

Phytodiversität und Dynamik der Flora und Vegetation des Zugspitzplatts

von Oliver Korch und Arne Friedmann

Keywords: Zugspitzplatt, Vegetationsdynamik, Monitoring, anthropo-zoogener Einfluss

Das von der Arbeitsgruppe Biogeographie der Universität Augsburg betriebene Projekt HöhenZug befasst sich mit der Kartierung und dem langfristigen Monitoring der Vegetation des Zugspitzplatts. Es umfasst eine flächendeckende Aufnahme der aktuellen Vegetation und Phytodiversität im Untersuchungsgebiet, die Kartierung der Lage der aktuellen Krummholzgrenze und deren Vergleich mit historischen Aufnahmen. Weiter werden standortökologische Untersuchungen und die Frage nach dem Einfluss natürlicher sowie anthropo-zoogener Faktoren auf die Hochgebirgspflanzengesellschaften verfolgt. Auf dieser Grundlage wurde schließlich 2010 ein langfristiges Monitoring der Vegetationsdynamik auf dem Zugspitzplatt begonnen.

Die während der Feldsaisons 2009-2011 gewonnenen Daten ermöglichen die detaillierte Gliederung der Plattvegetation in subalpine Zwergstrauchheiden und Latschengesellschaften, verschiedene alpine Rasen sowie Felsspalten-, Schutt- und Schneetälchengesellschaften, welche bis weit in die subnivale Stufe reichen.

Vergleiche der gewonnenen Datensätze untereinander ermöglichen Analysen zur Verteilung von einzelnen Arten entlang eines Höhengradienten sowie die Auswertung der Einzelaufnahmen hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit zueinander.

Der Vergleich der bisherigen Kartierungsergebnisse mit älteren Vegetationskartierungen des Platts zeigt Unterschiede sowohl in der Anzahl der kartierten Arten, als auch in der Höhenverbreitung einzelner Arten.

Eine zentrale Bedeutung kommt schließlich der Erfassung und Bewertung der äußeren Faktoren zu, welche die räumliche Verteilung der Vegetation bedingen. Hierzu zählen hochgebirgstypische Prozesse wie etwa Steinschlag und Frostverwitterung, der Einfluss eines sich wandelnden Klimas und nicht zuletzt der wirtschaftende Mensch mit Wander- und Skitourismus sowie die weidewirtschaftliche Nutzung des Zugspitzplatts.

I. Einleitung

Das im Wettersteingebirge gelegene Zugspitzplatt ist aufgrund seiner einmaligen Lage als Deutschlands höchstgelegenes Untersuchungsgebiet größeren Maßstabs ein äußerst interessantes Areal zur Erforschung der hier anzutreffenden Hochgebirgsvegetation. Das gegenwärtige Erscheinungsbild dieser Vegetation ist das Ergebnis von zahlreichen, stetig ablaufenden dynamischen Prozessen klimatischen, abiotischen und anthropo-zoogenen Ursprungs. Zusammen mit der zusätzlich im alpinen Relief begründeten Vielfalt der natürlichen Standorte tragen all diese Faktoren zu einer äußerst heterogenen Pflanzendecke auf dem Zugspitzplatt bei. Während ältere Arbeiten von ZÖTTL (1950, 1951) und CRED-

NER (1995) sich überwiegend mit der pflanzensoziologischen Inventarisierung der Plattvegetation befassen, fehlen bisher jedoch weitestgehend Erkenntnisse zur Quantifizierung der ablaufenden Vegetationsdynamik in diesem Untersuchungsgebiet.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Arbeitsweise und Zwischenergebnissen des in der Arbeitsgruppe Biogeographie am Institut für Geographie der Universität Augsburg im Rahmen des Verbundprojekts KLIMAGRAD seit September 2009 betriebenen Forschungsprojekts HöhenZug.

2. KLIMAGRAD und HöhenZug

Beteiligt an dem Forschungsvorhaben "Auswirkungen des Klimawandels in den Alpen – Erfassung mittels Höhengradienten (KLIMAGRAD)" sind die Technische Universität München, die Ludwig-Maximilians-Universität München, der Botanische Garten München-Nymphenburg, die Universität Augsburg und das Helmholtz Zentrum München in Zusammenarbeit mit der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS). Das Projekt wird seit September 2009 über einen Zeitraum von drei Jahren vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit gefördert. KLIMAGRAD setzt sich aus vier Teilprojekten zusammen.

Das von der Arbeitsgruppe Biogeographie der Universität Augsburg betriebene Teilprojekt 3 "Höhenabhängige vegetations- und standortkundliche Untersuchungen der subalpinen bis subnivalen Stufe auf dem Zugspitzplatt (Wettersteingebirge)" (HöhenZug) folgt der Fragestellung, welche Auswirkungen abiotische Prozesse, klimatische Veränderungen sowie anthropo-zoogene Einflussnahmen auf die Vegetation des Zugspitzplatts haben. Angestrebt wird zudem, den jeweiligen Anteil dieser Faktoren an der Vegetationsdynamik quantifizieren zu können. Hierzu wurde während der Feldsaisons 2009-2011 eine umfassende Vegetationskartierung durchgeführt. Sie umfasst momentan 200 Vegetationsaufnahmen an 191 Standorten. Ziel dieser Kartierung, die 2012 abgeschlossen werden soll, ist die flächendeckende Erfassung der auf dem Zugspitzplatt aktuell vorkommenden Vegetation und ihre pflanzensoziologische Gliederung. Auf Grundlage dieser Daten wird bis Projektende 2012 eine detaillierte Vegetationskarte des Untersuchungsgebiets erarbeitet.

Ebenfalls wurden bereits 2009 die einzelnen floristischen Höhenstufen identifiziert sowie die durch die Latsche (*Pinus mugo*) gebildete aktuelle Krummholzgrenze eingemessen und ab Sommer 2010 standortökologische Untersuchungen an ausgewählten Standorten durchgeführt, welche im Zuge des weiteren Projektverlaufs noch weiter ausgebaut werden sollen. Weiter wurde 2010 durch die Einrichtung erster Dauerbeobachtungsflächen und deren teilweise erneuter Aufnahme während der Geländesaison 2011 ein langfristig angelegtes Monitoring der Vegetationsdynamik einschließlich der Krummholzgrenze im Untersuchungsgebiet begonnen.

3. Eingesetzte Methoden

Als Grundlage der seit 2009 durchgeführten Vegetationskartierung diente die pflanzensoziologische Methode nach BRAUN-BLANQUET (1964). Diese Methode fand den Vorzug gegenüber anderen Kartierverfahren, da sie einen Vergleich der erzielten Ergebnisse mit den älteren vegetationskundlichen Arbeiten zur Plattflora von ZÖTTL (1950, 1951) und CREDNER (1995) erlaubt. Während ZÖTTL im Rahmen seiner das ganze Wettersteingebirge umfassenden Dissertationsarbeit nur einzelne Aufnahmeflächen auf dem Zugspitzplatt bearbeitet hat, enthält die Diplomarbeit von CREDNER ausschließ-

lich Aufnahmen aus diesem Untersuchungsgebiet. Auf dieser Grundlage wurde von der Autorin ergänzend eine Karte der "Vegetationsgesellschaften auf dem Zugspitzplatt" (CREDNER 1995) im Maßstab 1: 25.000 erstellt.

Die Auswahl der Aufnahmeflächen erfolgte nach subjektiven Kriterien. Es wurden somit nur Flächen mit einheitlich erscheinender Vegetation aufgenommen. Zudem wurde auf eine gleichmäßige Verteilung auf dem gesamten Zugspitzplatt geachtet.

Die aufgrund der stark heterogenen Geländesituation und eines mit der Höhe abnehmenden Deckungsgrades in ihrer Größe variabel gewählten Aufnahmeflächen weisen somit stets eine möglichst einheitliche Vegetation auf. So umfassen etwa die Aufnahmeflächen der alpinen Rasenstufe in der Regel 8-12 m², während Aufnahmen der subnivalen Schuttgesellschaften teilweise bis zu 100 m² Fläche abdecken.

Die Angaben zur Artmächtigkeit wurde aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit entsprechend der ebenfalls in der Arbeit von CREDNER (1995) verwendeten Skala nach REICHELT & WILMANN (1973) gemacht. Bei der Benennung der einzelnen Pflanzengesellschaften wurde der Systematik nach POTT (1995), GRABHERR & MUCINA (1993) sowie MUCINA et al. (1993) gefolgt. Die Nomenklatur der kartierten Gefäßpflanzen-Arten richtet sich nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998). Kryptogamen wurden in den Einzelaufnahmen lediglich als Deckungswert der Mooschicht erfasst. Es wurde jedoch begleitend zur Kartierung eine Artenliste zur Kryptogamenflora des Zugspitzplatts erstellt, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll.

