Botanik und Naturschutz in Hessen **9**, 47-80, Frankfurt am Main 1997.

Biosystematische Untersuchungen an *Rumex acetosella* Linnaeus in Hessen und angrenzenden Gebieten

Ulrike Lohwasser

Zusammenfassung: An 46 Fundorten in Hessen, Thüringen, Bayern und Nordrhein-Westfalen wurden *Rumex-acetosella*-Populationen im Hinblick auf karyologische und morphologische Merkmale untersucht. Nach den Ergebnissen der karyologischen Untersuchungen kommen im Untersuchungsgebiet zwei Ploidiegrade vor, ein tetraploider (2n=28) und ein hexaploider (2n=42). Es läßt sich aber keine Korrelation zwischen Ploidiegrad und morphologischen Merkmalen finden. Weder Habitus der Pflanzen, Blattform, Zahl und Größe der Spaltöffnungen, Blütenmerkmale, Größe und Skulpturmerkmale der Pollenkörner noch die unterschiedlichen Fruchttypen zeigen eine taxonomisch relevante Beziehung zum Chromosomensatz. Als morphologische Unterscheidungsmerkmale werden in der Literatur vor allem angio- und gymnokarper Fruchttyp sowie multifide und nicht-multifide Blattform verwendet. Innerhalb einer Population wurden jedoch gleichzeitig angio- und gymnokarpe Früchte und auch multifide und nicht-multifide Blattformen gefunden. Eine systematische Untergliederung von *Rumex acetosella* kann daher im Untersuchungsgebiet nicht vorgenommen werden.

Biosystematic studies of *Rumex acetosella* Linnaeus in Hesse and adjacent territories

Summary: A cytological and morphological study of *Rumex-acetosella*-populations has been made at 46 sites in Hesse, Thuringia, Bavaria and Northrhine-Westfalia. According to the cytological results two different ploidy levels are present, a tetraploid (2n=28) and a hexaploid (2n=42). No correlations could be found between ploidy level and morphological characteristics. Neither plant habit, leaf shape, pollen-size, sculptural characteristics of the pollen grain nor different fruit-types showed any distinctive correlation with ploidy levels. Angiocarp and gymnocarp fruit-type and multifid and non-multifid leaf-shape are generally considered as taxonomically important morphological characteristics. Angiocarp and gymnocarp fruit-type and multifid and non-multifid leaf-shape appear, however, together in one population. Because of the cytological and morphological variability a systematic differentiation of *Rumex acetosella* does not appear possible in the investigated area.

Ulrike Lohwasser, Botanischer Garten, Philipps-Universität, Karl-von-Frisch-Straße, 35032 Marburg

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	48
2.	Material und Methoden	52
2.1.	Untersuchungsgebiete	52
2.2.	Standortuntersuchungen	53
2.3.	Wuchsform	53
2.4.	Karyologie	54
2.5.	Morphologie	55
3.	Ergebnisse	55
3.1.	Karyologie	55
3.2.	Morphologie	57
3.2.1.	Habitus der Pflanzen	57
3.2.2.	Blätter	57
3.2.3.	Blütenstand und Einzelblüte	63
3.2.4.	Früchte	65
3.3.	Fundortuntersuchungen	65
3.4.	Taxonomie	69
4.	Diskussion	75
5.	Literatur	78

1. Einleitung

Rumex acetosella – Kleiner Sauerampfer -, zur Familie der Polygonaceen gehörend, ist eine eurasische Art, die weit über ihr ursprüngliches Areal hinaus verschleppt wurde und heute fast ein Kosmopolit ist. Mit Ausnahme der Tropen gedeiht sie überall auf der Erde, bis über den Polarkreis hinaus und in die Hochgebirge hinein. Sie wächst auf trockenen und nährstoffarmen Böden in Pioniergesellschaften, an Wegen, Straßen- und Ackerrändern, in Brachen sowie in lückigen Magerrasen und in Wäldern.

Rumex acetosella ist eine sehr formenreiche Art, die auch in dichten Beständen gesellig wachsen kann. Schon innerhalb einer Population treten sehr große Unterschiede in bezug auf Größe der Pflanzen, Frucht- und Blattform auf. Wichtige Merkmale sind dabei die Angio- und Gymnokarpie der Früchte und die Blattformen, die anhand der unterschiedlichen Lobenanzahl der Basalblätter in multifid und nicht-multifid eingeteilt werden. Neben der Variabilität der morphologischen Merkmale gibt es genotypische Unterschiede. Sie entstehen durch Ausbildung einer Polyploidreihe, wie sie auch bei anderen *Rumex*-Arten auftritt (Weberling & Schwantes 1992).

Schon bei Linnaeus (1753) werden drei Varietäten von *Rumex acetosella* nach Habitus und Blattform unterschieden, wovon eine als multifid bezeichnet wird. Das Merkmal angiokarp/gymnokarp bei den Früchten bleibt dabei unberücksichtigt.

Balansa (1854) beschreibt zwei Arten. Gymnokarpe und multifide Pflanzen bezeichnet er als *Rumex acetoselloides*, angiokarpe Pflanzen als *Rumex acetosella* s. str. Angiokarpe Pflanzen mit multifider Blattform erhalten den Rang einer Varietät. Dabei geht er von Gymnokarpie als ursprünglichem Merkmal aus sowie von der Tatsache, daß gymnokarpe Pflanzen immer multifid sind.



Abbildung 1: Große *Rumex-acetosella*-Vorkommen bei Dammersbach.

Zum ersten Mal erhalten bei Arcangeli (1882) multifide, angiokarpe Populationen den Rang einer Unterart: *Rumex acetosella subsp. multifidus* (Linnaeus) Arcangeli.

Murbeck (1899) beschreibt wie Balansa (1854) zwei Arten, wobei er gymnokarpe Populationen *Rumex acetosella* und angiokarpe *Rumex angiocarpus* nennt. Bei beiden Arten bestätigt er das Auftreten von multifiden neben nicht-multifiden Blattformen, besonders in Südosteuropa, nimmt aber keine weitere taxonomische Gliederung vor.

Bei Ascherson & Graebner (1898-1899, 1908-1913) erfolgt eine Aufteilung in eine Vielzahl morphologischer Formen anhand der Früchte und der großen Variabilität der Blätter.

Neue Erkenntnisse über den *Rumex-acetosella*-Komplex liefert Löve, der sich über Jahre hin mit diesem Problem auseinandergesetzt hat. Er unterscheidet (1940a & b, 1941a & b, 1942, 1944, 1951) innerhalb der Untergattung *Acetosella* vier Arten anhand von vier Ploidiegraden:

Rumex angiocarpus Murbeck (2n=14),
Rumex tenuifolius (Wallroth) Á. Löve (2n=28),
Rumex acetosella Linnaeus (2n=42), sowie
Rumex graminifolius Lambert (2n=56).

Diese vier Arten sollen deutliche morphologische und physiologische Unterschiede und getrennte Verbreitungsgebiete aufweisen. Die Entwicklung des Polyploid-Komplexes soll ausgehend von der diploiden Form über drei Evolutionslinien geführt haben. Als

Entstehungsweise gibt er Autopolyploidie an, die dann zu sekundärer Allopolyploidie geführt habe. Tischler (1950) übernimmt die zytotaxonomische Einteilung von Löve (1944), beläßt es aber bei einer Gliederung in Unterarten.

Viele Untersuchungen zur Gattung *Rumex* hat Rechinger unternommen. In seiner Arbeit über die „Rumices Asiatici" (1949) übernimmt er Löves Untergattung *Acetosella* mit vier Arten. Für die Flora von Mitteleuropa gibt Rechinger (1958) drei Arten nach zytotaxonomischer Einteilung an, hält aber ihre morphologische und geographische Unterscheidung für schwierig. In den „Rumices Anatolici" (1959) unterscheidet er zwei Arten, *Rumex acetosella* s. str. und *Rumex tenuifolius*, nach rein morphologischen Merkmalen. Rechinger (1964) teilt die Untergattung *Acetosella*, die Löve & Löve (1956) als Gattung *Acetosella* abtrennten, in eine *Rumex-acetosella*-Gruppe und *Rumex graminifolius* ein, wobei er die *Rumex-acetosella*-Gruppe entsprechend dem Polyploid-Komplex (Löve 1944) in drei Arten gliedert. Er gibt zu bedenken, daß die Arten kritisch sind und eine konsequente Unterscheidung nicht möglich ist.

Johnson & Briggs (1962) untersuchen die Gattung *Acetosella* in Australien, wo sie nur hexaploide, angiokarpe Populationen finden, die sich nach Löve nicht zuordnen lassen.

Weinert (1963) unterscheidet in Europa vier Arten, die in zytotaxonomischer Hinsicht aufgrund des bekannten Polyploid-Komplexes (Löve 1944) leicht zu unterscheiden sind. Für die problematische morphologische Unterscheidung erstellt er anhand der Früchte und der unterschiedlichen Blattformen einen Bestimmungsschlüssel.

Harris (1969) stellt fest, daß Zell- und Organgröße nicht mit dem Ploidiegrad korrespondieren, wie von Löve (1944) behauptet; er findet sowohl in gymnokarpen als auch in angiokarpen Populationen verschiedene Chromosomensätze. Für Europa arbeitet er heraus (Harris 1973), daß innerhalb einer Population sehr große Schwankungen bedingt durch vegetative und reproduktive Phasen auftreten. Aufgrund der großen morphologischen und zytologischen Variationsmöglichkeiten sollte die Unterteilung nach den Chromosomensätzen aufgegeben werden und es bei einem komplexen Taxon, *Rumex acetosella* s. l., belassen werden. Bei seinen Untersuchungen zur phylogenetischen Entwicklung gibt er diploid und gymnokarp als ursprüngliche Merkmale an, wovon sich die Angiokarpie abgeleitet habe. Dann habe eine separate Polyploidisierung der gymnokarpen und angiokarpen Morphotypen stattgefunden; Pflanzen in neubesiedelten Gebieten seien überwiegend hexaploid, angiokarp und breitblättrig.

Melzheimer (1981) zweifelt die von Löve (1956) vorgenommene Abtrennung der Gattung *Acetosella* von der Gattung *Rumex* an. Die Abgrenzung der einzelnen Arten des *Rumex-acetosella*-Komplexes hält er aufgrund der niederländischen Untersuchungen von Sterk und den Nijs für problematisch, da eine große Variationsbreite auch über die einzelnen Ploidiegrade hinaus vorliegt.

Untersuchungen in den Niederlanden (Sterk & al. 1969), in Südafrika (Sterk 1970), in Belgien (Sterk & den Nijs 1971), in Frankreich (den Nijs 1974), in den Alpen (den Nijs 1976) sowie in Westdeutschland (Sprenger 1977) bestätigen die Problematik des *Rumex-acetosella*-Komplexes. Angio- und Gymnokarpie treten durchweg bei verschiedenen Chromosomensätzen auf. Außerdem stimmen die Verbreitungsgebiete mit den Löveschen Angaben (1941) nicht überein. Für die Niederlande und Westdeutschland wird eine Grenzlinie festgestellt, die in Höhe Nijmegen-Dordrecht in den Nie-

derlanden und Köln-Kassel in Deutschland verläuft; nördlich dieser Linie sind die Populationen überwiegend gymnokarp, südlich überwiegend angiokarp.

Bei Analysen zur Pollenmorphologie (den Nijs & al. 1980) zeigt sich eine hohe Inhomogenität auf jeder der drei Ploidiestufen. Aufgrund der großen Schwankungen der Pollenkorndurchmesser und der beträchtlichen Inkonstanz der Skulpturmerkmale besitzen diese keinen diagnostischen Wert.

Nach weiteren Untersuchungen in der ČSSR, in Österreich und der angrenzenden BRD (1982) sowie in Südosteuropa (1983) kommt den Nijs zu dem Schluß, daß die phylogenetische Entwicklung von einer diploiden, gymnokarpen und multifiden Grundform aus Südosteuropa und Anatolien ausgegangen ist.

