

Die ökologische Bedeutung der Verockerung und ihre Relevanz für die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie



Die Immer Bäke am 16.10.2004

Handout zur Projektarbeit

7. Sem. Umweltbiologie (ISTAB)
Hochschule Bremen
WS 04/05

Bearbeitet von:
H. Prange

Projektidee und Methode

Die Ursachen und Bekämpfung der Verockerung wurden vornehmlich in den 1960er und 1970er Jahren von Prof. Dr. H. Kuntze erforscht. Im Vordergrund stand dabei eine effektive Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen. Die ökologischen Auswirkungen von Dränage und Verockerung auf Oberflächengewässer wurden nicht betrachtet. Während erster Vorrecherchen vermittelte sich der Eindruck, dass es im Allgemeinen wenige Untersuchungen zu der Thematik gegeben zu haben schien. Für eine tiefer gehende Bearbeitung wurden fünf Leitfragen entwickelt:

- I. Was ist Verockerung?
- II. Wo und weshalb tritt Verockerung auf?
- III. Welche Organismen werden wie geschädigt?
- IV. Wie kann Verockerung verhindert oder bekämpft werden?
- V. Welche Relevanz hat die Verockerung für die Umsetzung der EG-WRRL?

Die Bearbeitung der Fragen erfolgte durch Literatur- und Internetrecherche, sowie im Gespräch mit Fachleuten und Vertretern von Behörden und Verbänden in Niedersachsen, Bremen und Schleswig-Holstein. Die Übertragung der Thematik auf die Immer Bäke, einem Fließgewässer im Landkreis Oldenburg, sollte Zusammenhänge veranschaulichen und den Praxisbezug herstellen. Dies beinhaltete einen praktischen Teil mit fotografischer Dokumentation der Verockerung und Ermittlung hydromorphologischer Parameter. Praxisrelevant ist auch die gleichzeitige Betrachtung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) 2000/60/EG.

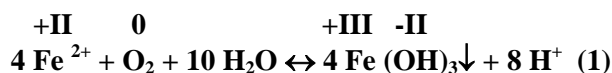
Die EG-WRRL

Ihr Ziel ist das Erreichen des „guten ökologischen Zustands“ aller Oberflächengewässer bis 2015. Der „sehr gute ökologische Zustand“ würde einem natürlichen und unbeeinflussten Gewässer (Referenzgewässer) entsprechen. Die Bewertung der Gewässer basiert auf den biologischen Qualitätskomponenten (Fische, Makrozoobenthos, Makrophyten, Phytobenthos und Phytoplankton). Des Weiteren werden physikalisch-chemische und hydromorphologische Qualitätskomponenten als Hilfsgrößen bewertet, da sie das Vorkommen der Biozönosen bestimmen. Diese wiederum sind in ihrem Vorkommen bestimmten Gewässertypen zugeordnet.

Die Umsetzung der EG-WRRL orientiert sich an den Einzugsgebieten der Gewässer. Folgt man dem Gewässerverlauf, so gelangt man von der Immer Bäke über die Welse, die Delme, die Ochtum und letztlich die Weser ins Meer. Es handelt sich somit um das Bearbeitungsgebiet **23 Ochtum/Weser** und um die Flussgebiets- bzw. Koordinationseinheit Weser. Dies ist entscheidend für die Umsetzung der EG-WRRL und bot wichtige Ansatzpunkte für die Recherche dieser Arbeit. Die **Bestandsaufnahme** zum Bearbeitungsgebiet Ochtum (Stand Februar 2004) war z.B. eine wichtige Informationsquelle. Die Umsetzung der EG-WRRL soll in Form von Bewirtschaftungsplänen und **Maßnahmenprogrammen** (Start 2009) erfolgen.

Was ist Verockerung?

Es handelt es sich in erster Linie um eine **Redox-Reaktion**. Verockerung tritt überall dort auf, wo reduziertes, zweiwertiges Eisen plötzlich mit Sauerstoff in Berührung kommt. Weiterhin wird sie beeinflusst durch den pH-Wert, das Redoxpotential und die Temperatur. Bei der Oxidation des Eisens zu Eisenhydroxid kommt es zu Sauerstoffzehrung und Versauerung durch Abgabe von Protonen (1). Beides beeinträchtigt Ökosysteme nachhaltig.



