

# Langzeit-Monitoring abiotischer Prozesse im Nationalpark Hohe Tauern

## Erster Zwischenbericht zum Modul 07 „Kryosphäre: Gletscher, Hydroklima, Permafrost, Geomorphodynamik“

im Rahmen des interdisziplinären, integrativen Monitoring- und Forschungsprogramms zur langfristigen, systematischen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern

### Pilotphase 2016-2019

**Projektleiter:** Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Karl LIEB <sup>(1)</sup>

**ProjektmitarbeiterInnen:** Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Karl LIEB <sup>(1)</sup>, MMag. Dr. Andreas KELLERER-PIRKLBAUER <sup>(1)</sup>, Christoph SONNLEITNER <sup>(1)</sup>

**Autoren:** Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Karl LIEB <sup>(1)</sup>, MMag. Dr. Andreas KELLERER-PIRKLBAUER <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Institut für Geographie und Raumforschung, Arbeitsgruppe Alpine Landschaftsdynamik (ALADYN), Universität Graz, Graz

Graz, im Oktober 2017

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND UND EUROPÄISCHER UNION



Europäischer  
Landwirtschaftsfonds für  
die Entwicklung des  
ländlichen Raums:  
Hier investiert Europa in  
die ländlichen Gebiete



# Langzeit-Monitoring abiotischer Prozesse im Nationalpark Hohe Tauern

**Erster Zwischenbericht zum Modul 07 „Kryosphäre: Gletscher, Hydroklima, Permafrost, Geomorphodynamik“ im Rahmen des interdisziplinären, integrativen Monitoring- und Forschungsprogramms zur langfristigen, systematischen Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern**

## Zusammenfassung

In Verbindung mit dem Langzeit-Ökosystem-Monitoring im Nationalpark Hohe Tauern wird auch ein Set an abiotischen Prozessen beobachtet. Dieser erste Bericht stellt diese Prozesse vor (Witterung, Hydrologie, Gletscher, Permafrost, Morphodynamik) und beinhaltet Information über die Daten, deren Verfügbarkeit gerade geprüft wird. Als erstes Ergebnis werden die Gebiete, in denen Veränderungen von Gletschern und Permafrost einem Monitoring unterliegen, benannt und in Karten verortet.

## Summary

*Long-term monitoring of abiotic processes in the Hohe Tauern National Park: First report of the module 07 “Cryosphere: Glaciers, hydroclimatology, permafrost, geomorphodynamics”*

In connection with a long-term ecological monitoring in the Hohe Tauern National Park a set of abiotic processes is going to be monitored. This first report presents these processes (weather, hydrology, glaciers, permafrost, morphodynamics) and gives information on the data the availability of which is currently examined. As a first result, the sites where variations of glaciers and permafrost are monitored are designated exactly and shown in maps.

---

## Inhalt

1. Ausgangslage und Problemstellung	2
2 Die untersuchten abiotischen Prozesse	2
3 Monitoring abiotischer Prozesse im Nationalpark Hohe Tauern	4
3.1 Witterung und Klima	4
3.2 Hydrologie	5
3.3 Gletscher	5
3.4 Permafrost	7
3.5 Geomorphodynamik	8
4 Schlussbemerkung und Ausblick	9
Literatur	9

## 1 Ausgangslage und Problemstellung

Im Rahmen des im Titel genannten Langzeit-Ökosystem-Monitorings im Nationalpark Hohe Tauern (Körner et al. 2017) werden abiotische Prozesse im Modul 07 in den Blick genommen. Für das „Leben an Existenzgrenzen“ spielen verschiedene abiotische Faktoren eine Rolle, wobei den klimatischen Gegebenheiten und ihrer raumzeitlichen Veränderung eine zentrale Rolle zukommt. Sowohl aufgrund der relativ guten Verfügbarkeit von Daten als auch aus Kostengründen, wird für das Monitoring abiotischer Prozesse – mit Ausnahme einer neuen Messstelle im Permafrost („Innerer Knorrkogel“; siehe Abb. 2) – keine neue Messinfrastruktur aufgebaut, sondern auf Daten zurückgegriffen, die durch bestehende Monitoring-Einrichtungen laufend und weitgehend automatisch erhoben werden. Das vertragsmäßig vereinbarte Ziel ist die Erstellung eines jährlichen Berichts, worin die Daten zu den in Kap. 2 vorgestellten Parametern synoptisch zusammengeführt, visualisiert und interpretiert werden.

