

Einfluß von Turbulenz und Trübe auf *Diaphanosoma mongolianum*

Ch. Leitner

Treustr. 59/1/1, 1200 Wien

Kurzfassung: Es wurde der Einfluß von erhöhter Strömungsgeschwindigkeit und verschiedenen Trübstoffkonzentrationen auf das Überleben von *Diaphanosoma mongolianum* untersucht. Dabei konnte eine unterschiedliche Widerstandsfähigkeit bei den Juvenes, den adulten Frühjahrstieren und den adulten Sommertieren bezüglich dieser beiden Parameter nachgewiesen werden.

Abstract: The influence of an increase in flowing velocity and various concentrations of turbidity on the survival of *Diaphanosoma mongolianum* was investigated. According to these parameters a different resistance of juvenils and adults of spring and summer generations has been observed.

Einleitung

Charakteristisch für den Neusiedler See ist seine geringe durchschnittliche Wassertiefe (1,3 m) und das häufige Auftreten großer Windgeschwindigkeiten. Die durch den Wind induzierten Turbulenzen bewirken ein Aufwirbeln der am Seeboden abgelagerten Sedimente, was zu einem erhöhten Gehalt von organischen und anorganischen Partikeln im Wasser führt, der auf über 500 mg Trockengewicht pro Liter ansteigen kann.

Plötzliche Populationseinbrüche von *Diaphanosoma mongolianum* im Neusiedler See lassen darauf schließen, daß nicht nur die Temperatur sondern auch die Turbulenz und die Trübe abiotische Faktoren sind, die den Auf- und Abbau der Population beeinflussen (Herzig 1975).

Diaphanosoma gilt als Filtrierer feiner Suspensionen (Flössner 1972, Geller & Müller 1981), und Beobachtungen zeigen, daß erhöhter Trübstoffgehalt zu einer Verstopfung des Filterapparats führen kann. Nach Nauwerk (1963) wird das Verschwinden der Art im Herbst durch ihre Empfindlichkeit gegenüber Turbulenz und Verklumpung mit Detritus gefördert.

Es gibt nur eine Untersuchung über den mechanischen Einfluß von Wind, bzw. dadurch verursachte Turbulenzen und erhöhten Gehalt an Trübeartikeln im Wasser auf *Diaphanosoma*. Diese beschäftigt sich mit der Auswirkung dieser Faktoren in Verbindung mit der Temperatur auf die Populationszuwachs- und Todesrate (Herzig 1975).

Untersuchungen über den Einfluß der Trübe auf die Zooplanktongesellschaft in einigen Stauseen in Südafrika, Australien und Brasilien zeigen, daß es deutliche Unterschiede in der Zooplanktonbiomasse, Artenzusammensetzung und Populationsdichte zwischen Phasen mit geringem und solchen mit sehr hohem Trübstoffgehalt gibt (Hart 1986, 1987, 1988, Geddes 1984, 1988, Carvalho 1984).

Eine Analyse der Wirkung verschiedener suspendierter Materialien und Trübstoffkonzentrationen auf die Überlebenszeit, Reproduktionszeit, spezifische Zuwachsrate und Ernährung einiger Zooplankter erfolgte in Laborversuchen (Stephan 1953, Robinson 1957, Zurek 1982, Hart 1986, Toth 1982, 1984, 1986, 1987, Scholtz, Seaman & Pieterse 1988). Die Untersuchungen beschränken sich dabei auf verschiedene *Daphnia* Arten, sodaß der Einfluß von Trübe auf *Diaphanosoma* noch weitgehend ungeklärt ist.

Ziel dieser Arbeit war, den Einfluß von Turbulenz und Trübe auf die Überlebenszeit von *Diaphanosoma mongolianum* aufzuzeigen. In Experimenten unter definierten Bedingungen erfolgte die Untersuchung der Widerstandsfähigkeit von Juvenes und Adulten bzw. der Frühjahrs- und Sommergenerationen.

Methoden

Bestimmung des Trübstoffgehalts

Das aus ca. 10-20 cm Tiefe entnommene Seewasser eignete sich nur im Frühling und Herbst für die Laborversuche, da es einen hohen Gehalt an Trübeartikeln aufwies. Im Sommer reichte jedoch der Schwebstoffgehalt nicht immer aus um Versuche durchzuführen. Durch die Entnahme von Sedimentkernen mit einem Gilsoncorer, durch Aufwirbeln der obersten Sedimentschichte mit kreisenden Bewegungen und die Beimengung dieser Suspension zum Seewasser konnte ein höherer Trübstoffgehalt erzielt werden.

Vor Versuchsbeginn bzw. Trübstoffbestimmung erfolgte immer zuerst eine Filtration durch ein 60 µm Netz um das Seewasser von größeren Partikeln und Organismen zu befreien.

Gravimetrische Bestimmung des Schwebstoffgehalts: 100 ml der Wasserprobe (bei sehr trübstoffreichen Wasser nur 50 ml) wurden durch einen vorher getrockneten und abgewogenen Glasfaserfilter (GF/F, 0,7 µm) filtriert, danach 24 Stunden im Trockenschrank bei 80°C exponiert und anschließend im Exsikkator auf Raumtemperatur abgekühlt. Die Wägung erfolgte mit einer elektronischen Waage. Der Mittelwert dreier Parallelproben ergab den Trübstoffgehalt in mg Trockengewicht pro Liter.

Laborversuche, Juvenes und Adulte

Die Versuche im Labor wurden in einem Schüttelbad durchgeführt, das mit einem Einsatz für fünf 500 ml Erlenmeyerkolben ausgestattet war. Vier dieser Gefäße enthielten je 400 ml trübes Seewasser, das fünfte 400 ml trübstofffreies Seewasser, das durch Filtration über einen Glasfaserfilter mit einer Porenweite von 0,7 µm hergestellt werden konnte. Die Anzahl der Versuchstiere pro Gefäß betrug 20 Individuen, wobei diese, je nach Versuchsserie, aus juvenilen oder adulten Exemplaren von *Diaphanosoma mongolianum* bestand. Durch die Einstellung von Frequenz und Amplitude konnte eine zirkuläre Strömung mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von $18 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ in den Gefäßen erzeugt werden; diese war erforderlich, um die Trübstoffe in Schwebelage zu halten.

Gleichzeitig durchgeführte Kontrollversuche, in denen sich die Tiere bei gleicher Temperatur im gleichen Medium befanden, jedoch ruhig gestellt waren, dienten dazu, Aussagen über die Wirkung von Turbulenzen treffen zu können.

Das Trübstoffspektrum in den Versuchen reichte von 0-1000 mg/l. Die Temperatur in den einzelnen Versuchsreihen war immer auf die im See herrschende Temperatur abgestimmt. Die Versuchsdauer betrug 48 Stunden. Die Kontrollen erfolgten in möglichst regelmäßigen Abständen von ca. sechs Stunden, wobei der Zustand der Tiere (Art der Verletzung) beurteilt und die Anzahl der überlebenden Individuen festgestellt wurde.