Während den Nijs 1983 noch eine Einteilung in 11 Taxa vornimmt, reduziert er diese 1984 zu vier Unterarten mit verschiedenen morphologischen Merkmalen und getrennten Verbreitungsgebieten, die einen diploiden, tetraploiden oder hexaploiden Chromosomensatz aufweisen können. Bei sympatrischem Vorkommen von tetra- und hexaploiden Pflanzen treten Kreuzungen auf.

Bei Untersuchungen zum *Rumex-acetosella*-Komplex auf der Iberischen Halbinsel (den Nijs & al. 1985) werden die vorher getroffenen Aussagen noch einmal bestätigt. Die Verfasser halten es für sehr wahrscheinlich, daß es zwei Evolutionslinien gibt, die zu zwei Ploidiereihen geführt haben, eine primäre aus Südosteuropa und eine sekundäre aus Südwesteuropa.

Löve (1983) stellt einen neuen Bestimmungsschlüssel für die Gattung *Acetosella* auf. Er hält daran fest, aufgrund zytogenetischer und morphologischer Merkmale die Gattung *Acetosella* von der Gattung *Rumex* abzutrennen und vier Arten im *Rumex-acetosella*-Komplex mit artspezifischem Chromosomensatz und getrennten Verbreitungsgebieten zu unterscheiden. Morphologische Merkmale werden nur bei Unterarten genutzt. Er unterscheidet:

Acetosella vulgaris (Koch) Fourreau (2n=42)
    subsp. vulgaris: gymnokarp
    subsp. pyrenaica (Pourret) Á. Löve: angiokarp
Acetosella multifida (Linnaeus) Á. Löve (2n=28)
    überwiegend gymnokarp
Acetosella graminifolia (Rudolph) Á. Löve (2n=56)
Acetosella angiocarpa (Murbeck) Á. Löve (2n=14)
    im westlichen Verbreitungsgebiet angiokarp
    im östlichen Verbreitungsgebiet gymnokarp

Akeroyd (1991, 1993) greift das Problem der Taxonomie des *Rumex-acetosella*-Komplexes erneut auf und gibt in Anlehnung an den Nijs (1984) vier Unterarten an:

Rumex acetosella subsp. acetosella Linnaeus
    gymnokarp; Basalloben der Blätter einfach
    2n = 28, 42; Nord-, Nordwest- und Zentraleuropa

Rumex acetosella subsp. acetoselloides (Balansa) den Nijs
gymnokarp; Basalloben der Blätter handförmig geteilt (multifid)
2n = 14, 28, 42; Südosteuropa, selten in Zentraleuropa

Rumex acetosella subsp. pyrenaicus (Pourret de Figeac ex Lapeyrousse) Akeroyd
angiokarp; Basalloben der Blätter einfach
2n = 14, 28, 42, 56; West-Europa

Rumex acetosella subsp. multifidus (Linnaeus) Arcangeli
angiokarp; Basalloben der Blätter handförmig geteilt (multifid)
2n = 14, 28, 42; Zentral- und Süditalien, Balkanhalbinsel, Rumänien

Die Untersuchungen zeigen die Problematik einer taxonomischen Gliederung des *Rumex-acetosella*-Formenkreises. Dies schlägt sich auch in der europäischen Bestimmungsliteratur nieder, wo bis heute verschiedene Gliederungsansätze verwendet werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, durch Untersuchung von *Rumex-acetosella*-Populationen in Hessen und angrenzenden Gebieten folgende Fragen zu klären:

1. Lassen sich in diesem relativ begrenzten Gebiet verschiedene Ploidiegrade nachweisen?
2. Kann man die verschiedenen Ploidiegrade, sofern vorhanden, anhand von morphologischen Merkmalen erkennen?
3. Ist es aufgrund morphologischer und karyologischer Merkmale möglich, eine taxonomische Gliederung vorzunehmen?

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiete

Als vorbereitende Untersuchungen wurden das Herbarium Haussknecht, Jena, und das Senckenberg-Herbarium, Frankfurt am Main, gesichtet, wobei Fundorte mit in bezug auf die Blattform interessant erscheinenden Belegen ermittelt wurden. Ergänzend dazu standen mir für Hessen Angaben von Karl P. Buttler, Thomas Gregor und Wieland Schnedler zur Verfügung. Die drei Untersuchungsorte in Nordrhein-Westfalen gehen auf Funde von Volker Melzheimer zurück. Auf Anraten von Herrn den Nijs, der bei Neumarkt i.d.Opf. interessante Populationen gefunden hatte, wurden dort ebenfalls Untersuchungen durchgeführt. So ergibt sich ein Untersuchungsgebiet mit Schwerpunkt in Hessen und West-Thüringen; dazu kommen gezielt ausgewählte Orte in Nordrhein-Westfalen und Bayern. Sämtliche Untersuchungsorte wurden während der Vegetationsperiode 1994 mehrfach aufgesucht.

2.2. Standortuntersuchungen

An jedem Standort wurden Bodenart und pH-Wert bestimmt, weitere Angaben wurden Übersichtswerken entnommen. Außerdem wurde Frischmaterial zur Kultivierung und zum Herbarisieren mitgenommen.

Die Untersuchung der Bodenart erfolgte über die Fingerprobe (Kuntze & al. 1988) mit Erde aus 10 cm Bodentiefe. Der Gesteinsuntergrund wurde geologischen Karten entnommen.

Die Ermittlung des pH-Wertes erfolgte mit Erde aus 10 cm Tiefe. Hierzu wurden 5 g Erde mit 10 ml Aqua demineralisata vermischt, geschüttelt und nach 5 Minuten der pH-Wert mit Universal-Indikatorpapier für einen pH-Bereich von 1-11 und mit MN-Spezial-Indikatorpapier für einen pH-Bereich von 0,5-5,5 der Firma Macherey-Nagel bestimmt.

2.3. Wuchsform

Rumex acetosella ist eine perennierende, diözische und anemogame Pflanze, die sich sowohl durch sexuelle Fortpflanzung als auch durch vegetative Vermehrung weiterverbreiten kann. Bei der sexuellen Fortpflanzung entwickelt sich nach erfolgter Befruchtung eine einsamige Nuß, die von den inneren Perigonblättern (Valven) umgeben ist. Aus dem Samen entsteht eine Keimpflanze mit kurzem Hypokotyl und langer, reichverzweigter Hauptwurzel. Die auf die Kotyledonen folgenden Primärblätter haben eine einfache längliche Spreite. Erst die Folgeblätter weisen dann die für *Rumex acetosella* charakteristische Blattspreite mit Spießecken auf. Der Muttersproß bringt im Spätsommer eine Laubblattrosette hervor; er erfährt gelegentlich noch am Ende des Keimjahres eine Internodienstreckung und schließt dann mit einer Infloreszenz ab. Nach der Blüte stirbt nur der Blütenstengel ab, während Knospen in den Achseln der Rosettenblätter überwintern und im nächsten Jahr zu neuen Blütentrieben auswachsen. Somit kann man *Rumex acetosella* in bezug auf seine Überwinterungsform als Hemikryptophyt ansehen (Rauh 1937, Troll 1943). Die vegetative Vermehrung erfolgt durch Seitenwurzeln, die an alten Pflanzen eine Länge bis zu dreiviertel Meter und mehr erreichen können und sich flach unter der Bodenoberfläche ausbreiten. Diese bilden Adventivknospen, aus denen erst einfach gestaltete Laubblätter, die den Primärblättern der Keimpflanze entsprechen, hervorgehen, später dann auch hier die für *Rumex acetosella* typischen Folgeblätter. Die weitere Entwicklung entspricht der des Muttersprosses. Der Wurzelsproß von *Rumex acetosella* ist in seiner Gesamtheit mehrere Jahre ausdauernd. Somit kann man ihn in seiner Gesamtheit als Wurzelgeophyt bezeichnen. Eine Loslösung der Wurzelsprosse von der Mutterpflanze findet nicht statt. So kann man die interessante Erscheinung beobachten, daß ein ausgedehnter Bestand plötzlich verschwinden kann. Geht nämlich die Mutterpflanze zugrunde, so sterben in der Regel fast alle Wurzelsprosse mit ab (Rauh 1937).



Abbildung 2: *Rumex acetosella*, Habitus einer Pflanze mit Wurzelsprossen (Wk). Diese entspringen vornehmlich den langen, horizontal orientierten Seitenwurzeln. Hauptsproß mit Infloreszenz (Hp). Hypokotyl (Hy). Bodenniveau (NN). Nach Rauh (1937).

2.4. Karyologie

Für die Chromosomen-Untersuchungen wurde Material der einzelnen Untersuchungsorte in Töpfen kultiviert. Es wurden jeweils die Wurzelspitzen von drei bis fünf verschiedenen Pflanzen untersucht. Die Wurzelspitzen werden gegen 8.00 Uhr abgenommen und zur Fixierung der Metaphase 3-4 Stunden in eine 0,002m 8-Hydroxychinolin-Lösung gelegt. Danach werden sie in eine Lösung aus 96%igem Alkohol und Eisessig (3:1) überführt, worin sie über längere Zeit aufbewahrt werden können. Die Anfärbung der Wurzelspitzen erfolgt mit Eisenkarmin-Lösung; man läßt sie vor der mikroskopischen Betrachtung circa 24 Stunden in der Farblösung stehen. Anschließend bringt man die Wurzelspitzen einzeln auf den Objektträger in Karmin-Essigsäure-Lösung. Nach vorsichtigem Erhitzen lassen sich die Wurzelzellen durch leichtes Quetschen und Klopfen auf den Objektträger ausbreiten, wobei die Chromosomen im Lichtmikroskop deutlich sicht- und zählbar werden.

2.5. Morphologie

Die morphologischen Untersuchungen wurden am Standort, an kultiviertem Freiland- und an Herbarmaterial durchgeführt. Zur Charakterisierung der einzelnen Populationen wurden der Habitus der einzelnen Pflanzen, die Blattform sowohl der Winterblätter als auch der Blätter am Blütentrieb, der Blütenstand, die Einzelblüte und die Früchte genauer untersucht.

Die verschiedenen Blattformen ergaben sich anhand unterschiedlicher Zahlen an Spießecken sowie aufgrund eines differenzierten Längen-/Breitenverhältnisses. Hierzu wurden am Standort circa 50-100 blühende Triebe sowie circa 50-100 Winterblattrosetten untersucht.

Zur Ermittlung der Stomatagrößen und -dichten wurden Flächenschnitte der Blattunterseite hergestellt, sofort in Wasser überführt und mikroskopisch ausgewertet.

Der Blütenstand wurde in seiner Gesamtlänge vermessen und in Beziehung zum vegetativen Teil des Blütenstengels gesetzt, um das Verhältnis zwischen generativem und vegetativem Bereich zu ermitteln.

Bei den Einzelblüten wurde der Durchmesser der vollständig aufgeblühten männlichen und weiblichen Blüten festgestellt. Außerdem wurde frischer Pollen in Wasser überführt und einer lichtmikroskopischen Untersuchung hinsichtlich der Größe und Form der Pollenkörner unterzogen. Es wurden jeweils circa 100 Pollenkörner untersucht.

Ein weiteres wichtiges Merkmal sind die Früchte, die zum Teil angiokarp – mit den inneren Perigonblättern verklebt – sind. Hier wurden erste Voruntersuchungen bereits am Standort in Form einer „Rubbel-Probe“ durchgeführt. Genauere Angaben ließen sich durch die Betrachtung mit dem Stereomikroskop erzielen. Die Analyse der Oberflächenstruktur der inneren Perigonblätter sowie der Fruchtoberfläche wurde mit dem Rasterelektronenmikroskop durchgeführt. Weiterhin wurden Größe und Gewicht von circa 10-20 Früchten ermittelt.

Zur Vertiefung der eigenen Untersuchungen wurden das Herbarium Haussknecht, Jena, das Senckenberg-Herbarium, Frankfurt am Main, das Herbarium der Universität Hamburg, das Herbarium der Botanischen Staatssammlung München und das Herbarium der Universität Amsterdam gesichtet.

