

TELMA	Band 49	Seite 33 - 52	11 Abb., 1 Tab.	Hannover, November 2019
-------	---------	---------------	-----------------	-------------------------

Untersuchung von Kalktuff-Bildungen im Quellgebiet der Radegast südlich von Gadebusch (Mecklenburg-Vorpommern)

Investigation of calcareous tufa in the spring area of the Radegast river south
of Gadebusch (Mecklenburg-Vorpommern)

STEPHAN HANNAPPEL, ELZBIETA REJMAN-RASINSKA,
VOLKMAR ROWINSKY und ROBERT SCHULZ

Schlüsselwörter: Kalktuff, Quellgebiet, Radegast, Gadebusch, Hydrogeologie,
Quellmoos

Zusammenfassung

Das Kalktuff-Vorkommen im Quellgebiet der Radegast südlich von Gadebusch (Mecklenburg-Vorpommern) gehört aufgrund von Qualität und Ausdehnung sowie der aktuellen Bildung von Kalktuff zu den bedeutendsten Vorkommen im Binnenland von Mecklenburg-Vorpommern. Nach Auswertung vorhandener Unterlagen und Archivdaten wurden mit Hilfe von Sondierungsbohrungen und Laboranalysen Verbreitung, Mächtigkeit und Aufbau des Kalktuffs untersucht. Die hydrogeologischen Voraussetzungen für die Bildung dieses Vorkommens werden beschrieben.

Nur im engeren Quellgebiet der Radegast konnte Kalktuff nachgewiesen werden, begünstigt durch den Zustrom von kalkreichem Grundwasser aus einem südlich gelegenen, mächtigen Grundwasserleiter. Das Grundwasser tritt hier im Hangbereich aus, wo der überlagernde Grundwassergeringleiter (Geschiebemergel) auskeilt. Erfasst wurden Wechsellagerungen von Kalktuffen und Quellsedimenten mit höheren Silikat- oder organischen Anteilen. Die Mächtigkeit der Kalktuff-Lagen beträgt in der Regel wenige Dezimeter. Aktuelle Kalktuffbildung findet ausschließlich im Randbereich der Quellbäche statt, eine begünstigende Rolle spielt dabei das Starknervmoos (*Palustriella commutata*). Die Untersuchungen stützen den vorhandenen Schutzstatus als Biotop und Geotop.

Abstract

This contribution describes a calcareous tufa site in the spring area of the Radegast river south of the town Gadebusch (Mecklenburg-Western Pomerania, Germany). It is one of the most important sites in Mecklenburg-Western Pomerania due to its quality and extent as well as current calcareous tufa formation. After analyzing the available documents and historical data from the archives, the local extension, peat depth and development of calcareous tufa were examined using small diameter drillings and laboratory analyses. The hydrogeological conditions responsible for the development were described.

Calcareous tufa was found only in close proximity to the spring area of the Radegast River. The formation is favored by calcium-rich groundwater from a subsurface deep aquifer south of the site. The groundwater seeps from the slope where the overlying aquitard (till) extends. Alternating strata of calcareous tufa and spring sediments with high proportions of silicate and organic components were observed. The depth of the calcareous tufa was a few decimeters up to 2 - 3 m. Current calcareous tufa formation only occurs in the periphery of the spring brook, where the curled hookmoos (*Palustriella commutata*) dominates. The study results strongly support the actual protective status as a biotope and geotope.

1. Einleitung

1.1 Lage und Veranlassung

In Mecklenburg-Vorkommen befindet sich südöstlich der Stadt Gadebusch und nordöstlich der Ortslage Wakenstädt das Quellgebiet der Radegast. Die Radegast ist ein linker Nebenfluss der Stepenitz und fließt damit über den Dassower See in die Trave zur Ostsee. Zwei Kilometer südöstlich verläuft die Nordsee-Ostsee-Wasserscheide. Beim Quellbereich der Radegast handelt es sich um eine vermoorte Niederung mit mehreren Quellaustritten.