Laborversuche, Neonate

Um die Wirkung von Turbulenz und Trübe auf den Schlüpferfolg und auf das Überleben von frisch geschlüpften Individuen festzustellen, erfolgten zwei Versuchsserien mit eitragenden Weibchen bzw. Weibchen mit Embryonen im Brutraum. Die adulten Tiere waren 48 Stunden bei 25 °C einer erhöhten Strömungsgeschwindigkeit und einem Trübstoffgehalt von 270 mg/l ausgesetzt. Alle sechs Stunden erfolgten Kontrollen, bei denen die Anzahl der geschlüpften Neonaten ermittelt und die noch lebenden herausgenommen und ruhiggestellt wurden (ebenfalls bei 25°C und 270 mg/l). Die frischgeschlüpften Tiere waren also maximal sechs Stunden der Turbulenz von 18 cm.s^{-1} ausgesetzt. 52 Stunden nach Versuchsbeginn ist die Anzahl der überlebenden Neonaten festgestellt worden.

Als Kontrolle dienten Versuche bei gleicher Temperatur und gleichem Trübstoffgehalt, die jedoch während der gesamten Versuchsdauer ruhig gestellt waren.

Ergebnisse

In den Kontrollversuchen, in denen die Tiere keiner Turbulenz ausgesetzt waren, konnte keine oder nur eine sehr geringe Mortalität festgestellt werden. Hier zeigte sich kein Unterschied im Überleben von *Diaphanosoma* zwischen trübstofffreiem und trübstoffreichem Medium.

Juvenes

Die besonders weichhäutigen Jungtiere reagieren extrem empfindlich auf Turbulenzen. Der rasch und letal wirkende Einfluß der Turbulenz zeigt sich bereits sehr deutlich in den Versuchen mit trübstofffreiem Seewasser. Nach 12 Stunden Versuchsdauer leben im Durchschnitt weniger als 50% und nach 24 Stunden nur noch ca. 10% der Juvenes.

Die Überlebenszeit der juvenilen Tiere im trübstofffreien Medium wird auch von der Temperatur beeinflusst. Bei niedrigen Temperaturen ist die Überlebenszeit kürzer als bei höheren. Eine polynomiale Regression zeigt die Beziehung der Überlebenszeit bei verschiedenen Überlebensraten und der Temperatur (Abb. 1). Bei der 90%-Überlebensrate können 55,4%, bei der 75%-Überlebensrate 57,5% und bei der 50%-Überlebensrate 47,6% der Variation der Lebensdauer durch die Temperatur erklärt werden, wobei bei 14°C die Überlebenszeit (bei den oben angeführten Überlebensraten) signifikant kürzer ist als bei Temperaturen von 18-20°C (ANOVA, 95%). Bei der 25%, 10% und 0%-Überlebensrate konnte kein Einfluß der Temperatur auf die Lebenserwartung festgestellt werden.

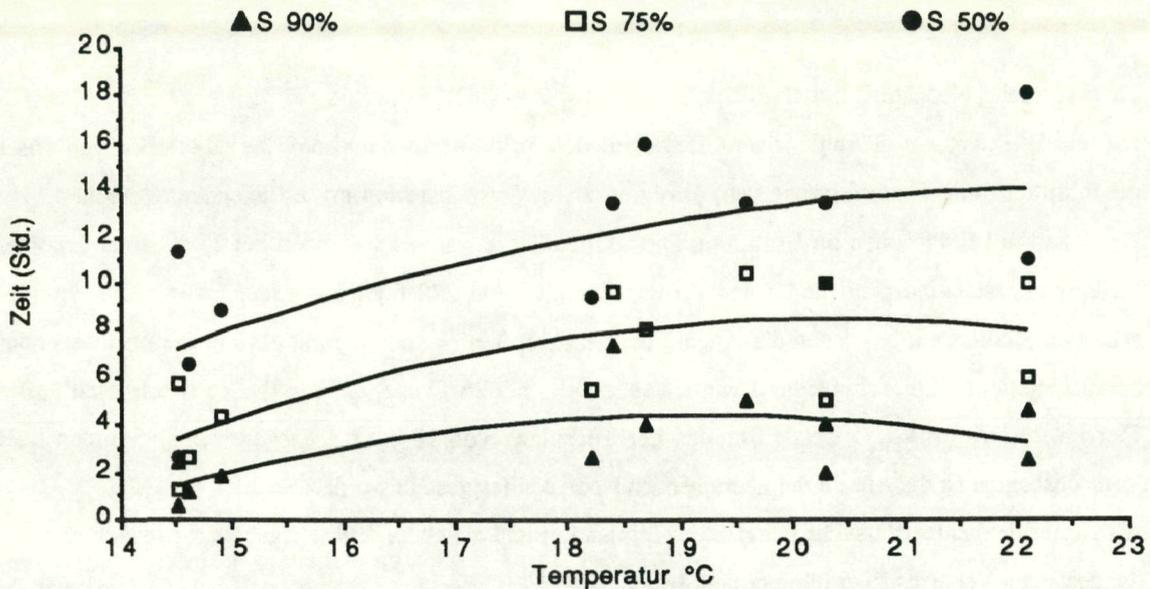


Abb. 1: Beziehung zwischen Temperatur und Überlebenszeit in Stunden (90%, 75% und 50%-Überlebensrate) der Juvenes von *Diaphanosoma mongolianum* im trübstofffreien Medium.

Die Beeinflussung der Überlebensfähigkeit der Juvenes durch den Trübstoffgehalt ist in Abb. 2 dargestellt. Im Bereich 16-73 mg/l überlebt im Durchschnitt ein wesentlich höherer Prozentsatz der Tiere als in allen anderen Trübstoffkonzentrationen. Auffallend ist, daß sich keine nennenswerten Unterschiede im Überleben zeigen, ob sich die Jungtiere in einem trübstofffreien Medium befinden oder aber einem Trübstoffgehalt von 132-163 mg/l bzw. 356-1000 mg/l ausgesetzt sind.