3. Ergebnisse

3.1. Karyologie

Im Untersuchungsgebiet konnten zwei Ploidiegrade nachgewiesen werden, eine tetraploide Form mit 2n = 28 Chromosomen und eine hexaploide Form mit 2n = 42 Chromosomen.

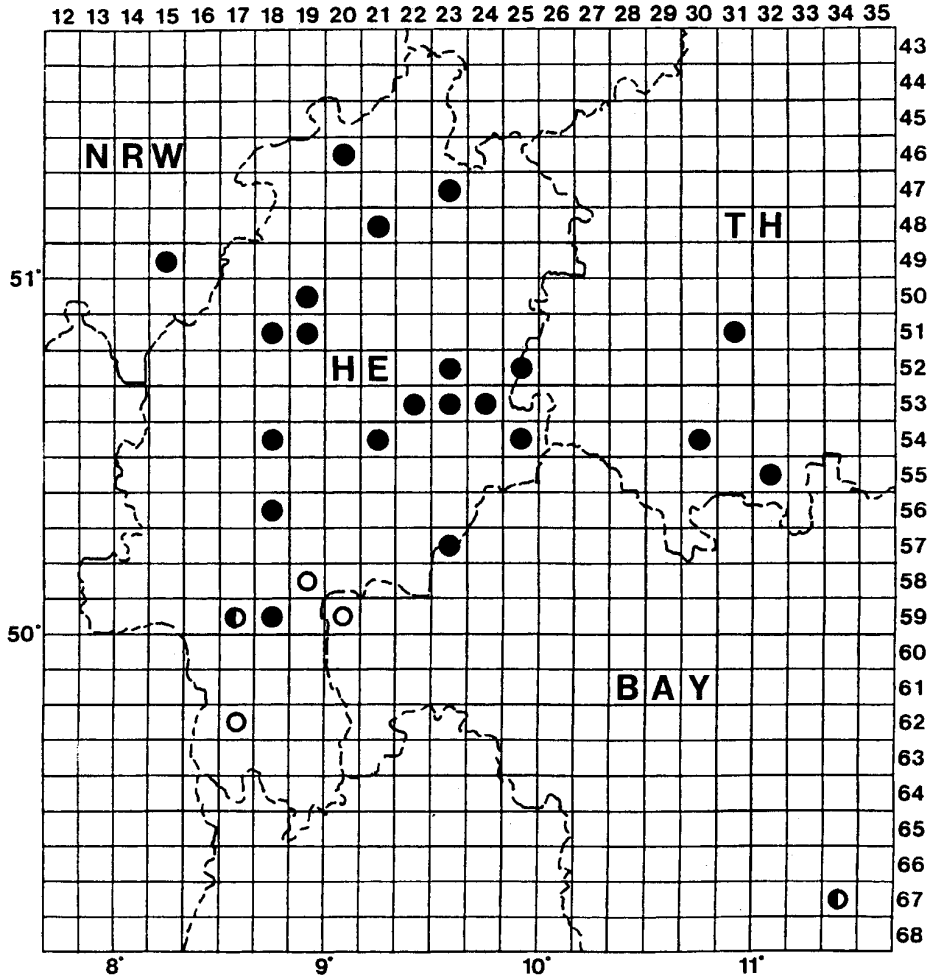


Abbildung 3: Verteilung der tetraploiden (2n=28; offene Kreise) und hexaploiden Formen (2n=42; ausgefüllte Kreise) an den untersuchten Fundorten. Halbausgefüllte Kreise: Gemeinsames Vorkommen der tetraploiden und hexaploiden Form.

Die Verbreitung der tetraploiden und hexaploiden Formen ist in Abbildung 3 dargestellt. Hierbei zeigt sich, daß die tetraploide Form in Südhessen, besonders im Frankfurter Raum, und bei Neumarkt i.d.Opf. auftritt. Die hexaploide Form kommt vielerorts in Hessen, Thüringen und an den untersuchten Fundorten in Nordrhein-Westfalen vor. Im Frankfurter Raum und bei Neumarkt i.d.Opf. liegen beide Ploidiegrade gemeinsam vor.

3.2. Morphologie

Die genaue Betrachtung der morphologischen Merkmale im Untersuchungsgebiet ist zur Einordnung unerläßlich. Für *Rumex acetosella* wurden der Habitus der Pflanzen, die Blätter, der Blütenstand mit Einzelblüten sowie die Früchte auf mögliche Unterscheidungsmerkmale hin untersucht.

3.2.1. Habitus der Pflanzen

Die Pflanzen zeichnen sich durch aufrechten Wuchs aus, niederliegende Formen wurden nicht gefunden. Die Größe schwankt je nach Standort, und auch der Verzweigungsgrad an den einzelnen Blütentrieben ist verschieden. Wird ein Standort regelmäßig gemäht, sind die Pflanzen kleiner und gedrungener. Bei sehr dichten Populationen sind die außen stehenden Pflanzen in der Regel etwas größer. Der Habitus der einzelnen Pflanzen variiert selbst innerhalb einer Population beträchtlich.

3.2.2. Blätter

Bei den Blättern lassen sich innerhalb einer Population verschiedene Formen nachweisen, und sogar am einzelnen Individuum kommen verschiedene Blattausprägungen vor (Abbildung 4).

Allgemein läßt sich feststellen, daß die Blätter um so größer sind, je schattiger der Standort ist. Bei der weiteren Untersuchung wird zwischen Blättern der Laubblattrosette, hier als Winterblätter bezeichnet, und Blättern an den Blütentrieben unterschieden.

Die Winterblätter sind immer mehr oder weniger lang gestielt und meist größer und breiter als die Blätter am Blütentrieb. Es kommen alle fünf Merkmalsformen (Abbildung 4) vor, wobei die schmalblättrige Form relativ selten ist. Sowohl innerhalb von tetraploiden als auch hexaploiden Populationen treten meist mehrere Merkmalsformen gemeinsam auf. In Tabelle 1 wird die prozentuale Zusammensetzung der Winterblattformen sowie das Verhältnis von Länge zu Breite an den einzelnen Fundorten aufgezeigt, das an circa 20-30 Blättern verschiedener Blattrosetten ermittelt wurde.

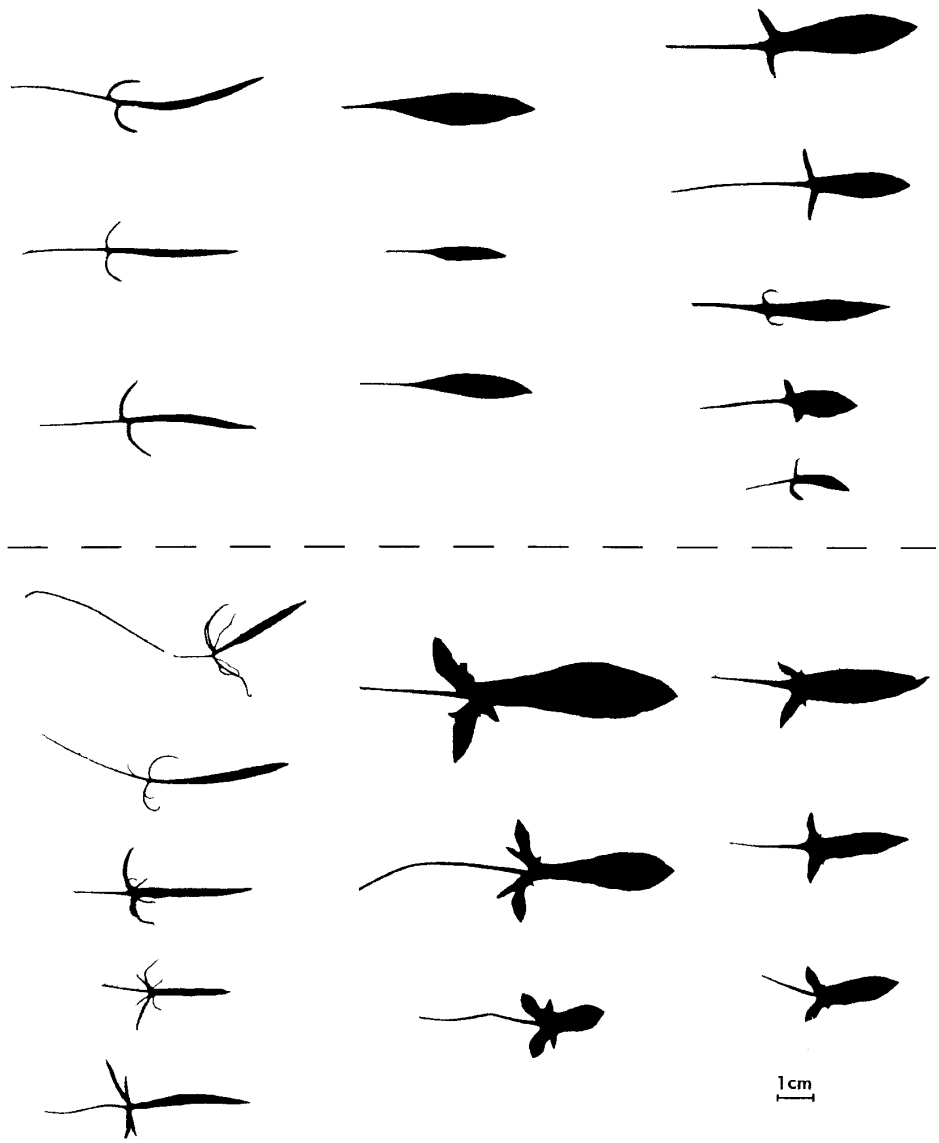


Abbildung 4: Blattformen im Untersuchungsgebiet. Obere Reihe: links: schmalblättrig (mindestens 10* länger als breit); Mitte: Blattspreite ohne Basalloben (ohne Spießecken); rechts: Basalloben der Blätter ungeteilt, (1 Paar Spießecken). Untere Reihe: links und Mitte: multifide Blattform, Basalloben der Blätter handförmig geteilt; ein Individuum gilt als multifid, wenn 1 Blatt multifid ist; rechts: doppelte Zähnung; an den Basalloben auf jeder Seite mit einem kleinen Zähnchen.

Die Blätter an den Blütenstengeln kommen zum Teil einzeln vor, zum Teil in Wirteln. Die unteren Blätter sind meist lang gestielt, während die oberen Blätter sitzend oder fast sitzend sind. Die Blätter werden nach oben kleiner und schmaler und weisen normalerweise keine Spießecken auf. Zur Festlegung der Merkmalsausprägung sowie zum Bestimmen des Längen-/Breitenverhältnisses können deshalb nur untere Blätter des Blütentriebs verwendet werden. Es kommen alle fünf Merkmalsformen vor (Abbildung 4). Sowohl innerhalb von tetraploiden als auch hexaploiden Populationen treten meist mehrere Blattformen gemeinsam auf. Die schmalblättrige Form kommt meistens mit der multifiden Form zusammen vor. In Tabelle 2 wird die prozentuale Zusammensetzung der Blattformen am Blütenstengel sowie das Längen-/Breitenverhältnis für die einzelnen Fundorte aufgezeigt, das an circa 20-30 Blättern verschiedener Blütentriebe ermittelt wurde.

An den Blättern der Blütentriebe wurden dazu die Stomatagrößen und -zahlen ermittelt, die sowohl bei tetraploiden als auch bei hexaploiden Populationen Schwankungen unterliegen. Die Größe der Stomata liegt im Bereich von 33,3-66,7 µm (Tabelle 3).

Tabelle 1: Winterblätter. (Keine Angaben liegen für die Fundorte 8a und 17 vor.)