Damit die erneute Lokalisierung der Aufnahmeflächen im Zuge des Dauermonitorings möglich ist, wurden diese mit GPS eingemessen sowie die Höhenlage sowohl mit GPS als auch mit einem barometrischen Höhenmesser ermittelt. Markiert wurden die Aufnahmeflächen zunächst mit blauer Sprühfarbe auf Felsblöcken, da eine Markierung mit Pflöcken aufgrund der starken Frequentierung des gesamten Untersuchungsgebiets im Winter durch Variantenfahrer als zu risikoreich erscheint. Eine dauerhafte Markierung der für das weitere Monitoring vorgesehen Flächen mit Magneten ist jedoch geplant.

Um einen eingehenderen Vergleich mit den beiden älteren Kartierungen in Bezug auf den Licht-Wärme- und Feuchtebedarf, die Kontinentalität der Arten, die Ansprüche hinsichtlich des pH-Werts sowie des Stickstoffangebots im Boden leisten zu können (FRIEDMANN & KORCH 2010), wurden den kartierten Arten der Jahre 1949, 1994 und 2009-2011 die jeweiligen Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001) zugewiesen. Ergebnisse dieser Vergleiche sind in FRIEDMANN & KORCH (2010) dargestellt.

Statistische Auswertungen wurden mit Hilfe von Microsoft Excel[®] sowie der freien Programmiersprache R durchgeführt.

4. Das Untersuchungsgebiet

4.1 Naturräumliche Gegebenheiten

Das Zugspitzplatt ist Teil des Wettersteingebirges, welches im Westen und Norden an Teile der Ammergauer Alpen bzw. an das Estergebirge, im Süden an die Mieminger Kette sowie im Osten an das Karwendelgebirge grenzt und ein Teil der mittleren Bayerischen Alpen ist. Die auf ca. 2000 bis 2700 m gelegene Altfläche (UHLIG 1954) wird umrahmt von der Zugspitze (2962 m) im Norden, dem Schneefernerkopf (2874 m) im Westen, dem Wetterwanddeck (2698 m) und den Plattspitzen (2675 m) im Süden sowie dem Brunntalkopf (2263 m) im Osten.

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich annähernd über das ganze Zugspitzplatt mit einer Fläche von ca. 7,5 km². Als untere Abgrenzung gegenüber der Steilstufe am Ende des oberen Reintals wurde die

2000 m Höhenlinie gewählt. Ausgenommen von den Untersuchungen wurden aufgrund des extremen Reliefs die Steilwände der Plattumrahmung.

Aufgebaut wird das Untersuchungsgebiet überwiegend von ladinischem Wettersteinkalk, ein Sedimentgestein aus der Trias. Dieser sehr reine Kalk weist einen CaCO_3 -Gehalt von 96-99 % auf (ZÖTTL 1950). Die hohe Verkarstungsfähigkeit dieser Gesteine manifestiert sich durch einen reichen Karstformenschatz im gesamten Untersuchungsgebiet. So werden die schuttfreien Bereiche von zahlreichen Karren und Dolinen geprägt, was schließlich zu einer großen Standortheterogenität für die Vegetation beiträgt. Ebenfalls durch das Karstrelief bedingt ist das weitgehende Fehlen von oberflächlichem Abfluss auf dem gesamten Platt, so dass es trotz des reichlich vorhandenen Niederschlags- und Gletscherschmelzwassers zu einer relativen edaphischen Trockenheit dieser Karstflächen kommt.

Die Plattoberfläche ist nach HÜTTL (1999) zu 52% von Gesteinsschutt bedeckt, 32% werden von anstehendem Fels aufgebaut und 16% der Fläche sind mit Vegetation bewachsen.

Auf dem Zugspitzplatt befinden sich gegenwärtig noch zwei vergletscherte Flächen: Deutschlands größter Gletscher, der Nördliche Schneeferner mit einer Ausdehnung von 27,8 ha (2009) sowie der Südliche Schneeferner mit einer Fläche von 4,8 ha (2009), wobei besonders der südliche Schneeferner in den letzten Jahren starke Flächenverluste zu verzeichnen hatte (KGF 2012). Nach eigenen Beobachtungen (2011) ist dieser mittlerweile in mehrere kleinere Toteisflächen zerfallen. Insgesamt befinden sich beide Gletscher, unterbrochen lediglich von einer kleineren Vorstoßphase zwischen 1965 und 1981, seit dem Ende der sog. "kleinen Eiszeit", als das gesamte obere Zugspitzplatt vergletschert war, ab etwa Mitte des 19. Jh. auf dem Rückzug (HIRTLREITER 1992).

Durch die wiederholten quartären Vergletscherungsphasen wurde das Untersuchungsgebiet zudem stark glazial überprägt, was im Gelände in Form von zahlreichen Moränenwällen, Kratzungen des Gesteins und Rundhöckern bezeugt ist.

Bis in die Gegenwart ist besonders der Bereich am Fuße der Plattumrahmung stark durch eine aktive Lawinen-, Hang- und Schuttdynamik geprägt.

4.2 Naturschutz und Raumordnung auf dem Zugspitzplatt

Das Untersuchungsgebiet ist naturschutzrechtlich seit 1976 gesichert und liegt vollständig im Landschaftsschutzgebiet "Wettersteingebiet einschließlich Latschengürtel von Mittenwald". Des Weiteren befindet sich das Untersuchungsgebiet nach dem Alpenplan des Landesentwicklungsprogramms Bayern von 2006 im Bereich der "Erholungslandschaft Alpen" (Abb. 9). Dabei liegt der westliche Plattbereich in der Zone A und das südliche und östliche Zugspitzplatt in der Zone C (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INFRASTRUKTUR, VERKEHR UND TECHNOLOGIE 2012).

4.3 Höhenstufenzonierung und Biotoptypen auf dem Zugspitzplatt

Im Zuge der Kartierarbeiten 2009-2011 wurden auf dem Zugspitzplatt drei floristische Höhenstufen lokalisiert. Mit dem geringsten Flächenanteil ist die subalpine Krummholzzone im Südosten des Plattbereichs bis in eine Höhe von knapp 2100 m vertreten. Geprägt ist diese Zone von einem Mosaik aus dichten Latschenbeständen sowie relativ artenreicher Zwergstrauchheiden. Auf sie folgt oberhalb der aktuellen Krummholzgrenze großflächig die alpine Rasen- und Mattenzone, welche bis etwa 2400 m reicht. Zu ihren typischen Biotoptypen zählen im Untersuchungsgebiet alpine Zwergstrauchheiden, alpine Rasen und Magerweiden. In einem anscheinend klimatisch begünstigten SE-exponierten Bereich unterhalb des Wetterwandecks finden sich einzelne, fragmentarische Polsterseggenrasen sogar noch auf über 2500 m (Abb. 1). Oberhalb der alpinen Rasen sowie in von bewegtem Schutt geprägten Flächen am Fuße der Plattumrahmung folgt die Zone der Schutt-, Schneetälchen- und Fels-

spaltengesellschaften, welche mit durchschnittlich abnehmender Artenzahl und zunehmend subnivalem Charakter bis in die höchsten Bereiche des Zugspitzplatts vertreten sind.

