©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Untersuchungen über die Entwicklung der Pflanzen nach dem Abschmelzen des Schnees in den Alpen

Von **R. Knapp**, Gießen

Die rasche Entfaltung der Blüten und das schnelle Heranwachsen der Pflanzen unmittelbar nach der Schneeschmelze im Hochgebirge ist eine besonders auffällige Erscheinung. Insbesondere am Rande der noch bis in die Sommermonate verbleibenden Schneeflecken geht diese Entwicklung sehr schnell vor sich. Zur näheren Bearbeitung dieser Verhältnisse wurden im Allgäu, in Vorarlberg, in den Zentralalpen und in Nordamerika im Kaskaden-Gebirge Untersuchungen durchgeführt. An dieser Stelle sei über die Untersuchungen im Allgäu und im Kleinen Walsertal (Vorarlberg) berichtet, die während zweier Jahre in den Monaten Juli und August in Höhen zwischen 1400 und 2300 m. ü. M. erfolgten.

Die Vegetations- und Bodenverhältnisse, die an anderer Stelle näher beschrieben worden sind (G. u. R. Knapp 1953, Oberdorfer 1950) oder dargestellt werden sollen, sind in diesen Bereichen über Flysch und Kalkgesteinen (Schrattenkalk, Hauptdolomit u. a.) sehr unterschiedlich. Die wichtigsten Pflanzengesellschaften an den am längsten mit Schnee bedeckten Stellen über Flysch gehören den *Salicetalia herbaceae* an. An diese schließen sich auf sauren Böden an früher ausapernden Stellen meist Borstgras-Rasen *(Nardetum strictae)* an. Im Kalkgebiet befinden sich sehr lange vom Schnee bedeckte Stellen vorwiegend in kleinen Senken und am Fuße nordseitiger Felswände. Der Boden ist dort fast stets sehr feinerde-arm und nicht selten von großen Felsblöcken übersät. An derartigen am längsten mit Schnee bedeckten Stellen kommt meist eine *Doronicum grandiflorum*-Gesellschaft vor. Randlich kann sich an diese eine Spalierweiden-Gesellschaft mit *Salix retusa* und *Salix reticulata* anschließen. Im einzelnen hängt jedoch der Vegetationscharakter der länger von Schnee bedeckten Flächen auf Kalk sehr stark vom Feinerde-Gehalt und der Durchfeuchtung der Böden ab.

Die Artenzusammensetzung der Pflanzengesellschaften an lange mit Schnee bedeckten Stellen im Hochgebirge und im nördlichsten Europa (Schneetälchen, Schneeböden) ist bereits verschiedentlich behandelt worden (z. B. Braun 1913, Braun-Blanquet 1948, Brockmann-Jerosch 1907, Du Rietz 1942, Gjaerevoll 1949, 1956, Kalliola 1939, Knapp 1957, Nordhagen 1936, Schröter 1923/26, Szafer 1924).

In den hier dargestellten Untersuchungen sollten zuerst auf Grund des Entwicklungszustandes der Pflanzen verschiedene Aspektbereiche differenziert werden. Hierbei wurde versucht, den jeweiligen Entwicklungszustand auf verschiedenen Gesteinsunterlagen zu parallelisieren. Dieses wurde teilweise dadurch erreicht, daß das Verhalten von Pflanzen mit einer weiten Standortsamplitude besonders beachtet wurde. Teilweise gelang die Parallelisierung auch dadurch, daß die Verhältnisse im Grenzbereich der verschiedenen Gesteine und somit im Durchdringungsgebiet der entsprechenden Pflanzengesellschaften untersucht wurden. Es wurden 6 Aspektbereiche unterschieden. Diese sind, soweit es möglich war, nach Pflanzen benannt worden, deren Blüte im Gebiet und Zeitraum der Untersuchungen mehr oder weniger ausschließlich in dem betreffenden Aspektbereich erfolgte. An der Grenze der Aspektbereiche fanden sich selbstverständlich Übergangsgebiete. Bei den Untersuchungen über die Temperaturen und den Entwicklungszustand wurden diese Übergangsbereiche nicht berücksichtigt.

