

Bristol-Schriftenreihe Band 41



BRISTOL-STIFTUNG
Ruth und Herbert Uhl-Forschungsstelle
für Natur- und Umweltschutz

■ Haupt

Herausgeber/Editor
Ruth und Herbert Uhl-Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz,
Bristol-Stiftung, Zürich
www.bristol-stiftung.ch

Arie C. Seijmonsbergen, Matheus G.G. De Jong, Leo W.S. de Graaff, Niels S. Anders

Geodiversität von Vorarlberg und Liechtenstein

Geodiversity of Vorarlberg and Liechtenstein

! Haupt

Verantwortlich für die Herausgabe/Responsible for this edition
Bristol-Stiftung. Stiftungsrat: Dr. René Schwarzenbach, Herrliberg;
Dr. Mario F. Broggi, Triesen; Prof. Dr. Klaus Ewald, Gerzensee; Martin Gehring, Zürich

Managing Editor
Dr. Ruth Landolt, WSL, Birmensdorf

Adresse des 1. Autors/Contact
Arie C. Seijmonsbergen, Institute for Biodiversity and Ecosystems Dynamics, University of
Amsterdam, P.O. Box 94248, NL-1090 GE Amsterdam, A.C.Seijmonsbergen@uva.nl

Adresse der Koautoren/Co-authors see page 303

Layout
Jacqueline Annen, Maschwanden

Umschlag und Illustration/Jacket and Illustration
Atelier Silvia Ruppen, Vaduz

Zitierung/Citation
SEIJMONSBERGEN, A.C.; DE JONG, M.G.G.; DE GRAAFF, L.W.S.; ANDERS, N.S., 2014: Geodiver-
sität von Vorarlberg und Liechtenstein. Geodiversity of Vorarlberg and Liechtenstein.
Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Haupt. 304 S. 5 maps.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.dnb.de> abrufbar.
Bibliographic information by the *Deutsche Nationalbibliothek*:
The *Deutsche Nationalbibliothek* lists this publication in the *Deutsche Nationalbibliografie*;
detailed bibliographic data are available in the internet at <http://dnb.dnb.de>.

ISBN 978-3-258-07888-5

Alle Rechte vorbehalten/All rights reserved
Copyright © 2014 Haupt Bern
Jede Art der Vervielfältigung ohne Genehmigung des Verlages ist unzulässig.
No part of this publication may be reproduced without the permission of the publisher.

Printed in Germany

www.haupt.ch

Signet FSC

Klimaneutral

Abstract

Geodiversity of Vorarlberg and Liechtenstein

Geodiversity – the natural range of geological, geomorphological and soil features – is the topic of this book. More precisely, geomorphological mapping techniques, which have been developed for capturing the geodiversity of mountainous areas, and a related method for assessing the value – the geoconservation potential – of the mapped landforms of these landscapes. The case studies presented cover the variety of mountain landscapes of Vorarlberg and Liechtenstein.

The first part of the book deals with methods of geomorphological mapping of high-relief areas. The classical, field-based, detailed, area-covering mapping method which was developed over the years by researchers at the University of Amsterdam, is nowadays combined with the analysis and interpretation of digital terrain models derived from LiDAR (Light Detection and Ranging) data in a geographical information system (GIS).

Geomorphological derivatives – land surface parameters – are calculated from the LiDAR data and are applied in digital geomorphological mapping in GIS. The geomorphological map, thus, has become a digital geodatabase, in which information acquired in the field is linked with data from many other sources. Data is stored in “layers”, which can be visualized individually and in a variety of combinations, in GIS.

Essential is that the mapping does not focus on unique or spectacular geomorphological features or groups of these only, but covers the total landscape, i.e. also the “common” sites in which people, animals and plants live. The assessment of the geoconservation potential is done for all landforms, i.e. inventories are made for entire selected areas. In GIS, the sites are assessed individually using a set of quantitative and qualitative weighting and ranking criteria, the most important of which are scientific relevance and frequency of occurrence. The resulting scores may be adjusted – downgraded or upgraded – by applying expert knowledge.

