Drohneneinsatz in der Vegetationsökologie: Neue Perspektiven auf Muster und Dynamik – das Beispiel Hörfeld-Moor

Von Corinna HECKE, Michael JUNGMEIER, Hanns KIRCHMEIR & Tobias KÖSTL

Zusammenfassung

Der Beitrag skizziert die Einsatzfelder von UAVs (engl. unmanned aerial vehicles, „Drohnen") in der Vegetationsökologie. Am Beispiel des Naturschutz-, Europaschutz- und Ramsar-Gebietes Hörfeld-Moor (Kärnten/Steiermark) werden verschiedene intrinsische, standortbedingte, extrinsische und zufallsbedingte Vegetationsmuster mittels UAV erfasst und beschrieben. Die AutorInnen möchten damit auf die Bedeutung dieser neuen Technologie für die vegetationskundliche Forschung hinweisen.

Abstract

The article sketches the range of applications of UAVs (engl. unmanned aerial vehicles, „drones") in vegetation ecology. By example of the nature reserve, Natura 2000-site and Ramsar-site Hörfeld-Moor (Carinthia/Styria) different intrinsic, habitat-related, extrinsic and random vegetations patterns are described and documented by means of UAV. The authors want to highlight the importance of this new technology for vegetation research.

Schlüsselwörter

Vegetationsdynamik, Vegetationsmuster, Naturschutz, UAV (unmanned aerial vehicle), Drohne, Sukzession

Keywords

Vegetation dynamics, vegetation patterns, nature conservation, UAV (unmanned aerial vehicle), drone, succession

Einleitung

Ramsar-Gebiet Hörfeld-Moor

Das Untersuchungsgebiet Hörfeld-Moor ist ein rund 140 ha großes Niedermoorgebiet in der glazial geprägten Passlandschaft des oberen Görtschitztales in den Marktgemeinden Mühlen und Hüttenberg. Von seiner nacheiszeitlichen Entstehungsgeschichte her ist das Hörfeld-Moor als Verlandungsmoor zu bezeichnen, das mittlerweile großflächig als Durchströmungsmoor ausgebildet ist und stellenweise Eigenschaften eines Überflutungsmoors aufweist (Moorkomplex). Das Gebiet wurde 1996 als länderübergreifendes Ramsar-Gebiet (Kärnten/Steiermark) in die Liste der Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung aufgenommen. Das Hörfeld-Moor ist bestimmt durch Schwingrasen, Klein- und Großseggenrieder, Schilfbestände, bewirtschaftete Feuchtwiesen und -weiden, Hochstaudenfluren sowie kleine Hochmooranflüge und Auwaldbereiche (vgl. Egger & Jungmeier 2000). Seit der schrittweisen Einstellung der (Streu-) Wiesennutzung unterliegen große Teile des Gebietes einer sekundären Sukzession, wobei sich Schilf- und Gehölzbestände massiv ausgeweitet haben. Die Betreuung des Gebietes erfolgt durch einen örtlichen Naturschutzverein. Beschreibungen zum Moor liegen unter anderem von Krainer (1997), Naturschutzverein Hörfeld-Moor (2000) sowie Jungmeier & Werner (2004) vor, allgemeine Informationen zur Entstehung, Verbreitung, Ökologie und Vegetation österreichischer Moore sind im österreichischen Moorschutzkatalog (Steiner 1992) aufbereitet.

Die Entwicklung des Hörfeld-Moors wird durch ein vegetationsökologisches Monitoring seit 25 Jahren beobachtet (Köstl et al. 2016, Jungmeier & Hausherr 2000). Nach einer Ersterhebung 1992 wurden 1996 sieben Untersuchungsflächen eingerichtet, welche in weiterer Folge unregelmäßig, zuletzt von Köstl et al. (2016), dokumentiert wurden.

