

# Die Verockerung von Altwässern am unteren Inn – Ursachen und ökologische Folgen

Helgard REICHHOLF-RIEHM

| Inhalt                                                                        | Seite   |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Das Phänomen der Verockerung                                               | 189     |
| 2 Farbtafeln                                                                  | 190/191 |
| 2. Entwicklung der Verockerungen                                              | 192     |
| 3. Ursprung der Eisenzufuhr und geologische Situation                         | 193     |
| 4. Nicht verockerte Altwässer                                                 | 195     |
| 5. Chemismus der Verockerung                                                  | 196     |
| 5.1 Grundreaktion.                                                            | 196     |
| 5.2 Herkunft der Eisen-Ionen                                                  | 196     |
| 5.3 Akkumulation des Eisens.                                                  | 197     |
| 5.4 Auswirkungen des Hochwassers                                              | 197     |
| 5.5 Mangan                                                                    | 198     |
| 6. Ökologische Auswirkungen der Verockerungen                                 | 198     |
| 6.1 Grundprozesse                                                             | 198     |
| 6.2 Jahreszeitliche Unterschiede in der Verockerung?                          | 199     |
| 6.3 Räumliche Verteilungsunterscheide der Verockerung innerhalb der Gewässer. | 199     |
| 6.4 Erfassung der Fauna.                                                      | 199     |
| 6.5 Invertebraten.                                                            | 200     |
| 6.5.1 Ockergewässer-fließend                                                  | 200     |
| 6.5.2 Ockergewässer stagnierend                                               | 200     |
| 6.5.3 Wasseroberfläche.                                                       | 201     |
| 6.6 Beeinträchtigung der Wasser- und Uferpflanzen.                            | 201     |
| 6.7 Vögel und Säugetiere                                                      | 202     |
| 6.8 Amphibien                                                                 | 203     |
| 7. Läßt sich das Verockern verhindern?                                        | 203     |
| 8. Dank.                                                                      | 204     |
| 9. Literatur                                                                  | 204     |

## 1. Das Phänomen der Verockerung

Seit einem Vierteljahrhundert kommt es in Gräben und Altwässern am unteren Inn zu auffallenden Verockerungen. Die Kleingewässer, die davon betroffen sind, nehmen zunächst eine milchige Färbung an, die sich langsam intensiviert und dabei gelbbraun und rotbraun umschlägt. Ist die Verockerung voll in Gang gekommen, färben sich die Gewässer intensiv ockerrot.

Nach diesem Höhepunkt dunkelt die Verockerung zu einem tiefen Braunrot bis Braun. Ein Schwund der Verockerung tritt nicht auf. Vielmehr bilden sich eisenhaltige Schlämme, über denen dann in der Folgezeit immer wieder neue „Ockerblüten“ entstehen.

Verockerungen können im gesamten linksufrigen Talbereich des unteren Inn zwischen der Mündung der Salzach und der Mündung der Rott (etwa Flußkilometer 17-70) beobachtet werden. Rechtsufrig fehlen sie weitgehend bzw. beschränken sie sich auf den unmittelbar an die Dämme grenzenden Sickergraben. Nur im Bereich der Salzachmündung ließen sich umfangreichere Verockerungen auch rechtsufrig feststellen, jedoch nicht an der rechten Uferseite der Salzach selbst.

Keinerlei Verockerungen gibt es innerhalb der Stauräume am unteren Inn. In den innerhalb der Dammanlagen vorhandenen Seitengerinnen und Altwässern des Inn fehlt davon jede Spur.

Die Verockerung kann daher nicht vom Fluß verursacht werden. Ihre räumliche Aufteilung zeigt vielmehr, daß der Fluß eine ganz wesentliche Grenze bildet.

Wofür diese Grenze und warum? Weshalb dringt die Verockerung stellenweise auf die unmittelbar an die Dämme angrenzenden Sickergräben österreichischerseits (rechtsufrig) vor, während sie bayrischerseits (linksufrig) auf breiter Front den Auenbereich erfäßt? Welche Folgen haben diese Verockerungen?

Diese Fragen wurden in den Freilanduntersuchungen von Oktober 1982 bis Januar 1986 behandelt. Von 1.10.82 bis 31.12.1982 führte Roland BRANDL, Universität Bayreuth, die Feldstudien als Vorstufe zur eigentlichen Untersuchung durch, die von Frau Dr. Helgard Reichholf-Riehm ausgeführt wurde.

Ergänzende Einzelerhebungen wurden noch bis September 1987 gemacht. Sie sollten insbesondere klären, inwieweit starke Hochwässer durch Beeinflussung der Grundwasserverhältnisse auf die Verockerungen wirken können. Im August 1985 hatte es am Inn ein „Jahrhunderthochwasser“ gegeben. Dieses unvorhersehbare Ereignis machte es möglich, die gewonnenen Befunde und die daraus abgeleitete Schlußfolgerung in einer Art Großexperiment in der Natur zu überprüfen.

Die Studie stützt sich auf folgende Datengrundlagen:

Qualitative Registrierung des Auftretens der Verockerungen in den Innauen seit Ende der 50er Jahre

Chemisch-physikalische Messungen von 1982 bis 1986

Registrierung der Veränderungen in der Fauna der verockernden Gewässer anhand ausgewählter Tiergruppen

Die chemisch-physikalischen Messungen wurden monatlich vorgenommen. Ockerproben zur quantitativen Auswertung der darin vorhandenen Macroinvertebraten-Fauna wurden in vierteljährlichen Abständen in den drei Intensitätsstufen der Verockerung (schwach, mittel, stark) genommen. Die Untersuchungen an nicht-verockerten Vergleichsgewässern erfolgten im Sommerhalbjahr mit Schwerpunkt im Mai/Juni.

## 2. Entwicklung der Verockerungen

Am unteren Inn wurden zwischen 1942 und 1961 vier Stauseen errichtet. Die beiden ersten, noch



1



3



2



4



5

**Foto 1**

**Beginnende Verockerung im Altwasser**

**Foto 2**

**Winterlich dunkle Färbung des Ockers**

**Foto 3**

**Starkes Wachstum der Eisenbakterien im Frühjahr**

**Foto 4**

**Derselbe Ockergraben vor Beginn des Bakterienwachstums**

**Foto 5**

**Schwammartig wuchernde Kolonien von Eisenbakterien**



6

**Foto 6 (oben)**

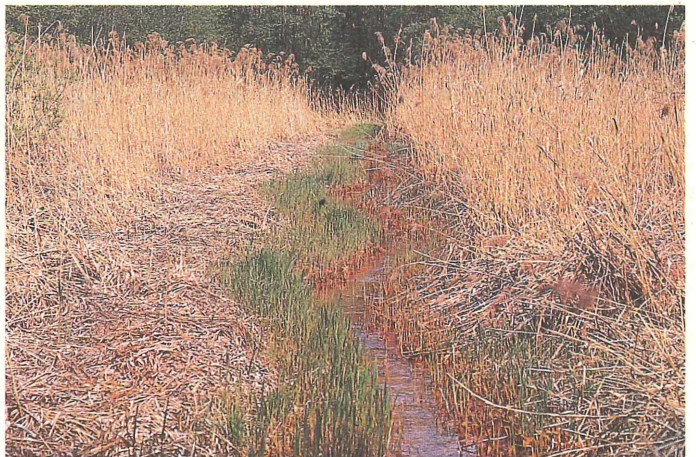
**Pflanzenöle sammeln sich über den Ockerquellen**



7

**Foto 7 (links)**

**Starke Verockerung trotz Strömung**



8

**Foto 8 (oben)**

**Schwächere Verockerung eines fließenden Grabens**



9

**Foto 9 (oben)**

**Ockerbänder in Kiesgrube im nieder-bayerischen Inntal**

**Foto 10 (rechts)**

**Kleine Ockerquelle an einem Hang (kl. Bach) des Tertiärhügellandes am Rande des Inntales**

(Alle Fotos: REICHHOLF Orig.)



10

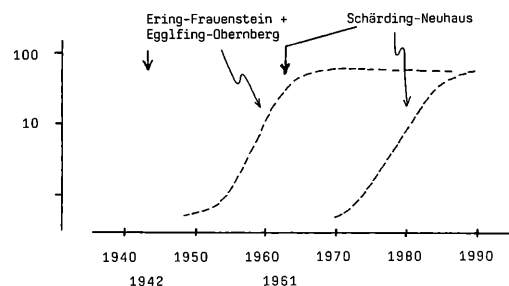
während der Kriegsjahre gebaut, waren die Stufen Ering-Frauenstein und Eggfling-Obernberg, etwa 35-60 km südlich von Passau. Der untere Inn bildet hier die Grenze zwischen Niederbayern und Oberösterreich. 1954 folgte die Innstufe Simbach-Braunau, welche die Salzachmündung einstaut, und 1961 die Stufe Neuhaus-Schärding. Die letzte Stufe vor Passau bei Ingling ist hier ohne Belang. Sie liegt im Durchbruchsbereich des Inn durch einen Ausläufer der Böhmisches Masse (Urgestein) und weist keine vorgelagerten Auwälder auf. Durch den Stauseebau wurden je nach Ausführung der Anlage- mehr oder minder große Teile der Auen vom Fluß abgegliedert und abgedämmt. Die darin vorhandenen, früheren Seitengerinne wurden zu Altwasserketten, deren Abfluß über eine dafür gebaute Binnenentwässerung ins Unterwasser der jeweiligen Staustufe eingeleitet wird.

Der Inn fließt im Untersuchungsabschnitt durch ein verhältnismäßig breites Tal aus diluvialen und alluvialen Aufschüttungen. Die Auenzone folgt im wesentlichen der Niederterrasse des unregulierten Inn (vgl. REICHHOLF & REICHHOLF-RIEHM 1982). Wo die Stausee-Ufer nicht der Niederterrasse folgen, wurden größere Teile der Auen vom Fluß durch Dammanlagen abgeschnitten. Diesen Dämmen ist jeweils ein sogenannter „Sickergraben“ vorgelagert. Seine Aufgabe bestand in der Ableitung von Sickerwasser, welches durch die Dämme so lange austrat, bis sie durch das Schwebstoffmaterial abgedichtet waren, das der Inn in großem Umfang mit sich führt (mehrere Millionen Tonnen pro Jahr). Die Abdichtung verlief aufgrund dieser Schwebfracht (vgl. REICHHOLF & REICHHOLF-RIEHM 1982) sehr schnell, so daß schon nach wenigen Jahren kein Innwasser mehr durch die Dämme sickerte. Hochwässer können die Auen außerhalb der Dämme nicht mehr erreichen. Nur bei sehr starkem Hochwasser kommt es zum Rückstau durch Abflußhemmung aus den Nebengewässern (Bäche und kleine Flüsse aus dem Vorland der Stauseen). Solche Rückstau-Überflutungen sind nicht mit nennenswerten Strömungen verbunden. Sie fließen langsam ab. Die Folge dieser wasserbautechnischen Situation war die rasche Verlandung der zu „Altwässern“ gewordenen Seitengerinne im Auwaldgürtel, weil die ausräumende Wirkung der Hochwässer außer Kraft gesetzt worden war. Diese Verlandung betrifft vor allem die als „Eggflinger Rinne“ oder „Alter Inn“ bezeichneten Altwasserketten bayerischerseits entlang der Stauräume von Eggfling-Obernberg und Neuhaus-Schärding.