Im Juli 2018 wurde durch das Ingenieurbüro Uhle (Grevesmühlen) (UHLE 2018) die vorliegende Biotopbewertung des Radegast-Quellgebiets aktualisiert. Durch den Nachweis quellanzeigender Pflanzen ergibt sich der Hinweis auf ein Kalktuff-Vorkommen. Im Bereich des Hauptquellgebietes im Südteil der Niederung, das von Laubgehölzen (u.a. Esche, Erle) bewachsen ist, wird in den stark schüttenden Quellbereichen Kalktuff gebildet. Bis vor wenigen Jahren als Meliorationsgraben ausgelegt, erhielt die Radegast durch eine Renaturierung im Rahmen einer Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme im Zusammenhang mit Straßenbaumaßnahmen in diesem Bereich den mäandrierenden Bachlauf zurück (UHLE 2018).

Das Bauamt des Amtes Gadebusch wollte für die weiteren Planungen im Gebiet die tatsächliche Ausdehnung, Mächtigkeit und Qualität des Kalktuffs bestimmen haben und beauftragte daher im November 2018 die HYDOR Consult GmbH (Berlin) mit den hier dokumentierten Untersuchungen. Die IHU Geologie und Analytik GmbH (Güstrow) führte im Nachauftrag die Geländesondierungen durch. Im Rahmen dieses Gutachtens HYDOR (2019) sollte das Kalktuff-Vorkommen im Quellbereich der Radegast räumlich

abgegrenzt werden. Mit Hilfe von Sondierungsbohrungen und Laboranalysen waren Aussagen zur Ausdehnung und Mächtigkeit der Vorkommen zu erwarten. Informationen dazu lagen bisher bohrungsbezogen und ortskonkret beim Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG M-V) nicht vor. Die in der Landesbohrdatenbank enthaltenen Informationen werden jedoch für die Auswertung und Interpretation der Geländebefunde genutzt.



Abb. 1: Blick auf die Radegast-Niederung nach NNW (Foto: Hannappel, 22.01.2019)
View to the Radegast river Lowlands



Abb. 2: Blick auf die Quellbäche der Radegast (Foto: Hannappel, 22.01.2019)
View to the spring brooks of Radegast

1.2 Schutzstatus und Vorkommen in Norddeutschland

Der untersuchte Lebensraumtyp steht deutschlandweit unter besonderem Schutz. So wird in der dritten Fassung der Roten Liste der gefährdeten Biotope Deutschlands die „Kalktuff-Sicker- und Sumpfquelle“ (Biotopcode 22.01.02.01, BfN 2017) aufgeführt; sie ist über den § 30 BNatSchG geschützt. Darüber hinaus sind entsprechende Biotope nach Anhang I der FFH-Richtlinie als Lebensraumtyp 7220 „Kalktuffquellen (Cratoneurion)“ geschützt (BfN 2013).

In Mecklenburg-Vorpommern sind nur wenige Vorkommen dieses Lebensraumtypes bekannt (https://www.lung.mv-regierung.de/dateien/bewertungsanleitung_ffh_lrt_mv_2012_03.pdf; Abruf vom 23.11.2018; s. Abb. 3 und Abb. 4). Neben dem Hauptvorkommen an der Kreideküste Rügens (Jasmund) sind vor allem einige kleinere Vorkommen im Nordwesten (Klützer Winkel) vorhanden, die sich im Wesentlichen auf den Küstenbereich beschränken (vgl. KATZUNG 2004). Im dortigen Kapitel „Geotopschutz“, Unterkapitel „Quellen“ verweisen die Autoren KRIENKE & SCHULZ in KATZUNG (2014: 482 - 489) darauf, dass sich im Bereich von Kreideschollen oder bei Anreicherungen von Kreidegeschieben im Geschiebemergel an Quellen durch Inkrustationen der Vegetation poröse Bänke (vgl. Abb. 5) oder Sümpfe von Kalktuffen gebildet haben. Als Kombination eines seltenen Geotops und besonderen Biotops verdienen die stark kalkhaltigen Quellen besonderen Schutz (z. B. am Klein Klütz Höved, auf dieses Vorkommen verweisen auch STRAHL et al. 1994). Im Binnenland von Mecklenburg-Vorpommern liegt ein bedeutendes Vorkommen dieses Lebensraumtypes am Malchiner See (NSG Hellgrund), bei dem jedoch eine Reihe von Defiziten ermittelt wurde (UMWELTPLAN 2018). Das Vorkommen bei Gadebusch ist daher aufgrund der Qualität und Ausdehnung der Vorkommen sowie der aktuellen Bildung von Kalktuff vermutlich das bedeutendste Vorkommen im Binnenland von M-V.