Die 30 mal 30 Meter großen Untersuchungsflächen wurden neben einer terrestrischen Kartierung mittels Fernerkundungsmethoden erfasst, wobei die räumliche und zeitliche Auflösung herkömmlicher Luft- und Satellitenbilder keine zufriedenstellende Qualität liefern konnte. Über Jahre wurde mit verschiedenen Techniken experimentiert (Kleinflugzeug, Helikopter, Zeppelin). Die nun verfügbare UAV-Technologie kann diesen Erhebungsmaßstab erstmals zufriedenstellend abbilden (vgl. Kaneko & Nohara 2014, Prajwal 2015, Boon et al. 2016). E.C.O.pteryx, ein eigens konfigurierter Hexakopter, liefert in Echtzeit präzise, hochauflösende Luftbilder (vgl. Hecke et al. 2017). Die Befliegung kann in beliebiger Frequenz in exakt derselben Weise (Flugbahn, Höhe, Kameraparameter) wiederholt werden, was unter anderem kleinmaschige phänologische Beobachtungen ermöglicht. Im Zuge der Erhebungen 2016 wurde erstmals das UAV zur Erstellung der Luftbilder eingesetzt. Die Befliegungen haben dabei an einem Termin im Frühjahr (10. Mai 2016, Abb. 2 und 3) und an zwei Terminen im Sommer (5. Juli 2016, siehe Abb. 1, und 7. Juli 2016) stattgefunden. Für die Befliegung der Flächen wurden im Vorhinein Flugpläne erstellt (Software DJI Ground Station), die einen kontrollierten automatischen Flug (sogenannten Waypoint-Flug) im Feld erlauben. So wird sichergestellt, dass die Fotos für die spätere Erstellung eines flächigen Luftbilds den optimalen Überlappungsgrad haben und aus einer konstanten Höhe aufgenommen werden. Abbildung 1 wurde als Detailaufnahme aus 45 m Höhe aufgenommen, die beiden anderen Bilder (Abb. 2 und 3) aus 100 m. Das am schwenkbaren Gimbal (Kamerahalterung) des Hexakopters montierte Kamerasystem bestand in dem Fall aus einer spiegellosen Systemkamera der Marke Canon (Modell EOS M) in Kombination mit einem 22-mm-Weitwinkelobjektiv. Durch die hohe Auflösung können selbst Strukturen im Zentimeterbereich noch gut abgebildet werden – die entdeckten Vegetationsmuster sind im Folgenden exemplarisch beschrieben.

Vegetationsmuster

Die Vegetationsökologie analysiert und beschreibt nach Noy-Meir & van der Maarel (1987: 6) die Pflanzendecke im Hinblick auf 1.) Struktur, Erscheinungsbild und Lebensformen, 2.) Diversität und Dominanzen, 3.) räumliche Variation der Artzusammensetzung, Verbreitungsmuster, Maßstab der Muster sowie 4.) zeitliche Variation und Stabilität. Seit jeher hat sich die Vegetationsökologie mit Mustern in der Pflanzendecke beschäftigt. Nach Dale (2006: 12) sind Muster durch ein „gewisses Maß an Vorhersagbarkeit“ charakterisiert. Van der Maarel (1988: 7) unterscheidet acht Prozesse im Vegetationsgeschehen, die musterbildend sind: Fluktuationen, Gap- und Patch-Dynamiken sowie zyklische, regenerative, primäre, sekundäre und säkulare Sukzessionen. Das interferierende Auftreten verschiedener Prozesse kann in komplexe räumliche Muster münden, wie etwa Egger (2001) mit seiner prozessorientierten Ökosystemdarstellung alpiner Lebensräume zeigt.

Bei den Beobachtungen am Hörfeld-Moor konnten unter anderen die folgenden Vegetationsmuster unterschieden und beschrieben werden.

Intrinsische Muster ausgewählter Vegetationstypen

– Art-immanente Muster resultieren unter anderem aus der Wuchsform (z. B. Horstbildung), aus intraspezifischer Konkurrenz oder einer spezifischen Verbreitungsstrategie (z. B. Klonbildung, vgl. Grabherr 1987) einer Art.

– Phänologiebedingte Muster sind ephemer und entstehen durch unterschiedlich „getaktete" Entwicklung von Vegetationseinheiten und Arten im jahreszeitlichen Verlauf.

