

Kupfer und Umwelt (Luzern im Oktober 2001) Peter Arens, Biologe*

Farbige Steine im Gebirge zeigen anschaulich, dass Kupfer überall in der Natur vorkommt. Mit der Gesteins- und Bodenverwitterung und der Verteilung durch Meteorwässer und Bäche wird Kupfer der Natur immer wieder neu zur Verfügung gestellt. Weiteres Kupfer stammt aus Pflanzen/Laub und wird jahreszeitlich bedingt vor allem im Herbst freigesetzt. Auch Wasserpflanzen und Algen unterliegen diesem Rhythmus. Das durch den Menschen in die Umwelt eingetragene Kupfer spielt bei diesen Kupferpfaden mengenmäßig eine untergeordnete Rolle. So wurde abgeschätzt, dass die Menge an Kupfer, die über biologische und geologische Vorgänge in die Flüsse und Ozeane eingetragen wird, ca. 4 mal höher ist als der Anteil des Menschen hieran.

Diese globale Abschätzung sagt jedoch wenig über lokale Verhältnisse aus. Daher wurden im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes die Verhältnisse beim KKL mit seinem Kupferdach untersucht. Auftraggeber dieser Untersuchungen waren die Stadt Luzern und der Trägerverein des KKL. Finanziert wurden die Untersuchungen vom Trägerverein und dem Deutschen Kupferinstitut, Düsseldorf, als Sponsor. Eine nicht monetäre Co-Finanzierung erfolgte durch die Stadt Luzern, die Personal für die Probenahmen unentgeltlich zur Verfügung stellte.

Konzipiert wurden die Untersuchungen unter Leitung der EMPA, Dübendorf, gemeinsam von der Stadt Luzern, dem Amt für Umweltschutz des Kantons Luzerns, dem Trägerverein und dem Deutschen Kupferinstitut. Die Probenahmen erfolgten teils durch die EMPA, teils unter Anleitung der EMPA durch Mitarbeiter der Stadt Luzern. Verantwortlich für die Untersuchungen und die Erstellung des Abschlussberichtes war allein die EMPA Dübendorf.

Die im Meteorwasser ermittelten Kupferkonzentrationen (jeweils während eines Regenereignisses) lagen zwischen 0,1 mg/L und 3,7 mg/L. Im Meteorkanal vor dem Fallrohr des KKL wurden 0,1 mg/L ermittelt. Dieses Kupfer stammt aus dem Bereich des Bahnhofes. Die höchste Konzentration wurde im Fallrohr mit 3,7 mg/L gemessen. Hierbei handelt es sich um einen Spitzenwert. Solche Werte treten typischerweise zu Beginn eines Regenereignisses auf, wenn die auf dem Dach angesammelten Kupferverbindungen vom ersten Regen abgespült werden. Im weiteren Verlauf des Regens nehmen sie dann deutlich ab.

Hinter dem Fallrohr stiegen die Kupferkonzentrationen im Meteorkanal kurzfristig von 0,1 auf 0,6 mg/l. Im See, ca. 3 Meter vom Ufer entfernt, wurden 0,02 mg/l gemessen.

Um diese Kupferkonzentrationen bewerten zu können, sind nachfolgend einige natürliche Kupferkonzentrationen von Lebensmitteln aufgeführt (Tab. 1).

Tab. 1: Natürliche Kupfergehalte von Nahrungsmitteln*

Nahrungsmittel	Kupfergehalt (mg / kg)
Kartoffeln	1,64 bis 2,8
Karotten	1,1
Blumenkohl	1,4 bis 2,3
Äpfel	0,62 bis 3,0
Bananen	1,35 bis 2,0
Erdnüsse	2,7
Haselnüsse	13,5
Rinderleber	20,8 bis 34,5
Geflügel	2,0 bis 4,1
Fisch	0,1 bis 3,4
täglicher Bedarf des Menschen	1 - 3 mg pro Tag
Grenzwert für gelöstes Kupfer in Fließgewässern (gilt nicht für Seen) gemäß Schweizer Gewässerschutzverordnung	0,002 mg/L