Aus Schleswig-Holstein beschreiben GRUBE & USINGER (2016, 2017) ausführlich Quellkalk-Bildungen, die auch Kalktuff enthalten. Dort wird außerdem eine Übersicht zum Vorkommen von Kalk-Quellmooren in Schleswig-Holstein gegeben, die dort vorwiegend im östlichen Hügelland auftreten.

Am nördlichen Berliner Stadtrand an der Grenze zu Brandenburg ist zudem in der Karte in Abbildung 4 das Vorkommen im NSG „Kalktuffgelände Am Tegeler Fließ“ (https://www.berlin.de/senuvk/natur_gruen/naturschutz/schutzgebiete/de/nsg/nsg22.shtm) erkennbar (näheres bei ALAILY et al. 2000), in welchem sich zusätzlich durch die langjährige Verrieselung von Abwasser Kalktuff gebildet hat, dessen Genese aktuell durch eine erneute künstlich induzierte Versickerung unterstützt wird.

Der Lebensraumtyp Kalktuffquellen kommt in Mecklenburg-Vorpommern nur in der Ausbildung als Starknervmoos-Quellflur (Code VQT) vor. Hierbei handelt es sich um sehr moosreiche Quellfluren mit lichter und niedrigwüchsiger Krautschicht im Bereich

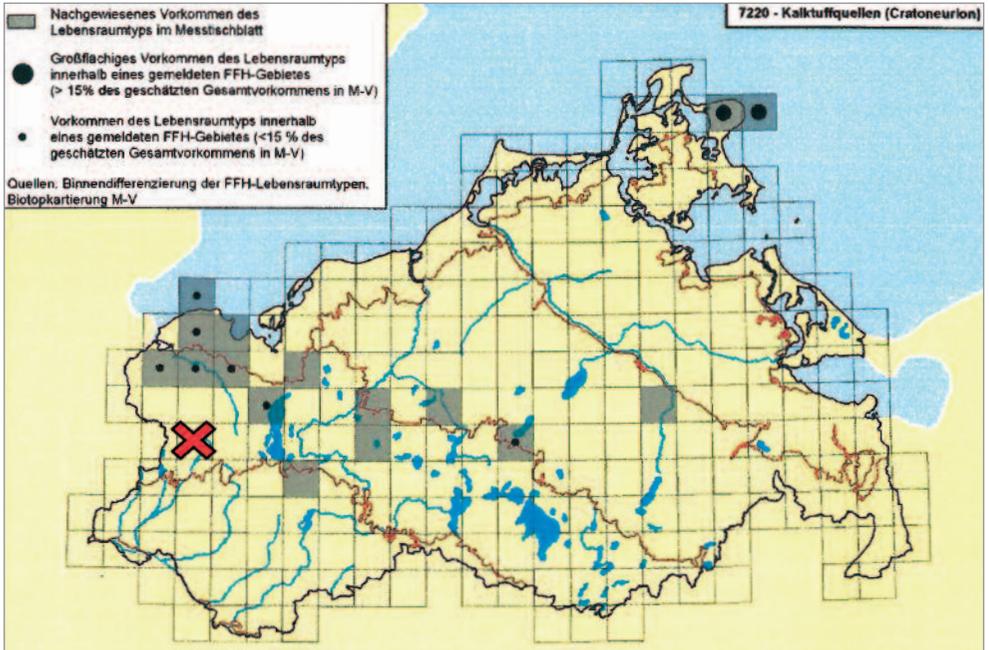


Abb. 3: Verbreitung des LRT Kalktuffquellen (Code 7220) in Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: LUNG M-V 2011; rotes Kreuz: Untersuchungsgebiet)
Distribution of the habitat type petrifying springs with tufa formation (Code 7220) in Mecklenburg-Western Pomerania

