

Abnutzung am Beispiel neuer und antiker
Münzen - eine statistische Betrachtung

Alle Artefakte, die der Mensch in Gebrauch nimmt, nutzen sich ab. Die Abnutzung ist daher an vielen unserer archäologischen Fundstücke deutlich zu erkennen. - Vor einigen Jahren fanden wir auf einer unserer Grabungen einen stark abgenutzten Sesterz Hadrians in einer Schicht des 3. Jahrhunderts n. Chr. Er löste unter den Anwesenden eine Diskussion darüber aus, ob man für die Abnutzung antiker Münzen ein Maß angeben könne mit dem Ziel, die Umlaufsdauer einer Münze zu bestimmen.

Im Münzhandel wird bekanntlich der Erhaltungsgrad einer Münze mit den Stufen "gut erhalten - sehr gut erhalten - schön - sehr schön - vorzüglich - Stempelglanz" bezeichnet. Diese Stufen sind ziemlich subjektiv. Ein objektiveres Kriterium wäre der Gewichtsverlust, der durch die Abnutzung verursacht wird. Allerdings ist er bei einer einzelnen Fundmünze nicht exakt zu bestimmen, da uns das genaue Anfangsgewicht unbekannt ist. Auch werden Münzen ein und derselben Prägungsserie meist ein unterschiedliches Schicksal erfahren: eine Münze kann während längerer Zeit gehortet werden, eine andere in der gleichen Zeitspanne lebhaft umlaufen. So können bei gleicher "Lebenszeit" auch prägegleiche Stücke ganz unterschiedlich abgenutzt werden. Bei Fundmünzen ist natürlich außerdem mit Korrosion durch die lange Lagerung im Boden zu rechnen. Ferner ist die Abnutzung verschieden je nach der Größe der Münze, der Zusammensetzung des Metalls und der Art der Behandlung des Geldes¹⁾.

Hier führt die statistische Methode weiter, bei der nicht die Gewichte einzelner Münzen, sondern geschlossener Gesamtheiten von Münzen betrachtet werden. - Um die statistischen Eigenschaften solcher Münzgesamtheiten an einem einfachen Beispiel kennenzulernen, wählen wir einen leicht zugänglichen Ausschnitt aus dem heutigen Geldumlauf, nämlich gewöhnliche Zehnpfennigstücke. Der folgende Versuch kann von jedermann wiederholt werden. Da nur die Gewichte interessieren, benötigt man lediglich eine Präzisionswaage mit einer Genauigkeit von 0,01 g.

Dem heutigen Geldumlauf wurden im März 1983 zweihundert frisch-geprägte Groschen (Prägejahre 1981 und 1982) sowie zweihundert ältere Groschen (nur Prägejahr 1950) entnommen. Diese beiden Münzgesamtheiten sollen zur Klärung der Frage dienen, wie die Abnutzung im Lauf von etwa 30 Jahren die Gewichte der Groschen geändert hat. Die Münzen wurden einzeln gewogen und aus den Gewichten die zwei wichtigsten statistischen Maßzahlen auf einem Mikrocomputer berechnet²⁾: der Mittelwert und die Standardabweichung (beide mit Konfidenzintervallen). Sodann wurden die Gewichte der Größe nach geordnet, in Größenklassen eingeteilt und ihre Häufigkeit grafisch dargestellt.

Die neuen Groschen besitzen einen Gewichts-Mittelwert von 4,00 g. Fabrikationstechnisch bedingt, streut das Gewicht ein wenig. Das Streuungsmaß (Standardabweichung) beträgt 0,03 g. Die Häufigkeitsverteilung der Gewichte (Abb. 1) ähnelt der klassischen

Gaußschen Glockenkurve. Es ist die auch sonst bei genormten Industrieprodukten häufig zu beobachtende Streuung um einen Sollwert, die als "Normalverteilung" bezeichnet wird. Man kann also sagen, die Gewichte der zweihundert neuen Groschen sind "normalverteilt"; sie schwanken in einem engen Bereich um 4,00 g.