Die Altwässer im Bereich von Eggfling-Aigen (Fluß-km 35-40) wurden von J. REICHHOLF bereits in den ausgehenden 50er Jahren regelmäßig kontrolliert. Hier traten die ersten Verockerungen in den Jahren 1962 bis 1965 auf. Sie waren noch vergleichsweise schwach ausgebildet und zunächst kaum zu bemerken. Im Jahre 1961 wurde das Kraftwerk Neuhaus-Schärding vollendet und der flußabwärts von Eggfling-Obernberg anschließende Abschnitt infolgedessen eingestaut. Zum Bau des Kraftwerks war ein mehrere Hektar großer Baggersee bayerischerseits vor dem Kraftwerk gebaut worden. Schon Ende der 60er Jahre zeigten sich erste Anzeichen der Verockerung. Sie wurde Anfang der 70er Jahre so massiv, daß eine Heberleitung gebaut werden mußte, um den als Badese

beliebten Baggersee zu sanieren. Die Frischwasserzufuhr bremste die Verockerung, verhinderte sie aber nicht gänzlich, so daß die ursprüngliche Qualität als Badegewässer nicht mehr erreicht werden konnte. Mittlerweile schritt die Verockerung auf breiter Front voran. Sie erfaßte während des Jahrzehnts von 1965 bis 1975 einen Großteil der außerhalb der Dämme verbliebenen Gewässer in der Talaue, und zwar von der „Haiminger Au“ an der Salzachmündung bis zum Baggersee am Kraftwerk Neuhaus-Schärding, also über eine mehr als 70 km lange Flußstrecke. Merkwürdigerweise blieben aber ganz bestimmte Altwässer von der Verockerung verschont. Es handelt sich dabei um jene Altwässer, die ihre Wasserzufuhr aus Bächen des Vorlandes erhalten. Die verockernden hingegen sind vom Grundwasser gespeiste, mehr oder minder abgeschlossene Gewässer oder Gräben in der unmittelbaren Nähe der Dämme. Je abgeschlossener, um so schneller schritt die Verockerung voran. Bei Altwässern von Hektargröße (Fläche) dauerte es kaum mehr als drei Jahre, bis sie so gut wie vollständig verockert waren. In der Folgezeit kam es nur noch zur Intensivierung der Verockerung. Zur Kiesgewinnung wurden an mehreren Stellen in den Innauen kleinere Baggerseen oder Kiesgruben errichtet. Auch diese verockerten schnell, während vergleichbare Kiesgruben außerhalb des Niederterrassenbereichs bisher nicht verockerten. Bei der Beobachtung des Phänomens entstand im Verlauf der 70er Jahre der Eindruck, daß die Verockerung in niederschlagsarmen Phasen zunahm, in niederschlagsreichen hingegen stagnierte oder leicht rückläufig wurde. Am stärksten verockerten Altwässer, die unmittelbar an die Niederterrassen grenzen und nur von Grundwasserquellen, nicht aber von Bächen aus dem Vorland gespeist werden.

Die zeitliche Verzögerung des Verockerungsprozesses nach Errichtung der Stauseen, modellhaft zusammengefaßt in Abb.1, und die räumliche Trennung von den Oberflächenzuflüssen aus dem Innthal machte klar, daß es sich bei diesem Vorgang um ein Geschehen handeln mußte, welches mit „dem“ Grundwasser verbunden ist. Die anfängliche Meinung, zur Abschottung der Dämme verwendete Eisenteile würden verrosten und den Ocker liefern, konnte klar verworfen werden. Aus der räumlichen Verteilung am unteren Inn nahezu völliges bis weitgehendes Fehlen von Verockerungen auf der österreichischen Seite und



**Abbildung 1**

**Entwicklung der Verockerungen am unteren Inn nach der Einstauung (schematischer Verlauf)**

starke auf der bayerischen - ging weiterhin hervor, daß nicht das aus dem Alluvium des Innates entspringende Grundwasser die Quelle abgeben konnte, da sonst beide Seiten in etwa gleichermaßen verockert sein müßten. Die Schotterterrassen des Innates liefern ein hinsichtlich des Eisengehaltes unbdenkliches Trinkwasser (Ruhstorfer Gruppe), das allerdings mit 45-60 mg Nitrat/l einen starken Einfluß der Landwirtschaft in diesem Raum anzeigt. Als Eisenquelle kommt dieses Grundwasser nicht in Frage. Die fortdauernde Existenz nicht verockerter Altwässer und Gräben, die zusammen mit den verockerten ein Mosaik bilden, deckt sich mit diesem Befund, da sämtliche nicht verockerten Gewässer am unteren Inn aus Bächen gespeist werden, deren Quellen im alluvialen-diluvialen Talraum liegen bzw. die die Hauptmasse ihres Wassers aus diesem Bereich erhalten. Da andererseits diese nicht verockerten Altwässer gleichermaßen wie die verockerten vom Inn abgetrennt sind und keiner Hochwassereinwirkung mehr unterliegen, die vom Fluß direkt stammt, kommt nur eine weitere, bisher nicht berücksichtigte Grundwasserschicht als Eisenquelle in Frage, die sich unter derjenigen befinden muß, welche die Oberflächengewässer im größten Teil des Innates speist.

### 3. Ursprung der Eisenzufuhr und geologische Situation

Die Suche nach der „Eisenquelle“ konzentrierte sich nach der Auswertung der geschilderten Befunde zur räumlichen Verteilung der Verockerung am unteren Inn auf das Tertiärhügelland einerseits und auf Tiefgrundwasser aus dem alpinen Raum andererseits. Letzteres wurde in Bad Füssing erschlossen und als Thermalwasser genutzt. Es läßt sich als Ursache der Verockerung ausschließen, weil diese zu kleinflächig mosaikartig neben nicht verockerten Gewässern auftreten, auf breiter Front der Niederterrasse im niederbayerischen Innatal folgen und österreichischerseits fehlen. Eine Konzentration im Raum um Bad Füssing läßt sich ebensowenig nachweisen, wie Folge-Verockerungen nach Ableitung von Thermalwasser aus der Bohrung bei Obernberg (österreichischerseits). Hier entstehen Rasen von Schwefelbakterien, aber keine Anzeichen von Verockerungen.

Die letzte Möglichkeit stellt das Tertiärhügelland dar. Es wird von tertiären Lehm- und Lößlehm-schichten gebildet. Die Böden sind charakteristisch gelb-braun bis ockerfarben und Lehm- bzw. Kiesgruben zeigen massive Einwaschungszonen („Ockerbänder“) 0,5-1,2m unter der Oberfläche. Aus diesen eisenreichen tertiären Lehmen und Lößlehm könnte das Eisen stammen, welches in den Altwässern im niederbayerischen Innatal zu den Verockerungen führt.

Sollte diese Annahme zutreffen, dann müßten sich zwei verschiedene Grundwasserhorizonte im Innatal nachweisen lassen (1) und (2) Verockerungen in Grundwasseraustritten aus diesem Bereich direkt nachweisbar sein.

Die Suche konzentrierte sich auf diese kritischen Stellen. Der Nachweis, daß diese Hypothese zutrifft, ließ sich verhältnismäßig leicht erbringen. Es gibt nämlich am westlichen Rand des Unter-

suchungsgebietes eine Stelle, an welcher eine Flußschlinge des Inn das Tertiär mit angeschnitten hat. Sie befindet sich zwischen Markt und Perach an den sogenannten „Dachlwänden“, einem Naturschutzgebiet. Hier liegen drei wasserführende Horizonte direkt übereinander.

Den obersten bildet das aus den Dachlwänden entspringende Bachsystem. Es führt hinsichtlich des Eisengehaltes unbelastetes Quellwasser aus den obersten Schichten. Der Meßwert des Eisengehaltes pendelt um 0.05 mg/l und entspricht damit genau dem Mittelwert des Trinkwassers im niederbayerischen Innatal (0.047 mg/l).

Den untersten Horizont bildet die zum Altwasser gewordene frühere Innschleife (durch Bahn und Straße vom Fluß getrennt) mit noch geringerem Eisengehalt (um 0.02 mg/l).

Dazwischen kommt es an mehreren Stellen etwa 2 bis 3 m über dem heutigen Flußniveau des Inns zu Grundwasseraustritten, die sogleich durch intensiv rotbraune Färbung auffallen. Es handelt sich um „Ockerquellen“, also um verockerte Grundwasseraustritte.

Tonschichten und -bänder stauen hier den Grundwasserstrom und führen zu mengenmäßig unbedeutenden Austritten, die schnell von der Vegetation überwuchert werden und daher kaum auffallen.

Solche „Ockerquellen“ konnten nun in der Folgezeit (1984 und 1985) an mehreren Stellen an den Hängen der Randhügel des niederbayerischen Innates gefunden werden. Bezogen auf die Flächengröße der zum Inn hin entwässernden Bereiche führen die aus dem Tertiärhügelland kommenden Bäche jedoch sehr wenig Wasser von nur einigen bis einigen 100 l/s. Auch ohne genauere Untersuchung der Bilanz aus Niederschlag, Verdunstung und Oberflächenabfluß läßt sich daraus mit Sicherheit entnehmen, daß ein wesentlicher Teil des in den Boden des Tertiärhügellandes eindringenden Niederschlages ins Grundwasser versickert und nicht auf kurzem Weg in die kleinen Bäche strömt. Dieses Grundwasser dringt in die Schotterterrassen des Innates ein und strömt darin zur tiefsten Stelle des Tales. Das war bis vor der Einstauung der Fluß (Inn) gewesen.

Durch die Abdichtung der Stauseebecken mit feinstem Schwebstoff („Gletschermilch“), welchen der Inn mit sich führt, wird dieses Grundwasser daran gehindert, in den Fluß auszutreten.

Falls diese Interpretation zutrifft, müßte die Verockerung einem bestimmten, voraussagbaren räumlichen Verteilungsmuster folgen und partiell auch auf die österreichische Seite übergreifen; dort jedoch nur in geringem Maß und in nächster Nähe des Flusses.

Dieses Muster ergibt sich aus der Abdichtung des Flußbettes in den Stauseen und der Position der Niederterrassen dazu. Denn im Stauraum nimmt die Strömungsgeschwindigkeit des Flusses kontinuierlich ab (Abb.2). Die Unterwasserbereiche bleiben auch nach der Einstauung stark durchströmt ( $v_s \geq 1$  m/s). Zu massiver Schlickablagerung- und damit zur Abdichtung gegen das Grundwasser- kommt es jedoch erst, wenn die Strömungsgeschwindigkeit auf weniger als 0.3 m/s gesunken ist.