Fundort	Chromosomensatz (2n)	Blätter Länge/Breite	1 Paar Spießecken	doppelte Zähnung	multifid	ohne Spießecken
1	42	2,1-2,4	100%	·	·	·
1a	42	2,4-2,8	100%	·	·	·
2	42	1,8-2,1	100%	·	·	·
3	42	3,0-5,2	45%	50%	5%	·
4	42	2,4-6,0	100%	·	·	·
5	42	2,1-4,5	50%	·	·	50%
6	42	2,3-8,4	70%	30%	·	·
7	42	1,8-3,2	70%	30%	·	·
8	42	2,2-5,0	100%	·	·	·
9	42	1,8-2,9	95%	5%	·	·
10	42	1,8-2,3	100%	·	·	·
11	42	3,5-4,0	95%	5%	·	·
12	42	1,8-2,2	75%	·	·	25%
13	42	2,1-2,5	100%	·	·	·
14	42	1,7-2,3	90%	·	·	10%
15	42	1,7-4,0	80%	10%	·	10%
16	42	1,7-2,2	95%	·	5%	·
18	42	2,7-3,0	90%	·	·	10%
19	42	2,1-2,9	75%	·	·	25%
20	28	·	50%	·	50%	·
21	42	1,5-2,6	75%	·	·	25%
22	28	1,2-2,0	100%	·	·	·
23	28	2,0-3,2	80%	·	·	20%

Fundort	Chromoso-mensatz (2n)	Blätter Länge/Breite	1 Paar Spießecken	doppelte Zähnung	multifid	ohne Spießecken
24	28	3,0-4,0	100%	·	·	·
25	28	1,5-2,8	80%	·	·	20%
26	28	1,7-2,2	100%	·	·	·
27	28	2,3-10,5	70%	·	30%	·
28	42	2,5-2,6	100%	·	·	·
29	42	2,5-3,8	100%	·	·	·
30	28	2,2-6,4	90%	·	10%	·
31	28	3,1-5,4	100%	·	·	·
31a	28	2,0-2,6	80%	·	·	20%
32	42	1,7-2,5	70%	·	30%	·
33	42	1,6-2,0	100%	·	·	·
34	42	3,6-4,0	40%	·	60%	·
35	42	2,3-3,6	100%	·	·	·
36	42	2,3-3,9	100%	·	·	·
37	42	2,5-3,4	100%	·	·	·
38	42	1,8-2,3	100%	·	·	·
39	42	2,6-4,2	95%	5%	·	·
40	42	1,8-2,2	95%	·	5%	·
41	42	1,8-2,5	100%	·	·	·
42	42	1,1-2,0	70%	·	·	30%
43	42	2,3-2,9	80%	·	·	20%
44	28	2,4-4,8	100%	·	·	·
45	28	1,9-5,0	50%	·	50%	·
46	42	1,9-3,1	100%	·	·	·

Anmerkung zu Tabelle 1: Fundort 20: 40% der Blätter sehr schmal mit 1 Paar Spießecken (Verhältnis Länge/Breite: 17,5-29,0), 10% breit mit 1 Paar Spießecken (Verhältnis Länge/Breite: 2,0 -2,2).

Anmerkungen zu Tabelle 2: Fundort 15: 80% der Blätter 10* länger als breit. Fundort 18: 10% der Blätter mit nach oben gerichteten Spießecken. Fundort 21: 80% der Blätter mit nach oben gerichteten Spießecken.

Tabelle 2: Blätter am Blütenstengel. (o) = Spießecken nach oben gerichtet. (Keine Angaben liegen für die Fundorte 8a und 31a vor.)

Fundort	Chromosomensatz (2n)	Blätter Länge/Breite	1 Paar Spießecken	doppelte Zähnung	multifid	ohne Spießecken
1	42	3,3	100%	·	·	·
1a	42	3,4-6,7	95%	5%	·	·
2	42	2,7-5,8	65%	30%	5%	·
3	42	3,0-7,7	45%	50%	5%	·
4	42	11-35	100% (o)	·	·	·
5	42	3,2-7,0	50%	·	·	50%
6	42	3,9-12,5	75%	·	·	25%
7	42	3,1-7,7	50%	25%	·	25%
8	42	3,3-9,5	90%	5%	5%	·
9	42	3,6-4,2	95%	5%	·	·
10	42	2,9-5,3	95%	5%	·	·
11	42	5,6-11,7	90%	·	·	10%
12	42	3,5-5,4	50%	50%	·	·
13	42	3,3-9,5	85%	5%	·	10%
14	42	2,6-8,5	70%	30%	·	·
15	42	6,2-24,0	100% (o)	·	·	·
16	42	2,8-6,5	85%	5%	·	10%
17	42	5,3-9,0	95%	5%	·	·
18	42	2,7-6,3	70%	·	30%	·
19	42	2,6-12,0	75%	·	·	25%
20	28	12-44	40% (o)	·	60%	·
21	42	3,3-8,8	100%	·	·	·
22	28	2,7-6,0	60%	20%	·	20%
23	28	3,8-14,0	80% (o)	·	·	20%
24	28	2,8-3,4	50%	50%	·	·
25	28	3,8-5,3	50%	50%	·	·
26	28	2,7-5,3	20%	80%	·	·
27	28	15-48	40% (o)	·	60%	·
28	42	2,4-6,3	90%	·	10%	·
29	42	3,0-14,0	50%	50%	·	·
30	28	6,7-32,0	70% (o)	20%	10%	·
31	28	8,5-25,0	100% (o)	·	·	·
32	42	2,6-4,8	10%	10%	60%	10%
33	42	3,7-5,4	75%	·	25%	·
34	42	4,0-8,7	40%	·	60%	·
35	42	3,6-6,8	100%	·	·	·
36	42	4,0-5,0	95%	5%	·	·

Fundort	Chromosomensatz (2n)	Blätter Länge/Breite	1 Paar Spießecken	doppelte Zähnung	multifid	ohne Spießecken
37	42	4,5-6,4	95%	·	·	5%
38	42	3,5-4,0	50%	50%	·	·
39	42	2,5-6,8	75%	25%	·	·
40	42	2,8-5,4	100%	·	·	·
41	42	3,3-6,6	50%	50%	·	·
42	42	2,6-3,4	100%	·	·	·
43	42	3,0-6,1	100%	·	·	·
44	28	9,3-21,0	40% (o)	·	60%	·
45	28	3,4-14,8	40% (o)	·	60%	·
46	42	4,6-8,6	70%	10%	·	20%

Tabelle 3: Spaltöffnungen. (Keine Angaben liegen für die Fundorte 1a, 8, 11, 20, 21, 28, 32 und 42 vor.)

Fundort	Chromosomensatz (2n)	Spaltöffnungen Größe (in µm)	Spaltöffnungen Zahl (auf 0,2 * 0,1 cm)
1	42	41,7-50,0	44
2	42	46,7-50,0	57
3	42	46,7-50,0	46
4	42	41,7-46,7	48
5	42	41,7-50,0	42
6	42	46,7-50,0	41
7	42	50,0-53,3	41
9	42	50,0	42
10	42	50,0	44
12	42	46,7-50,0	43
13	42	41,7-50,0	65
14	42	50,0-66,7	48
15	42	50,0-58,3	43
16	42	50,0	49
17	42	46,7-50,0	40
18	42	50,0-58,3	37
19	42	66,7	30
22	28	50,0-66,7	33
23	28	58,3	35
24	28	50,0-66,7	31

Fundort	Chromosomen-satz (2n)	Spaltöffnungen Größe (in µm)	Spaltöffnungen Zahl (auf 0,2 * 0,1 cm)
25	28	58,3-66,7	32
26	28	50,0-58,3	30
27	28	50,0	24
29	42	58,3-66,7	30
30	28	46,7	42
31	28	46,7-50,0	43
31a	28	46,7-58,3	42
33	42	46,7-50,0	57
34	42	46,7-50,0	57
35	42	50,0	48
36	42	50,0	51
37	42	46,7-50,0	50
38	42	50,0-58,3	59
39	42	46,7-53,3	66
40	42	50,0-58,3	49
41	42	33,3-46,7	63
43	42	41,7-50,0	50
44	28	46,7-50,0	45
45	28	33,3-41,7	59
46	42	41,7-46,7	55

3.2.3. Blütenstand und Einzelblüte

Bei der Untersuchung sowohl der männlichen als auch der weiblichen Blütenstände wurde das Verhältnis zwischen generativem und vegetativem Bereich ermittelt. Die Blütenstände begannen in der Mitte des Blütentriebes oder darüber, so daß sich ein Verhältnis zwischen Blütenstand und vegetativer Zone von 1:1 oder 1:2 nachweisen ließ.

Bei der Einzelblüte wurde der Durchmesser der aufgeblühten männlichen und weiblichen Blüten ermittelt. Es ergaben sich unabhängig vom Fundort für die männlichen Blüten 1,5-2,0 mm und für die weiblichen Blüten 1,0-1,5 mm. Weiterhin wurden der Durchmesser der Pollenkörner sowie ihre Skulpturmerkmale bestimmt (Tabelle 4). Es zeigt sich, daß der Pollendurchmesser beträchtliche Schwankungen im Bereich von 18,8-33,3 µm aufweist. Auch die prozentuale Zusammensetzung von drei- (triporaten/tricolporaten) und vierporigen (tetraporaten/tetracolporaten) Pollenkörnern ist von Fundort zu Fundort verschieden.

Tabelle 4: Pollen. Bei den Fundorten 5, 7 und 25 liegen keine Angaben zum Verhältnis der tri- zu tetraporaten Pollenkörner vor. (Keine Angaben liegen für die Fundorte 1, 19, 31, 38 und 46 vor.)

Fundort	Chromosomen-satz (2n)	Pollen Größe (in µm)	Porenzahl 3	4
1a	42	20,8-33,3	50%	50%
2	42	29,2	·	100%
3	42	27,1-33,3	30%	70%
4	42	25,0-31,3	30%	70%
5	42	27,1	·	·
6	42	25,0-29,2	·	100%
7	42	27,1	·	·
8	42	20,8-29,2	·	100%
8a	42	25,0-29,2	30%	70%
9	42	22,9-29,2	·	100%
10	42	25,0-33,3	30%	70%
11	42	29,2	·	100%
12	42	20,8-25,0	·	100%
13	42	25,0-29,2	·	100%
14	42	29,2	·	100%
15	42	29,2-31,3	·	100%
16	42	29,2-31,3	·	100%
17	42	25,0-27,1	30%	70%
18	42	25,0-27,1	·	100%
20	28	22,9-27,1	100%	·
21	42	18,8-22,9	10%	90%
22	28	22,9-25,0	10%	90%
23	28	20,8-25,0	·	100%
24	28	20,8-22,9	10%	90%
25	28	22,9-25,0		
26	28	20,8-29,2	·	100%
27	28	22,9-27,1	30%	70%
28	42	25,0-31,3	30%	70%
29	42	25,0-33,3	·	100%
30	28	25,0-29,2	30%	70%
31a	28	20,8-25,0	10%	90%
32	42	25,0-29,2	·	100%
33	42	20,8-29,2	·	100%
34	42	25,0	·	100%
35	42	25,0-29,2	25%	75%
36	42	25,0-33,3	·	100%
37	42	25,0-29,2	·	100%
39	42	22,9-29,2	·	100%
40	42	20,8-27,1	·	100%
41	42	20,8-25,0	30%	70%
42	42	25,0-29,2	·	100%
43	42	20,8-25,0	20%	80%
44	28	18,8-20,8	50%	50%
45	28	25,0-29,2	75%	25%

3.2.4. Früchte

Im Untersuchungsgebiet wurden zwei Fruchttypen nachgewiesen, ein gymnokarper, bei dem das Perikarp der Nuß nicht mit den Valven (inneren Perigonblättern) verbunden ist, und ein angiokarper, bei dem die Valven mit dem Perikarp verklebt sind. Dies läßt sich durch Unterschiede in der Oberfläche sowohl der Valven als auch des Perikarps nachweisen (Abbildungen 5-6).

Es zeigt sich, daß bei den Valven der angiokarpen Früchte Zellen und Zellgrenzen nicht deutlich erkennbar sind. Die Zellwände der Valven sind stärker eingefaltet als bei den Valven der gymnokarpen Früchte, was auf die Verklebung mit dem Perikarp zurückzuführen ist.