Standortbedingte Muster

– Zonierungen als Muster an ökologischen Gradienten sind häufige und bekannte Phänomene in der Vegetationsökologie; meist sind Nährstoff-, Feuchte- oder Lichtverfügbarkeit vegetationszonierende Faktoren.

– Muster durch vektorielle (gerichtete) Umweltfaktoren entstehen zum Beispiel durch die Einwirkung von Strömung, Wind (z. B. an einer Windkante), Einstrahlung oder mechanische Störung (z. B. Lawine).

Muster durch extrinsische Faktoren

– Zoogene Muster resultieren unter anderem aus selektiver Biomasse-Entnahme (Beweidung, Äsung), Tritt- und Lägerbelastung oder Nährstoffverlagerung.

– Anthropogene Muster und Störungen ergeben sich aus einer Vielzahl an Landnutzungen (z. B. Mahd, Aufforstung) sowie aktiver intentionaler (z. B. Trockenlegung, Düngung) oder in Kauf genommener Veränderungen (z. B. Nährstoffeinträge) der ökologischen Standortsfaktoren.

Muster durch Zufallsfaktoren

– Zufallsbedingte Muster entstehen zum Beispiel durch Samenanflug oder punktuelle Einzelereignisse (z. B. Zusammenbruch eines Überhälters). Dale (2006: 13) weist darauf hin, dass auch Zufallsereignisse eine Auftretenswahrscheinlichkeit und damit eine gewisse Vorhersagbarkeit haben.

Beobachtungen und Ergebnisse

Vegetationsmuster in einem Verlandungsbereich

Abbildung 1 zeigt die Vegetationsmuster am Hörfeldbach. Der Bach gabelt sich in zwei Stränge, welche unterschiedlich stark durchströmt sind. Alle Uferbereiche des Baches sind durch eine ausgeprägte Vegetations- und Verlandungsdynamik bestimmt, wie auch die Ergebnisse der langjährigen Dauerbeobachtung belegen (vgl. Köstl et al. 2016).

Zunächst sind am Luftbild zwei **standortbedingte Vegetationsmuster** zu erkennen. In Detail 1 ist eine **Zonierung als Muster am ökologischen Gradienten** ersichtlich. Die Makrophytenvegetation im Wasser (*Sparganium erectum* und teilweise *Potamogeton alpinus*) geht an einer scharfen Vegetationsgrenze in ein Schnabelseggenried (mit dominanter *Carex rostrata*) über. Deutlich erkennbar ist die wallbildende Verdichtung von *Carex rostrata* an der Wasserkante, die als Indiz für eine progressive Verlandung gedeutet werden kann. Ein ähnliches Phänomen konnten die AutorInnen am Stappitzer See (Seebachtal, Mallnitz) und am Windebensee (Nockberge) beobachten. Im Anschluss an das Schnabel-

