Beitr. Naturk. Niedersachsens 32 (1979): 68–78

Durch Umwelteinflüsse gestörte Entwicklung beim Laich des Moorfrosches (Rana arvalis L.)

von H.-J. Clausnitzer

Einleitung

Der Moorfrosch (Rana arvalis L.) (Abb. 1) gehört zu den in der Bundesrepublik stark gefährdeten Lurcharten. In Norddeutschland gibt es an einigen Stellen noch recht gute Moorfroschpopulationen. Von solchen Gebieten können sich die Tiere nur dann ausbreiten und andere Biotope besiedeln, wenn sie sich stark vermehren. Es zeigte sich in einigen Mooren jedoch in den letzten Jahren ein Absterben des Laichs, das, wenn es so weitergeht, zu einer Verringerung der Population führen muß.

Im Naturschutzgebiet "Breites Moor" bei Celle wurde 1976 ein ca. 6 ha großer Fischteich vom Naturschutz gepachtet. Der Teich hatte vorher drei Jahre lang fast trocken gelegen und wurde wieder angestaut. Er hatte vor ca. 20 Jahren als ungenutzter Teich vielen Lurchen als Laichplatz gedient, wobei der Moorfrosch die häufigste Art war. Durch Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie: mehrfaches Trokkenlegen im Frühjahr, Vernichtung der Verlandungsvegetation, sehr starke Kalkung

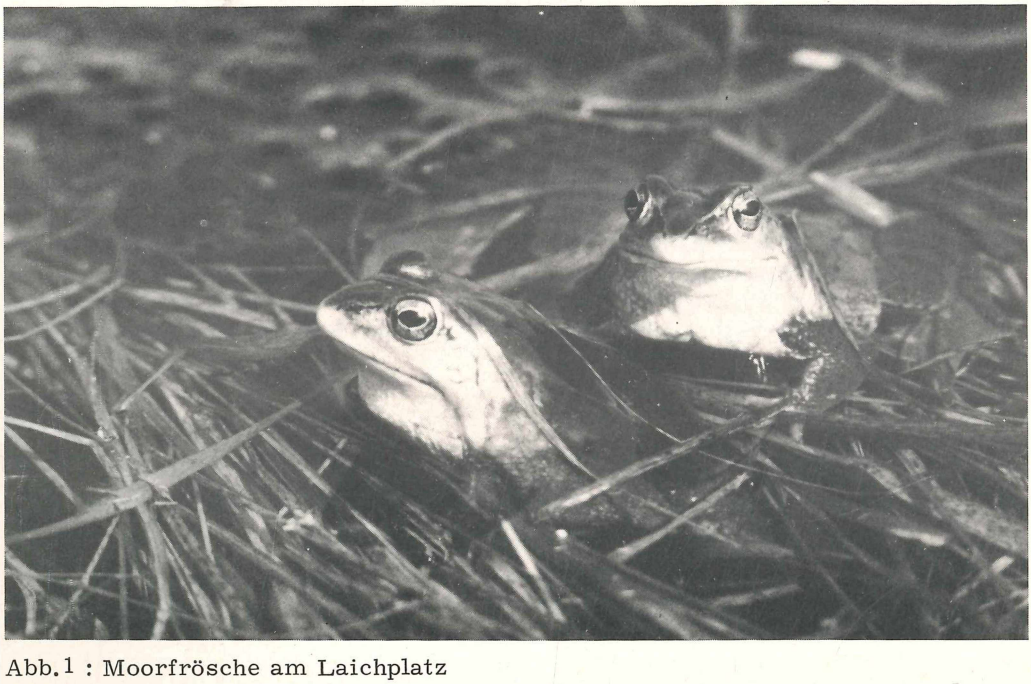

Abb. 1 : Moorfrösche am Laichplatz

mit Branntkalk und Besatz mit Junghechten, schrumpften die Moorfroschbestände bis auf kleine Reste zusammen. 1976 waren nur noch 8 Laichballen im Teich.

Um der sehr geringen Moorfroschpopulation zu helfen, setzte ich im April 1976 Laich aus einem austrocknenden Moorgraben in größerer Menge in den Teich. Die Nachkontrolle ergab, daß sich höchstens 5 % der Eier entwickelt hatten, alle anderen waren abgestorben und verpilzt. Selbst die 8 Laichballen der örtlichen Froschpopulation hatten diese geringen Entwicklungsraten. Kontrollen im Sommer ergaben, daß auch der Laich des Wasserfrosches zu 100 % abstarb. Durch diese Beobachtung überrascht, wurden andere Laichplätze des Moorfrosches in den Jahren 1976, 77 und 78 aufgesucht. In vielen Moorgebieten waren hohe Verluste durch Verpilzen des Laichs festzustellen. In den Fischteichen dagegen entwickelten sich die Laichballen fast verlustfrei.

