

# Zur Kenntnis der Toxizität des Flutenden Hahnenfusses (*Ranunculus fluitans* LAM.)

E. A. THOMAS (Zürich)

## 1. Einleitung

Der Flutende Hahnenfuss ist aus dem Rhein und anderen schweizerischen Fließwässern seit langem als ein nicht häufiger Bestandteil der Unterwasserflora bekannt und hat deshalb früher keinerlei Aufsehen erregt, noch irgendwelche Belästigungen verursacht. Seit 1970 änderten sich jedoch die Verhältnisse grundlegend, indem diese Art vom Bodensee bis unterhalb von Basel zur weit dominierenden Wasserpflanze ausgewachsen ist und in kaum für möglich gehaltenen Massen das Strombett durchwuchert; da die Pflanze im Rhein selten oder kaum Früchtchen ausbildet, muss die Vermehrung auf vegetativem Wege vor sich gegangen sein. Auf einige praktisch wichtige Aspekte, welche Einflüsse diese Massen von organischem Material bei ihrer Zersetzung auf das Flusswasser, das Flussbett (Kolmatierung, Verstopfung der Poren, Sauerstoffzehrung usw.) und auf den Grundwasserstrom haben, wurde bereits hingewiesen (THOMAS, 1975 a und b). Aus den zahlreichen limnologisch wichtigen Problemen sei im folgenden die toxische Eigenschaft des Krautes herausgegriffen. Einige alte Literaturangaben hierüber haben wir erwähnt (l. c., 1975b).

Über das in der Gattung *Ranunculus* gefundene Protoanemonin liegen zahlreiche Angaben vor (HORBER, 1971, S. 57ff.). RUIJGROK (1963) gelang es, Anemonin auch aus *R. fluitans* zu isolieren. In einer umfangreichen Studie über *Ranunculus* hatte M. BERGMANN (1944, S. 512ff.) u. a. über die Hautwirkung des frischen Krautes verschiedener Hahnenfüsse berichtet, aber auch über das Saponinvorkommen bei einigen Hahnenfussarten (exklusive *R. fluitans*). Das im *Ranunculus* vorkommende Saponin wirkt nach M. BERGMANN auf die Haut in ähnlicher Weise toxisch wie Protoanemonin. Bei unseren im folgenden geschilderten Versuchen kommt die toxische Wirkung der beiden Stoffe gemeinsam zum Ausdruck, da vorerst nur mit Kraut, nicht mit chemisch reinen Substanzen gearbeitet wurde. Unser Mitarbeiter HANSJÖRG NÄF, diplomierte Biochemiker, hat damit begonnen, die limnologischen Toxizitätsprobleme von der biochemischen Seite aus anzugehen.

Den Herren Kollegen Prof. Dr. H. FLÜCK und Prof. Dr. J. NEUKOM, ETHZ, danke ich für die Mitteilung von Literaturhinweisen, Herrn G. STAMM, diplomierte Biolog am Kantonalen Laboratorium Zürich, für die Durchführung der Fischversuche.

## 2. Toxische Wirkung von *R. fluitans* auf *Daphnia magna*

Die natürlichen Biotope der beiden Organismen sind stark voneinander verschieden: *Daphnia magna* lebt in Teichen und Tümpeln, *R. fluitans* in kräftig strömendem Wasser. Die leicht in Kultur zu haltende *D. magna* wurde hier für Versuchszwecke verwendet, weil sie im Laboratorium gut zu halten ist.

Für die Versuche mit *Daphnia* und Elritzen wurde das Hahnenfussmaterial mit Mixer fein verteilt und hierauf durch Filtration durch entfettete Watte von größeren Feststoffen befreit. Unsere bisherigen Versuche mit *D. magna* lassen sich in nachstehender Weise zusammenfassen.