Im Ökosystem-Monitoring werden unterschiedliche räumliche Skalen (Maßstabsebenen) betrachtet: (1) gesamter Nationalpark Hohe Tauern, (2) drei Einzugsgebiete von Hochgebirgsbächen in der Größenordnung von Zehnern von Quadratkilometern (Einzugsgebiete des Seebachs, des Untersulzbachs und des Gschlössbachs; siehe Abb. 1, 2), (3) kleine Bacheinzugsgebiete (*microcatchments*) und (4) Untersuchungsflächen (*permanent plots*) mit wenigen Metern Durchmesser. Das Monitoring der abiotischen Prozesse zielt darauf ab, Aussagen zu tätigen, die für die drei Einzugsgebiete der Bäche (Maßstabsebene 2) und für den Nationalpark in seiner Gesamtheit (Maßstabsebene 1) gelten. Methodisch erwächst daraus das Problem, die meist an punktuellen Messstellen gewonnenen Daten auf die größeren Flächen zu extrapolieren und für größere Gebiete repräsentative Aussagen zu generieren.

In diesem ersten Zwischenbericht werden die betrachteten abiotischen Prozesse bzw. Prozessgruppen und die Verfügbarkeit der zugehörigen Daten vorgestellt und deren Interpretierbarkeit für Aussagen auf den beiden adressierten Maßstabsebenen diskutiert.

## 2 Die untersuchten abiotischen Prozesse

Die bedeutendsten abiotischen Prozesse, die Umweltbedingungen von Ökosystemen im Hochgebirge beeinflussen und für die Daten aus bestehenden Monitoring-Einrichtungen zur Verfügung stehen, sind:

[1] Die Witterung bzw. in langfristiger Betrachtung das Klima wirken sich unmittelbar auf alle Lebensprozesse aus. Dabei sind sowohl die kurzfristigen Witterungsänderungen – mitsamt extremen Witterungsereignissen – als auch die Langzeitschwankungen der meteorologischen Elemente (Klimawandel) von Interesse.

[2] Die hydrologischen Gegebenheiten resultieren aus der Witterung und sind in Hinblick auf Ökosysteme vor allem für die Wasserverfügbarkeit verantwortlich. Das Modell des Wasserkreislaufs beschreibt die Beziehungen zwischen Niederschlag, Verdunstung, Abfluss, Rückhalt und Spende.

[3] In Hochgebirgsräumen wie den Hohen Tauern spielen Gletscher eine große Rolle, etwa dadurch, dass der Gletscherrückgang Flächen freigibt, die als neue Lebensräume für Tiere und Pflanzen dienen können.

[4] Permafrost kommt in den Hohen Tauern oberhalb von 2500 m Seehöhe großflächig vor und beeinflusst Ökosysteme auf indirekte Weise. Von besonderem Interesse sind hierbei kriechende Schutt-Eis-Massen (so genannte Blockgletscher) und Felsmassen, die aufgrund der Schmelze von Untergrundeis durch Permafrost-Degradation freigegeben werden bzw. sich vom Gesteinsverband als Felssturz oder Steinschlag lösen können.

[5] Geomorphodynamik bezeichnet als breit gefasster Begriff eine ganze Gruppe von Einzelprozessen, die die Entwicklung von Ökosystemen beeinflussen können. Im Hochgebirge sind die häufigsten von diesen Felsstürze, Muren, Lawinen und lineare Erosion.

### **3 Monitoring abiotischer Prozesse im Nationalpark Hohe Tauern**

#### **3.1 Witterung und Klima**

Wie in beinahe allen Staaten auf der Erde, erfolgt das Monitoring meteorologischer Elemente durch darauf spezialisierte (halb)staatliche Institutionen oder Organisationen. In Österreich ist hierfür an erster Stelle die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) zu nennen, die ein dichtes Netz von rund 250 teilautomatischen Wetterstationen (TAWES) betreibt. Allerdings liegen nur wenige dieser Stationen in den Hochlagen der österreichischen Alpen, immerhin drei davon in den Hohen Tauern (Rudolfshütte, Kolm-Saigurn, Sonnblick) (vgl. hierzu auch Kellerer-Pirklbauer et al. 2015). Unter diesen ist das Sonnblick-Observatorium hervorzuheben, das auf einem freistehenden Gipfel mit 3105 m Seehöhe liegt und eine lange, seit 1886 nicht unterbrochene Datenreihe aufweist, alle gängigen meteorologischen Variablen misst und als in hohem Maße repräsentativ für die Witterungs- und Klimabedingungen der gesamten nivalen Höhenstufe der Hohen Tauern gilt.