Die Ockerbildung unterteilt sich in drei Schritte: Oxidation, Fällung und Alterung. Da Eisenhydroxid nicht als solches nachgewiesen werden kann, spricht man hier auch von Eisenoxidhydraten, z.B. vom Ferrihydrit [5 Fe₂O₃ * 9 H₂O]. Alterung bedeutet Wasserabgabe und damit Umwandlung zu z.B. Goethit, einem Eisen(III)oxid.

Neben der **chemischen Verockerung**, welche bei hohen pH-Werten auch als Autoxidation abläuft, nimmt den weitaus größeren Anteil die **biologische Verockerung** ein (Abb. 1). Hierbei handelt es sich um verschiedene Mikroorganismen, welche auch Gradientorganismen genannt werden. Am Gradienten aerob/anaerob finden sie sowohl reduziertes Eisen, als auch molekularen Sauerstoff vor. Sie benötigen die bei der Oxidation freiwerdende Energie für ihren Stoffwechsel.

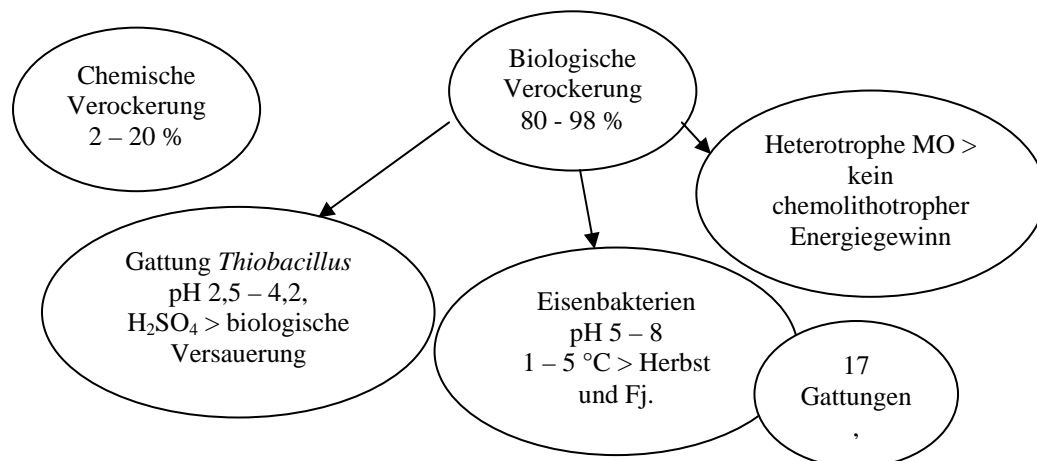


Abb. 1: Verschiedene Arten der Ockerbildung

Bakterien der Gattung *Thiobacillus* treten in recht saurem Milieu auf. Durch die Bildung von Schwefelsäure beim Abbau von z.B. Pyrit (FeS₂) kommt es zur zusätzlichen Belastung des Ökosystems. Bei neutralem pH-Wert zwischen pH 5 – 8 erfolgt die Ockerbildung durch die Bakteriengattungen *Gallinella*, *Leptothrix* und *Thiotrix* (letztere werden auch Schwefelbakterien genannt und können organische Verbindungen nutzen). Die beiden ersten sind besonders bei Temperaturen zwischen 1 bis 5 °C aktiv, was verstärkte Ockerbildung im Frühjahr und Herbst erklärt. **Heterotrophe Mikroorganismen** nutzen den organischen Liganden in eisenorganischen Verbindungen als Energie-, C- oder N-Quelle. Die Ockerbildung ist hierbei Abfallprodukt ohne Energiegewinn. Die Zusammensetzung des Ockers kann je nach Ausgangsmaterial und beteiligten Mikroorganismen stark variieren (z.B. der Anteil an Eisenoxiden schwankt zwischen 3 – 66 %).

Erst seit wenigen Jahren ist bekannt, dass neben der Verwitterung auch enzymatische Prozesse die Zustandsformen von Elementen wie Eisen bestimmen. Welche Mikroorganismen im Einzelnen beteiligt sind und welchen biologischen Wirkungsgrad die einzelnen Prozesse haben, scheint noch recht unerforscht zu sein. (GRIEBLER & MÖSSLACHER 2003)

Wo und weshalb tritt Verockerung auf?

Ockerbildung findet in **Dränagesystemen**, auf Grund von eisenhaltigen **Mienenabwässern** und bei **Grundwasserableitungen** während Bauvorhaben statt. Unter natürlichen Bedingungen bildet Eisen Komplexe mit anderen Elementen wie z.B. Phosphat und sedimentiert in der Zirkulationsphase von Standgewässern. Unter anaeroben Bedingungen (Stagnationsphase) kommt es wieder zur Freisetzung. Sedimente wirken somit als “sink and source”.