Diese geringe Entwicklung des Laichs war sehr überraschend, zumal die an einigen Stellen vorhandenen großen Moorfroschpopulationen bei der geringen Vermehrungsrate wohl bald kleiner werden müssen. In allen Gebieten waren in den letzten Jahren keine größeren Veränderungen eingetreten, dennoch verlangt das zum Teil starke Absterben des Laichs von mitunter großen Populationen eine Erklärung, denn die Tiere müssen sich früher einmal besser vermehrt haben.

Untersuchungen

Um die Ursachen für die geringe Entwicklung zu klären, wurden 1. alle Laichgewässer auf pH- und SBV-Wert untersucht und 2. die Laichballen geteilt und in qualitativ unterschiedliches Wasser gesetzt.

zu 1.: Die pH-Werte wurden mit einem Batterie-pH-Meter von WTM mit Glaselektrode ermittelt. Als SBV-Wert (Säurebindungsvermögen) wurde die Menge 0,1 n HCl ermittelt, die nötig ist, um 100 ml des Untersuchungswassers gegen Methylorange zu neutralisieren. Die Entwicklungsrate des Laichs wurde geschätzt.

Es zeigte sich, daß sich Laich bei pH-Werten unter 4,0 fast nicht mehr entwickelt. Bei Nr. 9 (Tabelle 1) waren 122 Laichballen abgestorben; bei der Kontrolle lag ein Teil des Laichs wegen fallenden Wasserstandes auf dem Trockenen. Er zeigte jedoch einwandfrei, daß sich auch hier die Eier nicht entwickelt hatten.

Auch bei einem pH-Wert von 4,1 bis 4,4 entwickelte sich der Laich schlecht. Hier fiel auf, daß bei großen, zusammenhängenden Laichkomplexen die Eier in der Mitte an der Oberfläche recht gut wuchsen, während einzelne, isolierte Laichballen fast völlig abstarben. Den Laichballen konnte man die Schädigung schon recht früh ansehen: Laich in neutralem Wasser wird sehr weich und vergrößert sich; Laich im sauren Wasser bleibt als kleiner Ballen erhalten und fühlt sich fest an; die Konsistenz ist deutlich verschieden.

zu 2.: Da die Abhängigkeit vom pH-Wert bei der Laichentwicklung vermutet wurde(Abb. 2), führte ich 1977 und 78 folgende Versuche durch:
An den Stellen 1, 3, 4, 5 und 6 (siehe Tabelle 1) wurden je 8 Laichballen kurz nach der Ablage geteilt und in kleine Plastikumzäunungen (50 x 50 cm)(Abb. 3) am Laichplatz gelegt. In die eine Umzäunung gab ich dann Hüttenkalk, so daß der pH-Wert zwischen 5,5 und 6,5 schwankte. Bei Nr. 3 wurden außerdem 30 Laichballen mit Hüttenkalk bestreut. 10 m entfernt dienten 24 Ballen ungekalkt als Kontrolle. Die Ergebnisse verliefen in allen Fällen gleich: Der gekalkte Laich entwickelte sich zu

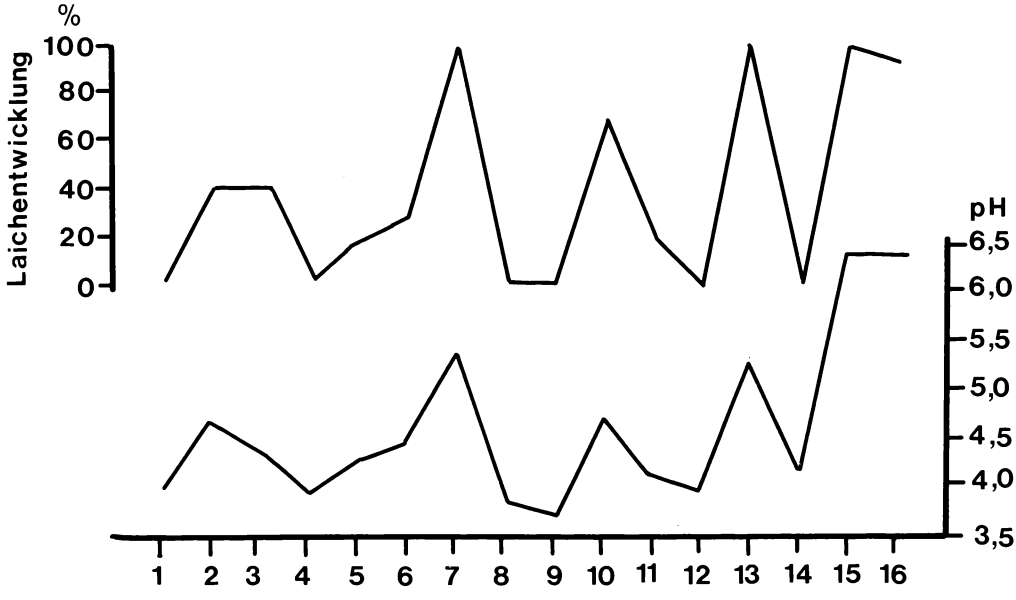

Abb. 2: Zusammenhang zwischen Laichentwicklung und pH-Wert des Laichgewässers an den 16 Untersuchungsstellen.