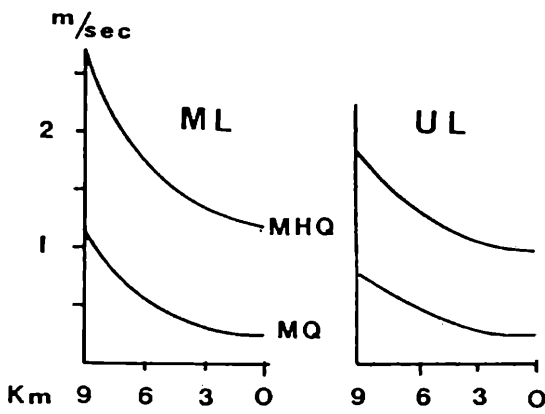


Abbildung 2

**Abbremsung der Strömungsgeschwindigkeit des Inn bei Mittelwasser (MQ) und Mittlerem Hochwasser (MHQ) in den Stauräumen am Mittleren (ML) und Unteren Inn (UL), bezogen auf Flußkilometer flußaufwärts vom Kraftwerk (= km 0)**

In den Stauräumen hält sich aus diesem Grunde ein grobkiesiger Untergrund im Stauwurzelbereich. Erst mit beginnender Auflandung wird der Untergrund gegen das Grundwasser abgedichtet und der Wasseraustausch unterbunden. Die fehlende Abdichtung bleibt im Stauwurzelbereich unbemerkt, weil dort das Flußniveau unter Landniveau liegt. Sickerwasser kann daher nicht auftreten. Anders in den mittleren und unteren Bereichen der Stauseen. Hier befindet sich der gestaute Fluß auf oder über Vorlandniveau. Daher entstand Druckwasser in den ersten Jahren nach der Einstauung.

Wenn nun Tiefengrundwasser aus dem Tertiärhügelland die Ursache der Verockerungen ist, dann

müßten diese folglich zuerst im über Landniveau liegenden Abschnitt der Stauräume („Hauptstau“) auftreten und sukzessive bis zu jener Grenzzone flußaufwärts voranschreiten, in welcher das Grundwasser wieder in den Fluß eindringen kann. Die Verockerungen sollten daher im Stauwurzelbereich weitestgehend fehlen, im mittleren Bereich auftreten und sich im unteren Abschnitt konzentrieren.

Genau diese Abfolge zeigt sich, wenn die von Vorlandbächen gespeisten Altwässer aus der Betrachtung ausgeschlossen werden. Sowohl an der Salzachmündung als auch entlang der drei weiter flußabwärts anschließenden Stauräume beginnt die Verockerung im mittleren Bereich und steigt zu den Hauptstauräumen hin kräftig an. Dort kam es auch zu den ersten beobachteten Verockerungen (Abb. 3).

Im ältesten Stauraum (Ering-Frauenstein) hat sie zwischen Braunau und Hagenau auf den Sickergraben österreichischer übergegriffen (mittlerer Bereich; hier zusätzlich eingeeignet durch ein vorspringendes „Kap“ des Tertiärhügellandes bayerischerseits) und im Bereich des Hauptstauraumes von Simbach-Braunau gleichfalls auf den Sickergraben entlang des österreichischen Dammes. Leichte Verockerungen zeigen sich auch im Sickergraben auf der österreichischen Seite des Stauraumes von Egglfing-Obernberg im Mittelabschnitt, nicht aber in den angrenzenden umfangreichen Altwässersystemen.

Bayerischerseits, also dem Tertiärhügelland zugewandt, bilden sich die Lücken in der Verockerung der Altwässer deutlich im Unterwasser der jeweiligen Staustufen ab: Flußabwärts der Stufe Stammham vor Beginn des Rückstaus der Salzachmündung, Urfar-Biberg-Aufhausen, Egglfing-Würding. Die entsprechende Zone an der Stufe

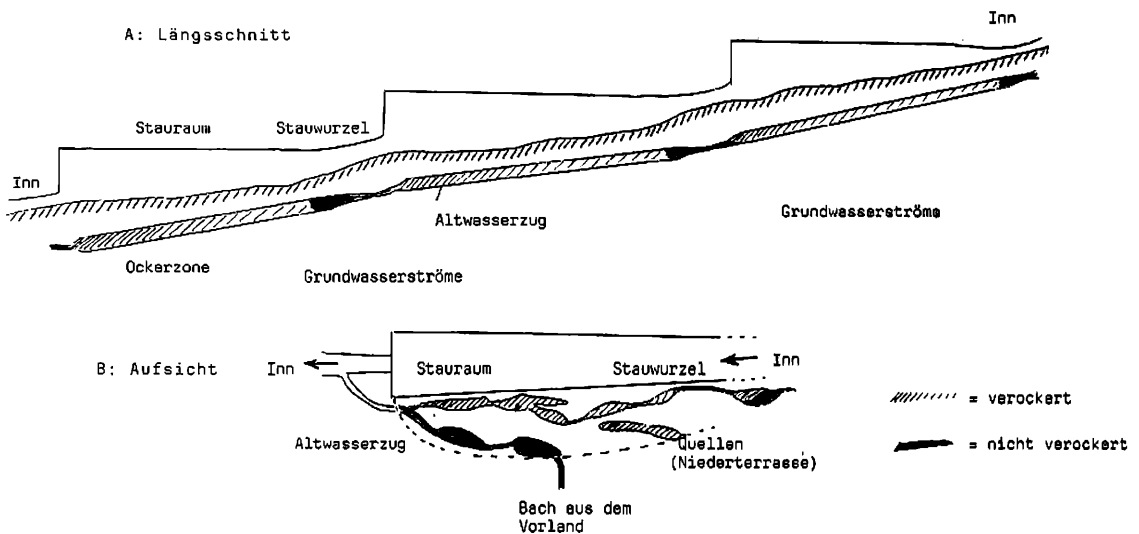


Abbildung 3/4

(oben): Longitudinaler Verlauf der Entwicklung der Verockerungen entlang der Stauseen-Kette am unteren Inn

(unten): Räumliche Verteilung verockerter und nicht verockerter Altwässer im linksufrigen (bayerischen) Stauraum-Bereich am unteren Inn

Ering-Frauenstein fehlt, weil es hier bayerischerseits keine richtigen Altwässer oberhalb von Simbach gibt (bis zum Kraftwerk Simbach-Braunau). Der Seitenarm des Inns in diesem Bereich zeigt keine Verockerungen, ist aber mit dem Inn in relativ guter Verbindung. Abb. 4 faßt diesen Befund halbschematisch zusammen.

Eine weitere Stütze ergab sich bei der Absenkung des mittleren Inns im Bereich der Ausleitungsstrecke bei Mühldorf im April 1986. Hier konnten im fast trockengefallenen Flußbett an mehreren Stellen flußaufwärts von Mühldorf Ockerquellen gefunden werden, die direkt in den Fluß austreten. Sie stehen an keiner Stelle mit Bachläufen in Verbindung oder in räumlichem Zusammenhang. Es muß daraus gefolgert werden, daß der Grundwasseraustritt in den Fluß als tiefster Talstelle vor der Einstauung der Regelfall war. Zur Verockerung konnte es nicht kommen, weil die vergleichsweise riesige Wassermasse des Inns, die im Unterlauf im Jahresgang zwischen minimal 250 m<sup>3</sup>/s und 3000 m<sup>3</sup>/s (max. Hochwässer 5700 m<sup>3</sup>/s) schwankt, permanent für eine Verdünnung bzw. Auswaschung sorgte. An jenen wenigen Stellen, wo an den wasserarmen, nur schwach durchströmten Seitenarmen über einen längeren Zeitraum (Monate bis mehrere Jahre) eine Ockerbildung möglich gewesen war, räumten dann spätestens die stärkeren Hochwässer den Ocker wieder aus. Eine Akkumulation ist unter den Bedingungen des frei strömenden Flusses nicht möglich.

Daraus leitet sich die in Abb. 5 wiedergegebene Modellvorstellung des Eisenzustromes und der Verockerung im niederbayerischen Inntal ab. Sie wird von den bisherigen Daten gestützt und läßt sich hydrologisch in allen Details nachprüfen und ggf. falsifizieren.

#### 4. Nicht verockerte Altwässer

Altwässer ohne Verockerungen sind auch in jenen Bereichen zu finden, die hinsichtlich des Grundwasseraustausches gänzlich von den Stauräumen

abgetrennt sind. Sie werden, wie bereits ausgeführt, von Bächen aus dem Vorland gespeist.

Es sind dies im engeren Untersuchungsgebiet zwischen Simbach/Inn und der Rottmündung nur zwei Bäche, nämlich der bei Ering mündende Kirnbach und der bei Würding in den Aubereich eintretende Kößlerner Bach. Beide liefern mit einer Breite von weniger als 2 m und geringer Tiefe (0.3-0.5 m) wahrscheinlich nicht genügend Wasser, um eine ausreichend hohe Austauschrate in den Altwässern zu gewährleisten, die notwendig wäre, um beginnende Verockerungen wirksam abzubremsten. Verschiedene nicht verockerte oder nur ganz schwach verockernde Altwässer werden so geringfügig durchströmt, daß die Strömungsgeschwindigkeit allein nicht genügt, um die Verockerung zu unterbinden. Das geht aus dem Vergleich mit den gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten im sehr stark verockerten Grabensystem am Pumphaus Erlach hervor. Hier reichen 0,43 m/s Fließgeschwindigkeit nicht aus (Mittel 0,38 m/s), um die Verockerung einzudämmen. Es ist daher anzunehmen, daß es kleinräumig zu Grundwasseraustritten aus den tieferen Schichten entsprechend dessen Druck kommt. Die hydrologischen Verhältnisse in den Altwässersystemen der Innauen sind nicht genügend bekannt, um weiterreichende Schlußfolgerungen ziehen zu können.

Sicher ist aber, daß bei starker Verockerung eine Frischwasserzufuhr aus dem Inn selbst dann nicht genügt, um einschneidende Verbesserungen zu erzielen, wenn diese mit mehreren Kubikmetern/s in die Größenordnung von Bachzuflüssen gelangen, wie die nur teilweise erfolgte Sanierung des Baggersees am Kraftwerk Neuhaus-Schärding oder die Überleitung in der Eringer Au zeigten. Zu einer wirklichen „Reinigung“ bedarf es des Hochwassers. Folglich müßten alle Altwässer verockert sein, läge es allein an der Strömungsgeschwindigkeit bei flächigem Austritt des eisenhaltigen Grundwassers. Ein hydraulisches Modell ist daher anzunehmen.

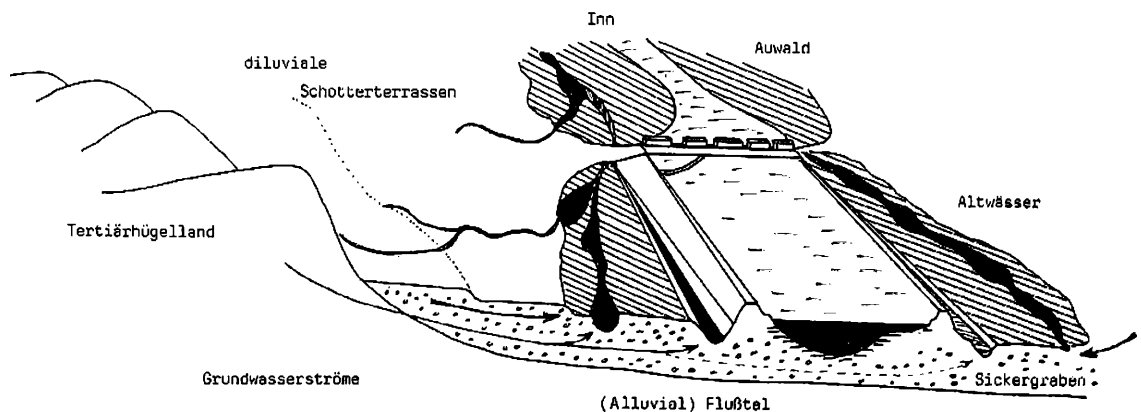


Abbildung 5

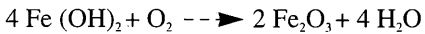
Blockmodell der geomorphologischen Struktur des Inntales südlich von Passau mit Angabe der Grundwasserströme und Verockerungen

## 5. Chemismus der Verockerung

### 5.1 Grundreaktion

Die Ockerbildung wird von Eisenbakterien verursacht. Ihr Zustandekommen ist bekannt und wird hier nur summarisch wiedergegeben. Die Eisenbakterien benutzen das  $\text{Fe}^{++}$ -Ion zur Energiegewinnung. Sie oxidieren es zum dreiwertigen  $\text{Fe}^{3+}$ -Ion auf, welches hydratisiert und als  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -Gel in den die Bakterien umgebenden Schleimscheiden abgelagert wird. Das zweiwertige Eisenion verursacht in wäßriger Lösung nur eine schwach grünliche Färbung bei hohen Konzentrationen; das dreiwertige hingegen ein intensives Rotbraun bis Ockerrot, je nach Art/Typ der Eisenbakterien. Dieses Eisenoxyhydrat kann zu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ausflocken, wenn es entsprechend dehydriert bzw. pH-Verschiebungen stattfinden. Es lagert sich am Gewässergrund in fettig-schleimigen Massen ab.