Eisen ist mit 4,2 % das zweithäufigste Element in der Erdkruste. Es gelangt während der Pedogenese in den Boden und ist charakteristisch für bestimmte Bodentypen und ihre Entstehung. Durch Wasserbewegungen kommt es zu Verlagerungen des Eisens in den Profilen, bzw. in das

Dränagesystem und schließlich in die Gewässer. Pyrit (FeS_2) entsteht, wenn saure ton- und humusreiche Böden lange Zeit unter Wassereinfluss stehen. Unter aeroben Bedingungen wird das zweiwertige Eisen oxidiert und hydrolysiert.

Weniger entscheidend ist jedoch der Eisengehalt im Boden. Die **autochthone Verockerung** klingt nach 3 – 5 Jahren ab, da Dauer und Intensität vom Eisengehalt im durch die Drainage belüfteten Bereich des Bodens abhängen. Da die meisten Flächen bis in die 1970er Jahre gedränt worden sind, handelt es sich hier um eine **allochthone (permanente) Verockerung**. Das Eisen wird mit dem Grundwasser aus entfernten Gebieten herantransportiert. Die Beschaffenheit des Grundwassers wird vielfältig beeinflusst (z.B. durch die Hydrogeologie). Dauer und Intensität der Verockerung sind nicht abzuschätzen. Bestimmten Bodentypen wird dennoch eine hohe **Verockerungsgefahr** zugeordnet (z.B. Niedermoor und Grundwasserböden). Gebiete mit Übergang von mineralischen zu organischen Böden, mit Quelldruckwasser oder abflusslose Mulden neigen ebenfalls zur Verockerung. Es sollte jedoch auch bedacht werden, dass die allgemeine quantitative Abnahme des Grundwassers und die damit verbundene Grundwasserspiegelabsenkung zu aeroben Bedingungen in zuvor wassergesättigten Bodenschichten führen kann.

Verockerung an der Immer Bäke

Bei der Recherche in Bezug auf die Immer Bäke ergaben sich folgende Ansatzpunkte:

- Ems-Hunte-Geest > Geschiebelehm und Schmelzwasserablagerungen
- Stauende Schichten (z.B. Lauenburger Tone)
- Starker Grund- u. Stauwassereinfluss > Pseudogley, Podsol, Gley (nur der Gley ist stark verockerungsgefährdet)
- Natürlich hohe Eisengehalte im Grundwasser
- Niedermoor (ehemaliger Sumpfstandort)
- Pyrit ist vorhanden
- Allgemeine Grundwasserabsenkungen seit den 1950er Jahren

Die Bodentypen Podsol und Pseudogley werden als gering verockerungsgefährdet eingestuft. Gleye mögen vereinzelt zur Verockerung beitragen. Wichtiger als die Bodenverhältnisse scheint der hohe Gehalt an mobilem Eisen im Grundwasser zu sein. Durch die permanente Nachlieferung handelt es sich hier vermutlich überwiegend um eine allochthone Verockerung. Der Niedermoorstandort muss gesondert betrachtet werden. Niedermoore sind stark verockerungsgefährdet. Durch die Entwässerung kann es hier fortwährend zur Freisetzung von Eisenverbindungen kommen.

Ergebnisse der praktischen Arbeiten an der Immer Bäke

Für die Dokumentation der verockerten Immer Bäke wurden **Fotoaufnahmen** in ein ArcView shape eingearbeitet. Durch die ermittelten Breiten-/Tiefen-Verhältnisse, sowie den Fließgeschwindigkeiten wurde für die Immer Bäke der Gewässertyp **“kiesgeprägter Tieflandbach”** bestimmt. Dieser spielt eine entscheidende Rolle für die Durchführung der EG-WRRL. Da es sich um einen ehemaligen Sumpfstandort handelt, kann die Immer Bäke früher auch ein organisch geprägtes Gewässer gewesen sein. Die ausgebauten Abschnitte unterschieden sich deutlich durch hohe **Fließgeschwindigkeiten** und kleinen **Breiten-/Tiefen-Verhältnissen** von den naturnahen Abschnitten. Jedoch auch in den naturnahen Abschnitten trat Verockerung vor allem in den ruhigeren Randbereichen auf. Grundgedanke war es, die Sedimentation in bestimmten Abschnitten zu bestimmen, um dort zu einem späteren Zeitpunkt weitere Untersuchungen z.B. in Form von Bohrkernen vornehmen zu können.