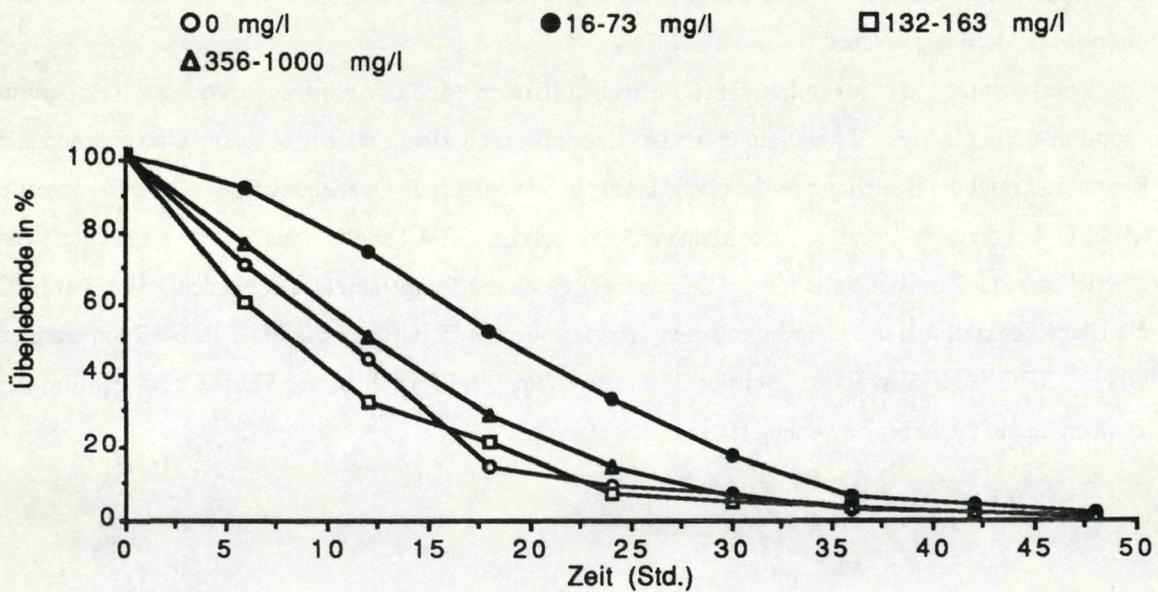


Abb. 2: Durchschnittlicher Prozentsatz der überlebenden Juvenes von *Diaphanosoma mongolianum* in verschiedenen Trübstoffkonzentrationen. Mittelwerte mit $\ln(1+x)$ -transformierten Daten errechnet. 0 mg/l...n = 12; 16-73 mg/l...n = 11; 132-163 mg/l...n = 4; 356-1000 mg/l...n = 18.

Der signifikante Einfluß des Trübstoffgehalts auf die Überlebenszeit der Juvenes kann mit einer polynomialen Regression gezeigt werden. Dabei können folgende Prozentsätze der Variation der Überlebenszeit durch die Trübstoffkonzentration erklärt werden: 56,1% bei der 90%-Überlebensrate, und 48% bei der 75- und 50%-Überlebensrate. Die Erklärbarkeit bei der 25% und 10%-Überlebensrate sinkt auf ca. 40%.

Die Darstellung der Überlebenszeit in Abhängigkeit vom Trübstoffgehalt zeigt deutlich, daß die Juvenes ein Optimum bei ungefähr 70 mg/l aufweisen (Abb. 3). Bei der Schwebstoffkonzentration von 16-73 mg/l ist die Überlebenszeit (bei der 90%, 75%, 50%, 25% und 10%-Überlebensrate) signifikant größer als bei 0 mg/l und 132-550 mg/l (ANOVA, 98%). Die Überlebensdauer bei 132-550 mg/l und 653-1000 mg/l weist keinen signifikanten Unterschied auf (ANOVA, 90%).

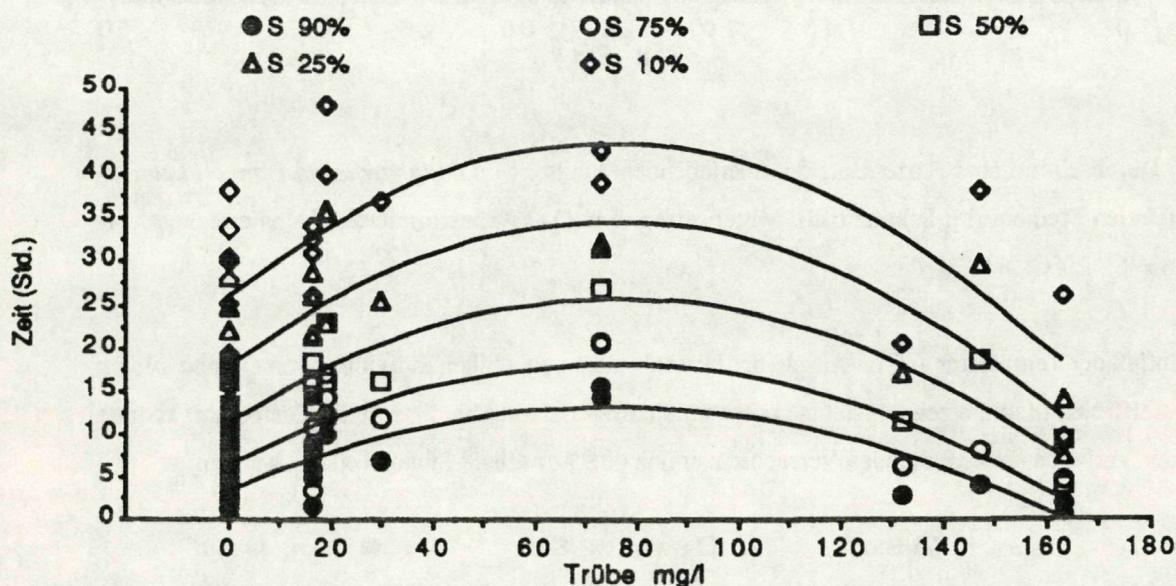


Abb. 3: Beziehung zwischen Trübstoffgehalt und Überlebenszeit (bei verschiedenen Überlebensraten, S) der Juvenes von *Diaphanosoma mongolianum*.

Adulte

Die Versuche mit adulten Individuen von *Diaphanosoma* im trübstofffreien Seewasser zeigten eine sehr unterschiedliche Wirkung der Turbulenz bei verschiedenen Temperaturen (Abb. 4). Nach 48 Stunden Versuchsdauer leben bei 14-18°C noch etwa 60%, während bei den 20°C Versuchsreihen der Prozentsatz der Überlebenden im Durchschnitt bei ca. 15% liegt.

Da die Temperatur in den Versuchen immer mit der im See übereinstimmte, sind die 14-18°C Experimente mit Frühjahrsgenerationen und die Versuche bei höheren Temperaturen mit Tieren der Sommergeneration durchgeführt worden. Im Gegensatz zu den Juvenes zeigen die Adulten eine größere Resistenz gegenüber Turbulenz, besonders wenn diese nur kurzzeitig auftritt. Erst nach etwa 24 Stunden Versuchsdauer kommt es zu größeren Verlusten, wobei die Sommergeneration deutlich empfindlicher reagiert als die Frühjahrsgeneration.