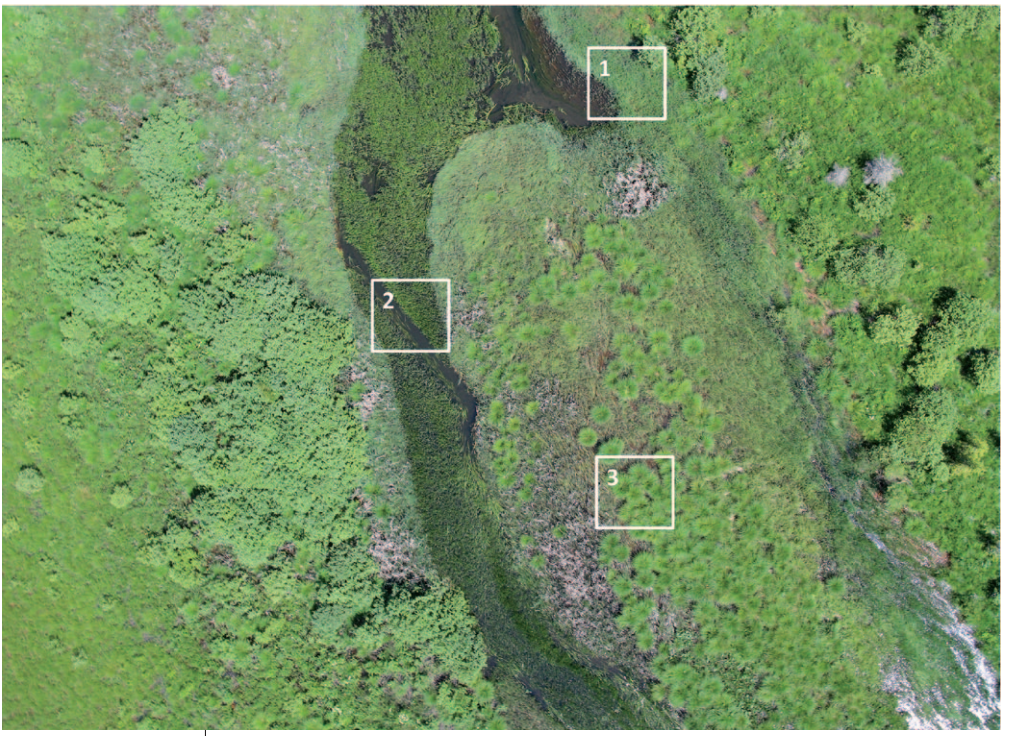


Abb. 1: Vegetationsmuster in einem Verlandungsbereich. Foto: E.C.O.pteryx, C. Hecke

seggenried können erste Gehölze, im wesentlichen Asch-Weiden (*Salix cinerea*), aufkommen. Die Zonierung verläuft normal zum ökologischen Gradienten Wasserversorgung und ist eine typische Vegetationsabfolge oligo- bis leicht mesotropher kalkarmer Gewässer (vgl. Grabherr & Mucina 1993).

Auch in Detail 2 ist ein **standortbedingtes Vegetationsmuster** erkennbar. In diesem Fall entsteht das **Muster durch den vektoriellen (gerichteten) Umweltfaktor** Strömung. Durch diesen ist der an sich homogene Makrophytenbestand (*Sparganium erectum*) erkennbar in drei Bereiche unterschiedlicher Vegetationsdichte untergliedert.

Das Großseggenried in Detail 3 ist durch ein **intrinsisches Vegetationsmuster** charakterisiert. Sowohl die dominante Rispensegge (*Carex paniculata*) als auch die punktuell eingesprengte Steifsegge (*Carex elata*) bilden mächtige Horste. Wie das Luftbild zeigt, haben diese eine regelmäßig-ringförmige, zentrifugale Wuchsform. Dadurch entstehen **art-immanente Muster**. Im zentralen Bereich des Horstes entsteht ein trockenerer Standort, an dem vereinzelt Kräuter und Hochstauden Fuß fassen können. Offenbar haben verschieden alte Horste einen unterschiedlichen Radius, wobei die Ringe einander in einem Interferenzmuster zu durchwachsen scheinen. Grabherr (1987, 1989) oder auch Böhmer (1994) haben vergleichbare Muster für alpine Polster- und Krummseggenrasen beschrieben. Bemerkenswert ist auch, dass van der Maarel (1988: 10) die entstehenden Systeme aus Bulten und Schlenken als Prototypen von „isolated patches of vegetation“ beschrieben hat.

Vegetationsmuster eines Schilfbestandes

Die Luftbildaufnahme in Abbildung 2 stammt von einem phänologisch frühen Zeitpunkt zu Beginn der Vegetationsperiode, welche im Hörfeld-Moor bedingt durch den kühlen Wasserkörper verzögert beginnt. Detail 1 zeigt einen geschlossenen Schilfbestand (*Phragmites australis*). Aus der Vogelperspektive ist das Schilf von einem dichten Liniennetz durchzogen. Diese sind unterschiedlich stark und laufen in einzelnen Bereichen zu Knotenpunkten zusammen. Eine spinnennetzartige Verdichtung der Linien ist vor allem in der Nähe kleinerer Gehölze (*Salix cinerea*, *Betula pendula*) zu beobachten. Diese Musterbildung kann durch Wildwechsel erklärt werden. Während des Winters durchstreift das Wild das Moor, wodurch ein Netzwerk von Pfaden entsteht. Stärker begangene Pfade sind breiter „ausgetreten". Menschliches Zutun oder Wasserläufe sind als Ursache für das Muster auszuschließen und könnten bestenfalls punktuell die Wirkung des Wildes verstärken. Es handelt sich um ein primär **zoogenes Muster** in der Vegetation. Dieses ist vom Boden aus nicht erkennbar und auch während der Vegetationsperiode unsichtbar.

