

Über die Hydrographie von Wattenpfützen

Von Heinrich Kühl

Aus dem Institut für Küsten- und Binnenfischerei, Laboratorium Cuxhaven,
der Bundesanstalt für Fischerei
(mit 3 Tabellen und 1 Abbildung im Text)

Das Watt ist ein Gebiet dauernden Wechsels, da bei Ebbe weite Flächen mehr oder weniger lange Zeit trocken fallen. Als Folge dieses Wasserwechsels kann eine Reihe von ökologischen Faktoren großen Schwankungen ausgesetzt sein, wie die Untersuchungen von NICOL (1935), THAMDRUP (1935), WOHLBERG (1937), LINKE (1939) u. a. gezeigt haben.

Durch die Untersuchung des Chemismus in kleinen Seewasseraquarien angeregt (KÜHL und MANN 1951), bei denen infolge der Assimilation von Algen ebenfalls erhebliche Schwankungen der chemischen Faktoren auftraten, war es von Interesse, einmal natürliche Kleinstgewässer im Küstengebiet zu untersuchen. Als besonders geeignet erwiesen sich die zahlreichen Pfützen, die bei Niedrigwasser auf den Watten stehenbleiben und in denen immer eine mehr oder weniger große Anzahl von Organismen anzutreffen ist.

Durch die Photosynthese von Algen (*Enteromorpha*, *Ulva*, Bodendiatoomeen u. a.) wird in den Wasserpfüten, wenn die Voraussetzungen gegeben sind, eine Reihe von chemischen Faktoren weitgehend verändert, während die Wassertemperatur und der Salzgehalt mehr direkt von den Witterungsbedingungen abhängig sind.

Aufgabe dieser Zusammenstellung soll es sein, einmal eine Reihe von chemischen Faktoren in Wattentümpeln während der Trockenzeit laufend zu verfolgen.

Bestimmt wurden die Luft- und Wassertemperatur, der Salzgehalt, pH, das Säurebindungsvermögen und der Sauerstoffgehalt, sowie die Sauerstoffsättigung.

Die Untersuchungen wurden im Neuwerker Watt und in einem kleinen, durch Molen abgeschlossenen Gebiet am Anleghöft „Alte Liebe“ bei Cuxhaven („Molendreieck“) am Tage ausgeführt. Durch äußere Umstände bedingt, konnten die Untersuchungen nicht bei extremen Witterungslagen durchgeführt werden, die gefundenen Werte sind daher auch keineswegs als extrem anzusehen. Da es im wesentlichen nur darauf ankam, den Verlauf der chemischen Faktoren zu verfolgen, wurden keine eingehenden Zählungen der Organismen in den Wattenpfützen vorgenommen, es hat dies auch keinen Zweck, solange man den Grundumsatz der einzelnen Formen nicht genau kennt und nicht weiß, wie weit sie sich am Stoffumsatz in den Pfützen aktiv beteiligen. Das ist nur durch experimentelle Untersuchungen möglich (vgl. RILEY 1943).

Die Untersuchungen wurden meist mit ablaufendem Wasser begonnen, wenn sich die Pfütze eben bildete, und mit auflaufendem Wasser beendet. Die Proben wurden in mehr oder weniger kurzen Abständen an verschiedenen Stellen der Pfütze (Boden, Oberfläche) genommen, wodurch sich die schnelle Veränderung der chemischen Faktoren recht gut verfolgen ließ. Um nicht zuviel Material zu bringen, sind die Ergebnisse nur von einigen Pfützen in Tabellenform und einer Kurve zusammengestellt.

Im „Molendreieck“ an der „Alten Liebe“. Die Pfütze ist 5×3 m groß und 20 cm tief. Der Boden ist mit einer Schicht Bodendiatomeen (*Navicula spec.*) bedeckt. An einem Stein sitzen zahlreiche *Balanus improvisus*, im Boden *Nereis diversicolor*, *Heteromastus filiformis*, *Macoma baltica*, an freibeweglichen Tieren wurden nur *Gammarus locusta* beobachtet.

21. Juni 1951. Trocken, warm, Sonnenschein, Lufttemperatur 20.8° C. Um 08.07 Uhr, als die Probeentnahmen begannen, war die Pfütze gerade freigelassen, um 10.30 Uhr wurde die Pfütze vom einlaufenden Wasser erreicht, und um 10.45 Uhr war sie vollständig vom Wasser bedeckt.