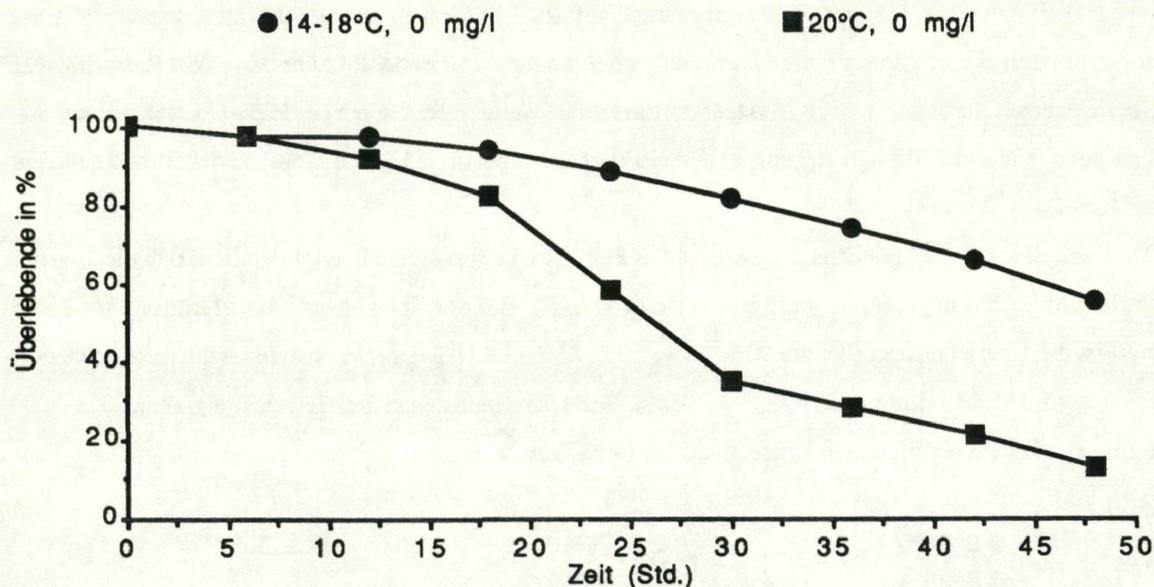


Abb. 4: Durchschnittlicher Prozentsatz der überlebenden Adulten von *Diaphanosoma mongolianum* im trübstofffreien Medium (im Schüttelbad). Mittelwerte mit $\ln(1+x)$ -transformierten Daten errechnet. 14-18°C...n = 6; 20°C...n = 7.

Den Einfluß der Temperatur auf die Anzahl der Überlebenden von adulten Individuen von *Diaphanosoma* im trübstofffreien Medium zeigt auch eine polynomiale Regression (Abb. 5). Mit der Temperatur können 80,5% der Variation nach 30 Stunden Versuchsdauer und 63,9% nach 48 Stunden erklärt werden.

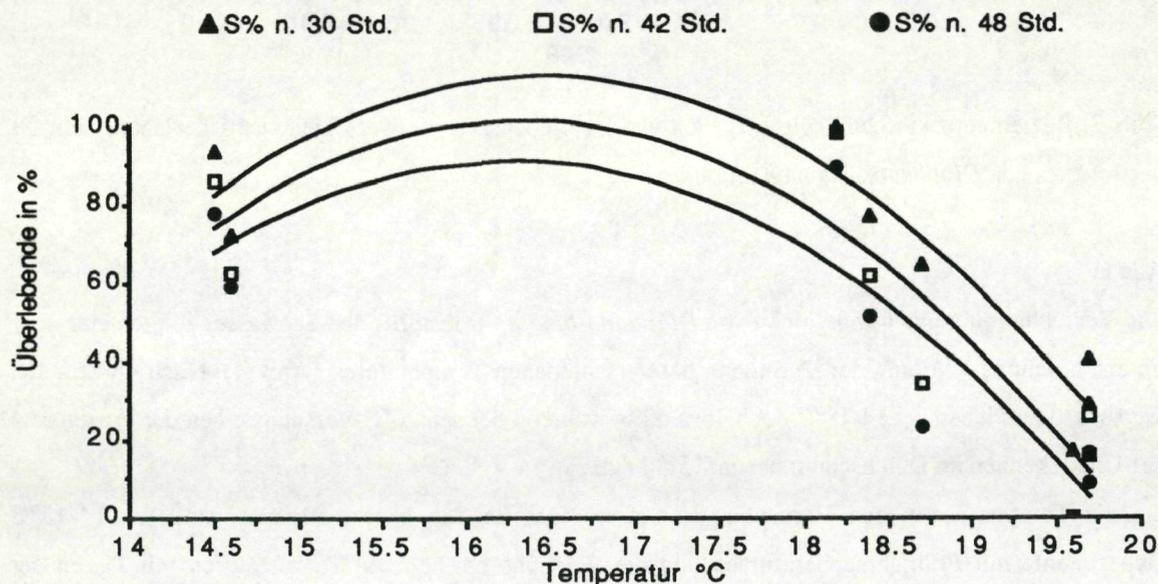


Abb. 5: Beziehung zwischen Temperatur und Prozentsatz der überlebenden Adulten von *Diaphanosoma mongolianum* (Frühjahrs- und Sommergenerationen) im trübstofffreien Seewasser im Schüttelbad.

Eine Frühjahrgeneration zeigt neben der großen Widerstandsfähigkeit gegenüber Turbulenzen auch eine enorme Resistenz bezüglich des Trübstoffgehalts. Es konnte kein Einfluß der verschiedenen Schwebstoffkonzentrationen (0-500 mg/l) auf das Überleben der Tiere nachgewiesen werden.

Eine Sommergeneration wird jedoch signifikant vom Schwebstoffgehalt beeinflusst. Zwar spielt dieser in den ersten 24 Stunden noch keine große Rolle, seine Wirkung verstärkt sich dann aber mit zunehmender Versuchsdauer. Die Varianz der Anzahl der Überlebenden kann nach 30 Stunden zu 63% und nach 36-48 Stunden Versuchsdauer zu 50% durch den Gehalt von Trübeartikeln im Wasser erklärt werden. Die adulten Sommertiere zeigen ein nur schwach ausgeprägtes Optimum bei ca. 170 mg/l Trübstoffgehalt (Abb. 6). Der Prozentsatz der Überlebenden (nach 6, 12, 24 und 48 Stunden) ist im "Optimumsbereich" (113-175 mg/l) signifikant höher als jener bei 0 mg/l, unterscheidet sich jedoch nicht signifikant von jenem bei 268 mg/l (ANOVA, 90%). Das bedeutet, daß die höchste Mortalität im vollkommen trübstofffreien Medium auftritt.