Das Vegetationsmuster in Detail 2 ist dadurch bestimmt, dass sich im Frühling nicht alle Vegetationstypen gleichzeitig entwickeln. Bedingt durch die Wuchshöhe ist in den Schilfbeständen noch keine Vegetationsaktivität zu erkennen. Die Hochstaudenfluren und Seggenrieder sind bereits in Entwicklung, während der Laubtrieb der Gehölze gerade einsetzt. Solche ephemeren **phänologiebedingten Muster** in der Vegetation erlauben im Übrigen eine sehr präzise räumliche Abgrenzung einzelner Vegetationseinheiten zu bestimmten Jahreszeiten.

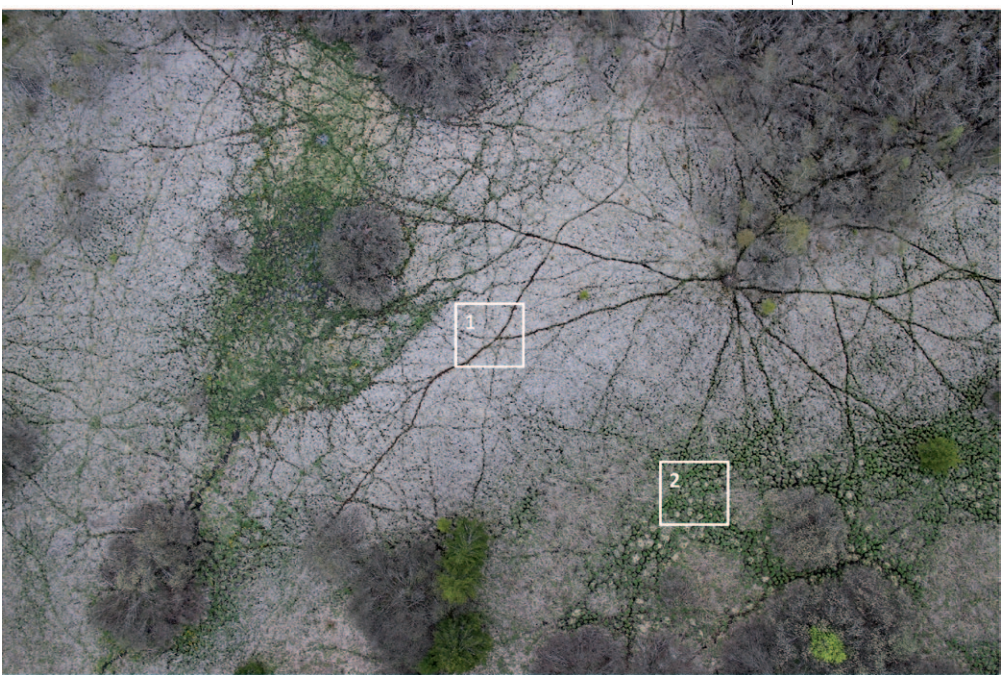


Abb. 2: Vegetationsmuster eines Schilfbestandes. Foto: E.C.O.pteryx, T. Köstl



Abb. 3: Vegetationsmuster unterschiedlich genutzter Flächen. Foto: E.C.O.pteryx, T. Köstl

Vegetationsmuster unterschiedlich genutzter Flächen

Die Luftaufnahme in Abbildung 3 zeigt ein Nebeneinander unterschiedlich genutzter Flächen, also **anthropogene Muster und Störungen**. In Detail 1 ist erkennbar, dass ein großer Moorbereich von exakt parallelen Gräben durchzogen ist. Diese Spuren eines Moorpfluges sind bereits Jahrzehnte alt, bestimmen das Vegetationsgeschehen aber bis heute. Eine Aufforstung ist offensichtlich gescheitert, die Flächen unterliegen heute der sekundären Sukzession. Detail 2 zeigt die aufkommenden Gehölze in der Fläche. Deren Verteilung in der Sukzessionsfläche ist neben autökologischen Aspekten im Wesentlichen durch Zufall bestimmt. Jedenfalls folgt das Auftreten der Gehölze keiner ersichtlichen Systematik, wobei erkennbar ist, dass diese meist gehäuft auftreten.