Bei der Oxidation des zweiwertigen zum dreiwertigen Eisen wird Sauerstoff benötigt. In grob vereinfachter, die Umsatzbilanz zeigender Form läuft dabei folgender Vorgang ab:



Für die Oxidation von je 4 Eisenatomen wird ein Sauerstoffmolekül benötigt. Die Folge muß ein drastischer Rückgang des Sauerstoffgehaltes sein, wenn es zu starker Verockerung kommt. Die Verockerung muß daher zwangsläufig in zweifacher Hinsicht in den Naturhaushalt der Altwässer eingreifen, nämlich durch starke Sauerstoffzehrung und durch Ablagerung der von Eisenbakterien durchsetzten schleimigen Ockermassen. Beide Effekte müßten zusammenwirken und Vorkommen und Häufigkeit anderer Organismen nachhaltig negativ beeinflussen, die vom  $\text{O}_2$ -Gehalt des Wassers und der gewöhnlich aeroben Produktivität der Gewässer abhängen. Es war folglich zu prüfen, ob und in welchem Umfang Sauerstoffdefizite auftreten und wie sich die Verockerung auf den Artenbestand der Altwässer auswirkt. Damit ist der zweite Teil der Fragestellung umrissen.

### 5.2 Herkunft der Eisen-Ionen

Im Abschnitt 3 wurde bereits gezeigt, daß die Herkunft des Eisens mit einiger Wahrscheinlichkeit aus dem ans Inntal angrenzenden Tertiärhügelland anzunehmen ist. Dort liegt es aber bereits als dreiwertiges Eisen in schwer wasserlöslicher Form vor. Es muß folglich eine Reduktion zwischengeschaltet sein, welche aus dem  $\text{Fe}^{3+}$  zunächst das  $\text{Fe}^{2+}$  macht, das dann mit dem Grundwasserstrom weitertransportiert werden kann.

Auch dieser Chemismus ist bekannt und wird hier nur kurz zusammengefaßt wiedergegeben. Die Reduktion kommt zustande, wenn mit organischen Substanzen angereichertes Bodenwasser den gelösten Sauerstoff aufbraucht, weil abbauende Mikroben aerob organische Stoffe zersetzen. Die starke Sauerstoffzehrung führt zur teilweisen Reduktion des  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  zu  $\text{FeO}$ , welches durch die im Zuge der bakteriellen Abbautätigkeit freiwerdende Kohlensäure als Ferrohrogenkarbonat ( $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ) in Lösung geht. Kohlensäure und Humussäuren lösen zudem Kalk, was die Härte dieses sich bildenden Grundwassers kräftig steigen läßt.

Auf die Abbauvorgänge müßten entsprechend erhöhte Gehalte an Ammonium hinweisen. An den Ockerquellen muß folglich Ammonium in überdurchschnittlichen Dosen nachzuweisen sein. Deshalb wurde bei der chemisch-physikalischen Untersuchung auf Ammonium mitgeprüft.

Das Ergebnis bestätigt die Annahme: 25 Proben mehr oder weniger stark verockerter Gewässer ergaben einen Durchschnitt von 4.2 ppm Ammonium ( $s^2 = 7.1$ ; max. 9.5 ppm, min. 1.5 ppm) ohne Ordnung der Daten in Abhängigkeit von den Eisenkonzentrationen und eine hochsignifikante Abhängigkeit davon, wenn nach „schwach“, „mittel“ und „stark verockert“ gruppiert wird:

| $\text{NH}_4^+$           | Schwach                 | mittel                    | stark   |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------|
| $(\leq 1 \text{ ppm Fe})$ | $(1-10 \text{ ppm Fe})$ | $(10-100 \text{ ppm Fe})$ |         |
| $\Sigma$                  | 1.75 ppm                | 3.65 ppm                  | 8.4 ppm |

Der Gehalt an Ammonium steigt also ganz klar mit zunehmenden Eisengehalt (=Verockerung). Da gleichzeitig geringer Sauerstoffgehalt und hohes  $\text{CO}_2$ -Angebot gegeben sind, muß auch die Leitfähigkeit erhöht sein. Denn es bildet sich in einer labilen Gleichgewichtsreaktion Ammonium und Ferrohrogenkarbonat. Auch dies bestätigte sich: Die mittlere Leitfähigkeit mittel und stark verockerter Probestellen betrug ( $n=55$ )  $361 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 45.8$ .

Die entsprechenden Werte für das Wasser des unteren Inn betragen zur Zeit der hohen Wasserführung von Mai bis August  $140-190 \mu\text{S}$  und in der übrigen Zeit  $180-230 \mu\text{S}/\text{cm}$ , also etwa die Hälfte.

Durch den gleichen Prozeß steigt die Härte dieses Grundwassers an und erreicht bis über  $26^\circ \text{dH}$ , während sie beim Innwasser nur etwa ein Drittel dieses Wertes beträgt.

Nach Angaben des staatlich befugten und beeideten Ingenieurkonsulenten für Landwirtschaft, Dipl. Ing. Dr. H. MESSINER, Wien, der im Auftrag der Österreichisch-Bayerischen Kraftwerke AG hydrologische Untersuchungen durchführte, ist über den lockeren, intensiv landwirtschaftlich genutzten und eisenreichen Böden ein Gehalt von etwa 400mg Humus je Liter einsickerndes Niederschlagswasser zu erwarten, von welchem rund die Hälfte durch das gelöste Calcium weggeflockt und in den oberen Bodenschichten ausfiltriert wird. Der Rest wird bis auf  $2,5 \text{ mg/l}$  zu  $\text{CO}_2$  mineralisiert, was die Bildung von  $426 \text{ mg CO}_2$  je Liter zur Folge hat. Diese aggressive Kohlensäure bedingt letztendlich den Anstieg von Leitfähigkeit und Härte und ermöglicht die Neutralisation des Ammoniaks, so daß die pH-Werte recht stabil um 7 schwanken ( $6.9-7.1$ ).

Reduktion des  $\text{Fe}^{3+}$  und Oxydation des organischen Materials wirken somit zusammen. Eine Intensivierung der Eisenionenfreisetzung durch die Intensivierung der Landwirtschaft ist daher anzunehmen. Besonders das Vordringen großflächigen Maisanbaus sollte bei den durchlässigen, kiesreichen Böden im Inntal die Menge des mit dem durchsickernden Wasser eindringenden organischen Materials erheblich gesteigert haben. Der Maisanbau hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten bis auf das Tertiärhügelland ausgebreitet.

Es muß daher angenommen werden, daß sich das Tempo der Ockerbildung in neuerer Zeit gesteigert hat. Damit würde in Einklang stehen, daß die Zeitspanne, die verstrich, bis es entlang der beiden älteren Staustufen Ering-Frauenstein und Eggling-Obernberg zu starken Verockerungen kam, rund doppelt so lange ist, wie im Falle der jüngsten der vier Innstauseen im Untersuchungsgebiet, die Stufe Neuhaus-Schärding. Gerade im Vorfeld dieser Staustufe befinden sich die größten zusammenhängenden Maisanbauflächen im südöstlichen Niederbayern. Wegen der Spätfrost-Empfindlichkeit kann der Mais hier erst um den 10. Mai eingesät werden. Es dauert bis Anfang Juni bis der Boden einigermaßen bedeckt ist. Die Maisanbauflächen bleiben etwa ein halbes Jahr völlig vegetationsfrei. Sie sind aus diesem Grunde besonders anfällig für Auswaschungen ins Grundwasser.

### 5.3 Akkumulation des Eisens

Das Trinkwasser im Innthal weist einen Eisengehalt von 0.047 ppm auf. Dieser Wert entspricht recht genau den Quellenwerten der zum Inn hin entwässernden Bäche und in etwa auch dem noch geringeren des Innwassers. In nicht erkennbar verockernten Altwässern beläuft sich der mittlere Eisengehalt jedoch bereits auf 0.15 bis 0.20 ppm. Dann setzt erkennbar die Verockerung ein. Als „schwach“ eingestufte Altwässer enthalten knapp 1 ppm, zeitweise mehr. Bei Werten bis 10 ppm intensiviert sich die Ockerfärbung deutlich und es tritt eine sehr beständige Wassertrübung auf, wenn der Durchfluß gering ist. Feinste Flocken des Eisenoxyhydrat-Sols bleiben in Schwebe und fallen nicht mehr aus. In diesem Übergangszustand verweilen verockernde Gewässer nur kurzzeitig, wenn nicht für künstliche Frischwasserzufuhr gesorgt wird. Die Akkumulation geht rasch weiter und erreicht bei starker Verockerung Werte von 20 bis 50 mg/l. In extremen Verockerungszonen und im sich verdichtenden Sediment schließlich steigen die Werte noch weiter an bis auf mehr als 250 mg/l. Die höchsten gemessenen Werte lagen knapp unter 500 mg/l. Das entspricht einer Akkumulation auf das mehr als 10 000-fache des Ausgangswertes.

Die tatsächliche „biologische Verstärkung“, die dahinter steckt, erreicht noch viel höhere Werte, weil die Schleimscheiden der Bakterien offenbar eine weitergehende Verdichtung bremsen, die erst im eigentlichen Sediment weitergehen kann. Dort färbt sich die Ablagerung dann unter Bildung von Schwefelwasserstoff zu schwarzem Schwefeleisen (FeS)- Schlamm um. Der Sauerstoffgehalt geht darin auf Null zurück. Hingegen stimmt der O<sub>2</sub>-Durchschnittswert im sich bildendem Ocker recht gut mit der Erwartung überein. Sie ergibt sich aus der Oxidation der organischen Stoffe bei der Grundwasserbildung. Er sollte nach der Analyse der Deutschen Heraklith AG, Simbach, vom 21. Mai 1963 beim Quellaustritt 2.63 mg/l betragen. Die Meßserien mit der Sauerstoffsonde ergaben folgende Zonierung: (Gesamtdurchschnitt der dreijährigen Monatsmittel)

O<sub>2</sub>-Gehalt an der Bodenoberfläche des Gewässers:

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| <u>ohne</u> Verockerung | <u>6.3 ± 2.1</u> |
| schwache Verockerung    | 3.6 ± 1.3        |
| mäßige Verockerung      | 2.6 ± 0.4        |
| starke Verockerung      | 1.4 ± 0.4        |
| sehr starke Verockerung | 0.8 ± 0.2        |

Die Meßwerte bestätigen die enge Abhängigkeit des Sauerstoffgehaltes der verockernden Gewässer von der Eisenakkumulation, d.h. vom Ausmaß der Bildung des dreiwertigen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Komplexes.