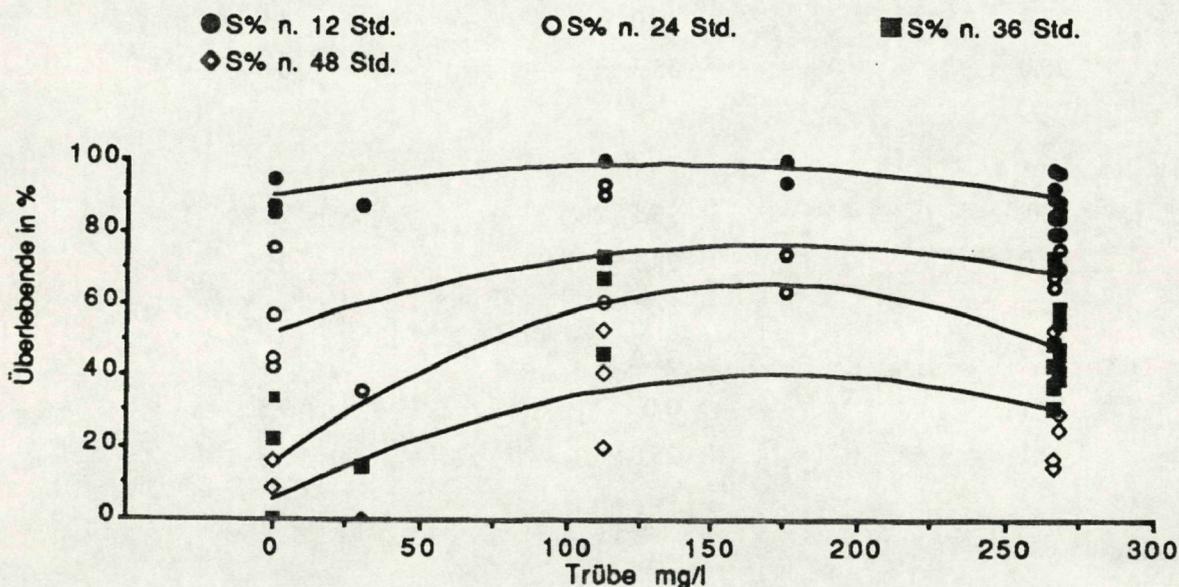


Abb. 6: Beziehung zwischen dem Trübstoffgehalt und dem Prozentsatz der überlebenden Adulten von *Diaphanosoma mongolianum* (Sommergeneration) im Schüttelbad.

Neonate

Es zeigen sich deutliche Unterschiede in der Anzahl der insgesamt geschlüpften Individuen bzw. der Überlebenden in den Kontrollversuchen und der im Schüttelbad durchgeführten Experimente. In den ruhiggestellten Kontrollversuchen schlüpft eine größere Anzahl von Jungtieren, die alle die ersten 6 Stunden überleben. Nach 52 Stunden beträgt der Prozentsatz der Überlebenden im Durchschnitt 81%.

Die Weibchen im Schüttelbad bringen hingegen eine deutlich geringere Anzahl an Neonaten hervor; im Vergleich zu den Kontrollen sind es nur ungefähr 56%. Nur etwa die Hälfte dieser Jungtiere überleben die

ersten 6 Stunden im Schüttelbad (wobei auch von diesen bereits 70% Verletzungen aufweisen). Nach 52 Stunden Versuchsdauer leben im Durchschnitt nur noch ca.10% der geschlüpften Tiere (Tab. 1).

Tab. 1: Einfluß von Trübe und Turbulenz auf die Überlebenschancen der Neonaten von *Diaphanosoma mongolianum* (270 mg/l, 25°C). %Überlebende nach 6 Stunden (6 Std.) und 52 Stunden (52 Std.) beziehen sich auf die Gesamtzahl der Geschlüpften, %Unverletzte auf die Zahl der Überlebenden nach 6 Stunden; K... Kontrolle, S1-S5... 5Versuche im Schüttelbad.

	%Überlebende n. 6 Std.	%Unverletzte n. 6 Std.	%Überlebende n. 52 Std.
Serie 1			
K	100,0	100,0	88,4
S1	55,2	31,2	10,3
S2	50,0	15,4	0,0
S3	36,4	37,5	4,5
S4	23,8	40,0	4,8
S5	75,0	53,3	0,0
Serie 2			
K	100,0	93,5	73,9
S1	82,0	28,1	35,9
S2	44,8	46,1	17,2
S3	72,7	31,2	13,6
S4	57,1	0,0	9,5
S5	42,1	25,0	5,3

Diskussion

In den Laborversuchen stellte sich heraus, daß in erster Linie die Turbulenz für die hohe Mortalität von *Diaphanosoma* verantwortlich ist. Während in den ruhiggestellten Kontrollversuchen immer 90-100% der Tiere überlebten, kam es im Schüttelbad (bei den gleichen Trübstoffkonzentrationen) zu wesentlich größeren Verlusten. Ein Einfluß des Trübstoffgehalts auf die Überlebenszeit konnte nur bei jenen Tieren nachgewiesen werden, die auch Turbulenzen ausgesetzt waren.

Besonders deutlich zeigt sich die Wirkung von Turbulenz und Trübe in der mechanischen Beeinträchtigung von *Diaphanosoma*: Aufgrund des großen Strömungswiderstandes wird der relativ weichhäutige Carapax häufig über den Kopf gestülpt. Tritt dieser Fall nicht ein, so sammeln sich die Sedimentpartikeln im Innenraum der Schale beziehungsweise bleiben am ganzen Körper kleben, sodaß die Tiere in Folge des zusätzlichen Gewichts zu Boden sinken. Weiters wurde beobachtet, daß erhöhter Trübstoffgehalt zu einer Verstopfung des Filterapparats führt, da die Trübeartikel an den Filterborsten kleben bleiben und auch mit Hilfe der Putzborsten nicht mehr entfernt werden können. Dies alles führt dazu, daß die Tiere

schließlich völlig geschwächt am Boden liegen und oft nur mehr am Herzschlag festgestellt werden konnte, ob sie noch am Leben waren. Dies bedeutet aber, daß auch jene Tiere zu den Überlebenden gezählt wurden, die oft schon lange vor Eintritt des Todes so schwer geschädigt waren, daß sie sich auch unter optimalen Bedingungen nicht mehr erholen konnten. Hier muß auch noch darauf hingewiesen werden, daß die Ergebnisse der Laborversuche nicht unmittelbar auf den See übertragen werden können, da die Turbulenzen im Schüttelbad nicht jenen im See entsprechen.

In der Widerstandsfähigkeit gegenüber Turbulenz konnten gravierende Unterschiede bei Juvenes und Adulten von *Diaphanosoma mongolianum*, aber auch zwischen Frühjahrs- und Sommergenerationen festgestellt werden. Die Juvenes erwiesen sich als extrem empfindlich gegenüber Turbulenzen, egal ob es sich um Frühjahrs- oder Sommertiere handelt. Die geringe Resistenz könnte damit erklärt werden, daß die Jungtiere noch einige Zeit nach dem Entlassen aus dem Brutraum des Muttertieres besonders weichhäutig sind, und so bereits kurzzeitig auftretende Turbulenzen letale Verletzungen verursachen. Beobachtungen im Schüttelbad zeigten, daß bereits nach 6 Stunden Versuchsdauer der Großteil der Juvenes regungslos am Boden lag. Bei einem Experiment mit reduzierter Strömungsgeschwindigkeit von 9 cm.s^{-1} lag der Prozentsatz der überlebenden Juvenes nach 48 Stunden noch immer bei 90-95%, während es bei 18 cm.s^{-1} im Durchschnitt weniger als 5% waren. Offensichtlich war die im Schüttelbad herrschende Strömungsgeschwindigkeit für die empfindlichen Jungtiere zu groß, diese konnte allerdings nicht herabgesetzt werden, da es sonst zu einer Sedimentation der Schwebstoffe gekommen wäre.