Auch in der Perikarpoberfläche gibt es Unterschiede zwischen gymnokarpen und angiokarpen Früchten. Bei angiokarpen Früchten ist die Oberfläche stärker aufgerauht als bei gymnokarpen Früchten, was eine bessere Verklebung des Perikarps mit den Valven ermöglicht.

Die Untersuchung der Früchte auf Größe und Gewicht ergab, daß die gymnokarpen Früchte meist etwas kleiner und auch leichter sind. Die durchschnittliche Größe gymnokarper Früchte liegt mit Valven bei 1,2 * 0,9 mm, ohne Valven bei 1,0 * 0,8 mm, während angiokarpe Früchte eine durchschnittliche Größe von 1,4 * 1,0 mm aufweisen. Das durchschnittliche Gewicht gymnokarper Früchte liegt bei 0,38 mg, das angiokarper bei 0,61 mg. Auf die Wiedergabe der Einzelbefunde wird hier verzichtet.

Die Verbreitung der beiden Fruchttypen ist in Abbildung 7 dargestellt. Es zeigt sich, daß in vielen Populationen gymno- und angiokarpe Früchte gemeinsam vorkommen. Bei tetraploiden Populationen wurden in 9 Fällen gymnokarpe und in 3 angiokarpe Früchte gefunden. Von den hexaploiden Populationen waren 5 gymnokarp, 22 angiokarp und 10 wiesen sowohl gymno- wie auch angiokarpe Früchte auf.

3.3. Fundortuntersuchungen

Rumex acetosella zeigt ein häufiges Vorkommen auf verschiedenen Böden. In der Regel besiedelt er trockene und nährstoffarme Böden. Tetraploide Populationen scheinen im Gebiet Flugsandböden zu bevorzugen, während hexaploide Populationen überall vorkommen. Angiokarpe Populationen zeigen einen Vorkommensschwerpunkt auf Tonböden. Bei den pH-Messungen im Wurzelbereich wurden überwiegend Werte im sauren Bereich von pH 4,5-5,5 gemessen; daneben gab es aber einige Bestände im Bereich pH 6,0-7,0.

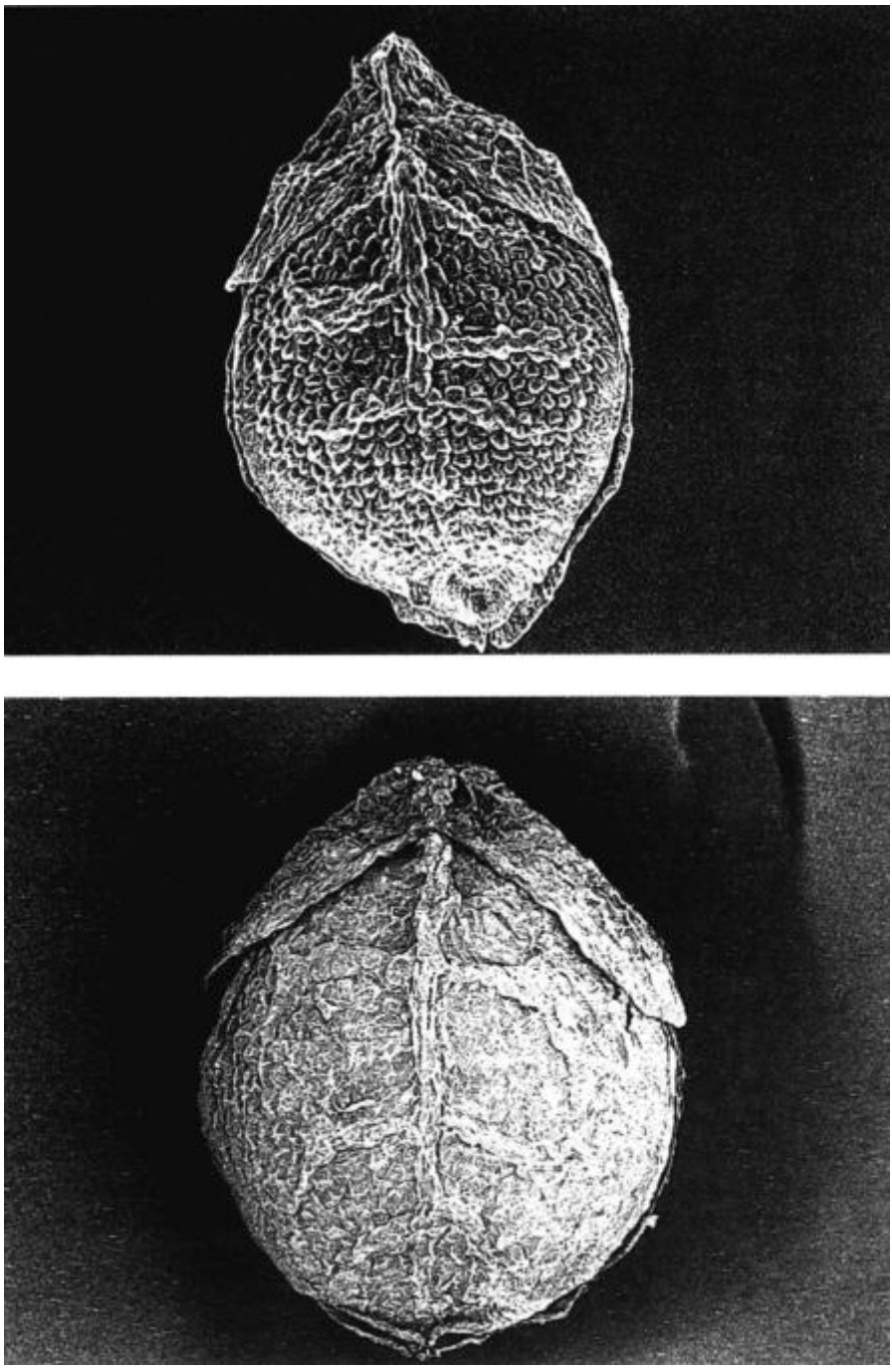


Abbildung 5: Valvenoberfläche einer gymnokarpen (oben) und einer angiokarpen Frucht (unten), etwa 75fache Vergrößerung.

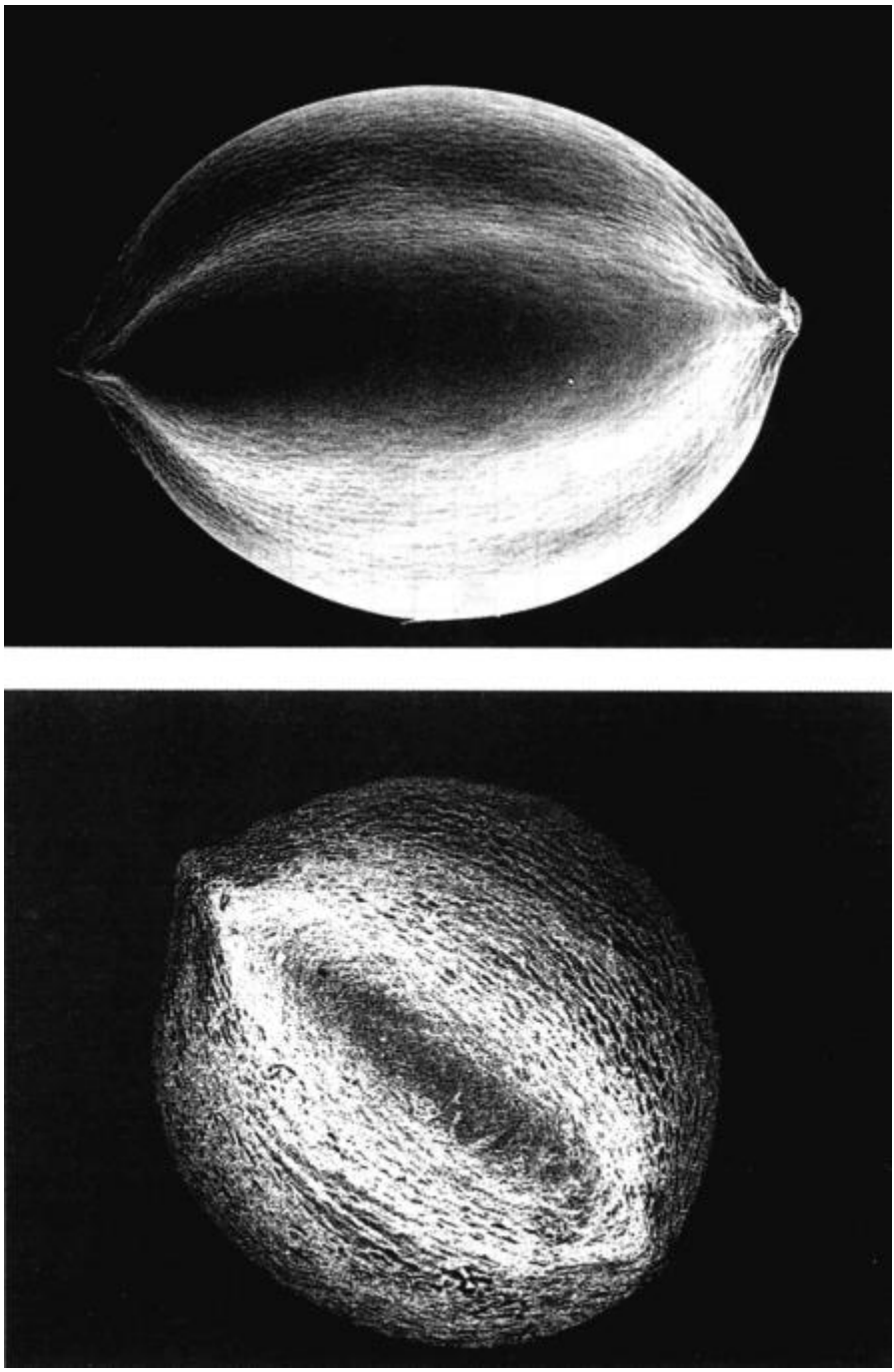


Abbildung 6: Perikarpoberfläche einer gymnokarpen (oben) und einer angiokarpen Frucht (unten), etwa 75fache Vergrößerung.

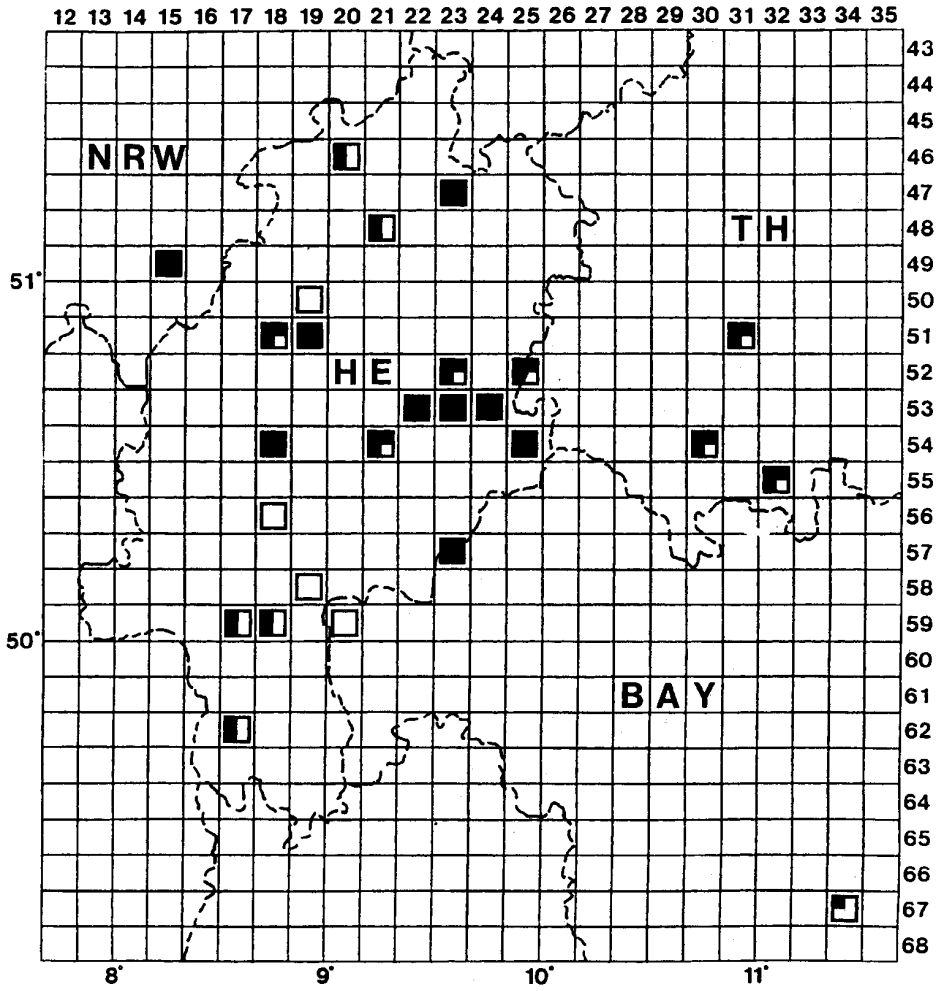


Abbildung 7: Verteilung der gymno- und angiokarpen Früchte. Offenes Viereck = 100% gymnokarp; linkes, oberes Viertel schwarz = 75% gymno-/ 25% angiokarp; linke Hälfte schwarz = 50% gymno-/ 50% angiokarp; rechtes, unteres Viertel hell = 25% gymno-/ 75% angiokarp; Schwarzes Viereck = 100% angiokarp.

