



Machbarkeitsstudie zur Wiederverwertung von Kupfer und Plastik aus Kabelresten

Jonas Dahinden

Bachelor-Thesis, Studienrichtung Umwelttechnologie

Auftraggeber: Matthias Huber, Recyclinghuber
Experte: Dr. Michael Evangelou, Eberhard Recycling AG
Verantwortlicher: Dr. Markus Lenz, FHNW

EINLEITUNG

Die wachsende Anzahl an elektronischen Geräten mit einer immer kürzer werdenden Lebensdauer führt zu grossen Mengen an Elektroschrott. Im Jahr 2019 wurden weltweit 53.6 Millionen Tonnen dieses Abfalls generiert. Bei rund 15% davon handelt es sich um Kabel, welche zu einem grossen Teil aus Kupfer bestehen. Da die Deponierung von Kabel und Elektroschrott im Allgemeinen durch die darin enthaltenen Schadstoffe negative Auswirkungen für den Menschen und die Umwelt mit sich zieht, sollte ein möglichst grosser Teil dieser Abfälle recycelt werden. Die Firma Recyclinghuber ist im Bereich des Kabelrecyclings tätig und setzt für die Rückgewinnung der Rohstoffe einen zweistufigen Prozess ein. Zuerst werden die Kabel zerkleinert und anschliessend in eine Kupfer- und eine Plastikfraktion getrennt. Die Kupferfraktion weist eine Reinheit von 98 – 100% auf und kann recycelt werden. Die übriggebliebenen Kabelreste hingegen werden zurzeit verbrannt, obwohl darin immer noch geringe Mengen an Kupfer enthalten sind. Das Ziel dieser Arbeit war es ein Verfahren zu entwickeln, mit welchem das Kupfer aus dieser Plastikfraktion isoliert werden kann, um so neben einer zweiten Kupferfraktion auch ein rezyklierbares Kunststoffgemisch zu erhalten. Zusätzlich wurde anschliessend eine Ökobilanz und eine Kostenabschätzung des entwickelten Verfahrens angefertigt.

METHODEN

Insgesamt wurden vier verschiedene Batches an Kabelresten verwendet, welche in den Abbildungen mit B1 – B4 abgekürzt wurden. Der Kupfergehalt wurde jeweils vor und nach der Trennung mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) bestimmt. Für die eigentliche Trennung wurden verschiedene Verfahren ausprobiert, wobei die besten Ergebnisse bei einer Dichtentrennung mit 43%iger CaCl_2 -Lösung erreicht werden konnten. Dieses Trennverfahren basiert auf einem Unterschied in den Dichten der zu trennenden Materialien. So weist Kupfer mit $8'960 \text{ kg/m}^3$ eine deutlich höhere Dichte auf als die meisten Kunststoffe ($900 - 1'400 \text{ kg/m}^3$). Um die Trennung zu erreichen, wurden die Kabelreste in der Lösung suspendiert, wobei die Stoffe mit einer hohen Dichte sanken, während leichtere Materialien als schwimmende Fraktion abgeschöpft werden konnten.

ERGEBNISSE

Durch die oben beschriebene Dichtentrennung, konnte der Kupfergehalt von ursprünglich 1.5 – 3% in den Ausgangsmaterialien auf 10 – 25% in den gesunkenen Fraktionen gesteigert werden. Dazu konnte eine Reduzierung des Kupfergehaltes in den aufgeschwommenen Kunststoffen erzielt werden. In der Abbildung 1 und der Abbildung 2 sind die Kupferkonzentrationen der getrennten Fraktionen («Oben» & «Unten») sowie der verwendeten

