Zu ihnen gehören beispielsweise die Komplexe $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ und $[\text{Hg}(\text{CN})_2]$, bei diesen Komplexen ist die 18-Elektronen-Regel nicht erfüllt.

In Lösung wird Cyanid (CN⁻) durch milde Oxidationsmittel zu Cyanat (OCN⁻) oxidiert. Die entstehende Cyansäure (HOCN) ist in wässriger Lösung nicht stabil und zerfällt zu CO₂ und NH₃. Thiocyanat (SCN⁻) entsteht durch das Zusammenschmelzen eines Alkalimetall-Cyanids (z.B. NaCN) mit Schwefel. Cyanat (OCN⁻) und Thiocyanat (SCN⁻) werden ebenfalls zu den Pseudohalogeniden gezählt.

Cu²⁺-Ionen oxidieren Cyanid zum Dicyan (CN)₂, einem sehr giftigen Gas. Bei seiner Verbrennung mit Sauerstoff können Flammentemperaturen bis zu 4800 °C erreicht werden.

$2 \text{Cu}^{2+} + 10 \text{CN}^- \rightarrow 2 [\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-} + (\text{CN})_2$

In der Industrie werden Cyanide bei der Stahlhärtung und beim Korrosionsschutz eingesetzt.

10.2 Nachweis von Cyanid

Jülicher und Marburger Wissenschaftler haben einen Biosensor entwickelt, der Zyanid weit unterhalb der Giftigkeitsschwelle schnell und präzise nachweist. Der Biosensor könnte kostengünstig in der Umwelt- und Lebensmittelkontrolle eingesetzt werden. Um den vorhandenen Prototyp zur Marktreife zu bringen, suchen die Wissenschaftler noch einen Partner aus der Industrie.

Biosensoren sind Messfühler, die eine biologische Komponente (z.B. Enzyme oder ganze Zellen) einsetzen, um bestimmte Moleküle oder Substanzen zu erkennen und ihre Menge zu bestimmen. Sie nutzen dabei das Schlüssel-Schloss-Prinzip der Natur, nach dem es für die chemische Umwandlung eines Stoffes immer auch ein "passendes" Enzym gibt. So baut das Enzym *Cyanidase* Cyanid ab. Die Arbeitsgruppe um Prof. Michael Schöning vom Forschungszentrum Jülich und der Fachhochschule Aachen (Abteilung Jülich) und das Team von Prof. Michael Keusgen von der Universität Marburg haben die mit einem speziellen Halbleiterchip verbunden, der in direktem Kontakt mit der zu untersuchenden cyanidhaltigen Lösung steht. Dadurch erhalten sie für das Cyanid, das von der *Cyanidase* zerlegt wird, ein messbares elektrisches Signal und können damit selbst kleinste Mengen an Cyanid nachweisen. Die *Cyanidase* zerlegt das Zyanid in Ameisensäure und Ammoniak. Dadurch ändert sich der pH-Wert der Lösung. Diese Veränderung wird vom Halbleiterchip als elektrische Kapazitätsänderung registriert. Das Schlüssel-Schloss-Prinzip der *Cyanidase* stellt dabei sicher, dass die registrierten Substanzen wirklich aus Cyanid entstanden sind.

Bei dem gemeinsamen Projekt sind die Jülicher Forscher für die Fertigung der Halbleiterchips mit einer speziellen "EIS-Schichtstruktur" zuständig. EIS steht für Elektrolyt, Isolator und Silizium. Die Marburger Wissenschaftler kümmern sich um die Cyanidase. "Der Beitrag meiner Gruppe ist die Entwicklung, Charakterisierung und Herstellung von geeigneter Cyanidase sowie die Entwicklung von Verfahren, um das Enzym mit dem EIS-Element zu kombinieren", erläutert Michael Keusgen.

