

Stomata

Judith Grüninger, Patrik Kuster, Marlene Rüegg

Stomata

Stomata sind Spaltöffnungen, durch welche die Pflanzen ihren Gasaustausch betreiben (Abb. 1). Gasaustausch (CO_2 , O_2 , H_2O) findet statt, damit die Pflanzen Nährstoffe herstellen und transportieren und auch atmen können. Das Ziel dieses Projektes war, die Dichte und Grösse von Spaltöffnungen verschiedener Arten (Löwenzahn, Schlangenknöterich, Weissklee, Wundklee und Breitwegerich) auf der Blattober- und -unterseite, an verschiedenen Orten auf dem Blatt und auf verschiedenen Höhenstufen zu untersuchen.

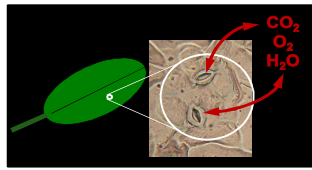


Abb. 1: Lackabzug der Spaltöffnungen unter dem Mikroskop; Gasaustausch der Spaltöffnungen

Dichte- und Grössebestimmung der Stomata

Die Pflanzenblätter wurden auf der Vorder- und Hinterseite mit Autoklarlack beschichtet. Punkt D wurde bei Wundklee und die Punkte A, B, C, D und E für die restlichen Pflanzen (Abb. 2) untersucht. Zu Beginn wurden die Lackabzüge unter dem Mikroskop ausgezählt und später aus Zeitgründen fotografiert. Die Fotografien wurden nach dem Lager mit Photoshop ausgezählt und die Grösse der Spaltöffnungen bestimmt.

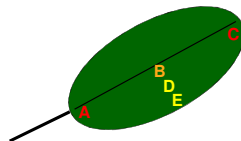


Abb. 2: Untersuchte Orte auf einem Blatt.

Unterschiede zwischen den fünf Arten

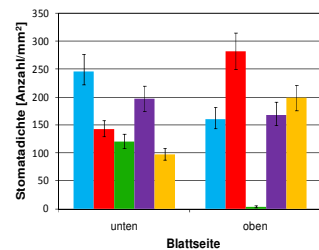


Abb. 3: Vergleich der Spaltöffnungsichten: Löwenzahn, Weissklee, Schlangenknöterich, Breitwegerich, Wundklee

	Obere Blattseite	Untere Blattseite
Löwenzahn ¹	117	215
Weissklee ²	317	178
Breitwegerich ³	158	194
Wundklee ⁴	160	95

Tab. 1: Mittelwerte der Spaltöffnungsichten (Stomat/mm²) von unterschiedlichen Literaturangaben für vier der untersuchten Arten. Die Quellen der Literaturangaben sind auf einem separaten Blatt aufgeführt.

Als erstes wurden die fünf untersuchten Arten miteinander verglichen (Abb. 3). Die Dichte der Spaltöffnungen variiert stark zwischen den Arten und den Blattseiten. Auffällig sind der Schlangenknöterich, der auf der Blattoberseite kaum Spaltöffnungen hat und der Weissklee, der von den untersuchten Arten eine maximale Spaltöffnungsichte von über 250/mm hat. Die Unterschiede zwischen den Pflanzenarten können wahrscheinlich vor allem auf genetische Faktoren zurückgeführt werden, die evolutive Anpassungen an bestimmte Umweltbedingungen aufzeigen.

Die erhobenen Daten können in Tabelle 1 mit Resultaten aus der Forschung verglichen werden. Die im Lager erhobenen Daten zeigen dieselben Trends wie die Literaturwerte. Die Abweichungen könnten auf unterschiedliche Umwelteinflüsse und möglicherweise auch auf unterschiedliche Genotypen innerhalb einer Art zurück geführt werden. Für Schlangenknöterich konnten keine vergleichbaren Literaturangaben gefunden werden.