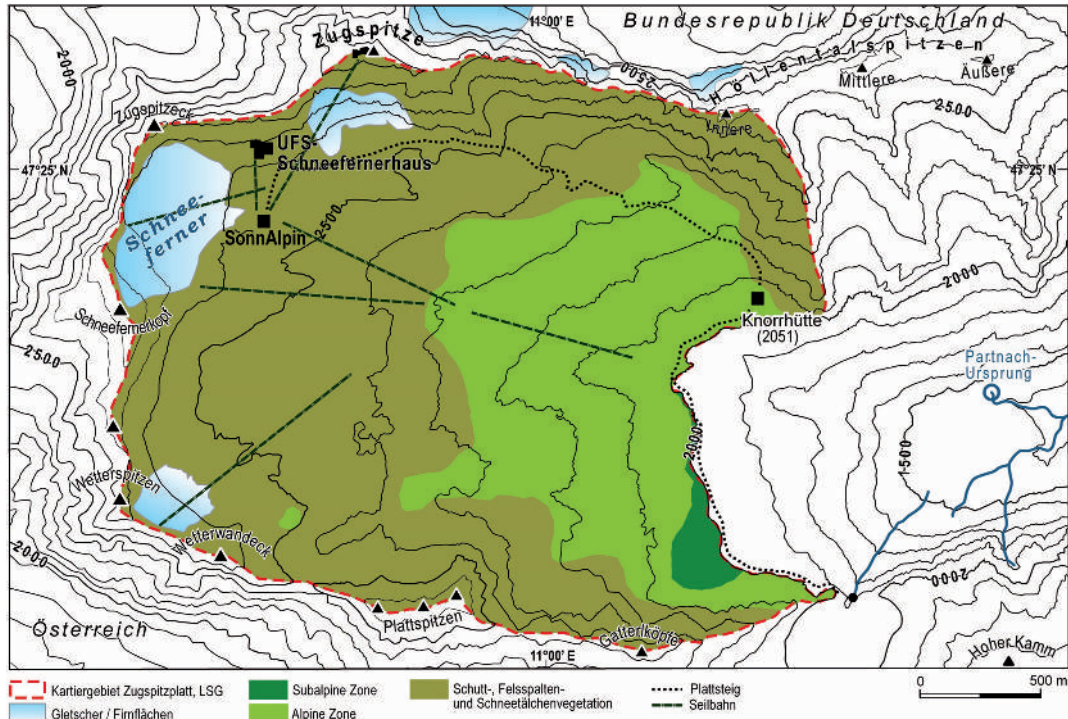


Abb. 1: Die Lage der Vegetationshöhenstufen auf dem Zugspitzplatt.

5. Wichtige Pflanzengesellschaften auf dem Zugspitzplatt

5.1 Die subalpine und die untere alpine Stufe:

Die im südöstlichen Untersuchungsgebiet ausgeprägte subalpine Krummholzzone wird hauptsächlich durch aufgelockerte Latschengebüsche des *Rhododendro hirsuti*-Pinetum mugo aufgebaut. Durch die Akkumulation von aus weitgehend schlecht zersetzter, saurer Latschenstreu bestehenden Rohhumus können sich in Bereichen mit fortgeschrittener Bodenentwicklung säureliebende Arten wie die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), die Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und der Tannen-Bärlapp (*Huperzia selago*) trotz des basischen Ausgangssubstrats dauerhaft ansiedeln. Stellenweise ersetzt an diesen Standorten die acidophile Rostblättrige Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*) die hier eigentlich typische, kalkliebende Bewimperte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*). Dies deckt sich mit den Beobachtungen von CREDNER (1995).

Inwiefern die höchsten kartierten Exemplare der Latsche (*Pinus mugo*) in 2080 m tatsächlich die aktuelle klimatische Krummholzgrenze darstellen, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt der Untersuchungen noch nicht abschließend feststellen. Die Tatsache, dass es sich hierbei durchweg um fruchtende Exemplare handelt, sowie der Fund von zwei krüppelwüchsigen Jungfichten (*Picea abies*) auf knapp 2200 m im August 2010 lässt vermuten, dass zumindest das Aufkommen von Latschenjungwuchs noch an deutlich höher gelegenen Gunststandorten möglich wäre, aufgrund des Verbissdrucks durch wei-

dende Schafe jedoch aktuell nicht möglich scheint. Ein weiteres Indiz hierfür sind schließlich die in der unteren alpinen Stufe häufig anzutreffenden Borstgrasrasen des *Nardion strictae*. Diese an saure Böden gebundenen Pflanzengesellschaften könnten in einer ansonsten durch einen hohen Kalkgehalt des Bodens geprägten Umgebung an solchen Stellen gedeihen, an denen eine in der Vergangenheit stattgefundenene Akkumulation von Latschenstreu entsprechende Standortbedingungen geschaffen hat. In welchem Ausmaß dies bei den erfassten Flächen der Fall ist oder ob andere pedogenetische Prozesse zur Versauerung dieser Standorte führten, soll durch bodenkundliche Untersuchungen dieser Flächen 2012 untersucht werden.

Im Anschluss an das *Rhododendro hirsuti*-Pinetum mugo finden sich an südexponierten Gunststandorten der unteren alpinen Zone kleinflächig relativ artenreiche Rasen, die zahlreiche Elemente der Blaugras-Horstseggenhalde (*Seslerio-Caricetum sempervirentis*) aufweisen. Diese Gesellschaft, die im Untersuchungsgebiet nahezu nur auf Braunerden (HÜTTL 1999) vorkommt, ist gekennzeichnet durch einen relativen Artenreichtum (BRAUN-BLANQUET & JENNY 1926). Nach den bisherigen Kartierergebnissen konnten die von CREDNER (1995) erarbeiteten Ergebnisse bestätigt werden, wonach Rasen mit der namensgebenden Charakterart *Carex sempervirens* im Untersuchungsgebiet nur an wenigen begünstigten Orten vorkommt. Ob es sich hierbei allerdings wie von CREDNER (1995) gefordert lediglich um nicht optimal ausgebildete Blaugras-Horstseggenhalden handelt oder jedoch um andere Rasentypen, konnte noch nicht endgültig belegt werden. Die Abwesenheit zahlreicher typischer Arten mag jedoch ein Hinweis hierfür sein. Nach ZÖTTL (1951) ist die Bindung dieser Pflanzengesellschaft an wärmebegünstigte, südexponierte Standorte bei einer gleichzeitig überwiegend Nord- und Ostexposition der Hänge, Schutthalden und Rundhöcker des Zugspitzplatts ein Grund für eine nicht idealtypische Ausprägung dieser Pflanzengesellschaft. Es bleibt zudem die weitgehende geringe Entwicklung der Böden des Zugspitzplatts festzustellen (HÜTTL 1999), die ebenfalls das Aufkommen der Blaugras-Horstseggenhalde erschwert.

5.2 Die alpine Zone

Die Rasengesellschaft mit der größten Verbreitung im Untersuchungsgebiet ist der Polsterseggenrasen (*Caricetum firmae*). Sie ist in den gesamten Bayerischen Alpen schwerpunktmäßig in der oberen subalpinen sowie der alpinen Vegetationsstufe auf skelettreichen Standorten auf Kalk und Dolomit anzutreffen (OBERDORFER 1993, RÖSLER 1997). Diese Rasen sind auf dem Zugspitzplatt flächendeckend bis 2400 m und unterhalb des Wetterwandecks kleinflächig sogar oberhalb von 2500 m vertreten (Abb.2). Sie kommen auf verfestigtem Schutt aber auch direkt auf dem anstehenden Kalkgestein als sog. "Karst-Firmeten" (REISIGL & KELLER 1994) vor. Während die tieferliegenden Polsterseggenrasen artenreicher sind und teilweise schon hin zu komplexeren Rasengesellschaften überleiten können, finden sich in den Firmeten der oberen alpinen Zone noch zahlreiche Arten von Pioniergesellschaften wie der Täschelkrauthalde (vgl. ZÖTTL 1951, CREDNER 1995).

Dryas octopetala kommt nach ZÖTTL (1951) die wichtige Rolle eines Schuttstauers und Schuttfestigers zu, die die Entwicklung hin zum *Caricetum firmae* einleitet. Nach CREDNER (1995) und den Ergebnissen von Höhenzug ist ein solches Verhalten der Silberwurz jedoch eher auf den unteren Bereich der alpinen Stufe und hier besonders auf das Bergsturzgelände unterhalb der Gatterlköpfe begrenzt. Ansonsten konnte für das Untersuchungsgebiet vermehrt ein erstes Festlegen des Schutts durch die Spalierweiden *Salix retusa* und *Salix serpyllifolia* festgestellt werden.

Eine wichtige Eigenschaft der namensgebenden Charakterart *Carex firma* ist, dass die Pflanze im Laufe der Jahre ein Polster aus abgestorbenen Pflanzenteilen aufbaut, welches die Fähigkeit besitzt, Wasser während Trockenphasen zu speichern (RAUH 1939) und zudem ein wichtiger Humusbildner ist.



Abb. 2: Polsterseggenrasen in der alpinen Zone auf dem Zugspitzplatt.