Ergänzend dazu betreibt auch der Hydrographische Dienst (siehe Kap. 3.2) ein meteorologisches Messnetz, das jedoch nur Niederschlags- und z.T. Temperaturdaten registriert. In den letzten Jahrzehnten haben auch die Lawinenwarndienste aller Bundesländer (für die Hohen Tauern: Kärnten, Salzburg, Tirol) ein meteorologisches Stationsmessnetz aufgebaut, das für das gegenständliche Monitoring vor allem deshalb von besonderem Interesse ist, weil der Fokus hierbei auf den lawinensensiblen Hochlagen liegt.

Insgesamt liegen somit für die Beurteilung der Änderungen der Witterungs- und Klimaverhältnisse gute Grundlagen in den Hohen Tauern vor. In den untersuchten Einzugsgebieten von Hochgebirgsbächen (Gschlössbach, Seebach, Untersulzbach) liegen nach dem bisherigen Untersuchungsstand keine Messstationen, jedoch sind die angestrebten Aussagen über den Gang der meteorologischen Elemente über das Jahr und ihre interannuelle Veränderung relativ problemlos von den benachbarten Stationen ableitbar, weil jene nicht kleinräumig variieren. Grundsätzlich sind die meisten Daten online verfügbar, deren konkrete Verfügbarkeit und Qualität wird gerade geprüft.

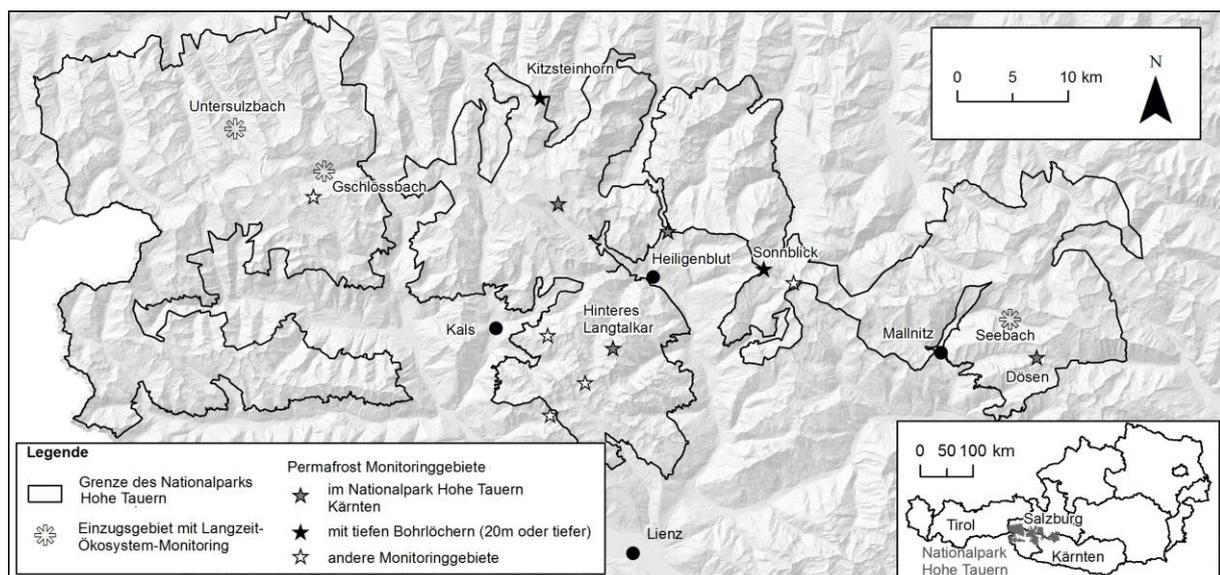
### 3.2 Hydrologie

Im Hochgebirge ist der Abfluss in Fließgewässern die einzige Komponente des Wasserkreislaufs, die mit großer Genauigkeit gemessen werden kann. In Österreich sind hierfür die nach Bundesländern organisierten Hydrographischen Dienste verantwortlich – sie betreiben seit Langem ein dichtes Netz von Abfluss-Messstellen, durch die auch das hydrologische Geschehen in allen untersuchten Einzugsgebieten von Hochgebirgsbächen beurteilt werden kann (Pegel Mallnitz, Neukirchen, Sulzau, Obersulzbach, Innerschlöß, Matreier Tauernhaus).

