



**Kanton Nidwalden, Raumplanungsdirektion,
Fachstelle Natur- und Landschaftsschutz**



**Kanton Obwalden, Amt für Bau- und
Raumentwicklung, Abteilung Wald und Natur**



**Kanton Uri, Justizdirektion, Amt für
Raumentwicklung, Abteilung Natur- und
Heimatschutz**

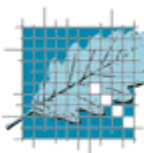


**Kanton Bern, Naturschutzinspektorat, Amt für
Landwirtschaft und Natur**

Verbreitung und Biologie der Nidwaldner Haarschnecke (*Trochulus biconicus*)

Bericht

April 2010



Oekologische Beratung
Markus Baggenstos

Bahnhofstr. 1, 6370 Stans
Fon & Fax 041 610 09 39
<http://www.oekoberatung.ch>
markus.baggenstos@oekoberatung.ch

Inhalt

1	Zusammenfassung	3
2	Auftrag / Zusammenarbeit / Dank	5
3	Einleitung	7
3.1	Entdeckung und Erstbeschreibung	7
3.2	Spektakuläre Neufunde von <i>Trochulus biconicus</i>: 2004 und 2006	8
3.3	Schutzstatus und Bedeutung für den Naturschutz	10
3.4	Fragestellung	10
4	Methodisches Vorgehen	11
4.1	Verbreitung	11
4.1.1	Erhebungen zur Verbreitung im Jahr 2007	11
4.1.2	Erhebungen zur Populationsdichte im Jahr 2007	12
4.1.3	Vorgehen pro Aufnahme­fläche (Flächengrösse 1a)	13
4.1.4	Spezifisches Vorgehen pro Einzelbeobachtung	14
4.1.5	Habitatmodellierung	15
4.2	Biologie	18
4.2.1	Dauerbeobachtungsflächen	18
4.2.2	Aktivitätsrhythmus und Lebensraum bezüglich Schnee- und Boden- temperaturen	19
4.2.3	Genetischer Austausch / Migration	20
4.2.4	Vorkommen von weiteren Arten	22
5	Resultate	22
5.1	Verbreitung	22
5.1.1	Felderhebung 2007	22
5.1.2	Habitatmodellierung 2007	22
5.1.3	Felderhebung 2008	25
5.1.4	Habitatmodellierung 2008	25
5.1.5	Aktuelles und potentielles Verbreitungsgebiet	29
5.2	Biologie	31
5.2.1	Habitatstrukturen	31
5.2.2	Kleinrelief und Mikroklima	33

5.2.3	Aktivitätsrhythmus	36
5.2.4	Nahrung und Vegetation	37
5.2.5	Vorkommen und Beziehung zu weiteren Arten	40
5.2.6	Ausbreitungskapazität und genetischer Austausch	41
6	Gefährdung und Schutz	41
7	Schlusswort	43
8	Literatur und weitere Quellenangaben	44

1 Zusammenfassung

Trochulus biconicus ist eine kleine Landschnecke mit einem Gehäusedurchmesser um die 6 mm. Die meiste Zeit lebt sie verborgen unter flachen Steinen.



Abbildung 1: *Trochulus biconicus*.

Im vorliegenden Projekt wurde mit einer Kombination von Feldbegehungen und Habitatmodellierungen die aktuelle Verbreitung erfasst und Beobachtungen zur Biologie angestellt.

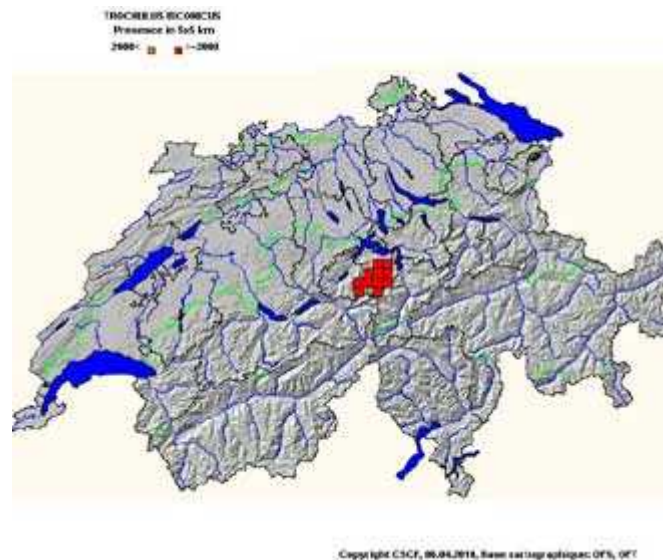


Abbildung 2: Aktuelle Verbreitung von *Trochulus biconicus*.

Das aktuelle Verbreitungsgebiet von *Trochulus biconicus* beschränkt sich auf aktuell 134 einzelne Fundstellen links und rechts des Engelbergertals, die alle zwischen 2'100 und 2'575 Meter über Meer liegen. Vegetationskundlich lassen sich die Habitate von *Trochulus biconicus* einigen verschiedenen Lebensraumtypen zuordnen, von denen die Blaugrashalden die wichtigsten sind. Die höchste Dichte

erreicht *Trochulus biconicus* an Standorten, welche einen Schuttanteil von rund 50% aufweisen.



Abbildung 3: Mikrohabitat von *Trochulus biconicus*.

Der Lebensraum von *Trochulus biconicus* ist neben dem Vorkommen von ruhendem Kalkschutt sehr stark vom Kleinrelief abhängig. Hangkanten oder Hangkuppen, Grat- und Gipfellagen sowie Felsköpfe und Felstreppen werden von der Schnecke eher besiedelt als Hangmulden und Hangfusslagen. Dies sind alles Standorte, die im Winter während einer relativ kurzen Zeit mit Schnee bedeckt sind.

Auch wenn das aktuelle Verbreitungsgebiet bedeutend grösser ist als bisher vermutet, bleibt *Trochulus biconicus* wegen ihrem beschränkten Verbreitungsareal und wegen der speziellen Habitatansprüche eine gefährdete Art. Menschlich bedingte Störungen ihres Mikrohabitats wie beispielsweise die extensive Beweidung stellen jedoch keine Gefährdung dar. Im Gegenteil kann der Tritt durch das weidende Vieh, durch eine Gruppe von Steinböcken oder durch Wanderer unter Umständen für die Schnecke ungünstig liegende Steine in eine für die Schnecke bessere Position bewegen. Stärkere Eingriffe wie das Entfernen der Steine oder eine (klimabedingte) Überführung der schuttreichen Standorte in geschlossene Rasen- oder Gehölzformationen würden aber die Schnecke zum Verschwinden bringen.

Neben der Ausscheidung einer Schutzzone, welche starke Eingriffe bereits auf planerischer Ebene verhindert, wird als Schutzmassnahme auch eine dauerhafte Überwachung des aktuellen Verbreitungsgebietes und der aktuellen Populationsdichte in den einzelnen Habitatinseln, insbesondere entlang der unteren Verbreitungsgrenze von *Trochulus biconicus* vorgeschlagen.

2 Auftrag / Zusammenarbeit / Dank

Auftraggeber

- Kanton Nidwalden, Raumplanungsdirektion, Fachstelle Natur- und Landschaftsschutz, Felix Omlin
- Kanton Obwalden, Amt für Bau- und Raumentwicklung, Abteilung Wald und Natur, Yvonne Keiser
- Kanton Uri, Justizdirektion, Amt für Raumentwicklung, Abteilung Natur- und Heimatschutz, Georges Eich
- Kanton Bern, Naturschutzinspektorat, Amt für Landwirtschaft und Natur, Thomas Aeberhard

Auftragnehmer

Oekologische Beratung Markus Baggenstos

Sachbearbeitung

- Markus Baggenstos, dipl. Biologe: Projektleitung, Feldarbeit, Digitalisierung, Auswertung und Bericht
- Beat Niederberger, dipl. Geologe und MSc GIS: Habitatmodellierung und Bericht
- Alexander Szallies, Dr. sc. Nat., dipl. Zoologe: Mithilfe bei der Feldarbeit
- Olivia Gander, Praktikantin: Mithilfe bei der Feldarbeit
- Regula Studer, Juristin: Redaktion Bericht
- Seraina Schwab, Praktikantin: Redaktion Karten und Bericht

In Zusammenarbeit mit den folgenden Personen und Institutionen

- Jörg Rüetschi, dipl. Biologe: Supervision Projektleitung, Feld- und Bestimmungsarbeiten / Koordination mit dem Projekt «Aktualisierung der Roten Liste der Landschnecken der Schweiz»
- Marie-Louise Kieffer Merki, dipl. Landschaftsarchitektin, ecovia Geuensee: Mithilfe bei den Feldaufnahmen und Bestimmungsarbeiten
- Institut für Natur-, Landschafts- und Umweltschutz der Universität Basel, Prof. Dr. Bruno Bauer und Dr. Georg Armbruster: Beratung Biologie und Vorabklärungen Genetik

- Institut für Biogeografie der Universität Basel, Prof. Dr. Peter Nagel, Student Fabian Wigger und Studentin Nadja Häfeli: Abnahme bzw. Ausführung von Projektarbeiten im Rahmen des Studiums der Biogeografie
- Universität Salzburg, Zentrum für Geoinformatik, Prof. Mag. Dr. Josef Strobl, Beat Niederberger, dipl. Geologe und Student der Geoinformatik: Abnahme bzw. Ausführung einer Masterarbeit
- Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Ariel Bergamini, Leiter Forschungsgruppe Biodiversität und Naturschutzbiologie: Beratung Habitatmodellierung
- Elsbeth Flüeler, dipl. Geografin: Mithilfe bei der Feldarbeit
- Martin Trüssel, dipl. Gärtnermeister, Redaktor und Höhlenforscher: Mithilfe bei der Feldarbeit
- Guido Zimmermann, Elektorplaner, Hüttenwart und Bergsteiger: Mithilfe bei der Feldarbeit
- Gerhard Spiesla, dipl. Krankenpfleger und Bergsteiger: Mithilfe bei der Feldarbeit

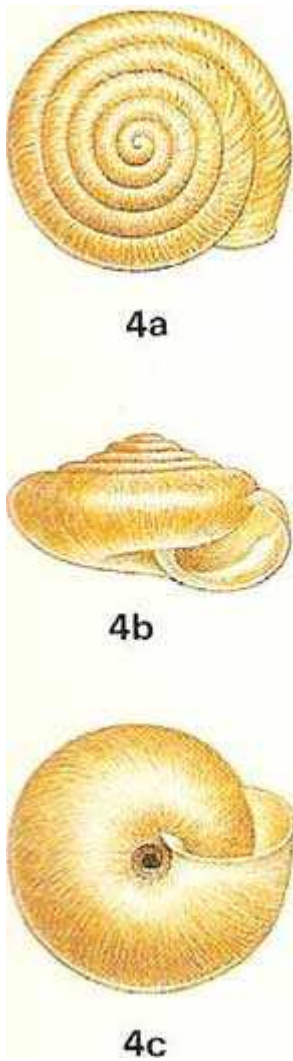
Dank

Diese Arbeit wäre ohne die Unterstützung und Mitarbeit von zahlreichen Freunden und Bekannten, nicht nur der oben aufgeführten Institutionen und Personen zustande gekommen. Der grösste Dank gehört Elsbeth Flüeler, die für dieses Projekt in ihrer Freizeit unzählige Stunden mitgedacht und mitgefiebert hat.

3 **Einleitung**

Während der Eiszeiten bedeckten die Gletscher rund 85% der schweizerischen Landesfläche. Die stets eisfrei gebliebenen Gebiete hatten eine besondere Bedeutung für das Überleben damaliger Molluskenarten. Als sogenannte Reliktendemiten leben ihre heutigen Nachkommen alle innerhalb dieser Gebiete, wie etwa *Trochulus caelatus* im Jura, *Bythiospeum alpinum* im Hohgant-Gebiet bei Interlaken, *Charpentieria dyodon* bei Gondo, *Charpentieria thomasiana studeri*, *Chondrina generosensis*, *Tandonia nigra* im Tessin und die in diesem Bericht näher untersuchte *Trochulus biconicus* in der Zentralschweiz.