In Detail 3 von Abbildung 3 ist eine markante Nutzungsgrenze sichtbar. Ein Teil der Fläche ist gemäht. Die Vegetation ist bestimmt durch parallel verlaufende Muster, die auf maschinelle Bearbeitung und Biomasseentnahme zurückzuführen sind. Im Hinblick auf seine Struktur ist der nicht gemähte Teil der Fläche deutlich unterschieden.

Ausblick

Die Erfassung, Beschreibung und Analyse von Vegetationsmustern ist eine zentrale Aufgabe von Vegetationsökologie. Das Beispiel Hörfeld-Moor zeigt, dass dabei durch den Einsatz von UAVs völlig neue Erkenntnisse gewonnen werden können. Koh & Wich (2012) sprechen in diesem Zusammenhang von der „Morgendämmerung einer Drohnenökologie“. Tatsächlich ermöglicht die kostengünstige Technologie neue Perspektiven auf die Pflanzendecke, insbesondere durch die hochauf-

lösenden Fernerkundungsdaten. Neue Möglichkeiten entstehen insbesondere auch in der Dokumentation schwer zugänglicher Bereiche wie in der Erfassung phänologischer Erscheinungen und natürlicher Prozesse (vgl. Jungmeier et al. 2016).

Die AutorInnen gehen davon aus, dass die UAV-Technologie für die Vegetationskunde von ähnlicher Bedeutung ist wie die numerischen Verfahren, welche in den 80er und 90er Jahren des 20. Jahrhunderts diese wissenschaftliche Disziplin revolutioniert haben. Insbesondere wird es die Technik erlauben, „klassische" Diskurse der Vegetationsökologie wieder aufzugreifen, weiterzuführen und neu zu interpretieren (vgl. Noy-Meir & van der Maarel 1987).

LITERATUR

Böhmer H. J. (1994): Struktur und Dynamik des alpinen Krummseggenrasens im Spiegel der Mosaik-Zyklus-Theorie. – Geoökodynamik, Band XV: 89–103.

Boon M. A., Greenfield R. & Tesfamichael S. (2016): Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Photogrammetry produces accurate high-resolution orthophotos, point clouds and surface models for mapping wetlands. – South African Journal of Geomatics, Vol. 5, No. 2: 186–200.

Dale M. R. T. (2006): Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology. – Cambridge University Press, 3rd edition, 326 S.

Egger G. (2001): Vegetationsdynamik und Struktur alpiner Ökosysteme. Diskussionsbeitrag zu einer prozessorientierten Ökosystemdarstellung am Beispiel eines lawinaren Urrasens im Nationalpark Hohe Tauern. – Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern, Bd. 6: 119–137.

Egger G. & Jungmeier M. (2000): Die aktuelle Vegetation des Hörfeld-Moores: 82–107. In: Naturschutzverein Hörfeld-Moor (Hrsg.) (2000): Das Hörfeld-Moor. Naturjuwel in der Norischen Region. – Kärntner Druck- u. Verlagsgesellschaft m.b.H., Hüttenberg, 255 S.

Grabherr G. (1987): Tourismusinduzierte Störungen, Belastbarkeit und Regenerationsfähigkeit der Vegetation in der alpinen Stufe. – Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Programmes, Band 10: 243–256.

Grabherr G. (1989): On community structure in high alpine grasslands. – Vegetatio 83: 223–227.

Grabherr G. & Mucina L. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. Natürliche waldfreie Vegetation. – G. Fischer, Jena, Stuttgart, New York, 523 S.

Hecke C., Jungmeier M., Kirchmeir H. & Köstl T. (2017): UAV-Einsatz im vegetationsökologischen Monitoring – Beispiel Ramsar-Gebiet Hörfeld-Moor (A). – Deutscher Kongress der Geographie, Tübingen, 2.10.2017, 18 S.