Der Spalierweidenrasen (*Salicetum retuso-reticulatae*) bildet ein Bindeglied zwischen den Pioniergesellschaften des bewegten Schutts und den alpinen Rasen (ZÖTTL 1951). Arten beider Gesellschaftstypen können demnach in ihnen vorkommen. Die niederwüchsigen Spalierweiden sind ähnlich wie die Polstersegge wichtige Humusbildner auf Gesteinsschutt (ZÖTTL 1951). Weiter besitzt diese Gesellschaft eine Ähnlichkeit mit dem mehr subnival verbreiteten Gänsekresse-Schneetälchen, ist jedoch wärme-liebender und verträgt keine so lang anhaltende Schneebedeckung (BRAUN-BLANQUET & JENNY 1926).

In der alpinen Stufe des Untersuchungsgebiets sind Spalierweidenrasen zumindest immer wieder kleinräumig sowohl auf verfestigtem Schutt als auch direkt auf dem anstehenden Fels ausgebildet. Als Charakterarten sind die Weiden *Salix retusa* und *Salix serpyllifolia* durchweg vertreten, während *Salix reticulata* auf dem Zugspitzplatt bisher nicht nachgewiesen werden konnte. Letzteres deckt sich mit Beobachtungen von EGGENSBERGER (1993) aus dem benachbarten Ammergebirge.

5.3 Schuttgesellschaften, Felsspaltvegetation und Schneetälchen

Die bis in die subnivale Zone reichenden Gesellschaften des bewegten Schutts, der Felsspalten und der Schneetälchen werden auf dem Zugspitzplatt von der Täschelkrauthalde (*Thlaspietum rotundifolii*), der Bergglöwenzahnhalde (*Leontodontetum montani*) und dem Gänsekresse-Schneetälchen (*Ara-bidetum caeruleae*) besiedelt.

Die an aktiven Schutt sowie an feinerdearme Standorte gebundene Täschelkrauthalde ist die häufigste Pflanzengesellschaft des subnivalen Untersuchungsgebiets (bis ca. 2700 m) und ist auf den Schutthalden unterhalb der Plattumrahmung stellenweise bis in die untere alpine Zone vertreten.

Charakteristisch für die Gesellschaft des *Thlaspietum rotundifolii*, welche häufig nur Bedeckungsgrade von 10-15% aufweist, ist eine Reihe von Arten, die speziell an die extremen Standortbedingungen des bewegten Schutts angepasst sind. So besitzt beispielsweise das namensgebende Rundblättrige Täschelkraut (*Thlaspi rotundifolium*) lange, widerstandsfähige Wurzeln und Sprosse als Anpassung an einen Lebensraum, in dem ständig das Risiko besteht, durch Steinschlag oder Rutschungen überdeckt oder abgerissen zu werden. Weitere typische Charakterarten dieser Assoziation sind auf dem Zugspitzplatt die Alpen-Gemskresse (*Pritzelago alpina*), das Breitblättrige Hornkraut (*Cerastium latifolium*) und der Blattlose Steinbrech (*Saxifraga aphylla*). Der in diesem Gebiet vorkommende Alpenmohn *Papaver sendtneri* (Abb. 3) konnte ebenfalls großflächig nachgewiesen werden. Übereinstimmend mit den Arbeiten von ZÖTTL (1951) und CREDNER (1995) konnte festgestellt werden, dass die mittlere Anzahl der in den Täschelkrauthalden vorkommenden Arten allgemein mit der Höhe abnimmt.



Abb. 3: Sendtner's Alpenmohn (*Papaver sendtneri*) als typische Art der Täschelkrauthalden.

Kommt es besonders an tiefer gelegenen Schutthalden (unterhalb von 2500 m) zu einer zunehmenden Verfestigung des Schutts, ist eine vermehrte Ansiedlung des Bergglöwenzahns (*Leontodon montanus*) bei einer gleichzeitigen Abnahme von *Thlaspi rotundifolium* festzustellen. Dieser Prozess vermittelt schließlich zur Bergglöwenzahnhalde (*Leontodontetum montani*). Ansonsten weist diese Gesellschaft nach Beobachtungen im Rahmen von HöhenZug in ihrer Artzusammensetzung große Ähnlichkeiten zur Täschelkrauthalde auf. Bei den Untersuchungen 2009-2011 konnte weiter nachgewiesen werden, dass auf klimatisch begünstigten Bergglöwenzahnhalden der alpinen Zone sich zunehmend Arten etablieren können, die wiederum zu den Polsterseggenrasen überleiten.

Das Gänsekresse-Schneetälchen (*Arabidetum caeruleae*), das zum selben Verband wie die Spalierweidenrasen gehört, ist auf dem Zugspitzplatt überwiegend in Senken, Dolinen und Felsspalten der subnivalen Stufe ausgebildet.

Kennzeichnend für diese Standorte sind bis zu 9 Monate Schneedeckendauer, wenig bis keine Schuttbewegung sowie die Akkumulation größerer Mengen an Feinerde aufgrund der häufig muldenförmigen Ausprägung im Gelände. Wichtigste Kennart der Gänsekresse-Schneeböden ist die Blaue Gänsekresse (*Arabis caerulea*). Im Zuge der Vegetationsaufnahmen fiel auf, dass die Gesellschaft oft nur unmittelbar am Boden der Schneetälchen ausgebildet ist, während in unmittelbarer Nähe an den instabileren Flanken häufig Artengemeinschaften der Täschelkrauthalbe zu finden sind.

Es konnte in Übereinstimmung mit CREDNER (1995) weiter nachgewiesen werden, dass im Bereich der Skipisten häufig verstärkt Arten des *Arabidetum caeruleae* gedeihen. Als Ursache hierfür dürften die längere Bedeckung dieser Bereiche mit Schnee sowie eine Bodenverdichtung infolge der Pistenpflege anzuführen sein.

6. Analyse der aufgenommenen Flächen

6.1. Verteilung der Aufnahmeflächen im Gelände

Die im Rahmen von HöhenZug durchgeführte pflanzensoziologische Kartierung umfasst nach der Feldsaison 2011 200 Aufnahmen (34 aus 2009, 84 aus 2010, sowie 82 aus 2011). Hauptaugenmerk bei der Auswahl der Aufnahmeflächen war eine möglichst flächendeckende Erfassung des Untersuchungsgebiets zu realisieren, auf deren Grundlage bis Projektende 2012 eine aktuelle und detaillierte Vegetationskarte erstellt werden wird.

Auch bei der Höhenverteilung der bisher aufgenommenen Flächen wurde auf eine gleichmäßige Verteilung entlang des Höhengradienten geachtet. Die in Abb. 4 erkennbaren Abweichungen von dieser idealen Höhenverteilung liegen in der Topographie des Geländes begründet. Die allgemein konkave Form des Zugspitzplatts, kleinere Felsriegel, Steilstufen im Gelände sowie die vergletscherte Fläche des Nördlichen Schneeferners unterhalb der höchsten Aufnahmen verhindern die optimale Anordnung der Flächen.

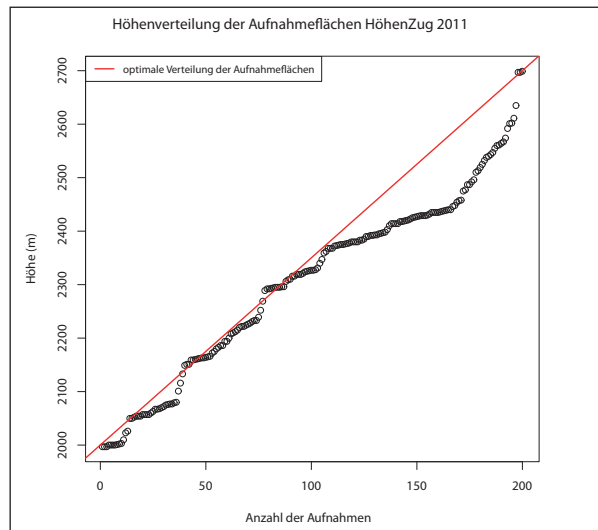


Abb. 4: Höhenverteilung der aufgenommenen Flächen.

6.2. Analyse der Aufnahmen

Abb. 5 zeigt eine auf Grundlage von 118 Aufnahmen mit insgesamt 144 Arten durchgeführte DCA-Ordination (HILL 1979; HILL & GAUCH 1980). Die Berechnung basiert auf der Standardnormalverteilung.