Als Wirtsorganismus für die Synthese der Cyanidase dient den Forschern das Darmbakterium *Escherichia coli*. Dieses Bakterium wird zur Herstellung ganz unterschiedlicher Proteine, wie z.B. Human-Insulin, verwendet. Die genetische Information zur Herstellung der Cyanidase stammt von *Pseudomonas-Bakterien*, die typischerweise im Boden vorkommen. Da sie dort mit allen möglichen Nahrungsquellen zurechtkommen müssen, haben diese Bakterien im Laufe der Evolution die Fähigkeit entwickelt, Cyanid als Energiequelle zu nutzen.

Für einen erwachsenen Menschen ist die Aufnahme von etwa 50 mg Zyanid tödlich. Der von Schöning und Keusgen entwickelte Biosensor spricht bereits auf den Millionstel Teil dieser Menge an. Ein weiterer Vorteil des Sensors ist, dass er keine aufwändige Vorbereitung der zu untersuchenden Proben verlangt. Nach ähnlichem Prinzip haben die beiden Gruppen bereits Penicillin- und Knoblauchsensoren entwickelt.

Niemals zuvor wurde bisher beobachtet, dass die zweite Gruppe eine völlig andere Reaktion mit dem betreffenden Partner eingeht als die erste. Genau dieses Phänomen wurde jetzt erstmals von Forschern des Instituts für Chemie der

Universität Kassel gefunden. Bildlich gesprochen sagt die erste Gruppe 'hüh' und die zweite 'hott'. Dieses 'schizoide' Reaktions-verhalten ist ein neues Phänomen in der Chemie.

Die Kasseler Arbeitsgruppe Metallorganische Chemie unter Leitung von Prof. Dr. Ulrich Siemeling und mit dem Doktoranden Dag Rother arbeitete im vorliegenden Untersuchungsverfahren mit dem metallorganischen Isocyanid 1,1'-

Diisocyanoferrrocen, einer wichtigen Verbindung etwa in der Erforschung neuer Oberflächen. Als Reaktionspartner wurde ein spezielles Gold(I)-Acetylid eingesetzt.

Sind zwei chemisch äquivalente reaktive Gruppen im Molekül nicht weit voneinander entfernt, so spüren sie sich. Reagiert die erste Gruppe mit einem bestimmten Partner, dann beeinflusst das die Reaktivität der zweiten Gruppe. Meistens stellt man fest, dass die zweite langsamer reagiert als die erste. Es ist daher absolut überraschend, dass die zweite Gruppe im Versuch eine völlig andere Reaktion mit dem betreffenden Partner einging als die erste. Die erste zeigt die erwartete Reaktion der Koordination. Die zweite zeigt eine in dieser Sparte der Chemie völlig unübliche Reaktion der Insertion, also das Einfügen in die Goldverbindung (URL 1).

10.3 Entgiftung von Cyanid

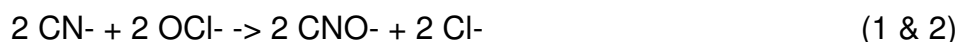
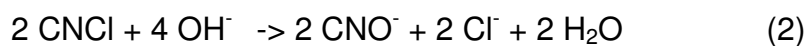
Die Entgiftung von Cyanid erfolgt durch Oxidation im alkalischen Medium (pH > 10).

Höher konzentrierte cyanidische Abwässer, bestehend aus ausgebrauchten Elektrolyten, Standspülen und alkalischen Regeneraten der Ionenaustauschanlage 2, werden durch Elektrolyse anodisch oxidiert. Das Verfahren der elektrochemischen Cyanidentgiftung

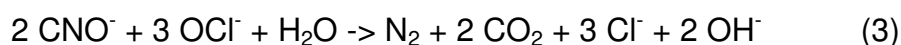
Verfahren der Cyanidentgiftung:

1. Cyanidoxidation mit Natriumhypochlorid

Die am weitesten verbreitete Methode der Cyanidentgiftung ist die Oxidation mit Natrium-hypochlorit. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Reaktion (2) ist stark pH-abhängig und läuft in der Regel sehr schnell ab. In der Praxis sollte mit Natronlauge (NaOH) ein pH-Wert von 10-12 eingestellt werden. Das entstehende Chlorcyan (CNCl) ist ein außerordentlich giftiges Gas und hochlöslich in Wasser (ca. 25 l CNCl pro Liter).



