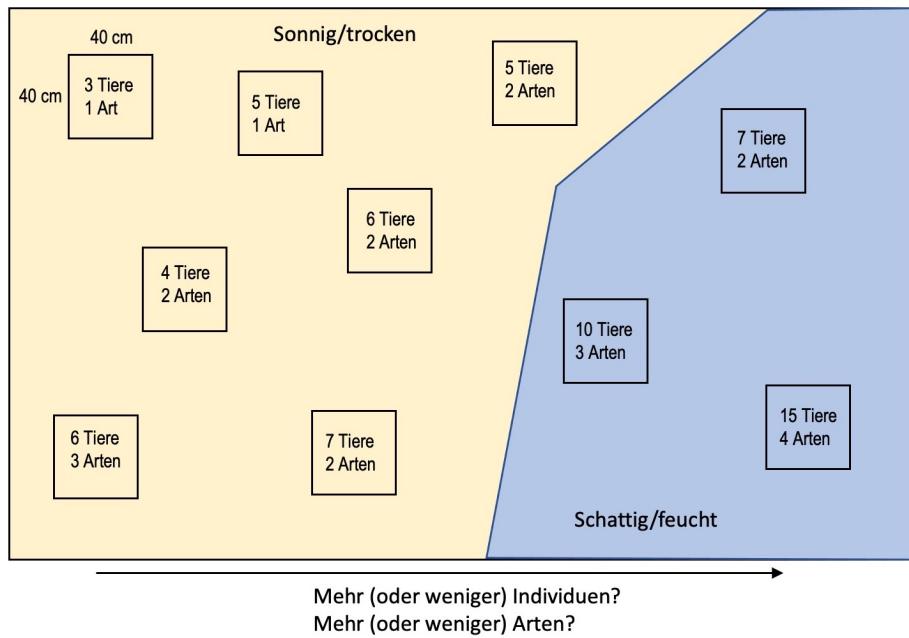


## Exkursion 1: Grundwasser und Quellen im Jura

### Station 1

- Zählen Sie die Schnecken an der Felswand auf einer Fläche von 40 x 40 cm. Versuchen Sie, verschiedene Arten visuell zu unterscheiden.
- Vergleichen Sie Flächen an feuchteren und an stark sonnenexponierten Stellen. Wo ist die Dichte der Schnecken (Anzahl Individuen pro Fläche) grösser? Wo finden Sie mehr Arten?
  - ⇒ Die Abbildung unten zeigt beispielhaft, wie die Ergebnisse einer Erhebung aussehen könnten. In diesem hypothetischen Beispiel wurden 10 Flächen untersucht. Im schattigen und feuchten Teil der Felswand waren die Individuenzahl und die Artenzahl grösser.
  - ⇒ Allgemein werden mit zunehmender Individuenzahl mehr Arten festgestellt. Das gilt besonders bei geringen Individuenzahlen. In Beispiel unten kann die höhere Artenzahl pro Fläche im schattigen, feuchten Bereich auf die höhere Individuenzahl zurückgeführt werden: in den Flächen mit 7 Tieren ist die Artenzahl in beiden Bereichen gleich.



### Station 3

- Betrachten Sie einige vitale Bäume mit starkem Moosbewuchs. Können Sie die Aussage, dass Moose keine jungen, grünen Zweige überwuchern, bestätigen? Gilt dies für alle Baumarten?
  - ⇒ Ja, auf allen häufigen Baumarten ist dies zu beobachten. Die folgenden Bilder zeigen drei Beispiele. Die Zweigspitzen mit grünen Blättern sind jeweils moosfrei. Der Grund hierfür ist einerseits, dass die meisten Moose langsamer wachsen als die jungen Zweige unserer Waldbäume. Sie können sich daher nur mit Verzögerung entlang dieser Zweige ausbreiten.
  - ⇒ Zudem können sich die Sporen der Moose auf der glatten Rinde junger Zweige nicht ansiedeln: Es fehlen Risse oder andere Strukturen, in denen die Sporen hängen bleiben und zum Anwachsen genügend Feuchtigkeit und Nährstoffe erhalten. Alte oder sogar abgestorbene Äste bieten die günstigsten Bedingungen für die Besiedlung durch Moose.



Dichtes Mooswachstum auf den älteren Teilen der Zweige von einem Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), einer Weisstanne (*Abies alba*) und einer Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Die jungen Blätter oder Nadeln werden vom Moos nicht bedeckt.

- Wie viele Moosarten finden Sie auf einzelnen Bäumen?  
⇒ Auf den meisten Bäumen sind im unteren Kronenbereich nur 1–3 Arten visuell unterscheidbar. Für eine genaue Diagnose müssten die Moose im Labor mikroskopisch untersucht werden.
- Kommen auf Laub- und Nadelbäumen verschiedene Moosarten vor?  
⇒ Nein, es sind (visuell) die gleichen Arten. Mit Abstand am häufigsten sind das Neckermoos (*Neckera crispa*) und das Glatte Neckermoos (*Neckera complanata*). Beide Arten kommen in grossen Teilen Europas – besonders an feuchten Orten in tiefen Lagen von Kalkgebirgen – auf Felsen und Baumrinden vor. Es sind also weit verbreitete Arten, die nicht auf einen bestimmten Untergrund spezialisiert sind.