Dargestellt wird die Ähnlichkeit der Aufnahmen hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung. Die beiden Diagrammachsen DCA1 und DCA2 lassen sich dem Höhengradienten sowie der unterschiedlich fortgeschrittenen Bodenentwicklung zuordnen. So finden sich entlang von DCA1 zunächst überwiegend subnival geprägte Gesellschaften wie die Täschelkrauthalden, gefolgt von alpinen Rasen bis hin zu den subalpinen Latschenfluren. Entlang der DCA2-Achse sind im oberen Bereich Pflanzenformationen dargestellt, welche bevorzugt auf flachgründigen Böden wurzeln wie das Thlaspietum rotundifolii und die Zwergstrauchheiden im Bereich des Bergsturzgeländes. Im unteren Achsenbereich finden sich die an tiefgründige Böden gebundenen Gesellschaften der Borstgrasrasen und die von weidenden Schafen stark frequentierten artenarmen, dichten Rasen.

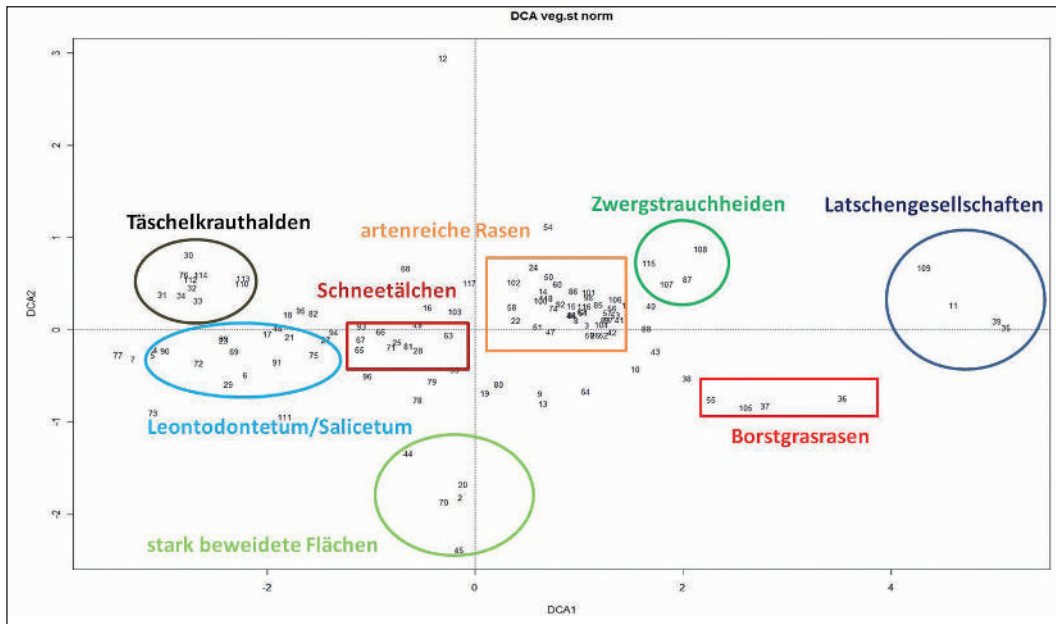


Abb. 5: DCA-Ordination auf Grundlage der Aufnahmen 2009 und 2010.

Betrachtet man die Häufigkeit des Auftretens der bisher in den jeweiligen Aufnahmen gefundenen 152 Einzelarten (Abb. 6) kann festgestellt werden, dass nahezu zwei Drittel der Arten in 20 oder weniger Aufnahmen vorkommen, 72 sogar nur in 10 oder weniger Aufnahmen. Bei 9 Arten, die in keiner der bisher durchgeführten Vegetationsaufnahmen verzeichnet sind, handelt es sich um Einzelfunde außerhalb der Aufnahmeflächen, die mit dem Ziel, eine vollständigen Artenliste für die aktuelle Vegetation des Zugspitzplatts zu erhalten, aufgenommen wurden.

Diese ausgeprägte Heterogenität beim Arteninventar der Einzelaufnahmen spiegelt die große Vielfalt an Klein- und Kleinststandorten wider, welche durch die große Vielfältigkeit der abiotischen, klimatischen und antropro-zoogenen Einflüsse bedingt ist. Unter 8. werden diese Einzelfaktoren eingehender erörtert.

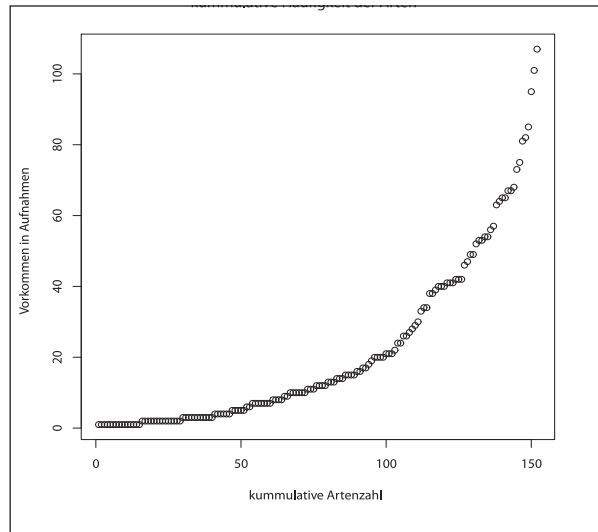


Abb. 6: Vorkommen der Einzelarten in den jeweiligen Vegetationsaufnahmen.

7. Vergleich mit älteren Aufnahmen

Trotz seiner herausragenden Lage als höchstes Untersuchungsgebiet der Bundesrepublik Deutschland, liegen für das Zugspitzplatt bisher wenige vegetationskundliche Arbeiten vor. 1949 wurden Teile des Platts von ZÖTTL (1950, 1951) pflanzensoziologisch kartiert. Die Anzahl dieser Aufnahmen ist aber vergleichsweise gering. 1994 erfolgte dann eine erste nahezu flächendeckende Kartierung auf Grundlage von 33 pflanzensoziologischen Aufnahmen durch CREDNER (1995). Im Rahmen der vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) durchgeführten Biotopkartierung Alpen (ABK 2011) wurden schließlich im Jahr 1999 Artenlisten für die verschiedenen Biotopflächen des Zugspitzplatts erstellt.

7.1. Gesamtartenzahlen

Vergleicht man die Gesamtartenzahlen dieser Arbeiten mit der Anzahl der bisher im Verlauf von HöhenZug erfassten Taxa, so fällt eine deutliche Zunahme der Artenzahlen 2011 (161 erfasste Arten) gegenüber den Erhebungen von 1949 (68 erfasste Arten) und 1994 (81 erfasste Arten) auf. Dieser massive Zuwachs ist aber sicherlich teilweise in der ausschließlichen Fokussierung auf das Zugspitzplatt bzw. der längeren Projektlaufzeit verbunden mit einer höheren Anzahl an Aufnahmeflächen gegenüber den Erhebungen von ZÖTTL und CREDNER begründet. Die im Vergleich zur ABK (178 erfasste Arten) niedrigeren Artenzahlen ergeben sich aus der Tatsache, dass im Rahmen des Projekts nicht gezielt nach Einzelarten gesucht wurde, die subalpine Höhenstufe nicht vollständig kartiert wurde und die Liste der Arten sich größtenteils aus den in den Aufnahmeflächen kartierten Pflanzen ergibt. Das Hinzukommen von 57 neuen Arten in 2010 und weiteren 5 Arten in 2011 gegenüber dem Stand 2009 (FRIEDMANN & KORCH 2010) legt zudem nahe, dass bei abschließenden Geländekartierungen 2012 noch weitere Arten dazukommen könnten.

7.2. Höhenverbreitung ausgewählter Arten

Betrachtet man die Veränderung der Höhenverbreitung ausgewählter Arten auf dem Zugspitzplatt von 1994-2009/2011, fällt die vermeintliche Zunahme der Höhenverbreitung einzelner Arten (z.B. *Arabis caerulea* +175 m, *Cerastium latifolium* +89 m) auf. Wenige Arten scheinen wiederum eine geringere Hö-

henverbreitung aufzuweisen (z.B. *Saxifraga caesia* -31 m). Die Aussagekraft dieser absoluten Höhenunterschiede ist jedoch eingeschränkt und mit einem deutlichen Fehler behaftet (FRIEDMANN & KORCH 2010). Von CREDNER (1995) wurde nicht gezielt nach hochliegenden Pflanzenindividuen gesucht und die Einmessung lediglich anhand der TK 25 durchgeführt und nur z.T. mit einem Höhenmesser überprüft. 2009/2010 wurden die Höhenangaben mit Hilfe des GPS bestimmt (Genauigkeit ca. \pm 10 m) und mit einem barometrischen Höhenmesser überprüft.