Eine weitere Entgiftung kann durch Oxidation mit OCl^- im Überschuß erreicht werden:



Nach Beendigung der Reaktion 3 wird im Regelfall zur Durchführung anderer Entgiftungen angesäuert oder zu Metallausfällungen ein schwach alkalischer pH-Bereich eingestellt. Dabei disproportioniert das Cyanat im sauren Bereich zu NH_4^+ und HCO_3^- , im stärker alkalischen Bereich zu NH_3 und CO_3^{2-} . Die Hydrolyse erfolgt

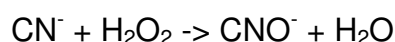
umso schneller, je tiefer der pH-Wert liegt (pH 2-3: Reaktionsgeschwindigkeit 5-15 Minuten).

Die Cyanidentgiftung kann bei Vorliegen freier Cyanide und auch bei Cyanokomplexen der Metalle Zink, Cadmium und Kupfer in 20-40 Minuten abgeschlossen sein. Bei Vorliegen sehr stabiler Metallcyanidkomplexe, z.B. von Eisen, Silber und Nickel, sind aufgrund der kleinen Dissoziationskonstanten auch nur niedrige Cyanidkonzentrationen zu erwarten. Dementsprechend verlängern sich Reaktionszeiten. Zur Entgiftung des Nickelcyanid-komplexes ist eine mehrstündige Oxidation über 12 Stunden und ein hoher Oxidationsmittel-überschuss vorzusehen. Bei der Cyanidoxidation mit NaOCl können im Abwasser Verbindungen entstehen, die in dem Summenparameter AOX erfasst werden.

Um die Bildung von AOX auszuschließen, und sofern von der Behörde ein AOX-Ableitungsrichtwert vorgegeben wird, sollten nach Möglichkeit andere Entgiftungsarten ausgewählt werden. Als Cyanidentgiftungsverfahren, bei denen kein AOX gebildet wird, kommen in Frage:

2. Cyanidoxidation mit Wasserstoffperoxid

Die Oxidation des Cyanids mit Wasserstoffperoxid führt direkt zum Cyanat. Zwar liegt das Geschwindigkeitsmaximum der Reaktion bei pH 4 – 5, jedoch ist wegen der Gefahr des Freiwerdens von Blausäure ein pH-Wert von 10-12 einzustellen.



Die Cyanidentgiftung mit H_2O_2 hat den Vorteil, dass nur eine minimale Aufsalzung stattfindet. Sie ist, da sie messtechnisch nur mit speziellen Maßnahmen regelbar ist, praktisch nur für Chargenentgiftungen im Einsatz. Der eingesetzte Katalysator (z.B. Jodoargentat) kann zugleich als Redox-Indikator eingesetzt werden.

Wasserstoffperoxid hat sich bei der Behandlung cyanidhaltiger Härtereiabwasser bewährt. Bei der Behandlung schwermetallhaltiger Galvanikabwasser ist auf Zersetzungsreaktionen zu achten.

Nach Angaben der Fa. Degussa können mit dem katalytischen H_2O_2 -Verfahren bei abgestimmten Reaktionsbedingungen Abwässer aus der Galvanotechnik mit kleinen Anteilen an Zink, Cadmium- und Kupfer-Cyanokomplexen ebenso wie Lösungen freier Alkalicyanide entgiftet werden. Bei Konzentraten mit Kupfer-Cyano-Komplexen ist darauf hinzuweisen, dass auch H_2O_2 durch Kupfer zersetzt werden kann. Die Fa. PEROXID-CHEMIE schlägt, da die Reaktion des Cyanid mit H_2O_2 exotherm abläuft, andererseits aber bei sehr niedriger CN-Konzentration die Reaktivität des H_2O_2 relativ gering ist, eine Unterscheidung des Abwassers nach dem Cyanid-Gehalt vor:

Hoher Cyanidgehalt (>5 g/l): Galvanik-Konzentrate, Lösungen/Dispersionen von verbrauchten Härtesalzen

Mittlerer Cyanidgehalt (1 – 5 g/l): Galvanikabwässer (vor allem Eluate aus Ionenaustauschern), Abschreckbäder aus Härterei-Betrieben

Geringer Cyanidgehalt (<1 g/l): Spülwasser aus Galvanik- oder Härterei-Betrieben

Bei einem hohen Cyanid-Gehalt wird zur Entgiftung ein pH-Wert von 10 empfohlen. Bei Galvanik-Abwasser fallen am Ende der Reaktion auch die zuvor als Cyanidkomplexe gebundenen Schwermetalle als Hydroxide aus, an denen sich das H_2O_2 zersetzt. Dabei ist eine

Temperaturüberwachung notwendig. Größere Mengen gelöster Schwermetalle oder Metallhydroxide wirken zersetzend. Schaumbildung bei Anwesenheit oberflächenaktiver Substanzen durch (Sauerstoff-)Gasentwicklung. Verdünnung auf CN-Gehalte < 10 g/l zweckmäßig.

Abwasser mit einem Cyanid-Gehalt unter $0,1$ g/l würden mit H_2O_2 zu langsam reagieren. Zur Beschleunigung der Reaktion wird ein Aktivator zugegeben und ein pH-Wert von 8-9 eingestellt. Liegen in dem Abwasser höhere Konzentrationen an Metallionen vor, die bei diesem pH-Wert als Hydroxide ausfallen, dann zersetzt sich u.U. das zugegebene H_2O_2 schneller, als es in der Lage ist, komplexgebundene Cyanide zu zerstören.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Oxidation mit H_2O_2 im Chargenbetrieb durchgeführt wird. Zweckmäßigerweise ist sie als Vorentgiftungsstufe und bei Vorliegen nur gering metallhaltiger Abwasser mit freien Cyaniden anzuwenden. Die Oxidation der restlichen Cyanidmengen sowie die Zerstörung der komplexen Cyanide kann mittels Monopersulfat-tripelsalz oder dem UV- H_2O_2 -Verfahren erfolgen. Eine Steuerung der Reaktion über Redoxpotentiale ist möglich.

3. Cyanidentgiftung mit Monopersulfat-Tripelsalz

Die Carosche Säure in Form ihres Tripelsalzes Kaliumperoxomonosulfat-Tripelsalz ($2 KHSO_5 \times KHSO_4 \times K_2SO_4$) weist ein hohes Redoxpotential auf. Zur Entgiftung wird eine wässrige Lösung (z.B. 15 % ig) eingesetzt. Zerstört werden freies Cyanid und Schwermetallcyanidkomplexe wie die von Nickel oder Kupfer. Auch Chloridionen werden zu elementarem Chlor oxidiert. Der pH-Wert sollte bei 10,5 – 11 liegen. Die Reaktion verläuft exotherm. Bei sehr hohen Cyanidkonzentrationen (über 50 g CN/l) kann sich das Abwasser bis zum Sieden erwärmen. Eine Entgiftung von Abwasser mit geringem Cyanid-Gehalt ist besser möglich als mit H_2O_2 . Der Reaktionsverlauf ist über das Redoxpotential steuerbar.

Die Peroxidschwefelsäure bzw. ihre Salze sind relativ teuer. Aus diesem Grund sind Kombinationsverfahren angezeigt. Für hoch konzentrierte Cyanidlösungen ist als Vorentgiftungsstufe der Einsatz des preisgünstigeren H_2O_2 oder die anodische Oxidation sinnvoll. Danach wird erst die Rest-Cyanidentgiftung mit Monopersulfat-Tripelsalz durchgeführt.