Tabelle 1: Entwicklung des Moorfroschlaichs

Nr.	Gebiet	pH	SBV	Anzahl der Laichballen	davon entwickelt (in % geschätzt)
1	Breite Moor (Zufluß)	3,9	- 0,05	8	0 x)
2	Breite Moor (Torfstich)	4,6	0,1	6	40
3	Fahle Moor (Teich)	4,3	0	93	40 x)
4	Fahle Moor (Schlenke)	3,9	- 0,05	38	0 x)
5	Lausemoor (Torfstich)	4,2	0	45	20 x)
6	Lausemoor (Tümpel)	4,4	0	ca. 185	30 x)
7	Lausemoor (Fischteich)	5,3	0,6	ca. 220	100
8	Lausemoor (Graben)	3,8	- 0,1	16	0
9	Bannetzer Moor	3,6	- 0,1	122	0
10	Bornriethmoor 1	4,7	0,1	62	70
11	Bornriethmoor 2	4,1	- 0,05	48	20
12	Bornriethmoor (Schlenke)	3,9	- 0,1	12	0
13	Wiesengraben	5,2	0,4	70	100
14	Arloh Moorteich	4,1	- 0,05	8	0
15	Aschauteiche	6,4	0,6	84	100
16	Meißendorfer Teiche	6,4	0,8	ca. 250	95

x) Nur die von mir unbehandelten Laichballen entwickelten sich in der Form.

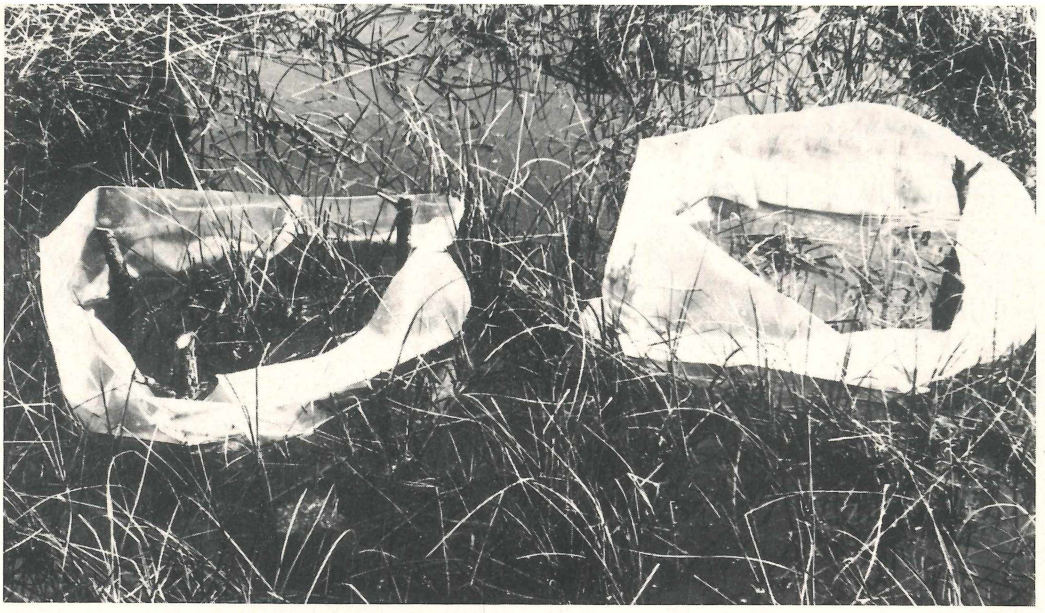

Abb. 3: Halbierte Laichballen in den Plastikumzäunungen

10 %, die ungekalkten Laichballen dagegen nur zu den in Tabelle 1 angegebenen Prozentzahlen (Abb. 4 und 5). Diese Ballen behielten auch ihre eigentümlich feste Konsistenz. Auffallend war, daß sich Teichmolche rasch unter den gekalkten Laichballen sammelten und hier die Eier aus dem Laich fraßen, während unter dem unbehandelten Laich keine Molche waren (die Molche konnten unter der Begrenzungsfolie durchkriechen).
Versuche im Aquarium brachten das gleiche Ergebnis. Bei einem Laichballen aus Nr. 8 entwickelten sich im Leitungswasser (pH 7,0; SBV 1,3) nur noch die inneren Eier; die Schädigung dringt also von außen nach innen. Das wäre eine Erklärung, weshalb sich große, zusammenhängende Ballenkomplexe im Zentrum an der Oberfläche (Sauerstoff) gut entwickeln, am Rande jedoch nicht.