Die Adulten von *Diaphanosoma mongolianum* zeigten dagegen eine größere Widerstandsfähigkeit gegenüber Turbulenz. Bei ihnen treten größere Verluste erst nach 24 Stunden Versuchsdauer auf, wobei Tiere einer Sommergeneration signifikant empfindlicher reagierten als jene einer Frühjahrsgeneration. Die Schale der adulten Individuen ist stärker kutikularisiert als jene der Juvenes, sodaß die Verletzungsgefahr, zumindest bei nur kurzzeitiger Turbulenz, herabgesetzt wird. Die unterschiedliche Toleranz der Generationen hängt sicherlich auch mit der Anpassung an die jeweiligen im See herrschenden Bedingungen zusammen. Im Frühling sind langanhaltende Windperioden mit hohen Windgeschwindigkeiten keine Seltenheit, es wäre durchaus möglich, daß die Frühjahrsgenerationen von *Diaphanosoma* eine größere Widerstandsfähigkeit gegenüber erhöhter Strömungsgeschwindigkeit entwickelt haben könnten als die Sommergenerationen, die viel seltener solchen Bedingungen ausgesetzt sind. Die optimale Anpassung der adulten Frühjahrstiere zeigt sich auch darin, daß kein Einfluß des Trübstoffgehalts auf das Überleben der Tiere nachgewiesen werden konnte. Die adulten Individuen der Frühjahrsgenerationen sind offenbar perfekt an jene Bedingungen angepaßt, die zu dieser Jahreszeit im Neusiedler See auftreten (niedrige Temperaturen, hohe Strömungsgeschwindigkeiten und hohe Trübstoffkonzentrationen).

Sowohl die Überlebenszeit der Juvenes als auch jene der Adulten einer Sommergeneration von *Diaphanosoma mongolianum* wird neben der Turbulenz auch vom Trübstoffgehalt signifikant beeinflusst, wobei die Wirkung der Trübstoffe wahrscheinlich nicht nur auf den bereits vorhin beschriebenen mechanischen Effekt beruht. Hier müssen auch ernährungsphysiologische Aspekte berücksichtigt werden.

Die Trübe wird in der Literatur häufig als ein subtil wirkender Faktor bezeichnet, der die gesamte Ökologie von trüben Gewässern stark beeinflussen kann.

Hart (1987) konnte nachweisen, daß die Zooplanktonbiomasse und die Populationsdichte in einem südafrikanischen Stausee in Jahren mit klarem Wasser bis zu 3 mal so hoch war wie in Jahren mit hohem Trübstoffgehalt. Außerdem wurde ein deutlicher Zusammenhang von Zooplanktonzusammensetzung und Abundanz der einzelnen Arten mit dem Abiosestongehalt festgestellt, wobei vor allem die Daphnien bei geringer Sichttiefe in ihrem Bestand reduziert waren (Hart 1986).

Der Autor betont in seinen Arbeiten immer wieder, daß sich die Trübe hauptsächlich über die Ernährung auf das Zooplankton auswirkt: Mit zunehmendem Trübstoffgehalt verschlechtert sich das Lichtklima im Gewässer, wodurch die Primärproduktion reduziert wird. Zusätzlich treten unter solchen Bedingungen verstärkt Blaualgen auf, die eindringende Sonnenenergie besser nützen können als Grünalgen. Diese Cyanobakterien sind aber meist ungenießbar für das Zooplankton. Bei einer Reduktion der absoluten Verfügbarkeit von Algen als Nahrung, verbunden mit der zahlenmäßigen Dominanz von suspendierten Sedimentpartikeln, spielt der Ernährungsmodus sicherlich eine große Rolle (Hart 1986) und führt bei unselektiven Filtrierern zu einer Verringerung des Nährwerts des Substrats (Zurek 1980).

Nach Arrud et al. (1983) kommt es bereits bei Trübstoffkonzentrationen von 100 mg/l zu einer 85%-igen Reduktion der Nahrungsaufnahme und Assimilationsrate bei verschiedenen *Daphnia*-Arten und Hart (1988) berichtet, daß die relative Abnahme der Filtrierrate bei erhöhtem Schwebstoffgehalt bei Daphnien 3 mal so groß ist als bei Copepoden.

Die Ernährung von Daphnien, wie auch von *Diaphanosoma* entspricht einer unselektiven Aufnahme von Seston. Untersuchungen von Zooplanktern im Balaton zeigten, daß bei *Daphnia cucullata* 80-99% des Darminhalts aus unverdaubaren Substanzen besteht, oder daß der Mineralgehalt bei *Daphnia galeata* bis zu 44% des Trockengewichts ausmacht (Toth 1982, 1984, 1986, 1987).

Zurek (1982) weist auf den zusätzlichen Energieaufwand hin, der notwendig ist, um nicht abzusinken: Die Tiere mit Mineralpartikeln im Darm müssen 13% häufiger mit den Antennen schlagen als solche mit leerem oder mit Algen gefülltem Darm. Nach Stephan (1953) können große Mengen von anorganischem Material im Darm zu einer Abschilferung des Darmepithels führen.

Trotz all dieser negativen Auswirkungen der Trübe auf einige Zooplankter gibt es auch Hinweise, daß Trübe von Vorteil sein kann, beziehungsweise sogar teilweise benötigt wird.

In Untersuchungen von trüben Gewässern konnte kein Zusammenhang zwischen Artzusammensetzung bzw. Zooplanktondichte und Algenbiomasse nachgewiesen werden (Geddes 1984). Arruda (1983) weist auf die Möglichkeit hin, suspendierte Sedimente als unabhängige Nahrungsressource zu betrachten, da diese gelöste organische Stoffe adsorbieren. Auch Geddes (1984, 1988) meint, daß anorganische Partikel einen wesentlichen Teil des Energiebedarfs der Zooplankter decken. Natürlich spielt dabei sowohl die Qualität der Suspension, als auch die Konzentration eine entscheidende Rolle.

