

**MITTEILUNGEN ZUM
GEWÄSSERSCHUTZ**

NR. 30

**Elektromagnetische
Wasserbehandlung**

**Fallstudien in Abwasseranlagen
und Trinkwasser-Anwendungen**



**Bundesamt für Umwelt, Wald und
Landschaft (BUWAL)**

3.2.1 **Trinkwasserversorgung mit hartem Wasser**

Im Rahmen der Dissertation wurde neben den Kläranlageuntersuchungen eine Fallstudie über den Einsatz elektromagnetischer Felder in einer Trinkwasserversorgung durchgeführt. Der Trinkwasserbereich und die darin stattfindenden Ablagerungen stellen chemisch ein weit weniger komplexes System als Kläranlagen dar.

Bei der untersuchten Trinkwasser-Fallstudie handelt es sich um eine vom kommunalen Trinkwassernetz unabhängige Trinkwasserversorgung, die durch drei Fassungen mit einem **äusserst harten Wasser** gespeisen wird.

Tabelle 3.5.: Mittlere Trinkwasserzusammensetzung

pH	7.8 (- 8.4)
Leitfähigkeit	1000 - 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Alkalinität	4 mM (-6 mM)
Ca ²⁺	2.6 mM
Mg ²⁺	1.2 mM
SO ₄ ²⁻	ca. 1.8 mM (geschätzt)

Das harte Trinkwasser führt zu grossen Kalkproblemen, die an verschiedenen Orten in der Anlage, die das Trinkwasser nutzt, regelmässige und aufwendige Unterhaltsarbeiten erforderten. Am intensivsten waren die Kalkprobleme in der Kühlung der Kältekompressoren, in der Küche (Geschirr-, Gläser- und Chromstahlreinigung) und an den Heizstäben dreier Boiler. Da konventionelle Sanierungsvorschläge (Zudosierung von Härtestabilisatoren ins Rohwasser, Gegenosmoseanlage für die Luftbefeuchter und das Trinkwasser, Enthärtungsanlagen für die Küche, oder aber Innenbeschichtung der Rohre) kostspielig und bei alternierendem Betrieb möglicherweise in bakteriologischer resp. korrosiver Hinsicht nicht unproblematisch sind, wurde ein Versuch mit elektromagnetischen Feldern unternommen.

Probleme in der Klimatisierung

In der Kühlung der Kältekompressoren wird das Kühlwasser von ca. 10° auf 28-30°C erhitzt. Das führt zu einem 1.26-fachen Anstieg der CaCO₃-Übersättigung (Fig. 3.13.).

Versuch mit elektromagnetischen Feldern

Die Untersuchung der Kalkbildung in den Kühlrohren der Kältekompressoren wurde als ein Vergleich "vorher/nachher" durchgeführt: Zu Versuchsbeginn wurde ein Rohrstück, das zwei Jahre in der Leitung eingebaut gewesen war, herausgesägt und durch ein entsprechendes neues Rohr (gleiches Material aus gleicher Lieferung) ersetzt. Dieses neue Rohrstück wurde ein Jahr später wiederum herausgesägt. Somit ergab sich ein Vergleich identischer Rohre am gleichen Ort über einen Beobachtungszeitraum von 3 Jahren. Am Betrieb wurde in der Zeit, als die Rohre montiert waren, nichts geändert. Die Betriebstemperatur an der Stelle der herausgesägten Versuchsrohre liegt zwischen 28 und 30°C.

Resultate

1. **Optischer Befund:** Auffallend ist der Unterschied in der Dicke der gebildeten Schicht. Unter der Annahme, dass die Dichte der Krusten gleich ist, hat sich unter Feldeinfluss in dergleichen Zeit sechs mal weniger Material abgelagert als unter Referenzbedingungen.
2. **Chemische Zusammensetzung:** Die Ablagerung besteht in beiden Fällen zur Hauptsache aus Calciumcarbonat. Im Gegensatz zur totalen ausgefallenen Calciummenge scheint der Eisengehalt durch die Felder nicht beeinflusst worden zu sein.
3. **Pulverdiffraktometrie:** Die Untersuchungen der in den Kühlrohren gebildeten Ablagerungen ergab, dass die mineralische Zusammensetzung im Vergleich zu der Referenz anders ist: Wo vor Installation der elektromagnetischen Geräte reiner Aragonit gefunden worden war, fanden sich in der Röntgenanalyse der unter Versuchsbedingungen entstandenen Ablagerungen ca. gleich grosse Anteile an Calcit und Aragonit.

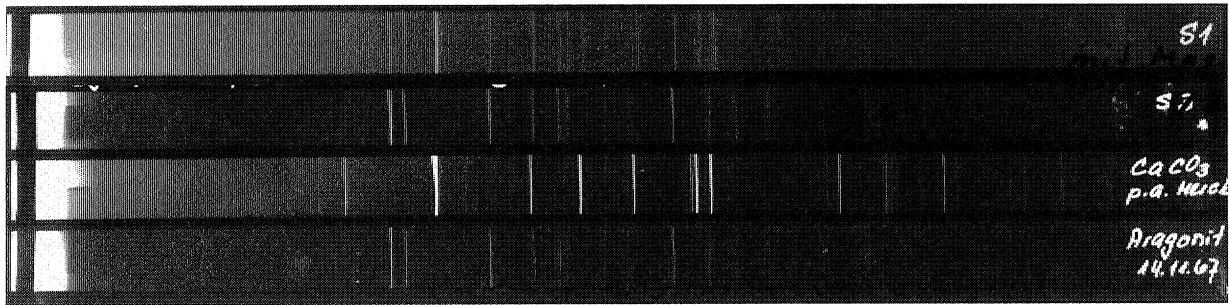


Fig. 3.15.: Pulverdiffraktogramm der Ablagerungen aus der Probe, die unter Feldeinfluss entstanden war (oberste Abbildung), der Referenzprobe ohne Feldeinfluss (2. Abbildung) sowie Vergleichsaufnahmen mit reinem Calcit und reinem Aragonit. Die Referenzprobe besteht aus reinem Aragonit (keine Calcitlinien). Die Probe aus dem Versuch besteht ca. hälftig aus Calcit und Aragonit.