8. Geomorphologie, klimatische- und anthropo-zogene Einflüsse

8.1. Geomorphologie

Wie bereits unter 4.1. angeführt, unterliegen große Teile des Zugspitzplatts einer Reihe aktiver geomorphologischer Prozesse. Prägend auf die Gestaltung der Vegetationsstandorte wirken hier die Verkarstung, Lawineneignisse im Winter sowie Massenbewegungen unterschiedlicher Größenordnung. Eindrückliche Beispiele hierfür sind das holozäne Bergsturzgelände, das einen Großteil des südöstlichen Plattbereichs einnimmt, die ausgedehnten aktiven Schutthalden am Fuße der Plattumrahmung sowie große Dolinen wie etwa südlich des Plattsteigs zwischen Knorrhütte und SonnAlpin.

8.2. Klima und Klimavariabilität

Klimatischen Veränderungen üben über höhere Jahresdurchschnittstemperaturen und einer verlängerten Vegetationsperiode (IPCC 2007, SEILER 2004) einen direkten Einfluss auf die Zusammensetzung der Vegetation und die Vegetationsdynamik aus.

Abb. 7 zeigt die Entwicklung der Vegetationsperiode für den Zugspitzgipfel über den Zeitraum von 1948 bis 2008. Auf dem tiefer gelegenen Zugspitzplatt, für das erst ab dem Jahr 2000 weitere Klimadaten von der UFS Schneefernerhaus zur Verfügung stehen, muss eine entsprechend längere Phase angenommen werden. Nach einer Phase mit negativem Trend bis etwa 1980 ist bis in die Gegenwart eine ständige Verlängerung der Periode feststellbar, in der Pflanzenwachstum möglich ist. Diese Entwicklung deckt sich mit den Ergebnissen von SEILER (2004), den von HIRTLREITER (1992) dargestellten neuzeitlichen Gletscherschwankungen sowie den auf dem Zugspitzgipfel ermittelten Jahresmitteltemperaturen ab der zweiten Hälfte des 20. Jh. (DEUTSCHER WETTERDIENST 2010, FRIEDMANN & KORCH 2010).

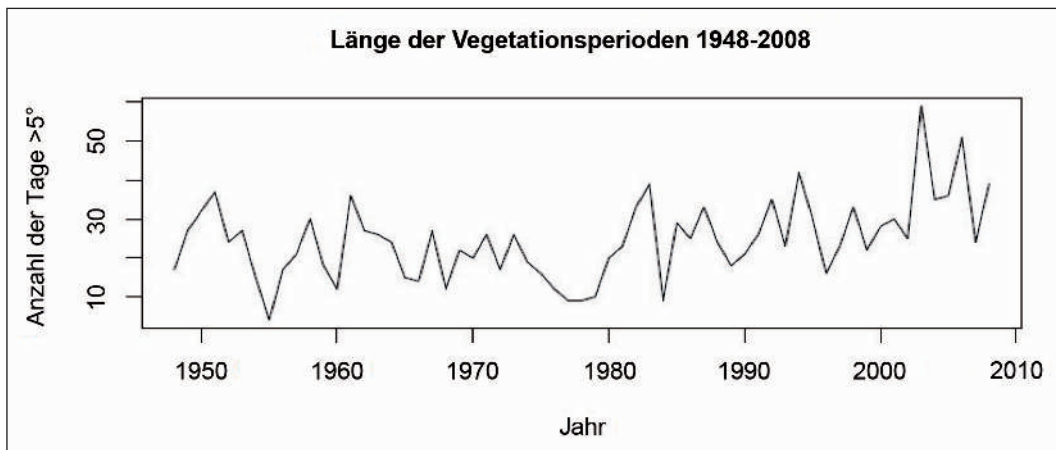


Abb. 7: Länge der Vegetationsperiode für den Zugspitzgipfel (Datengrundlage: DWD 2010).

Anpassungen der Vegetation hinsichtlich Höhenverbreitung, Deckungsgrad sowie Artenreichtum und -zusammensetzung sind belegt durch Untersuchungen aus anderen, nur gering anthropogen gestörten Alpengegenden (GRABHERR ET AL. 1994, TEURILLAT & GUISAN 2001, WALTHER ET AL. 2005, PAULI ET AL. 2007, KUDERNATSCH 2007). Zielsetzung von HöhenZug ist ebenfalls die Konsequenzen eines sich verändernden Klimas auf die Pflanzenwelt des Untersuchungsgebiets zu quantifizieren. Um eine breitere Datengrundlage dafür zu schaffen, wurden 2011 erste Klimastationen mit Dataloggern zur Erfassung geländeklimatologischer Parameter auf dem unteren Zugspitzplatt aufgestellt. Ein weiterer Ausbau dieses Messnetzes ist für die Geländesaison 2012 geplant. Erweitert wird die Fragestellung des Projekts um die Erforschung des Anteils der menschlichen Einflussnahme an vegetationsdynamischen Veränderungen auf dem stark von Beweidung, Wander- und Skitourismus geprägten Zugspitzplatt.

8.3. Anthro-po-zoogene Einflüsse

Ein Großteil des Zugspitzplatts ist besonders stark durch den Menschen erschlossen. Mit der Einweihung der Zahnradbahn zum damaligen Hotel Schneefernerhaus im Jahre 1930 wurde der zuvor mühsame Weg auf das Platt für größere Besuchergruppen entschieden erleichtert¹. Seit 1987 befindet sich die Bergstation der Bahn im Bereich des SonnAlpin auf 2588 m. Alternativ kann das Zugspitzplatt von deutscher Seite aus über die 1963 in Betrieb genommene Eibsee-Seilbahn auf den Zugspitzgipfel und die sich seit 1992 in Betrieb befindliche Gletscherbahn erreicht werden (BZB 2012). Von der österreichischen Seite führt seit 1964 eine Seilbahn auf den Zugspitzgipfel (TZB 2012).

Gegenwärtig befinden sich innerhalb des Untersuchungsgebiets 6 Skilifte, die einen jährlichen Skibetrieb vom Herbst bis weit in das Frühjahr hinein ermöglichen (BZB 2012). Während der Feldarbeiten 2009-2011 konnte in verschiedenen Bereichen des Skigebiets eine rege Bautätigkeit unter Einsatz von schweren Baumaschinen und Sprengungen beobachtet werden.

Das Wanderwegenetz auf dem Zugspitzplatt verbindet das SonnAlpin über die Knorrhütte (2051 m) mit dem Reintal sowie über das Gatterl mit Tirol. Eine wichtige Rolle spielt zudem die Beweidung des unteren und mittleren Plattbereichs durch 350-400 Schafe (mündliche Mitteilung durch Herrn Matthias Grasegger von der Weidegenossenschaft Partenkirchen) während der Sommermonate.

All diese Faktoren üben einen direkten oder indirekten Einfluss auf die Zusammensetzung und Dynamik der Vegetation im Untersuchungsgebiet aus. Es werden auf diese Weise natürliche abiotische und biotische Prozesse durch anthro-po-zoogene Einwirkungen in unterschiedlichen Maßen beeinflusst, überlagert oder ersetzt.

Als Beispiel sei hier die Förderung konkurrenzstarker, nährstoffliebender, tritt- und verbissresistenter Arten durch verstärkten Nährstoffeintrag bei gleichzeitigem Verbiss und Bodenverdichtung durch Tritt angeführt. Eine solche Entwicklung lässt sich gut auf besonders regelmäßig und intensiv von Schafen aufgesuchten und teilweise als Lägerstelle genutzten Rasen dokumentieren (Abb. 8). Die alpinen Rasengesellschaften solcher Standorte weisen ein deutlich verändertes Artenspektrum im Vergleich zu weniger stark frequentierten Polsterseggenrasen oder den artenreicheren Rasen subalpiner Standorte auf. Zu den hier häufig vorkommenden Arten zählen beispielsweise die Lägerrispe (*Poa supina*), der Lö-

¹Die Knorrhütte wurde bereits 1855 und das Münchner Haus am Zugspitzgipfel wurde 1897 errichtet (beides Hütten der Alpenvereinssektion München), 1900 wurde die meteorologische Station am Münchner Haus eröffnet.