Massiver Sauerstoffschwund ist daher ein zentrales Kennzeichen der verockernten Kleingewässer am unteren Inn- und damit ein limitierender Faktor für die potentielle Besiedlung dieser Ockergewässer durch aerobe Organismen.

### 5.4 Auswirkungen des Hochwassers

Die Ausräumung durch Hochwässer verhindert ohne Zweifel die Akkumulation von Ocker in all jenen Bereichen, die der Hochwassereinwirkung ausgesetzt sind. Bei Hochwasser im Fluß bzw. in den Stauräumen verändern sich aber auch die Grundwasserverhältnisse und es kann Druckwasser in den nicht abgedichteten Dammabschnitten entstehen. In diesen den Stauwurzelbereich begleitenden Abschnitten der Dämme entsprechen sie Hochwasserdeichen. Da hier der Grundwasserstrom nicht oder nur zum Teil abgeschottet ist, kann die Pegelerhöhung bei Hochwasser auch die außerhalb der Dämme liegenden Grundwasserstände anheben und ihre Strömungsdynamik beeinflussen. Wenn es zutrifft, daß die Verockerung in ursächlichem Zusammenhang mit dem Zustrom von Fe<sup>2+</sup>-reichem Grundwasser steht, das seinen Eisengehalt aus den Tertiärformationen schöpft, und daß das räumliche Verteilungsmuster der Verockerung eine Folge der mehr oder weniger vollständigen Abdichtung der Dämme darstellt, dann müßten sich bei starken Hochwässern überall dort Veränderungen (Rückgänge) der Verockerung zeigen, die sich im Grenzbereich der Rückstauwirkung befinden. Hochwässer sollten somit natürliche Großexperimente darstellen, welche die Dynamik der Verockerung zum Ausdruck bringen.

Anfang August 1985 kam es zu einem derartigen Hochwasserereignis am unteren Inn. Das Maximum stellte sich am Kraftwerk Simbach-Braunau am 7. August 1985 gegen 23.00 Uhr mit 4846 m<sup>3</sup>/s ein. Es war damit das zweitstärkste Hochwasser am unteren Inn in diesem Jahrhundert. Das höchste wurde 1954 mit 5200 m<sup>3</sup>/s gemessen.

Das Hochwasser vom August 1985 übertraf das während der Untersuchungsperiode der Verockerung aufgetretene Hochwasser vom 15. Juni 1983 ganz erheblich. Damals hatte die Spitze nur 2683 m<sup>3</sup>/s erreicht. (Angaben der INNWERK AG und Inf. Ber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft 5/86). Leichte bis mittlere Hochwässer können sich noch nicht auf die Grundwasserverhältnisse im Auwald außerhalb der Dämme auswirken. Sie werden von den Dammanlagen abgefangen und sie dauern nicht lange genug. Beim Hochwasser 1985 war das anders. Es erreichte nicht nur eine ungewöhnliche Stärke, sondern die weit über-

durchschnittlich hohen Wasserstände in den Stauräumen hielten den ganzen August über an.

Erstmals seit dem gleichfalls starken Hochwasser 1977 wurden Teile der Auen außerhalb der Stauesen durch Rückstau von Bächen und durch Grundwasseraustritte überflutet. Damit waren genau die Rahmenbedingungen erfüllt, die eine kritische Überprüfung der Befunde und der daraus gezogenen Schlußfolgerungen im „natürlichen Großexperiment“ ermöglichten.

Der Eisengehalt der schwach und der stark verockerten Gewässer wurde daher nach dem Hochwasser im Oktober/November 1985 und erneut im April/Mai 1986 untersucht.

Da das Mangan immer in Kombination mit Eisen auftrat, war es nicht möglich, die ökologischen Folgewirkungen der Verockerungen nach beiden Elementen getrennt zu behandeln.

Aus den obigen Meßwerten geht jedoch hervor, daß es beim Mangan möglicherweise in den stärker durchströmten Auegewässern zu stärkeren Anreicherungen kommt, als in den völlig stagnierenden. Das könnte an der geringeren Löslichkeit des Manganoxids liegen, aber einen ganz wesentlichen Einfluß scheinen die Eisenbakterien zu nehmen, weil sie das Eisen aktiv akkumulieren. Manganreiche Verockerungen lassen sich mglw. an der tieferen Braunfärbung von manganarmen unterscheiden.

Ø Fe-Gehalt (ppm) (n= je 20 Proben)

|                                 | vor dem<br>Hochwasser<br>1982-84 | danach        |               |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|
|                                 |                                  | Okt./Nov. '85 | April/Mai '86 |
| schwache Verockerung            | 0.9                              | 0.2           | 0.3           |
| % Rückgang nach dem Hochwasser  |                                  | -78%          | -67%          |
| starke Verockerung              | 22.4                             | 12.2          | 15.1          |
| % Rückgang nach dem Hochwasser: |                                  | -45.5%        | -33%          |

Die Tabelle zeigt das Ergebnis:

Keine Veränderung ließ sich bei den sehr stark verockerten Altwässern ermitteln, da die einzelnen Meßwerte je nach Verdichtung des Ockerschlammes zu stark schwankten.

Als Ergebnis läßt sich festhalten, daß die hochwasserbedingten Veränderungen in den Grundwasserverhältnissen sehr deutliche Auswirkungen auf die Verockerungen zeigen. Jedoch ging in keinem Fall die Verockerung auf nahezu Null zurück, wie das bei der unmittelbaren Hochwassereinwirkung der Fall ist. Grundwasserschwankungen reichen nicht aus, um den Prozeß der Verockerung grundsätzlich zu verändern. Sie bewirken nur mehr oder minder ausgeprägte Fluktuationen (vgl. Abb. 1- die „Gleichgewichtsphase“ der Entwicklung).

5.5 Mangan

Mangan tritt als Begleitelement mit Eisen zusammen auf. Die Ockerschlämme und insbesondere die Oberflächen von Steinen in fließenden Abschnitten weisen kräftig erhöhte Mangangehalte auf. Es bildet Krusten aus sogenanntem „Braunstein“ (MnO<sub>2</sub>).

Der Mangangehalt (in mg/l) verteilt sich folgendermaßen:

| Trinkwasser | Altwässer | Sickergräben    |           |
|-------------|-----------|-----------------|-----------|
| (Inntal)    | schwach   | stark verockert | (Krusten) |
| 0.005       | 0.03      | 1.5 ± 08.       | bis 5     |

Wegen des Störeinflusses des hohen Eisengehaltes wurde der Mangangehalt nur in je 5 Stichproben untersucht. Der Eisengehalt kann in den Proben bis zu 200fach höher liegen als der Mangangehalt.

6. Ökologische Auswirkungen der Verockerungen

6.1 Grundprozesse

Die Verockerung führt zu einer starken Verminderung des Sauerstoffgehaltes im Wasser. Sie steigert im bodennahen Bereich den Gehalt an Ammonium und fördert die Bildung von Schwefelwasserstoff im Bodenschlamm. Von diesen Stoffen gehen toxische Wirkungen auf wasserbewohnende Organismen aus. Erhöhung des NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Gehaltes und die H<sub>2</sub>S-Freisetzung folgen der Zunahme des Eisengehaltes, also dem Ausmaß der Verockerung.

Der Sauerstoffgehalt entwickelt sich gegenläufig. Der Eisengehalt allein kann daher als Indikator für die den meisten aquatischen Organismen abträglichen Folgeprozesse dienen. Er wird in den nachfolgenden Darstellungen der organismischen Besiedelung als Bezugsbasis verwendet.

Die Verwendbarkeit des Fe-Gehaltes ergibt sich auch aus einer anderen Folgewirkung, nämlich aus der Bildung von Schleimscheiden durch die Eisenbakterien. Deswegen sehen die Ockerrasen wie Schleime aus. Sie verkleben die atmungsaktiven Oberflächen der aquatischen Organismen und mindern dadurch zusätzlich die Verwertbarkeit des Restsauerstoffes für die Atmung.

Die Verockerung erzeugt daher eine komplexe Wirkung, die sich aus direktem Sauerstoffschwund, indirekter Beeinträchtigung des Austausches der Atmungsgase und toxischen Wirkungen zusammensetzt.

Die negativen Wirkungen sollten demzufolge bei jenen Organismen (Gruppen) am stärksten sein, die atmungsaktive (respiratorische) Oberflächen im Wasser exponieren, während sie die anderen,

die Luftsauerstoff benutzen, weniger stark treffen sollten. Es sind dies Wasservögel und Säugetiere, aber auch Wasserpflanzen mit Schwimmblättern und das Uferföhricht. Die Auswirkungen der Verockerung werden nach diesen Gruppen getrennt untersucht.

## 6.2 Jahreszeitliche Unterschiede in der Verockerung?

Die potentielle Eignung als Lebensraum hängt unter anderem auch davon ab, ob die abiotischen Bedingungen im Jahreslauf in regelhafter Weise schwanken oder konstant genug sind, daß sich die Organismen auf solch extreme Lebensbedingungen einstellen können. Es wird daher hier vorab noch geklärt, ob es in den verockerten Altwässern „günstigere“ Zeiten gibt, in welchen der Sauerstoffgehalt nicht so gering ausfällt, daß er für aerobe Organismen nicht mehr ausreicht und vielleicht in Verbindung damit der Eisengehalt nicht so hoch ansteigt, daß die Toxizitätsgrenzen überschritten werden. Abb. 6 zeigt das Ergebnis für schwach und für stark verockerte Altwässer. Daraus geht hervor, daß es zumindest im Fall der starken Verockerungen höchst unwahrscheinlich ist, daß sie eine regelmäßig wiederkehrende Phase günstiger Lebensbedingungen bieten können. Der Unterschied zwischen schwacher und starker Verockerung ist viel größer als die Schwankungsbreite im Jahresgang der jeweiligen Verockerungsstufe.