Als Großversuch wurde im Winter 1977 der Fischteich im Breiten Moor gekalkt. Der Zufluß hat hier einen pH-Wert von 3,9, der pH-Wert im Teich schwankte daraufhin im Frühjahr von 3,9 am Zufluß bis 6,5 in einigen Buchten. Als Ergebnis der Kalkung entwickelten sich im Sommer 1977 in dem fischarmen Teich Jungfrösche vom R. esculenta-Komplex und von R. arvalis in großer Zahl.

Ursachen

Als Ursache für die geringe Laichentwicklung kann die zu hohe Azidität des Laichgewässers angenommen werden. So gibt Peus (1932) für das Fehlen von Amphibien im Hochmoor "eine zu hohe Azidität als Hemmnis" an (S. 185); auch Tischler (1976) führt das Fehlen verschiedener Tiergruppen auf die hohen Säureverhältnisse zurück.

Bei den untersuchten Laichplätzen handelt es sich jedoch nicht um reine Hochmoore. Zudem lebten und leben da ja Frösche. Dennoch erscheinen die Verlustraten bereits

beim Laich zu hoch. Auch verwundert es, daß in dem ehemals so enorm moorfroschreichen Fischteich im Breiten Moor sich heute kaum noch Laich entwickeln kann.

Es gibt drei mögliche Gründe, die es plausibel erscheinen lassen, daß sich eine Moorfroschpopulation heute in suboptimalen bis nahezu pessimalen Gewässern vermehrt:

1. Die Tiere haben früher in den eutropheren und nicht ganz so sauren Wiesengräben am Moorrand gelaicht. Durch Trockenlegen der Wiesen mußten die Frösche auf ungünstigere, oft nicht weit entfernte Laichgewässer im noch nassen Moor ausweichen. Das trifft nur für Nr. 12 zu. Hier lag der Laichplatz früher auf der anderen Seite des Weges im heute trockenen Wiesengraben; auf der Moorseite des Weges ist noch Wasser, in das die Frösche heute ablaichen.

2. Die Gewässer erhielten früher Wasser aus dem Moor und aus den Wiesen. Es war also Mischwasser, das eine für die Entwicklung der Moorfroscheier zusagende Qualität hatte. Heute erhalten diese Gewässer nur noch Wasser aus dem Moor, da der Wasserstand in den Wiesen zu niedrig ist. Dies trifft vielleicht für Nr. 4 zu. Die Frösche sind also am alten Laichgewässer geblieben. Die Wasserzufuhr und damit -qualität hat sich jedoch verändert, so daß immer weniger Laich durchkommt.

3. Die Gewässer sind saurer geworden. Als Ursachen für eine Versauerung von Gewässern kommen zwei Faktoren in Frage:

a) Durch einseitige und starke Aufforstung des Einzugsgebietes mit Fichten tritt eine höhere H^+-Ionenkonzentration im Oberboden ein (Genssler 1959), so daß säurehaltiges Oberflächenwasser besonders zur Schneeschmelze oder nach längeren Re-

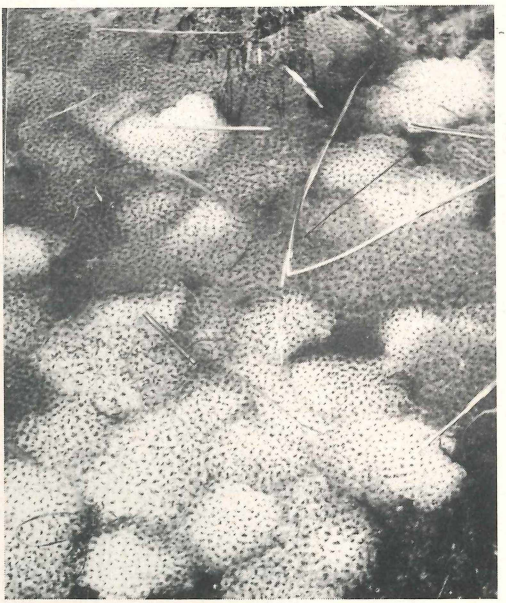

Abb. 4(links): Sich gut entwickelnde, gekalkte Laichballen. - Abb. 5(rechts): Schlechte Entwicklung ungekalkter Laichballen im gleichen Gewässer wie Abb. 4.

genfällen in die Gewässer eingeschwemmt wird und die pH-Werte dann stark fallen. Solche durch Fichtenmonokulturen bedingten pH-Wertabsenkungen haben auch schon zu Fischverlusten und zur Verarmung der Gewässer geführt (Bless 1978, Buhse 1965, 1966). Auch aus Schweden liegen Beobachtungen von Bodenversauerungen durch Fichtenforsten vor (Malmar 1972). Rosenqvist (1978) führt die Versauerung von Binnengewässern in Süd-Norwegen zu einem großen Teil auf den starken Waldanbau und auf Nutzungsänderungen von Grasweiden zurück, die zu einem saureren Humustyp führen.