4. Cyanidoxidation mit Ozon

Mit Ozon lassen sich alle Alkali- und Metallcyanide außer Hexacyanoferrat $[Fe(CN)_6]^{4-}$ oxidieren. Darüber hinaus werden auch organische Komplexbildner sowie AOX, CKW und LHKW, BTX und viele sonstige organische Inhaltsstoffe weitgehend oxidiert. Ozon ist ein sehr giftiges Gas (MAK-Werte $0,1$ ppm). Seine Anwendung muss daher in gasdichten Behältern erfolgen. Bei dem Verfahren der Fa. GÜTLING wird das Ozongas, feinblasig im Wasser verteilt, in den Reaktor eingeführt. Die Oxidation erfolgt in einem geregelten pH-Bereich. Das vorozonisierte Abwasser tritt unten aus und wird einem zweiten und ggf. dritten Reaktor zugeleitet. Pilotanlagen des Verfahrens befinden sich in Erprobung. Die Anwendung des Verfahrens erfolgt im Chargenbetrieb. Das Verhalten bedingt eine Überwachung der Raumluft am Arbeitsplatz und der Abluft auf Ozongehalte.

5. Cyanidoxidation mit UV-Strahlung und H_2O_2 (Goema-Lux-Verfahren)

Das Goema-Lux-Verfahren ermöglicht, im Wasser enthaltene organische Chlorverbindungen vollständig zu Salzsäure und unschädlichen Resten zu oxidieren.

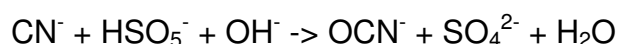
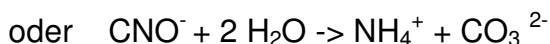
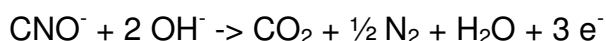
Es eignet sich ferner zur oxidativen Zerstörung aller Komplexbildner, wie z.B. EDTA, und aller Schwermetall-komplexe im Abwasser. Auch besonders stabile Cyanidkomplexe, wie z.B. Hexacyanoferrat $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ werden zersetzt. Durch photolytische UV-Anregung entstehen bei H_2O_2 -Zusatz OH-Radikale. Deren höheres Oxidationspotential führt zu einem erweiterten chemischen Wirkungsspektrum und vielfach zu einer erhöhten Reaktionsgeschwindigkeit.

Das Simox-Verfahren vereinigt eine Verfahrenskombination von Ozon mit UV-Strahlung und Wasserstoffperoxid sowie Ultraschall.

6. Cyanidentgiftung durch anodische Oxidation

Die anodische Oxidation ist als Vorentgiftungsstufe für hochcyanidhaltige Abwasser seit langem bekannt. Bei der Festbettelektrolyse können in entsprechend ausgerüsteten Modulen (Anode und Kathode sind Graphitplatten oder Graphitgranulat) Cyanide, Nitrite, Komplexe, u.a. oxidiert werden. Die Betriebskosten sind im Vergleich zur NaOCl -Entgiftung relativ niedrig. Zweckmäßigerweise bietet sich der Einsatz der Festbettelektrolysezelle für die Reduzierung der Cyanidkonzentrationen in Standspülbädern z.B. bei cyanidischen Zink- oder Kupferbädern an. Bei kathodischer Metallabscheidung werden simultan die Cyanide an der Anode zerstört. Im Probebetrieb wurden Cyanidkonzentrationen $< 10 \text{ mg/l}$ erreicht. Eine Kombination bestehend aus der Vorentgiftung durch anodische Oxidation und der nachgeschalteten vollständigen Cyanidoxidation durch Monopersulfat ist im folgenden Fließschema dargestellt.

Reaktionen:



Bei der Elektolyse erfolgt an der Anode die Zerstörung der Hauptmenge an Cyanid und an der Kathode die Abscheidung von Schwermetallen, wie z.B. Nickel, Zink, Kupfer, Cadmium, u.a. in metallischer Form. Nach Entfernung der Metalle aus der Lösung wird unter Umständen auch die Restoxidation des Cyanids mit Wasserstoffperoxid möglich.