Grundsätzlich sind die Abflussdaten über das Portal EHyd online verfügbar, deren konkrete Nutzbarkeit und Qualität wird gerade geprüft. Auf der Ebene der Microcatchments werden Abflussmessungen im Rahmen des Moduls 05 des Langzeit-Monitorings durchgeführt.

### 3.3 Gletscher

Im Gegensatz zu Witterung und Hydrologie wird das Monitoring von Veränderungen der Gletscher und des Permafrosts nicht durch (halb)staatliche Institutionen durchgeführt. Im Fall der Gletscher liegt das Monitoring der Längenänderung der Gletscher bereits seit 1891 in den Händen des Österreichischen Alpenvereins (ÖAV). Die Organisation dieses „Gletschermessdienstes“ hat aktuell folgende Form: Angesiedelt in der Fachabteilung „Museum und Archiv“, wird der Messdienst von Personen geleitet, die der Alpenverein mit dieser Aufgabe betraut, zu der auch die Verfassung eines Sammelberichts (veröffentlicht im Alpenvereinsmagazin „Bergauf“ und im Internet) sowie die Weiterleitung an internationale Datenbanken gehört; die Messungen selbst werden von kleinen Teams, in der Regel ehrenamtlich, durchgeführt. Diese Teams sind jeweils für definierte Gebiete, meist Gebirgsgruppen oder Talschaften, zuständig, wobei aktuell jährlich an rund 90 Gletschern (92 im Jahr 2015) der österreichischen Alpen Längenänderungen ermittelt werden.



**Abb. 1:** Die vom Gletschermessdienst des Österreichischen Alpenvereins vermessenen 35 Gletscher im Bereich des Nationalparks Hohen Tauern (2016). Ausdehnung der Gletscher auf Basis von Fischer et al. (2015).

In den Hohen Tauern wurden 2015 vom Gletschermessdienst 35 Gletscher vermessen (Abb. 1). Im Frühjahr 2017 haben die beiden Autoren dieses Berichts die Leitung des Gletschermessdienstes übernommen, sodass auf diese Weise ein unmittelbarer Zugriff auf die Originaldaten sowie ein regelmäßiger Kontakt mit den Personen, die diese generieren, gegeben ist. An einigen Gletschern der Hohen Tauern werden zusätzlich zu den Längenänderungen weitere Parameter wie Höhenänderung und Fließgeschwindigkeit erhoben, darunter auch an der Pasterze.

Während die bisher genannten Messgrößen an Gletschern eine gewissermaßen verschlüsselte Information über den allgemeinen Charakter der Witterungsbedingungen der letzten Jahre (bei großen Gletschern auch Jahrzehnte) geben, zeigt die Bestimmung der Massenbilanz die unmittelbare Reaktion eines Gletschers auf die Witterung im betreffenden Haushaltsjahr. Diese Informationen sind demnach für die Beurteilung des Gletscherverhaltens sehr wertvoll. Allerdings gehören die Massenbilanzmessungen nicht zu den Aktivitäten des ÖAV-Gletschermessdienstes, sondern werden nur an einigen Gletschern (Tabelle 1) von verschiedenen wissenschaftlichen Institutionen (z. B. ZAMG) durchgeführt. Die Verfügbarkeit dieser Daten wird aktuell geprüft, sie sollte über das Kooperationsnetzwerk der Autoren jedoch gegeben sein.

**Tabelle 1:** Gletscher in den Hohen Tauern, an denen Massenbilanzen durch verschiedene Institutionen bestimmt werden (Quelle: WGMS 2017, ergänzt). ZAMG = Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik; ÖAW = Österreichische Akademie der Wissenschaften; LS = Hydrographischer Dienst des Landes Salzburg.