In der Umgebung vieler untersuchter Laichgewässer herrschen dichte Fichten- und Kiefernforsten vor. Vereinzelte Schwarzerlen und Birken am Rande deuten den ursprünglichen Waldtyp an, unter dem sich nicht so saurer Humus bildete.

b) Als weitere Ursache für die Versauerung kann auch die durch Luftverschmutzung mit SO_2 bedingte pH-Wertabsenkung des Regenwasser angesehen werden.

In der Bundesrepublik werden 5,2 Mio. t. Schwefeldioxid (v. Eijnsvergen 1972) oder nach Angaben des Bundesministeriums des Inneren 3,4 Mio. t. (Umwelt Nr. 60, 1978) emitiert. Dies führt zu einer zunehmenden Übersäuerung des Regens, was sich besonders in urban-industriellen Gebieten auswirkt (Köhm u. Lötschert 1972). So geben Blume, Friedrich, Neumann und Schwiebert (1974, S. 91) aus der Umgebung von Berlin an: "Alle Böden sind bis in größere Tiefen stark versauert. Die niedrigen pH-Werte führen wir auch auf die Niederschläge zurück, deren pH in Dahlem zu Zeit 3 beträgt."

Aber auch außerhalb der Industriegebiete wird das Regenwasser saurer. So zeigt v. Eijnsbergen (1972) eine Karte von Nordwest- und Westeuropa, auf der die minimalen pH-Durchschnittswerte des Regenwassers von den Jahren 1965 - 1968 als Iso-pH-Linien eingetragen sind. Danach liegt Norddeutschland im Bereich der Iso-pH-Linie von 4,0. Nach Ellenberg (1978) ist das Jahresmittel des pH-Wertes der Niederschläge um ca. 1,0 pH von 1950 - 1975 gesunken. Auch Untersuchungen des pH-Wertes der Niederschläge von 1967 - 1972 ergaben ein Absinken um ca. 1,0 pH (Kayser u. a. 1974).
Der Grund für die säurehaltigen Niederschläge wird in der SO_2-Belastung der Luft gesehen. "Durch die zunehmende Schwefeldioxidbelastung der Luft kam und kommt es zu einer pH-Wertabsenkung im Niederschlagswasser ..." (Peukert u. Panning 1975, S. 545).

Die Folgen dieser zunehmenden Versäuerung des Regens sind einmal Ertragsminderungen in den Wäldern kalkarmer Gebiete (Ellenberg 1978) und Fischsterben. So liegen Beobachtungen von drastischen Verringerungen der Fischbestände durch Versauerung der Gewässer aus der DDR vor (Peukert u. Panning 1975), aus den USA (Bormann u. Likens 1974, Nisbet 1974), aus Canada (Blamish 1974), Schweden (Malmmer 1974) und Norwegen (Jansen u. Snekvik 1974, Matthews 1978).

Peukert und Panning (1975) stellten im Erzgebirge fest, daß vor allem Brut und Eier der Forellen durch die pH-Wert-Absenkungen beschädigt werden, was "zu einem allmählich, nicht unmittelbar erkennbaren Rückgang des Fischbesatzes" führt.
Ebenso wie die Fischbestände eine verringerte Vermehrung haben, scheint dies auch für die Frösche zuzutreffen. Durch die verringerte Entwicklung des Moorfroschlaiches kommt es auch hier zu einem allmählichen, nicht unmittelbar erkennbaren Rückgang der Froschpopulationen.

Um zu überprüfen, ob eine Belastung des Niederschlagswassers und der Laichgewässer mit Schwefeldioxid vorliegt, wurden pH-Wert und SO_4-Gehalt der Niederschläge in den Monaten November 1978 bis März 1979 in Eschede gemessen. Auch aus den Laichgewässern wurde der Sulfatgehalt bestimmt.

Die Bestimmung des Sulfatgehaltes erfolgte titrimetrisch mittels Bariumperchloratlösung und Thorin als Indikator (Merck, o. J.). Die Niederschläge wurden in einem Plastikbehälter von 1089 cm^3 aufgefangen, der vorher mit destilliertem Wasser ausgespült wurde. Die arithmetischen Monatsmittel der pH-Werte und Sulfatgehalte der Niederschläge sind in Abb. 6 dargestellt.

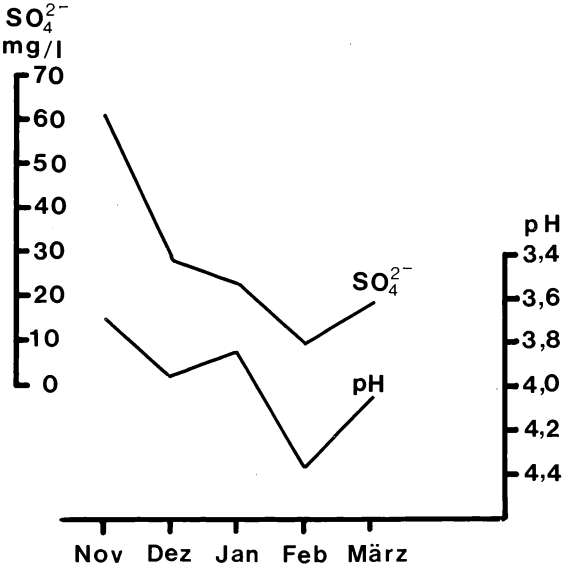

Abb. 6: Monatsmittel von pH-Wert und Sulfatgehalt des Regenwassers von November 78 bis März 79 bei Eschede.