Jungmeier M. & Hausherr H. (2000): Vegetationsökologische Dauerbeobachtungen am Hörfeld-Moor: 108–121. In: Naturschutzverein Hörfeld-Moor (Hrsg.): Das Hörfeld-Moor. Naturjuwel in der Norischen Region. – Kärntner Druck- u. Verlagsgesellschaft m.b.H., Hüttenberg, 255 S.

Jungmeier M. & Werner K. (2004): Moore in Österreich unter dem Schutz der Ramsar-Konvention. – Umweltbundesamt, Wien, 214 S.

Jungmeier M., Kirchmeir H., Hecke C. & Kreiner D. (2016): Naturprozesse in einem Lawinarsystem – das Beispiel Kalktal im Nationalpark Gesäuse (Ennstaler Alpen, Tamischbachturm). – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark, Bd. 145: 17–31.

Kaneko K. & Nohara S. (2014): Review of effective vegetation mapping using the UAV (unmanned aerial vehicle) method. – Journal of Geographic Information System, 2014, 6: 733–742.

Dank

Wir bedanken uns beim Amt der Kärntner Landesregierung (ehemals Abteilung 20, heute Abteilung 8) für die finanzielle Unterstützung der Beobachtungen am Hörfeld-Moor. Ebenso möchten wir uns bei Mag. Klaus Krainer für die kritische Durchsicht des Manuskriptes bedanken.

Koh L. P. & Wich S. A. (2012): Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. – Tropical Conservation Science, 5(2): 121–132.

Köstl T., Hecke C. & Jungmeier M. (2016): Monitoring Hörfeldmoor – Wiederholungsaufnahme 2016. – Studie im Auftrag von: Amt der Kärntner Landesregierung, Bearbeitung: E.C.O. Institut für Ökologie, Klagenfurt, 87 S.

Krainer K. (1997): Naturschutzgebiet Hörfeld-Moor (Kärnten/Steiermark): 71–74. In: Alpine Raumordnung; Fachbeiträge des Österreichischen Alpenvereins Nr. 14, 111 S.

Naturschutzverein Hörfeld-Moor [Hrsg.] (2000): Das Hörfeld-Moor. Naturjuwel in der Norischen Region. – Hüttenberg, 255 S.

Noy-Meir I. & van der Maarel E. (1987): Relations between community theory and community analysis in vegetation science: some historical perspectives. – Vegetatio 69: 5–15.

Prajwal M. (2015): Vegetation monitoring through unmanned aerial vehicles: a review. – Proceedings of National Conference on Geospatial Information and Technologies Advancement. Bantakal, India. 16th and 17th October, 2015: 53–55.

Steiner G. (1992): Österreichischer Moorschutzkatalog. – Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Band 1. – styria medienservice, 412 S.

Van der Maarel E. (1988): Vegetation dynamics in time and space. – Vegetatio 77: 7–19.

Anschriften der AutorInnen

Corinna Hecke MSc, E.C.O. Institut für Ökologie, Lakesidepark B07b, 9020 Klagenfurt, E-Mail: hecke@e-c-o.at

Mag. Dr. Michael Jungmeier, E.C.O. Institut für Ökologie, Lakesidepark B07b, 9020 Klagenfurt, E-Mail: jungmeier@e-c-o.at

Dr. Hanns Kirchmeir, E.C.O. Institut für Ökologie, Lakesidepark B07b, 9020 Klagenfurt, E-Mail: kirchmeir@e-c-o.at

DI Tobias Köstl MSc, E.C.O. Institut für Ökologie, Lakesidepark B07b, 9020 Klagenfurt, E-Mail: koestl@e-c-o.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: 208_128

Autor(en)/Author(s): Hecke Corinna, Jungmeier Michael, Kirchmeir Hanns, Köstl Tobias

Artikel/Article: Drohneneinsatz in der Vegetationsökologie: Neue Perspektiven auf Muster und Dynamik – das Beispiel Hörfeld-Moor 429-436