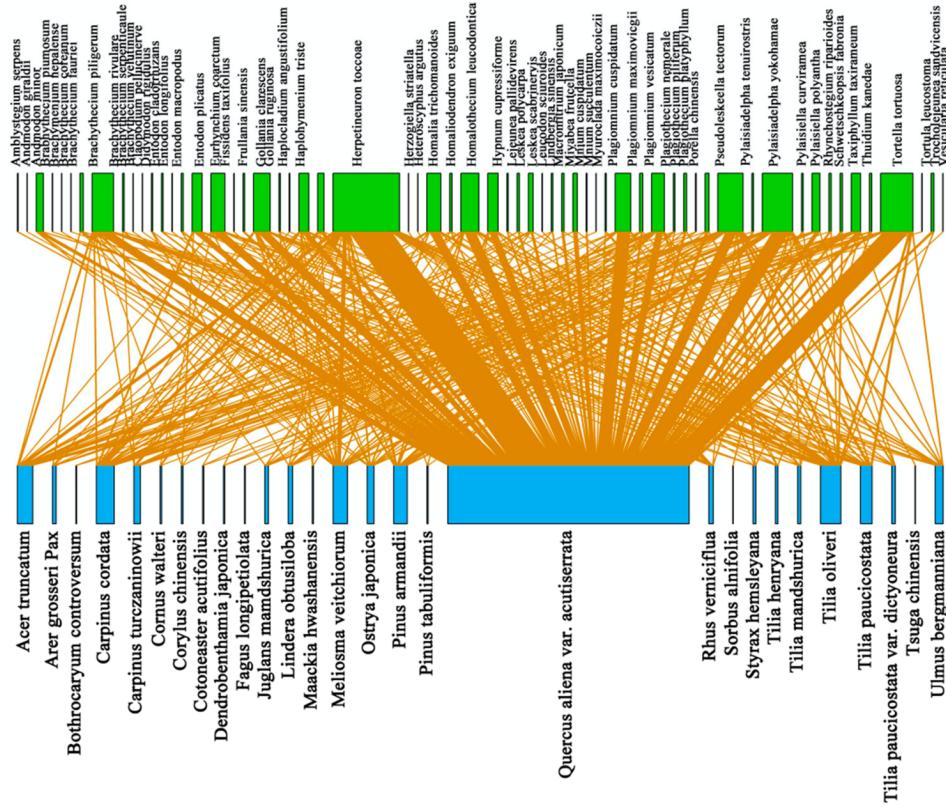
Links: Neckermoos (*Neckera crispa*; Bildquelle: H. Schachner, Wikimedia Commons), rechts: Glattes Neckermoos (*Neckera complanata*; Bildquelle: K. Stueber, Wikimedia Commons).

Anmerkung: Die an diesem Ort gemachte Beobachtung (nur wenige Moosarten, die jeweils auf allen Baumarten wachsen) kann nicht verallgemeinert werden. Manche seltener Moosarten benötigen bestimmte Rindenstrukturen und sind deshalb auf bestimmte Baumarten spezialisiert. Auch die Zusammensetzung der Baumrinde (besonders der pH) hat auf die vorkommenden Moosarten einen Einfluss. Deshalb enthalten Waldflächen mit vielen Baumarten durchschnittlich mehr Moosarten als solche mit wenigen Baumarten.

Die Moosartenzahl pro Baum hängt vom Alter der Bäume ab: seltener Moosarten kommen erst langsam dazu. Um diese zu finden, ist eine sehr genaue Untersuchung des ganzen Baumes notwendig. Bei verschiedenen Untersuchungen in naturnahen Wäldern Europas wurden je nach Ort, Waldtyp und Baumart zwischen 1 und 10 Moosarten pro Baum gefunden. Laubbäume wie Eichen (*Quercus* sp.), Hainbuchen (*Carpinus* sp.), Ulmen (*Ulmus* sp.), Linden (*Tilia* sp.), Ahorn (*Acer* sp.), Pappeln (*Populus* sp.) und Weiden (*Salix* sp.) sind meist moosartenreicher als Nadelbäume wie Fichten (*Picea abies*) oder Waldföhren (*Pinus sylvestris*).

Die nachfolgende Grafik stammt aus einer Untersuchung von 988 Moosen auf 254 Bäumen in einem chinesischen Wald. Der obere Teil zeigt die 61 gefundenen Moosarten, und der untere Teil die 28 gefundenen Baumarten; die Breite der Balken entspricht jeweils ihrer Häufigkeit. Die orangen Linien visualisieren, wie oft einzelne Moosarten auf jeder Baumart gefunden wurden. Das stark verflochtene Liniennetz zeigt, dass die

häufigeren Moosarten auf den meisten Baumarten vorkamen, so dass fast jede Kombination möglich war. Dennoch fanden die Autoren der Untersuchung mit statistischen Methoden Zusammenhänge zwischen den Arten, d.h. viele der Moosarten kamen auf einigen Baumarten bevorzugt vor.

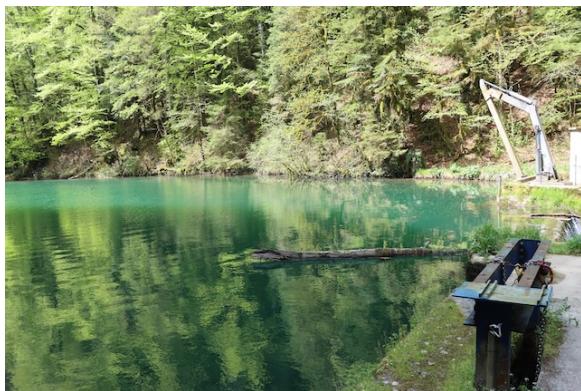


Häufigkeit des Vorkommens von Moosarten auf bestimmten Baumarten in einem chinesischen Laubmischwald.

Quelle: Chen, Y. et al. 2022. Associations between epiphytic bryophyte and woody plant species in a temperate deciduous broad-leaved forest. *Diversity* 14, 979. <https://doi.org/10.3390/d14110979>

## Station 4

- Über eine schmale Holzbrücke auf der Staumauer können Sie bis zu der Wasserableitung gehen, die sich am linken Flügel des Staudamms befindet. Wozu dient die Kran-ähnliche Maschine auf der anderen Seite?  
⇒ Sie bedient ein Wehr, mit dem die Ableitung aus dem See verschlossen werden kann.



Wie fühlt sich der Kalksinter im Bach an?

⇒ Hart und rau.

- Verschiedene Veränderungen des Quellwassers können zur Bildung von Kalksinter führen (siehe Einleitung zur Exkursion). Welche davon dürfte(n) im Bereich des Wanderweges entscheidend sein?

- ⇒ Die Erwärmung des Wassers nach dem Austritt aus dem Untergrund und entlang der Fliessstrecke. Bei höherer Temperatur sinkt die Löslichkeit von Gasen wie Kohlendioxid, so dass Kohlendioxid aus dem Wasser entweicht. Im Sommer kann auch die Wasserverdunstung an den Wasserfällen eine Rolle spielen, da sie die Konzentration der Karbonat-Ionen erhöht.
- Am Bach wachsen Gräser, deren abgestorbene Blätter zum Teil ins Wasser hängen und einen Kalküberzug erhalten. Ähnelt dieser eher dem Kalksinter der Bachsohle oder dem Kalktuff der Felswand? Warum?
    - ⇒ Da die Blätter abgestorben sind, tragen sie nicht mehr durch Fotosynthese zur Kalkfällung bei. Auch sind die Blätter (anders als Kalktuff bildende Moose) grob und einfach strukturiert. Deshalb sind die gleichen Vorgänge wie an der Bachsohle entscheidend.

## Station 7

- Handelt es sich hier um eine Tümpelquelle?
  - ⇒ Der Teich wird durch einen kleinen Zufluss am Hangfuss gespiesen. Die Quelle befindet sich im angrenzenden Wald. Der Teich hat hingegen aktuell keinen oberirdischen Abfluss; das Wasser fliessst durch das Rohr ab. Es handelt also nicht um eine Tümpelquelle sondern wahrscheinlich um eine Wasserfassung

## Station 8

Quellen im Landwirtschaftsgebiet und in Wirtschaftswäldern sind oft von einer oder mehreren Beeinträchtigungen betroffen oder gefährdet (Tabelle 2).

- Welche Beeinträchtigungen und Gefährdungen finden sich hier?
  - Welche Schutzmassnahmen könnten dagegen ergriffen werden?
    - ⇒ Aktuell sind vor allem Trittschäden durch Weidetiere und Verunreinigungen durch ihre Ausscheidungen relevant. Eine Abzäunung würde den Quellbereich schützen.
    - ⇒ Nach Abzäunung könnte der Quellbereich verbuschen, so dass die botanische Artenvielfalt abnimmt. Um dies zu verhindern, sind Pflegemassnahmen notwendig.
    - ⇒ Eine Anhäufung von Schnittgut, das bei Pflegemassnahmen oder Holzschlägen anfällt, würde die botanische Artenvielfalt ebenfalls beeinträchtigen. Das Schnittgut müsste abgeführt werden und an weniger empfindlichen Stellen deponiert werden.
  - Ausgediente Fassungen sollten zur Wiederherstellung von Quell-Lebensräumen zurückgebaut werden, sodass Quellen wieder frei fliessen können. Horchen Sie an der Fassung: Können Sie einen Wasserfluss hören? Wie schätzen Sie die Ergiebigkeit der Quelle ein?
    - ⇒ Im Frühjahr 2023 war ein schwacher, unstetiger Wasserfluss zu hören (gelegentlich leichtes Rauschen oder Glucksen).
- Horchen Sie auch an der modernen Wasserfassung. Wie schätzen Sie die Schüttung im Vergleich zur alten Wasserfassung ein?
- ⇒ Im Frühjahr 2023 wies ein stetiges Rauschen auf einen kräftigen Wasserfluss hin.