Abb. 1-6: Verf.

Insgesamt zeigten sich folgende Ergebnisse: Bei sehr feinem Regen traten die niedrigsten pH-Werte und höchstens SO_4^{2-}-Werte auf. So hatte sehr feiner Regen bei Nebel- und Inversionswetterlage am 9. 11. 78 pH 3, 2 und SO_4^{2-} von 168 mg/l. Nach Peukert & Panning (1975) wurden in Großstadtnähe SO_4^{2-}-Konzentrationen bis 700 mg/l und in industriefernen Gebieten bis 200 mg/l ermittelt. Bei Eschede fand ich folgende Werte: 13. 11. 78: pH 3, 7; SO_4^{2-} 60 mg/l ; 11. 12. 78: pH 3, 5; SO_4^{2-} 75 mg/l ; 22. 1. 79: pH 3, 2; SO_4^{2-} 90 mg/l; 8. 3. 79: pH 3, 7; SO_4^{2-} 42 mg/l. Starke Regenfälle und starker Wind brachten meist nur geringe SO_4^{2-} Konzentrationen und damit höhere pH-Werte. Diese Ergebnisse fanden auch Georgii (1965) und Mrose (1961). Der Schnee, besonders der der starken Schneestürme, enthielt sehr wenig SO_4^{2-}. Auch Peukert & Panning (1975) geben vom Schnee deutlich niedrigere SO_4^{2-} Konzentrationen an, während Mrose (1965) gerade im Schnee 2, 9 mal höhere Sulfatkonzentrationen als im Regen gefunden hat.

Die meisten Autoren führen den hohen Sulfatgehalt der Niederschläge auf anthropogene Quellen zurück. Wie Messungen des SO_2-Gehaltes der Luft ergeben haben, treten "zur Zeit des Maximums der Schwefelkonzentration in Luft die niedrigsten pH-Werte im Regen auf" (Rönicke, Klockow 1974, S. 16). Nach Untersuchungen von Kayser u. a. (1974) liegen die pH-Werte in Reinluftgebieten sogar niedriger

als in stark verunreinigten Gebieten. Dies liegt an den übrigen Bestandteilen der Luft, besonders auch am Kalzium, das den pH-Wert erhöht und in industriefernen Gebieten fehlt.

Reines Wasser hätte wegen des CO_2-Gehaltes der Luft einen pH von 5,5 - 5,8. Die Messungen des Niederschlags in Eschede ergaben jedoch deutlich niedrigere Werte (Abb. 6). Da sich die niedrigsten pH-Werte durchschnittlich im Winter und Vorfrühling ergeben, wenn viel geheizt wird (Ellenberg 1978), kommt der Laich der Frösche gerade in das sauerste Wasser des Jahres.

Zwar wird die SO_2-Emission von Berge & Orgis (1978) in der Zeitschrift VGB Kraftwerkstechnik als positiv angesehen, da das Pflanzenwachstum durch die Schwefeldüngung der SO_2-Immissionen stimuliert wird, allerdings räumen auch sie eine Schädigung auf kalkarmen und sauren Böden ein.

Im Zusammenhang mit Fichtenmonokulturen kann es sogar zu einer erhöhten Versauerung kommen, da die Fichtenwälder verstärkt SO_2 herausfiltern und so den Boden noch mehr versauern (Ellenberg 1978, Ulrich 1972).

Untersuchungen der Laichgewässer im März 1979 ergaben auch hier Sulfatkonzentrationen. Die Fischteiche wurden nicht gemessen, da sie ja durch die Düngung und Kalkung andere Werte haben (Tabelle 2).
Die im März 1979 noch niedrigeren pH-Werte als im März 1978 führe ich auf die außergewöhnlich starken Regenfälle im März 1979 zurück, die viel saures Oberflächenwasser eingeschwemmt hatten.