Zeit	WT°C	S ‰	pH	SBV	O ₂ mg/l	O ₂ % Sättigung
0807	18.0	22.56	8.9	2.0	25.7	301
0907	21.7	22.79	9.4	1.6	24.1	311
0920	22.9	22.37	9.7	1.7	23.1	293
0945	24.0	22.43	9.9	1.5	22.2	283
1020	25.2	22.34	10.0	1.4	21.6	282
1030	25.9	22.43	9.1	1.4	20.5	274
1035	20.8	22.85	8.7	2.0	11.19	137
1040	19.8	17.60	8.1	2.3	9.57	114
1045	18.6	13.60	8.0	2.2	8.84	95
Auflaufendes Wasser:						
1005	17.0	12.41	7.8	2.2	—	—
Wasser an der Außenkante „Alte Liebe“:						
0915	17.1	13.09	7.9	2.2	—	—

Tabelle 1

Es zeigt sich also, daß die Wassertemperatur innerhalb von 2 Stunden um mehr als 7° C zunimmt und innerhalb einer Viertelstunde um 8° C wieder abnimmt. Der Salzgehalt steigt zwar während der Trockenzeit nicht sehr bedeutend, sinkt dagegen sehr schnell fast auf die Hälfte ab, sobald das Oberflächenwasser der Elbe die Pfütze erreicht (innerhalb 10 Minuten von 22,8 auf 13,6 ‰). Die Sauerstoffsättigung ist gleich bei Beginn der Probeentnahme mit 301 % sehr hoch, sie nimmt dann geringfügig ab, um dann beim Einlaufen des Wassers schnell auf den „Normalwert“ des bewegten Wassers abzusinken. Als Folge der Photosynthese sinkt das SBV schnell von 2.0 auf 1.4 ab (10.30 Uhr), erreicht dann aber ebenfalls sehr schnell wieder den Wert des freien Wassers von 2.3, das gleiche gilt für den pH-Wert, der weit in den alkalischen Bereich hinein verschoben wird und ebenso schnell von 10 auf 8 wieder absinkt.

Zum Vergleich seien die Werte in einer Pfütze im „Molendreieck“ an der Vordermole etwa 50 m entfernt in Tab. 2 angegeben. Die Pfütze enthielt keine Bodendiatomeen, in ihr war lediglich ein Stein mit einem Büschel von *Fucus vesiculosus* mit *Balanus improvisus*, ferner zahlreiche *Mytilus edulis*, einzelne *Crangon vulgaris*, sowie junge *Carcinus maenas*.

In dieser Pfütze sind alle Werte ausgeglichener, die Schwankungen infolge Fehlens der Diatomeen nicht so stark ausgeprägt. Das gleiche Bild wurde in der Nähe in einer *Mytilus*bank gefunden: O₂-Sättigung 143 %, pH 8.1, SBV 2.3.

21. Juni 1951 Zeit	WT°C	S ‰	pH	SBV	O ₂ mg/l	O ₂ ‰ Sättigung
0820	18.0	22.11	8.1	2.2	12.18	142
0930	21.1	22.05	8.2	2.1	10.60	130
1015	17.6	14.43	7.9	2.2	7.79	86

Tabelle 2

An den darauffolgenden Tagen wurden die gleichen Pfützen unter verschiedenen Witterungsbedingungen untersucht. Die Veränderungen im Chemismus waren im ganzen ähnlich, wenn sich auch Unterschiede zeigten. Zum Vergleich seien in Tab. 3 die Werte für den 26. Juni 1951 angegeben, an dem es wechselnd bewölkt und regnerisch war. Die Witterungsverhältnisse sind in der Tabelle angegeben (vgl. Tab. 1). Es zeigte sich, daß trotz ungünstiger Wetterverhältnisse der Sauerstoffgehalt des Wassers recht hoch war und daß auch pH und SBV sich dementsprechend veränderten.