Andere alternative Verfahren zur Cyanidentgiftung sind z.B. die katalytische Luftsauerstoff-Oxidation (als Katalysator Aktivkohle über den O_2 geschickt wird) oder die Cyanid-Entgiftung durch Ausfällen mit Eisen-2-Salzen (z.B. $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$).

Ein Vergleich von Abwasserbehandlungsverfahren ohne AOX-Bildung ist aus nachstehender Tabelle zu ersehen. Anwendungsbereiche und Entgiftungskosten in DM für 1 kg CN sind dort aufgelistet.

Bei der Cyanidentgiftung sind die Entgiftungskosten insbesondere bei Einsatz der anodischen Oxidation stark abhängig von der im Abwasser vorliegenden Cyanidkonzentration. Nachstehende Abbildung zeigt die von Huber C. ermittelten

Kosten in DM/kg Cyanid in Abhängigkeit von der Cyanidausgangskonzentration bei einer gegebenen Metallkonzentration an Kupfer und Zinn im Abwasser.

7. Cyanidentgiftung durch Pilze und Bakterien

Im Wasser und im Boden werden Cyanide von Mikroorganismen, die keine eisenhaltigen Enzyme enthalten (z.B. Milchsäurebakterien), abgebaut. Für andere Mikroorganismen und höhere Lebensformen sind Cyanide stark giftig.

Wasserlösliche Cyanide sind stark wassergefährdend und daher in die höchste Wassergefährdungsklasse (WGK 3) eingestuft.

Erzgiftschlämme können durch Pilze und Bakterien geklärt werden. Den Mikroorganismen macht die giftige Umgebung nichts aus. Im Gegenteil, sie „ernähren“ sich teilweise von den Giften. Bakterien wie *Pseudomonas* oder *Burkholderia* schlucken Cyanid und verwandeln es in Ammonium und Kohlendioxid. Parallel dazu binden Pilze wie *Aspergillus* oder *Epicoccum* die gelösten Schwermetalle an sich. Die schwermetallhaltigen Pilze können dann einfach abgetrennt werden. Das Verfahren selbst ist nicht neu, denn schon seit 1984 bauen Bakterien und Pilze bei der Homestake-Mine in South Dakota Cyanide und Schwermetalle in großen Mengen ab. 21.000 m³ Abwasser klären die Mikroben am Tag. Das gereinigte Abwasser kann dann problemlos in den Whitewood Creek eingeleitet werden. Allerdings gibt es auch Giftcocktails, die zu hoch konzentriert sind, dass selbst die widerstandsfähigsten Mikroorganismen in ihnen nicht überleben können. In solchen Fällen kann man chemische Verfahren für die Abwasserreinigung einsetzen. Cyanid kann beispielsweise mit Chemikalien wie Chlor, Wasserstoffperoxid oder Ozon in unschädliche Stoffe umgewandelt werden. Besondere Pionierarbeit in der Cyanidabbau Forschung leistet die Golden-Cross-Mine in Neuseeland, nahe der Stadt Waihi. Dort läuft ein Testprojekt zum Recycling von Cyanid. Einfache Schwefelsäure (H₂SO₄) reicht aus, um Cyanide in gasförmige Blausäure (HCN) umzusetzen. In einem geschlossenen Turm wird die verdampfende Blausäure wieder aufgefangen, in Soda gelöst und wieder verwendet. Das Verfahren ist aber nur rentabel, wenn viel Cyanid verbraucht wird. Für die meisten Unternehmen dürfte das Verfahren deshalb zu teuer sein (Natur & Kosmos 04.2000).

durch AOP UV/O₃:

Unter diesen Bedingungen ist Lachgas (N₂O) nicht stabil und wird, falls es entstehen sollte – bis zum Anhydrid der Salpetersäure (N₂O₅) oxidiert. Ich habe entsprechende Versuche in der Praxis schon durchgeführt. N₂O₅ setzt sich mit Wasser sofort zu Salpetersäure (HNO₃) um (Prof. Dr. Dietrich Maier).