Ausgangsmaterialien dargestellt. Je nach eingesetzten Kabelresten wurde eine unterschiedliche Trennleistung erreicht, wobei im Durchschnitt 15% der eingesetzten Masse absinkt und die restlichen 85% aufschwimmen. Durch eine Ökobilanz konnte die ökologische Sinnhaftigkeit des neuen Verfahrens überprüft werden, wobei sich zeigte, dass das neue Verfahren aus ökologischer Sicht sinnvoll ist, sofern die CaCl_2 -Lösung für mindestens zwei Trennungen verwendet wird. Eine zweifache Verwendung ist bereits ökologischer, da die Kabelreste zurzeit verbrannt werden und somit die darin enthaltenen Rohstoffe nicht recycelt werden können. Dies bedingt die Gewinnung neuer Rohstoffe und diese Primärproduktion ist gerade für Kupfer sehr ressourcenintensiv. Die Kostenabschätzung, die auf einer fünffachen Verwendung der Kalziumchlorid-Lösung basierte, zeigte, dass 95% der Kosten auf den Arbeitsaufwand sowie die Beschaffung von CaCl_2 fallen. Insgesamt entstehen für die Trennung von einer Tonne Kabelreste Kosten von rund 800 Franken. Durch die Trennung können jedoch die Entsorgungskosten von den aufgeschwommenen 850 kg Plastik gespart werden. Zudem können die rund 25 kg Kupfer, die in einer Tonne Kabelreste enthalten sind, verkauft werden. Als letzte Einnahmequelle bietet sich der Verkauf von CO_2 -Kompensationszertifikaten an, die durch die Reduktion von Treibhausgasemissionen erhalten werden können. Insgesamt werden so neue Einnahmen von ungefähr 430 Franken pro behandelte Tonne Kabelreste erhalten. Im Vergleich mit den Kosten zeigt sich jedoch, dass ein Verlust von rund 370 Franken entsteht und dies, obwohl bereits mit optimistischen Zahlen gerechnet wurde. So wird die aufgeschwommene Plastikfraktion kaum kostenlos recycelt werden können und auch ein direkter Verkauf der gesunkenen Fraktion mit 10 - 25% Kupfer ist fraglich. Deshalb sollten vor der Umsetzung noch weitere Abklärungen durchgeführt werden, um das Verfahren zu optimieren sowie die Wirtschaftlichkeit genauer zu prüfen.

SCHLUSSFOLGERUNG

In dieser Arbeit konnten erste Fortschritte zur Trennung der Kabelreste von Recyclinghuber erreicht werden. Die Dichtentrennung mit 43%iger CaCl_2 -Lösung erzielte die besten Ergebnisse wobei die Kupferkonzentration in den gesunkenen Fraktionen je nach Ausgangsmaterial stark variierten. Aus ökologischer Sicht macht das neue Verfahren bereits ab einer zweifachen Verwendung der Lösung Sinn. Auch für die Wirtschaftlichkeit ist es essenziell, die Kalziumchlorid-Lösung möglichst oft wiederzuverwenden, da ein Grossteil der Kosten aus der Beschaffung von CaCl_2 stammt. Trotz fünffacher Verwendung liess sich in der Kostenabschätzung jedoch auch mit optimistischen Zahlen keine Wirtschaftlichkeit nachweisen, weshalb die Trennung weiter optimiert, beziehungsweise automatisiert werden sollte.