Als eine Ursache für das Absinken der pH-Werte in den Laichgewässern und damit der gestörten Laichentwicklung kann die Zufuhr saurer und sulfathaltiger Niederschläge angesehen werden. Hinzu kommt dann die verstärkte Aufforstung ehemaliger Wiesen, Weiden sowie armer Birken- und Erlenwälder mit Fichten, was die Azidität des Humus erhöht. Ein wichtiger Faktor dabei ist, daß die Gewässer ebenso wie die Böden sehr kalkarm und nur schwach gepuffert sind und daher eine hohe Störanfälligkeit haben. Die schon immer sauren Laichgewässer geraten so

Tabelle 2: pH-Wert und Sulfatgehalt der Laichgewässer

Gewässer Nr.	März 78 pH	Nov. 78 pH	März 79 pH	März 79 SO_4^{2-} (mg/l)
1	3,9	4,5	3,8	39
2 x)	4,6	5,6	5,1	24
3	4,3	4,6	4,2	36
4	3,9	4,3	3,7	30
5	4,2	4,9	3,7	30
6	4,4	5,2	3,7	30
8	3,8	4,6	3,6	78
9	3,6	4,1	3,3	36
10	4,7	4,9	3,9	30
11	4,1	5,7	4,3	36
12	3,9	4,1	3,2	36
14	4,1	4,9	3,8	42

x) In diesen Torfstich scheint Wasser von einem nahe gelegenen gedüngten Hobbyfischteich zu sickern.

langsam in einen pH-Bereich, der für die Laichentwicklung immer ungünstiger wird. So ist es durchaus verständlich, daß sich auch scheinbar gute Froschpopulationen heute gering vermehren.

Folgerungen für den Artenschutz

Da selbst in weit von Industrieanlagen entfernten Feuchtgebieten, die auch nicht von landwirtschaftlichen Düngereinwehungen oder -einschwemmungen betroffen sind, sich Umweltschäden negativ auswirken können, genügt ein "Sich-selbst-Überlassen" nicht immer. Betroffen von den SO_2-Immissionen sind schwach gepufferte, flache Gewässer in kalkarmen Sandgebieten.

In nachweislich guten Moorfroschbiotopen kann der Versauerung durch eine schwache Kalkung entgegengewirkt werden. Dabei ist nicht daran gedacht, ein saures Gewässer in ein alkalisches zu verwandeln, vielmehr genügt es, die zu hohe Azidität zu mildern, um so die Vermehrung der Frösche weiter zu ermöglichen. Durch die Kalkung soll nur die Auswirkung der SO_2-Immission kompensiert werden. Selbstverständlich eignen sich nur Gewässer am Moorrand dafür, deren Wasser also nicht ins Moor gelangen kann; diese Gewässer müssen den Charakter eines Laggs erhalten.

Daß Moorfroschlaich eine Kalkung mit Hüttenkalk (nicht Branntkalk!) verträgt, zeigen die Versuche und die gute Entwicklung des Laichs in den ständig gekalkten Aschauteichen.

Liegen Laichplätze mitten im Moor, wie z. B. Nr. 9, wo 122 Laichballen völlig abstarben, sollte man diesen Laich möglichst frühzeitig herausnehmen, um ihn in geeignete Gewässer zu bringen. Leider fehlen an vielen Mooren die Laggzonen, in denen sich Moorwasser mit dem Mineralbodenwasser der Umgebung mischt. Schwach gekalkte, künstliche Teiche, die mit Moorwasser gespeist werden, können die Funktion eines Laggs übernehmen und den Moorfröschen als Laichbiotop dienen.

Es wäre in diesem Zusammenhang zu überprüfen, ob auch der Rückgang anderer Froscharten in den letzten Jahren in sonst unveränderten Biotopen seine Ursache in einer gestörten Vermehrung durch Immissionseinflüsse hat. Oft fällt es nämlich bei fehlenden starken Biotopveränderungen schwer, den trotzdem vorhandenen Rückgang von Lurchpopulationen zu interpretieren (Obert 1977).

Zusammenfassung

Untersuchungen der Entwicklung des Moorfroschlaichs in den Jahren 1976 bis 1978 an 16 Laichplätzen im Landkreis Celle zeigen, daß sich der Laich an vielen Stellen schlecht oder gar nicht wegen zu hoher Azidität des Laichgewässers entwickelt.

Die Versauerung durch ständige Zufuhr saurer Niederschläge wegen SO_2-Gehaltes der Luft und Aufforstung der Einzugsgebiete mit Fichten kann die gestörte Laichentwicklung in einigen Gebieten erklären. Als Abhilfe wird für bestimmte Gewässer eine vorsichtige Kalkung mit Hüttenkalk empfohlen, um den pH-Wert auf ca. pH 5 zu erhöhen.

Schrifttum

Beamish, R.J. (1974): Loss of fish populations from unexploited remote lakes in Ontario, Canada, as a consequence of atmospheric fallout of acid. Water Research u.: 85-95.

Berge, H. u. K. Orgis (1978): Die Rauchgasentschwefelung aus biologischer Sicht. VGB Kraftwerkstechnik 58: 108-110.

Blab, J. (1976): Amphibien und Reptilien- gefährdete Bewohner der Feuchtgebiete Natur u. Landschaft 51: 219-221.

Blab, J., Nowak, E., Trautmann, W. (1977): Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. Greven.

Bless, R. (1978): Bestandänderungen der Fischfauna in der Bundesrepublik Deutschland. Greven.