## 6.3 Räumliche Verteilungsunterschiede der Verockerung innerhalb der Gewässer

Die Eisenbakterien wuchern vom Boden aus und an Substrat gleich welcher Art (Pflanzenstengel, Pfosten von Anglerstegen, Brücken etc.). Es lassen sich daher verschiedene Bereiche voneinander abgrenzen, die deutlich genug getrennt sind:

- Bodenschlamm ohne frische Bakterienrasen (I)
- Eisenbakterienkolonien (Beginn der Ockerzone) (II)
- Freiwasser darüber (III)
- Wasseroberfläche (IV)
- Ufer (V)

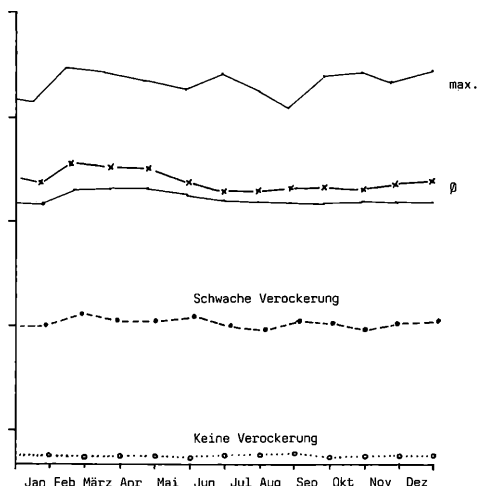


Abbildung 6

Entwicklung der Verockerung im Jahresverlauf (stark, schwach und nicht verockerte Altwässer)

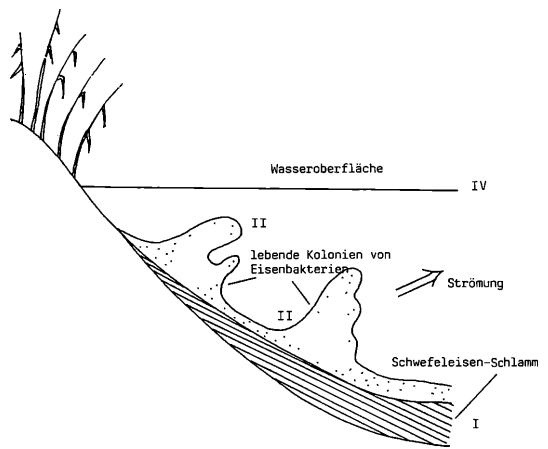


Abbildung 7

Habitatgliederung in verockerten Kleingewässern am unteren Inn

Diese fünf Lebensräume gliedern die untersuchten Ockergewässer räumlich. Als weiteres „Strukturelement“ kommt die Strömung (oder ihr Fehlen) hinzu.

Abb. 7 faßt diese Habitatstrukturen schematisch zusammen. Diese Gliederung hilft die Vielfalt zu ordnen, die tatsächlich vorhanden ist, und die sich auch in der unterschiedlichen Größe der Ockergewässer äußert. Sie reicht von Quellen und Sickersümpfen über Tümpel und kleine Bäche bis zu hektargroßen Altwässern, Baggerseen und stärker durchströmten Sickergräben.

## 6.4 Erfassung der Fauna

Zur Erfassung der Fauna der Ockergewässer wurden Schöpfproben von 250 bis 500 ml aus der jeweiligen Zone eingeholt und durch Siebung oder Teilproben-Auszählung im beleuchteten Becken auf Makroinvertebraten untersucht. Nur mikroskopisch erkennbare Organismen wurden nicht erfaßt. Die Größengrenze lag bei Daphnien, Hüpfertingen und Muschelkrebchen. Die Ergebnisse wurden auf 100 ml-Normwert vereinheitlicht. Bezugsbasis bildete die Verockerungsstufe einerseits und die Oberfläche der Ockerzone andererseits, nachdem sich schnell zeigte, daß im Bodenschlamm keine höheren Organismen mehr zu finden waren. Die Fauna der Wasseroberfläche wurde anhand dreier Gruppen, der Wasserläufer (*Gerris sp.*) und der Taumelkäfer (*Gyrinus sp.*) sowie der auf der Wasseroberfläche jagenden Spinne *Dolomedes fimbriatus* durch direkte Zählung (Viertelquadratmeter-Quadratmeter) ermittelt. Sie sollte das Angebot auf die Wasseroberfläche fallender Insekten aus der angrenzenden Uferzone quantifizieren. Die Bruten der Wasservögel wurden auf den Altwässern in der für feldornithologische Bestandsaufnahmen üblichen Weise vorgenommen. Das hohe Ausmaß von Störungen durch Angler zur Brutzeit verminderte jedoch die Verwertbarkeit der so gewonnenen Daten ganz erheblich.

6.5 Invertebraten

6.5.1 Ockergewässer-fließend

Von den 40 Proben aus fließenden Ockergewässern enthielten 12 (=30%) Organismen. In 28 Proben wurden keine makroskopisch erkennbaren Tiere gefunden. Es handelt sich um folgende Taxa:

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| Crustacea           |             |
| <i>Cyclops</i>      | -72 Ex.     |
| <i>Diaptomus</i>    | - 4         |
| <i>Ostracoden</i>   | 78          |
| Ephemeroptera       | 2 Larven    |
| Diptera             |             |
| <i>Chironomiden</i> | - 22 Larven |
| Polychaeta          |             |
| <i>Stylaria</i>     | 1           |

Außerdem wurde außerhalb der monatlichen Standardproben in zwei fließenden Ockergewässern die Wasserassel *Asellus aquaticus* gefunden. Es ist anzunehmen, daß es sich jeweils um verdriftete Exemplare aus nicht verockerten Bereichen gehandelt hat.

Der mittlere Eisengehalt der Organismen-positiven Proben beträgt 2.7 mg/l mit einem Wertebereich von 0.2.- 7 mg/l. Der zugehörige O<sub>2</sub>-Gehalt beträgt 4.35 mg/l (3.3-5.6 mg/l).

Keine Organismen fanden sich bei mehr als 10 mg/l Fe und bei einem O<sub>2</sub>-Gehalt unter 2.2 mg/l sowie bei einer Strömungsgeschwindigkeit von mehr als 0.65 m/s (max. 1.1.). Die Organismen-Funde konzentrieren sich in den Monaten Juni-September; im Januar, Februar, März und Oktober wurden keine Organismen in den Proben nachgewiesen.

6.5.2 Ockergewässer stagnierend

Kategorie stark bis sehr stark verockert:

In stagnierenden Ockergewässern mit mehr als 10 mg/l Fe konnten in insgesamt 30 Proben keine makroskopisch erkennbaren Organismen gefunden werden. Der mittlere Eisengehalt an der Oberfläche der Ockerzone betrug 19 mg/l mit einem Wertebereich von 10 bis 40 mg/l. Wie bereits ausgeführt war die Schlammzone völlig frei von höheren Organismen. Sie erreicht Fe-Werte bis fast 500 mg/l.

In dieser Kategorie liegt der Sauerstoffpegel so niedrig, daß in Verbindung mit toxischer Wirkung von H<sub>2</sub>S und NH<sub>4</sub> sowie den Schleimscheiden-Massen ganz extreme Bedingungen gegeben sind.

Kategorie mäßig verockert:

Im Bereich von 1-10 mg Fe/l (Mittel 5.7) fand sich in 20 quantitativ bearbeiteten Proben nur 1 *Chironomiden*-Larve und in zwei der Proben 5 bzw. 30 *Cyclops*. Der O<sub>2</sub>-Gehalt befindet sich mit 2.6 mg/l noch im kritischen Bereich. Die Hüpferrlinge befanden sich im Wasser über dem Ockerrasen, so daß sie streng genommen nicht berücksichtigt werden sollten.

Kategorie schwach verockert:

Von den 60 Proben dieser Kategorie waren 8 organismenfrei. In fünf Fällen trat starker H<sub>2</sub>S-Geruch

auf und der Ammonium-Gehalt lag über 5 mg/l. Der O<sub>2</sub>- Gehalt bewegte sich um 4 mg/l mit deutlichen Schwankungen im Jahresgang. Darauf wird noch gesondert eingegangen.

Die Fauna läßt sich in zwei Gruppen gliedern:

Arten, die an der Grenze der Ockerzone zum Freiwasser leben (insbesondere Insektenlarven) und

Arten des Freiwassers (Kleinkrebschen).

Die Vielfalt der Taxa nahm stark zu und verweist auf den Übergang zu den nicht verockerten, aber belasteten Augewässern (mit vermindertem Sauerstoffgehalt).

Ergebnis der Proben:

Freiwasser- Gruppen:

|                                                                 |        |
|-----------------------------------------------------------------|--------|
| <i>Cyclops</i>                                                  | 298 Ex |
| <i>Daphnia</i>                                                  | 6      |
| <i>Diaptomus</i>                                                | 120    |
| <i>Ostracoden</i>                                               | 596    |
| (Aktivität konzentriert sich auf die Grenzzone zur Verockerung) |        |
| <i>Culiciden</i> -Larven                                        | 2      |
| ( an der Wasseroberfläche)                                      |        |

Grenzbereich zum Ocker:

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <i>Chironomiden</i> -Larven   | 93 |
| <i>Ephemeropteren</i> -Larven | 8  |
| <i>Eristalis</i> -Larve       | 1  |
| <i>Hydracarina</i>            | 1  |

Die organismen-positiven Proben konzentrieren sich im Sommer, so daß sich die Frage stellt, ob ein saisonaler Wechsel des Sauerstoffgehaltes möglicherweise hierfür die Grundlage abgibt. Zunächst ist festzuhalten, daß sich eine ausgeprägte positive Korrelation zwischen O<sub>2</sub>-Gehalt und Anzahl der Organismen in den Proben ergibt: r = 0.58 (n = 25) \*\*

Sie ist auf dem 0.1% Niveau signifikant.

Daraus folgt, daß zeitweise (günstig) hoher Sauerstoffgehalt eine Besiedelung des Ocker-Substrates in beschränktem Umfang zuläßt. Faßt man die Monatswerte zu je zweien zusammen, zeigt sich der Zusammenhang deutlich:

|                          | Jan/<br>Feb | Mär/<br>Apr | Mai/<br>Jun | Jul/<br>Aug | Sep/<br>Okt | Nov/<br>Dez |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ø O <sub>2</sub> in mg/l | 1.3         | 1.7         | 4.2         | 3.8         | 3.4         | 2.7         |
| Anzahl d. Organismen     | 21          | 46          | 566         | 310         | 158         | 24          |

In der Kategorie der schwach verockerten Gewässer gibt es also ein „Sommerfenster“ mit ausreichendem Sauerstoffangebot, welches die Entwicklung einer bescheidenen aquatischen Invertebraten-Fauna zuläßt. Dem Sauerstoff dürfte die Schlüsselrolle zukommen.

Bezeichnenderweise stellen zwei Taxa die quantitativ bedeutendsten Vertreter: die höchst anpassungsfähigen, auch temporäre Gewässer besiedelnden Muschelkrebsechen (*Ostracoden*), hier die Gattung *Heterocypris*, und die Larven von Zuckmücken (*Chironomiden*), hier die Unterfamilie der *Tanypodinae*.

An den Zuckmückenlarven konnte beobachtet werden, daß Ockerkrümel in den Darm aufgenommen wurden. Sie können bei der Nahrungsaufnahme (*Ostracoden*) mit hineingekommen sein, aber es ist auch der aktive Verzehr der Schleimscheiden der Eisenbakterien vorstellbar. Insgesamt ergibt sich aus der Zusammensetzung dieser „Fauna“ der Ocker-  
grenze

- eine sehr starke Verarmung im Vergleich zu nicht verockerten Gewässern
- eine Verminderung der Körpergröße (nur kleine Arten kommen vor)
- eine Verlagerung des Anpassungsspektrums auf einige Ubiquisten bzw. auf Taxa mit sehr weiter ökologischer Valenz
- eine sehr geringe Repräsentanz von aquatischen Insektenlarven mit äußeren Kiemen (Verschleimung der atmungsaktiven Oberflächen)
- eine massive Reaktion der Fauna auf bereits schwache Ocker-Konzentrationen.

Stark verockerte Zonen sind so gut wie organismefrei.

