

Diss. ETH No.12644

**Einfluss elektromagnetischer Felder auf
Kristallisationsvorgänge: Praktische Anwendungen in
der Schlammbehandlung von Kläranlagen und in
Trinkwassersystemen**

Abhandlung zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Naturwissenschaften
an der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

vorgelegt von
Regula Müller
dipl. sc.nat. ETH-Zürich
geboren 1.2.1960
Bürgerin von Wetzikon

angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. Bernhard Wehrli
Dr. Hansruedi Siegrist
Prof. Dr. Armin Reller

Zürich 1998

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit behandelt Fragen im Zusammenhang des Einflusses elektromagnetischer Felder bezüglich einer möglichen Verminderung von Ablagerungen in Rohren. Die Untersuchungen wurden mit einem Gerät durchgeführt, das über Spulen, die um die Rohrleitungen gewickelt werden, bestimmte elektromagnetische Felder erzeugt. In den Schlammbehandlungen zweier Kläranlagen und in einer Trinkwasserversorgung wurden Fallstudien durchgeführt.

Konkret ging es um drei Aspekte:

1. Führen elektromagnetische Felder zu phänomenologischen Unterschieden in Kristallisationsvorgängen ?
2. Gelingt es, elektromagnetische Felder auch in komplexen technischen Systemen wie Kläranlagen erfolgreich einzusetzen ?
3. Welche Wirkungsmechanismen müssen im Hinblick auf ihre Rolle genauer untersucht werden ?

ad 1.:

Die Untersuchungen im Rahmen der Trinkwasser-Fallstudie ergaben dank den relativ sauberen Verhältnissen interessante Beobachtungen:

Unter Feldeinfluss verringerte sich die Dicke der aufgebauten Schicht (6 mal weniger Material). Auch die Kristallmodifikation und der Kristallhabitus zeigten klare Unterschiede. Ähnliche Beobachtungen finden sich in der Literatur von anderen Autoren bestätigt.

Unter Feldeinfluss verringerte sich zudem der mengenmässige Anteil einer ferrimagnetischen Eisenphase. Dieser Befund ist zwar bisher als Hypothese vorgeschlagen, aber noch nie experimentell nachgewiesen worden.

ad 2.:

Das Anwendungsgebiet in der Schlammbehandlung von Kläranlagen war als zentrales Untersuchungsthema vorgegeben.

Eine erste Fallstudie fand in der ARA Werdhölzli (Zürich) statt, wo Verkalkungsprobleme dazu geführt hatten, dass dem Faulwasser Phosphorsäure zudosiert wird. Für die Versuche wurde die Säuredosierung auf 50% reduziert. Der Schichtaufbau blieb in der Folge gering, aber zwischen behandelten Abschnitten und Referenzstrecken liess sich kein Einfluss nachweisen. Erst eine weitere Versuchsphase unter stark verkalkenden Bedingungen führte zu einem Unterschied in der Geschwindigkeit des Schichtaufbaus. Die Wirksamkeit der hier zum Einsatz gekommenen Geräte war für einen lohnenswerten Einsatz ungenügend.

In einer weiteren Kläranlage in Worblental (Kanton Bern) gefährdeten mineralische Ablagerungen an den Wärmetauschern das Aufrechterhalten der für die Faulung erforderlichen Betriebstemperatur. Die Ablagerungen bestanden aus Vivianit, einem zweiwertigen Eisenphosphat. Hier konnte gezeigt werden, dass mit einem Gerät, das die Einstellung der Feldparameter erlaubt, die Bildung neuer Ablagerungen vollständig verhindert werden kann.

In den Praxisanwendungen hat sich somit die (alte) Erfahrung wiederholt, dass der erfolgreiche Einsatz von elektromagnetischen Geräten stark von den Feldern und den physikalisch-chemischen Randbedingungen abhängt. Die Fallstudien illustrieren, dass diese Technik in komplexen Systemen durchaus praktisch anwendbar ist. Im Sinne einer nachhaltigen Lösung lassen sich damit Energie und Kosten einsparen und die Salzbelastung von Trinkwasser und Gewässern verringern.

ad 3.:

Die vorliegenden Beobachtungen sowie theoretische Überlegungen aus der Physik und Chemie führen zu der Vorstellung, wonach durch elektromagnetische Felder Kräfte auf Ladungsträger ausgeübt werden, die das Kristallisationsverhalten in wässriger Lösung beeinflussen. Um die Zusammenhänge zwischen elektromagnetischen Feldern und den chemischen Prozessen der Kristallisation auf molekularer Ebene zu verstehen, müssen Laborexperimente in definierten Systemen durchgeführt werden.

Summary

This work deals with questions concerning the application of electromagnetic fields to prevent scale formation in pipes. Case studies included the sludge treatment of two wastewater treatment plants and a drinking water supply with very hard water.

The three main questions were:

1. Do electromagnetic fields lead to differences in crystallisation processes?
2. Can electromagnetic fields be successfully used in complex technical systems like wastewater treatment plants?
3. What are the possible mechanisms and what are the relevant topics for further investigations ?

First Question:

In the experimental work a device was used which produces electromagnetic fields. Through coils, the fields are induced in water pipes. The case study involving very hard drinking water yielded interesting findings:

First, under the influence of electromagnetic fields, the scale thickness, crystal structure and shape of crystals changed. These observations are supported in the literature.

It was also observed that under the influence of electromagnetic fields the amount of a ferrimagnetic iron phase changed. This effect has been suggested as a hypothesis but never been experimentally verified.

Question 2:

The application of this technique in the anaerobic fermentation of activated sludge in a wastewater treatment plant was the central focus of this project.

A first case study took place in the wastewater treatment plant Werdhölzli (Zürich, Switzerland), where scaling is controlled by the addition of phosphoric acid to the fouling water. As an experiment, electromagnetic devices were installed and at the same time the amount of the acid was reduced by half. There was little scaling but also no difference between treated sections and the reference sections could be found. A further experimental phase under strongly precipitating conditions led to a noticeable effect in respect to the time required for scaling. Though for a successful use of the devices, a further optimization was needed.

A second case study took place in the wastewater treatment plant in Worblental (near Bern, Switzerland), where mineral deposits in heat exchangers reduced the temperature of the fouling process drastically. These deposits consist of vivianite, an iron(II)phosphate.

By the use of an adjustable electromagnetic device the formation of mineral deposits was prevented completely.

The case studies confirmed the old experience that a successful application of electromagnetic fields depends strongly on the kind of fields and the physical-chemical boundary conditions.

The case studies showed that this technique can indeed be of good use in complex systems. It can contribute to a sustainable prevention of scaling, thereby saving energy, costs and, in respect to the use of ion-exchangers, reduce the consequent salt load of drinking water and freshwater bodies.

Question 3:

This work, combined with theoretical physical and chemical principles, provides some clues to the mechanism of possible anti-scaling effects of electromagnetic water treatment: Electromagnetic fields exert forces on charges. As a consequence the crystallisation behavior in the electrolyte solution changes. For a better understanding of the interactions of electromagnetic fields and chemical processes at the molecular level, laboratory experiments in clean, defined systems are required.