Blume, H.-P., Friederich, F., Neumann, F., Schwiebert, H. (1974): Dynamik eines Düne-Moor-Biotops in ihrer Bedeutung für die Biozönose. Verh. d. Ges. f. Ökol. Erlangen: 89-114.

Bormann, F.H. u. G. Likens (1974): Acid rain: a serious regional enviromental problem. Science 184: 1176-1178.

Bottenbruch, H. u. K. Kämmer (1978): Immissionsabsenkung durch optimal dimensionierte Schornsteine. Staub-Reinhalt. Luft 38: 293-299.

Buhse, G. (1965): Beeinträchtigung der Binnengewässer und Gewässerbelastung als Folge naturfremder Maßnahmen. Anz. f. Schädlingskde. 38: 177-180.

ders. (1966): Die Lebensgemeinschaft im Wasser und ihr Schutz. Allg. Forstzeitschrift 32: 33.

Eijnsbergen, H. van (1972): Luftverunreinigungen und Korrosion. Verzinken 1: 4-7.

Ellenberg, H. (1972): Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen. Verh. d. Ges. f. Ökol. Augsburg: 19-25.

ders. (1978): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart.

Genssler, H. (1959): Veränderungen von Boden und Vegetation nach generationsweisem Fichtenanbau. Dissertation. Hann. Münden.

Georgii, H.-W. (1965): Untersuchungen über Ausregnen und Auswaschen atmosphärischer Spurenstoffe durch Wolken und Niederschlag. Ber. d. Dtsch. Wetterdienstes 100 (Bd. 14). Offenbach.

Jensen, K.W. u. E. Snekvik (1972): Low pH levels wipe out salmon and trout populations in southernmost Norway. Ambio 1: 223-225.

Kayser, K., U. Jessel, A. Köhler, G. Rönicke (1974): Die pH-Werte des Niederschlages in der Bundesrepublik Deutschland 1967 - 1972. DFG. Bonn-Bad Godesberg.

Köhm, H.-J. u. W. Lötschert (1972): pH-Wert und S-Gehalt der Baumborke als Indikatoren für Luftverunreinigungen im urban-industriellen Ökosystem um Frankfurt a. M. Verh. d. Ges. f. Ökol. Augsburg: 147-152.

Lämmel, P. (1974): Wo kommt das Schwefeldioxyd tatsächlich her? Umwelt (Sonderheft Juni 74): 21-30.

Leivestad, H. u. I. P. Muniz (1976): Fish kill at low pH in a Norwegian river. Nature 259: 391-392.

Lemmel, G. (1977): Die Lurche und Kriechtiere Niedersachsens. Hannover.

Malmer, N. (1972): Gesellschaftsentwicklung und Belastung von südschwedischen Ökosystemen. Verh. d. Ges. f. Ökol. Augsburg: 109-114.

Matthews, C. (1978): Der Regen, der den Gifttod brachte. Das Beste aus Reader's Digest (9): 44-48.

Merck (o. J.): Die Untersuchung von Wasser. 9. Aufl. Darmstadt.

Mrose, H. (1961): Ergebnisse von Spurenstoffbestimmungen im Niederschlag. Zschr. f. Meteorologie 15: 46-54.

Nisbet, I. C. T. (1974): Acid rain: fossil sulfur returned to earth. Technology Review 2: 8-9.

Obert, H.-J. (1977): Ökologische Untersuchungen zum Rückgang von Froschlurchen. Salamandra 13: 121-140.

Peukert, V. u. C. Panning (1975): Einfluß anorganischer Luftverunreinigungen auf die Wasserbeschaffenheit von Trinkwassertalsperren. Acta hydrochem. hydrobiol. 3: 545-552.

Peus, F. (1932): Die Tierwelt der Moore. Berlin.

Rönicke, G. u. D. Klockow (1974): Der Grundpegel der Schwefelkonzentration der Luft in der Bundesrepublik Deutschland 1967-1972. DFG. Bonn-Bad Godesberg.

Rosenqvist, I. Th. (1978): Versauerung von Binnengewässern. Umwelt (H. 4): 268-273.

Tischler, W. (1976): Einführung in die Ökologie. Stuttgart.

Ulrich, B. (1972): Die Filterfunktion von Böden. Verh. d. Ges. f. Ökol. Augsburg: 169-174.

(1975): Regen wird säurehaltiger. Bild der Wissenschaft (1): 6.

(1978): Untersuchungen zur Oxidation des Schwefeldioxids in der Atmosphäre. Umwelt Nr. 6O. Inform. des BMI zur Umweltplanung u. zum Umweltschutz. S. 15.

Anschrift des Verf.: H.-J. Clausnitzer, Südstr. 6, 3106 Eschede.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens

Jahr/Year: 1979

Band/Volume: 32

Autor(en)/Author(s): Clausnitzer Hans-Joachim

Artikel/Article: Durch Umwelteinflüsse gestörte Entwicklung beim Laich des Moorfrosches (Rana arvalis L.) 68-78