### a) Versuche mit Frischmaterial (Daten aus 2 Versuchen)

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| 100 g Frischmaterial pro Liter | <i>Daphnia</i> nach 15 und mehr Minuten tot       |
| 40 g Frischmaterial pro Liter  | <i>Daphnia</i> nach 2 Stunden tot                 |
| 10 g Frischmaterial pro Liter  | <i>Daphnia</i> nach 3 Stunden geschädigt oder tot |
| 1 g Frischmaterial pro Liter   | <i>Daphnia</i> nach 18 Stunden ein Drittel tot    |

### b) Versuche mit lufttrockenem Material, bei 20° C getrocknet

(5,7 g Trockensubstanz entsprach 100 g Nasssubstanz)

|                         |   |
|-------------------------|---|
| 5,7 g Trockensubstanz   | <i>Daphnia</i> nach 50 Minuten tot              |
| 0,57 g Trockensubstanz  | <i>Daphnia</i> nach 2–18 Stunden tot            |
| 0,057 g Trockensubstanz | <i>Daphnia</i> nach 18 Stunden: ein Drittel tot |

## 3. Toxische Wirkung von *R. fluitans* auf Elritzen

Die Ergebnisse erster Versuche können hier nicht berücksichtigt werden, weil ohne Belüftung der Sauerstoffgehalt rasch absank und möglicherweise das Ergebnis beeinträchtigte. Hier sind Versuche mit belüftetem Wasser und genügendem Sauerstoffgehalt zusammengefasst.

### a) Versuche mit Frischmaterial

|                 |  |
|-----------------|--|
| 100 g pro Liter | Elritze nach 5 Minuten tot               |
| 10 g pro Liter  | Elritze nach 30 Minuten stark geschädigt |
| 1 g pro Liter   | Elritze nach 20 Stunden stark geschädigt |

### b) Versuche mit Trockensubstanz, bei 20° C getrocknet

|                   |                                   |
|-------------------|-----------------------------------|
| 5,7 g pro Liter   | Elritze nach 5 Minuten tot        |
| 0,57 g pro Liter  | Elritze nach 2 bis 18 Stunden tot |
| 0,057 g pro Liter | Elritze nach 25 Stunden lebend    |

Bei über 40° C getrocknete Trockensubstanz wirkte auf Elritzen viel weniger giftig.

## c) Versuche mit tiefgefrorenem Frischmaterial

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| 40 g pro Liter | Elritze nach 1¼ Stunden tot       |
| 10 g pro Liter | Elritze nach 3½ Stunden tot       |
| 1 g pro Liter  | Elritze nach 8 bis 18 Stunden tot |

## d) Versuche mit 8 Wochen lang aerob verrottetem Material (20° C)

Konzentrationen von 10 g bis 40 g pro Liter waren für Elritzen während eines Tages unschädlich.

## e) Versuche mit 8 Wochen lang anaerob gelagertem Material (20° C)

|                |                             |
|----------------|-----------------------------|
| 40 g pro Liter | Elritze nach 30 Minuten tot |
| 10 g pro Liter | Elritzen nach 4 Stunden tot |

4. Toxische Wirkung von *R. fluitans* auf die menschliche Haut

Über toxische Wirkungen von Hahnenfussssaft liegen wissenschaftlich durchgeführte Hautteste von MARIE BERGMANN (1944) vor. Die Autorin hat eine grössere Zahl von Hahnenfussarten in Hautreaktionen geprüft, nicht aber den damals noch wenig häufigen *R. fluitans*. Diese Art hat sich seither ebenfalls als hauttoxisch erwiesen (THOMAS, 1975b). Die im ersten Versuch entstandene starke Blasenbildung ist in Abb. 1 wiedergegeben. Bei seitherigen Versuchen bringe ich die Pflanzensubstanz in einen Plastikdeckel eines Tablettengläschens von 18 mm Durchmesser, den ich luftdicht auf der Haut befestige; so treten auch kaum Feuchtigkeitsverluste auf. In diesen Versuchen interessierten vor allem die Wirkung von getrocknetem sowie von aerob oder anaerob verrottetem Hahnenfussmaterial. Ein weiterer Versuch prüfte, ob Säure oder Lauge die Giftwirkung des *R. fluitans* verändere.