Case studies are presented in the second part of the book. Clusters of landforms highly valuable in terms of geoconservation potential have been selected and are discussed in detail in explanatory notes. The clusters cover a wide range of landscapes which are all typical for mountainous areas. The Gamperdonatal near Nenzinger Himmel, the tributary valleys of the Gamperdonatal, the Malbun region of Liechtenstein and the mountains around Lech show a high-alpine morphology, in which, among other features, moraines, meltwater deposits, fossil rock glaciers, gypsum-karst landforms and deep-seated mass movements are classified as highly valuable landscape elements. Ice-marginal landforms and deposits created during the final stages of deglaciation at the end of last ice age abound in the lower topographic settings of the southern Walgau region between Nenzing and Gurtis and on the eastern flank of the Rhine Valley in the municipalities of Götzis, Klaus, Fraxern and Weiler. All these landforms hold highly valuable information on the origin of the landscapes and the role of climate and climate change in landscape development.

Keywords: geodiversity, geoconservation, geomorphological mapping, GIS, Vorarlberg, Austria, Liechtenstein

Vorwort

Geomorphologische Phänomene umgeben uns allerorten, auch und besonders im Einzugsgebiet des Alpenrheintales. Sei es ein alter Prallhang des Rheins, eine späteiszeitliche Ablagerung, ein nacheiszeitlicher Bergsturz oder in Form eines Findlings.

Die wenigsten von uns vermögen die Landschaftswerdung bezüglich dieses Formenschatzes zu «lesen».

Die Prallhänge des Rheins und die Drumlins werden überbaut, der Findling in einen Garten abgeschleppt, die bucklige Welt der Moränen für eine Skipiste geplant.

Wir verlieren damit häufig unerkannt diesen Formenschatz und dies Tag für Tag, also höchste Zeit – ähnlich wie für die Artenvielfalt und die Biotope – ein entsprechendes Bewusstsein zu entwickeln. Die Geodiversität gilt es also ebenfalls zu erfassen, ganzheitlich zu verstehen und ihren wichtigen Formenschatz zu erhalten.

Forschende der Universität Amsterdam beschäftigen sich seit vielen Jahren mit der Geologie Vorarlbergs und angrenzender Gebiete. Sie haben Methoden der geomorphologischen Kartierung weiter entwickelt und sie auch in Fallstudien angewendet. Sie machen die früheren Vergletscherungsstadien, die verbliebenen Moränen, die Gipsdolinien, die Karstformen für uns alle interpretierbar. Alle diese Landformen bergen hochwertvolle Informationen in sich, die so zum Sprechen gebracht werden. Die abiotische Umwelt wird damit lebendig, zum lebendigen Archiv. Auffällig ist auch, dass die abiotischen und biotischen Elemente häufig in sich kausal verbunden sind. Die Existenz eines Moores ist beispielsweise mit solchen geomorphologischen Geschehnissen meist untrennbar verbunden.

Wir danken den niederländischen Forschern für ihre wertvollen und mit viel Begeisterung erbrachten langjährigen Aktivitäten. Wir freuen uns sie mit der Bristol-Stiftung ein Stück ihres Weges in ihrem Wirken unterstützen zu können. Mit der Bristol-Schriftenreihe im Haupt Verlag bieten wir ihnen überdies ein Forum für ihr Anliegen zum Erhalt der Geodiversität. Die Veröffentlichung soll mithelfen uns alle in den Talgemeinschaften für dieses Anliegen zu sensibilisieren.

Mario F. Broggi
Stiftungsrat Bristol-Stiftung, Zürich

Foreword

Geomorphological features are all around us in Vorarlberg and Liechtenstein. Just to name a few: the cutbanks of the Rhine, deposits from the last ice age, recent landslides or a single erratic block. Only few people know how to “read” the landscape, i.e. are able to recognize the outstanding and valuable landforms.

The landforms of the Rhine Valley are turned into housing developments, the occasional erratic block is towed away from a garden, the hummocks of a moraine landscape are leveled for a ski run. Unknowingly, slowly but steadily, the diversity of landforms disappears from our environment. No time to lose: we need to develop an understanding of the value of the diverse landforms, similar to our appreciation – and protection schemes – of biodiversity. We need to understand geodiversity and protect valuable landforms.