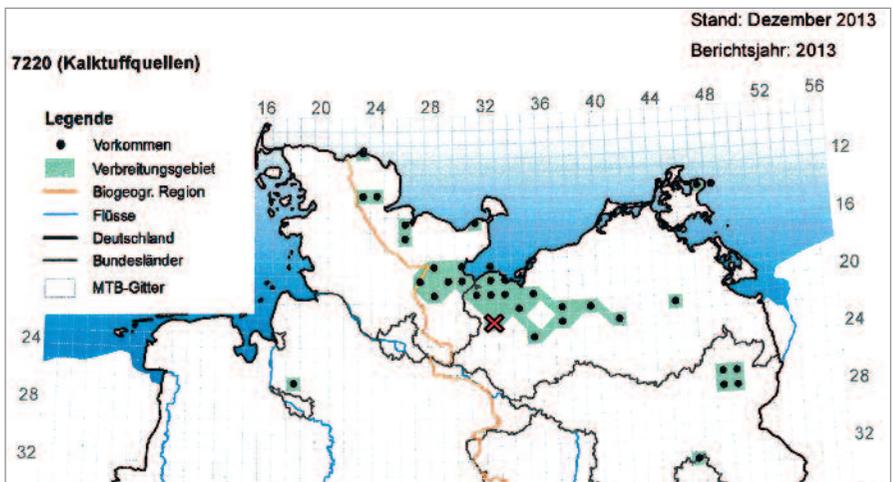


Abb. 4: Verbreitung des LRT Kalktuffquellen (Code 7220) in Norddeutschland (Quelle: Kombinierte Vorkommens- und Verbreitungskarte der FFH-Richtlinie, BfN 2013; rotes Kreuz: Untersuchungsgebiet)
Distribution of the habitat type petrifying springs with tufa formation (Code 7220) in northern Germany



Abb. 5: Gebankte Bildung des Kalktuffes im Quellbereich der Radegast (Foto: Hannappel, 22.01.2019)
Banks of calcareous tufa in close proximity to the spring area of Radegast river

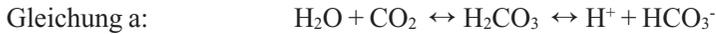
von Kalktuff ablagernden Hartwasserquellen. Die Moose sind nicht nur aufgrund des Nährstoffmangels, sondern auch aufgrund der Störung, die das schnell fließende Wasser auf Keimung und Sprossentwicklung höherer Pflanzen ausübt, sehr konkurrenzstark. Kennzeichnende Art ist hier das Starknervmoos (*Palustriella commutata* = *Cratoneuron commutatum*), das innerhalb der Moosfluren eine hohe Deckung am Anteil der lebensraumtypischen Vegetation erreicht. Die Art weist auch im Untersuchungsraum des Radegast-Quellgebietes große Bestände auf. Die Quellfluren sind i. d. R. von Gehölzen überdeckt. Offene, unbeschattete Ausbildungen sind auf Steil- oder Erosionshänge beschränkt (LUNG M-V 2011).

1.3 Definition und Entstehung von Kalktuff

Eine genaue und allgemein gültige Definition für die Bezeichnung „Kalktuff“ liegt nicht vor. Bei STEGMANN & SUCCOW in SUCCOW & JOOSTEN (2001: 65) werden die fast ausschließlich aus Kalk bestehenden Quellablagerungen als „Quellkalk“ bezeichnet. Dieser Begriff wird synonym für Kalktuff verwendet; weitere oftmals in der Literatur synonym verwendete Begriffe sind Travertin, Kalksinter oder Sinterkalk (vgl. MARTIN & EIBLMAIER 2003, Stichwort „Entkalkung“).

Bei der Entkalkung im Boden spielt die Kohlensäure (H_2CO_3) eine zentrale Rolle. Sie bildet sich bei der Reaktion von Wasser mit CO_2 aus der Bodenatmung und/oder der Atmosphäre und kann durch Dissoziation H^+ -Ionen abgeben (s. Gleichung a). Der eigentliche Lösungsvorgang beruht auf der Umwandlung des schwerlöslichen Carbonats, z. B. des Calcits (CaCO_3) in leichtlösliches Hydrogencarbonat (HCO_3^-) und Ca^{2+} mit Hilfe

der Kohlensäure (s. Gleichung b):