3.1 **Entdeckung und Erstbeschreibung**



Im Sommer 1916 entdeckte der bekannte Basler Naturforscher Leo Eder auf einer Wanderung auf die Bannalper Schonegg oberhalb Wolfenschiessen im Kanton Nidwalden eine neue Schneckenart, die er bisher noch nie gesehen hatte. Er studierte die Morphologie der neuen Spezies ausführlich und publizierte seine Erkenntnisse im Dezember 1917 in der Revue Suisse de Zoologie. Er bezeichnete sie damals als *Fruticicola biconica*. Im Hinblick auf die Ausführungen zur Morphologie des Gehäuses sowie der Beschreibung der inneren Organe bleibt die Arbeit von Eder bis heute einzigartig.

Der Durchmesser des Gehäuses eines ausgewachsenen Individuums erreicht eine Grösse von 6-7 mm. Die Gehäusefarbe ist braun. Die Schnecke selber ist glänzend schwarz. Aufgrund der Morphologie und der Genetik wird die Art zur Gattung der Haarschnecken gezählt. Tatsächlich ist das Gehäuse von *Trochulus biconicus* wie bei einigen weiteren Arten der Gattung *Trochulus* unbehaart. Die Gehäuseoberseite weist 5.5 bis 6 Umgänge auf, die nach aussen hin nur wenig an Breite zunehmen.

Abbildung 4: *Trochulus biconicus* 4a: Aufsicht, 4b: Seitenansicht, 4c von unten (aus Kerney M.P. et al. 1983)

3.2 Spektakuläre Neufunde von *Trochulus biconicus*: 2004 und 2006

Im Jahr 2004 entdeckte Jörg Rüetschi auf der Urner Seite der Bannalper Schonegg ca. 1 km östlich des „Locus typicus“ von *Trochulus biconicus* ein neues Vorkommen. Dieser Fund war deshalb so interessant, weil Eder 1917 berichtet hat, dass er die Art auf der Urner Seite des Passes zwar gesucht, aber nicht gefunden habe.

Dieser Neufund veranlasste Rüetschi als Leiter des Projekts «Aktualisierung der Roten Liste der Landschnecken der Schweiz» zusammen mit Markus Baggenstos, dem regionalen Mitarbeiter des Projekts, eine eigentliche Strategie bei der Suche nach neuen Populationen zu entwickeln. Sie definierten potentielle Lebensräume, welche folgende Bedingungen erfüllen sollten:

- während der Eiszeiten nicht vereistes Kalkgebirge zwischen 2100 und 2400 m ü.M.
- warme, nicht zu steile Sonnenhänge mit relativ kurzer Schneebedeckung.
- Mosaik aus Rasen und Kalkschutt; Kalksteinplatten als Schutz vor Austrocknung und als Wärmespeicher.

Im Sommer 2005 entdeckte Baggenstos drei neue Vorkommen (drei neue, von den Übrigen völlig isolierte Populationen). Zwei der drei Neufunde lagen auf verschiedenen Gebirgsketten in rund fünf Kilometer (Schwalmisgebiet im Kanton Uri) und elf Kilometern (Widderfeld im Kanton Obwalden) Entfernung vom „Locus typicus“. Der dritte Fund befand sich rund zwei Kilometer entfernt beim „Sätteli“ auf der Südseite des Ruchstocks im Kanton Obwalden.

Im Sommer 2006 kamen zu den bisher bekannten Fundorten vier weitere Neufunde am Risettenstock, am Brisen, am Gross Walenstock (alle im Kanton Nidwalden) und neu auch am Barglen (Kanton Obwalden) hinzu.



Abbildung 5: Locus typicus und Neufund 2000 (gelb), Neufunde 2005 (rot) und Neufunde 2006 (grün) von *Trochulus biconicus*.

3.3 Schutzstatus und Bedeutung für den Naturschutz

Trochulus biconicus ist ein Endemit der Schweiz. Für den Erhalt dieser Art besitzt die Schweiz eine besondere Verantwortung. Bei der Prioritätensetzung im Artenschutz werden die Endemiten an erster Stelle genannt (Baur et al. 2004). Aus diesem Grund und weil die *Trochulus biconicus* noch immer ein sehr kleines Verbreitungsgebiet aufweist, ist sie auch eidgenössisch geschützt worden.

Das Wissen zur Biologie unserer endemischen Landschnecken ist in vielen Fällen noch lückenhaft und wenig erforscht. Die Ansprüche an den Lebensraum etwa waren bis anhin nicht oder kaum bekannt. Deshalb konnten auch keine geeigneten Schutzmassnahmen formuliert und umgesetzt werden. Auch die Suche nach neuen Populationen war dem Zufall überlassen, da keine potentiell möglichen Lebensräume vorausgesagt und gezielt abgesucht werden konnten.

3.4 Fragestellung

Die jüngsten Neufunde von *Charpentieria thomasiana studeri* auf der Alpensüdseite (Rüetschi 2004) und von *Trochulus biconicus* in der Zentralschweiz belegen, dass die althergebrachte Vorstellung vom Lokalendemismus (die Art kommt ausschliesslich nur an einem einzigen Ort mit einer einzigen Population vor) zumindest in einigen Fällen revidiert werden muss. Gefragt sind vielmehr effiziente Methoden, die das Auffinden von neuen Populationen erleichtern. Die Arbeitshypothese und Fragestellung wurde deshalb wie folgt formuliert:

- Wie gross ist das Verbreitungsgebiet von *Trochulus biconicus* tatsächlich?
- Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass auch in weiter entfernt liegenden Gebieten neue Populationen entdeckt werden?
- Sind die neu entdeckten Populationen als echte Meta-Populationen einzustufen oder sind sie Teil einer voreiszeitlichen, zusammenhängenden Population?
- Könnten allenfalls genetische Untersuchungen zur Klärung dieser Fragen einen Beitrag leisten?
- Welchen Einfluss hat die aktuelle Klimaänderung auf das Überleben der bis heute bekannten Populationen?
- Braucht es für den Schutz der neu gefundenen Populationen spezielle Schutzmassnahmen und wenn ja, wie sehen die aus?

4 Methodisches Vorgehen

Aufgrund der Fragestellung ergaben sich zwei Schwerpunkte der Untersuchung: Die Verbreitung und die Biologie von *Trochulus biconicus*.

4.1 Verbreitung

Das potentielle Verbreitungsgebiet der bisher bekannten Populationen umfasste drei nicht zusammenhängende Flächen und lag rund zur Hälfte im Kanton Nidwalden. Gegen Westen gingen zwei Flächen in den Kanton Obwalden und eine Fläche in den Kanton Bern über. Gegen Osten waren auch zwei Flächen des Kantons Uri in das Untersuchungsgebiet eingeschlossen (vgl. Abbildung 6).

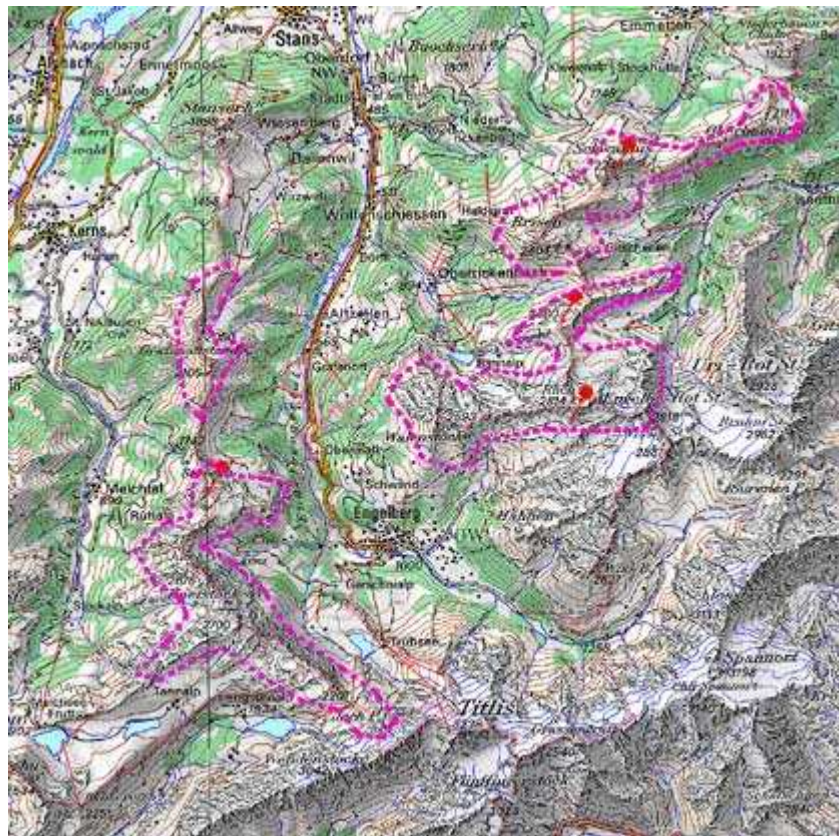


Abbildung 6: Das im Projekt formulierte Untersuchungsgebiet der Erhebung 2007 umfasste drei nicht zusammenhängende Flächen, in denen die bisher bekannten Fundorte von *Trochulus biconicus* lagen sowie eine weitere Fläche zwischen dem Avigrat und dem Storeggpass.

4.1.1 Erhebungen zur Verbreitung im Jahr 2007

In einem ersten Schritt wurde das gesamte Untersuchungsgebiet mehr oder weniger intensiv begangen. An sämtlichen im Feld als potentielle Lebensräume eingestuft Standorten wurde das Vorhandensein bzw. das Fehlen der Art genau (mittels GPS oder Luftbild) aufgezeichnet. Als GPS standen zwei Geräte im

Einsatz, ein Mobile Mapper von Thales (Genauigkeit < 10 m) und ein GeoXH von Trimble (Genauigkeit < 5 m).



Abbildung 7: Aufzeichnung der Verbreitung am Chaiserstuel

Nach heutigen Erkenntnissen hätte das potentielle Verbreitungsgebiet von *Trochulus biconicus* viel grösser gefasst werden müssen. Da jedoch bei stichprobenartigen Erhebungen im Jahr 2005 und 2006 am Kaiserstock (UR), in Lungern-Schönbühl (OW), am Pilatus (Widderfeld), bei Lauterbrunnen und am Hohgant (BE) sowie im Engadin (GR) keine Neufunde gemacht werden konnten, wurde vorerst aus praktischen (und finanziellen) Gründen auf eine Ausdehnung des Untersuchungsgebietes auf weiter entfernt liegende Gebiete verzichtet.

4.1.2 Erhebungen zur Populationsdichte im Jahr 2007

In einem zweiten Schritt wurde ausgehend von den bekannten Fundorten an subjektiv ausgewählten Standorten die Populationsdichte erhoben. Wichtigstes Kriterium bei der Wahl der Standorte war die geschätzte, vorhandene Zeit für aufwändige Arbeiten am jeweiligen Feldtag und die Aussicht auf effizientes Erreichen weiterer Standorte an demselben Feldtag. Die Stichprobefläche betrug eine Are im vermuteten Zentrum der Population, innerhalb welcher die Anzahl gefundener Individuen und leerer Gehäuse genau aufgezeichnet wurde.

Daraufhin wurde, gemäss der Vorgabe des Projekts, das gleiche Prozedere in begehbaren Stichprobeflächen wiederholt, die in Abständen von 100 m +/- in allen vier Himmelsrichtungen lagen, bis in drei aufeinander folgenden Flächen keine Tiere mehr gefunden wurden. Da der zweite Schritt sehr viel Zeit erforderte, wurden die Erhebungen laufend in die GIS-Modellierung eingebaut, sodass der entsprechende Schritt auf das absolut notwendige Minimum für eine wissenschaftlich gesicherte Aussage über das Verbreitungsgebiet von *Trochulus biconicus* beschränkt werden konnte. Tatsächlich konnte dieses Verfahren nur im Gebiet des Chaiserstuels auf der Bannalp, also im Gebiet des „Locus typicus“ dem

Fundort der Erstbeschreibung von *Trochulus biconicus*, einigermaßen befriedigend durchgezogen werden.

4.1.3 Vorgehen pro Aufnahme­fläche (Flächengrösse 1a)

Im Gebiet Bannalp, dem „Locus typicus“ der Art, wurde das Untersuchungsgebiet bei der Vorberatung der Feldarbeit in ein Raster von 100 x 100 m eingeteilt. Diese Stichprobenvorgabe diente bei der Felderhebung den Aufnahmeteams zur Orientierung und zur Erinnerung der methodischen Vorgaben. Aufgrund der Anpassung des Projekts an die nachfolgende Habitatmodellierung wurde bereits am Anfang festgelegt, dass rund 80 % der im Feld auszuwählenden Aufnahme­flächen tatsächliche (kurz unter Steine gucken) oder potentielle Haarschneckenstandorte (flache Steine, wenig Schneebedeckung, etc.) sein sollten. Die restlichen 20% konnten frei gewählt werden (entweder Stichprobenvorgaben oder Orte, bei denen sicher keine Haarschnecken vermutet wurden).