Welche Organismen werden wie geschädigt?

Die Recherche orientierte sich an den von der EG-WRRL vorgegebenen biologischen Qualitätsparametern. Die Fische scheinen bisher am besten untersucht (Abb. 2). Eisenhydroxid ist nicht direkt schädlich für Fische. Gelangt jedoch reduziertes Eisen in die **Kiem**en, so fällt es aus und die Tiere ersticken. Der pH-Wert spielt eine wichtige Rolle. Mit abnehmenden pH-Wert verringert sich auch die tödliche Konzentration für Fische. Mit Ocker bedeckte Eier ersticken ebenfalls. Verklebte **Kieslückensysteme** sind als Laichhabitate verloren. Da die Verockerung verstärkt in den kälteren Monaten auftritt, sind auch **Winterlaicher** betroffen. Durch die Trübung kann die Vegetation der Gewässer verändert und damit **Pflanzenlaicher**, wie z.B. Brassen (*Abramis brama*) beeinträchtigt werden. Die Trübung behindert auch die **Gewichtszunahme** der sich von schwimmenden Organismen ernährenden Arten. Bei 96 mg/l Eisenhydroxid wiesen Forellen (*Salmo trutta*) nur 16 % des Gewichts der Vergleichsindividuen auf. (HELLAWELL 1986)

Durch die Kolmation des Substrates vermindert sich auch das **Makrozoobenthos**aufkommen. Untersuchungen des durch Grundwassereinleitung belasteten Mühlenhauser Fleets durch den Senator für Bau, Umwelt und Verkehr (SBUV) in Bremen Mitte der 1990er Jahre ergaben eine Minderung der Fischarten von elf auf fünf, bei den benthischen Wirbellosen von 22 auf 16 Arten. Im Bearbeitungsgebiet wird die Verockerung als eine Belastung für die Vorkommen der Großmuschel (*Unio crassus*) in der Delme eingestuft. Negative Auswirkungen werden auch für die Lachsprogramme vermutet. Bezüglich **Makrophyten** scheint der Igelkolben verstärkt in verockerten Gewässern aufzutreten (in der Delme ebenso wie im dänischen Vid). Das **Phytobenthos** (z.B. Kieselalgen) wird vom Ocker bedeckt.

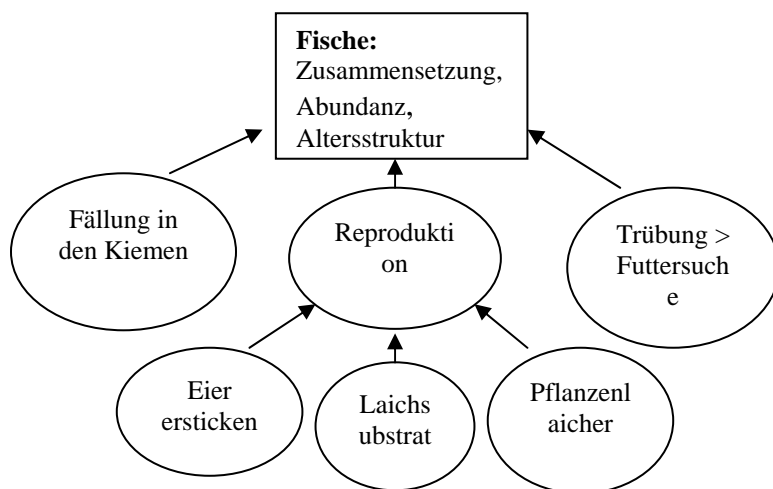


Abb. 2: Beeinträchtigung der Fisch-Fauna durch die Verockerung

Relevanz für die Umsetzung der EG-WRRL

Die erhebliche Beeinträchtigung der Biologischen Qualitätskomponenten „Fische“, „Makrozoobenthos“, vermutlich auch der „Makrophyten“ und des „Phytobenthos“, sowie der unterstützenden hydromorphologischen (Substrat) und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten (Sauerstoff und Versauerungszustand) belegen die Relevanz für die Umsetzung der EG-WRRL. Die Bekämpfung der Verockerung muss in den Maßnahmenprogrammen enthalten sein. Das Landesamt für Natur- und Umweltschutz (LANU) in Schleswig-Holstein wird die Verockerung als vorgezogene Maßnahme behandeln. Des Weiteren wurde mehrfach bestätigt, dass die Verockerung an der Delme zunimmt.

Wie kann Verockerung verhindert bzw. bekämpft werden?