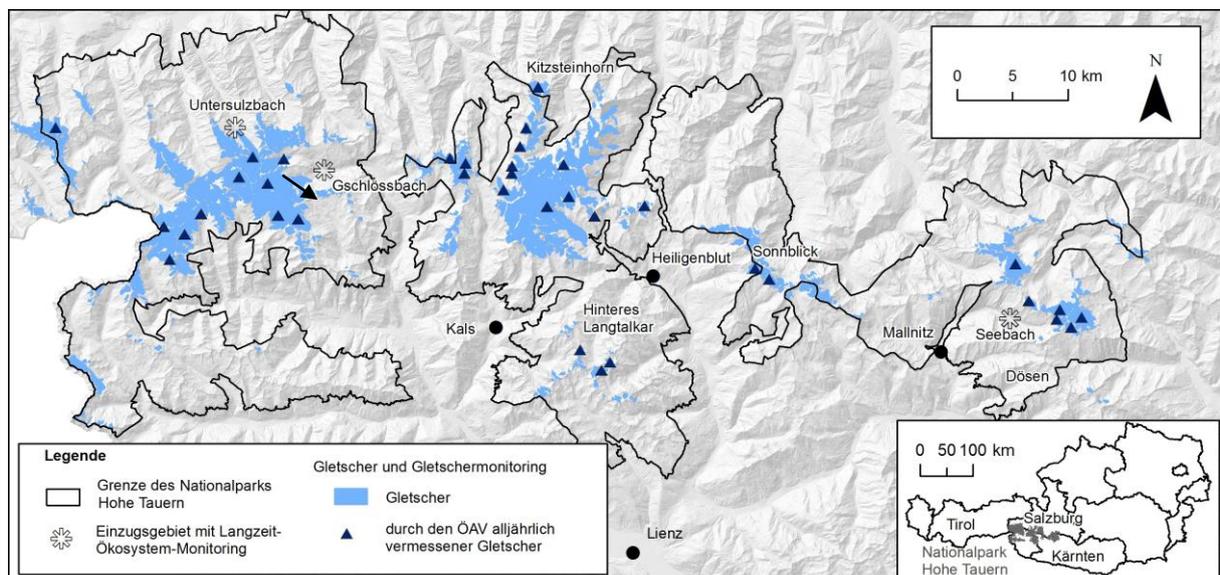
Gletscher	Forscherteam/Institution
Goldbergkees	B. Hynek und Kollegen (ZAMG)
Kleinfleisskees	B. Hynek und Kollegen (ZAMG)
Pasterze	B. Hynek und Kollegen (ZAMG)
Obersulzbachkees	A. Fischer und Kollegen (ÖAW/LS)
Stubacher Sonnblickkees	H. Wiesenegger, H. Slupetzky und Kollegen (ÖAW/LS)
Venedigerkees	H. Wiesenegger, A. Fischer und Kollegen (ÖAW/LS)
Wurtenkees	S. Reisenhofer und Kollegen (ZAMG)
Zettalunitz/Mullwitzkees	A. Fischer und Kollegen (ÖAW/LS)

Insgesamt ist die Informationsdichte zu den Gletschern ausreichend, um auf der Maßstabsebene des gesamten Nationalparks die jährlichen Gletscherveränderungen quantitativ zu erfassen sowie ihre Ursachen und Wirkungen zu begründen. Diese Aussage gilt auch für die in manchen Jahren sehr unterschiedlichen Bedingungen an den beiden Abdachungen des Tauernhauptkammes, der als Witterungsscheide zwischen einem eher maritim getönten Norden und einem eher kontinentalen Süden wirkt. Auf der Ebene der Flusseinzugsgebiete bietet das aktuelle Beobachtungsnetz des ÖAV-Gletschermessdienstes den Vorteil, dass der jeweils größte Gletscher darin jährlich vermessen wird (Innergschlöß: Schlattenkees; Seebachtal: Winkelkees; Untersulzbachtal: Untersulzbachkees).

### 3.4 Permafrost

Wie in Kap. 3.3 schon erwähnt, gibt es auch für den Permafrost keine (halb)staatliche Institution, die für das Monitoring zuständig wäre (vgl. Kellerer-Pirklbauer et al. 2015). Verglichen mit den Gletschern ist die Situation sogar noch ungünstiger, weil auch keine private Organisation oder ein Verein wie der ÖAV ein systematisches Monitoring aufrechterhalten. Allerdings haben seit den 1990er Jahren verschiedene wissenschaftliche Institutionen mit der Erforschung des Permafrosts in den Hohen Tauern begonnen und zu diesem Zweck Messstellen eingerichtet, die auch für Langzeit-Monitoring geeignet sind. Da aber Monitoring-Aktivitäten im Allgemeinen nicht Teil von Forschungsförderungen sind (ein leidiges Thema für viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), gelang es den die Permafrost-Forschungen betreibenden Institutionen nur in einigen Fällen, die aufgebauten Messeinrichtungen langfristig weiter zu betreiben.