11. Der Goldpreis

Der Goldpreis wird seit dem 18. Jahrhundert auf dem offenen Markt in London bestimmt. Seit dem 12. September 1919 treffen sich wichtige Goldhändler in einer Rothschild-Bank in London, um den Goldpreis formal zu fixieren. Seit 1968 gibt es in der Bank um 15 Uhr Londoner Zeit ein weiteres tägliches Treffen, um den Goldpreis

zur Öffnungszeit der US-Börsen erneut festzulegen. Wichtige Faktoren, die auf den Goldpreis Einfluss nehmen sind der Ölpreis und der aktuelle Kurs des US-Dollars, da Gold in dieser Währung gehandelt wird.

Die Entwicklung des Goldpreises seit 1968 :

Im März 1968 wurde der Goldpreis gespalten und ein zweigliedriges System eingeführt. Der eine Preis konnte sich frei dem Markt anpassen, der andere war fix. 1973 wurde der Goldpreis freigegeben, und der Besitz von Gold wurde in den USA wieder erlaubt.

Im Januar 1980 erreichte der Goldpreis angesichts der Krise im Iran und des sowjetischen Einmarsches in Afghanistan mit 850 US-Dollar pro Feinunze (31,1 g) ein Rekordhoch. In den folgenden Jahrzehnten sank der Goldpreis kontinuierlich und erreichte am 1. Juni 1999 einen Rekord-Tiefstand von 253 US-Dollar (London Fixing). China hat den Privatbesitz von Gold 2003 wieder erlaubt. Eine steigende Nachfrage ließ den Preis 2004 über die 420-Dollar-Marke ansteigen. Im Jahr 2005 stieg der Goldpreis weiter an und erreichte im Dezember mehr als 530 US-Dollar. Viele Experten erwarten, dass Inflationsängste in Europa und in den USA den Goldpreis weiter deutlich in die Höhe treiben werden, denn bei Inflationsgefahren ist Gold in aller Regel eine sichere Anlageform. Anfang Mai 2006 kostete die Unze Gold über 682 US-Dollar. Am 20. November 2006 war der Goldpreis wieder auf rund 580 US-Dollar gesunken und am 28. November 2006, durch einen fallenden US-Dollar begünstigt, wieder auf 638 US-Dollar angestiegen. Am 9. Januar 2008 erreichte der Goldpreis einen Wert von 888 US-Dollar und bei einem Wechselkurs von 1,4709 \$/€ erstmals einen Wert von über 600 €. Der Goldpreis überschritt dabei sein für lange Zeit gültiges Allzeithoch von 850 US-Dollar, das er 1980 erstmals erreichte hatte. Am 13. März 2008 hat der Goldpreis für eine Feinunze des Edelmetalls (31,1 g) erstmals in der Geschichte die 1000 \$ Marke überschritten (taz 14.03.08).

Heute (Stand: Februar 2009) ist der Goldpreis wieder etwas zurückgegangen, liegt aber immer noch bei um die 900 \$ pro Unze.

Für den standardisierten Goldhandel an Rohstoffbörsen wurde „XAU“ als eigenes Währungskürzel nach ISO 4217 vergeben. Es bezeichnet den Preis einer Feinunze Gold.