Anschließend an die Differenzierung der Aspektbereiche wurde der Entwicklungszustand der wichtigsten Pflanzen in ihnen untersucht. Tabelle 1 zeigt die Verhältnisse für die Blüten- und Fruchtentwicklung, Tabelle 2 für die Entwicklung neuer Blätter. Bei weitaus den meisten Pflanzenarten (Angiospermen) waren die vorjährigen Blätter unter der Schneedecke abgestorben. Dieses ist bei der langen Schneebedeckung nicht verwunderlich. Grüne, lebende vorjährige Blätter zeigten nach dem Ausapern von den Blütenpflanzen *Soldanella alpina*, *Gentiana verna* und *Homogyne alpina*. Bei Abschmelzen des Schnees im Spätherbst und unter besonderen Umständen im Frühwinter oder bei entsprechenden Untersuchungen unter der Schneedecke im Winter besitzt offensichtlich eine größere Anzahl von Pflanzenarten noch grüne Blätter (Braun 1913, Rübel 1925, Schröter 1923/26).

Als eine mögliche wesentliche Ursache der verschiedenen Intensität der Pflanzenentwicklung in den einzelnen Aspektbereichen wurde die Bodentemperatur untersucht. Die meisten Messungen erfolgten in 12 cm Tiefe (Tabelle 3). Hierbei ergab sich für das Gebiet am Schneerand und die nächsten drei an dieses sich anschließenden Aspektbereiche eine sehr deutliche Differenzierung der

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Bodentemperaturen. Es ist vor allem daran zu denken, daß die im *Soldanella*-Aspektbereich sehr rasch einsetzende Entwicklung der Pflanzen mit der Erwärmung des Bodens in den Mittagsstunden bis meist über 10° bis in etwas größere Tiefen zusammenhängt. Vom *Gentiana verna*-Aspektbereich an sind die Bodentemperaturen nicht mehr sehr unterschiedlich. Die Differenzierung dieser schneeferneren Aspektbereiche hängt wohl in erster Linie mit der verschiedenen Länge der Zeit, die den Pflanzen zur Entwicklung zur Verfügung steht (Temperatursummen), zusammen.

Tabelle 1: Knospen-, Blüten- und Fruchtentwicklung in den verschiedenen Aspekt-Bereichen in der Umgebung von Schneeflecken

	Aspekt-Bereiche					
	Schneerand-A.	Aper-A.	*Soldanella*-A.	*Gentiana verna*-A.	*Potentilla aurea*-A.	*Arnica*-A.
Soldanella alpina	kn.	kn.	**bl.**	fr.	fr.	fr.
Primula elatior	—	kn.	**bl.**	fr.	fr.	fr.
Gentiana verna	u.	u.	kn.	**bl.**	fr.	fr.
Ranunculus montanus	u.	u.	kn.	**bl.**	fr.	fr.
Plantago alpina	u.	u.	kn.	**bl.**	fr.	fr.
Doronicum grandiflorum	u.	u.	kn.	**bl.**	fr.	—
Homogyne alpina	u.	u.	kn.	**bl.**	fr.	fr.
Gentiana kochiana	—	—	kn.	**bl.**	fr.	fr.
Luzula spadicea	u.	u.	kn.	**bl.**	**bl.**	fr.
Viola biflora	u.	u.	(kn.)	**bl.**	fr.	fr.
Potentilla aurea	u.	u.	u.	kn.	**bl.**	fr.
Nardus stricta	u.	u.	u.	kn.	**bl.**	fr.
Poa alpina	u.	u.	u.	kn.	**bl.**	fr.
Cirsium spinosissimum	u.	u.	u.	kn.	**bl.**	—
Ligusticum mutellina	u.	u.	u.	kn.	**bl.**	(**bl.**)
Trifolium thalii	u.	u.	u.	kn.	**bl.**	**bl.**
Alchemilla vulgaris	u.	u.	u.	kn.	**bl.**	**bl.**
Deschampsia caespitosa	u.	u.	u.	u.	kn.	**bl.**

u. = Unentwickelt. Keine Knospen sichtbar.
kn. = Knospen vorhanden.
bl. = Blühend.
fr. = Fruchtend.