3.4. Taxonomie

An den einzelnen Fundorten wurden die *Rumex-acetosella*-Populationen mit Hilfe des Schlüssels der Flora Europaea (Akeroyd 1993) bestimmt. Dieser sieht eine Einteilung in vier Unterarten anhand verschiedener Blattformen und Fruchttypen vor. Da im Untersuchungsgebiet bei den einzelnen Populationen sehr große Schwankungen innerhalb der Blattformen (Tabellen 1 und 2) auftreten und beide Fruchttypen, angiokarp und gymnokarp, zum Teil gemeinsam in einer Population vorliegen, wird hier keine Abgrenzung in Unterarten vorgenommen, vielmehr werden vier Morphotypen unterschieden, die sich an den Unterarten der Flora Europaea orientieren.

Pyrenaicus-Typ (Abbildung 9)
Früchte angiokarp; Basalloben der Blätter ungeteilt, Blattspreite mit 1 Paar Spießecken, mit doppelter Zähnung oder ganz ohne Spießecken; 2n = 28, 42.
Vielfach auf Tonstein; auch auf Löß, Sandstein, Sand, Basalt; seltener auf Flugsand; in Hessen und Thüringen häufig; auf den untersuchten Fundorten in Nordrhein-Westfalen ebenfalls häufig; in Bayern bei Neumarkt i.d.Opf. nachgewiesen.

Multifidus-Typ (Abbildung 10)
Früchte angiokarp; Basalloben der Blätter handförmig zwei- bis mehrteilig (multifid); 2n = 42 (selten 2n = 28).
Vielfach auf Tonstein; auch auf Löß, Sandstein, Sand; selten auf Flugsand; in Hessen und Thüringen relativ selten, nur an einzelnen Fundorten; auf den untersuchten Fundorten in Nordrhein-Westfalen sehr häufig; in Bayern bei Neumarkt i.d.Opf. nicht nachgewiesen.

Acetosella-Typ (Abbildung 11)
Früchte gymnokarp; Basalloben der Blätter ungeteilt, Blattspreite mit 1 Paar Spießekken, mit doppelter Zähnung oder selten ganz ohne Spießecken, zum Teil 10* länger als breit; 2n = 28, 42.
Vielfach auf Flugsand, Sand, Sandstein, Löß; selten auf Tonstein; in Hessen und Thüringen häufig; auf den untersuchten Fundorten in Nordrhein-Westfalen nicht nachgewiesen; in Bayern bei Neumarkt i.d.Opf. häufig.

Acetoselloides-Typ (Abbildung 12)
Früchte gymnokarp; Basalloben der Blätter handförmig zwei- bis mehrteilig (multifid); 2n = 28, 42.
Vielfach auf Flugsand; auch auf Sand und Löß; in Hessen selten, einige größere Vorkommen in Südhessen; auf den untersuchten Fundorten in Thüringen und Nordrhein-Westfalen nicht nachgewiesen; in Bayern bei Neumarkt i.d.Opf. häufig.

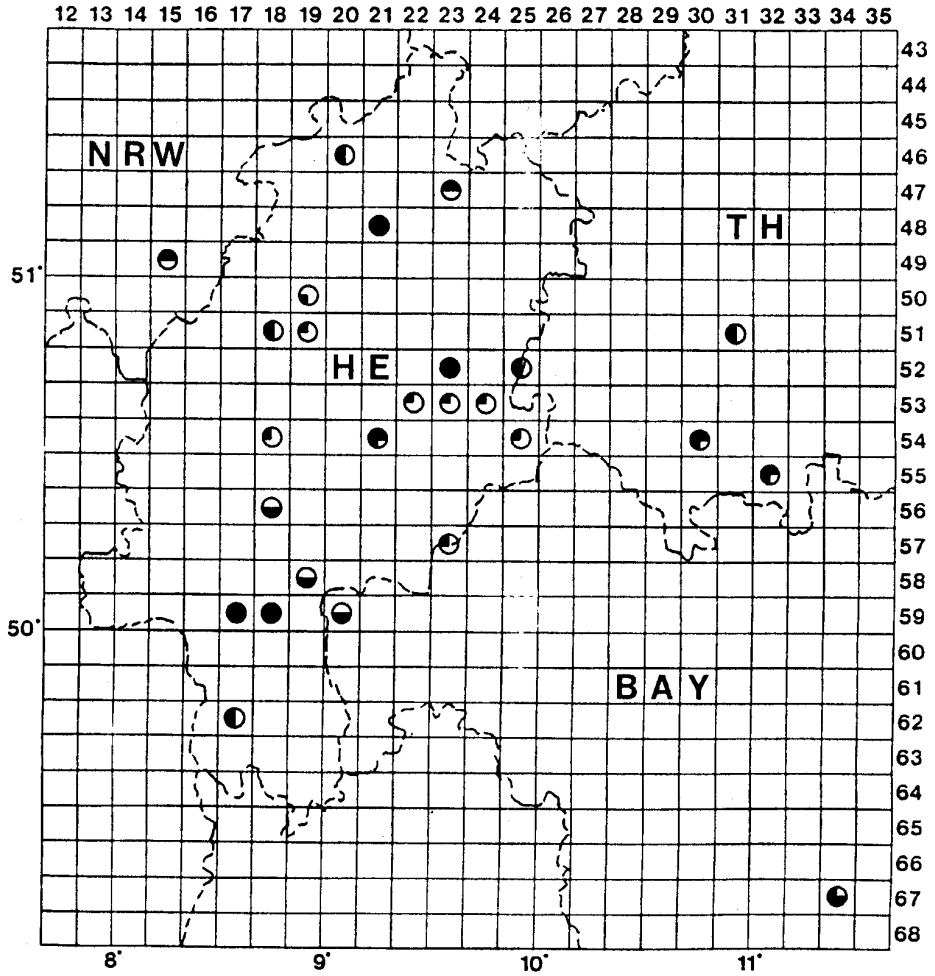


Abbildung 8: Verteilung der *Rumex-acetosella*-Typen. Oberes linkes Viertel schwarz = Pyrenaicus-Typ; oberes rechtes Viertel schwarz = Multifidus-Typ; unteres linkes Viertel schwarz = Acetosella-Typ; unteres rechtes Viertel schwarz = Acetoselloides-Typ.

Innerhalb eines Quadranten kommen bis zu vier Typen vor. An 19 Fundorten kommen ein Morphotypus, an 23 Fundorten zwei, an 2 Fundorten drei und an 2 Fundorten sogar alle vier Morphotypen gemeinsam in einer Population vor. So zeigen sich innerhalb einer Population gleichzeitig angio- und gymnokarpe Früchte sowie multifide und nichtmultifide Blattformen. Eine eindeutige Abgrenzung der *Rumex-acetosella*-Typen im Untersuchungsgebiet ist somit nicht möglich. Aus diesem Grund wird auch keine taxonomische Gliederung in Unterarten vorgenommen.



Abbildung 9: *Rumex acetosella*, Pyrenaicus-Typ.



Abbildung 10: *Rumex acetosella*, Multifidus-Typ.

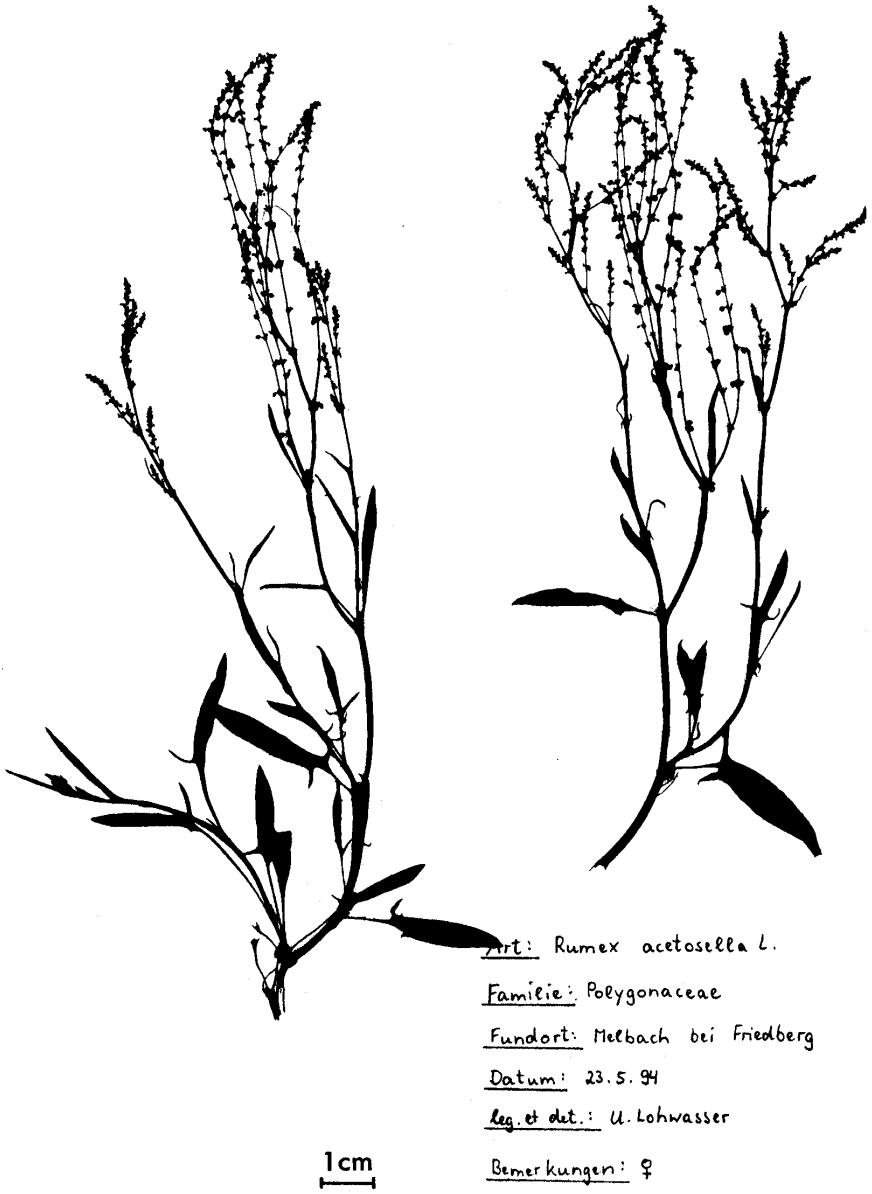


Abbildung 11: *Rumex acetosella*, Acetosella-Typ.