Zeit	WT	S ‰ O	pH	SBV	O ₂ mg/l	O ₂ ‰ Sättg.	Bemerkungen
1115	18.9	23.23	8.2	2.2	11.88	142	Pfütze noch nicht frei, sonnig.
1145	19.9	23.03	8.6	2.2	17.78	184	Pfütze bildet sich.
1200	20.0	23.07	8.9	2.0	20.40	248	Pfütze getrennt. Bedeckt.
1230	17.6	23.07	9.1	1.9	18.77	218	Regenschauer.
1300	19.2	22.62	9.5	1.7	18.05	216	Regen hat aufgehört, wieder etwas heller.
1330	19.7	22.85	9.6	1.5	19.00	229	Etwas Regen.
1400	20.8	22.85	9.6	1.4	17.26	183	Sonne kommt etwas durch.
1415	20.8	22.91	9.6	1.4	16.61	174	Bedeckt.
1425	19.6	23.49	8.6	2.2	9.87	102	Auflaufendes Wasser erreicht die Pfütze.
1428	18.8	23.20	8.1	2.3	8.82	105	Pfütze verschwunden.
1435	18.0	15.04	7.9	2.1	8.42	94	Wasserstand 20—25 cm

Tabelle 3

Im Neuerker Watt wurden ebenfalls einige Pfützen untersucht, von denen zwei genauer beschrieben werden sollen. Die eine Pfütze hatte einen leichten Diatomeenrasen (*Pleurosigma*); die Diatomeendecke war nicht so dicht, wie im „Molendreieck“. Die Pfütze war 2 m lang, 1 m breit und 5—10 cm tief. Es konnten an größeren Tieren noch beobachtet werden: 11 *Arenicola marina*, zahlreiche *Pygospio elegans*, einige junge *Crangon vulgaris*, Brut von *Mya arenaria* und *Macoma baltica*.

Am Untersuchungstag (14. Juli 1951) war es wechselnd bewölkt und sonnig, schwachwindig, die Lufttemperatur betrug 17° C. Als die Probeentnahme begann, war die Pfütze noch nicht ganz freigelassen. Die Ergebnisse sind in Abb. 1 zusammengestellt. Danach stieg die Wassertemperatur von 21.4 (10.50 Uhr) auf 26.1° C (13.45) an, um dann wieder abzufallen (17.00 Uhr: 23.2° C); der Salzgehalt nahm von 26.48 (10.50 Uhr) auf 27.92 ‰ (17.00 Uhr) zu. Das aus einem kleinen Priel ablaufende Wasser hatte ein pH von 7.9; zu Beginn der Probeentnahme betrug es in der Pfütze 8.4, um 17.00 Uhr 9.5. Das

SBV ging nur von 2.3 auf 1.7 zurück. Die Sauerstoffsättigung erreichte ihren höchsten Wert um 13.10 Uhr mit 232 %, auch sie nahm dann bis 17.00 Uhr langsam wieder ab.

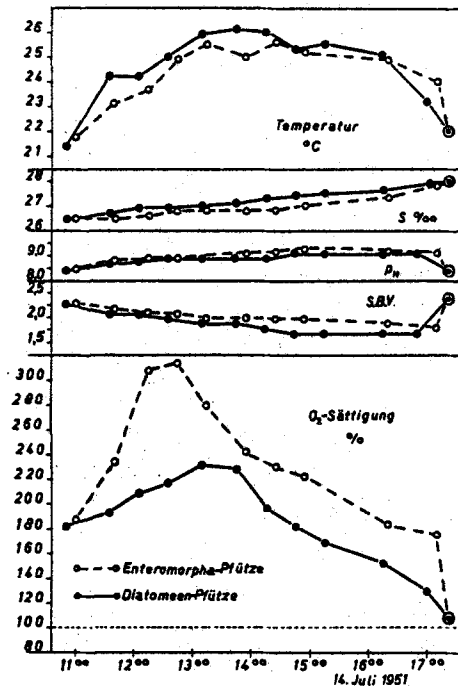


Abb. 1:

Verlauf von Wassertemperatur, Salzgehalt, pH, SBV und Sauerstoffsättigung in zwei Wattentpfützen im Neuwerker Watt während der Trockenzeit. Die eingekreisten Punkte bezeichnen die Werte für das auflaufende Wasser bei Flut.