Tabelle 2: Blattentwicklung in den verschiedenen Aspektbereichen in der Umgebung von Schneeflecken

	Aspektbereiche					
	Schneerand-A.	Aper-A.	*Soldanella*-A.	*Gentiana verna*-A.	*Potentilla aurea*-A.	*Arnica*-A.
Plantago alpina	an.	bg.	st.	v.	v.	v.
Luzula spadicea	an.	bg.	st.	v.	v.	v.
Ranunculus montanus	an.	bg.	st.	v.	v.	v.
Doronicum grandiflorum	u.	an.	st.	v.	v.	—
Primula elatior	—	an.	bg.	st./v.	v.	v.
Poa alpina	u.	an.	bg.	st./v.	v.	v.
Viola biflora	u.	u.	bg.	st./v.	v.	v.
Trifolium thalii	u.	u.	bg.	st./v.	v.	v.
Alchemilla vulgaris	u.	u.	bg.	st./v.	v.	v.
Cirsium spinosissimum	u.	an.	bg.	st.	v.	—
Soldanella alpina	u.	u.	bg.	st.	v.	v.
Potentilla aurea	u.	u.	bg.	st.	v.	v.
Nardus stricta	u.	u.	bg.	st.	v.	v.
Deschampsia caespitosa	u.	u.	bg.	st.	v.	v.

Es wurden nur die sich im Untersuchungsjahr neu entwickelnden Blätter berücksichtigt.

u. = Unentwickelt. Noch keine neuen Blätter vorhanden.
an. = Zum Teil anfangend mit Wachstum. Teilweise erste Spitzen neuer Blätter entwickelt.
bg. = Entwicklung der neuen Blätter überall beginnend.
st. = Wachstum der neuen Blätter sehr stark.
v. = Pflanzen voll beblättert. Neue Blätter teilweise mehr oder weniger voll entwickelt.

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

An einem Tage wurden ferner Temperaturmessungen in verschiedenen Höhen über der Bodenoberfläche und in drei unterschiedlichen Bodentiefen durchgeführt (Tabelle 4). Hierbei ergab sich, daß auch noch in 1,50 m Höhe die Lufttemperaturen am Schneerand niedriger sind als in einer gewissen Entfernung von diesem. Die Erwärmung des Bodens kann also durch die niedrigeren Lufttemperaturen in Schneenähe verzögert werden.

Es seien nun die einzelnen Aspektbereiche gekennzeichnet, wobei für Einzelheiten auf die Tabellen hingewiesen sei. Die Aspektbereiche würden sich im Idealfalle in konzentrischen Ringen um die Schneeflecken und -felder anordnen. Jedoch hängt im einzelnen ihre Ausdehnung und Breite sehr von der Geländegestalt ab. Die durchschnittliche Breite der Aspektbereiche nimmt im allgemeinen zu, je weiter sie vom Schneerand entfernt liegen.

Tabelle 3: Bodentemperaturen in 12 cm Tiefe in verschiedenen Aspektbereichen in der Umgebung von Schneeflecken

(Zwischen 11 und 14 Uhr bei Lufttemperaturen in 1,50 m Höhe über dem *Gentiana*-Aspektbereich zwischen 13,8 und 15,5°)

	Anzahl der Meßstellen	Extremste gemessene Temperaturen °C	Mittel °C	Mittlerer Fehler (m)
Schneerand-Aspektbereich	12	1,9— 3,2	2,5	± 0,16
Aper-Aspektbereich	20	4,2— 7,6	5,8	± 0,21
Soldanella-Aspektbereich	24	9,7—12,0	10,7	± 0,12
Gentiana verna-Aspektbereich	32	12,1—14,4	13,1	± 0,15
Potentilla aurea-Aspektbereich	24	13,0—15,5	14,1	± 0,14

Tabelle 4: Luft- und Bodentemperaturen in verschiedenen Höhen oder Tiefen über oder unter der Bodenoberfläche in verschiedenen Aspektbereichen in der Umgebung eines Schneefeldes am Fellhorn in 1660 m Höhe an einem Augusttage 12.30 Uhr und 15.00 Uhr

	Schneerand-Aspektbereich		Aper-Aspektbereich		*Soldanella*-Aspektbereich		*Gentiana verna*-Aspektber.	
	12.30	15.00	12.30	15.00	12.30	15.00	12.30	15.00
Lufttemperatur 150,0 cm	18,0	15,2	18,2	15,5	18,8	15,8	19,5	16,8
Lufttemperatur 0,5 cm	10,6	8,2	25,2	15,2	27,5	17,7	28,7	19,7
Bodentemperatur 0,5 cm	3,8	3,4	20,2	13,3	23,2	16,6	24,2	19,1
Bodentemperatur 2,0 cm	5,5	4,8	14,2	11,5	17,4	14,8	18,5	16,2
Bodentemperatur 7,0 cm	3,0	4,1	6,8	8,0	12,5	13,4	14,2	14,7

Die Angaben in cm beziehen sich bei den Lufttemperaturen auf die Höhen über der Bodenoberfläche, in denen die Messungen vorgenommen wurden, bei den Bodentemperaturen auf die Tiefen unter der Oberfläche.