Nach dem Abstecken der Aufnahme­fläche mittels Schnur und Fähnchen wurde im Zentrum der Fläche unter einen flachen Stein - oder ein beschattetes Grasbüschel, falls keine Steine vorhanden waren - ein einfaches Thermo- und Hydrometer der Migros (Genauigkeit +/- 1 Grad C) exponiert und folgende Erhebung gemacht:

1. Suche und Zählung lebender *Trochulus biconicus* während 3 x 5 Minuten. Der Mittelwert aus diesen drei Erhebungen ergibt ein relatives Mass zur Dichteschätzung einer Population im Umkreis eines bestimmten Standortes. Diese Methode wurde in Absprache mit Prof. Dr. Baur angewandt. Sie erlaubt mit einem Minimum an Zeitaufwand eine optimale Annäherung an die tatsächliche Dichte einer Population (Baur et al. 1995, Baur & Baur 1995). Da auch *Trochulus biconicus* eine versteckte Lebensweise pflegt, wäre der Zeitaufwand für eine genaue Absuche pro Stichprobefläche unverhältnismässig gross.
2. Schätzung der Anzahl leerer Gehäuse während dieser Suche.
3. Suche nach weiteren Schneckenarten. Arten, die im Feld nicht zweifelsfrei bestimmt werden konnten, wurden gesammelt und nachträglich unter dem Binokular mit dem Bestimmungsschlüssel von Hausser (2005) bestimmt und zur Endkontrolle an Rüetschi weitergegeben.
4. Standortbeschreibung der Aufnahme­fläche:
 - Beschreibung des Kleinreliefs (Gratlage, Oberhang, Mittelhang, Hangfuss, etc.

- Schätzung der Schutt- oder Felsbedeckung.
 - Schätzung der Korngrößen.
 - Bestimmung der Vegetation bzw. des Lebensraumtyps nach Delarze et al. (1999).
 - Bestimmung aller vorkommenden Expositionen mittels Kompass.
 - Schätzung der Neigung in Grad.
 - Bestimmung der Meereshöhe mittels Höhenmesser und Karte.
 - Subjektive Einschätzung, ob die Aufnahmefläche während der Eiszeit vergletschert war.
 - Test des Kalkgehalts der vorhandenen Steine mittels 10%iger HCl-Lösung.
 - Ablesen der Temperatur unter einem Stein.
 - Ablesen der Luftfeuchtigkeit unter einem Stein.
 - Bild erstellen und Uhrzeit festhalten.
5. Festhalten der Koordinaten des Mittelpunkts der Aufnahmefläche mittels GPS oder Luftbild.
 6. Festhalten allfälliger Referenzpunkte zur Beschreibung der Nutzung.
 7. Festhalten von Besonderheiten bezüglich des Vorkommens von *Trochulus biconicus* oder bezüglich des Standortes.

4.1.4 Spezifisches Vorgehen pro Einzelbeobachtung

Wenn bei den Feldbegehungen Einzelfunde von *Trochulus biconicus* gemacht wurden oder wenn an einem Standort mindestens 5 Min. nach Schnecken gesucht worden war, wurde diese Einzelbeobachtung anschliessend wie folgt dokumentiert:

1. Vorkommen von *Trochulus biconicus*: ja / nein / nur leeres Gehäuse.
2. Kurzbeschreibung des Standortes bzw. des Lebensraumtyps nach der groben Einteilung: Schuttflur, Felsflur, Rasen, Mosaik Schuttflur/Rasen, Mosaik Felsflur/Schuttflur, Mosaik Felsflur/Rasen, oder anderes (hier war ein Stichwort erforderlich).
3. Kleinrelief: Charakterisierung des Kleinreliefs nach der groben Einteilung: Felswand, Felstreppen, Felskopf, Oberhangkante, Mittelhangkuppe, Mittelhangmulde, Hangfuss, Gratlage, Gipfellage, anders (hier war ein Stichwort erforderlich).
4. Bemerkung (fakultativ): Angaben zur Populationsgrösse oder was sonst noch auffällig war.

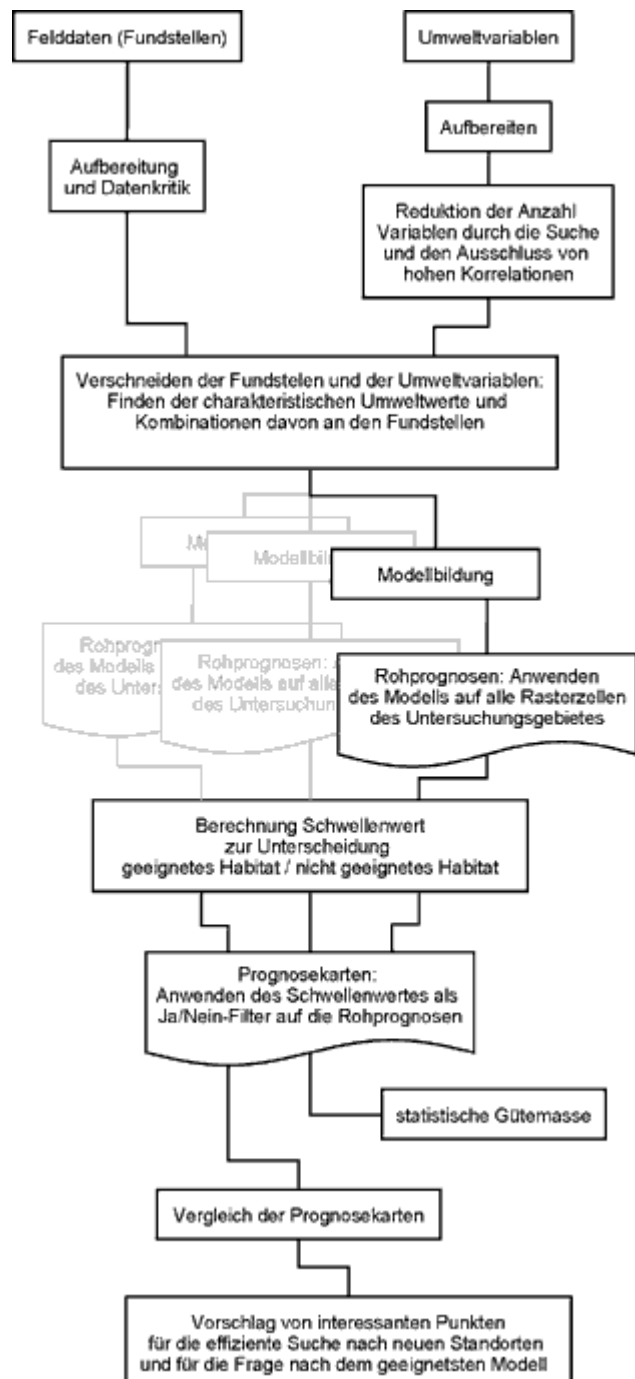
Die oben skizzierten Felderhebungen zur Untersuchung des Verbreitungsgebietes von *Trochulus biconicus* begannen im Sommer 2007 und dauerten bis in den Herbst 2008.

4.1.5 Habitatmodellierung

An der Startsitung vom 29. 2. 2007 erklärte sich der Geologe Beat Niederberger bereit, bei den Untersuchungen der aktuellen und potentiellen Verbreitung von *Trochulus biconicus* mitzuwirken. Er befasste sich im Rahmen seiner Master Thesis zum Studium Geoinformationssysteme und -Wissenschaften UNIGIS an der Universität Salzburg mit der Frage, wie anhand der bisherigen Fundstellen von *Trochulus biconicus* deren Anforderungen an das Habitat zu modellieren ist. Das Ziel der Arbeit war, durch Prognosen weitere Stellen zu identifizieren, welche die ermittelten Anforderungen ebenfalls erfüllen und so die nächste Phase der Suche im Untersuchungsgebiet effizient zu gestalten und die mögliche Ausdehnung des Lebensraumes abzuschätzen. Er schloss seine Arbeit im April 2008 ab (Niederberger 2008).

Methodik der angewandten Habitatmodelle

Ein Habitatmodell dient zur Vorhersage der potenziellen Verbreitung von Arten auf der Grundlage von punkthaften Verbreitungsangaben (Koordinaten der Fundstellen) und von geeigneten, über das ganze Untersuchungsgebiet verfügbaren Umweltfaktoren, die als Raster vorhanden sind oder zu solchen aufbereitet werden müssen.



Die Wahl der zu verwendenden Umweltparameter kann entweder über vermutete Wirkungszusammenhänge oder über statistische Untersuchungen getroffen werden. Einige für *Trochulus biconicus* charakteristische Wirkungszusammenhänge sind als potentielle Bedingungen in Kapitel 3.2 erwähnt. Leider lassen sich diese und weitere vermutete Wirkungsvariablen schlecht aus den vorhandenen Daten für das ganze Untersuchungsgebiet ableiten. Der zweite Ansatz orientiert sich an den zur Verfügung stehenden Daten. In unserem Fall waren dies folgende Daten:

- Bodenbedeckung der amtlichen Vermessung.
- Aus dem Höhenmodell (DHM25) abgeleitete Parameter; z.B. die Hangneigung (Methodik und Daten: WSL).
- Aus meteorologisch-klimatischen Werten, die basierend auf Messungen bzw. Aggregaten aus Messreihen von Meteostationen mit Hilfe des Höhenmodells auf das ganze Untersuchungsgebiet interpoliert werden können; z.B. Niederschlag oder Temperatur (Methodik und Daten: WSL).

Insbesondere von den meteorologisch-klimatischen Daten standen eine Vielzahl zur Verfügung. Die räumliche Auflösung mit der vorgegebenen Rasterweite von 25 x 25 m relativ zur Grösse des Lebensraumes einer Haarschnecke ist relativ grob aber durchaus angemessen¹. Um möglichst unabhängige Parameter zu erhalten, müssen die Umweltdaten auf hohe Korrelationen untersucht und die Anzahl reduziert werden (vgl. Niederberger 2008, Kap. 4.3). Dieser zweite Ansatz wurde für die Modellierung des Habitates der *Trochulus biconicus* angewandt.

Durch Überlagerung der Fundstellen mit den Umweltvariablen kann ein für die Art charakteristisches Muster an Werten und Kombinationen davon abgeleitet werden. Dieses Muster kann als Annäherung der ökologischen Nische der Art oder - etwas salopp ausgedrückt - auch als Idealbereich verstanden werden.

In einem nächsten Schritt werden die Werte in allen Rasterzellen des Untersuchungsgebietes mit dem ermittelten Muster verglichen. Je näher die Wertekombination einer Rasterzelle dem Idealbereich ist, desto höher wird diese bewertet (zwischen 0.0 für ungeeignet und 1.0 für sehr gut geeignet). So entsteht eine erste Prognosekarte für die Habitateignung.

¹ Der vermutete Aktionsradius einer *Trochulus biconicus* liegt nach subjektiver Einschätzung des Projektleiters bei +/- 50 m.

Durch geeignete Methoden (Details vgl. Niederberger 2008) wird ein Schwellenwert ermittelt und als Ja/Nein-Filter auf die Habitateignungskarte gelegt. In Gebieten mit höheren Werten als der Schwellenwert ist das Vorkommen der Art demnach möglich – bei kleineren Werten ein Fund eher unwahrscheinlich. Wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, tatsächlich Exemplare an als geeignet prognostizierten Stellen zu finden, kann daraus allerdings nicht abgeleitet werden - das abzusuchende Gebiet wird jedoch stark eingegrenzt.

In Niederberger 2008 werden drei unterschiedliche Ansätze zur Modellierung durchgeführt und mehrere Methoden zur Schwellenwertbestimmung angewandt und gegeneinander verglichen. Die Resultate daraus zuhanden der Erhebung sind einerseits das Aufzeigen bisher nicht untersuchter Stellen mit hohem Eignungspotential (Stellen, an welchen alle Prognosemodelle ein geeignetes Habitat vorhersagen) und andererseits strategisch gewählte Punkte zur Bestimmung der besten Methode (Stellen, wo sich die Modelle stark widersprechen). Daneben stellt die Prognose eine wichtige Grundlage zum Ausscheiden der gutachtlichen Einschätzung des Verbreitungsgebietes.