So können sich zum Beispiel Photosyntheseprodukte der Algen und extrazelluläre Produkte von Bakterien durch Polymerisation zu Humuskomplexen, und diese wiederum mit Tonmineralpartikeln zu organisch-mineralischen Komplexen zusammenschließen. Diese beinhalten biologisch wertvolle Komponenten wie

etwa Glycine, Leucine und Proline (Zurek 1980). Robinson (1957) deutet an, daß der "Nährstoffmantel" der Detrituspartikeln ein fruchtbarer Boden für Bakterien sei. Einige Zooplankter könnten eventuell die Produkte des Bakterienmetabolismus oder auch die Bakterien selbst als Nahrungsquelle nutzen.

Untersuchungen zeigen, daß geringe Konzentrationen von anorganischem Material günstig beziehungsweise sogar notwendig sind für das Wachstum und die Reproduktion bei *Daphnia magna* (ROBINSON 1957). Auch die Reproduktionskapazität von *Daphnia pulex* und *Daphnia barbata* wird durch die Trübe nicht negativ beeinflußt, es konnte sogar ein leichter Anstieg bei zunehmender Schwebstoffkonzentration beobachtet werden (Scholz et al. 1988).

Bei den im Schüttelbad durchgeführten Versuchen konnte ebenfalls ein positiver Einfluß von niedrig konzentrierten Suspensionen auf das Überleben von Juvenen und Adulten der Sommergenerationen festgestellt werden: Die adulten Sommertiere von *Diaphanosoma* leben in einer Schwebstoffkonzentration von ca. 170 mg/l etwas länger als bei höheren, allerdings konnte hier kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Sie zeigen aber die größte Mortalität im trübstofffreien Seewasser, hier ist der Prozentsatz der Überlebenden signifikant kleiner als bei höheren Trübstoffkonzentrationen.

Bei der Herstellung des trübstofffreien Mediums durch Filtration (0,7 µm) wurden nicht nur die Trübeartikel, sondern auch der Großteil der Algen und Bakterien aus dem Seewasser entfernt. Dies könnte zu einem Nährstoffmangel bei *Diaphanosoma* geführt haben. Geller & Müller (1981) bezeichnen *Diaphanosoma* als hocheffizienten Filtrierer von Partikeln mit einer Größe von 5 - 0,25 µm. Die Maschenweite des Filterapparats von 0,8 mm großen Tieren beträgt zwischen 0,26 - 0,64 µm. Das bedeutet, daß nur ein sehr kleiner Anteil von Partikeln im Wasser vorhanden war, den *Diaphanosoma* als Nahrung nutzen konnte. Aufgrund der Korngrößenanalyse der Trübe des Neusiedler Sees konnte festgestellt werden, daß trotz Filtration noch immer 15% des Gesamttrübstoffgehalts in diesem Medium verblieben, doch auch diese konnten wegen der zu kleinen Partikelgröße (<0,2 µm) nicht als Nahrungsresource genutzt werden. Der beschleunigte Stoffwechsel (bei Temperaturen von 20 - 25 °C), Streß und der zusätzliche Energieaufwand durch das "Ankämpfen" gegen die Turbulenz, verbunden mit dem Nährstoffmangel könnten die geringere Überlebensfähigkeit im klaren Wasser erklären. In Suspensionen mit geringem Trübstoffgehalt (bis zu 170 mg/l) sind die Überlebenschancen der adulten Sommertiere signifikant höher als bei 0 mg/l. Hier ist nun eine ausreichende Versorgung mit Nährstoffen gegeben, und erst bei wesentlich höherem Trübstoffgehalt setzt der negative mechanische Effekt der Trübeartikel ein. Stephan (1953) gibt 300 mg/l als Schädlichkeitsgrenze für *Daphnia magna*, *D. longispina hyalina* und *Bosmina coregoni* an.

Bei juvenilen Individuen von *Diaphanosoma mongolianum* erwies sich eine Schwebstoffkonzentration von ca. 70 mg/l als optimales Medium. Hier sind die Überlebenszeiten signifikant größer als bei 0 mg/l und bei 132 - 550 mg/l. Allerdings kann die geringe Überlebensfähigkeit im trübstofffreien Medium nicht durch Nährstoffmangel erklärt werden. Im Gegensatz zu anderen Cladoceren sind die frischgeschlüpften Juvenen von *Diaphanosoma* noch ausreichend mit Dotter versorgt, sodaß sie in den ersten Tagen vom Nährstoffangebot im Wasser unabhängig sind (Herzig 1984). Auffallend ist, daß es keinen signifikanten Unterschied der Überlebensdauer bei 0 mg/l, 132 - 550 mg/l und 653 - 1000 mg/l gibt. Leider wurden nur

2 Versuche bei der optimalen Konzentration von 70 mg/l durchgeführt, wobei es sich um Herbsttiere handelte. Für die Aufklärung des Einflusses von Trübe auf Jungtiere sind noch detailliertere Untersuchungen notwendig, wobei vor allem die letale Wirkung der Turbulenz ausgeschlossen werden sollte.

Wie bereits erwähnt konnte in den ruhiggestellten Kontrollversuchen kein negativer Einfluß der Trübe auf das Überleben der Tiere festgestellt werden. Möglicherweise kompensierten die Adulten den Nährstoffmangel durch energiesparende Bewegungsweise (langes Schweben an einer Stelle). Die Trübeartikeln konnten hier absedimentieren und Beobachtungen zeigten, daß sich der Großteil der Tiere in den oberen Wasserschichten mit der geringsten Trübstoffkonzentration aufhielt.

In Experimenten, in denen der Schlüpfefolg und die Überlebenschancen von Neonaten im trüben Medium untersucht wurden, zeigte sich, daß diese, auch wenn sie nie einer Turbulenz ausgesetzt waren, nur zu 81% überlebten. Im Schüttelbad schlüpfte allerdings eine wesentlich geringere Anzahl von Jungtieren, von denen nur 10% überlebten, auch wenn sie nur sehr kurz erhöhter Strömungsgeschwindigkeit ausgesetzt waren. Auffallend ist, daß sich dieser Prozentsatz nur sehr geringfügig von jenem unterscheidet, wo Juvenes 48 Stunden durchgehend Turbulenzen ausgesetzt waren.

Die negative Auswirkung hoher Trübstoffkonzentrationen hängt nach Robinson (1957) auch mit der Adsorptionsfähigkeit der suspendierten Partikeln zusammen, in welcher Weise ist jedoch noch unbekannt. In Versuchen mit *Daphnia magna* wurde beobachtet, daß sehr adsorptionsfähige Materialien (Holzkohle, Montmorillonite) toxisch, weniger adsorptionsfähige zwar nicht toxisch wirken, aber die Reproduktion stark beeinträchtigen. Die Autorin erwähnt in ihrer Arbeit neben der mechanischen und physikalischen Beeinträchtigung der Tiere durch hohe Trübstoffkonzentrationen, daß es auch zu Schwierigkeiten bei der Häutung kommen kann, wobei *D. magna* scheinbar im alten Carapax hängen bleibt.