Im Wasser erfolgt der Entzug der Kohlensäure physikalisch oder auch biologisch gesteuert (sog. „biogene Kalkfällung“ durch die Photosynthese von Wasserpflanzen, z. B. bei der mehrere Meter mächtigen Seekreide in Alpenseen). Entscheidend ist die Veränderung der Steuerparameter. Bei Austritt des Grundwassers in die Atmosphäre wird diesem CO_2 durch physikalische Entsäuerung und die CO_2 -Aufnahme durch die Photosynthese von Moosen und Algen entzogen. Durch die damit verbundene pH-Anhebung im Quellwasser fällt das gelöste Hydrogenkarbonat als Kalk aus. Bedingt durch die geringen Fließgeschwindigkeiten in den Moosflechten oder den Randlagen der Quelle belegt der so ausgefällte Kalk als feinkristalline Kruste alles relativ ruhende Kleinmaterial (Schluff, Sand, Kies, Moose). Moose wachsen über dem verkrustenden Teil aus und werden wieder durch Kalkablagerungen überzogen. So entstehen poröse und leichte Strukturen. Der Kalktuff ist daher oft feucht und von bröseliger Konsistenz (s. Abb. 11).

Nach BAIER (2002) kann die Entstehung von Kalktuff auf das Vorhandensein einer Schichtquelle zurückgeführt werden. Aus dem den Geschiebemergel unterlagernden oberen flurnahen Grundwasserleiter tritt das stark mit Hydrogenkarbonat angereicherte Grundwasser an dem natürlichen Schürf als Schichtquelle an die Oberfläche. Seinen hohen Hydrogenkarbonatgehalt verdankt das Grundwasser hier dem kalkreichen Ausgangsgestein, dem es das Hydrogenkarbonat durch Lösungsprozesse entzieht.

Ablagerungen in Quellmooren werden je nach Gehalt organischer, silikatischer und carbonatischer Anteile gegliedert. Der Calciumcarbonat-Anteil muss bei Quellkalken bzw. hier auch „Reinkalk“ genannten Ablagerungen mehr als 90 % betragen (STEGMANN & SUCCOW in SUCCOW & JOOSTEN (2001: 68, Tab. 3-7)). Die organische Substanz hat einen Gehalt von weniger als 5 %. Es handelt sich primär um sedentäre Bildungen, d. h. vor Ort aufgewachsene Bildungen. Ablagerungen mit höheren organischen Anteilen werden als Quell-Kalktorf (> 30 % organischer Anteil) bzw. Quell-Ankalktorf (> 5 bis 30 % organischer Anteil) bezeichnet. Eine genaue Trennung der verschiedenen Quellbildungen ist daher nur mit der Hilfe von chemischen Analysen zu erreichen.

2. Verwendete Daten und methodisches Vorgehen

Im Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 21 Bohrungen in den verschiedenen Bereichen der Quellmoorniederung an zwei Geländeterminen (21.11. und 28.11.2018) durchgeführt. Für die Untersuchungen ist ein Hohlmeißelbohrer, ein sogenannter Pürckhauer, verwendet worden. Die Ergebnisse sind über Schichtenverzeichnisse und stratigraphische

Profilschnitte dokumentiert. Die Moorbodenaufnahme und Standortbeschreibung erfolgte nach TGL 24300/04 (1986) und AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005).

Die Abbildung 6 zeigt die Lage der im Landesbohrdatenspeicher vorhandenen Bohrungen des LUNG M-V (blaue Punkte mit Beschriftung des Bohrunghnamens), die Grundwasserfließrichtung und die Grenzen der in der geologischen Karte dokumentierten geologischen Einheiten. Bei letzterer handelt es sich um die geologische Übersichtskartierung des Messtischblattes 2332 (Groß Salitz) im Maßstab 1 : 100 000 (Aufnahmebericht OK 2332 NK 0004 des LUNG M-V, im Gelände aufgenommen vom 07.04.1959 bis 29.10.1959), deren Dokumentation vom LUNG käuflich erworben wurde. Die aus dieser Karte georeferenziert digitalisierten und in Abbildung 6 dargestellten Grenzen zeigen für das Untersuchungsgebiet vor allem die Verbreitung von Geschiebemergel der weichselzeitlichen Grundmoräne, im Süden auch von Endmoränen an. Vom Quellgebiet nach Norden dokumentiert die Karte holozäne Torfe im Bereich der Radegast bzw. des nördlich sich verbreiternden Niederungsgebietes. In unmittelbarer Nähe des Quellgebietes befinden sich keine Bohrungen. Dies wurde auf Nachfrage beim LUNG M-V bestätigt, auch im dortigen Archiv befinden sich keine weiteren Bohrungen. Die am nächsten liegende und im Vergleich zur Kartenaufnahme aktuellere Bohrung Hy Gb 24/1970 mit einer Endteufe von 38 Meter unter Gelände zeigt eine Wechsellagerung von sandigen und bindigen Bildungen (Geschiebemergel von 14,20 bis 28 Meter). Sie bestätigt die in der Karte enthaltene Information zum Geschiebemergel nicht. Kalktuff-Informationen sind in den bisher enthaltenen Daten des LUNG M-V nicht vorhanden.