Der Grössenvergleich der Stomata der untersuchten Arten ist in Abb. 4 und 5 ersichtlich. Die Graphen basieren jedoch nur auf wenigen Daten. Darum sollten sie nicht überinterpretiert werden, aber erste Trends sind trotzdem ersichtlich.

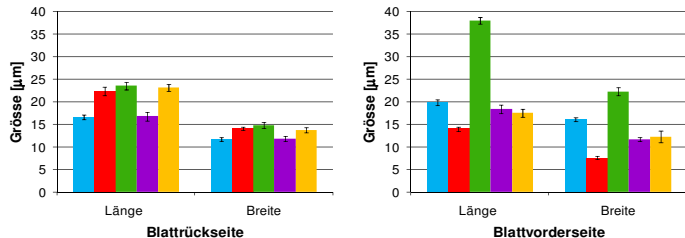


Abb. 4 und 5: Grössenvergleich der Stomata; Löwenzahn, Weissklee, Schlangenknöterich, Breitwegerich, Wundklee

Die Grösse der Stomata ist von genetischen wie auch von Umweltfaktoren abhängig. Auch hier sind die Spaltöffnungen des Schlangenknöterichs auffällig. Auf der Vorderseite sind sie beinahe doppelt so lange wie die der anderen untersuchten Pflanzenarten. Zusammengefasst sind die Spaltöffnungen des Schlangenknöterichs auf der Vorderseite gross, aber sehr selten. Eine mögliche Erklärung dafür könnte eine evolutive Anpassung zum Schutz vor zu hoher Wasserverdunstung auf der Blattoberseite sein. Denn auf der Blattoberseite sind die Sonneneinstrahlung und somit auch die Blatttemperatur höher. Die Reduktion der Stomata auf der Blattoberseite könnte den Trockenstress für Schlangenknöterich reduzieren. Schlangenknöterich ist ein Feuchtigkeitszeiger.

Gleichmässige Verteilung innerhalb eines Blattes

Die Resultate der Stomatadichten bei verschiedenen Orten auf dem Blatt unterscheiden sich je nach Art und Seite des Blattes signifikant oder auch nicht (Abb. 6, 7). Ein Beispiel soll hier anhand der Breitwegerichblätter gezeigt werden. Die Varianzanalyse ergab für die Vorderseite signifikante Unterschiede (F-Wert 5.3972, p-Wert 0.002836, Tukey-Test: siehe Abb. 6), für die Rückseite jedoch nicht. Auf der Vorderseite sind im Gegensatz zur Rückseite die Stomata nicht gleichmässig verteilt. Die Untersuchungen haben generell gezeigt, dass die Verteilung der Stomata mehrheitlich gleichmässig ist. Das Muster von eventuellen Abweichungen ist statistisch schwierig zu bestimmen und würde für signifikante Resultate sehr grosse Datensätze erfordern.

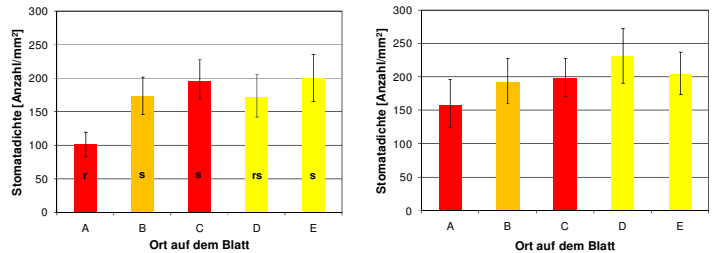


Abb. 6 und 7: Vergleich der Stomatadichte des Breitwegerichs innerhalb eines Blattes, untersuchte Orte auf dem Blatt können mit Abb. 2 verglichen werden; Links: Vorderseite, Rechts: Rückseite, Resultate des Tukey-Test sind als Kleinbuchstaben (r und s) im Diagramm aufgeführt.