4. REM - Aufnahmen:

Die Rasterelektronenmikroskopaufnahmen zeigen im Fall der Referenzprobe schöne Aragonitnadeln und -prismen, die zu Bündeln aggregiert oder vereinzelt vorliegen. Die unter Feldeinfluss entstandene Ausfällung zeigt (selbst bei 5000-facher Vergrößerung) nur eine poröse, unstrukturierte Anhäufung mikrokristalliner Kristalle.

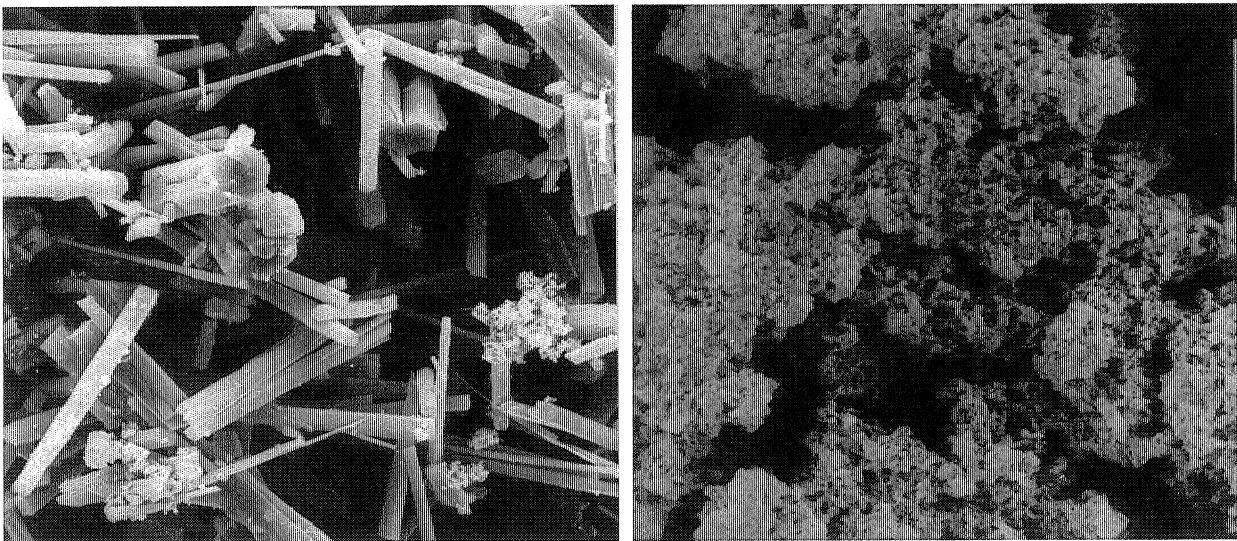


Fig. 3.16.: Rasterelektronenmikroskopaufnahmen aus dem Kühlrohr der Kältekompressoren bei einer 200-fachen Vergrößerung: die Abbildungen links (Referenz) zeigt schöne Aragonitnadeln, die Abbildung rechts (unter Feldeinfluss entstandene Ablagerung) zeigt keine erkennbaren kristallinen Strukturen.

Folgerungen aus der Trinkwasser-Fallstudie

Die Fallstudie im Trinkwasserbereich, einem - verglichen mit Kläranlagen - verhältnismässig reinen System, führten zu differenzierteren und aufschlussreichen Beobachtungen.

Unter den Bedingungen, die durch das örtliche Trinkwasser, das Leitungsnetz und die zum Einsatz gekommenen Felder gegeben wurden, konnten folgende Änderungen festgestellt werden:

- Die abgeschiedene Kalkmenge wurde durch das elektromagnetische Feld **um den Faktor 6 reduziert**.
- Die abgeschiedene Eisenmenge ist nicht feldabhängig. Durch die Verringerung der abgeschiedenen Kalkmenge ist der prozentuale Eisenanteil wesentlich grösser unter Feldeinfluss (Verdünnungseffekt).
- Die Kristallmodifikation der an der Rohrwand verbleibenden Ausfällung änderte sich unter dem Einfluss der elektromagnetischen Felder. Während die Referenz aus Aragonit bestand, besteht die kristalline Struktur aus dem Versuch aus einem ca. 1:1-Gemisch von Calcit und Aragonit.
- Im REM **zeigt sich sehr eindrücklich, dass der Kristallhabitus verändert wird**: Die Referenzprobe zeigt schön ausgebildete Aragonitnadeln, während in der Probe aus dem Versuch auch in hoher Auflösung keine kristallinen Formen sichtbar sind.

Die hier beschriebenen Beobachtungen dürfen nicht verallgemeinert werden. Sie wurden in der beschriebenen Situation unter diesen Versuchsbedingungen beobachtet. In der Literatur sind z.T. ähnliche Beobachtungen beschrieben worden.