1. Grenzwerte für Grundwassereinleitungen: Nach den Untersuchungen am Mühlenhauser Fleet wurde ein Grenzwert von 5 mg/l Gesamteisen vom SBUV erlassen. Bei Überschreiten dieses Wertes wird die Staatsanwaltschaft eingeschaltet. In Hamburg liegt der Wert bei 2 mg/l, während es in Niedersachsen keine einheitliche Regelung zu geben scheint.

2. Methoden nach Kuntze (1978): Diese waren auf die Reinigung bzw. Freihaltung der Dränagesysteme ausgerichtet und sind aus ökologischen Gesichtspunkten nicht vertretbar. Interessant sind Untersuchungen zu Kalkgehalt und Eisenaustrag aus dem Boden (Perkolationsversuche).

3. Der Ochre Act: Wer in Dänemark dränieren möchte, braucht eine Genehmigung. Wird diese nicht erteilt, erfolgen Ausgleichszahlungen.

4. Kläranlagen: Pflanzenkläranlagen (z.B. mit *Phragmites australis*) in Kombination mit Absetzbecken reinigen eisenhaltige Mienenabwässer in Großbritannien bis zu 95 %.

5. Wiedervernässung: Diese erfolgt durch punktuelle Zerstörung der Dränsysteme oder Aufstauen der Vorfluter.

6. Renaturierung am Beispiel Rind: Am dänischen Fluss Rind wurde eine Remäandrierung vorgenommen. Zusätzlich schob man Mulden in die angrenzenden Auenbereiche und säte sie mit Gräsern ein. Die Mulden liegen über dem Mittelwasserprofil und füllen sich im Winter mit Wasser. Durch die Sauerstoffabgabe der Gräser wird die Oxidation verstärkt. Das Eisen verbleibt in den Mulden. Der Eisengehalt wird um 75 % auf der 500 m langen remäandrierten Strecke verringert. Weitere Messungen von pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Temperatur erfolgen monatlich. (MADSEN & TENT 2000)

7. Monitoring: Die einfachste und anschaulichste Art ist die Fotodokumentation. Monitoring ist im Vorlauf der Gegenmaßnahmen wichtig um z.B. empirische Modelle entwickeln zu können. So geschehen am dänischen Fluss Omme beim Nachweis von „suspendet sediments“, zu welchen auch der Ocker gehört. Untersuchungen der Eisenzustandsformen und der Sedimentation im Gewässerverlauf, sowie Untersuchungen des Sohlensubstrates in Form von Bohrkernen wären eine andere Möglichkeit.

Fazit

Die Relevanz der Verockerung für die Umsetzung der EG-WRRL scheint mehr als gegeben. Die Immer Bäke ist nur ein belastetes Gewässer im Einzugsgebiet der Delme, im Bearbeitungsgebiet Ochtum und in Nord-Deutschland. Das Erreichen typspezifischer Biozönosen ist hier nicht möglich und die Verockerung scheint sich zu verstärken. Gegenmaßnahmen müssen in Maßnahmenprogramme aufgenommen werden. Entscheidend ist die Erforschung der regionalen Ursachen für die Ockerbildung, sowie das Monitoring vor, während und nach Anwendung von Gegenmaßnahmen. Der Eisenaustrag aus den Böden in die Gewässer scheint dabei maßgeblich durch Entwässerung und Grundwasserspiegelabsenkung bestimmt zu werden. Auch die Untersuchung der Bodenreaktion und damit der landwirtschaftlichen Nutzung stellt einen entscheidenden Ansatzpunkt dar.

Literatur

GRIEBLER, C. & MÖSSLACHER, F. (2003): Grundwasser – Ökologie, Fachatlas, UTB-Verlag, Wien, 495 S.

HELLAWELL, J.M. (1986): Biological Indicators of freshwater pollution and environmental management. – Pollution Monitoring Series. XIII, Elsevier Applied Sciences Publishers, London and New York, 546 S.

KUNTZE, H. (1978): Verockerung – Diagnose und Therapie. Schriften des Kuratoriums für Wasser und Kulturbauwesen, Heft 32, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 133 S.

MADSEN, B.L. & TENT, L. (2000): Lebendige Bäche und Flüsse. – Praxistipps zur Gewässerunterhaltung und Revitalisierung von Tieflandgewässern, Herausgeber: Edmund Siemers-Stiftung, Hamburg. 156 S.

Kontakt:

Hilke Prange

Mail: hilkeprange@web.de