

(Seifen, engl. placers). Letztere bilden ein angereichertes Produkt der natürlichen Aufbereitung des goldführenden Muttergesteins und enthalten Gold in Gestalt meist rund geschleuhter Körner (engl. nuggets) von viele Kilogramm schweren Klumpen<sup>1)</sup> bis herab zu den feinsten Flittern; daneben enthalten sie aber auch noch nicht vollkommen freigelegte, mit dem Muttergestein verwachsene oder vererzte Partikeln. Sie bestehen je nach dem geologischen Alter aus mehr oder weniger losen oder verfestigten (Randdistrikt!) Geröllen und Sanden (Alluvionen, Konglomerate), die von heute noch existierenden oder längst verschwundenen Flußläufen angeschwemmt wurden und unter Umständen von anderen, geologisch jüngeren Schichten bis zu bedeutender Mächtigkeit bedeckt sein können. Die Gangart ist meistens stark sauer.

## 5. Für die Gewinnung wichtigste Eigenschaften des Goldes und seiner Verbindungen.

### a) Metallisches Gold und seine Legierungen.

Spez. Gewicht: 19,3. Das hohe Volumgewicht ermöglicht eine weitgehende (natürliche oder künstliche) nasse Aufbereitung.

Schmelzp.: 1063°.

Siedep.: ca. 2600°. Trotzdem findet schon bei weit niedrigeren Temperaturen zweifellos Verflüchtigung statt, so z. B. beim Abtreiben von Auhaltigem Blei. Die Menge des verflüchtigten Goldes ist nicht nur von der Temperatur und der Zeit, sondern auch von gleichzeitig anwesenden Verunreinigungen und den das Bad bedeckenden Gasen abhängig. Außer flüchtigen Metallen wirken manche, deren Siedepunkt weit höher als die angewandten Temperaturen liegt, wie z. B. Cu und Pt, ungünstig; schon beim Umschmelzen einer Au-Cu-Legierung konnte ein Verdampfungsverlust festgestellt werden, ja, Cu wirkt sogar stärker als Pb.

Reines Gold beginnt schon bei 1075°, wenn auch ganz minimal, zu verdampfen; bei 1250° ist der Verdampfungsverlust schon viermal so groß wie bei 1100° (0,08% in 30 Min.); bei Anwesenheit von 5% Sb oder Hg stieg die Verdampfung bei 1250° auf 0,2%; Te soll unterhalb 1100° trotz seiner großen Flüchtigkeit noch keine Erhöhung der Verdampfung bewirken (die beim Verschmelzen von Te-Erzen beobachteten Verluste sind daher jedenfalls auf mechanisch mitgerissenes Gold oder auf Einsickern der sehr dünnflüssigen Au-Te-Legierung in die Herdsohle zurückzuführen).

Die Legierbarkeit mit anderen Metallen ist meist gut, ermöglicht eine weitgehende Anreicherung in diesen und wird daher häufig zum Zwecke der Gewinnung benutzt. Häufig bilden sich intermetallische Verbindungen.

Von reinem Quecksilber wird Gold sehr leicht unter starker Erhöhung des Schmelzpunktes jenes Metalles zu einem „Amalgam“ gelöst.

Au und Hg bilden eine feste Lösung mit bis 14,8% Hg, außerdem 2 Verbindungen: Au<sub>2</sub>Hg, Schmelzp. 490°, und Au<sub>2</sub>Hg<sub>5</sub>; eine 3. Verbindung, AuHg<sub>4</sub>, ist wahrscheinlich; Au<sub>2</sub>Hg bildet mit Au bzw. Au-Hg-Mischkristallen ein Eutektikum mit 24,7% Hg, Schmelzp. 390° (Fig. 1a).

<sup>1)</sup> Der größte je gefundene Klumpen wog 83 kg.

Die Abscheidung von Quecksilber kann bis zu 34% durch Abpressen in Leinen- oder Lederbeuteln erfolgen, weitere Trennung durch Abdestillieren. Die

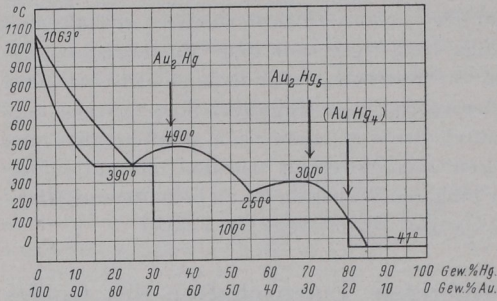


Fig. 1 a. Zustandsschaubild der Au-Hg-Legierungen. (Nach Braley und Schneider.)

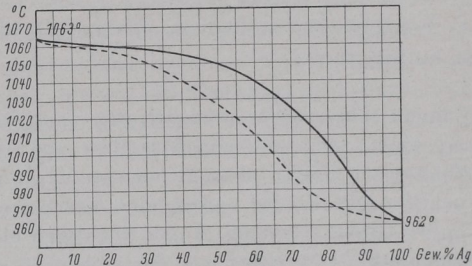


Fig. 2. Zustandsschaubild der Au-Ag-Legierungen. (Aus W. Laatsch, Edelmetalle.)

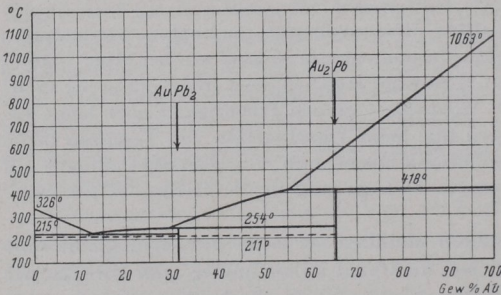


Fig. 3. Zustandsschaubild der Au-Pb-Legierungen. (Nach R. Vogel.)

erfolgt auf Grund des verschiedenen Verhaltens der Metalle beim Erhitzen an der Luft, wobei Blei oxydiert, während Gold (und Silber) nicht angegriffen wird: „Treibarbeit“ vgl. Kap. Silber.

Aufnahmefähigkeit für Edelmetalle wird durch einen Gehalt an solchen erhöht (Versilbern der amalgamierten Kupferplatten vgl. später). Infolge des hohen Lösevermögens und der leichten Wiedergewinnbarkeit ist Quecksilber eines der wichtigsten Lösungsmittel für Gold.

Mit Silber bildet Gold in allen Verhältnissen in festem und flüssigem Zustand Lösungen (ununterbrochene Reihe von Mischkristallen, Fig. 2). Die Farbe des Goldes wird durch einen Silberzusatz stark aufgehellt, eine Legierung mit 44% Au, 56% Ag ist bereits rein weiß. Beide Metalle gehen bei fast allen Schmelzprozessen zusammen.

Mit Blei bildet Gold zwei Verbindungen: Au<sub>2</sub>Pb und AuPb<sub>2</sub>, außerdem ein Eutektikum von AuPb<sub>2</sub> mit Pb, das 85% Pb<sup>1)</sup> enthält und bei 215° schmilzt (Fig. 3). Blei dient als „Sammler“ für Edelmetalle, d. h. diese sammeln sich beim Verschmelzen gold- und silberhaltiger Produkte in Anwesenheit von Blei in ihm an: „Verbleien“, „Einträtkarbeit“ (wichtigste Verfahren zur Gewinnung auf trockenem Wege). Die Trennung vom Blei

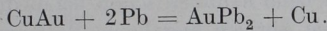
<sup>1)</sup> In Fig. 3 ist der eutektische Punkt etwas nach der Bleiseite verschoben.



Kupfer ist ebenfalls ein Sammler für Gold.

Beide Metalle bilden eine lückenlose Reihe von Mischkristallen mit einem Minimum des Schmelzpunktes bei  $875^{\circ}$  ( $82\%$  Au). Diese gehen beim langsamen Abkühlen in festem Zustande in die Verbindungen  $\text{CuAu}$  und  $\text{Cu}_3\text{Au}$  über, die mit den reinen Komponenten (und unter sich?) Mischkristalle bilden (Fig. 4); die Existenz der Verbindung  $\text{CuAu}$  steht noch nicht einwandfrei fest.

Bei Anwesenheit von Blei und Kupfer vereinigt sich Gold in erster Linie mit Blei:



Hierauf beruht die Möglichkeit der „Verbleiung“ goldhaltigen Kupfers.

Mit met. Zink verbindet sich Gold noch leichter als mit Blei.

Nach neuesten Untersuchungen existieren drei Verbindungen:  $\text{Au}_3\text{Zn}$ , das sich bei ca.  $420^{\circ}$  aus der festen Phase ausscheidet und bei weiterer Abkühlung wieder zerfällt;  $\text{AuZn}$  (Schmelzp.  $744^{\circ}$ ) bildet mit Au ein Eutektikum mit ca.  $15\%$  Zn (Schmelzp.  $670^{\circ}$ ), sehr stabil;  $\text{AuZn}_3$  scheidet sich bei ca.  $500^{\circ}$  aus der festen Phase aus und verhält sich ähnlich wie  $\text{Au}_3\text{Zn}$ .

Beim Eintränken von Zink in Au-haltiges Blei (vgl. „Zinkentsilberung“ der Silbergewinnung) geht das Gold an das Zink, und zwar (im Gegensatz zum Silber), noch bevor das Blei an Zink gesättigt ist. Die Trennung von Gold und Zink kann durch Abdestillieren dieses Metalles erfolgen.

Auch in Sulfiden, so vor allem im Kupferstein, ist Gold in met. Form leicht löslich, wird aber bei Berührung mit Blei von diesem aufgenommen (Verwendung von Stein als Sammler für Gold, das durch „Verbleien“ in eine Au-Pb-Legierung übergeführt werden kann).

Verhalten gegenüber Lösungsmitteln. Alkalicyanide (Cyankali, KCN oder  $\text{KCy}$ , und Cyannatrium,  $\text{NaCN}$  oder  $\text{NaCy}$ ) lösen Gold glatt auf zu Doppelcyaniden verschiedener Zusammensetzung, deren wichtigstes das in Wasser lösliche Kalium-Gold-Cyanid,  $\text{KAu}(\text{CN})_2$ , ist. Näheres über die Vorgänge bei diesem heute wichtigsten Laugeverfahren vgl. „Cyanlaugung“ (S. 20).

Das außerdem hervorragendste Lösungsmittel ist Chlorgas. In Berührung mit ihm bildet sich das sehr leicht in Wasser lösliche Goldtrichlorid ( $\text{AuCl}_3$ ). Hierauf beruht auch die Löslichkeit des Goldes in Königswasser, das ja freies Chlor gelöst enthält, und die Gewinnung des Goldes durch Behandeln des feuchten Erzes mit Chlorgas (vgl. Chloration, S. 53).

Von untergeordneter Bedeutung ist die geringe Löslichkeit in wässriger Lösung von Alkalithiosulfat, z. B.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , zu dem Doppelsalz

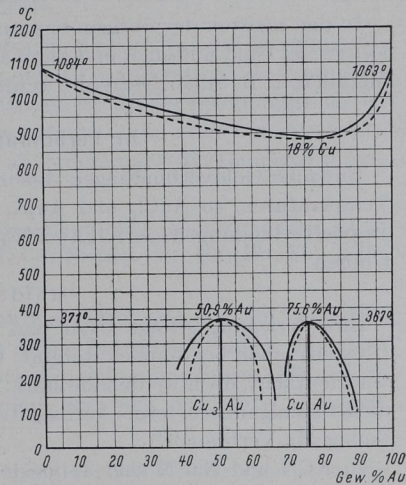
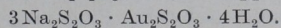


Fig. 4. Zustandsschaubild der Au-Cu-Legierungen.  
(Nach Sterner-Rainer.)

Schädlich und zu Verlusten führend ist die Löslichkeit in Selensäure, die sich bei Behandlung Se-haltiger Erze bildet, sowie in Ferri- und Cupri-Salzlösungen bei  $100^\circ$  und in Anwesenheit von Alkalicarbonat und Kohlensäure im Überschuß, da diese Lösungsmittel unter Umständen eine Wiederauflösung bereits ausgefallenen Goldes bewirken, das dann in die Abgänge gelangen kann.

In den meisten der übrigen Säuren, wie Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure, ist Gold unlöslich und kann auf Grund dieser Eigenschaft von anderen Metallen, z. B. Silber, getrennt werden.

### b) Verbindungen des Goldes.

Einfache Goldverbindungen dissoziieren beim Erhitzen schon bei niedrigen Temperaturen, so  $\text{AuCl}_3$  und  $\text{Au}_2\text{S}$ , das im übrigen hier keine Rolle spielt. Doppelverbindungen, wie  $\text{KAu}(\text{CN})_2$ , zerfallen allerdings erst bei heftigem Glühen.

#### Goldtelluride.

Ihre Zerlegung erfolgt leicht und vollständig durch Erhitzen an der Luft (Rösten) schon bei dunkler Rotglut. Über Löslichkeit in Quecksilber ist nichts veröffentlicht, doch werden die stark Te-haltigen Golderze von Kalgoorlie auch direkt amalgamiert; ferner vermag Te ebenfalls mit Hg ein Amalgam zu bilden (hoher Hg-Verbrauch!).

In KCN und NaCN sind Telluride nur sehr langsam und in sehr fein verteilter Zustände löslich. Jedenfalls ist eine Entfernung der Hauptmenge des Te durch Röstung sowohl vor der Amalgamation als auch vor der Laugung zweckmäßig, im letzteren Falle außerdem eine sehr weitgehende Ausmahlung. Verhältnismäßig leicht löslich ist Goldtellurid in Bromcyanid,  $\text{BrCN}$ .

#### Goldselelide.

Über ihr Verhalten gegenüber den gebräuchlichen Lösungsmitteln ist so gut wie nichts bekannt. Wahrscheinlich ähnelt es dem der Telluride. (Beim Ausfällen des Goldes aus einer Se-haltigen Lösung durch Zink scheidet sich auch Se ab und bildet bei der nachfolgenden Behandlung Selensäure,  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ , die Au auflöst.)

#### Goldtrichlorid, $\text{AuCl}_3$ .

Es beginnt bei  $150^\circ$  in Chlor und Goldchlorür,  $\text{AuCl}$ , zu zerfallen, das bei  $210^\circ$  unter weiterer Chlorabgabe in Gold übergeht. Bei rascher Erhitzung setzt bei  $180^\circ$  Verdampfung des unzersetzten Salzes ein; der hierdurch entstehende Goldverlust erreicht bei ca.  $300^\circ$  (mit 2,3% in je 30 Min.) sein Maximum und geht von dieser Temperatur ab infolge Bildung des nicht flüchtigen  $\text{AuCl}$  wieder zurück. Schmelzp.  $229^\circ$ . Es ist leicht löslich in Wasser und allen sonst in Betracht kommenden Lösungsmitteln.

Aus der Lösung wird Gold durch alle überhaupt in Betracht kommenden Reduktionsmittel in met. Form abgeschieden. Als solche wirken auch Salze der niedrigen Oxydationsstufen von Schwermetallen (z. B.  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{FeCl}_2$ ), ferner deren Sulfide (Pyrit,  $\text{CuS}$ ,  $\text{ZnS}$  usw.) und vor allem organische Verbindungen oder Kohlenstoff (Holzkohle); schon Berührung mit der Haut des menschlichen Körpers genügt (schwarze Fingernägel beim Arbeiten mit Ton-



fixierbad!). Aus sehr stark verdünnten Lösungen erfolgt die Ausscheidung häufig in kolloidaler Form (Goldpurpur), und es bedarf dann eines Adsorptions- oder Koagulationsmittels, um eine Trennung von der Flüssigkeit zu bewirken.

### Goldcyanide.

In Betracht kommen hier in der Hauptsache die sich bei der Laugung mit Alkalicyanid bildenden Doppelcyanide, in deren Lösungen Gold als komplexes Ion und nur sehr schwach dissoziiert vorhanden ist. In der Spannungsreihe ist es stark nach der elektropositiven Seite verschoben, und zwar um so stärker, je konzentrierter die Lösung an KCN ist; außerdem spielt die Temperatur eine gewisse Rolle.

Nach Untersuchungen von Gore ist die Spannungsreihe in einer 0,6proz. KCN-Lösung bei 10°: + Al, Mg, Zn, Cu, Cd, Sn, Co, Ni, Ag, **Au**, Hg, Pb, Fe . . . Pt, Sb . . . Bi, Te, C—.

Eine Ausfällung durch schwache Reduktionsmittel, wie aus  $\text{AuCl}_3$ -Lösung, ist hier nicht möglich, und man wendet daher fast ausschließlich das stark elektropositive Zink als Fällmittel an; auch der elektrische Strom läßt sich zu diesem Zwecke verwenden, ferner, vor allem für stark verdünnte Lösungen, aktivierte Kohle.

Goldsulfür,  $\text{Au}_2\text{S}$ . Dissoziiert beim Erhitzen auf 250 bis 270°, spielt im vorliegenden Zusammenhange keine Rolle, da es weder in der Natur vorkommt, noch bei einem Gewinnungsverfahren entsteht.

Dasselbe gilt von  $\text{Au}_2\text{S}$  und  $\text{Au}_2\text{S}_3$ , die mit Ausnahme des S. 55 erwähnten Falles keine Rolle spielen.

## 6. Gewinnungsmethoden.

### a) Goldhaltige Erze. (Vgl. die Unterscheidung S. 3.)

Diese Erze, bei denen Gold also nur einen akzessorischen Bestandteil bildet, werden zunächst meist ohne Rücksicht auf den Goldgehalt durchaus nach den für die Gewinnung der Hauptmetalle maßgebenden Gesichtspunkten behandelt. Hierbei findet schließlich eine derartige Konzentration des Goldes in gewissen Zwischenprodukten statt, daß seine Gewinnung aus ihnen nach besonderen Verfahren lohnend wird. Diese Zwischenprodukte bestehen in der Hauptsache aus solchen Stoffen, die wir oben als „Sammler“ kennengelernt haben, also Blei, Kupfer [bzw. Stein<sup>1)</sup>], Silber. Doch kann das Gold sich auch in den Rückständen von der Gewinnung des Hauptmetalles finden, so z. B. in solchen von der Verhüttung der Zink-, Arsen- oder Antimonerze oder von der nassen Laugung von Kupfer-, Blei- oder Zinkerzen. Diese Rückstände müssen dann wie ein selbständiges Erz und nach den durch dessen Zusammensetzung bedingten Methoden weiterverarbeitet werden; in der Regel wird man also auch dann das Gold schließlich in den die Sammler enthaltenden Zwischenprodukten finden.

<sup>1)</sup> Auch Speise ist ein hervorragender Sammler für Gold, meist sehr zum Kummer des Hüttenmannes.