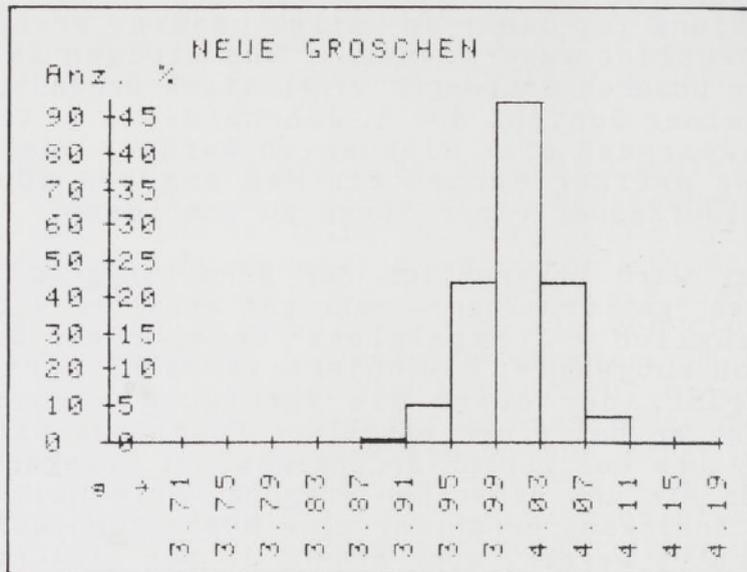


Abb.1 Häufigkeitsverteilung der Gewichte neuer Zehnpfennigstücke

Bei kleinen Stichproben können die Maßzahlen für Mittelwert und Standardabweichung durch Zufallsschwankungen der Gewichte beeinflusst werden. Es ergeben sich daher die Fragen: ist unsere Stichprobe umfangreich genug? Können die ermittelten Maßzahlen für sämtliche neuen Groschen einigermaßen als verbindlich angesehen werden? Diese Fragen können durch die berechneten Konfidenzintervalle beantwortet werden. In unserem Fall (Stichprobenumfang 200) liegt der Gewichts-Mittelwert der Grundgesamtheit (sämtliche neuen Groschen) mit 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit in dem Intervall von 4,00 bis 4,01 g; die Standardabweichung der Grundgesamtheit mit gleichem Irrtumswahrscheinlichkeit im Intervall von 0,03 bis 0,04 g.

Konfidenzintervalle können nur für ein vorgegebenes Irrtumswahrscheinlichkeit berechnet werden; hier wurden 5 % gewählt. Sie sind ein nützliches Instrument der Quellenkritik, da sie Auskunft darüber geben, ob der Umfang einer Stichprobe ausreichend repräsentativ ist. Bei unserem Beispiel ist die Stichprobe offensichtlich umfangreich genug.

Für die zweihundert gewogenen Groschen des Prägejahrs 1950, die bis Anfang 1983 umgelaufen sind, ergaben sich folgende Werte: Gewichts-Mittelwert 3,96 g; Standardabweichung 0,05 g. Durch die Abnutzung haben die Münzen also im Lauf von gut 30 Jahren im Mittel 0,04 g verloren (etwa 1,3 mg pro Jahr). Außerdem hat die Streuung merklich zugenommen. Die Häufigkeitsverteilung (Abb. 2) zeigt auch ein anderes Bild: sie ist nicht mehr symmetrisch, sondern schief. Rechts vom Maximum der Verteilung (das heißt in Richtung auf höhere Gewichte) fallen die Häufigkeiten

steiler ab als links davon. Es handelt sich nicht mehr um eine Normalverteilung. Zwei statistische Maßzahlen, Schiefe und Steilheit, die sich aus den Meßwerten berechnen lassen, geben Auskunft über die Abweichung dieser Häufigkeitsverteilung von der Normalverteilung. In unserem Beispiel berechnete sich die Schiefe (Maß der Asymmetrie) zu $-0,8$ (Normalverteilung im Vergleich: $0,0$); die Steilheit (Kurtosis) zu $5,0$ (Normalverteilung $3,0$).