Als Programme und Methoden für die Modellierung wurden die Software Maxent und die mit der Statistiksoftware R umgesetzten Modellierungsansätze GLM

(Generalised Linear Models) und BRT (Boosted Regression Trees / Generalized Boosted Models) eingesetzt.

Belastbarkeit der Aussagen

Die Prognosen können mit statistischen Gütemassen beurteilt werden.

Insbesondere der AUC-Wert (Area under the Receiver Operating Characteristic Curve) ist ein Mass, wie gut die Prognose geeignete Gebiete vorhersagt und nicht geeignete ausschliesst (vgl. Abbildung 11).

Die Aussagen zu den Umweltbedingungen stützen sich auf Daten, die auf das 25 x 25 m-Raster des DHM25 der swisstopo hochgerechnet sind. Insbesondere in sehr steilen Felswänden ist deshalb die Prognosegenauigkeit etwas geringer als in flachem Gelände. Dies ist insofern von Bedeutung, weil *Trochulus biconicus* auch in felsigem Gelände gefunden wurde (z.B. Barglen und am Oberbauenstock).

Die angewandten Methoden berücksichtigen die Angaben zur Populationsdichte nicht und können insofern auch nicht zur Bestimmung von besonders wichtigen Populationen herangezogen werden.

Auswirkungen der Modellierung auf die Feldaufnahmen 2008

Die Modellierung hat Einflüsse auf das Vorgehen bei den vorgesehenen Felderhebungen im Feldsommer 2008: Einerseits kann mit Hilfe der Prognose das Gebiet durch gezieltes Anpeilen der Hochpotentialgebiete effizient bearbeitet und die Feldeinsätze geplant werden, andererseits musste in der Folge eine Anpassung der Methode der Felderhebung auf die Bedürfnisse einer aussagekräftigen Voraussage der potentiellen Verbreitung von *Trochulus biconicus* vorgenommen werden.

4.2 Biologie

Die Untersuchung zum Verbreitungsgebiet beanspruchte eine längere Zeitperiode. Die Felderhebungen wurden zwar alle im Sommer, jedoch bei unterschiedlichen Wetterlagen und Tageszeiten erhoben. Daher war es sinnvoll, dass alle Beobachtungen zur Lebensweise von *Trochulus biconicus* aufgezeichnet und später ausgewertet wurden. Diese Beobachtungen gaben erste Hinweise auf Fragen, die später vertieft überprüft werden konnten.

4.2.1 Dauerbeobachtungsflächen

Am 12. 7 2007 wurden im Gebiet Bannalp auf der Bannalper-Schonegg und am Chaiserstuel (Chaiserstuel „Südwest“) im Anschluss an die Felderhebungen zur Verbreitung auf zwei Aufnahmeflächen zwei Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet. An diesen beiden Standorten wurden je 10 Steine ausgewählt und auf der Oberseite mit gelber Farbe markiert. Im Abstand von ca. einem Monat wurden diese Flächen dann aufgesucht und an und unter den Steinen (ohne den Boden oder weitere Steine zu bewegen) folgende Beobachtungen erhoben:

- Anzahl lebender, aktiver oder passiver, adulter oder juveniler *Trochulus biconicus*.
- Anzahl leerer Gehäuse.
- Datum, Uhrzeit, Temperatur und Luftfeuchtigkeit (gemessen mit einfachen „Küchenthermometer“, Wetterlage).
- Nutzungsangaben und weitere, bemerkenswerte Beobachtungen.

Am 24. 8. 2007 wurde im Anschluss an die Feldaufnahmen der Verbreitung eine weitere Fläche auf der Nordseite des Chaiserstuels (Chaiserstuel „Nordost“) eingerichtet.

Um genauere Informationen zur Temperatur des Mikrohabitats von *Trochulus biconicus* zu erhalten, wurden ab dem 27. 1. 2008 in den Flächen „Bannalper-

Schonegg" und „Chaiserstuel Südwest" je ein Aufzeichnungsgerät vom Typ Hamster-A AT1 der Firma Elpro unter einen flachen Stein exponiert. Das Messintervall wurde auf 1 Stunde eingestellt. Der Temperaturbereich dieser Datenlogger, welche auch von der Höhlenforschergruppe Unterwalden HGU verwendet werden, reicht von -20 bis +40 Grad Celsius, bei einer Auflösung von 0.1 °C. Die Geräte sind auf 0,0 Grad eiswasserkalibriert. Ein zusätzliches Gerät dieser Art wurde zwischen dem 27.1.2008 und dem 21. 6. 2008 in einer Kontrollfläche bei Grünboden (Aufnahmefläche ohne Vorkommen von *Trochulus biconicus*) und ab dem 29. 6. 2008 in der Dauerbeobachtungsfläche „Chaiserstuel Nordost" exponiert.



Abbildung 8: Temperatur-Aufzeichnungsgerät Typ Hamster am Standort „Chaiserstuel Südwest". Foto: 15. Oktober 2008.

4.2.2 Aktivitätsrhythmus und Lebensraum bezüglich Schnee- und Bodentemperaturen

Auf die Einladung von Prof. Dr. Baur wurde das Projekt am 23. 4. 2007 von Baggentos als Gastreferenten im Rahmen eines Kolloquiums des Instituts für Natur-, Landschaft- und Umweltschutz der Universität Basel vorgestellt und diskutiert. Im Anschluss daran ergaben sich zwei Projektarbeiten, die im Rahmen der Biogeographie unter der Leitung von Prof. Dr. Peter Nagel durchgeführt wurden.

Fabian Wigger untersuchte in der Nähe der Dauerbeobachtungsfläche „Chaiserstuel Südwest“ während rund zehn Feldtagen den Aktivitätsrhythmus von *Trochulus biconicus* (Wigger 2007), indem er einzelne Gehäuse von lebenden Tieren mit Nagellack fein markierte und anschliessend alle drei Stunden ihre Aktivität genau beobachtete, protokollierte und in der Folge auswertete.

Nadja Häfeli (Häfeli 2008) untersuchte im Winter und Frühjahr 2008 auf einigen bereits erhobenen Flächen im Bannalpgebiet (mit und ohne Funde von *Trochulus biconicus*) ebenfalls während rund zehn Feldtagen die Schnee- und Bodentemperaturen sowie die Schneehöhen. Detaillierte Angaben zum methodischen Vorgehen, das in Zusammenarbeit mit der Projektleitung entwickelt worden war, werden in den beiden Projektarbeiten wiedergegeben.



Abbildung 9: Messung der Schneehöhen am Chaiserstuel.

4.2.3 Genetischer Austausch / Migration

Die heute gängigen Methoden der Genanalyse erlauben bei einer ausgewogenen und ausreichenden Stichprobeauswahl präzise Aussagen zu den Verwandtschaftsverhältnissen innerhalb der verschiedenen Populationen. Daher war ursprünglich geplant, dass solche genetischen Untersuchungen in das Projekt integriert werden. Die Untersuchungen sollten eine Antwort auf die eingangs

gestellte Frage liefern, ob die neu entdeckten Populationen als echte Meta-Populationen einzustufen sind oder ob sie allenfalls als Teil einer voreiszeitlichen, zusammenhängenden Gesamtpopulation aufzufassen sind.

Zur Zeit der Projektierung war unklar, ob *Trochulus biconicus* auf genetische Marker anspricht, die bei nahen verwandten Arten bereits erkannt und verwendet werden. Daher war es notwendig im Sinne einer Voruntersuchung bereits verwendete, genetische Marker auf ihre Tauglichkeit bei *Trochulus biconicus* zu testen.

Da im Herbst 2006 an der Universität Basel eine Untersuchung an der sehr nahe verwandten Art *Trochulus chaelata* durchgeführt wurden, erklärte sich der technische Leiter, Georg Armbruster von der Universität Basel bereit, einige *Trochulus biconicus* - Proben im Sinne einer Vorabklärung im laufenden Programm mit zu untersuchen. Dazu wurden im Sommer 2006 nach Erteilung der erforderlichen Bewilligungen zum Sammeln von geschützten Tieren durch die entsprechenden kantonalen Naturschutzfachstellen insgesamt neun lebende Tiere an verschiedenen Orten gesammelt und unverzüglich vor Ort zur genetischen Untersuchung in Alkohol konserviert. Die Angaben zum Vorkommen und zur Anzahl der für die genetische Voruntersuchung verwandten *Trochulus biconicus* - Aufsammlung liefert die Tabelle 1.

Datum	Ort	Höhe (m.ü.M.)	Anzahl/Zustand	Konservierung
23.07.2006	Chaiserstuel	2325	3 lebend	70% Alkohol
10.09.2006	Widderfeld	2285	3 lebend	70% Alkohol
30.06.2006	Schwalmis	2100	3 +/- lebend	70% Alkohol
30.06.2006	Hinter Jochli	2110	3 lebend	70% Alkohol

Tabelle 1: Angaben zum Vorkommen und zur Anzahl der für die genetische Voruntersuchung verwandten *Trochulus biconicus* – Aufsammlung.

Leider ergaben die Voruntersuchungen, dass die verwandten genetischen Marker von *Trochulus chaelata* bei *Trochulus biconicus* keine Signale für ein artspezifisches Fingerprinting hervorbrachten. Damit stand fest, dass für *Trochulus biconicus* als erstes artspezifische, genetische Marker neu erforscht werden müssten, was sehr aufwändig und daher teuer ist. Diese Grundlagenforschung war jedoch im Projekt nicht vorgesehen. Daher musste auf weitere Untersuchungen in diese Richtung im Rahmen des vorliegenden Projekts verzichtet werden.

4.2.4 Vorkommen von weiteren Arten

Das Vorkommen von weiteren Schneckenarten wurde in den Aufnahmeflächen [vgl. Kap. Vorgehen pro Aufnahmefläche (Flächengrösse 1a)] in Zusammenhang mit der Verbreitung von *Trochulus biconicus* erhoben. Arten, die im Feld nicht zweifelsfrei bestimmt werden konnten, wurden gesammelt und nachträglich unter dem Binokular mit dem Bestimmungsschlüssel von Hausser (2005) bestimmt und zur Endkontrolle an Rüetschi weitergegeben. Die Bestimmung der Arten während der Feldsaison 2007 ist abgeschlossen, die Bestimmungsarbeiten während der Saison 2008 mussten jedoch aus Zeit- und Kostengründen bis auf Weiteres zurückgestellt werden.

5 **Resultate**

5.1 **Verbreitung**

5.1.1 *Felderhebung 2007*

Die Felderhebungen wurden im Jahr 2007 planmässig mit dem Testen und Verfeinern der Aufnahmemethode im Gebiet Bannalp erhoben. Gleichzeitig wurde auch mit der Feldarbeit zur Verbreitung angefangen. Ende Jahr konnten diese bis auf das Teilgebiet Schwalmis / Oberbauen weitgehend abgeschlossen werden.

Insgesamt wurden im Jahr 2007 wohl einige tausend Mikrostandorte im Feld abgesucht. Total 267 Feldbeobachtungen wurden wie in Kap. 4 beschrieben genau registriert und ausgewertet. Neue Populationen wurden im Kanton Obwalden am Hanghorn, am Huetstock und auf der Nordseite des Widderfels entdeckt. Im Kanton Nidwalden wurden neue Populationen auf der Nordseite des Brisengebietes, oberhalb des Munggenstöckli, auf dem Schinberg, am Laucherengrat und zwischen dem Gross und Chli Sättelstock gefunden. Auf Urner Gebiet wurden neue Populationen auf dem Hoh Brisen und beim Wild Alpeli ausfindig gemacht. Insgesamt wurden im Jahr 2007 total 98 Neufunde von *Trochulus biconicus* registriert.

5.1.2 *Habitatmodellierung 2007*

Nach Abschluss der Felderhebungen im Jahr 2007 wertete Niederberger die Felddaten aus und modellierte mit drei verschiedenen Ansätzen die Habitateignung (Niederberger 2008). Die Aussagen der drei Methoden wurden verglichen und bewertet. Die beiden neuesten Modellieransätze mit Maxent und mit Regressions-Bäumen BRT haben sich als sehr geeignet erwiesen - die

etablierte Methode mit Generalisierten Linearen Modellen GLM hat immerhin gute Ergebnisse geliefert.