6.5.3 Wasseroberfläche

Die Oberflächenspannung eines stagnierenden Kleingewässers wirkt wie eine flächige „Fangvorrichtung“ für Insekten. Nicht nur tote fallen auf die Wasseroberfläche und werden von ihr festgehalten, sondern auch lebendige. Durch Befreiungsbewegungen senden sie wellenförmige Signale aus, welche hochspezialisierte Arten zur Nahrungsbeschaffung auswerten können. Es handelt sich bei den betrachteten Gruppen um „Wasserläufer“ der Gattung *Gerris*, sowie um die Jagdspinne *Dolomedes fimbriatus* und die Taumelkäfer (*Gyrinus* sp.). Auf 10 ausgewählten Vergleichsstrecken an nicht verockerten Altwässern in den Innauen und auf Ocker-  
gewässern (stagnierend) wurden im Juli 1984 die Häufigkeit dieser drei Spezialisten-Gruppen durch Viertelquadratmeter- und Quadratmeter-Zählungen ermittelt. Es ergab sich folgender Befund:

| Taxon (N/m²)     | nicht verockert | verockert |
|------------------|-----------------|-----------|
| <i>Dolomedes</i> | 4.2 (3-7)       | 0.2 (0-1) |
| <i>Gyrinus</i>   | 1.8 (0-12)      | 0         |
| <i>Gerris</i>    | 28.2 (12-44)    | 3.1 (0.7) |

Auf den verockerten Altwässern halten sich an den Uferändern also erheblich weniger Individuen der drei ausgewählten und als Anpassungstyp repräsentativen Taxa auf, als auf nicht verockerten. Da weder der Eisengehalt an sich, noch der Sauerstoffgehalt oder die anderen chemisch-physikalischen Parameter im Ocker-  
gewässer direkt die Ursachen sein können, muß entweder die Eigenproduktion der verockerten Gewässer an Emergenz (Insekten-*Imagines*) oder die Menge der auf die Wasseroberfläche fallenden Insekten (oder beides) geringer sein als bei den nicht verockerten. Die geringe Besiedlung der Ocker-  
gewässer spricht für die Emergenz-*Verminderung*, doch da ein wesentlicher Teil der Beute auf die Wasseroberfläche vom Ufer her fällt, muß der Insektenreichtum in der Uferzone gleichfalls vermindert sein. Auf diese *Verminderung* des Insektenangebotes in der

Uferzone weist auch die sehr geringe Siedlungsdichte von Rohrsängern hin. Darauf wird noch näher eingegangen. Das würde bedeuten, daß auch die Uferpflanzbestände durch die Verockerung geschädigt werden. Daß dies in der Tat der Fall ist, ergibt sich aus den Meßwerten zur Vitalität des Schilfrohrs (*Phragmites australis* = *P. communis*).

6.6 Beeinträchtigung der Wasser- und Uferpflanzen

In stark verockerten Altwässern können keine submersen Wasserpflanzen mehr wachsen. Die Unterwasserflora stirbt vollständig ab. Der Vergleich der Pflanzenlisten zeigt dies: (nur bestandsbildende Arten sind berücksichtigt)

| Pflanzenarten:                 | nicht verockerte Altwässer | verockerte Altwässer |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|
| <u>Ufer</u>                    |                            |                      |
| <i>Phragmites australis</i>    | +                          | +                    |
| <i>Carex elata</i>             | +                          | +                    |
| <i>Scirpus lacustris</i>       | +                          | +                    |
| <i>Iris pseudacorus</i>        | +                          | +                    |
| <i>Typha latifolia</i>         | +                          |                      |
| <i>Sparganium ramosum</i>      | +                          |                      |
| <u>Schwimmpflanzen</u>         |                            |                      |
| <i>Nuphar luteum</i>           | +                          | (+)                  |
| <i>Potamogeton natans</i>      | +                          | +                    |
| <i>Potamogeton lucens</i>      | +                          |                      |
| <u>Submerse Wasserpflanzen</u> |                            |                      |
| <i>Hippuris vulgaris</i>       | +                          | (+) teilweise emers  |
| <i>Ceratophyllum demersum</i>  | +                          |                      |
| <i>Myriophyllum spicatum</i>   | +                          |                      |
| <i>Elodea canadensis</i>       | +                          |                      |
| <i>Potamogeton pectinatus</i>  | +                          |                      |
| <i>Utricularia vulgaris</i>    | +                          |                      |
| <i>Ranunculus aquatilis</i>    | +                          |                      |
| <i>Callitriche palustris</i>   | +                          |                      |
| <i>Lemna trisulca</i>          | +                          |                      |

(+) = noch vorhanden, aber starke Schädigungen erkennbar

Von den submersen Wasserpflanzen überlebt in schwach verockerten Altwässern nur der Tannwedel (*Hippuris vulgaris*) stellenweise. Die Art treibt bis über die Wasseroberfläche und deckt offenbar über die emersenen Teile ihren Sauerstoffbedarf. Die submersen Blätter und Triebe faulen bald. Die Restbestände sind am unteren Inn so geschädigt, daß ein Verschwinden in den nächsten Jahren anzunehmen ist, wenn sich die Bedingungen nicht nachhaltig verbessern.

Das gilt genauso für die noch vor zwei Jahrzehnten ausgedehnten Bestände der Gelben Teichrose (*Nuphar luteum*). In den verockernden Altwässern kommt es zu starken Schäden an den submersen Blättern, schon bevor diese die Wasseroberfläche erreichen. In den meisten verockerten Altwässern ist die Art verschwunden.

Wasserpflanzen mit großer Oberfläche ihrer submersen Teile werden schon bei noch vergleichsweise geringen Eisenkonzentrationen geschädigt. Schon bei mehr als 0,5 mg/l Fe treten Wachstumsstörungen auf: Bei *Myriophyllum* und bei *Hippuris* strecken sich die Internodien auf mehr als das Doppelte des Normalwertes in die Länge. Die feinen Unterwasserblätter werden alsbald von den Ausflockungen des Eisenoxihydrats bedeckt, wodurch die Stomata verkleben und der Gasaustausch über die Blattoberflächen nicht mehr funktioniert. Zudem bilden sich dichte Aufwuchsrassen, wenn die Blätter nahe der Wasseroberfläche sind.

In stark bis sehr stark verockerten Gewässern zersetzen sich die Pflanzen anaerob. Dabei werden Öle frei, welche auf der Wasseroberfläche einen schillernden Belag bilden und den Sauerstoffzutritt durch Diffusion an der Wasser-Luftgrenze weiter behindern. Die Ölbildung kann so stark werden, daß der Eindruck einer Altöleinleitung entsteht. Für die Wasser- und Uferpflanzen bedeuten solche Bedingungen das Ende des Wachstums. Arten mit umfangreichen Speicherorganen (*Rhizomen*) im Bodenschlamm halten länger aus als solche, die sich unmittelbar aus dem umgebenden Wasser mit Nährstoffen versorgen.

Die Verockerung im Uferbereich wirkt sogar auf das Schilfwachstum auf festem Untergrund. Im Auwald bei Eggfing wurde dies näher untersucht. Verglichen werden konnten ein mäßig verockerter und ein nicht verockerter Teil des gleichen Altwassersystems der „Eggfing Rinne“. Der räumliche Abstand beider Vergleichsstellen beträgt nur 140m. Die Wachstumsbedingungen für das Schilf sind daher hinsichtlich der Temperaturverhältnisse, der winterlichen Schneelage und der Bodenstruktur gleich. Sie unterscheiden sich offensichtlich nur in der Ockerbildung am Ufer.

Gemessen wurden voll ausgewachsene, vorjährige Halme mit Wedel und solche, die nicht im Wasser stehen (wo der Ocker direkt ansetzen kann).

Anzahl der Messungen je 40:

#### (1) Wuchshöhe

Gesamte Halmlänge von der Bodenoberfläche bis zur Spitze des Wedels

|                    |                  |
|--------------------|------------------|
| nicht verockert    | verockert        |
| Ø 275 cm (255-300) | 225 cm (185-290) |

#### (2) Halmstärke

Mitte des 1. Internodiums über dem Boden

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| nicht verockert      | verockert        |
| Ø 0,9 cm (0,75-1,12) | 0,57 (0,38-0,91) |

#### (3) Länge der beiden untersten Internodien

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| nicht verockert | verockert |
| Ø 16,4 cm       | 11,8 cm   |

Im verockerten Bereich nahm also die Schilfhöhe um 18% ab, die Halmstärke ging um 36,6% zurück und die durchschnittliche Internodienlänge sank um 28%. Insgesamt ergibt sich daraus eine verminderte Vitalität, eine höhere Bruchanfälligkeit und ein verzögertes Wachstum. Auch die mittlere Bestandsdichte der Schilfhalme ging zurück. Sie sank von 82 Halmen/m<sup>2</sup> (66-104) im

nicht verockerten Schilfbestand auf 45 (38-50) und damit um fast die Hälfte.

## 6.7 Vögel und Säugetiere

Aus der Verringerung des Schilfwachstums geht bereits hervor, daß die verockernden Altwässer in ihren Uferbereichen weniger günstige Brutmöglichkeiten für Rohrsänger und Wasservögel bieten als nicht verockerte. Wegen der geringen Flächengröße der Altwässer ist jedoch ein starker „Randeffekt“ zu berücksichtigen. Die direkten Revierzahlen pro 100m Schilfufer lassen sich deswegen nicht herbeiziehen, weil die Gesamtgröße einen zu bedeutenden Einfluß nimmt. Bereinigt man diesen, so verbleibt folgender Befund:

Siedlungsdichte des Teichrohrsängers (*Acrocephalus scirpaceus*) an Altwässern, größer als 1 ha und mehr als 200 m Schilfufer.

| nicht verockerte Altwässer | verockerte Altwässer |
|----------------------------|----------------------|
| 1-2 Bp/100 m               | 0,2 Bp/100 m         |

Insgesamt wurden in den Jahren 1981-1986 an den Altwässern der Auen von Eggfing-Aigen und Ering-Eglsee an nicht verockerten Altwässern/verockerten Altwässern festgestellt:

#### Singende Teichrohrsänger - ♂

| Jahr   | nicht verockert | verockert |
|--------|-----------------|-----------|
| 1981   | 13 + 7          | 2 + 1     |
| 1982   | 13 + 9          | 2 + 0     |
| 1983   | 10 + 5          | 1 + 1     |
| 1984   | 10 + 6          | 0 + 1     |
| 1985   | 14 + 7          | 2 + 1     |
| 1986   | 10 + 6          | 2 + 0     |
| Ø/Jahr | 18,3            | 2,2       |

Beide Zahlenreihen sind aus den o.g. Gründen nicht unmittelbar vergleichbar; deshalb die Bereinigung auf 100m Uferlänge und hinreichend große Schilfgebiete.