Die neu abgeteuften Bohrungen wurden primär im Umfeld des Hauptquellbereiches konzentriert, da hier die Wahrscheinlichkeit des Antreffens des Kalktuffs am größten war. Einige Bohrungen (B1 bis 3, 10 bis 13 und 21) wurden darüber hinaus weiter nördlich außerhalb des bewaldeten Quellbereiches abgeteuft, um eine Abgrenzung in den Niederungsbereich hinein vornehmen zu können. Abbildung 6 zeigt die Lage der 21 Bohrungen (s. auch Detailausschnitt oben rechts in der Karte) zusammen mit weiteren recherchierten und frei verfügbaren Daten des LUNG aus dem „Kartenportal Umwelt“ Mecklenburg-Vorpommern des LUNG (<https://www.umweltkarten.mv-regierung.de/atlas/script/index.php>). Ebenfalls in der Abbildung enthalten sind die Profillinien von zwei geologischen Schnitten, die zur Erläuterung der Lagerungsverhältnisse zusammen mit den aktuellen Bohrungsdaten für die Interpretation neu gefertigt wurden (s. Kap. 4). Zudem wird das neu abgegrenzte Kalktuffvorkommen dargestellt (rote Umrandung), innerhalb dessen der Nachweis durch die Bohrungen erbracht werden konnte.

Die Bestimmung des Calciumcarbonatgehaltes im Gelände erfolgt mit Hilfe 10%-iger Salzsäure (HCl). Hierbei wird der Carbonatgehalt nach den optisch und akustisch erkennbaren Reaktionen der CO₂-Entwicklung geschätzt. Im Allgemeinen ist bei Carbonatgehalten über 10 % jedoch mit der HCl-Probe keine weitere Unterteilung möglich (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005: 169).