Im Schneerand-Aspektbereich auf oft erst seit weniger als einem Tage ausgeaperten Stellen zeigt sich noch wenig Pflanzenwachstum. Die vorjährigen abgestorbenen Triebe und Blätter sind unter dem Einfluß der Last des Schnees dem Boden angepreßt. Nur die noch grünen Blätter der obengenannten Blütenpflanzen und die Moose können sofort mit der Assimilationstätigkeit beginnen. Lediglich bei wenigen Arten konnten Spuren von jungen, sich entwickelnden Blättchen festgestellt werden. Auch Blüten waren noch nicht zu beobachten. Selbst *Soldanella alpina* befand sich noch im Knospenzustand.

Im bereits etwas länger schneefreien Aper-Aspektbereich waren ebenfalls noch keine Blüten vorhanden. Aus diesem Grund konnte dieser Aspektbereich ebenso wie der vorige nicht nach einer in Blüte stehenden Pflanzenart benannt werden. Jedoch vermag im Aper-Aspektbereich eine Anzahl von Pflanzen junge Blätter zu entwickeln.

Im noch schnee-ferneren *Soldanella*-Aspektbereich erscheinen in oft sehr großer Anzahl die ersten Blüten. Es handelt sich um die violetten Glöckchen von *Soldanella alpina* und auch um die schwefelgelben Blüten von *Primula elatior*. Fast alle Pflanzenarten treiben jetzt neue Blätter. Das winterliche Braun und Grau weicht allmählich einem frischen Grün. Die meisten in den nächsten Aspektbereichen blühenden Arten zeigen bereits Knospen.

In dem in Richtung zu früher ausapernden Stellen anschließenden *Gentiana verna*-Aspektbereich sind die Rasen bereits von den teilweise sehr farbenprächtigen Blüten einer ganzen Reihe von Arten übersät. Besonders auffällig sind die tiefblauen Enziane *(Gentiana verna, kochiana)*. Die Blattentwicklung ist jetzt im allgemeinen soweit vorangeschritten, daß die Rasen ein frisches Grün zeigen.

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Im vor noch längerer Zeit schneefrei gewordenen *Potentilla aurea*-Aspektbereich sind die Blüten der sich sehr früh entwickelnden Pflanzen verschwunden. In ihm erfolgt vor allem die Blüte einer Anzahl von Gramineen und Leguminosen.

Im letzten schnee-fernsten *Arnica*-Aspektbereich blühen eine Anzahl von Compositen. Als Beispiele seien *Arnica montana*, *Hieracium aurantiacum* und *H. villosum* genannt. Weitere hier blühende Arten sind beispielsweise *Deschampsia caespitosa* und *Gentiana purpurea*. Sehr viele Pflanzenarten fruchten bereits.

Die Möglichkeit eines stärkeren Wachstums der höheren Pflanzen unter dem Schnee dürfte in den untersuchten Flächen schon durch die sehr niedrigen Bodentemperaturen im größten Umfange eingeschränkt sein. Das zeigen Messungen, die in einer Tiefe von 3 und 12 cm unter der Bodenoberfläche unter verschiedenen mächtigen Schneedecken im Untersuchungsgebiet im August durchgeführt wurden (Tabelle 5). Die rasche Entwicklung der Pflanzen am Rande der hier berücksichtigten sommerlichen Schneeflecken wird also wohl vor allem durch die schnelle Erwärmung des Bodens nach dem Ausapern möglich.

Tabelle 5: Bodentemperaturen unter dem Schnee (nähere Angaben im Text) in °C

Tiefe unter der Bodenoberfläche	Mächtigkeit der überlagernden Schneedecke			
	3 cm	4 cm	5 cm	9 cm
3 cm	0,8	0,3	0,2	0,0
12 cm	0,8	0,5	0,3	0,1

Unter anderen Verhältnissen kann es jedoch schon unter Schnee zu einer Entwicklung von Pflanzen (Braun 1913, Rübel 1912) kommen. Vom Autor konnten derartige Verhältnisse in den Zentralalpen und in viel größerem Umfange in Nordamerika im Kaskadengebirge festgestellt werden. Dort durchbrechen u. a. Triebe von *Valeriana sitchensis*, *Erythronium montanum* und *E. grandiflorum* nicht selten die Schneedecke.