Das unterschiedliche Toleranzvermögen der einzelnen Zooplanktonarten gegenüber suspendierten Sedimenten (in der Ernährung, der Reproduktion, im Wachstum und Überleben) könnte ein Mechanismus sein, der die Artzusammensetzung und Abundanz der Zooplankter in trüben Gewässern steuert (ARRUDA et al. 1983). In diesem Zusammenhang muß noch auf die Rolle der Trübe bei visuell orientierten, planktivoren Fischen hingewiesen werden. Erhöhter Trübstoffgehalt bedeutet einerseits für optische Räuber eine erhebliche Behinderung in ihrem Nahrungserwerb, da die Sichtweite stark reduziert ist, andererseits für das Zooplankton einen gewissen Sichtschutz und damit eine größere Wahrscheinlichkeit nicht gefressen zu werden (Hart 1986,1988; Scholz et al. 1988).

Im Neusiedler See hat in den letzten Jahren der Bestand des Sichlings (*Pelecus cultratus*), einem optischen Räuber, stark zugenommen (Herzig 1980). Dieser Fisch ernährt sich fast ausschließlich von Cladoceren, insbesondere von *Diaphanosoma mongolianum* und *Leptodora kindti*. Die Populationsdichte dieser beiden relativ weichhäutigen Arten wird zwar durch Turbulenz und Trübe negativ beeinflusst, im Sommer, wo der Räuberdruck am größten ist, könnte aber die Trübe des Neusiedler Sees auch einen Vorteil für die schwachpigmentierten Cladoceren bedeuten. Die Rolle der Trübe in der Räuber- Beute- Beziehung von Sichling und *Diaphanosoma* ist noch weitgehend ungeklärt. Diese Frage und auch eine genauere Analyse der Ausnutzbarkeit der suspendierten Sedimente als Nahrungsquelle für *Diaphanosoma* erfordern noch

weitere detaillierte Untersuchungen, um den komplexen Einfluß der Trübe im Neusiedler See besser verstehen zu können.

Literatur

- Arruda, J.A., G.R. Marzolf & R.T Faulk, 1983. The role of suspended sediments in the nutrition of zooplankton in turbid reservoirs. *Ecology* 64: 1225-1235.
- Carvalho, M. L., 1984. Influence of predation by fish and water turbidity on *Daphnia gessneri* population in an Amazonian floodplain lake, Brazil. *Hydrobiologia* 113: 243-247.
- Flößner, D., 1972. Krebstiere, Crustacea: Kiemen- und Blattfüßer (Brachiopoda), Fischläuse (Branchiura). *Tierwelt Deutschlands* 60: 501 S.
- Geddes, M. C., 1984. Seasonal studies on the zooplankton community of Lake Alexandrina, River Murray, South Australia, and the role of turbidity in determining zooplankton community structure. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 35: 417-426.
- Geddes, M. C., 1988. The role of turbidity in the limnology of Lake Alexandrina, River Murray, South Australia; comparisons between clear and turbid phases. *Aust. J. Freshw. Res.* 39: 201-209.
- Geller, W. & H. Müller, 1981. The filtration apparatus of Cladocera: filter mesh-sizes and their implications on food selectivity. *Oecologia* 49: 316-321.
- Hart, R. C., 1986. Aspects of the feeding ecology of turbid water zooplankton. In situ studies of community filtration rates in silt-laden Lake le Roux, Orange River, South Afrika. *Journal of Plankton Research* 8: 401-426.
- Hart, R. C., 1986. Zooplankton abundance, community structure and dynamics in relation to inorganic turbidity, and their implications for a potential fishery in subtropical Lake le Roux, South Afrika. *Freshwater Biology* 16: 351-371.
- Hart, R. C., 1987. Population dynamics and production of five crustacean zooplankters in a subtropical eservoir during years of contrasting turbidity. *Freshwater Biology* 18: 287-318.
- Hart, R. C., 1988. Zooplankton feeding rates in relation to suspended sediment content: potential influences on community structure in a turbid reservoir. *Freshwater Biology* 19: 123-139.
- Herzig, A., 1975. Der Neusiedlersee - charakteristische Eigenschaften und deren Auswirkungen auf das Zooplankton. *Verh. Ges. Ökologie, Wien*: 189-196
- Herzig, A., 1984. Temperature and life cycle strategies of *Diaphanosoma brachyurum*: an experimental study on development, growth, and survival. *Arch. Hydrobiol.* 101: 143-178.
- Leitner, Ch., 1990. Einfluß von Turbulenz und Trübe auf *Diaphanosoma brachyurum* (Liévin) (Cladocera, Crustacea) im Neusiedler See. Diplomarbeit, Universität Wien.
- Nauwerk, A., 1963. Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken. *Symb. Bot. Upsal.* XVII, 5, 1-163
- Robinson, M., 1957. The effects of suspended materials on the reproductive rate of *Daphnia magna*. *Publication of the Inst. of Marine Science* 4: 265-277.
- Scholtz, S., M.T. Seaman & A.J.H Pieterse, 1988. Effects of turbidity on life history parameters of two species of *Daphnia*. *Freshwater Biology* 20: 177-184.
- Stephan, H., 1953. Seefischerei und Hochwasser. Der Einfluß von anorganischen Schwebstoffen auf Cladoceren und Copepoden. *Diss., Naturw. Fak. München.*
- Tóth, L. G., 1982. Über die Zusammensetzung der im Wasser des Balatonsees suspendierten Stoffe und einige Beobachtungen über deren Einfluß auf die Nahrungsaufnahme einiger Zooplankter. *BFB-Bericht* 43: 145-156.
- Tóth, L. G., 1984. Feeding behaviour of *Daphnia cucullata* (SARS) in the easily stirred up Lake Balaton as established on the basis of gut content analyses. *Arch. Hydrobiol.* 101: 531-553.
- Tóth, L. G., K.V. Balogh & N.P. Zankai, 1986. Significance and degree of abioseston consumption in the filter feeder *Daphnia galeata* SARS am. RICHARD (Cladocera) in Lake Balaton. *Arch. Hydrobiol.* 106: 45-60.
- Tóth, L. G., N.P. Zankai & O.M. Messner, 1987. Alga consumption of four dominant planctonic crustaceans in Lake Balaton (Hungary). *Hydrobiologia* 145: 323-332.
- Zurek, R., 1980. The effect of suspended materials on the zooplankton. 1. Natural environments. *Acta Hydrobiol. (Krakow)* 22: 449-471.
- Zurek, R., 1982. Effect of suspended materials on zooplankton. 2. Laboratory investigations of *Daphnia hyalina* (Leydig). *Acta Hydrobiol. (Krakow)* 24: 233-251.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [BFB-Bericht \(Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland, Illmitz 1](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [74](#)

Autor(en)/Author(s): Leitner Ch.

Artikel/Article: [Einfluss von Turbulenzen und Trübe auf Diaphaosoma mongolianum 83-95](#)