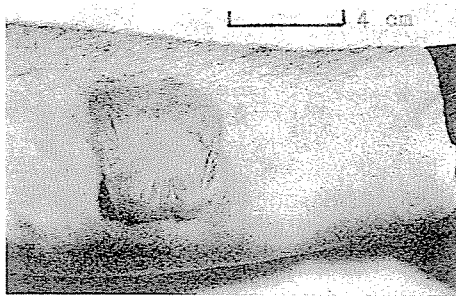


Abb. 1. Wirkung von 2 g fein zerriebenem Flutendem Hahnenfuss nach drei Tagen. Einwirkungs-dauer 9 Stunden; zuerst Rötung, dann Blasenbildung (Mai 1975).

### a) Wirkung von getrocknetem Material

Für den Hautversuch wurde dem fein zerriebenen Trockenmaterial soviel Wasser zugegeben, bis das Frischgewicht wieder erreicht war. Für das gefriergetrocknete und das bei 20° C getrocknete Material steht eindeutig fest, dass die toxische Eigenschaft nicht verloren ging, jedoch anscheinend etwas abgeschwächt wurde; Abschwächung gilt besonders für das bei 40° C getrocknete Material.

### b) Wirkung von aerob verrottetem Material

Pro Gramm Frischmaterial gab ich 1 ml Wasser bei. Die verwendete Glasflasche blieb bei 20° C offen; trotzdem durchlief der Zersetzungsprozess nach 4 Wochen offensichtlich eine Phase mit sehr geringem Sauerstoffgehalt. Bei diesem Vorgehen entwickelte sich ein übler, «chemischer» Geruch, der im weiteren Verlaufe des Prozesses einem eher angenehmen Geruch nach trockenem Kraut oder Heu Platz machte. Vor dem Hautversuch erfolgte eine Egalisierung des Materials im Mörser. Das so gewonnene Material wirkte auf die Haut nicht toxisch, im Gegensatz zum parallel geführten Frischmaterial, das tiefgefroren war.

### c) Wirkung von anaerob gelagertem Material

Das auch hier nur in zentimeterlange Stücke zerschnittene Material hatte zwar nach 8 Wochen die Farbe leicht nach braun verändert, doch sahen die Stengel- und Blatteile noch nahezu unzersetzt aus (antiseptische Wirkung des *Ranunculus*-Saponins?); ein Geruch wie bei trockenem Kraut oder Heu trat auf. Das im Mörser egalisierte Material wirkte im Hautversuch schwach, aber deutlich positiv (nach 12 Std. Rötung, dann Blase von 1 mm Durchmesser).

### d) Wirkung von mit Säure oder Lauge behandeltem Material

Bei Behandlung mit Salzsäure schlug die grüne Farbe des zermörserten Krautes zu olivbraun um, nicht aber bei Behandlung mit Natronlauge. Das in beiden Fällen vor dem Hautversuch neutralisierte Material gab keine Hautreaktion. Genauere Abklärungen sind erwünscht; siliertes Kraut sollte dem Vieh zuträglich sein.

### e) Wirkung von im Winter geerntetem Material

Nach den Angaben von HORBER (1971, S. 61 ff.) und M. BERGMANN (1944, S. 510) war zu vermuten, dass der Protoanemoningehalt von im Rhein gewachsenem *Ranunculus* auch jahreszeitlich verschieden sei. Im Gegensatz zu anderen Wasserpflanzen zeigt *R. fluitans* auch im Winterhalbjahr ein erhebliches Wachstum. Beim Auftragen von 0,5 g zermörsertem Frischmaterial vom 2. Dezember 1975 unter einem Plastikdeckel von 18 mm Durchmesser trat nach 9 Stunden keine Reaktion auf, wohl aber mit 1 g Material eine Rötung ohne Blasenbildung.

f) Wirkung von Protoanemonin auf Epiphyten von *R. fluitans*?

Erstaunlicherweise ist *R. fluitans* im Rhein weitgehend frei von Epiphyten. An einer Stelle bei Ellikon am Rhein fand ich indessen am 2. Dezember 1975 auf bodennahen Stengelteilen der Pflanze einen reichlichen Besatz von *Simulium*-Larven. Es muss Aufgabe späterer Untersuchungen sein, den Zusammenhang zwischen Epiphytenbewuchs und Protoanemonin bei *R. fluitans* zu prüfen. Nach dem bescheidenen Hauteffekt zu schliessen, war das zu dieser Zeit geerntete Material arm an Protoanemonin, im Gegensatz zu im April 1975 geerntetem Material, das unter gleichen Bedingungen auf der Haut starke Blasen erregt hatte.