Abbildung 12: *Rumex acetosella*, Acetoselloides-Typ.

4. Diskussion

Rumex acetosella Linnaeus ist eine formenreiche Art mit großer genotypischer und phänotypischer Vielfalt. Es werden in der Literatur verschiedene Meinungen zur taxonomischen Einordnung des *Rumex-acetosella*-Formenkreises vertreten. Hier sind zum einen die Arbeiten von Löve (1940a & b, 1944, 1983) zu nennen, der eine Einteilung der *Rumex-acetosella*-Gruppe in vier Arten mit vier Chromosomensätzen vornimmt, und zum anderen die Arbeiten von den Nijs (1984) und Akeroyd (1991, 1993), die eine Gliederung nach rein morphologischen Merkmalen in vier Unterarten vornehmen. In der vorliegenden Arbeit wurden *Rumex-acetosella*-Populationen in Hessen, Thüringen, Bayern und Nordrhein-Westfalen auf karyologische und morpholgische Merkmale hin untersucht. Auch in diesem begrenzten Untersuchungsgebiet erweist sich die taxonomische Gliederung als schwierig.

Die Ergebnisse der Karyologie zeigen, daß zwei Chromosomensätze im Untersuchungsgebiet vorliegen, eine tetraploide und eine hexaploide Form. Eine geographische Trennung der beiden Formen ist nicht möglich, da sie in einigen Gebieten gemeinsam vorkommen. Auch Rechinger (1958, 1964) hält eine Abgrenzung der Verbreitungsgebiete der zytotaxonomisch definierten Arten des *Rumex-acetosella*-Komplexes für problematisch. Auch aus anderen Arbeiten (den Nijs 1974, 1976, 1983, 1984, den Nijs & al. 1982, 1985, Sterk & al. 1969, Sterk & den Nijs 1971) wird deutlich, daß eine strikte geographische Trennung der Ploidiegrade wohl nicht möglich ist.

Bei den einzelnen morphologischen Merkmalen lassen sich keine eindeutigen taxonomisch relevanten Charakteristika nachweisen. Beim Habitus der einzelnen Pflanzen treten keine Unterschiede in bezug auf die Wuchsform auf. Sowohl die tetraploide als auch die hexaploide Form zeichnen sich durch aufrechten Wuchs aus, niederliegende oder leicht aufsteigende Stengel bei der tetraploiden Form sind im Gegensatz zu den Funden von Löve (1940a & b, 1944, 1983) nicht vorhanden. Die in vielen Werken als Bestimmungsmerkmal verwendete Wuchsform des Blütenstengels (unter anderem Rechinger 1949, 1958, 1959, 1964, Weinert 1963) ist im Untersuchungsgebiet als Unterscheidungsmerkmal ungeeignet.

Bei den Blättern sind im Untersuchungsgebiet fünf Blattformen nachweisbar (Abbildung 4), die innerhalb einer Population gemeinsam auftreten können (Tabellen 1 und 2). Schon Rechinger (1958, 1959, 1964) und Harris (1973) bestätigen große Schwankungen der Blattformen innerhalb einer Population. Somit ist die Blattform, die in den meisten Werken der europäischen Bestimmungsliteratur ein Hauptmerkmal darstellt, als morphologisches Unterscheidungsmerkmal zur Einteilung in Unterarten für das Untersuchungsgebiet nicht geeignet. Auch ein Zusammenhang zwischen Blattform und Chromosomensatz (Tabellen 1 und 2) läßt sich nicht belegen. So ist die Aussage von Löve (1940a & b, 1983), daß tetraploide Populationen durch schmale oder multifide Blattformen, hexaploide Populationen durch breite Blätter charakterisiert sind, für das Untersuchungsgebiet nicht zu bestätigen. Es liegt im Untersuchungsgebiet kein Zusammenhang zwischen Ploidiegrad und Blattform vor. Auch die Untersuchung der Spaltöffnungen (Tabelle 3) zeigt keine Korrelationen zum Chromosomensatz. Eine von Löve (1940a & b, 1944) und Harris (1969) gefundene Größenzunahme mit zunehmendem Ploidiegrad ist im Untersuchungsgebiet nicht gegeben.

Die Untersuchung des Blütenstandes kann das Ergebnis von Rechinger (1959) nicht bestätigen, wonach bei bestimmten Populationen der Blütenstand schon kurz über der Basis beginnt, während bei anderen der Blütenstand meistens in der Mitte des Stengels oder darüber beginnt. Im Untersuchungsgebiet liegt generell ein Verhältnis von generativem zu vegetativem Bereich von 1 zu 2 oder höchstens 1 zu 1 vor, unabhängig von tetraploider und hexaploider Form, was auch von Harris (1969, 1973) bestätigt wird.

Auch die Einzelblüte ist als morphologisches Unterscheidungsmerkmal nicht geeignet. Im Untersuchungsgebiet weisen alle männlichen und weiblichen Blüten unabhängig vom Chromosomensatz einen konstanten Durchmesser auf. Löve (1940a & b, 1944, 1983) hingegen fand bei hexaploiden Populationen größere Blüten als bei tetraploiden.

Auch bei den Pollengrößen (Tabelle 4) läßt sich die von Löve (1940a & b, 1944, 1983) gefundene Größenzunahme mit zunehmendem Ploidiegrad nicht bestätigen. Die große Variabilität des Durchmessers und die beträchtliche Inkonstanz der Skulpturmerkmale (den Nijs & al. 1980) sind Belege dafür, daß der Pollen keine morphologischen Unterscheidungsmerkmale liefert und auch in keinem Zusammenhang zum Ploidiegrad steht.

Ein wichtiges morphologisches Merkmal stellen die Früchte dar. Es gibt zwei Fruchttypen, einen angiokarpen und einen gymnokarpen, womit viele Bestimmungsschlüssel die Einteilung der *Rumex-acetosella*-Gruppe beginnen. Dazu kommt oftmals noch eine Unterscheidung anhand der Größe der Nuß. Die Fruchtgröße ist nach Löve (1940a & b, 1944, 1983) vom Ploidiegrad abhängig: bei tetraploiden Formen fand er kleinere Früchte als bei hexaploiden. Für das Untersuchungsgebiet läßt sich das Auftreten eines angiokarpen und eines gymnokarpen Fruchttyps bestätigen. Allerdings kommen beide Fruchttypen zum Teil gemeinsam innerhalb einer Population vor; auch treten beide Fruchttypen sowohl bei tetraploidem als auch bei hexaploidem Chromosomensatz auf. Es läßt sich demnach für das Untersuchungsgebiet kein Zusammenhang zwischen Fruchttyp und Ploidiegrad nachweisen, was auch für andere Gebiete bestätigt wird (Harris 1969, Sterk & al. 1969, Sterk & den Nijs 1971, den Nijs 1974, 1976, 1983, 1984, den Nijs & al. 1982, 1985). Bei der Größe der Früchte treten zwar gewisse Schwankungen auf, die aber letztlich nicht als Unterscheidungsmerkmal geeignet sind.

Im allgemeinen läßt sich bei Sippen, die einen Polyploidkomplex ausbilden, ein Zusammenhang zwischen Ploidiegrad und morphologischen Merkmalen nachweisen. So nehmen Zell- und Organgröße mit zunehmendem Ploidiegrad zu, während die Fertilität meist herabgesetzt ist (Schwanitz 1953). Für den *Rumex-acetosella*-Komplex soll obengenannter Zusammenhang ebenfalls bestehen (Löve 1944). Allerdings kann Harris (1969) keine Korrelation zwischen Ploidiegrad und Zell- und Organgröße finden. Auch den Nijs (1984) weist auf das Fehlen einer Beziehung zwischen Chromosomensatz und morphologischen Merkmalen hin.

Bei der vorliegenden Arbeit über die *Rumex-acetosella*-Gruppe, bei der tetra- und hexaploide Formen gefunden wurden, läßt sich keine Korrelation zwischen Ploidiegrad und Zell- und Organgröße feststellen, was im Gegensatz zu der allgemein üblichen Aussage über polyploide Pflanzen steht. Auch Anzeichen für eine verminderte Fertilität wurden nicht gefunden. So hat bei allen untersuchten Populationen unabhängig vom

Ploidiegrad eine normale Blüten- und Fruchtausbildung mit Samenproduktion stattgefunden.

Nachdem zwischen Ploidiegrad und morphologischen Merkmalen kein Zusammenhang gefunden werden konnte, blieb die Frage, ob sich bei den Ergebnissen der Standortuntersuchungen Merkmale zur Einordnung der *Rumex-acetosella*-Gruppe zeigen würden. Aber schon eine landwirtschaftliche Untersuchung (Langeloh 1927) stellt allgemein für *Rumex acetosella* keine Standortbindung gegenüber Azidität oder Alkalität fest. Auch Korpelainen (1991, 1992a, b & c, 1993) findet keine Korrelation zwischen Bodenbedingungen und phänotypischer Variabilität. Harris (1970) sieht eine gewisse phänotypische Plastizität aufgrund von Witterungseinflüssen gegeben, aber keine Bodenabhängigkeit. Für das Untersuchungsgebiet wurde kein Zusammenhang zwischen der Bodenbeschaffenheit und dem Vorkommen von *Rumex acetosella* gefunden. Eine Abhängigkeit der Fruchttypen von Bodeneigenschaften, wie von Sterk & den Nijs (1971) für Belgien festgestellt, wo angiokarpe Typen nur auf Lehmböden und gymnokarpe nur auf Sandböden vorkommen, läßt sich für das Untersuchungsgebiet nicht nachweisen. Es scheint zwar eine gewisse „Vorliebe“ des angiokarpen Fruchttyps für lehmige Böden zu bestehen, aber auch auf Sand sind zahlreiche angiokarpe Vorkommen zu finden. So läßt sich auch an einer Grenzlinie für Deutschland in Höhe Köln-Kassel (Sprenger 1977), nördlich derer überwiegend gymnokarpe Populationen und südlich derer überwiegend angiokarpe Populationen vorkommen sollen, nicht festhalten. Somit liefern auch die Ergebnisse der Standortuntersuchungen keine Anhaltspunkte zur taxonomischen Einteilung des *Rumex-acetosella*-Komplexes.

Die Einteilung des *Rumex-acetosella*-Komplexes in Arten anhand eines artspezifischen Chromosomensatzes (Löve 1940a & b, 1944, 1983), die auch vielfach in der Bestimmungsliteratur auftaucht, ist nach den Untersuchungen von den Nijs sehr fragwürdig. Auch die vorliegende Arbeit, die ein enges gemeinsames Vorkommen von Pflanzen mit verschiedenen Chromosomensätzen nachweisen und keinen Zusammenhang von karyologischen und morphologischen Merkmalen finden konnte, läßt eine Artabgrenzung aufgrund zytologischer Eigenschaften zumindest für das Untersuchungsgebiet nicht sinnvoll erscheinen.

Eine Abgrenzung von Arten innerhalb des *Rumex-acetosella*-Formenkreises anhand morphologischer Merkmale (Balansa 1854, Murbeck 1899, Weinert 1963) ist für das Untersuchungsgebiet nicht möglich, da die unterschiedlichen morphologischen Merkmale oftmals gemeinsam in einer Population vorliegen.

Die Gliederung in Unterarten aufgrund morphologischer Merkmale, wie im Bestimmungsschlüssel der Flora Europaea (Akeroyd 1993) vorgenommen, ist für das Untersuchungsgebiet ebenfalls nicht sinnvoll. Bei der Untersuchung der einzelnen Populationen konnten zwar vier Morphotypen nachgewiesen werden; dies läßt aber keine taxonomische Gliederung in Unterarten zu, da im Untersuchungsgebiet teilweise bis zu vier Morphotypen gemeinsam innerhalb einer Population auftreten (Abbildung 8).