Abb. 8: Lägerstelle auf dem mittleren Zugspitzplatt.

wenzahn (*Taraxacum alpinum*) und Kleearten wie *Trifolium thalii* bzw. *Trifolium repens*. Die große Brennnessel, *Urtica dioica*, ein deutlicher Stickstoffzeiger (ELLENBERG 2001), konnte wiederholt bis in 2390 m nachgewiesen werden. WEBER (1981) beschreibt diese im Volksmund auch als "Faxrasen" (MUCINA et al. 1993) bezeichnete Gesellschaft des *Alchemillo-Poetum supinae* ebenfalls für die benachbarte Miesminger Kette. Weiter konnte bei Geländebegehungen beobachtet werden, dass durch den Tritt des Weidviehs die Grasnarbe geschädigt und so das Einsetzen von Erosionsprozessen begünstigt wird.

Die Nutzung des Zugspitzplatts kann weiter besonders im Skigebiet zu einer Veränderung und Verdichtung des Bodengefüges sowie zu einer künstlichen Verlängerung der Schneedeckendauer im Pistenbereich führen. Deutlicher Hinweis hierfür ist die bereits erwähnte Begünstigung der Arten des Gänsekresse-Schneetälchens im Bereich der Pisten und der nahezu fehlende Pflanzenbewuchs im Bereich um das SonnAlpin, welcher stark planiert, begangen und durch Pistenfahrzeuge und Baumaschinen regelmäßig befahren wird.

Auch der Wärmeinsel-Effekt der Bebauung auf dem Zugspitzplatt führt wahrscheinlich zu einer Veränderung der Vegetation in unmittelbarer Nähe dieser Gebäude. So konnten 2009-2011 in unmittelbarer Nähe der Gebäude der Eibsee- und Gletscherseilbahngipfelstation, in ca. 2950 m Höhe ausgehende Polster des Blattlosen Steinbrechs (*Saxifraga aphylla*) und des Breitblättrigen Hornkrauts (*Cerastium latifolium*) beobachtet werden, obwohl sich in dieser Höhe ansonsten nur an extremen Gunstandorten vereinzelt höhere Pflanzen zu halten vermögen.

Aufgrund all dieser, die Dynamik und Zusammensetzung der Arten beeinflussenden Faktoren wurde im Rahmen von HöhenZug eine Einteilung des Zugspitzplatts in drei Zonen unterschiedlich starker antro-po-zoogener Beeinflussung vorgenommen (Abb. 9):

Zone 1: Dominanz der natürlichen Dynamik, sehr geringer anthropogener Einfluss (oligohemerob). Hierzu zählen beispielsweise die Flächen des Bergsturzgeländes unterhalb der Gatterlköpfe. Sie befinden sich außerhalb des Skigebiets und werden von Wanderern selten begangen. Sie sind nur einem sehr geringen Beweidungsdruck ausgesetzt.

Zone 2: Flächen die überwiegend einer natürlichen Dynamik unterliegen, aber linienhaft oder punktuell in unterschiedlicher Periodizität und Intensität antro-po-zoogen beeinflusst werden.

Zu dieser Zone ist der Bereich südlich des Plattsteigs und oberhalb des Brunntals zu rechnen. Besonders die hier wachsenden Rasen werden von den Schafen gelegentlich abgeweidet und während der Skisaison befahren Variantenfahrer diesen Bereich. Letzteres dürfte aber aufgrund der normalerweise ausreichend mächtigen Schneedecke nur geringen Einfluss auf die Vegetation haben.

Zone 3: Starke antro-po-zoogene Störungen (Beweidung, Wandertourismus, Bebauung u.a.) plus natürliche Dynamik (meso- bis euhemerob).

Die Skipisten, der Bereich unmittelbar um die Gebäude, die regelmäßig beweideten, flachen Rasenbereiche sowie die Wanderwege bilden diese Zone.

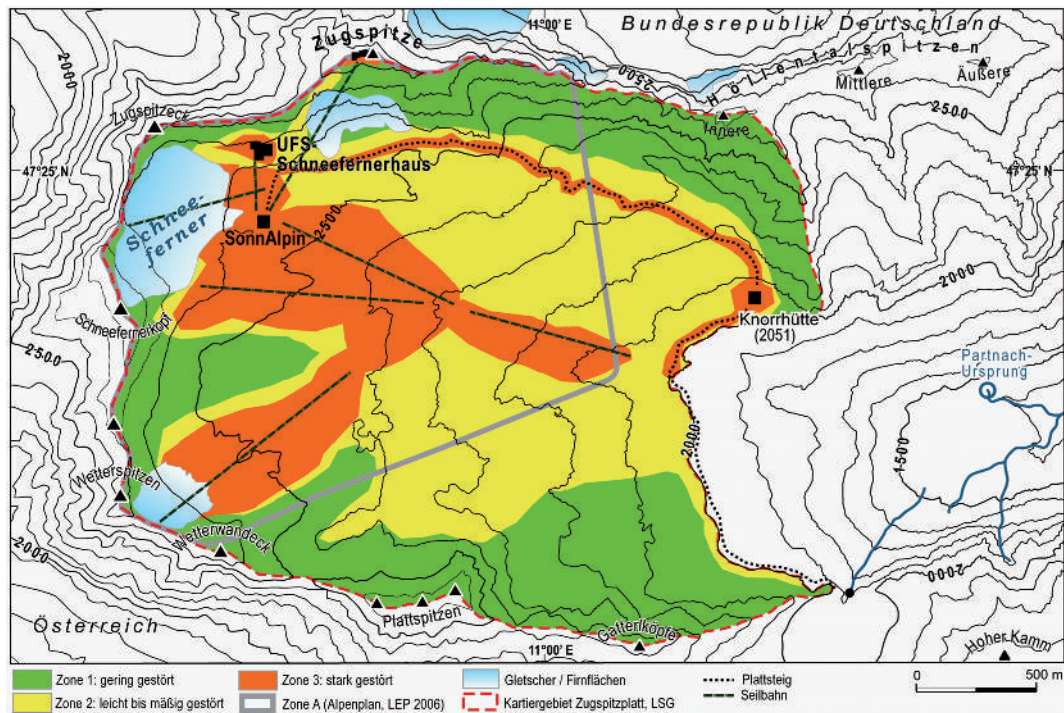


Abb. 9: Zonen unterschiedlicher Hemerobie auf dem Zugspitzplatt. Das gesamte Zugspitzplatt ist Landschaftsschutzgebiet (LSG) und raumplanerisch im Westteil als Zone A des Alpenplans im Rahmen des Landesentwicklungsprogramms (LEP) von 2006 ausgewiesen.

9. Diskussion und Ausblick

Die Vegetation des Zugspitzplatts und ihre Dynamik scheinen im Wesentlichen das Resultat eines Zusammenwirkens von abiotischen und biotischen Standortfaktoren, geomorphologischer Prozesse, klimatischer Einflüsse und in unterschiedlichem Maße des menschlichen Einflusses zu sein. Die eindeutige Quantifizierung und Gewichtung des Anteils der jeweiligen Einzelfaktoren an den verschiedenen Aufnahmestandorten konnte aufgrund der Kürze des bisher zur Verfügung stehenden Untersuchungszeitraums noch nicht geleistet werden. Durch das langfristige Monitoring ähnlicher, 2010 und 2011 angelegter Dauerbeobachtungsflächen in unterschiedlichen Störungszonen des Platts soll dies jedoch künftig ermöglicht und belastbare Ergebnisse erreicht werden. Dass jedoch die anthropo-zoogene Beeinflussung zu einer anderen Vegetationsentwicklung führt als auf anderen Flächen mit ansonsten gleichen Standortfaktoren, dafür liefern die unter 8.3. angeführten Flächen erste Hinweise.

Beim Vergleich der Kartierungen 2009-2011 mit älteren Arbeiten von ZÖTTL (1950, 1951) und CREDNER (1995) darf man nicht außer Acht lassen, dass die Daten von jeweils unterschiedlichen Personen erhoben wurden. Artenkenntnis der Kartierer sowie Einschätzung der Artmächtigkeit können hier unterschiedlich ausgeprägt sein, was die Vergleichbarkeit der Daten erschwert. Zöttl hat darüber hinaus lediglich einen Teil der seiner Arbeit zugrundeliegenden Aufnahmen innerhalb des Untersuchungsgebiets gemacht, so dass nicht der gesamte Datenbestand dieses Autors für einen Vergleich herangezogen werden kann. Zudem erfolgten die Vergleiche mit den historischen Aufnahmen an Quasi-Dauerflächen (FISCHER 1999) ohne exakte Lageübereinstimmung der Flächen. Aufgrund der Errichtung der Dauerbeobachtungsflächen 2010 und 2011 ist dieser Mangel jedoch für künftige Vergleiche behoben.