Höhenabhängigkeit der Wundklee-Stomatadichte

Beim Vergleich der Mittelwerte auf den verschiedenen Höhen ist kein Trend erkennbar (Abb. 8). Somit ist gemäss unseren Daten keine Höhenabhängigkeit der Spaltöffnungsichte bei Wundklee vorhanden.

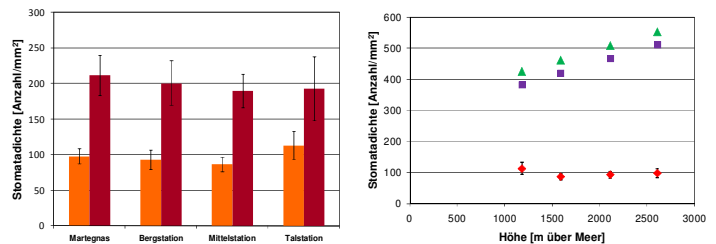


Abb. 8 und 9: Links: Vergleich der Spaltöffnungsichten von Wundklee auf verschiedenen Höhenstufen (Martegnas: 2611 m.ü.M., Bergstation: 2115 m.ü.M., Mittelstation: 1592 m.ü.M., Talstation: 1183 m.ü.M.) und auf unterschiedlichen Blattseiten; Rückseite und Vorderseite; Rechts: Vergleich der gemessenen Spaltöffnungsichten mit den Modelldaten aus der Literatur: *Clinopodium vulgare*¹ und *Origanum vulgare*². Die Quellen der Literaturangaben sind auf einem separaten Blatt aufgeführt.

Dies zeigt auch der Vergleich mit modellierten Literaturangaben, bei denen eine Höhenabhängigkeit ermittelt werden konnte (Abb. 9). Wundklee zeigt somit bezüglich der Spaltöffnungsichte keine Anpassung an die Höhe. Offen bleibt jedoch, ob die Grösse der Spaltöffnungen eine Höhenabhängigkeit zeigt. Abb. 10 und 11 zeigen Mikroskopaufnahmen der Wundklee-Stomata.

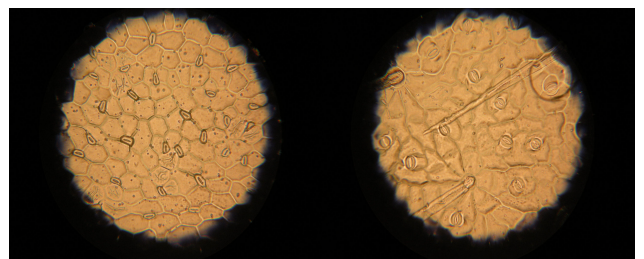


Abb. 10 und 11: Lackabzug unter dem Mikroskop; Links: Wundklee, Blattoberseite; Rechts: Wundklee, Blattrückseite mit Haaren.

Schlussfolgerung

Das Projekt wurde zum ersten Mal in der academia durchgeführt. Einige Methoden mussten getestet und auch während dem Lager noch angepasst werden. Die Probenvorbereitung und Auszählung ist sehr zeintensiv.

Die Resultate zeigen, dass Unterschiede zwischen den Arten für die Stomatadichte und -grösse gut aufgezeigt werden können und mit vorhandenen Literaturangaben übereinstimmen. Unterschiede zwischen den Orten auf einem Blatt sind je nach Art und Anzahl Daten schlecht nachweisbar. Des Weiteren wurde ersichtlich, dass Wundklee keine Höhenabhängigkeit bezüglich der Stomatadichte zeigt. Für die Zukunft ist es empfehlenswert, sich vor allem auf Unterschiede zwischen Arten zu beschränken oder weitere ökologische Fragestellungen (wie die Höhenabhängigkeit) zu untersuchen. Das Projekt hat grundsätzlich gezeigt, dass mikroskopische Untersuchungen von Spaltöffnungen innerhalb einer Lagerwoche durchführbar und auch gute Ergebnisse erzielbar sind.