Resultate der Modellierung

Die grün eingefärbten Gebiete in Abbildung 10 sind mit einem leicht reduzierten Umweltdatensatz (Details vgl. Tabelle 2) mit Maxent gerechnet und mit dem Schwellenwert 10% gefiltert. Dies bedeutet, dass 10% der Funde als Ausreisser bezeichnet werden. Ausreisser entstehen z.B. bei Funden von Individuen, die sich 'ausserhalb des geeigneten Gebietes' aufhalten – sei es beispielsweise, weil sie gravitativ dorthin verfrachtet wurden, sei es, weil der Lebensraum deutlich kleiner als eine Rasterzelle von 25 x 25 m ist, sei es, weil die Lagebestimmung nicht ausreichend präzis ist.

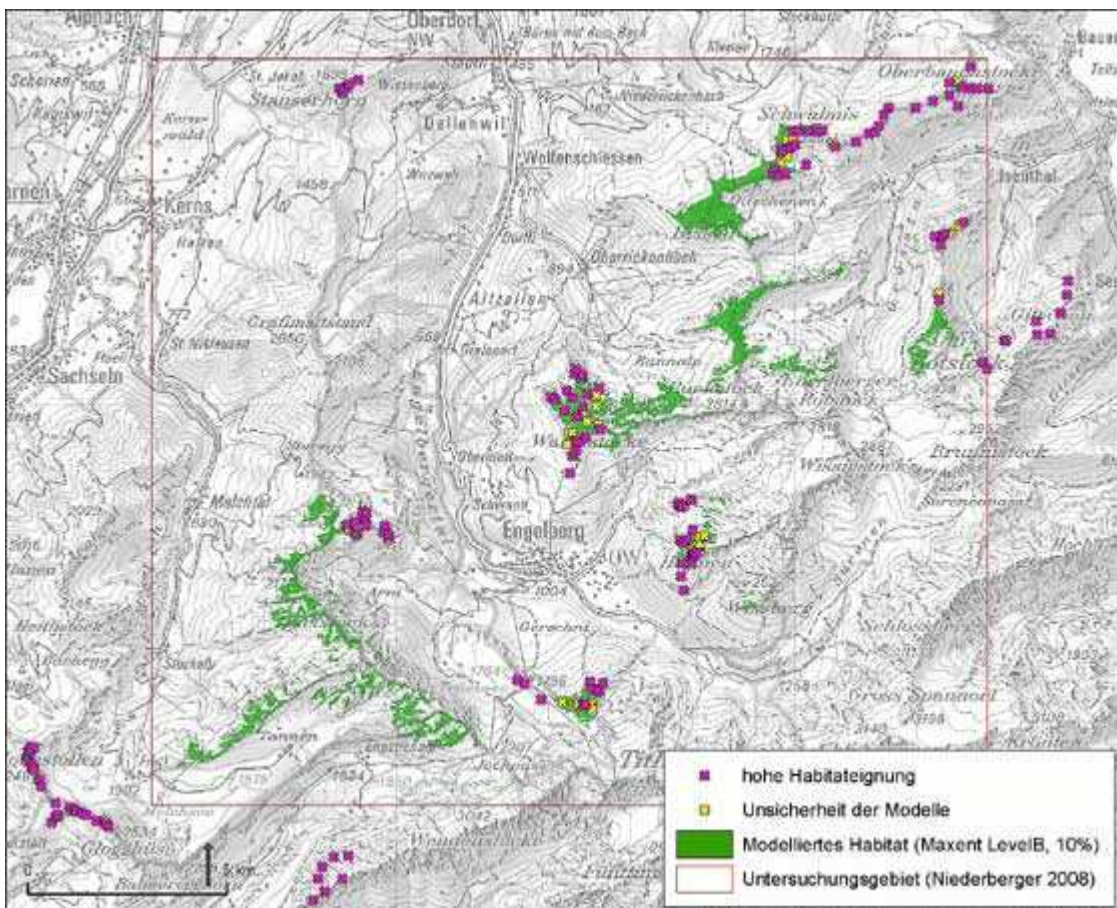


Abbildung 10: Ergebnisse der ersten Modellierung 2007: Im grün eingefärbten Gebiet wird das Habitat für die Nidwaldner Haarschnecke als geeignet prognostiziert. Ausgewählte Punkte in bisher unbearbeiteten Gebieten sollen die Suche nach neuen Vorkommen erleichtern und die Qualität der Prognose aufzeigen.

Neben der Prognose der Habitatsignung innerhalb des für die Modellierung festgelegten Untersuchungsgebietes wurde auch eine Projektion in die umliegenden Regionen erstellt. Allerdings steigen dabei die Unsicherheiten rasch an, je unterschiedlicher die Verhältnisse in den projizierten Gebieten zu jenen im Modellgebiet sind. Ähnliche Habitatsignungen wurden auf der rechten Seite des Urner Reusstals, im hinteren Muotatal und im Berner Oberland identifiziert.

Zur Überprüfung der Prognosen, zu deren Verbesserung und zur effizienten Suche nach neuen Vorkommen von *Trochulus biconicus* innerhalb und ausserhalb des ursprünglich festgelegten Untersuchungsgebietes sind zwei Kategorien von Punkten zuhanden der Felderhebung 2008 erarbeitet worden. Dabei wurde nach Möglichkeit auch auf die Zugänglichkeit Rücksicht genommen worden.

Zum Einen wurden Punkte mit hoher Habitatsignung und möglichst grosser Übereinstimmung der Prognosemodelle abgeleitet (in Abbildung 10 pinkfarben dargestellt). Sie versprechen das Auffinden von bisher unbekanntem Vorkommen. Es wurden auch Punkte ausgewählt, die deutlich ausserhalb des Untersuchungsgebietes liegen, wie beispielsweise an Lokalitäten bei Bälmeten, den Windgällen, am Klausenpass und auf der Silberen oder am Tälistock, Glogghus-Hochstollen oder Briener Rothorn.

Zum Anderen ist die Abgrenzung von Gebieten oft nicht sicher genug. Daher wurden strategische Punkte gesucht, wo sich die Prognosen stark widersprechen (in Abbildung 10 in gelb dargestellt). Die Erkenntnisse dieser Punkte erlauben anschliessend die Modelle gezielt zu verbessern bzw. die Wahl der besten Methode zu begründen.

5.1.3 Felderhebung 2008

Die Felderhebung im Jahr 2008 ergab neue Funde im Gebiet Oberbauenstock (Kanton Nidwalden und Kanton Uri), im Gebiet Risetenstock-Schwalmis (Kanton Nidwalden), im Gebiet Bannalper Schonegg-Chaiserstuel (Kanton Nidwalden und Kanton Uri) im Gebiet Rigidalstock-Ruchstock (Kantone Nid- und Obwalden) im Gebiet Walenstock (Kantone Nid- und Obwalden), im Gebiet Chlie Schlieren (Kanton Uri), im Gebiet Wissberg (Kanton Obwalden) sowie auf dem Surenenpass (Kanton Uri). Insgesamt wurden in der Feldsaison 2008 total 77 Einzelbeobachtungen genau registriert und ausgewertet und dabei total 21 Neufunde von *Trochulus biconicus* gemacht.

5.1.4 Habitatmodellierung 2008

Das methodische Vorgehen von Maxent (und wahlweise auch bei GLM und BRT) stützt sich nur auf Fundstellen (sog. Präsenzen) und bezieht die Information von Nicht-Fundstellen (sog. Absenzen) - also Stellen wo gesucht wurde, ohne aber einen Nachweis für *Trochulus biconicus* zu erzielen - nicht mit in die Berechnung ein. Tests und methodische Überlegungen zeigen, dass auf diese Weise sogar bessere Resultate erzielt werden, als unter Einbezug der Absenz-Information. Denn das Habitat kann an einer Stelle geeignet sein, auch ohne dass die Art dort präsent ist, z.B. weil ein Ausbreitungspfad von einer bestehenden Population zu dieser Stelle fehlt. Demzufolge werden die in der Felderhebung nicht mit Funden bestätigten Hochpotentialpunkte mit den nicht besuchten Punkten gleichgestellt. Nicht bestätigte Hochpotentialgebiete erscheinen daher weiterhin in den Prognosen. Dieser Umstand erklärt auch Differenzen zwischen Habitateignungskarten (Schätzung des potentiellen Verbreitungsgebietes) und Verbreitungskarten aus Beobachtungen zu einer Art.

Die neuen Fundstellen der Felderhebung 2008 konnten nun einerseits als unabhängiger Testdatensatz in das Habitatmodellierungsprogramm Maxent eingelesen werden und andererseits eine neue Modellierung mit einigen Punkten mehr erstellt werden.

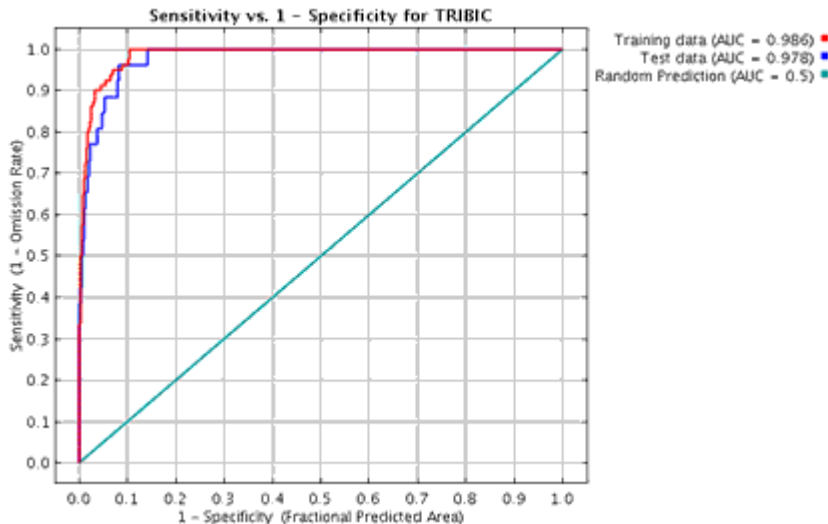


Abbildung 11: Die Trefferquote von Modellen kann in einem ROC-Plot aufgetragen werden. Hier für die Modellrechnung mit Maxent mit den Funden bis 2007 als Trainingspunkte und den Funden 2008 als Testpunkte. Die Grafik bezeugt eine sehr gute Trefferquote.

Abbildung 11 zeigt die ROC-Kurven für die Modellierung mit den Funden bis 2007 als Trainingsdaten (rot) und den Funden 2008 als Testdaten (blau). Läge die Kurve eines Modells auf der eingezeichneten Diagonale, wäre das Modell nur so gut wie ein Zufallsgenerator. Führte die Kurve hingegen exakt durch die linke obere Ecke, wäre das Modell vollkommen und würde jeden Punkt richtig prognostizieren. Die Kurve für den Testdatensatz 2008 ist zwar erwartungsgemäss schlechter als die Kurve für die Trainingsdaten, jedoch mit einem AUC von 0.97 immer noch als hervorragend zu bezeichnen.

Der zusätzliche Beitrag an Informationsgehalt der Funde 2008 für das Finden des charakteristischen Musters an Werten der Umweltvariablen kann als sehr klein angesehen werden, da sich die Prognosekarten mit und ohne diese Funde nur marginal ändern.