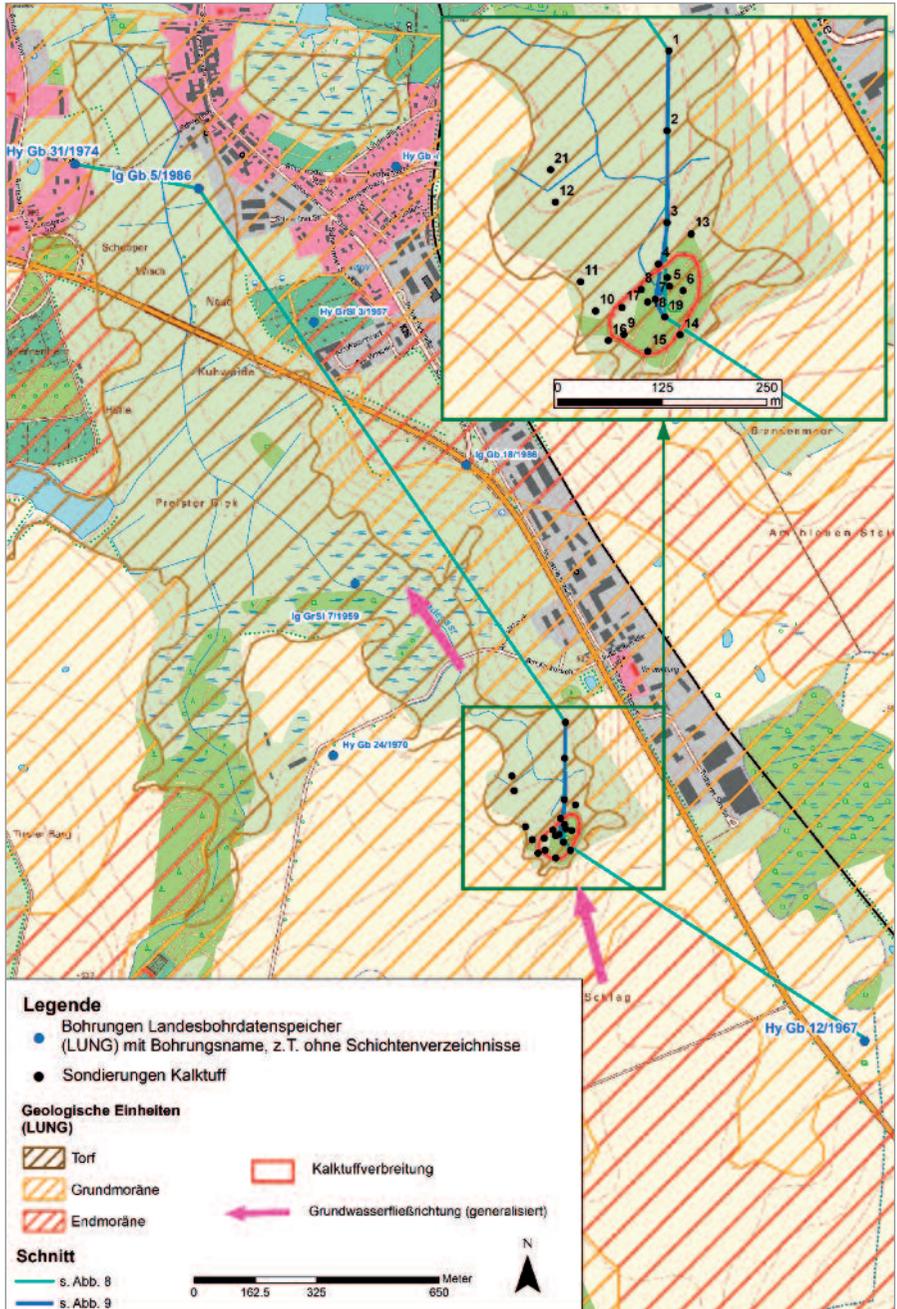


Abb. 6: Lage der Bohrungen im Untersuchungsgebiet (Kartengrundlage: TK 2332, ©GeoBasis_DE/M-V 2018)

Location of boreholes in the study area (topogr. map No. 2332)

Für eine genauere Ansprache der Quellsedimente wurden sieben Proben (eine unmittelbar im Quellbereich an einer Kalktuff-Bank, oberflächlich in unmittelbarer Nähe zur Bohrung 7, sowie sechs weitere Proben aus den Sondierbohrungen) entnommen und im Labor der IHU Geologie und Analytik GmbH untersucht. Die Untersuchung der Proben erfolgte nach DIN 38406-E3. Dabei wird der Calcium-Anteil der Probe ermittelt, der Calciumcarbonat-Anteil wird daraus berechnet.

3. Ergebnisse

Laut geologischer Karte (s. Abb. 6 und 7) stehen am Niederungsrand überwiegend Geschiebemergel bzw. Geschiebelehne an (δm in Abb. 7). Diese Sedimente bilden einen sog. „Grundwassergeringleiter“, der die Quellmoorbildungen unterlagert. Westlich und östlich des Untersuchungsgebietes steht oberflächennah unter dem Geschiebemergel auch Sand an (δs in Abb. 7). Für die Niederung sind flächendeckend Torfe dokumentiert (Doppelstrich-Signatur).