Der gleiche Effekt zeigt sich bei den Bruten von Enten auf den Altwässern. Hier bewirken aber die Angler so nachhaltige Brutstörungen, daß weniger als 20% der tatsächlich vorhandenen Brutplatzkapazitäten genutzt werden (REICHHOLF 1988). Das Ausweichen auf die verockerten- und deshalb nicht mehr beangeltene Altwässer täuscht dann bei Reiherente (*Aythya fuligula*) und Tafelente (*Aythya ferina*) einen höheren Brutbestand vor, weil die nicht-verockerten Altwässer nur in so geringem Umfang als Brutplätze genutzt werden können. Aus den Aufzeichnungen von 1959-1962 geht hervor, daß an den Altwässern des Auwaldes zwischen Eggfing und Aigen mehr als 50 Entenpaare pro Jahr gebrütet hatten. In den 80er Jahren belief sich der Brutbestand nur noch auf 3-5 Paare. Der Rückgang auf etwa 10% oder weniger hat zwei Ursachen: die Verockerung eines Teiles der Altwässer und die Angler-Störungen an den übrigen. Rechnet man dort die ausgefallenen Kapazitäten hoch (das Fünffache des tatsächlichen Brutbestandes), so verbleibt ein Rückgang um etwa 40-50% durch die Verockerungen. Der Rückgang trifft die einzelnen Wasservogelarten unterschiedlich. So ist der auf den Fang von Großinsekten in

submersen Wasserpflanzen und auf kleine/junge Fische spezialisierte Zwergtaucher aus den verockerten Altwässern ganz verschwunden, während diese von der Stockente (*Anas platyrhynchos*) noch als Brutplatz genutzt werden. Der Zwergtaucher (*Tachybaptus ruficollis*) nutzt die Altwässer auch außerhalb der Brutzeit nur noch in sehr geringem Maße (10-20% des Wertes der 60er Jahre). Einen vergleichbar starken Rückgang zeigen die Bestände der Wasserralle (*Rallus aquaticus*) in den Innauen (REICHHOLF 1982). Auch bei dieser Art überlagern sich großräumige Rückgänge und ungünstige Veränderungen im Untersuchungsgebiet. Für die Wasserralle sind die Verockerungen von besonderer Bedeutung, weil diese Art genau dort ihre Nahrung suchte, wo die Verockerungen am stärksten sind.

Wie die Vögel sind auch die aquatischen und semi-aquatischen Säugetiere zwar vom Sauerstoffgehalt des Wassers atmungsphysiologisch unabhängig, aber indirekt doch darauf angewiesen, weil er die Produktivität der Altwässer bestimmt. Im Hinblick auf die Verockerungen ergaben sich für zwei markante Säugetierarten recht unterschiedliche Befunde.

So meidet der Biber (*Castor fiber*) wenn überhaupt, nur die ganz stark verockerten Altwässer (vielleicht weil die Ockermassen das Fell verschmieren und die Wärmeisolation beeinträchtigen), hat aber schwächer verockerte jahrelang als festes Revier bezogen (drei von fünf Biberrevieren außerhalb der Dämme befinden sich im Auwald zwischen der Rottmündung und Simbach an verockerten Altwässern). Da der Biber so gut wie keine Nahrung aus dem Wasser holt, sondern sich von Uferpflanzen und von der Rinde von Weichholzbäumen ernährt, sind die Verockerungen für ihn weitgehend ohne Belang.

Anders der Bisam (*Ondatra zibethicus*): An den verockerten Altwässern liegt seine Siedlungsdichte erheblich niedriger als an nicht verockerten oder jenseits der Dämme im Inselgebiet der Stauseen. Der Unterschied beläuft sich auf etwa 8:1 nicht verockert zu verockert. Die Bisamratte ist auf einen erheblichen Anteil an Nahrung aus dem Wohngewässer angewiesen (submerse Wasserpflanzen, Rhizome und auch Großmuscheln in der nahrungsknappen Zeit im Winter). Großmuscheln kommen in den verockerten Altwässern nicht mehr vor, ihre Bestände sind durch die chemische Eutrophierung der nicht verockerten Altwässer gleichfalls rückläufig.

Über die Häufigkeit der Wasserspitzmaus (*Neomys fodiens*), die in den Altwässern der Innauen vorkommt, konnten keine näheren Daten gesammelt werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Verockerungen ganz erhebliche Auswirkungen auf Wassertiere und auf den Bisam zeitweilig haben. Der Biber (*Castor fiber*) blieb davon weitgehend unberührt.

Die Auswirkungen auf die Fischbestände waren nicht Gegenstand dieser Untersuchungen. Sie dürften ähnlich massiv ausgefallen sein, wie bei den Wasserinsekten (wegen der Kiemenatmung und dem hohen Sauerstoffbedarf insbesondere während der Entwicklung).

## 6.8 Amphibien

In stark verockerten Altwässern wurden keine laichenden Amphibien und keine Kaulquappen gefunden. Aus den früheren Aufzeichnungen ist bekannt, daß die Altwässer sehr große Populationen von Erdkröten (*Bufo bufo*), Laubfröschen (*Hyla arborea*) und Seefröschen (*Rana ridibunda*) beherbergt hatten. Auch der Spring- und Grasfrosch (*Rana dalmatina* und *R. temporaria*) benutzten die Altwässer als Laichplätze. Bei den Bestandserhebungen 1983 und 1984 konnten nur noch an zwei nicht verockerten Altwässern Springfroschvorkommen und an fünf nicht verockerten Seefrösche festgestellt werden. Die Vorkommen des Laubfrosches sind erloschen, die Erdkröten-Bestände auf größenordnungsmäßig etwa 5% der Mengen der 60er Jahre reduziert. Die intensiven fischereilichen Besatzmaßnahmen und insbesondere die Einführung von Aalen hat die nicht verockerten Altwässer als Amphibienlaichplätze weitgehend untauglich gemacht. Die Untersuchung kann daher zu den Amphibien nur eine grobe Chronologie zusammenstellen, aber keine quantitativen Analysen mehr vornehmen.

## 7. Läßt sich das Verockern verhindern?

Die Untersuchung sollte auch klären, ob es möglich ist, mit den gegebenen Mitteln und unter den derzeitigen Bedingungen die Verockerungen rückgängig zu machen und zukünftige Verockerungen zu vermeiden. Das Hochwasser 1985 zeigte, daß keine begründeten Hoffnungen auf eine Umkehr des Prozesses bestehen. Die verfügbaren Wassermengen reichen bei weitem nicht aus, um einen „Ausräumeffekt“ zu erzeugen, der die Altwässer sanieren könnte. Sie sind durch die Abdämmung zu „Eisenfallen“ geworden. Nur eine ungleich stärkere Frischwasserzufuhr, die in ihrer Wirkung leichten Hochwässern gleichkäme, könnte die Entwicklung bremsen und rückläufig machen.

Welche Wassermengen wären dazu vonnöten?

Eine Ausräumwirkung könnte Verlandungszustand der Altwässer mit einem stoßweisen Durchfluß von 35-50 m³/s erzeugt werden. Um die rasch einsetzende Neuverockerung zu unterbinden, müßte aber eine permanente Frischwasserzufuhr von etwa 5 m³/s für jedes Altwassersystem gewährleistet sein.

Diese Wassermengen stünden in den Stauseen während der Monate mit hoher Wasserführung zur Verfügung. Von Mai bis August liegt sie in der Regel über der Ausbaupkapazität der Turbinen. Der Überschuß an Wasser wird bislang über die Überläufe an den Kraftwerken abgeleitet. Er bleibt energetisch ungenutzt.

Auch während der Niedrigwassermonate gibt es immer wieder Phasen, in denen genügend Wasser zur Verfügung steht. Da die abgezweigten Kubikmeter ins Unterwasser wieder eingeleitet werden, gehen sie der Stauseenkette im Endeffekt nicht verloren. Zur Nutzung solchen Frischwassers aus dem Inn müßten an geeigneten Stellen leistungsfähige Heberleitungen oder regulierbare Überläufe in die Dämme eingebaut werden. Die Stellen befinden sich an den Abzweigungen der früheren Seitengerinne,

die durch die Abdämmung zu Altwässern geworden sind. Damit könnte die Verockerungsproblematik gelöst werden. Die Verockerungen sind aus ökologischer Sicht so nachteilig für die Auegewässer, daß alles getan werden sollte, sie zu unterbinden bzw. wo immer möglich, sie wieder rückgängig zu machen. Um dieses Ziel zu erreichen, müßte zusammen mit Ingenieuren ein ökotechnisches Konzept entwickelt werden.

## 8. Dank

Die Verfasserin dankt der DEUTSCHEN FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT für die Förderung der Studie. Die Ergebnisse könnten auch dazu führen, im Rahmen des Möglichen die Altwässer in den Innauen zu sanieren. Sie leisten damit einen Beitrag zum Naturschutz in diesem Gebiet, das zu den Feuchtgebieten von internationaler Bedeutung in der Bundesrepublik Deutschland zählt. Dank gebührt auch dem Betreuer der Arbeit, Herrn Lt. Sammlungsdirektor i.R. Prof. Dr. E.-J.FITTKAU, Zoologische Staatssammlung München. Dem Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft ist für die eichenden Analysen des Eisengehaltes von Ockerproben zu danken. Erst diese Eichung erlaubte die Anwendung einfacher Visocolor-Feldmethoden der Eisenbestimmung.

## 9. Literatur

AMELUNG, M. (1981):  
u.s.w. Auswirkungen gelöster Eisenverbindungen auf die Ei- und Larvalentwicklung von *Salmo gairdneri* (Richardson).- Arch. Fisch Wiss. 32:77-87.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1986):  
Das Hochwasser im bayerischen Inngebiet im August 1985.- Inf. Ber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft 5/86.

HILDEW, A.G., C.R. TOWNSEND & A. HASHAM (1985):  
The predatory Chironomidae of an ironrich stream: feeding ecology and food web structure.- Ecol. Entomol. 10:403-413.

MCKNIGHT, D.M., B.A. KIMBALL & K.E. BENCALA (1988):  
Iron photoreduction and oxidation in an acidic mountain stream.- Science 240:637-640.

MEFFERT, M.-E. & J. OVERBECK (1968):  
Wachstum von *Scenedesmus obliquus* in Abhängigkeit von der Eisenversorgung.- Planta (Berl.) 78:39-48.

REICHHOLF, J. (1982):  
Der Niedergang der kleinen Rallen (Rallus und Porzana).- Anz.orn.Ges.Bayern 21:165-174

— (1988):  
Auswirkungen des Angelns auf die Brutbestände von Wasservögeln im Feuchtgebiet von internationaler Bedeutung „unterer Inn“- Vogelwelt 109: 206-221

REICHHOLF, J. & H. REICHHOLF-RIEHM (1982):  
Die Stauseen am unteren Inn-Ergebnisse einer Ökosystemstudie.- Ber. ANL 6:47-79.

TIPPING, E. & M. OHNSTAD (1984):  
Colloid stability of iron oxide particles from a freshwater lake.- Nature 308:266-268

### Benutzte Meßgeräte:

|                                                                                 |                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| O <sub>2</sub>                                                                  | JENWAY Oxygen Meter (Elektrode)                                                                                                                                           |
| Leitfähigkeit                                                                   | WTW - Leitfähigkeitsmesser<br>Meßbereiche 1-10/10 - 100/100 - 100 µS                                                                                                      |
| Strömungsgeschwindigkeit                                                        | Flügelrad-Anemometer v.EXAKT-ASDI                                                                                                                                         |
| Fe<br>Mn<br>NH <sub>4</sub><br>NO <sub>3</sub><br>NO <sub>2</sub><br>etc.<br>pH | } Visocolor-System von MACHERY-NAGEL, geeicht mit Titrationen und (Fe) durch Präzisionsmessung im Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft<br><br>elektrisches pH-Meter |

### Anschrift der Verfasserin:

Dr. Helgard Reichholf-Riehm  
Römerweg 17-Aigen  
D- 94072 Bad Füssing

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege \(ANL\)](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [19\\_1995](#)

Autor(en)/Author(s): Reichholf-Riehm Helgard

Artikel/Article: [Die Verockerung von Altwässern am unteren Inn - Ursachen und ökologische Folgen 189-204](#)