The University of Amsterdam has a long tradition of geological research in Vorarlberg and neighbouring areas. Methods of geomorphological mapping have been developed, and maps have been made of many areas. They document the glacial and post-glacial origin of the landscape. The landforms contain information on the history of the non-living environment, the maps are the archive, with their help the abiotic world can be brought to life. Notably, the biotic and abiotic landscapes often show a causal relationship. For instance, the occurrence of a bog is always determined by the nature of its substratum.

We thank the always enthusiastic Dutch researchers for their contributions over many decades. We, the Bristol-Stiftung, are pleased to support their work. And, to offer them a forum in the Bristol Series of the Haupt Verlag for presenting their case for the conservation of geodiversity. The publication will hopefully encourage all of us, living in the valleys of the Alps, to support it.

Mario F. Broggi
Stiftungsrat Bristol-Stiftung, Zürich

Geodiversität von Vorarlberg und Liechtenstein

Inhalt

Abstract	5
Vorwort	7
Prolog	13
Dank	13
Namen und Karten	14
Theorie und Methoden	15
1 Einführung	15
1.1 Allgemeines	15
1.2 Geologischer Überblick	16
1.3 Geomorphologischer Überblick	18
2 Geomorphologische Karten	21
2.1 Geomorphologie und Karten	21
2.2 Die klassische geomorphologische Karte	21
2.3 Die computergenerierte geomorphologische Karte	24
2.4 Das morphogenetische Klassifikationsschema	25
3 Geokonservierung in Vorarlberg und Liechtenstein	27
3.1 Überblick	27
3.2 Verfahren zur Erfassung und Reihung der Morphogeotope	28
3.3 Das Gebiet Weienried: eine Fallstudie	32
4 Fortschritte bei der halbautomatischen geomorphologischen Kartierung	43
4.1 Einleitung	43
4.2 Digitales Geländemodell und Geomorphometrie	43
4.3 Objektbasierte Analyse und Klassifikationen	47
4.4 Beurteilung der Genauigkeit	48
4.5 Halbautomatische geomorphologische Kartierung im Gamptal	49
4.6 Diskussion	55
Ergebnisse	
5 Die Gemeinde Nenzing – südlicher Walgau und nördlicher Rätikon	57
5.1 Einleitung	57
5.2 Geomorphologische Karte	59
5.3 Inventar potenziell schützenswerter Morphogeotope	63
5.4 Cluster der Geodiversität und potenziell schützenswerte Morphogeotope	63
5.5 Zusätzliche potenziell schützenswerte Morphogeotope	84
6 Die Gemeinde Lech – östliches Vorarlberg	85
6.1 Einleitung	85
6.2 Geomorphologische Karte	89
6.3 Inventar potenziell schützenswerter Morphogeotope	89
6.4 Cluster der Geodiversität und potenziell schützenswerte Morphogeotope	91
6.5 Zusätzliche potenziell schützenswerte Morphogeotope	115

7 Die Gemeinden Götzis, Klaus, Fraxern und Weiler im Rheintal	117
7.1 Einleitung	117
7.2 Geomorphologische Karte	117
7.3 Inventar potenziell schützenswerter Morphogeotope	122
7.4 Cluster der Geodiversität und potenziell schützenswerte Morphogeotope	124
8 Malbun – Liechtenstein	131
8.1 Einleitung	133
8.2 Geomorphologische Karte	135
8.3 Inventar potenziell schützenswerter Morphogeotope	135
8.4 Cluster der Geodiversität und potenziell schützenswerte Morphogeotope	136
8.5 Zusätzliche potenziell schützenswerte Morphogeotope	141
9 Schlussbemerkungen und Ausblick	143
10 Zusammenfassung	145
11 Glossar	147
Literatur / References	297
Portraits der Autoren / Portraits of the authors	303
Beilagen	
I Legende geomorphologische Symbolkarte	
Legende geomorphologische Polygonkarte	
II Nenzinger Himmel	
Geomorphologische Karte	
Karte des Geokonservierungspotenzials	
III Gamptal-Eckskopf	
Geomorphologische Karte	
Karte des Geokonservierungspotenzials	
IV Götzis, Klaus, Fraxern & Weiler	
Geomorphologische Karte	
Karte des Geokonservierungspotenzials	
V Malbun	
Geomorphologische Karte	
Karte des Geokonservierungspotenzials	