* Bei Nahrungsmitteln aus ökologischem Anbau können die Kupfergehalte höher liegen, da hier Kupferverbindungen eingesetzt werden dürfen, nicht aber Mittel aus der organischen Chemie aus: Grunau, E. B.: Die Bedeutung des Kupfers in der menschlichen Ernährung; 24. Metall (2) 1970

Kupfer kommt in diesen Lebensmitteln natürlicherweise vor. Es ist für alle atmenden Lebewesen (Pflanzen, Tiere, Menschen) lebensnotwendig. Beim Menschen übernimmt es beispielsweise Funktionen bei der Atmungskette, dem Immunsystem, der Blutbildung, dem Nervensystem und der Haut (Vermeidung von Cellulitis). Der tägliche Bedarf des Menschen liegt zwischen 1 und 3 mg pro Tag. Da Kupfer nicht lange vom Körper gespeichert werden kann, muß es täglich mit der Nahrung zugeführt werden. Insbesondere die Nahrung von zu früh geborenen Babys muß verstärkt mit Kupfer angereichert werden.

Der Kupferhaushalt des gesunden Menschen wird sehr fein reguliert. Sind die Depots voll, wird das Kupfer in der Nahrung zum größten Teil nicht vom Körper aufgenommen, sondern direkt über den Darm wieder ausgeschieden. Sind die Depots leer, erfolgt eine erhöhte Aufnahme. Die normale tägliche Ausscheidung von Kupfer beträgt 1 bis 3 mg pro Tag. Ein ähnliche Regulation des Kupferhaushaltes gibt es auch bei Pflanzen. Sie steuern ihren Kupferhaushalt über die Wurzeln.

Diese Regulationsmöglichkeiten führen dazu, dass es eine Anreicherung von Kupfer in der Nahrungskette nicht gibt.

Da jedoch einige Wasserlebewesen äußerst empfindlich auf gelöstes (nicht gebundenes) Kupfer reagieren, wurde zusätzlich zur Bestimmung der Kupferkonzentrationen im Rahmen des von der EMPA betreuten Projektes auch die biologische Wirkung der Meteorwässer untersucht.

Als "Prüfwässer" dienten 4 verschiedene Wasserproben aus dem See (von der Eintrittsstelle des Meteorwassers in den See bis ca. 20 m davon entfernt).

Ergebnis dieser Untersuchungen war, dass mit einer Ausnahme keine Toxizität der Wasserproben auf Leuchtbakterien, Algen oder Wasserflöhe (Daphnien) festzustellen war. Dies ist mit hoher Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen, dass das Kupfer nicht bioverfügbar, sondern gebunden und damit biologisch inaktiv vorlag.

Lediglich bei einer Probe wurde ein Daphnientoxizität festgestellt, allerdings ohne dass eine Hemmung der Leuchtbakterienaktivität oder des Algenwachstums auftrat. Die Ursache hierfür konnte im Rahmen der Untersuchungen und der Vielzahl möglicher Substanzen, die allein über den Bereich des Bahnhofes eingetragen werden können, nicht geklärt werden.

Soweit in aller Kürze zur durchgeführten Studie und zur Bedeutung von Kupfer für die Umwelt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Ergebnisse der Untersuchungen und die Auswertung der wissenschaftlichen Literatur zeigen, dass auch langfristig betrachtet weder für die Lebewesen im See noch für den Menschen eine Gefährdung durch das Kupferdach des KKL besteht.

Somit könnten zukünftig die technischen und ästhetischen Aspekte des KKL mit seiner nur 0,6 mm dünnen Kupferhaut verstärkt im Vordergrund weiterer Betrachtungen stehen sowie der Beitrag, den Kupfer als über 250 Jahre beständiges, voll wieder verwertbares Material für eine nachhaltige Entwicklung zu leisten in der Lage ist.

***Deutsches Kupferinstitut
Am Bonneshof 5
40474 Düsseldorf
Tel: ++49/211/4796324
Fax:++49/211/4796310
E-Mail: parens@kupferinstitut.de**