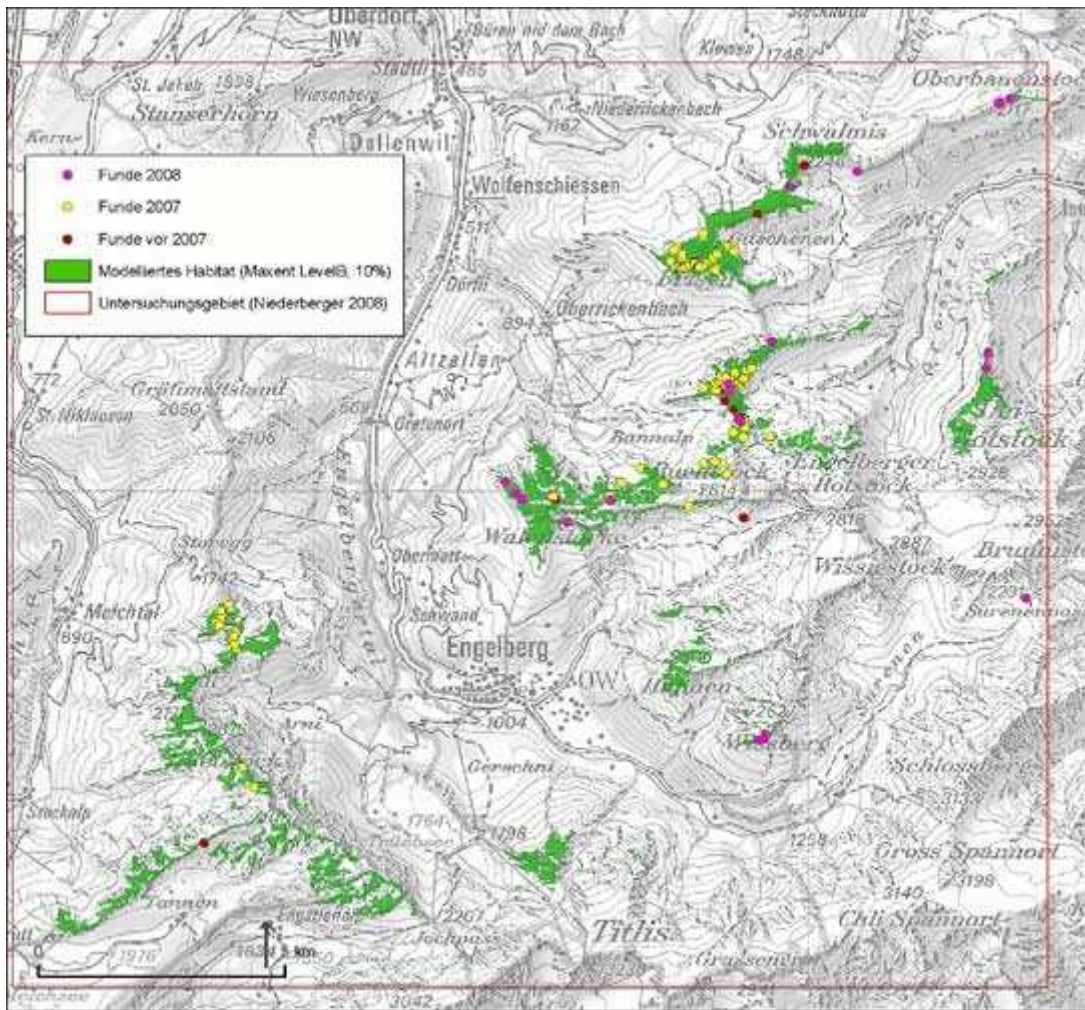


Abbildung 12: Die Funde der verschiedenen Erhebungskampagnen und die modellierten Habitatgebiete (in grün). Die neuen Funde 2008 bestätigen die Habitateignungsprognose weitgehend. Es konnten jedoch nicht in allen Zellen mit hoher Habitateignung auch tatsächlich Funde gemacht werden. Der neue Fund beim Surenenpass und der ältere Fund beim Rughubel werden durch die Modellierung nicht erklärt.

In Abbildung 12 ist die mit Maxent erstellte Prognose mit allen bis 2007 belegten Funden dargestellt. Sie basiert auf der Basis der Umweltparameter Jahresdurchschnittstemperatur, durchschnittlicher Juliniederschlag, Topografischer Index (Radius 2 km, gefiltert), Feuchtigkeitsindex, Sonneneinstrahlung der Sommersonnwende, der Nord- und der Ostexposition, Regentage in der Wachstumsperiode und der reklassifizierten Bodenbedeckung der amtlichen Vermessung. Über die Gewichtung beziehungsweise den Beitrag der einzelnen Umweltparameter gibt Tabelle 2 Auskunft.

Umweltvariable	Beitrag zum Modell
Jahresdurchschnittstemperatur	38%
durchschnittlicher Juliniederschlag	27%
Topografischer Index	18%
Feuchtigkeitsindex	6%
Nordexposition	3%
Sonneneinstrahlung (am 21.6.)	3%
Bodenbedeckung (zusammengefasst)	2%
Anzahl Regentage in der Wachstumsperiode	2%
Ostexposition	1%

Tabelle 2: Prozentualer Beitrag der Umweltvariablen zum Modell mit Maxent mit dem leicht reduzierten Umweltvariablensatz (Level B).

Da es sich dabei nicht um kausale Wirkungsvariablen handelt darf die Jahresdurchschnittstemperatur nicht nur als Temperatursignal verstanden werden. Die Variable steht stellvertretend für weit mehr Einflussgrössen wie beispielsweise die topografische Höhe, die Vegetation, Interaktionen mit anderen Arten. Welche einzelnen Einflussgrössen dahinter stehen kann aus dem Ergebnis nicht eruiert werden. Somit dürfen auch nicht direkt Schutzmassnahmen oder Erkenntnisse zum Verhalten der Art daraus abgeleitet werden.

Die wissenschaftliche Detail-Auswertung der Ergebnisse mit der Fragestellung zur Wahl der besten Methodik und zur Abschätzung der Güte der Prognosen konnte bisher noch nicht abgeschlossen werden.

5.1.5 Aktuelles und potentielles Verbreitungsgebiet

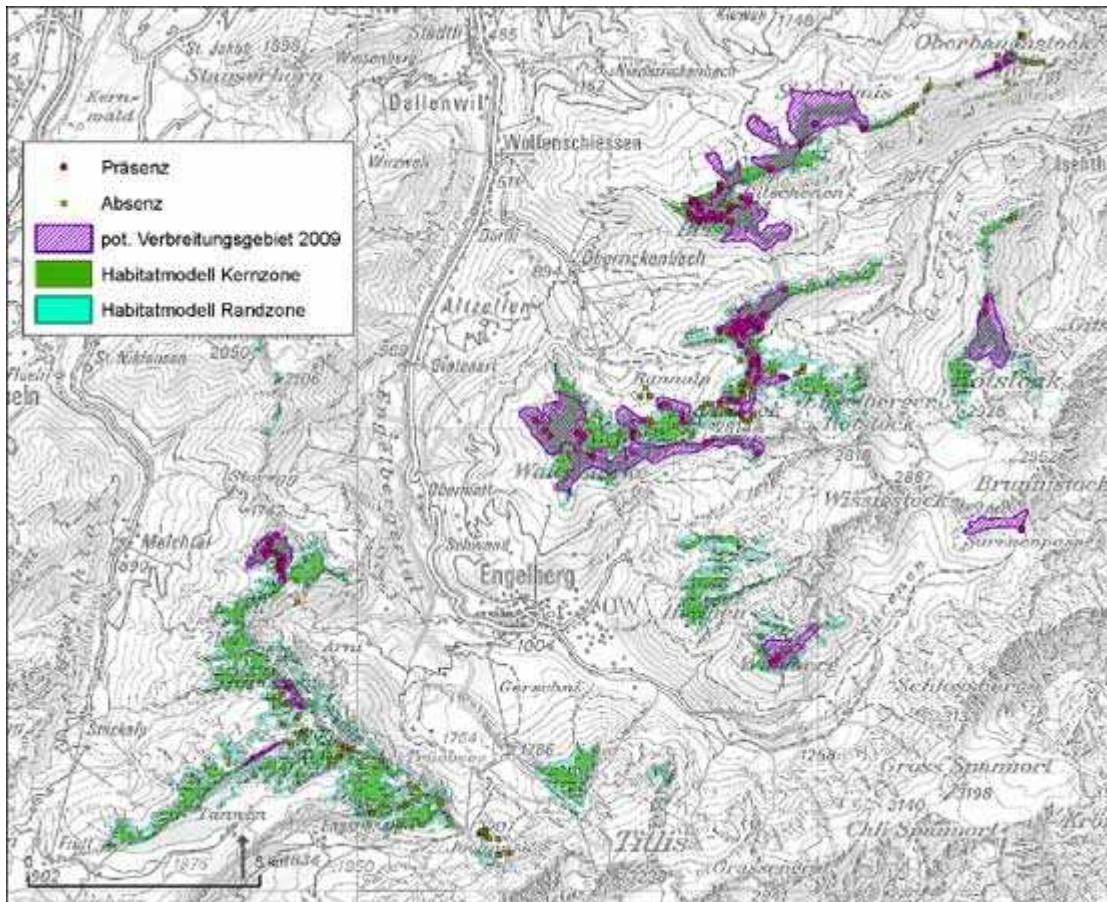


Abbildung 13: Aktuelles Verbreitungsgebiet von *Trochulus biconicus* aufgrund der gutachtlichen Einschätzung aller Funde und den Resultaten der Habitatmodellierung. Nicht als rote Punkte aufgeführt sind die Funde am Huetstock und am Uri Rotstock Westhang, sowie zwei Funde östlich des Uri Rotstock.

In Abbildung 13 ist das gutachtlich ausgeschiedene, aktuelle Verbreitungsgebiet von *Trochulus biconicus* violett überlagert auf der hinterlegten, in grün dargestellten Habitatmodellierung wiedergegeben. Nicht als rote Punkte aufgeführt sind je ein Fund am Huetstock - und am Uri Rotstock - Westhang, sowie zwei Funde östlich des Uri Rotstock. Diese Neufunde, die aus dem Jahr 2009 datieren, sind in den aktuellen Verbreitungskarten im Anhang 3 bereits berücksichtigt worden.

Markante Abweichungen zwischen dem aktuellen Verbreitungsgebiet und der Habitatmodellierung sind in den Gebieten Hahnen, Laubersgrat und Jochpass – Graustock ersichtlich. Die Gründe sind unterschiedlich: Am Hahnen wurde bisher nicht gesucht, ein Vorkommen ist aber möglich. Der Laubersgrat scheint geeignet zu sein, ist aber als Abrisskante eines nacheiszeitlichen Bergsturzes bekannt (Hess 1986) und fällt somit als Rückzugsrefugium weg. Das Gebiet Jochpass – Graustock

wurde 2007 intensiv begangen ohne dass ein Nachweis gelang. Das kann vermutlich auf die Vergletscherungsgeschichte dieses Gebietes zurückgeführt werden, die keine eisfreien Stellen übrig liess.

Andere Abweichungen zwischen gutachtlich ausgeschiedener Fläche und dem prognostizierten Verbreitungsgebiet können oft durch die Geologie erklärt werden, die nicht die richtigen Lebensräume hervorbringt. Die Gesteinsunterlage konnte jedoch mangels geeigneter Datengrundlagen nicht in die Modellierung einbezogen werden. Die Verbreitung scheint in sehr steilen und felsigen Gebieten grösser zu sein als durch die Modellierung angenommen. Von diesen meist sehr unzugänglichen Stellen sind offenbar zu wenig Funde belegt, sodass sie die Modellierung nicht als geeignet einstuft. Zudem wirkt sich bei steilem Gelände die Rasterbreite von 25 m stärker aus, indem über ein grösseres Gebiet gemittelt wird als bei flachem Gelände.

Tabelle 3 gibt Auskunft über die Grösse der modellierten potentiellen Habitate und den zugehörigen Verbreitungsgebieten.

Gebiet / Fläche	Modellierung inkl. Randzone [ha]	Modellierung Kernzone [ha]	Verbreitungsgebiet [ha]
Oberbauenstock	14	10	8
Risetenstock-Schwalms	133	93	166
Brisen	150	119	127
Bannalper-Schonegg-Chaisenstuel	316	165	95
Rigidalstock-Ruchstock	200	109	131
Schinberg	90	48	16
Walenstock	100	74	107
Wissberg	64	22	34
Surenepass	0	0	28
Chli Schlieren	123	64	72
Widderfeld Stock	152	96	39
Huetstock-Hanghorn	188	91	13
Barglen	251	106	3
Gräfimattstand	6	1	0
Graustock	228	111	0
Laubensgrat	83	43	0
Ochsenhorn-Jochstock	8	1	0
Titlis Nordost	11	2	0
Stanserhorn	0.01	0	0
Hahnen	139	58	0
Total	2256	1214	839

Tabelle 3: Die Flächen zu den in Abbildung 13 und im Anhang 3 dargestellten Gebieten. Das gutachtlich ausgeschiedene Gebiet am Surenepass wurde von der Modellierung nicht erkannt, hingegen konnten 7 Gebiete der Modellierung nicht bestätigt werden.

5.2 Biologie



Abbildung 14: *Trochulu biconicus*

5.2.1 Habitatstrukturen



Abbildung 15: Am Südwesthang des Chaiserstuel beträgt der Schuttanteil rund 50%.

Die Auswertung der 364 Einzelbeobachtungen, der 36 Aufnahme­flächen und der drei Dauerbeobachtungs­flächen zeigte, dass *Trochulus biconicus* nur an Standorten vorkommt, die bestimmte Habitatstrukturen aufweisen. An Standorten mit geschlossener Rasendecke ohne Schuttanteil wurde die Art nie gefunden. Die höchsten Dichten wurden am Südwesthang des Chaiserstuels beobachtet und zwar just dort, wo der Schuttanteil rund 50% ausmacht (vgl. Abb. 15).