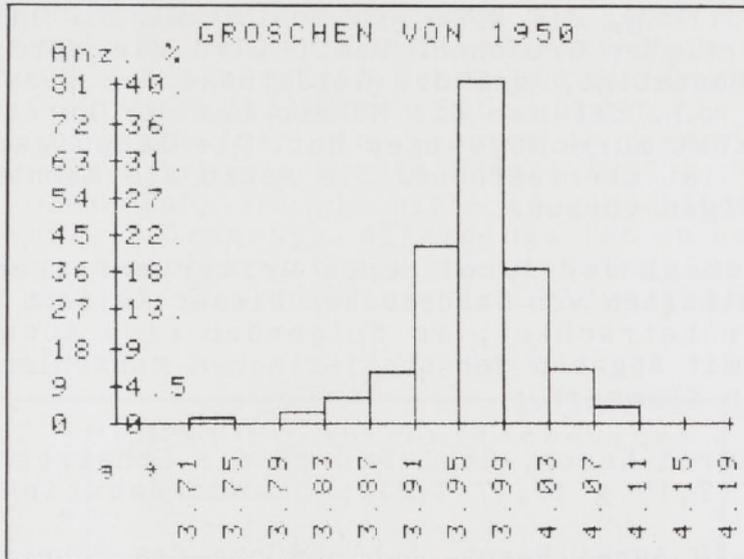


Abb.2 Häufigkeitsverteilung der Gewichte alter Zehnpfennigstücke (Prägejahr 1950)

Die merkwürdige Häufigkeitsverteilung der alten Groschen ist verhältnismäßig leicht zu verstehen: kein Groschen kann durch die Abnutzung schwerer werden, die Häufigkeitsverteilung kann sich also nicht in Richtung größerer Gewichte verschieben. Einzelne Exemplare sind recht hart behandelt oder gar beschädigt worden. Diese bewirken das allmähliche Abklingen der Häufigkeiten in Richtung auf die geringeren Gewichte, aber auch die Erhöhung des Streuungsmaßes.

Wir erhalten als Ergebnis: die Art des heutigen Münzumschlages bewirkt bei Münzgesamtheiten, die lange umgelaufen sind, einerseits selbstverständlich eine Verringerung des Durchschnittsgewichts; andererseits steigt die Streuung der Gewichte. Die Häufigkeitsverteilung wird schief und steiler als die Normalverteilung. d.h. die Münzgewichte sind nicht mehr normal verteilt.

Lassen sich solche Beobachtungen auch an antiken Münzgesamtheiten wiederholen? Als Münzgesamtheiten werden Münzschätze oder bestimmte Ausschnitte aus ihnen gewählt. Um Probleme der Fundüberlieferung (Korrosion bei der Lagerung in der Erde) möglichst auszuschließen, betrachten wir Goldmünzen. Als Beispiele werden Gesamtheiten römischer Aurei jenes Standards betrachtet, den Kaiser Nero um 64 n. Chr. eingeführt hat.

Zunächst benötigen wir eine Stichprobe "neuer", das heißt gar nicht oder nur wenig umgelaufener Aurei dieses Standards. Man

findet sie in dem Münzschatz von Utrecht, der kurz nach Neros Tod während des Bataveraufstandes 69/70 in den Boden gekommen ist³⁾. Er enthält 26 Aurei aus der Zeit von 64-69. Folgende Maßzahlen lassen sich berechnen: Gewichtsmittelwert 7,31 g (Konfidenzintervall 7,30-7,33 g); Standardabweichung 0,04 g (Konfidenzintervall 0,03-0,05 g). Leider reicht der Umfang der Stichprobe nicht aus, um die vermutete Normalverteilung mit Sicherheit erkennen zu können, doch ist diese durchaus wahrscheinlich. Sehr bemerkenswert ist die außerordentlich geringe Standardabweichung, die kaum größer ist als die heutiger industriell gefertigter Groschen. Damit wird die alte Ansicht der Numismatik bestätigt, daß die Goldstücke "al pezzo" gefertigt worden sind, d.h. daß man die Münzen bei der Herstellung Stück für Stück exakt zurechtgewogen hat. Die Genauigkeit, mit der das geschah, ist überraschend. Sie setzt die Kenntnis ziemlich guter Feinwaagen voraus.

Um das Schicksal der Aurei Neros weiterverfolgen zu können, werden Gesamtheiten von Goldstücken dieses Kaisers aus späteren Münzschatzen betrachtet; im folgenden eine Auswahl solcher Schatzfunde mit Angaben der statistischen Maßzahlen (Konfidenzintervalle in Klammern):

Erla⁴⁾. 16 Aurei Neros, Schlußmünze des Schatzes 138 n. Chr.; Mittelwert: 7,19 g (7,17-7,21); Standardabweichung: 0,04 g (0,03-0,06).

Corbridge⁵⁾. 10 Aurei Neros, Schlußmünze des Schatzes 159/60 n. Chr.; Mittelwert: 7,16 g (7,11-7,21); Standardabweichung: 0,07 g (0,05-0,12).

Rom⁶⁾. 64 Aurei Neros, Schlußmünze des Schatzes 165 n. Chr.; Mittelwert: 7,02 g (6,99-7,05); Standardabweichung: 0,11 g (0,09-0,13).

Liberchies⁷⁾. 68 Aurei Neros, Schlußmünze des Schatzes 166 n. Chr.; Mittelwert: 7,01 g (6,97-7,05); Standardabweichung: 0,16 g (0,14-0,19).

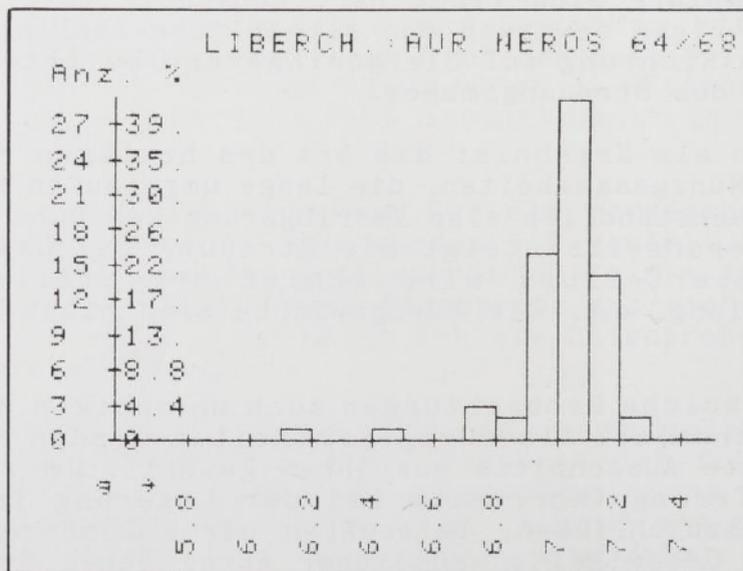


Abb.3 Häufigkeitsverteilung der Gewichte von Aurei Neros aus dem Münzschatz von Liberchies (Schlußmünze 166 n.Chr.)

Bei den meisten dieser Münzschatze ist der Anteil an Nero-Münzen zu gering, um die Art der Häufigkeitsverteilung erkennen zu können. Bei dem umfangreichsten und auch gut veröffentlichten Schatz von Liberchies liegt - wie bei den alten Groschen - mit Sicherheit keine Normalverteilung vor. Nach einem Jahrhundert des Umlaufs ist die Verteilung in ähnlicher, wenn auch stärkerer Weise unsymmetrisch geworden (Abb. 3; Schiefe - 2,9, Steilheit 14,6).

Trägt man den Mittelwert der Gewichte für jeden Münzschatz in ein Zeitdiagramm ein, so wird eine eigentümliche Erscheinung deutlich (Abb. 4). Von der Zeit Neros bis zur Deponierung des Schatzes von Corbridge (bald nach 160) wurden die Aurei Neros ganz gleichmäßig abgenutzt; sie verloren in dieser Zeit - also ungefähr in einem Jahrhundert - im Mittel 0,15 g, das sind 1,5 mg pro Jahr. Diese Zahl ist gar nicht so verschieden von jener für unsere heutigen Groschen. Allerdings ist zu bedenken, daß Gold wesentlich weicher ist als die Messingplattierung der Groschen und daß die Gewohnheiten im Geldverkehr zweifellos andere waren.

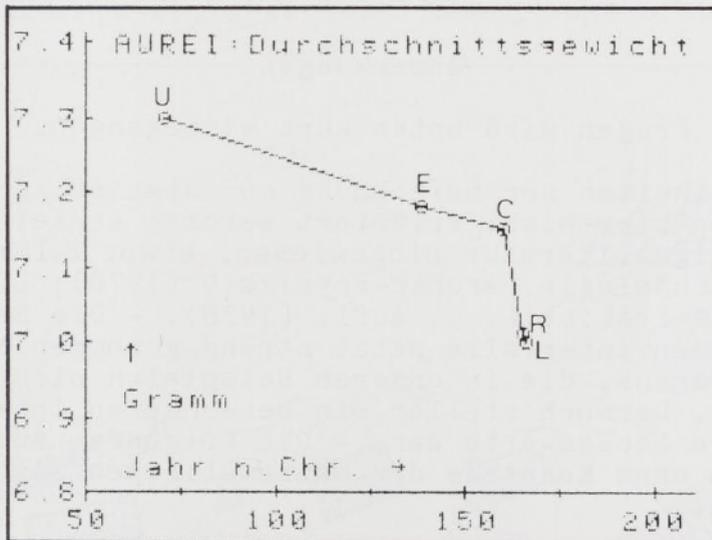


Abb.4 Änderung der Gewichts-Mittelwerte der Aurei Neros von 70 n.Chr. bis in die Regierungszeit Marc Aurels. Die bezeichneten Punkte geben die Werte für folgende Münzschatze: U Utrecht, E Erla, C Corbridge, R Rom, L Liberchies.

Nach der Niederlegung des Schatzes von Corbridge verloren die Goldstücke Neros in ganz wenigen Jahren im Mittel genausoviel Gewicht wie vorher in einem Jahrhundert. Das kann keineswegs die Folge normaler Abnutzung gewesen sein. Hier spiegeln sich andere Praktiken, die durch die schwere Krise des Römerreichs (Markomannenkriege, Wirtschaftskrise, Ausbruch der Pest) gefördert worden sind. Durch die jahrzehntelange Abnutzung war langsam eine Diskrepanz zwischen dem mittleren Gewicht der alten Aurei und dem der neuen entstanden, die noch immer nach dem Standard Neros geprägt wurden. Der Wert der Münze war durch das Gold gedeckt, ein Gewichtsverlust stellte einen Wertverlust dar. Die römischen Münzbehörden haben dieses Problem

vernachlässigt. Ein Jahrhundert nach der Einführung des Münzfußes der Aurei durch Nero kam es offensichtlich zu Spannungen im Verkehr mit den Goldstücken.

Ähnliches läßt sich beobachten, wenn man die Standardabweichung in einem Zeitdiagramm aufträgt. Das Streuungsmaß steigt ein Jahrhundert lang allmählich, springt aber nach der Deponierung des Schatzfundes von Corbridge in dem Zeitraum von wenigen Jahren schlagartig auf das Doppelte.

Das mag genügen, um zu zeigen, welche Einblicke scheinbar trockene statistische Maßzahlen in Entwicklungen des antiken Münzumschlages gewähren. Krisenzeiten zeichnen sich durch Änderungen der Gewohnheiten im Geldverkehr ab. Weitere Auswertungen bieten sich an, etwa auf dem Gebiet der antiken Metrologie, wo für die Rekonstruktion antiker Gewichtseinheiten die Untersuchung der Münzgewichte grundlegend ist. Nur selten sind hier anspruchsvollere statistische Methoden eingesetzt worden.

Anmerkungen

- 1) Auf diese Fragen wird unten kurz eingegangen.
- 2) Die Einzelheiten der Berechnung der statistischen Maßzahlen können hier nicht erläutert werden; es sei auf die einschlägige Literatur hingewiesen, etwa: P. Ihm, Statistik in der Archäologie. Archäo-Physika 9 (1978); L. Sachs, Angewandte Statistik. 5. Aufl. (1978). - Die Berechnung der Konfidenzintervalle setzt streng genommen Normalverteilung voraus, die in unseren Beispielen nicht immer gegeben ist. Dennoch stellen die berechneten Intervalle brauchbare Schätzwerte dar. - Die folgenden Ausführungen sind auch ohne Kenntnis der mathematischen Statistik verständlich.
- 3) M. Thirion, De muntschaat van Liberchies (1972) 82f.
- 4) H. Jungwirth, Numismatische Zeitschr. 82, 1967, 26ff.
- 5) H.H.E. Craster, Numismatic Chronicle 1912, 265ff.
- 6) S.L. Cesano, Bull. Comm. Arch. Communale di Roma 57, 1929, 5ff.
- 7) M. Thirion, De muntschaat van Liberchies (1972).

Prof. Dr. Dietwulf Baatz
Saalburg-Kastell, 6380 Bad Homburg 1