Ältere Blatt- oder Stengelteile des Flutenden Hahnenfusses trugen gleichzeitig Kolonien von *Gomphonema*; die Zellen dieser Kieselalge waren durch lange, zum Teil verzweigte Gallertstiele mit dem Substrat verbunden. Möglicherweise schützten die Gallertstiele die Algenzellen vor ausgeschiedenen Giftstoffen. Andere Kieselalgen und *Cladothrix dichotoma* traten in geringer Menge auf.

g) *R. fluitans* und Wasservögel

Zu der bereits viel bearbeiteten Frage von schädlichen Wirkungen von *Ranunculus* als Nahrungsmittel für Vieh kann ich hier nichts beitragen. Hingegen beobachtete ich im Dezember 1975 auf dem Rhein Schwäne, die abgerissene und an der Flussoberfläche abtreibende Stücke von *Ranunculus fluitans* fressen. Der zu dieser Zeit geringere Gehalt an Protoanemonin dürfte dies möglich gemacht haben. Ferner ist an die Wirkung der Salzsäure des Magens zu denken.

**5. Stoffe von *R. fluitans* als Schaumbildner**

Bei den Versuchen, ob aerob verrottetes Material von *R. fluitans* noch Hautreizungen verursache, stellte ich fest, dass solche acht und mehr Wochen verrottete Reste von *R. fluitans* beim Schütteln stark zur Schaumbildung neigen. Die Schaumblasen bleiben während längerer Zeit bestehen. Für diese Schaumbildung könnten die im *Ranunculus* enthaltenen Saponine oder Stoffe verantwortlich sein, die bei der Zersetzung der Pflanze frei werden (Huminstoffe usw.).

Bekanntlich treten im Rhein, besonders unterhalb vom Rheinfluss, in den letzten Jahren lästige Schaumbildungen auf. Da *R. fluitans* schon bei Stein vorkommt, scheint es mir möglich, dass aus diesen Pflanzen (entweder direkt oder beim Schneiden und Mähen oder bei der Zersetzung) Saponine ins Wasser gelangen und nebst anderen Faktoren (Abwässern) bei der Schaumbildung im Rheinfluss mithelfen.

Nicht nur aerob verrottetes Material von *R. fluitans* gibt nach Durchschütteln eine nur langsam abklingende Schaumbildung; auch bei zermörsertem, frischem oder mit Wasser aufgeschlämmtem trockenem Material tritt sie auf. Saponine sind deshalb gelegentlich als Reinigungsmittel verwendet worden; sie wirken giftig, da sie die roten Blutkörperchen auflösen (BERGMANN 1944, S. 514ff.) und die Durchlässigkeit von Zellmembranen erhöhen.

## 6. Netzmittelwirkung des *Ranunculus*-Saponins

Saponine können als Netzmittel wirken und die Oberflächenspannung des Wassers herabsetzen. Sie sind in der Lage, Fette und Öle zu emulgieren. Limnologisch stellt sich die Frage, ob so grosse Massen von *R. fluitans*, wie sie im Rhein vorkommen, auch durch ihren Saponingehalt einen wesentlichen Einfluss auf die Biologie des Gewässers ausüben können; für diese Abklärungen sind indessen noch eingehende Untersuchungen nötig.

## 7. Bedeutung und Schwierigkeiten der mit Pflanzensubstanz durchgeführten Bioteste mit *R. fluitans*

Bioteste mit Kleintieren (z. B. *Daphnia magna*) oder mit Fischen, wie sie in dieser Studie dargelegt wurden, aber auch Hautreaktionen tragen wesentlich zum Verständnis der Bedeutung von *Ranunculus*-Massen im Gewässer bei. Leider erschweren jedoch die im folgenden aufgeführten Umstände die Auswertung der genannten Bioteste:

- a) *R. fluitans* enthält mindestens zwei verschiedene Giftstoffe (Protoanemonin und Saponin); ihr Gehalt schwankt sowohl absolut als auch relativ zueinander.
- b) Die Toxizität von *R. fluitans* unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen.
- c) Die Haltbarkeit der Giftstoffe ist noch nicht genügend bekannt.
- d) Es war nicht leicht, bei den Biotesten den Sauerstoffgehalt der *Ranunculus*-Lösungen auf einer vergleichbaren Höhe zu halten.
- e) Bei steigender Trocknungstemperatur scheint der Giftstoffgehalt von *R. fluitans* abzunehmen.
- f) Für die Beurteilung der Toxizität von *R. fluitans* auf Fließwasserbiocoenosen muss die Empfindlichkeit möglichst vieler beteiligter Einzelarten bekannt sein.

Aus den genannten Gründen ist es dringend erwünscht, die toxisch wirkenden Stoffe von *R. fluitans* und deren Abbauprodukte biochemisch genauer zu erfassen und ihre Stabilität unter limnologisch verschiedenartigen Bedingungen zu kennen.

## 8. Zusammenfassung

Der seit fünf Jahren im Rhein zwischen Bodensee und Basel üppig wuchernde *Ranunculus fluitans* produziert Stoffe, die auf *Daphnia magna* und Elritzen (*Phoxinus phoxinus*) toxisch wirken. Der Saft von 10 g Frischmaterial pro Liter Wasser wirkt auf diese Organismen schädigend oder tödlich. Für bei 20° C getrocknetes Kraut war die toxische Eigenschaft geringer, besonders aber auch für bei höherer Temperatur getrocknetes Material. Tiefgefroren aufbewahrte Pflanzen hatten von ihrer Giftigkeit kaum etwas verloren. Während aerob verrottetes Kraut nach 8 Wochen für Elritzen unschädlich war, blieb anaerob bei 20° C aufbewahrter *R. fluitans* deutlich toxisch.

In Hautversuchen wirkten die verschiedenartig behandelten Proben in ähnlicher Weise: beim Trocknen eine Abschwächung der Wirkung, beim aeroben Verrotten ein Verschwinden der Toxizität, nicht aber im anaerob während 8 Wochen gelagerten Kraut von *R. fluitans*. Säure und Lauge vermag die Hautwirkung aufzuheben. Im Winter ist *R. fluitans* wirkstoffärmer, trägt dann evl. Epiphyten (*Simulium*-Larven) und wird z. T. von Schwänen gefressen (Dezember).

Um die durch Jahreszeit und andere Faktoren (wie Ernährungszustand, Wachstumstiefe im Wasser) bedingten Schwankungen im Wirkstoffgehalt des Krautes genau zu erkennen, sind biochemische Untersuchungen vorgesehen.

### Zitierte Literatur

- BERGMANN, MARIA (1944): Vergleichende Untersuchungen über die Anatomie schweizerischer *Ranunculus*-Arten und deren Gehalt an Anemol und Saponin. Ber. Schweiz. Bot. Ges 54, 399–522.
- HORBER, F. (1971): Untersuchungen über die Entwicklung, den Protoanemoningehalt und die Bekämpfung des scharfen Hahnenfusses (*Ranunculus frieseanus* JORD.). Diss.-Nr. 4637 ETHZ, 116 S., Juris-Druck & Verlag, Zürich.
- RUIJGROK, H. W. L. (1963): Chemotaxonomische Untersuchungen bei den Ranunculaceae II. Über Ranunculin und verwandte Stoffe. Planta Medica 11, 338–347.
- THOMAS, E. A. (1975a): Kampf dem zunehmenden Wasserpflanzenbewuchs in unseren Gewässern. Krautwucherungen als schwerwiegendes Gewässerschutzproblem in Fließwässern. Wasser- und Energiewirtschaft Nr. 1/2, 8 S., Baden (Schweiz).
- (1975b): Gewässerfeindliche Wirkungen von Phosphaten in Flüssen und Bächen. Schweiz. Z. f. Hydrol., 273–288.

Adresse des Autors: Prof. Dr. E. A. THOMAS, Kilchbergstrasse 113, CH-8038 Zürich.