Die Methode der pflanzensoziologischen Aufnahme wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den älteren vegetationskundlichen Arbeiten zum Zugspitzplatt gewählt. Um jedoch die Kenntnisse zu den ablaufenden vegetationsdynamischen Prozessen im Untersuchungsgebiet weiter zu vertiefen, wurden 2011 ergänzend erste nichthierarchische Kartierungen der Vegetation einzelner Aufnahmeflächen durchgeführt. Dies soll künftig die Möglichkeit eines exakteren Populationsmonitorings auf den Dauerbeobachtungsflächen mit Erfassung des ökologischen Zustands eröffnen. Zusätzlich sind vertiefte standortökologische sowie bodenkundliche Untersuchungen im Zusammenhang mit floristischen Sonderstandorten geplant.

Durch die Errichtung von weiteren lokalen Klimastationen mit Dataloggern sollen, wie unter 8.2. angesprochen, zusätzliche Geländeklimadaten an verschiedenen Standorten des Zugspitzplatts auf mikro- und mesoskalischer Ebene erhoben werden. Dies soll die Daten der vorhandenen Wetterstationen im Untersuchungsgebiet ergänzen, um ein besseres Verständnis des Einflusses von verschiedenen Klimaparametern auf die Vegetation des Zugspitzplatts zu ermöglichen.

10. Danksagung

Wir bedanken uns beim Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit für die Finanzierung des Teilprojekts "Höhenabhängige vegetations- und standortkundliche Untersuchungen der subalpinen bis subnivalen Stufe auf dem Zugspitzplatt (Wettersteingebirge)" im Rahmen des Kooperationsvorhabens "Auswirkungen des Klimawandels in den Alpen – Erfassung mittels Höhengradienten (KLIMAGRAD) im Klimaprogramm Bayern 2020. Ebenfalls danken wir herzlich der Umweltforschungsstation Schneefernhaus (UFS) für die logistische Unterstützung sowie der Bayerischen Zugspitzbahn Bergbahn AG (BZB) für die Unterstützung des Projekts durch Freifahrten in das Untersuchungsgebiet Zugspitzplatt.

Literaturverzeichnis:

- ABK (2011): Biotopkartierung – Alpen. URL: <http://www.lfu.bayern.de>.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INFRASTRUKTUR, VERKEHR UND TECHNOLOGIE (2012): Landesentwicklungsprogramm Bayern. URL: <http://www.landentwicklung.bayern.de>.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. – 3. Aufl., 865 S. Springer Verlag, Wien, New York.
- BRAUN-BLANQUET, J. & JENNY, H. (1926): Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. – Denkschrift der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 63: 183-349.
- BZB (2012): Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG. URL: <http://www.zugspitze.de>.
- CREDNER, B. (1995): Vegetations- und Bodenentwicklung im Bereich des Zugspitzplatts (Wettersteingebirge). Unveröffentlichte Diplomarbeit, LMU München, 101 S.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2010): Klimadaten im KL-Standardformat. URL: <http://www.dwd.de>.
- EGGENSBERGER, P. (1993): Die Pflanzengesellschaften der subalpinen und alpinen Stufe der Ammergauer Alpen und ihre Stellung in den Ostalpen. Dissertation, Naturwissenschaftliche Fakultät für Biologie und Vorklinische Medizin, Universität Regensburg, 232 S., Regensburg.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – 3. Aufl., Scripta Geobotanica 18: 1-262.
- FISCHER, A. (1999): Sukzessionsforschung: Stand und Entwicklung. – Ber. d. Reinh. Tüxen-Ges. 11: 157-177.
- FRIEDMANN, A. & KORCH, O. (2010): Die Vegetation des Zugspitzplatts (Wettersteingebirge, Bayerische Alpen): Aktueller Zustand und Dynamik. – Ber. d. Reinhold-Tüxen-Gesellschaft 22: 114-128.
- GRABHERR, G. & MUCINA, L. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche und waldfreie Vegetation. – 523 S. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- GRABHERR, G., GOTTFRIED, M. & PAULI, H. (1994): Climate effects on mountain plants. – Nature 369: 448.
- HILL, M.O. (1979): Decorana – A Fortran program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. – 52 S. Cornell University, Ithaca, New York.
- HILL, M.O. & GAUCH, H.G. (1980): Detrended Correspondence Analysis: An Improved Ordination Technique. -Vegetatio 42: 47-58.
- HIRTLEITER, G. (1992): Spät- und postglaziale Gletscherschwankungen im Wettersteingebirge und seiner Umgebung. – Münchner Geographische Abhandlungen B (15), 153 S.
- HÜTTL, C. (1999): Steuerungsfaktoren und Quantifizierung der chemischen Verwitterung auf dem Zugspitzplatt (Wettersteingebirge, Deutschland). – Münchner Geographische Abhandlungen B (30), 171 S.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: The physical science basis. Summary for policy makers. – 18 S. IPCC, Genf.
- KFG (2012): Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. URL: <http://www.bayerische-gletscher.de>.
- KUDERNATSCH, T. (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf die alpinen Pflanzengemeinschaften im Nationalpark Berchtesgaden. – Forschungsbericht des Nationalparks Berchtesgaden 52, 101 S., Berchtesgaden.
- MUCINA, L., GRABHERR, G. & ELLMAUER, T. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I: An-

- thropogene Vegetation. – 578 S. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- OBERDORFER, E. (1993): Klasse *Seslerietea varia*. – Oberdorfer, E.: Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil II. – 3. Aufl., 355 S., Jena.
- PAULI, H., GOTTFRIED, M., REITER, K., KLETTNER, C. & GRABHERR, G. (2007): Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994-2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. – *Global Change Biology* 13: 147-156.
- POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. – 2. Aufl., 622 S. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- RAUH, W. (1939): Über polsterförmigen Wuchs, ein Beitrag zur Kenntnis der Wuchsformen der höheren Pflanzen. – *Nova Acta Leopoldiana* 7: 268-508.
- REICHELT, G. & WILMANN, O. (1973): Praktische Arbeitsweisen Vegetationsgeographie. Das geographische Seminar. – 210 S. Georg Westermann Verlag, Braunschweig.
- REISIGL, H. & KELLER, R. (1994): Alpenpflanzen im Lebensraum: Alpine Rasen, Schutt- und Felsvegetation. – 2. Aufl., 149 S. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York.
- RÖSLER, S. (1997): Die Rasengesellschaften der Klasse *Seslerietea* in den Bayer. Alpen und ihre Verzahnung mit dem *Carlino-Caricetum sempervirentis* (Klasse *Festuco-Brometea*). – *Hoppea* 58: 5 – 215.
- SEILER, W. (2004): Der globale Klimawandel: Ursachen, Auswirkungen und Maßnahmen. – *Jahrbuch des Ver. z. Schutz d. Bergwelt* 68/69: 93-105.
- THEURILLAT, J.P. & GUISSAN, A. (2001): Potential Impact of Climate Change on Vegetation in the European Alps: A Review. – *Climatic Change* 50: 77-109.
- TZB (2012): Tiroler Zugspitzbahn. URL: <http://www.zugspitze.at>.
- UHLIG, H. (1954): Die Altformen des Wettersteingebirges mit Vergleichen in den Allgäuer und Lechtaler Alpen. – *Forsch. z. deutsch. Landeskunde* 79: 1-103.
- WALTHER, G.R., BEISSNER, S. & BURGA, C.A. (2005): Trends in upward shift of alpine plants. – *J. Vegetation Science* 16: 541-548.
- WEBER, J. (1981): Die Vegetation der Mieminger Kette mit besonderer Berücksichtigung der Rotföhrenwälder (Grundlagen für die Raumplanung). Dissertation, Universität Innsbruck, 403 S., Innsbruck.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – 765 S. Ulmer, Stuttgart.
- ZÖTTL, H. (1950): Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. Dissertation, Naturwiss. Fakultät, LMU München, 201 S., München.
- ZÖTTL, H. (1951): Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. – *Jahrbuch Ver. z. Schutz d. Alpenpfl. u. -Tiere* 16: 10-74.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Geogr. Oliver Korch und Univ.-Prof. Dr. Arne Friedmann
Institut für Geographie, Arbeitsgruppe Biogeographie,
Universität Augsburg
Universitätsstr. 10
D-86135 Augsburg
email: korch@geo.uni-augsburg.de, friedmann@geo.uni-augsburg.de