Kupfergehalt der Fraktionen nach Trennung mit 43%iger CaCl_2 -Lösung

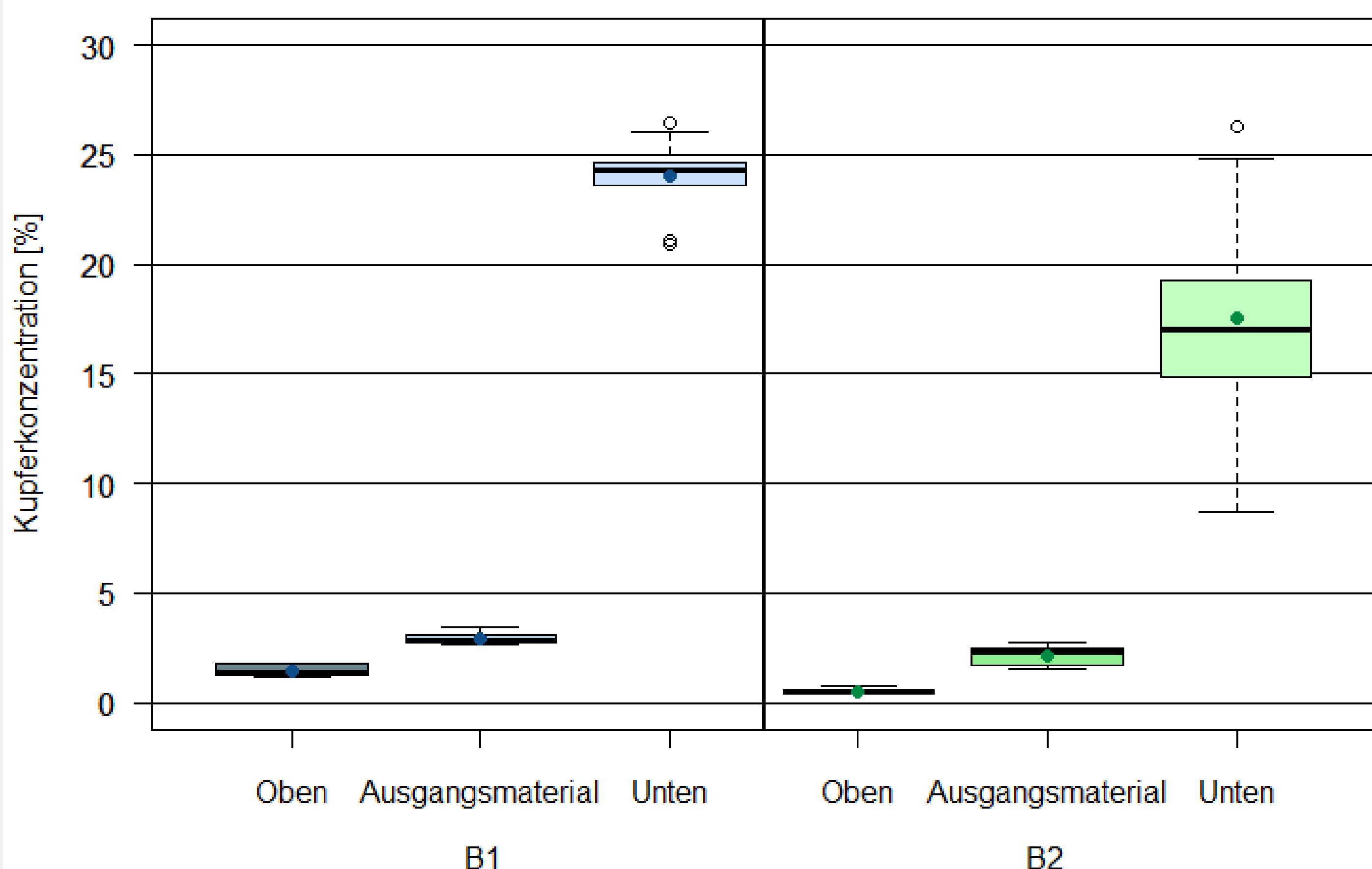


Abbildung 1 Die Kupferkonzentrationen der getrennten Fraktionen von B1 und B2. «Oben» bezeichnet die aufgeschwommene Fraktion und «Unten» die gesunkene. In einem Boxplot wurden jeweils 10 XRF-Messungen zusammengefasst.