Vielleicht kommt es in diesen Fällen zu einer tiefgreifenderen Erwärmung des Bodens unterm Schnee. Auch wäre an ein Eindringen von relativ warmem Wasser in den Boden unter der Schneedecke in verschiedener Art und Weise zu denken. Hierfür sprechen die Ergebnisse einiger im Kaskadengebirge durchgeführter Untersuchungen. Unter mächtigen Schneedecken dürfte eine Assimilationsleistung von Pflanzen durch die relativ geringen Lichtmengen schwierig sein. Bei geringer Mächtigkeit können dagegen Schneedecken so lichtdurchlässig sein, daß die Lebenstätigkeit der Pflanzen nicht durch Lichtmangel beeinträchtigt zu sein brauchte (Rübel 1906, 1932).

Zusammenfassung

Am Rande von noch im Sommer vorhandenen Feldern und Flecken von Schnee wurden im Allgäu und im angrenzenden Vorarlberg 6 Aspektbereiche auf Grund der verschieden raschen Fortschritte der Blüten- und Blattentwicklung bei den einzelnen Arten unterschieden. Diese weisen teilweise sehr unterschiedliche Bodentemperaturen auf. Auch die Lufttemperaturen sind in den Aspektbereichen niedriger, die am nächsten am Schneerand liegen.

Literatur

Braun, J.: Die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe in den Rätisch-Lepontinischen Alpen. Neue Denkschr. d. Schweiz. Nat. Ges. 48. (1913). — Braun-Blanquet, J.: La végétation alpine des Pyrénées orientales. An. Inst. Edaf., Ecol. y Fisiol. veg. 9 (1948). — Braun-Blanquet, J.: Pflanzensoziologie. 2. Aufl. Wien 1951. — Brockmann-Jerosch, H.: Die Flora des Puschlav und ihre Pflanzengesellschaften. Leipzig 1907. — Du Rietz, E. G.: De svenska fjällens växtvärldt. Norrland, natur, befolkning och näringar. Stockholm 1942. — Gjaerevoll, O.: Snöleievegetasjonen i Oviksfjellene. Acta phytogeogr. Suecica 25 (1949). — Gjaerevoll, O.: The plant communities of the Scandinavian alpine snow-beds. Kgl. Norske vid. selsk. skr. Trondheim (1956). — Kalliola, R.: Pflanzensoziologische Untersuchungen in der alpinen Stufe Finnisch-Lapplands. Helsinki 1939. — Knapp, G. u. R.: Über Pflanzengesellschaften und Almwirtschaft im Ober-Allgäu und angrenzenden Vorarlberg. Landw. Jahrb. f. Bayern 30 (1953). — Knapp, R.: Einführung in die Pflanzensoziologie. I—III. Stuttgart-Ludwigsburg 1948/49. — Knapp, R.: Experimentelle Soziologie der höheren Pflanzen. Stuttgart-Ludwigsburg 1954. — Knapp, R.: Über die Gliederung der Vegetation von Nordamerika. Geobotan. Mitteilungen 4 (1957). — Nordhagen, R.: Versuch einer neuen Einteilung der subalpin-alpinen Vegetation Norwegens. Bergens Mus. Aarb. 7 (1936). — Oberdorfer, E.: Beitrag zur Vegetationskunde des Allgäu. Beitr. z. naturkundl. Forschung in SW-Deutschland 9 (1950). — Rübel, E.: Orientierende Versuche über Lichtmessungen unter Schnee. Verh. d. Schweiz. Nat. Ges. 89 (1906). — Rübel, E.: Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. Englers Bot. Jahrb. 47 (1912). — Rübel, E.: Alpenmatten-Überwinterungsstadien. Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich 3 (1925). — Rübel, E.: Lichtklima und Lichtgenuß. Handb. d. Biol. Arb.-Meth. XI, 5. Berlin und Wien 1932. — Schröter, C.: Das Pflanzenleben der Alpen. 2. Aufl. Zürich 1923—1926. — Szafer, W.: Zur soziologischen Auffassung der Schneetälchenassoziationen. Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich 1 (1924).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft zur Erforschung der Flora

Jahr/Year: 1958

Band/Volume: 32

Autor(en)/Author(s): Knapp Rüdiger

Artikel/Article: Untersuchungen über die Entwicklung der Pflanzen nach dem Abschmelzen des Schnees in den Alpen 44-47