Zur gleichen Zeit wurde eine zweite Pfütze im Schlickfang untersucht, die etwa die gleiche Größe hatte, jedoch bis zu 30 cm tief war. Sie enthielt vier größere Steine, die dicht mit *Enteromorpha intestinalis* und etwas geringer mit *Ulva lactuca* bewachsen waren. Auf den Steinen saßen noch zahlreiche *Balanus improvisus*, *Mytilus edulis* und *Litorina litorea*, im Boden waren *Corophium* und eine *Arenicola marina*, in der Pfütze schwammen zahlreiche junge *Crangon vulgaris* und junge *Gobius minutus* von 1 cm Länge. Diatomeen waren auf dem Boden nicht vorhanden. Beide Pfützen waren etwa 200 m voneinander entfernt.

Die Schwankungen sind hier, wohl wegen der größeren Tiefe der Pfütze, nicht so groß; gegenüber der „Diatomeenpfütze“ sind die Sauerstoffübersättigungen mit 314 % besonders hoch, jedoch entsprechen dem nicht die Werte für pH und SBV, die niedriger sind. Da ähnliche Verhältnisse auch in Aquarien beobachtet werden konnten, dürfte es sich hierbei nicht um Zufälligkeiten handeln. Das auflaufende Wasser hatte folgende Werte: Temperatur 22.0° C, S 27.92 ‰, pH 8.4, SBV 2.4 und Sauerstoffsättigung von 109 %.

Am Vortage waren die beiden Pfützen bei regnerischem Wetter untersucht worden, die Höchstwerte lagen für den Sauerstoff bei 136 bzw. 176 %, die pH-Werte stiegen allerdings auf 9.8 und 9.5 an. Auch hier die gleichen

Verhältnisse: daß durch die Grünalgen die O₂-Produktion höher anstieg, daß aber SBV und pH sich nicht im gleichen Sinne veränderten.

In den relativ kleinen Pfützen wurden an verschiedenen Stellen — Boden, Oberfläche — keine wesentlichen Unterschiede bei den verschiedenen Faktoren gefunden.

Die Ergebnisse haben sehr schön gezeigt, wie schnell sich in kleinen Wasserlachen des Wattes durch die Photosynthese die chemischen Faktoren ändern können, wie diese Veränderungen im Chemismus weitgehend von den Belichtungsverhältnissen abhängig sind, u. U. recht extreme Werte erreichen können, die je nach der Art des auflaufenden Wassers ganz plötzlich, innerhalb weniger Minuten, auf die „normalen“ Verhältnisse des bewegten Wassers reduziert werden können.

Die in den Watten regelmäßig vorkommenden Tiere sind auf diese wechselnden Verhältnisse eingestellt. Am wenigsten dürften von ihnen diejenigen Tiere betroffen werden, die dauernd im Boden leben, da sie die Möglichkeit haben, gegebenenfalls auszuweichen; andere, auf der Oberfläche frei sich bewegende Tiere können sich ungünstigen Außenbedingungen entziehen, indem sie sich eingraben, wie die Hydrobien oder Krebse, wieder andere, wie die Balaniden, *Mytilus* oder *Litorina* können für eine Zeit schlechter Verhältnisse ihre Gehäuse verschließen und in eine Art Starrezustand kommen. Freischwimmende Organismen können innerhalb des beschränkten Lebensraumes der Wattenpfützen nicht ausweichen, da die Pfützen zu klein sind und daher oft überall die gleichen Verhältnisse vorherrschen; sie müssen daher regulatorische Fähigkeiten besitzen.

Besonders eingehend hat sich SCHLIEPER mit diesen Fragen beschäftigt und in seiner letzten Arbeit an Süßwasserorganismen gezeigt, daß die Einpassung in den Lebensraum offenbar nicht nur einzelne Faktoren, wie etwa die Temperatur, betrifft, sondern daß z. B. eurytherme Tiere auch gegenüber dem Salzgehalt, Giften oder Röntgenstrahlen wesentlich resistenter sind als stenotherme Organismen. In diesem Zusammenhang ist auch die Frage des Verhaltens gegenüber starken Sauerstoffübersättigungen, wie sie ja im Watt recht häufig sind, recht interessant. Diese Verhältnisse sind m. W. bisher kaum untersucht worden (HÄMPEL 1929).

In Versuchen mit kleinen Seewasseraquarien (KÜHL und MANN 1951) konnten ebenfalls hohe Sauerstoffübersättigungen (bis 380 ‰) durch Photosynthese von Diatomeen beobachtet werden. Diese Änderungen im Chemismus des Aquarienwassers erfolgten periodisch im Tag-Nachtrhythmus, während sie in den Watten ja von den Tiden beeinflußt werden.

Aus den Aquarienversuchen ergab sich auch, daß das Verhalten der Tiere je nach ihrem Lebensraum recht unterschiedlich war und daß eurytope Formen wie z. B. *Leander longirostris*, *Crangon vulgaris*, *Nereis diversicolor* und *Balanus improvisus* in dieser Beziehung sehr widerstandsfähig waren.

Um unser Wissen über die ökologischen Faktoren, die den Lebensraum im Küstengebiet mit seinen wechselnden Verhältnissen betreffen, zu erweitern, erscheint es besonders interessant, die SCHLIEPER'schen Untersuchungen (1951) auf Seetiere auszudehnen, um hierdurch die Arbeiten über die Ökologie der Watten auf experimenteller Grundlage, die von THAMDRUP begonnen wurden, fortzusetzen.

Zusammenfassung

Die ökologischen Faktoren wurden in kleinen Wattenpfützen während der Trockenzeit laufend untersucht. Dabei erwies sich Salzgehalt und Wassertemperatur als direkt von den Wetterbedingungen abhängig, während durch die Photosynthese der Sauerstoffgehalt, das Säurebindungsvermögen und pH weitgehend verändert werden können. Auch diese Faktoren sind indirekt von der Witterung abhängig, sie können großen Schwankungen unterliegen. Auf die biologische Bedeutung der Schwankungen im Chemismus von Wattenpfützen wird hingewiesen.

Literatur

- Broekhusen, G. J. The extremes in percentage of dissolved oxygen to which the fauna of a *Zostera* field in the tide zone at Nieuwediep can be exposed. Arch. Neerl. Zool. 1, 1935.
- Caspers, H. Ökologische Untersuchungen über die Wattentierwelt im Elbe-Astuar. Verh. Deutsch. Zool. Kiel 1948.
- Gessner, F. Schwankungen im Chemismus kleiner Gewässer in ihrer Beziehung zur Pflanzenassimilation. Arch. Hydrobiol. 24, 1932.
- Haempel, O. Über die Wirkung hoher Sauerstoffkonzentrationen auf Fische. Z. vgl. Physiol. 7, 1929.
- Hagmeier, A. u. Cl. Künne. Die Nahrung der Meerestiere. Handbuch Seefisch. Nord-europas. 1. 5b. 1951.
- Kalle, K. Der Stoffhaushalt des Meeres. Leipzig 1945.
- Kühl, H. u. H. Mann. Über die periodischen Änderungen im Chemismus von Seewasseraquarien. Verh. Deutsch. Zool. Wilhelmshaven 1951.
- Kühl, H. u. N. Passarge. Über die Hydrographie und Hydrobiologie eines Molendriedecks an der Elbe-Mündung. (Manuskript.)
- Linke, O. Die Biota des Jadebusenwattes. Helgol. Wiss. Meeresunters. 1, 3, 1939.
- Die Entwicklung der biologischen Wattforschung in den letzten Jahren. Forsch. u. Fortschr. 16, 27, 1940.
- Mann, H. Vergleichende Untersuchungen über die Filterfähigkeit, Atmung und Eiweißverdauung einiger Muscheln des Watts. Verh. Deutsch. Zool. Wilhelmshaven 1951.
- Nicol, E. The Ecology of a Salt Marsh. J. Mar. Biol. Ass. NS 20, 2, 1935.
- Remane, A. Einführung in die Zoologische Ökonomie der Nord- und Ostsee. Tierwelt d. Nord- und Ostsee 1a, 1940.
- Riley, G. A. Physiological Aspects of spring flowerings. Bull. Bingham Oceanogr. Coll. 8, 4, 1943.
- Roll, U. Über die Wassertemperaturen im Neuwerker Wattenmeer. Deutsche Hydrogr. Z. 2, 1, 1949.
- Schlieper, C. Weitere Beobachtungen über die Temperatur-Stoffwechsel-Relation eurythermer und stenothermer Wassertiere. Verh. Deutsch. Zool. Ges. Wilhelmshaven 1951.
- Wohlenberg, E. Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. Helgol. Wiss. Meeresunters. 1, 1937.
- Yonge, C. M. The Seashore. London 1951.