Ein Beispiel hierfür sind die Monitoring-Gebiete des so genannten Grazer Permafrost-Monitoring-Netzwerks (Lieb et al. 2016) im Kärntner Teil des Nationalparks Hohe Tauern (Abb. 2). Seit 2015 wird dieses Monitoring von der Kärntner Nationalparkverwaltung (kofinanziert vom ÖAV) gefördert und seine Ergebnisse in einem jährlichen Bericht dokumentiert (zuletzt Kellerer-Pirklbauer et al. 2017). Diese Ergebnisse sind auch für das gegenständliche Monitoring uneingeschränkt nutzbar.



**Abb. 2:** Permafrost-Monitoringgebiete in den Hohen Tauern (2016). Der Standort mit Pfeil ist ein neuer Standort im westlichen Bereich des Nationalparks Hohe Tauern (Innerer Knorrkogel, Venedigergruppe).

Neben dem Grazer Permafrost-Monitoring-Netzwerk gibt es weitere Aktivitäten zum Permafrost-Monitoring auf dem und im Umfeld des Hohen Sonnblicks (ZAMG) und – etwas außerhalb des Nationalparkgebiets – am Kitzsteinhorn (Kooperation verschiedener Institutionen und des Seilbahnunternehmens unter der Leitung des Forschungsunternehmens Alps, Innsbruck). In beiden Monitoringgebieten sind auch Bohrlöcher abgeteuft worden, die die lang-

fristige Entwicklung des thermischen Verhaltens von Permafrost in großen Tiefen erkennbar machen und somit bessere Informationen als die sonst ausgeführten oberflächennahen Temperaturmessungen liefern (vgl. Abb. 2).

In Bezug auf kriechenden Permafrost werden aktuell zwei Blockgletscher im Nationalpark Hohe Tauern (Dösen, Hinteres Langtalkar) im Rahmen des Grazer Permafrost-Monitoring-Netzwerks dauerbeobachtet. Variierende Deformationsraten, angezeigt durch unterschiedliche Bewegungsbeträge an der Oberfläche der Blockgletscher, sind ein guter Indikator, nicht nur für Temperaturveränderungen, sondern auch für die raum-zeitliche Variabilität der Schneedecke. Diese Aktivitäten sind Teil des von der Kärntner Nationalparkverwaltung geförderten Monitorings (siehe oben), sodass die Ergebnisse auch in das gegenständliche Monitoring einfließen können.

In der Zusammenschau kann die Kenntnis über Veränderungen im Permafrost dennoch nicht als wirklich zufriedenstellend angesehen werden, da Permafrost-Bedingungen sehr stark von den jeweils vorherrschenden Substrateigenschaften und topographischen Gegebenheiten abhängen. Das vorhandene Messnetz deckt die Bandbreite der Möglichkeiten sicherlich nur unzureichend ab, weshalb beschlossen wurde, eine neue Monitoringstelle auf dem Inneren Knorrkogel (Venedigergruppe, Osttirol; in der Abb. 2 mit Pfeil versehen) einzurichten, um auch aus dem westlichen Teil des Nationalparks Informationen zu bekommen. Hier kann an einem gut zugänglichen Gipfel das thermische Verhalten in drei verschiedenen Expositionsbereichen (Nordost, Nordwest, Süd) und in einem in Bezug auf Permafrost-Degradation sensiblen Höhenbereich erfasst werden. Die für September 2017 geplante Einrichtung der zahlreichen Einzelmessstellen in der Gipfelpyramide (Bodentemperaturmessungen an der Oberfläche und in seichten Bohrlöchern) musste aus Witterungsgründen und wegen der Schneelage mehrfach verschoben und konnte bis zum Redaktionsschluss dieses Berichts noch nicht durchgeführt werden.