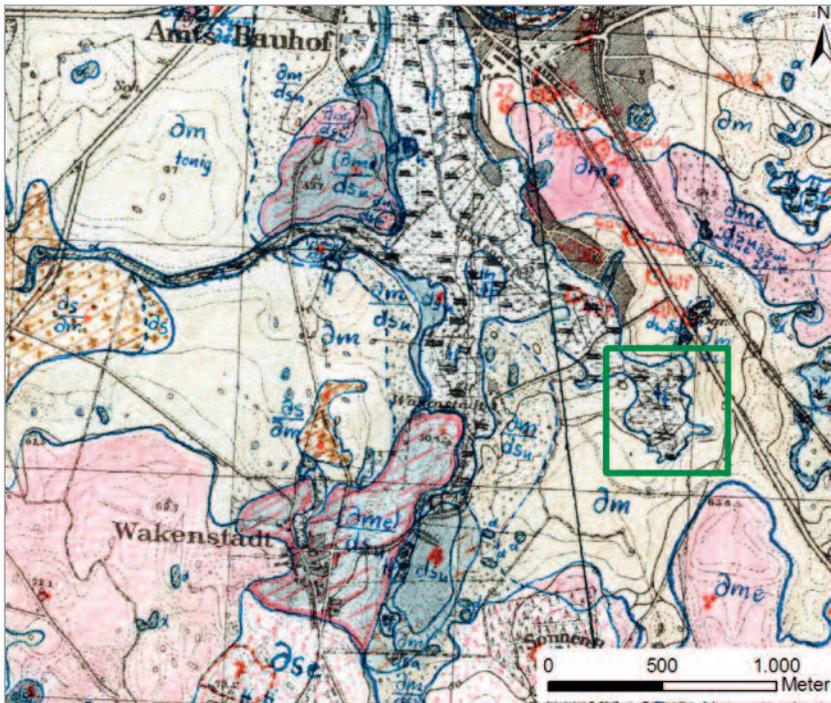


Abb. 7: Ausschnitt der geologischen Karte OK 232 (grünes Quadrat: Untersuchungsraum, siehe auch Abb. 6; Quelle: Archiv LUNG M-V)
Section from the geological map OK 232

Das Grundwasser strömt im Untersuchungsgebiet vorherrschend von Süden nach Norden bzw. von Südosten nach Nordwesten (Abb. 6). Die dieser Interpretation zugrundeliegenden Daten entstammen einer landesweiten Aufnahme, so dass die Detailtreue nicht ausreicht, um lokale Aussagen treffen zu können. Die generalisierte Fließrichtung kann jedoch als gesichert gelten. Das Quellgebiet der Radegast befindet sich an der Abbruchkante des Geschiebemergels zu den holozänen Torfen, die auch im Gelände morphologisch gut erkennbar ist.

3.1 Verbreitung, Mächtigkeit und Aufbau der Quellbildungen

Die im Jahr 2018 durchgeführten Sondierungsbohrungen erlauben Aussagen zum Aufbau der Moor- und Quellbildungen des Untersuchungsgebietes. Die Bohrungen wurden in der Regel bis zum anstehenden Geschiebemergel durchgeführt. In der untersuchten Niederung steht als Grundwassergeringleiter ein Geschiebemergel an, der in fast allen Bohrungen erreicht werden konnte. Darüber folgen in der Regel sandige Schichten, Mittel- und Feinsande, die eine Mächtigkeit von einigen Dezimetern aufweisen. Überlagert werden diese Schichten im Südteil der Niederung, dem (Haupt-)Quellbereich der Radegast, von Quellablagerungen, während im Hauptteil stärker zersetzte Radizellen-Torfe (Radizellen = Wurzelfilz) verbreitet sind.

Die Mächtigkeit der Torfe und der Quellablagerungen erreicht im Südteil 2 bis 3 Meter. Im Hauptteil der Niederung wurde bei 4,8 Meter unter Gelände die mineralische Basis nicht erreicht (B2 in Abb. 8 und 9); hier sind durchgängig stark zersetzte Radizellen-Torfe verbreitet. Die in der Niederung gebildeten Radizellen-Torfe zeigen überwiegend einen höheren Kalkgehalt. Sie enthalten Reste bzw. Bruchstücke von Muschel- und Schneckenschalen.

Zur Verdeutlichung der in der Umgebung des Quellbereiches der Radegast bestehenden Lagerungsbedingungen des Untergrundes wurden die Profilschnitte mit vorhandenen Bohrungsdaten des LUNG sowie den neu abgeteuften Bohrungen erstellt. Die Übersichtsdarstellung (Abb. 8) zeigt bereits das „Auskeilen“ bzw. die lokale Unterbrechung des Geschiebemergels am Quellhang. Durch die Bohrung 19 (Abb. 9) wurden bis in 2,65 Meter unter Gelände sandige Bildungen nachgewiesen, die erst ab dort von Geschiebemergel unterlagert werden. Im Hangenden wurden Kalktuff-Bildungen bzw. Torfe erbohrt. Das hier von Süden in dem gespannten und bis zu 25 Meter mächtigen Grundwasserleiter – in der Bohrung Hy Gb 12/1967 (Abb. 6) wurden Sande von fünf bis 25 Meter Tiefe erbohrt – anströmende Grundwasser tritt an dieser Stelle als Quelle an die Erdoberfläche. