

Schätzung des nutzbaren Gehalts einer Lagerstätte

K. Gerald van den Boogaart

Lagerstättenbewertung, Verzerrungskorrektur, Stichprobennahme

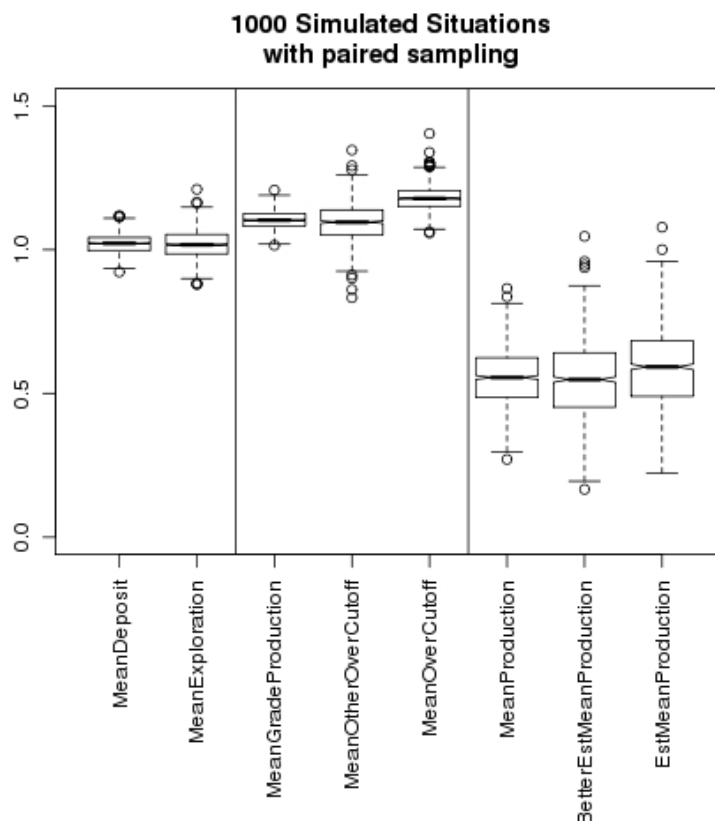
Ausgangslage:

Der Rohstoffgehalt und die Gesamttonnage einer Lagerstätte sind die entscheidenden Größen für die Entscheidung, ob eine Lagerstätte wirtschaftlich abgebaut werden kann.

Der Gesamtrohstoffgehalt einer mineralischen Lagerstätte wird in der Explorationsphase aufgrund weniger Bohrproben bestimmt. Ein naiver Weg zur Bestimmung des Gesamtrohstoffgehalts wäre das Produkt aus dem Mittelwert der gemessenen Konzentrationen und der Gesamttonnage der Lagerstätte. Für simulierte Lagerstätten wird das in der Abbildung in den linken beiden Boxplots dargestellt. Im Mittel liegt der geschätzte Gehalt genauso hoch, wie der tatsächliche mittlere Gehalt der Lagerstätte.

In der Abbauphase lohnt es sich jedoch nicht, die Lagerstätten abzubauen und aufzubereiten, die eine so geringe Rohstoffkonzentration aufweisen, dass Abbau und Aufbereitung nicht wirtschaftlich wäre. Es wird also nur der Teil der Lagerstätte abgebaut, dessen Konzentration oberhalb der Bauwürdigkeitsgrenze liegt. Dadurch ergibt sich für die Wirtschaftlichkeitsprüfung eine geringere Tonnage bei einer höheren durchschnittlichen Konzentration. Der jeweils linke Boxplot der rechten beiden Felder der Abbildung zeigt diese neuen Werte: Mittlerer Gehalt des abgebauten Teils und das mittlere Aufbereitungsergebnis.

Um diese beiden Größen zu schätzen, wird standardmäßig der abbaubare Anteil der Lagerstätte durch den Anteil der Explorationsproben mit einem Gehalt oberhalb der Bauwürdigkeitsgrenze bestimmt und die mittlere Konzentration aus dem Mittelwert dieser Werte berechnet. Sowohl die einzelnen Werte als auch ihr Produkt werden, aufgrund einer einfachen mathematischen Argumentation, für erwartungstreue Schätzer für die Größen gehalten und seit Jahrzehnten zur Wirtschaftlichkeitsberechnung verwendet. Allerdings gibt es praktische Hinweise, dass der Gehalt von Lagerstätten dennoch im Mittel überschätzt wird. Das kann man auch in der Simulation sehen.



Dort werden diese beiden Schätzer jeweils im rechten Boxplot der hinteren beiden Felder dargestellt. Es ist klar zu erkennen, dass die Schätzung im Mittel den wahren Gehalt übersteigt.

Lösung:

Um dieses Problem zu verstehen, wurde der Vorgang genauer mathematisch modelliert. In der Tat wird nicht der Teil der Lagerstätte abgebaut, der tatsächlich oberhalb der Bauwürdigkeitsgrenze liegt, sondern der Teil, für den eine fehlerbehaftete Messung das sagt. D.h., es wird z.B. für einen potentiellen Abbaublock eine Probe genommen. Liegt der Gehalt in dieser Probe oberhalb der Bauwürdigkeitsgrenze, so wird der Block in die Aufbereitung geschickt. Liegt der Gehalt unterhalb der Bauwürdigkeitsgrenze, so wird der Block nicht aufbereitet. Dieses einfache Verfahren dient nur als Beispiel. Nun gibt es aber eine räumliche Variation der Konzentration innerhalb der Baublöcke. Dadurch werden manche Blöcke aufbereitet, deren mittlere Konzentration unterhalb der Bauwürdigkeitsgrenze liegt und umgekehrt, einfach weil durch Zufall die lokale Konzentration an der Stelle der Messung auf der anderen Seite der Bauwürdigkeitsgrenze liegt. Anders als man vielleicht zunächst denken mag, hebt sich das nicht auf, da ja gute Blöcke wegfallen und schlechte hinzugenommen werden. Die Stärke dieses Effekts kann nicht ohne Informationen über die räumlichen Zusammenhänge ermittelt werden. Es wurde also ein Stichprobenplan entwickelt, der es erlaubt, die benötigte räumliche Abhängigkeit bereits mit wenigen Messungen zu schätzen und so die Schätzer zu korrigieren. Das sieht man in den mittleren Boxplots der rechten beiden Felder der Abbildung.

Es wurde auch ein analoger Effekt dieses Typs identifiziert, der durch die Anwendung der Bauwürdigkeitsgrenze auf die ganze Lagerstätte entsteht. Ein entsprechender Korrekturmechanismus wurde entwickelt.

K. Gerald van den Boogaart, Friedrich-Wilhelm Wellmer (2010) Cutoffs and Selectivity: How to estimate the processable content of a deposit in exploration stage, Proceedings of IAMG2010 BUDAPEST 29 AUGUST—2 SEPTEMBER 2010