Kupfergehalt der Fraktionen nach Trennung mit 43%iger CaCl_2 -Lösung

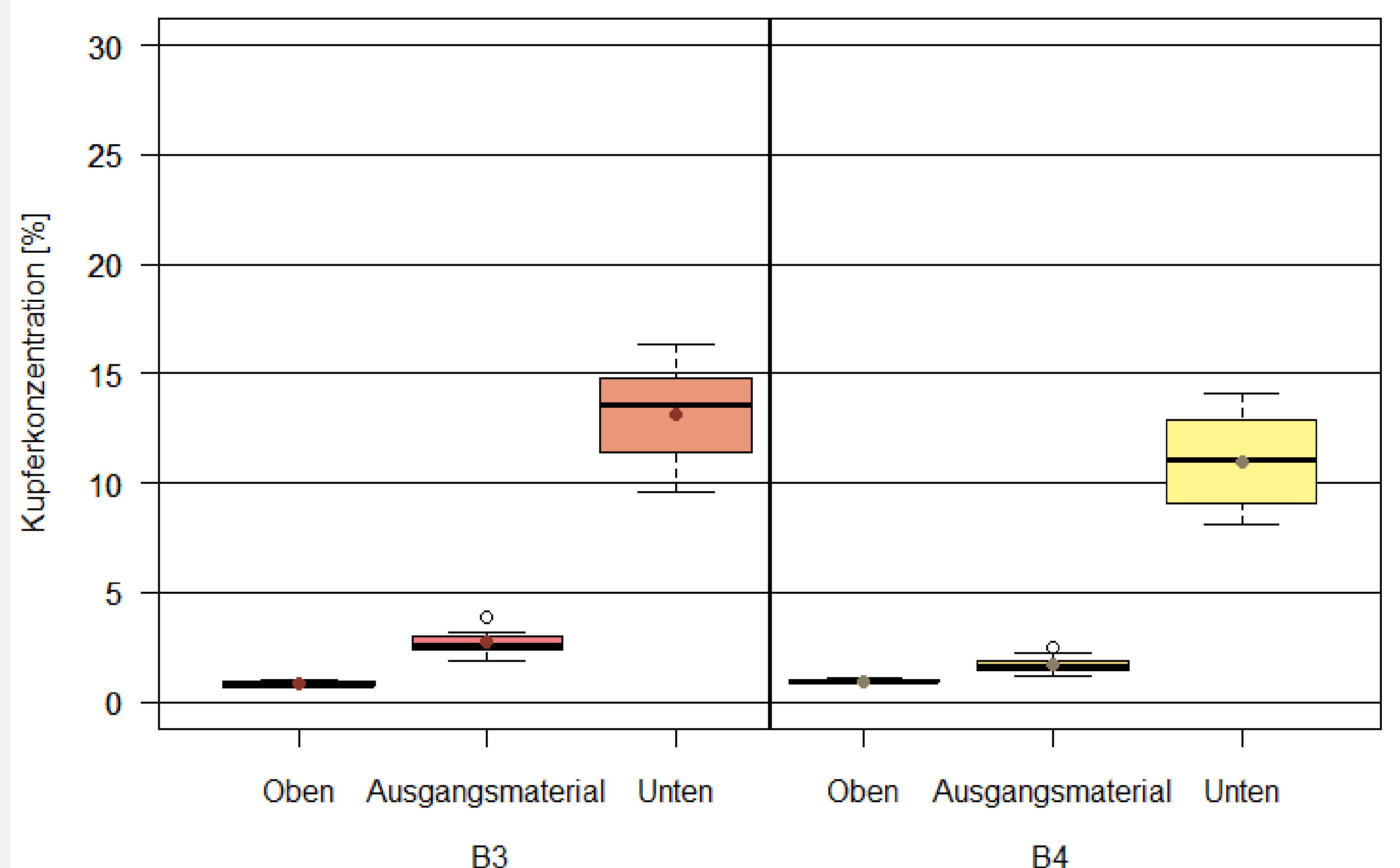


Abbildung 2 Die Kupferkonzentrationen der getrennten Fraktionen von B3 und B4. «Oben» bezeichnet die aufgeschwommene Fraktion und «Unten» die gesunkene. In einem Boxplot wurden jeweils 10 XRF-Messungen zusammengefasst.