### **3.5 Geomorphodynamik**

Monitoring geomorphologischer Prozesse gab es bislang nur in Ausnahmefällen, etwa für einzelne wissenschaftliche Studien oder wenn große Massenbewegungen Schäden verursachten. In solchen Fällen kommt es zur Dokumentation der Ereignisse inklusive ihrer Ursachen und Folgen (insbesondere durch die Wildbach- und Lawinverbauung WLV), aber Langzeit-Monitoring wird nur an wenigen Stellen eingerichtet, wo Verkehrswege oder Siedlungen gefährdet sind (z. B. Berchtoldhang, Schobergruppe, Kärnten). Abseits gefährdeter Infrastruktur gibt es nur einzelne Initiativen zum Monitoring der Geomorphodynamik, so etwa erneut im Rahmen des Grazer Permafrost-Monitoring-Netzwerks. Darin werden, neben den in Kap. 3.4 schon erwähnten Messungen an Blockgletschern, auch Messungen der Abtragung von ausgewählten Hängen und Felswänden (im Umkreis der Pasterze) durchgeführt. Ein Konzept für eine zukünftige, quasi flächendeckende Ereignisdokumentation für den Nationalpark Hohe Tauern ist bereits ausgearbeitet (Lieb et al. 2016) und soll in einer gesonderten Initiative außerhalb des gegenständlichen Monitorings, in Zusammenarbeit mit dem Nationalpark Hohe Tauern und den in Österreich zuständigen wissenschaftlichen Einrichtungen und Dienststellen, abgestimmt und umgesetzt werden.

## 4 Schlussbemerkung und Ausblick

Aus den bestehenden Monitoring-Netzwerken sind ausreichende Informationen zur synoptischen Beurteilung der jährlichen Variationen von Witterung, Abfluss und Gletscherlängen auf den Maßstabsebenen der Einzugsgebiete und des gesamten Nationalparks verfügbar. In Bezug auf Permafrost liegt mit den bestehenden Messstellen und –gebieten eine gute Grundlage vor, die durch die Einrichtung der neuen Messstelle im Westteil des Nationalparks verbessert werden kann. Ein Monitoring der Geomorphodynamik wird außerhalb des gegenständlichen Monitorings aufgebaut.

Basierend auf den dargelegten Grundlagen und unter Nutzung der im Text erwähnten, aktuell laufenden Erhebungen wird es möglich sein, im Jahr 2018 einen ersten synoptischen Bericht zum abiotischen Monitoring für den Zeitraum 2016/17 vorzulegen. Dieser Bericht wird auf den Maßstabsebenen Nationalpark und Einzugsgebiete (a) Aussagen über die Entwicklung von Witterung, Abfluss, Gletscher- und Permafrost-Änderungen einzeln und (b) in ihrem Zusammenwirken, also synoptisch, enthalten. Diese Informationen stehen dem Ökosystem-Monitoring zur Verfügung und mögen helfen, die darin getätigten Beobachtungen zu interpretieren.

## Literatur

Fischer, A., Seiser, B., Stocker-Waldhuber, M., Mitterer, C. & Abermann, J., 2015. Tracing glacier changes in Austria from the Little Ice Age to the present using a lidar-based high-resolution glacier inventory in Austria. In: *The Cryosphere* 9: 753-766.

Kellerer-Pirklbauer, A., Lieb, G.K., Kaufmann, V. & Avian, M., 2017. Permafrost im Nationalpark Hohe Tauern Kärnten 2015/16. Unveröffentlichter Bericht, Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz, 29 Seiten.

Kellerer-Pirklbauer, A., Bartsch, A., Gitschthaler, C., Reisenhofer S., Weyss, G., Riedl, C. & Avian, M., 2015. permAT - Langzeitmonitoring von Permafrost und periglazialen Prozessen und ihre Bedeutung für die Prävention von Naturgefahren: Mögliche Strategien für Österreich. Endbericht von StartClim2014.F in StartClim2014: Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie, Auftraggeber: BML-FUW, BMWFW, ÖBF, Land Oberösterreich

Körner, C. & Füreder, L., 2017: Langfristige Ökosystembeobachtung im Nationalpark Hohe Tauern – Präambel. Unveröffentlichter Bericht, Nationalpark Hohe Tauern, 1-7.

Lieb, G. K., Kellerer-Pirklbauer, A., Kaufmann V. & Avian, M. 2016. The Graz permafrost monitoring network in the Hohe Tauern National Park (Austria). In: *Joannea Geol. Paläont.* 12: 9-16.

WGMS (Hg.) 2017. Latest glacier mass balance data: 1 Summary of the balance years 2013/14, 2014/15 and 2015/16. <http://wgms.ch/latest-glacier-mass-balance-data/> zuletzt geprüft am 12.10.2017