Aus diesem Grund ist eine Abgrenzung einzelner Arten und eine Aufteilung in Unterarten innerhalb des *Rumex-acetosella*-Komplexes nicht durchführbar; im Untersuchungsgebiet kann daher nur ein komplexes Taxon, *Rumex acetosella* s. l., verwendet werden, was Harris (1973) bereits für Europa vorgeschlagen hat.

Die Gründe, warum eine taxonomische Gliederung im Untersuchungsgebiet nicht möglich ist, sind möglicherweise in der phylogenetischen Entwicklung und der Hybridisierung zu suchen. Insofern wäre es zu untersuchen, ob in anderen Gebieten, vor allem im Bereich der Ausbreitungszentren, systematisch eindeutig unterscheidbare Formen vorkommen.

Die Arbeit stellt eine gekürzte Fassung meiner unter der Leitung von Prof. Dr. Volker Melzheimer an der Philipps-Universität Marburg entstandenen Diplomarbeit dar. Für die intensive Betreuung und die Hilfe bei der Lösung auftretender Probleme bin ich Prof. Melzheimer zu großem Dank verpflichtet.

5. Literatur

Akeroyd J. R. 1991: Flora Europaea: Notulae systematicae ad Floram Europaeam spectantes. Series 2. No.4.: A new subspecific combination in *Rumex acetosella* L. – Botan. Jour. Linn. Soc. **106**, 97-99, London.

Akeroyd J. R. 1993: 8. *Rumex* L. In: T. G. Tutin & al. (ed.): Flora Europaea. Volume 1, 99-107. *Psilotaceae* to *Plantaginaceae*. Second Edition. – Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.

Arcangeli G. 1882: Compendio della Flora Italiana. – Loescher, Torino. 889 p.

Ascherson P. & P. Graebner 1898-1899: Flora des nordostdeutschen Flachlandes (außer Ostpreußen). – Gebr. Borntträger, Berlin. 875 S.

Ascherson P. & P. Graebner 1908-1913: Synopsis der mitteleuropäischen Flora, Bd. IV. – Wilhelm Engelmann, Leipzig. 885 S.

Balansa M. B. 1854: Note sur un nouveau *Rumex* de l'Asie Mineure. – Bull. Soc. Bot. France **1**, 281-283, Paris.

Harris W. 1968: Environmental effects on the sex ratio of *Rumex acetosella* L. – Proc. New Zealand Ecolog. Soc. **15**, 51-54, Wellington.

Harris W. 1969: Seed characters and organ size in the cytotaxonomy of *Rumex acetosella* L. – New Zealand Jour. Bot. **7**, 125-144, Wellington.

Harris W. 1970: Genecological aspects of flowering and vegetative reproduction in *Rumex acetosella* L. – New Zealand Jour. Bot. **8**, 99-113, Wellington.

Harris W. 1970: Yield and habit of New Zealand populations of *Rumex acetosella* at three altitudes in Canterbury. – New Zealand Jour. Bot. **8**, 114-131, Wellington.

Harris W. 1973: Leaf form and panicle height variability in *Rumex acetosella* L. – New Zealand Jour. Bot. **11**, 115-144, Wellington.

Johnson L. A. S. & B. G. Briggs 1962: Taxonomic and cytological notes on *Acetosa* and *Acetosella* in Australia. – Contr. New South Wales National Herb. **3**, 165-169, Sydney.

Korpelainen H. 1991: Sex ratio variation and spatial segregation of the sexes in populations of *Rumex acetosa* and *R. acetosella* (*Polygonaceae*). – Pl. Syst. Evol. **174**, 183-195, Wien.

Korpelainen H. 1992a: Patterns of resource allocation in male and female plants of *Rumex acetosa* and *R. acetosella*. – Oecologia **89**, 133-139, Berlin, Heidelberg.

Korpelainen H. 1992b: Patterns of phenotypic variation and sexual size dimorphism in *Rumex acetosa* and *R. acetosella*. – Bot. Helv. **102**, 109-120, Basel.

Korpelainen H. 1992c: Micro geographical and temporal variation in the genetic structure of *Rumex acetosella* populations. – Biolog. Zentralbl. **111**, 27-37, Leipzig.

Korpelainen H. 1993: Vegetative growth in *Rumex acetosella* (*Polygonaceae*) originating from different geographic regions. – Pl. Syst. Evol. **188**, 115-123, Wien.

Kuntze H., G. Roeschmann & G. Schwerdtfeger 1988: Bodenkunde. 4. Aufl. – Ulmer, Stuttgart. 568 S.

Langeloh H. J. 1927: *Rumex acetosella* L. als Leitpflanze bei der Beurteilung des Bodens bezüglich seiner Azidität und seines Kalkgehaltes. – Zeitschr. Wissenschaftl. Landwirtschaft **66**, 911-946, Hamburg.

Linnaeus C. 1753: Species plantarum, exhibentes plantas rite cognitas, ad genera relatas, .. , 2 vol. – Laurentii Salvii, Holmiae. [12] + 1200 + [31] p.

Löve Á. 1940a: Polyploidy in *Rumex acetosella* L. – Nature **145**, 351, London.

Löve Á. 1940b: Cytogenetic studies in *Rumex*. – Botan. Not. **1940**, 157-169, Lund.

Löve Á. 1941a: Etudes cytogenetiques des *Rumex*. II. Polyploidie geographique-systematique du *Rumex* subgenus *Acetosella*. – Botan. Not. **1941**, 155-172, Lund.

Löve Á. 1941b: *Rumex tenuifolius* (Wallr.) Löve, spec. nova.- Botan. Not. **1941**, 99-101, Lund.

Löve Á. 1942: Physiological differences within a natural polyploid series. – Hereditas **28**, 504-506, Lund.

Löve Á. 1944: Cytogenetic studies on *Rumex* subgenus *Acetosella*. – Hereditas **30**, 1-136, Lund.

Löve Á. 1951: Taxonomical evaluation of polyploids. – Caryologia **3**, 263-284, Pisis.

Löve Á. 1983: The taxonomy of *Acetosella*. – Bot. Helv. **93**(2), 145-168, Basel.

Löve Á. & D. Löve 1942: Chromosome numbers of Scandinavian plant species. – Botan. Not. **1942**, 19-59, Lund.

Löve Á. & D. Löve 1956: Cytotaxonomical conspectus of the Icelandic flora. – Acta Horti Gotoburgensis **20**, 65-290, Göteborg.

Melzheimer V. 1981: Nachträge, Berichtigungen und Ergänzungen zum unveränderten Nachdruck der 2. Auflage von Band III/1 1957. In: Gustav Hegi. Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Pteridophyta. Spermatophyta. Band III, Angiospermae. Dicotyledones 1. Dritte, überarbeitete und erweiterte Aufl., 453-504. – Paul Parey, Berlin · Hamburg.

Murbeck S. 1899: Die nordeuropäischen Formen der Gattung *Rumex*. – Botan. Not. **1899**, 1-42, Lund.

Nijs J.C.M.den 1974: Biosystematic studies of the *Rumex acetosella* complex. I. Angiocarpy and chromosome numbers in France. – Acta Bot. Neerl. **23**(5-6), 655-675, Amsterdam.

Nijs J.C.M.den 1976: Biosystematic studies of the *Rumex acetosella* complex. II. The alpine region. – Acta Bot. Neerl. **25**(6), 417-447, Amsterdam.

Nijs J. C. M. den 1983: Biosystematic studies of the *Rumex acetosella* complex (*Polygonaceae*). VI. Southeastern Europe, including a phylogenetic survey. – Botan. Jahrb. Syst. **104**, 33-90, Stuttgart.

Nijs J. C. M. den 1984: Biosystematic studies of the *Rumex acetosella* complex (*Polygonaceae*). VIII. A taxonomic revision. – Feddes Repert. **95**, 43-66, Berlin.

Nijs J. C. M. den, H. Hooghiemstra & P. H. Schalk 1980: Biosystematic studies of the *Rumex acetosella* complex (*Polygonaceae*). IV. Pollen morphology and the possibilities of identification of cytotypes in pollen analysis. – Phyton **20**, 307-323, Horn.

Nijs J. C. M. den & A. W. van der Hulst 1982: Biosystematic studies of the *Rumex acetosella* complex. V. Cytogeography and morphology in the Czech Socialistic Republic and a part of Lower Austria (Austria). – Folia Geobotan. Phytotaxonom. **17**, 49-62, Praha.

Nijs J. C. M. den & T. Panhorst 1980: Biosystematic studies of the *Rumex acetosella* complex. III. A note on the synsystematic position of „*R. tenuifolius* (Wallr.) Löve". – Acta Bot. Neerl. **29**(2/3), 179-192, Amsterdam.

Nijs J. C. M. den, K. Sorgdrager & J. Stoop 1985: Biosystematic studies of the *Rumex acetosella* complex. IX. Cytogeography of the complex in the Iberian Peninsula and taxonomic discussion. – Bot. Helv. **95**(2), 141-156, Basel.

Rauh W. 1937: Die Bildung von Hypokotyl- und Wurzelsprossen und ihre Bedeutung für die Wuchsformen der Pflanzen. – Nova Acta Leopoldina, Neue Folge **4**, 486-489, Leipzig.

Rechinger K. H. 1949: Rumices Asiatici. Vorarbeiten zu einer Monographie der Gattung *Rumex* VII.- Candollea **12**, 9-152, Genf.

Rechinger K. H. 1958: 43. Familie. *Polygonaceae*. In: G. Hegi (Begr.) & K. H. Rechinger (Bearb. & Hrsg.): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band III/1. Teil. Zweite, völlig neubearbeitete Aufl., 352-436. – Carl Hanser, München.

Rechinger K. H. 1959: Beiträge zur Kenntnis von *Rumex*. XIII. Rumices Anatolici. – Phyton **8**, 136-156, Horn.

Rechinger K. H. 1964: *Rumex*. In: T. G. Tutin, V. H. Heywood, N. A. Burges, D. H. Valentine, S. M. Walters & D. A. Webb (ed.): Flora Europaea. Volume 1. *Lycopodiaceae* to *Platanaceae*, 82-89. – Cambridge University Press, London, New York, Ibadan.

Schwanitz F. 1953: Die Zellgröße als Grundelement in Phylogenese und Ontogenese. – Züchter **23**(1/2), 17-44, Berlin, Göttingen, Heidelberg.

Sprenger M. 1977: Biosystematisch onderzoek van het *Rumex acetosella*-complex in West Duitsland. – Intern. Rapp. Hugo de Vries-Laborat. **41**, 37 S., 32 Beilagen, Amsterdam.

Sterk A. A. 1970: *Rumex angiocarpus* in South Africa. – Acta Botan. Neerl. **19**, 285-286, Amsterdam.

Sterk A. A., W. M. van der Leeuw, P. H. Nienhuis & J. Simons 1969: Biotaxonomic notes on the *Rumex acetosella* complex in the Netherlands. – Acta Bot. Neerl. **18**, 597-604, Amsterdam.

Sterk A. A. & J. C. M. den Nijs 1971: Biotaxonomic notes on the *Rumex acetosella* complex in Belgium. – Acta Bot. Neerl. **20**, 100-106, Amsterdam.

Tischler G. 1950: Die Chromosomenzahlen der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – 's-Gravenhage, Den Haag. 263 S.

Troll W. 1943: Vergleichende Morphologie der Höheren Pflanzen, Bd.1, Teil II. – Gebr. Bornträger, Berlin. 957-2005.

Weberling F. & H. O. Schwantes 1992: Pflanzensystematik. 6. Aufl. – Ulmer, Stuttgart. 431 S.

Weinert E. 1963: Der Formenkreis von *Rumex acetosella* L. (Subgenus *Acetosella* (Meisn.) Rech. f.). – Wissenschaftl. Zeitschr. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Mathemat.- Naturwissenschaftl. Reihe **12**, 676-677, Halle.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Botanik und Naturschutz in Hessen

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 9

Autor(en)/Author(s): Lohwasser Ulrike

Artikel/Article: Biosystematische Untersuchungen an Rumex acetosella Linnaeus in Hessen und angrenzenden Gebieten 47-80