Je höher der Goldpreis ist, d.h. je wertvoller Gold ist, desto stärker ist der Run auf die letzten Goldreserven der Erde, weil durch den hohen Preis viel Geld zu machen ist und sich der Abbau fast jeder Lagerstätte lohnt. Das bedeutet noch stärkere Explorations- und Bergbauaktivitäten als bisher schon und damit eine noch stärkere und schnellere Zerstörung der Umwelt ! Und viele Regierungen der Welt (nicht nur in Entwicklungsländern) lassen die Bergbauunternehmen bereitwillig gewähren, da ihnen die Einnahmen aus dem Bergbaugeschäft wichtiger sind als der Schutz ihrer Umwelt und der Natur ! Und dabei gehört der Goldbergbau, wie in diesem Bericht erläutert, zu den schädlichsten Bergbauaktivitäten überhaupt ! Diese Entwicklung darf nicht so weitergehen, sondern diese Praktiken müssen endlich gestoppt werden ! Die Regierungen der betreffenden Staaten sind neben den Bergbauunternehmen für diese Verbrechen verantwortlich und sollten ihre Politik endlich ändern ! Denn der Schutz von Menschen und Natur sollten allerhöchste Priorität in jedem Staat haben, und nicht kurzfristigem Profitstreben untergeordnet werden !



Entwicklung des Goldpreises von 2000 bis 2008 (Der Spiegel 2008)

12. Schlussfolgerungen

Goldgewinnung durch Cyanid findet durch internationale Bergbaukonzerne v.a. in der Dritten Welt, aber auch in den ärmeren Ländern des ehemaligen Ostblocks statt, wo Arbeitskräfte billig und Sicherheitsvorschriften unzureichend sind. Greenpeace bezeichnet diese Strategie der führenden Goldunternehmen als „Ökologischen Kolonialismus“ (Berliner Luftzeitung). Umweltschutzorganisationen kritisieren, dass internationale Bergbaufirmen die laxen Umweltgesetzgebung von ärmeren Ländern ausnutzen, um dort gefährliche Praktiken wie die Cyanidlaugerei anzuwenden, die in hoch entwickelten Ländern längst verboten sind (BZ 15.02.00). Laut WWF gab es seit 1970 in Schwellen- und Entwicklungsländern mehr als 30 Dammbrüche von Rückhaltebecken im Bergbau (BZ 21.02.00). Auch in australischen und nordamerikanischen Minen ereigneten sich schon gravierende Cyanidverseuchungen. Dennoch wehren sich die Minenbesitzer gegen ein immer wieder gefordertes Anwendungsverbot von Cyanid, denn für die industrielle Goldgewinnung sei es das beste und schonendste Mittel (FAZ 16.02.00).

Da der Boden das limitierteste, kostbarste und am stärksten schutzbedürftige Medium ist, **sollten sämtliche Goldgewinnungsverfahren nicht mehr angewendet sondern verboten werden ! Selbst im Normalbetrieb, also ohne Unglücksfall, hinterlässt die Goldgewinnung mehr giftige Rückstände als alle anderen Bergbausektoren zusammen. Da gleichzeitig Zehntausende Tonnen Gold unnütz in den Tresoren der Nationalbanken lagern, ist die moderne Goldgewinnung ein Raubbau ohne Sinn und Verstand !**

Verendende Fische, tote Gewässer – kaum jemand wird solche Bilder mit Ringen, Uhren und Ketten in Verbindung bringen. Dabei gehört die Cyanidlaugerei, bei der immer wieder folgenschwere Unfälle passieren, mittlerweile zu den häufigsten Methoden der Goldgewinnung. Beliebte ist dieses Verfahren, weil es billig, einfach und effizient ist, solange die Konsequenzen für die Umwelt nicht mit eingerechnet werden. Mit dem Cyanid können 99 % des Goldes aus dem Erz herausgelöst werden. Mit 1 t Natriumcyanid (1500 \$) gewinnt man durchschnittlich ~ 6 kg Gold

(58522 \$). Entwickelt wurde das Verfahren bereits vor über hundert Jahren. Großflächige Anwendung findet es aber erst seit seiner Verfeinerung vor gut 30 Jahren.

URL 1: <http://www.innovations-report.de/html/berichte/verfahrenstechnologie/bericht-27868.html>

URL 2:
http://www.fian.de/fian/index.php?option=com_urgentactions&Itemid=177&uaID=308