# Hubbert-Linearisierung für Gold

24.10.2017 | Dr. Jürgen Müller

Die sogenannte "Hubbert-Linearisierung" (HL) zur Abschätzung der Gesamtfördermenge Q einer erschöpflichen Ressource wurde durch Hubbert selbst in seinem letzten Artikel aus dem Jahr 1982 in den Minen-Kontext eingeführt (Hubbert 1982) [1]. Dort wird auch die mathematische Herleitung des Prinzips aufgezeigt. Deffeyes, ein früherer Mitarbeiter von Hubbert bei Shell, merkte in seinem Buch "Beyond Oil" (Deffeyes 2006) [2] jedoch an, dass diese Methode schon einige Jahre zuvor von Biologen beschrieben und verwendet wurde (Smith 1963) [3].

Die grundsätzliche Vorgehensweise bei dieser Linearisierung ist wie folgt: Durch Auftragen des prozentualen Verhältnisses der jährlichen Förderung P zur bis dahin produzierten Gesamtförderung Q gegen Q, d. h. mathematisch ausgedrückt

P/Q [%] = f (Q) [Tonnen]

ist es für Produktionskurven, die einer logistischen Funktion folgen, möglich, durch die lineare Extrapolation zur Abszisse (x-Achse) die kumulierte Gesamtfördermenge Q∞, und durch Extrapolation zur Ordinate (y-Achse) den anfänglichen Wachstumsparameter "a" zu bestimmen, wobei letzterer von untergeordneter Bedeutung ist.

Wie in meinem letzten Artikel "Wieviel Gold?" dargestellt, wurden nach unseren Datenquellen bis 2016 kumuliert 175.187 Tonnen Gold gefördert. Die Jahresförderung im Jahr 2016 von 3.100 Tonnen entsprach demzufolge

P/Q₂₀₁₆ = 3.100 t / 175.187 t = 0,0177 = 1,77%

der bis dahin geförderten Gesamtmenge von Gold. Im Vorjahr 2015 betrug der Quotient noch

P/Q₂₀₁₅ = 3.100 t / 172.087 t = 0,0180 = 1,80%

d. h. der Prozentsatz verringert sich theoretisch im Laufe der Zeit, weil a) die Gesamtmenge Q im Nenner des Quotienten immer weiter steigt, und b) die jährliche Produktion P im Zähler des Quotienten irgendwann nach dem Peak-Gold Axiom zu sinken beginnt.

Im allgemeinen variiert das P/Q-Verhältnis in den frühen Jahren eines Produktionszyklus sehr stark, da selbst kleine Schwankungen in der Produktion zu großen Ausschlägen im prozentualen P/Q-Verhältnis führen können. Ist der Produktionszyklus jedoch hinreichend weit entwickelt, ergibt sich näherungsweise eine gerade Linie, die - in klassischer Interpretation - in die Zukunft extrapoliert werden kann. Der Schnittpunkt dieser Gerade mit der Abszisse ergibt den Erwartungswert für Q∞.

Am Beispiel der südafrikanischen Goldförderung, die bereits im Endstadium ist, kann das Prinzip sehr gut erkannt und erläutert werden.

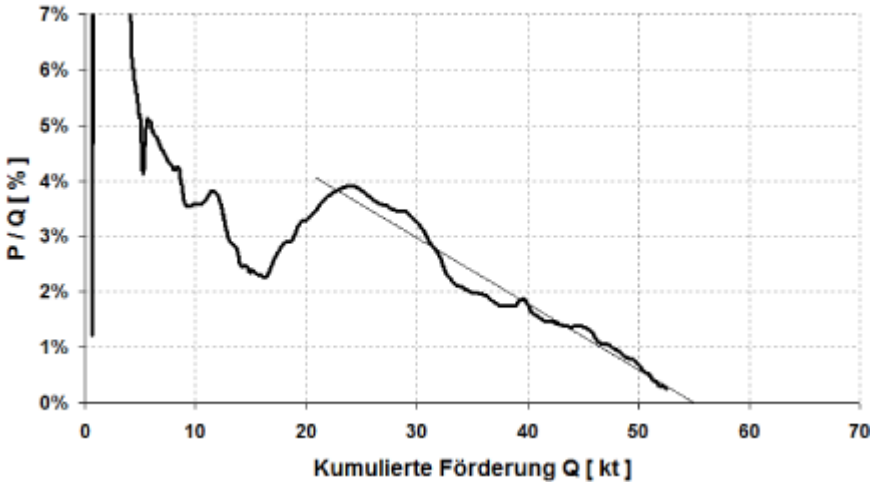

*Abb. 1: Hubbert-Linearisierung der südafrikanischen Goldförderung*
*(Quelle: Eigene Berechnung und eigene Darstellung.)*

Im Jahr 1970 wurde mit 1.000 Tonnen das "Peak-Gold-Südafrika" erreicht. Im Jahr 2016 wurden nur noch 140 Tonnen gefördert. Da die Minenfelder im Witwatersrand um Johannesburg erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts entdeckt wurden, ist die geschichtliche Förderung seit 1883 sehr gut dokumentiert. In Summe wurden in Südafrika bis einschließlich 2016 52.500 Tonnen Gold gefördert (d. h. ca. 30% der globalen Gesamtmenge von ca. 175 kt), sodass die Jahresförderung 2016 von 140 Tonnen nur noch einen Prozentsatz von 0,27% ausgemacht hat.

Der gesamte Förderzyklus nähert sich somit seinem Ende. In Abb. 1 ist zu erkennen, wie sich seit 1965 (bei P/Q = 3,9%) näherungsweise eine Gerade gebildet hat, die man durch einen mathematischen Fit gegen die Abszisse extrapolieren kann. Man kommt somit auf einen Erwartungswert für das südafrikanische Q∞ von ca. 55.000 Tonnen (Schnittpunkt der gefitteten Geraden mit der x-Achse). D. h. bis zum Ende der (groß-industriellen) Förderung werden noch ca. 2.500 Tonnen Gold in Südafrika förderbar sein.

Was für Südafrika sehr gut funktioniert, kann für die globale Goldförderkurve leider nicht angewendet werden, da diese durch mehrere Unterzyklen von einer perfekten Hubbert-Kurve mehr oder minder stark abweicht. Diese Unterzyklen sind daher auch in der HL gut als stark schwankende P/Q-Kurve erkennbar, siehe Abb. 2.

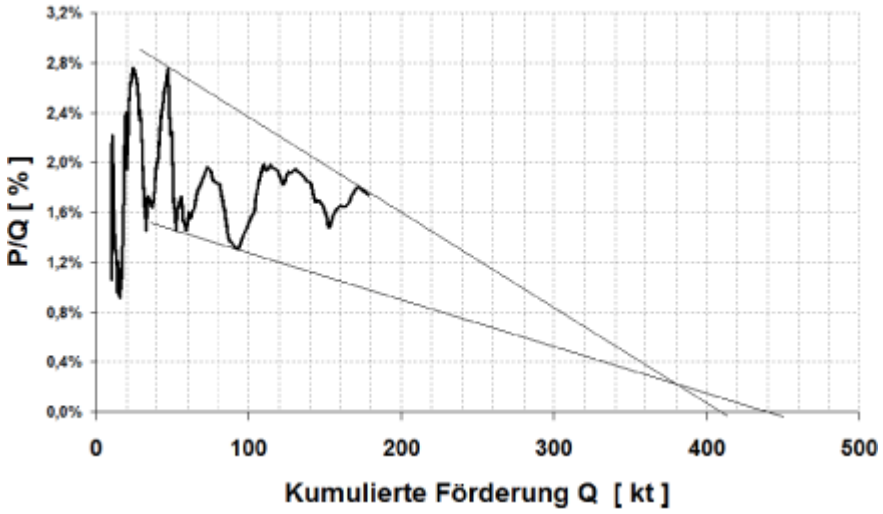


*Abb. 2: Hubbert-Linearisierung der globalen Goldförderkurve*
*(Bildquelle: Eigene Berechnung und eigene Darstellung, Datenquelle siehe Artikel "Wieviel Gold?")*

Es ist festzuhalten, dass sich die Förderung mit einem P/Q-Verhältnis von aktuell ca. 1,8% noch nicht in dem Stadium befindet (vgl. oben: P/Q von Südafrika in 2016 von 0,27%), dass sich eine Gerade ausgebildet hat, die man mathematisch extrapolieren könnte um einen sinnvollen Erwartungswert für das globale Q∞ zu erhalten.

Man kann sich dieser Fragestellung jedoch mit Hilfe der Charttechnik annähern, wie ebenfalls in Abb. 2 dargestellt. Konstruiert man so eine obereWiderstands- und eine untere Unterstützungslinie, erhält man einen Schätzwert von ca. 420.000 Tonnen Gold, die global förderbar sein werden. Der Gesamtzyklus wäre demnach aktuell erst bei 41% angekommen (175 kt / 420 kt; 50% = Peak-Gold). Würde die Weltförderung auf dem aktuellen Niveau von ca. 3.100 Tonnen verbleiben, wäre Peak-Gold demnach in 11 Jahren erreicht (11 x 3.100 t + 175.000 t = 210.000 Tonnen = 1/2 Q∞), d. h. im Jahr 2028.

Die grundsätzliche Relevanz charttechnisch aus der HL hergeleiteter Szenarien läßt sich an den beiden folgenden Beispielen verifizieren. Die "Cripple Creek" Mine in Colorado/USA förderte zwischen 1892 - 1961 ca. 560 Tonnen Gold. Die HL dieser Förderhistorie ist in Abb. 3 dargestellt.

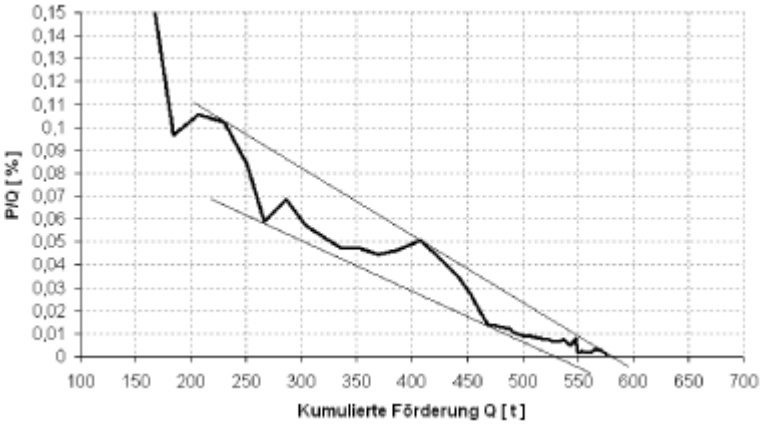


*Abb. 3: Charttechnische Interpretation der Hubbert-Linearisierung am Beispiel der Cripple Creek Goldförderung von 1892 bis 1961*
*(Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung).*

Die kumulierte Förderung hätte mit der charttechnischen Interpretation der HL bereits 1916 korrekt abgeschätzt werden können (Hochpunkt von ca. 5% bei Q = 407 t), da die obere Widerstandslinie die X-Achse exakt bei diesem Wert schneidet.

Auch die südafrikanische Goldförderung folgt im HL-Graph der Widerstandslinie und ergibt mit einem Szenario Q∞ = 56.000 t einen etwas höheren Wert als von Hartnady (2009) [4] prognostiziert, der aufgrund einer klassischen Interpretation der HL einen Wert von Q∞ = 53.825 t nennt, bzw. 55.000 t wie aus Abb. 1 gefolgert wurde. Mit dieser charttechnischen Interpretation hätte der Erwartungswert für Q∞ bereits im Jahr 1993 korrekt abgeschätzt werden können.

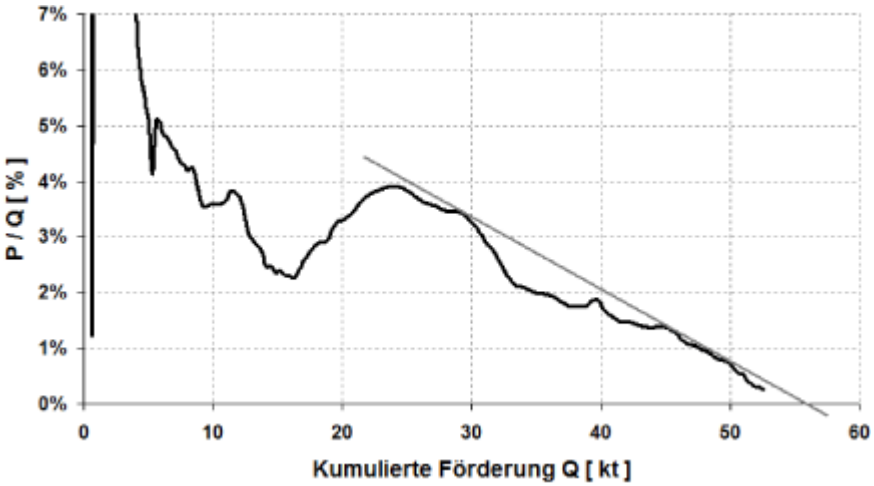


*Abb. 4: Charttechnische Interpretation der Hubbert-Linearisierung am Beispiel der Südafrikanischen Goldförderung von 1884 bis 2016.*

Im Jahr 2011, bei der Erstellung meiner Dissertation lagen die Förderdaten bis 2010 vor. Die HL der globalen Goldförderung, und deren Interpretation, sah damals wie folgt aus.

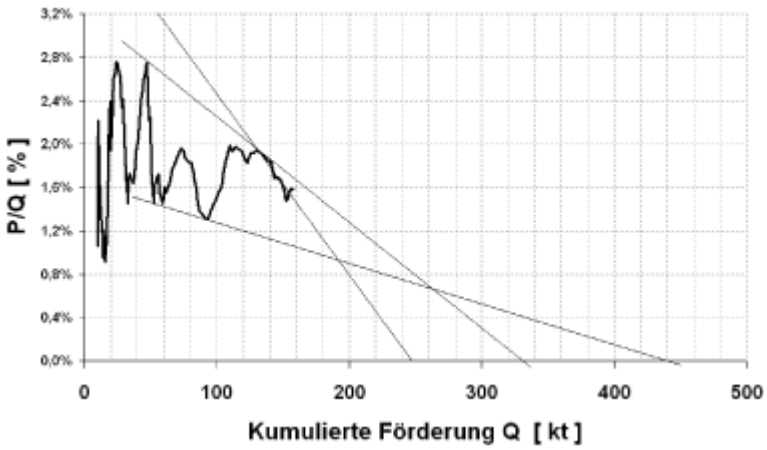


*Abb. 5: Hubbert-Linearisierung der globalen Goldproduktion bis 2010 mit drei möglichen Extrapolationen (Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung).*

Die untere Unterstützungslinie endet unverändert bei Q∞ = 440.000 t. Die obere Widerstandslinie implizierte jedoch einen Wert Q∞ = 330.000 t und die Extrapolation der letzten Geraden einen Wert von 245.000 t. Zitat aus der Dissertation 2011:

*"In Abbildung 5 sind wiederum die vier Unterzyklen zu erkennen, sodaß sich insgesamt noch kein klarer linearer Trend entwickelt konnte. Der bisherigen Literatur nach wird jedoch das P/Q-Verhältnis ab dem Zeitpunkt bestmöglich mit einer linearen Funktion approximiert, ab dem sich eine solche Gerade ergibt.*

*Im Falle für Gold ist dies erst ab ca. dem Jahr 1998 der Fall. Approximiert man die Datenpunkte dieser letzten Jahre mit einer linearen Funktion, so ergibt sich für Q∞ ein Wert von ca. 245.000 t, wobei dieser Wert sehr anfällig für zukünftige Schwankungen im Verhältnis P/Q ist. Aus diesem Grunde scheint es sinnvoller, in charttechnischer Art und Weise, wie zuvor gezeigt, sowohl eine Unterstützunglinie als auch eine Widerstandslinie zu definieren, um mögliche Szenarien zu ermitteln."*

Der aus heutiger Sicht mit den Förderdaten bis einschließlich 2016 charttechnisch ausgewertete HL läßt einen Schätzwert für Q∞ für die globale Goldförderung von 420.000 t erwarten. Dieser Wert liegen sinnvoll im Einklang mit der Abschätzung nach Skinner (geochemische Daumenregel, vgl. Artikel "Wieviel Gold?"), sowie den letzten Reserven-Abschätzungen des USGS [5]:

| | | |
|---|---|---|
| Förderung 1851 - 2016: | 165.000 t | |
| + $Q_{historic}$: | 10.000 t | (kumulierte Förderung vor 1850) |
| + Resourcen laut USGS: | 57.000 t | [5] |
| | ======= | |
| = Summe: | 232.000 t | |

D. h. das Szenario von Q∞ = 420.000 t geht davon aus, daß die vom USGS angegebenen Reserven in Zukunft zu 100% abgebaut werden können und zusätzlich in der Zukunft noch 188.000 t neu entdeckt und ebenfalls zu 100% ausgebeutet werden können. Selbst beim einem mittleren Szenario von Q∞ = 330.000 t müssen in der Zukunft noch 98.000 t förderbares Gold neu entdeckt werden. Geht man von einem branchenüblichen Wert der Gewinnbarkeit von Reserven von 75% aus (McKeith 2009b) [6], so müssen die Ressourcen dementsprechend sogar noch weiter anwachsen.

Die Schlußfolgerung aus der Hubbert-Linearisierung für das "Peak-Gold-Jahr" ergibt sich wie folgt. Ausgehend von einer symmetrischen logistischen Funktion für den übergeordneten Produktionszyklus von Gold zeigen die Werte der bisherigen Förderung, daß das "Peak-Gold-Jahr" bei Q∞/2 rein aus geometrischen Überlegungen heraus noch keinesfalls erreicht sein muß, bzw. daß der aktuelle vierte Unterzyklus noch nicht notwendigerweise der letzte in der ansteigenden Flanke der Goldförderkurve sein muß oder daß sich dieser zeitlich noch weiter in die Zukunft erstrecken kann.

Aus heutiger Sicht ist das Peak-Gold-Jahr um das Jahr 2028 zu erwarten, wenn die Förderung in den kommenden Jahren auf dem aktuellen Niveau um 3.000 t/a verbleibt.

© Dr. Jürgen Müller
Einkaufsgemeinschaft für Sachwerte GmbH
www.goldsilber.org
Aussteller der Edelmetallmesse 2017: Stand Nr. 40

***Quellen***:

*[1] Hubbert, M.K. (1982): "Techniques of prediction as applied to the production of oil and gas", US Department of Commerce, NBS Special Publication 631, Mai 1982, http://www.goldsilber.org/artikel/hubbert-1982.pdf*

*[2] Deffeyes K.S. (2006): "Beyond Oil - The view from Hubbert's peak", Hill and Wang, New York, ISBN 978-0-8090-2597-0, 224 Seiten.*

*[3] Smith F.E. (1963): "Population growth in daphnia magna and a new model for population growth", Ecology Vol. 44, S. 651-663.*

*[4] Hartnady C.J.H. (2009): "South Africa's gold production and reserves", South African Journal of Science, Vol. 105, Nr. 9/10, 2009, S. 328-329.*

*[5] U.S. Geological Survey: https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/*

*[6] McKeith T. (2009b): "Exploration: A gold industry perspective", World mining investment congress Juni 2009 London. http://www.goldfields.co.za/presentations/2009/world_mining_congress_09.pdf (Zugriff 07.06.2010). Heute abrufbar unter http://docplayer.net/20828335-Exploration-a-gold-industry-perspective-world-mining-investment-congress-june-2009-lo*

Dieser Artikel stammt von GoldSeiten.de
Die URL für diesen Artikel lautet:
https://www.goldseiten.de/artikel/349081--Hubbert-Linearisierung-fuer-Gold.html

Für den Inhalt des Beitrages ist allein der Autor verantwortlich bzw. die aufgeführte Quelle. Bild- oder Filmrechte liegen beim Autor/Quelle bzw. bei der vom ihm benannten Quelle. Bei Übersetzungen können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Der vertretene Standpunkt eines Autors spiegelt generell nicht die Meinung des Webseiten-Betreibers wieder. Mittels der Veröffentlichung will dieser lediglich ein pluralistisches Meinungsbild darstellen. Direkte oder indirekte Aussagen in einem Beitrag stellen keinerlei Aufforderung zum Kauf-/Verkauf von Wertpapieren dar. Wir wehren uns gegen jede Form von Hass, Diskriminierung und Verletzung der Menschenwürde. Beachten Sie bitte auch unsere AGB/Disclaimer!

Die Reproduktion, Modifikation oder Verwendung der Inhalte ganz oder teilweise ohne schriftliche Genehmigung ist untersagt!
Alle Angaben ohne Gewähr! Copyright © by GoldSeiten.de 1999-2024. Es gelten unsere AGB und Datenschutzrichtlinen.