Bei drei je fünf Minuten dauernden Versuchen wurden dort im Durchschnitt 93 lebende Tiere gezählt. Von den insgesamt 21 Aufnahme­flächen, bei denen die

Dichte nach der oben beschriebenen Methode gemessen wurde, wurden nur bei zehn Standorten mehr als zehn Tiere in fünf Minuten gefunden. Die beiden anderen Dauerbeobachtungsflächen wiesen mit 30 am Standort Chaiserstuel Nordost und mit 21 auf der Bannalper Schonegg ebenfalls überdurchschnittlich hohe Dichten auf.



Abbildung 16: Dauerbeobachtungsfläche am Chaiserstuel Südwesthang.

Am Chaiserstuel verwittert der Kalkuntergrund zu flachen Steinplatten, unter denen *Trochulus biconicus* ideale Lebensbedingungen vorfindet. Die Korngrößenverteilung ist jedoch recht ausgeglichen, d. h. neben den grossen Steinplatten mit Durchmessern zwischen 20 und 60 cm kommen auch zwei gleich grosse Gruppen mit Durchmessern von 6 bis 20 und 2 bis 6 cm vor. Dieser Umstand führt dazu, dass der Boden bis in eine Tiefe von einigen Zentimetern im Schuttbereich sehr viele Ritzen und Hohlräume aufweist. In diese Hohlräume kann sich die Schnecke zurückziehen bzw. verbringt dort die weitaus meiste Zeit.

Abbildung 16 zeigt den Stein Nr. 10 in der Dauerbeobachtungsfläche am Südwesthang des Chaiserstuels. Die Steinplatte ist recht gross und dick. Im Frühjahr wärmt sie sich nicht so schnell auf wie die kleineren Steine in der Umgebung. In dieser Zeit wurden denn auch relativ wenige Tiere unter diesem Stein beobachtet. Später im Hochsommer werden dann die kleinen Steine am Tag so stark aufgewärmt, dass die Schnecken unter die grossen und dicken Steine oder in tiefere Bodenschichten abwandern.

Für die Schnecke ideale Steinplatten, welche nicht ganz dicht dem Boden aufliegen, können diese Qualität im Jahresverlauf verlieren. Besonders bei Starkniederschlägen im Sommer oder just nach der Schneeschmelze kann es passieren, dass die Hohlräume mit Feinmaterial verschlossen werden. Bei der monatlichen Kontrolle fiel dann auf, dass solche Steine fest am Boden klebten und keine Schnecken mehr vorhanden waren.

5.2.2 Kleinrelief und Mikroklima



Abbildung 17: Markierte Vorkommen von *Trochulus biconicus* beim Münggenstöckli, Bannalp.

Der Lebensraum von *Trochulus biconicus* ist neben dem Vorkommen von ruhendem Kalkschutt sehr stark vom Kleinrelief abhängig. Hangkanten oder Hangkuppen, Grat- und Gipfellagen sowie Felsköpfe und Felstreppen werden von der Schnecke eher besiedelt als Hangmulden und Hangfusslagen.



Abbildung 18: Felstreppen am Barglen.



Abbildung 19: Kleinflächiges Vorkommen auf einem Felskopf am Chaiserstuel.

Häfeli hat in ihrer Projektarbeit (Häfeli 2008) aufgezeigt, dass die meisten Mikrohabitate von *Trochulus biconicus* im Winter aper sind oder nur eine geringe Schneebedeckung aufweisen. Andererseits hat sie bei Kleinstandorten ohne Schneckenvorkommen regelmässig grosse Schneedecken mit Höhen bis über 3 m vorgefunden. Die Temperatur der Bodenoberfläche war bei den Messungen im Januar 2008 negativ mit den Schneehöhen korreliert: Bei niedrigen Schneehöhen waren die Temperaturen an der Oberfläche meistens höher als bei angrenzenden Messpunkten mit einer höheren Schneeauflage.



Abbildung 20: Messung der Oberflächentemperaturen und Schneehöhe am Gipfel des Chaiserstuels im Winter 2008



Abbildung 21: Die gleiche Stelle wie Abbildung 20 am Gipfel des Chaiserstuels im Mai 2009.

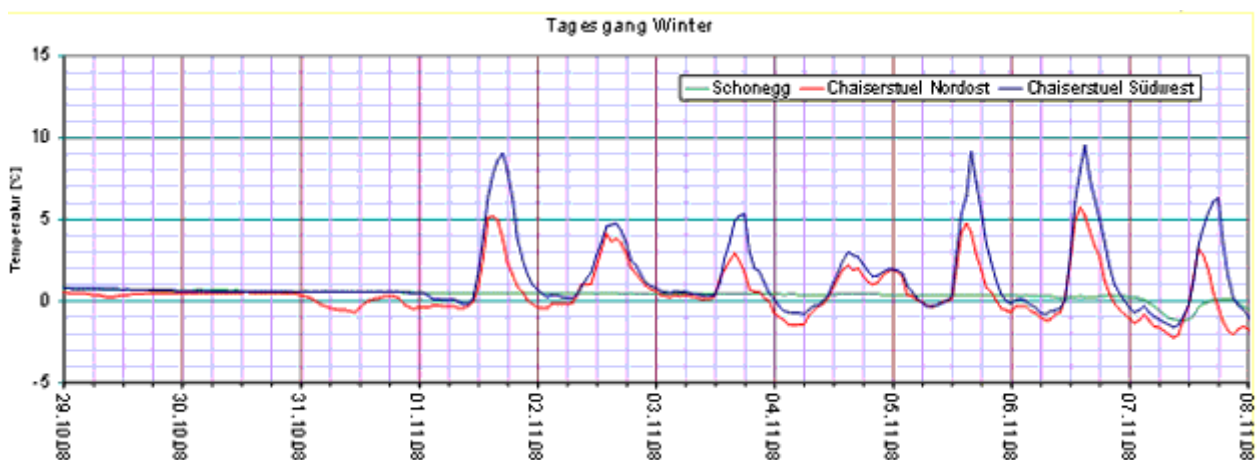


Abbildung 22: Zehntagesintervall der Temperatureaufzeichnung im Oktober / November 2008 mit anfänglicher Schneebedeckung.

Die Auswertung der Datenlogger zeigte deutlich, dass die Temperaturen aufgrund der Schneebedeckung im Tagesgang nicht über 1°C anstiegen. Bei welcher Temperatur die Aktivität von *Trochulus biconicus* beginnt, ist nicht bekannt. Wird aber beispielsweise ein Tages- oder Monatsmittel von über 5°C als erforderlich angenommen, beschränkt sich die aktive Zeit auf „nur“ gerade ca. 6 Monate im Jahr 2008. Im Detail ergaben sich bei den drei Mikrostandorten der exponierten Datenlogger interessante Unterschiede. Im Beispiel von Abbildung 22 hat die Messstelle auf der Bannalper Schonegg bis am 7.11.08 eine Schneedecke, erhält aber auch nach dem Verlust der Schneedecke keine Sonnenbestrahlung. Am Chaiserstuel setzt jeweils nach dem Mittag eine Sonnenbestrahlung ein, die am Südwesthang deutlich stärker ist und etwa 2 bis 4 Stunden länger dauert. Entsprechend weist der Südwesthang gegenüber dem Standort „Nordost“ im Gegensatz zum Sommer die höheren Maximaltemperaturen auf. An bedeckten Tagen ist dieser Unterschied weniger augenfällig. Der Standort Chaiserstuel Nordost verliert die Schneedecke bereits zu Beginn des 31.10.08 – der Standort Südwest einen Tag später. Das Verschwinden dürfte auf Wind zurückzuführen sein, da der Wegfall während der Nacht erfolgte und somit Sonnenwärme als Ursache entfällt.

5.2.3 Aktivitätsrhythmus

Die Untersuchungsfläche der Seminararbeit von Wigger lag in unmittelbarer Umgebung der Dauerbeobachtungsfläche am Südwesthang des Chaiserstuels. Wigger hat während der rund 10 Feldtage festgestellt, dass die Tiere vorwiegend nachtaktiv sind (Wigger 2007). Seine Beobachtungen decken sich mit den Einzelbeobachtungen, die während der Feldarbeit zur Verbreitung gemacht worden sind. Die meiste Zeit scheint die Schnecke inaktiv zu sein. Besonders bei Schönwetterperioden wurde fast bei allen Tieren ein Maximum der Aktivität in der Nacht oder am frühen Morgen, noch deutlich vor Sonnenaufgang, und ein Minimum am Nachmittag beobachtet. Allgemein ist die Aktivität während einer Schönwetterperiode eher gering. Das Versteck unter den Steinen wird kaum verlassen, die durchschnittlich zurückgelegte Distanz einer Schnecke lag zwischen 2 und 3 cm in vier Stunden. Bei regnerischen Wetterlagen mit hoher Luftfeuchtigkeit und zu Beginn einer Schönwetterperiode ist die Aktivität markant höher. Die durchschnittlich zurückgelegte Distanz einer Schnecke lag zwischen 3 und 12 cm, der Rekord lag bei 25 cm.

5.2.4 Nahrung und Vegetation

Trochulus biconicus wurde selten aktiv und noch seltener bei der Nahrungssuche oder beim Fressen beobachtet. „In der Nacht vom 16.08 auf den 17.08 war es sehr kühl und durch den Regen am Vortag herrschte eine sehr grosse Luftfeuchtigkeit. Auf der Untersuchungsfläche konnte ich deshalb eine Vielzahl von Individuen nicht unter den Steinen finden sondern auf dem umliegenden Blaugrasrasen, ganz besonders auf den vergilbten Blättern des Blaugrases selber. Daraus kann man sicherlich schliessen, dass *Trochulus biconicus* bei feuchter kühler Witterung, besonders in der Nacht ihre Behausung unter den Steinen verlässt und möglicherweise auf Nahrungssuche ist. Zum andern könnte man die These aufstellen, dass das Blaugras eine wichtige Futterpflanze darstellt. Diese Einzelbeobachtungen lassen aber keine definitive Aussage zu, dennoch kann man dies als Grundlage in späteren Projekten sicherlich weiterverfolgen.

Auf der Unterseite der Steine waren zudem Schleimspuren und Kotkonglomerate, welche eindeutig von *Trochulus biconicus* stammten zu erkennen. Bei Bedarf könnte man diese unter Vergrösserung untersuchen und anhand der Pflanzenreste im Kot auf die Nahrung der Schnecke schliessen.“ (Wigger 2007).

Die Schleimspuren selber zeigen zudem bei günstigen Witterungsbedingungen die Aktivität der Tiere auf. Die Längen betragen 10 bis 25 cm und verlaufen jeweils von der Mitte der Steinplatten bis zu deren äusseren Rand.

Vegetationskundlich lassen sich die bisher total 134 untersuchten Habitate von *Trochulus biconicus* hauptsächlich drei verschiedenen Lebensraumtypen nach (Delarze et al. 1999) zuordnen, von denen die Blaugrashalden wohl die wichtigsten sind.



Abbildung 23 Blaugrashalde am Südwesthang des Chaiserstuels.



Abbildung 24: *Gentiana clusii*.

Blaugrashalden, auch Blaugrasrasen genannt, sind blumenreiche, alpine Rasen mit grosser Florenvielfalt und auffallend hohem Anteil an Leguminosen (Hülsenfrüchtler). Strukturegebend sind hauptsächlich das Blaugras (*Sesleria caerulea*) und die Horstsegge (*Carex sempervirens*). Die Böden sind relativ flachgründig, steinig und trocknen rasch aus. Die vorgefundenen Blaugrasrasen wachsen vorzugsweise an sonnigen Hängen über einer Gesteinsunterlage aus Kalk. Immer sind die Rasenflächen von einzelnen Steinen oder von flächigem Gesteinsschutt durchsetzt. In Grat- und Gipfellagen sowie auf Felsköpfen und in den Felstreppen sind meist nur Rasenfragmente vorhanden (vgl. Abb. 7).

Blaugrasrasen sind allgemein sehr artenreich, nicht zuletzt wegen der Vielfalt an Mikrohabitaten, die sich aus der stufenartigen Geländestruktur ergeben.

Am Chaiserstuel sind die Blaugrashalden am Südwesthang unterhalb des Gipfels (vgl. Fehler: Referenz nicht gefunden) weit verbreitet. Auf der Bannalper Schonegg hingegen dominieren das Vegetationsmosaik auf der Westseite des Passes die Polsterseggenrasen.