Prolog

Geodiversität wird immer mehr nicht nur für Wissenschaftler sondern auch für ein breiteres Publikum und politische Entscheidungsträger interessant. Das Gegenstück in der biotischen Umwelt – die Biodiversität – hat in den letzten Jahrzehnten viel Aufmerksamkeit erhalten, und die Sorge um einen weltweiten Rückgang der biologischen Vielfalt als Folge menschlicher Aktivitäten wird von zahlreichen Menschen mit vielen lobenswerten Initiativen, welche die destruktiven Tendenzen stoppen oder umkehren möchten, geteilt. Die abiotische Umwelt wird seit jeher mit den nicht-lebenden natürlichen Ressourcen in einer konventionellen Weise gleichgesetzt: Wir erschliessen und verwenden diese Ressourcen, um uns eine komfortable Existenz zu verschaffen, was unbestritten ein vorrangiges Ziel ist. Der innere Wert der nicht-lebenden natürlichen Ressourcen – oder genauer «der abiotischen Landschaft» – gerät nur allmählich ins Rampenlicht. Der Fokus liegt gewöhnlich auf sehr kleinen Erscheinungen wie zum Beispiel einem grossen Findling, der unter Schutz gestellt wird, oder auf der Landschaft als Ganzes (Geopark-Initiative). Unser tägliches Leben spielt sich in der Regel in Landschaften auf einer Skala zwischen diesen beiden «Extremen» ab. Es sind diese Landschaften, die auch unsere Aufmerksamkeit verdienen, da viele von ihnen durch menschliche Aktivitäten unwiederbringlich zerstört zu werden drohen.

Eine Veränderung im Verständnis der abiotischen Landschaft ist im Gange. Das Konzept des Wertes wurde eingeführt. Es bezieht sich nicht auf die subjektive Vorstellung von Schönheit. Es ist viel mehr mit der Idee eines Archivs verknüpft: Eine Landschaft besteht aus Landformen, die durch natürliche Prozesse gebildet wurden, und diese Landformen enthalten Informationen über die Entstehungsweise der Landschaft. Bestimmte Landformen geben uns mehr Informationen über die Art und Weise, wie eine Landschaft gebildet wurde, als andere. Das Archiv kann hinsichtlich der Elemente, die die meisten Informationen über die Entstehungsweise der Landschaften enthalten, durchsucht werden. Diese können dann als die wertvollsten Stücke des Archivs betrachtet werden und unter Schutz gestellt werden.

Unsere Studie stellt eine Methode für die Beurteilung des Wertes von Landformen von Berggebieten vor. Sie basiert auf vielen Jahren Forschung und geomorphologischen Kartierungen von uns und von vielen Kollegen in den Alpen von Vorarlberg, Österreich, und den angrenzenden Gebieten der Schweiz, Liechtenstein und Deutschland. Die Anwendung unserer Methode, die sich auf moderne Informationstechnologie stützt, wird durch Inventare von wertvollen Landformen in einer Vielzahl von Bergregionen in Vorarlberg und Liechtenstein dargestellt. Die Detailliertheit und die Flächendeckung der Inventare sind so ausgelegt, dass sie bei der Planung durch die lokalen und regionalen Behörden verwendet werden können. Wir hoffen – und sind zuversichtlich – dass unsere Arbeit eine Brücke zwischen Forschung und Praxis schlägt.

Harry Seijmonsbergen, Mat De Jong und Koautoren

Dank

Die Veröffentlichung dieses Buches wurde durch die grosszügige finanzielle Unterstützung der Bristol-Stiftung ermöglicht. Wir bedanken uns insbesondere bei Dr. Mario F. Broggi, Stiftungsrat und Geschäftsführer der Ruth und Herbert Uhl-Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz in Schaan, Liechtenstein.

Weitere finanzielle Unterstützung, für die wir uns herzlich bedanken, erhielten wir von der Research Foundation for Alpine and Subalpine Environments (RFASE), und innerhalb des Projektes Virtual Lab for e-Science (vl-e) an der Universität Amsterdam. Dieses Projekt wird unterstützt durch einen BSIK Zuschuss des Dutch Ministry of Education, Culture and Science (OC&W), und ist Teil des ICT Innovationsprogramms des Ministry of Economic Affairs (EZ).

Während vieler Jahre erhielten wir finanzielle und praktische Unterstützung bei unseren Forschungsarbeiten in Vorarlberg von inatura Erlebnis Naturschau GmbH. Besonders danken

wir auch Dr. J. Georg Friebe von inatura für die sorgfältige Durchsicht und die Korrekturvorschläge zum deutschen Text des Buches.

Das Land Vorarlberg (www.Vorarlberg.at) hat uns grosszügigerweise erlaubt geografische Daten, die Luftbild Archive und LiDAR Daten, die vom VOGIS Server erhältlich sind, zu benutzen.

Für die Beilage V stellte uns das Amt für Bau und Infrastruktur in Liechtenstein (DEM © FL-Tiefbauamt), die digitalen Hintergrunddaten zur Verfügung; dafür bedanken wir uns.

Dr. Ruth Landolt, Managing Editor der Bristol-Schriftenreihe an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), hat uns bei der Vorbereitung des Manuskriptes für die Drucklegung beraten und begleitet. Wir danken ihr für die konstruktive Zusammenarbeit. Frau Jacqueline Annen hat das Buch gestaltet; auch an sie herzlichen Dank.

EDV-Unterstützung erhielten wir vom GIS-studio (www.gis-studio.nl) des Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED) der Universität Amsterdam. Frau Tamara Jonkman und Drs. Cindy Teeven halfen bei der Umwandlung der klassischen geomorphologischen Karten zu digitalen Polygonkarten; wir schätzen diese Beiträge sehr. Jan van Arkel (digital illustrator – IBED) half beim Erstellen der Beilage I, und der Abbildungen 2, 4, und 26.

Das englische Manuskript übersetzte Anne-Kathrin Peest, MSc student in earth sciences an der Universität Amsterdam ins Deutsche. Dr. Clemence Eisank (Universität Salzburg) redigierte Teile des deutschen Textes. Der englische Text wurde von Frau Stacy Shinneman geprüft. Wir bedanken uns bei all diesen Personen für ihren Beitrag.

Unsere Resultate beruhen auf jahrzehntelanger Forschungsarbeit in der Region durch Berufskollegen und Studenten der Universität Amsterdam. Wir sind ihnen dafür sehr dankbar. Wir möchten uns hier ebenfalls bei Kollegen anderer Forschungsinstitutionen bedanken mit welchen wir immer wieder im Feld gute Diskussionen hatten. Speziell erwähnen wir Dr. L.H. (Erik) Cammeraat, Drs. Jeroen Timmers, Drs. Stefan Fritz und die verstorbene Drs. Mirjam Vriend; einiges noch nicht veröffentlichtes Feldmaterial ist in unser Buch eingeflossen.

Zum Schluss danken wir unseren Familien, die während der letzten vier Jahre unsere Arbeit am Buch geduldig mitgetragen haben.

Namen und Karten

In diesem Text werden Namen von Dörfern, Weilern, Flüssen und Berggipfeln verwendet, um die Lage der Land- und Ablagerungsformen zu beschreiben. Die Namen und deren Schreibweise richten sich nach den offiziellen topografischen Karten des Österreichischen Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen, Wien (Online-Version unter <http://www.bev.gv.at/> und <http://www.austrianmap.at/>) beziehungsweise des Landesamts für Vermessung und Geoinformation, Feldkirch (<http://www.vorarlberg.at/atlas/>).

Für die Region Malbun in Liechtenstein und die benachbarte Gemeinde Nenzing wurden folgende Karten verwendet (siehe auch: <http://geodaten.llv.li/geoshop/public.html>):

Fürstentum Liechtenstein, Topographische Karte, Blatt 3, 1:10000, Herausgeber:

Regierung des Fürstentums Liechtenstein Vaduz.

Fürstentum Liechtenstein, Topographische Karte, Blatt 4, 1:10000, Herausgeber:

Regierung des Fürstentums Liechtenstein Vaduz.

Für Malbun wurden die folgenden topografischen Karten der Schweiz, welche vom Bundesamt für Landestopografie veröffentlicht wurden (Wabern, Schweiz; www.swisstopo.admin.ch/ und kartenportal.mapranksearch.com/), ebenfalls konsultiert:

Blatt 1136 Drei Schwestern (1:25000)

Blatt 1156 Schesaplana (1:25000)