Bei dieser Einheit handelt es sich um einen niederen, lückigen Rasenbestand, der aus dichten, steifen Polsterseggenbüschen (*Carex firma*) aufgebaut ist. Diese Segge wächst sehr langsam und ist besonders langlebig. (Ein *Carex firma*-Blatt kann fünf bis sechs Jahre lang leben.)

Die Pflanzen der Polsterseggenrasen sind an die relativ kurze Vegetationszeit angepasst; sie müssen häufig Schlechtwettereinbrüche und Dürreperioden überstehen und den mechanischen Stress aushalten können, der mit dem häufigen Wechsel von Gefrieren und Auftauen des Bodens entsteht. Diese Einheit ersetzt die Blaugrashalden auf stark skelettreichen Kalk- oder Dolomitböden, wo nur sehr wenig Feinmaterial vorhanden ist.



Abbildung 25: Polsterseggenrasen auf der Bannalper Schonegg.



Abbildung 26. Polstersegge (*Carex firma*).

Die Polsterseggenrasen sind floristisch relativ artenarm, sie sind jedoch vor allem aufgrund der speziellen Anpassungen an die extreme Witterung interessant. Die Langlebigkeit der Individuen, ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber der rauen Witterung und den Fließbewegungen des gefrorenen Bodens sind alles Eigenschaften, die unter dem Selektionsdruck äusserst unproduktiver und unwirtlicher Standortbedingungen entstanden sind.



Abbildung 27: Kalkschuttflur am Chaiserstuel.

Auf dem Chaiserstuel sind die alpinen Kalkschuttfluren ebenfalls vertreten, beispielsweise in der Umgebung der oben beschriebenen Dauerbeobachtungsfläche am Chaiserstuel Nordosthang. Typisch ausgebildete Kalkschuttfluren kommen auf mächtigen Kalkgeröllhalden der alpinen Stufe vor. Ihr Deckungsgrad ist immer gering, und sie sind leicht zu übersehen.

Die meisten Pflanzenarten dieses Lebensraumes sind an das "rutschende" Substrat der instabilen Schutthalden eng angepasst. Ihre lang gezogenen und geschmeidigen unterirdischen Organe finden nach Verschüttungen während der schlechten Jahreszeit immer wieder an die Oberfläche.

Trochulus biconicus besiedelt jedoch offenbar nie das Zentrum einer Kalkschuttflur, sondern nur deren Randbereiche, wo die Steine nicht mehr oder nur sehr selten in Bewegung sind. Auch an Standorten am oberen Rand der Schuttfluren, welche in Felsfluren übergehen, wurde *Trochulus biconicus* beobachtet.

5.2.5 Vorkommen und Beziehung zu weiteren Arten

Da noch nicht alle gesammelten Schneckenarten eingehend bestimmt wurden, sind die nachfolgenden Aussagen provisorischer Natur. Am häufigsten wird *Trochulus biconicus* von der Alpen-Schnirkelschnecke, der Felsen-Pyramidenschnecke und von Puppenschnecken begleitet. Die beiden erstgenannten Arten sind häufige Arten, die Puppenschnecken eher selten und weniger leicht zu finden. Die vollständige Liste der bisher mit *Trochulus biconicus* zusammen vorkommenden Arten umfasst: *Arianta arbustorum alpicola*, *Pyramidula pusilla*, *Pupilla alpicola*, *P. glacialis* und *P. sterii*, *Abida secale secale*, *Clausilia rugosa parvula*, *Columella edentula*, *Eucobresia diaphana*, *E. nivalis*, und *E. pegorarii*, *Deroceras laeve*, *Trichia sericea*, *Vitrea subrimata* und *Vitrea crystallina*, *Cochlicopa lubrica*, *Columella columella* und *Vitrina pellucida*.



Abbildung 28: *Trochulus biconicus* mit Felsen-Pyramidenschnecken.



Abbildung 29: Eine Glaschnecke (*Eucobresia*).

Als weitere Arten wurden am häufigsten Spinnen, Pseudoskorpione und Käfer beobachtet. Über die Beziehung zu den weiteren Arten liegen noch keine gesicherten Aussagen vor. Gemäss Wigger (2007) war unter jenen Steinen, unter welchen sich Spinnen aufhielten, die Dichte von *Trochulus biconicus* auffällig gering.



Abbildung 30: Häufig beobachtete Spinne, welche das gleiche Mikrohabitat wie *Trochulus biconicus* besiedelt.



Abbildung 31: Regelmässig wurde auch das Pseudoskorpion zusammen mit *Trochulus biconicus* beobachtet.

5.2.6 *Ausbreitungskapazität und genetischer Austausch*

Trochulus biconicus scheint ein wahrer Meister zu sein, wenn es darum geht, das Mikroklima an einem bestimmten Standort optimal auszunutzen. Beim Kriechen dreht und wendet die Schnecke ihr Gehäuse flink und passt sich so stets der engen Umgebung zwischen dem Kalkschutt an, ohne dass ihr Gehäuse beschädigt wird. Andererseits stellt die Schnecke so hohe Habitatansprüche, dass sie meistens nur auf mehr oder weniger kleinen Habitatinseln von einigen Aren zu finden ist. Inwiefern zwischen diesen Habitatinseln eine Migration und ein genetischer Austausch stattfindet, sei es durch aktives Kriechen oder durch passives Verschleppen der Gehäuse beispielsweise im Gefieder eines Schneehuhns oder im Fell eines Steinbocks, ist bisher noch nicht erforscht worden.

Im vorliegenden Projekt konnte aufgrund der Markierungsversuche der Gehäuse lediglich bewiesen werden, dass erwachsene Tiere mindestens einen Winter überleben können. Das Verbreitungsmuster der Habitatinseln deutet jedoch darauf hin, dass die meisten aktuellen Habitatinseln gross- wie kleinräumlich betrachtet während der Eiszeiten unvergletschert waren. Besonders trifft dies bei jenen Habitatinseln zu, die aktuell eine hohe Dichte aufweisen. Trotzdem ist es auch denkbar, dass *Trochulus biconicus* die Eiszeiten in Felstreppenrasen in der näheren Umgebung der aktuellen Vorkommen oder aber auf weiter entfernt liegenden Nunataks des Alpenvorlandes überlebt hat.

6 **Gefährdung und Schutz**

Niederberger (2008) versuchte durch Variation des Parameters Jahresdurchschnittstemperatur den Einfluss einer Klimaerwärmung im Modell zu simulieren. Ein Test auf die Relevanz der Aussagen zeigte jedoch, dass das simple Erhöhen der Temperaturwerte nicht zielführend ist und mit dem errechneten Modell keine Vorhersagen auf andere klimatische Verhältnisse gemacht werden können. Die Begründung ist darin zu suchen, dass der Wirkungsparameter „Jahresdurchschnittstemperatur“ als Sammelparameter stellvertretend für mehrere, ebenfalls wichtige Umweltparameter wie z.B. die mit der Jahresdurchschnittstemperatur hochkorrelierte topografische Höhe angesehen werden muss. Die angewandte Methode für die Modellierung stützt sich auf statistische Resultate und nicht auf kausale Wirkungszusammenhänge.

Auch wenn das aktuelle Verbreitungsgebiet bedeutend grösser ist als bisher vermutet, bleibt *Trochulus biconicus* wegen ihrem beschränkten Verbreitungsareal und wegen der speziellen Habitatansprüche eine gefährdete Art. Menschlich bedingte Störungen ihres Mikrohabitats wie beispielsweise die extensive Beweidung stellen jedoch keine Gefährdung dar. Im Gegenteil kann der Tritt durch das weidende Vieh, durch eine Gruppe von Steinböcken oder durch Wanderer unter Umständen für die Schnecke ungünstig liegende Steine in eine für die Schnecke bessere Position bewegen. Stärkere Eingriffe wie das Entfernen der Steine oder eine (klimabedingte) Überführung der schuttreichen Standorte in geschlossene Rasen- oder Gehölzformationen würden aber die Schnecke zum Verschwinden bringen.



Abbildung 32: Steinböcke am Chaiserstuel.



Abbildung 33: Schafe am Chaiserstuel.

Neben der Ausscheidung einer Schutzzone, welche starke Eingriffe bereits auf planerischer Ebene verhindert, wird als Schutzmassnahme auch eine dauerhafte Überwachung des aktuellen Verbreitungsgebietes und der aktuellen Populationsdichte in den einzelnen Habitatinseln, insbesondere entlang der unteren Verbreitungsgrenze von *Trochulus biconicus* vorgeschlagen.

7 **Schlusswort**



Abbildung 34: Überblick Chaiserstuel Südwesthang und Bannalper Schonegg

Das Wissen über die Nidwaldner Haarschnecke konnte in den letzten Jahren entscheidend erweitert werden. Von einer exotischen Art mit einem rätselhaften Vorkommen an einer einzigen Lokalität ist sie zu einem interessanten Tier avanciert. Möglicherweise können wir mit fortschreitendem Verständnis von ihr auch Hinweise zur Vergletscherungs- und Talentwicklungsgeschichte des Gebietes um das Engelbergertal ableiten. Sicher aber sind solche endemischen Arten ein höchst spannendes Objekt, um die Prozesse der Artentwicklung in unseren Breiten zu studieren.

8 Literatur und weitere Quellenangaben

- Baur, B., Fröberg, L., & Baur, A. (1995): Species diversity and grazing damage in a calcicolous lichen community on top of stone walls in Öland, Sweden. *Ann. Bot. Fennici* 32: 239-250. Helsinki.
- Baur, B. & Baur, A. (1995): Habitat-related dispersal in the rock-dwelling land snail *Chondrina clienta*. *Ecography* 18: 123-130. Copenhagen.
- Baur, B. et al.; Forum Biodiversität (2004): Biodiversität in der Schweiz. 237 S. Hauptverlag, Bern.
- Delarze, R., Gonseth, Y. und Galland, P. (2. A., 2008): Lebensräume der Schweiz: Ökologie, Gefährdung, Kennarten: 114-115/172-175, Ott Verlag, Thun.
- Eder, L. (1917): Eine neue Schweizer Helicide. *Revue Suisse de Zoologie*. Vol.25, Nr. 15. S.442-452.
- Häfeli, N. (2008): Temperatur- und Schneehöhenmessungen im Verbreitungsgebiet von *Trochulus biconicus*. Eine Feldstudie im Rahmen der Projektarbeit in Biogeographie der Universität Basel in Zusammenarbeit mit der Oekologischen Beratung Markus Baggenstos. Basel, unveröff. Polykopia.
- Hausser, J. (2005): Bestimmungsschlüssel der Gastropoden der Schweiz. *Fauna Helvetica* 10, Centre suisse de cartographie de la Fauna/Schweizerische Entomologische Gesellschaft. 191 S. Neuchâtel.
- Kerney M.P. et al. (1983): Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. Paul Parey, Hamburg und Berlin
- Lobsiger M. und Ewald, K. C. (2002): Typisierung, Erhebung und Darstellung von Landschaftselementen. – Landschafts-CD; VdF Hochschulverlag Zürich.
- Niederberger, B. (2008): Habitatmodellierung der endemischen Landschneckenart *Trochulus biconicus*. Master Thesis im Rahmen des Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“ (UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z_GIS) der Paris Lodron-Universität Salzburg. Luzern, 21.4.2008, unveröffentlichte Polykopia, <http://www.unigis.ac.at/club/bibliothek/pdf/1279.PDF>.
- Pfenninger M. & Pfenninger A. (2005): A new *Trochulus* species from Switzerland. *Archiv für Molluskenkunde* 134, 261-269.

Rüetschi, R. (2004): *Charpentieria thomasiana studeri* - ein Lokalendemit? (Pulmonata: Clausiliidae), Mitt. dtsh.malakozool.Ges. 71/72, 23-26. Frankfurt am Main.

Turner, H. (1991): Die Nidwaldner Haarschnecke gibt es sonst nirgends auf der Welt: ein kleines zoologisches Geheimnis lebt auf der Bannalp / von Hans Turner. Luzern: Vaterland, 17.10.1991, Nr. 240, S. 13 (Nidwalden).

Wigger, F. (2007): Der mikroklimatische und zeitabhängige Aktivitätsrhythmus von *Trochulus biconicus*. Eine Feldstudie im Rahmen der Projektarbeit in Biogeographie der Universität Basel in Zusammenarbeit mit der Oekologischen Beratung Markus Baggenstos. Basel, unveröff. Polykopie.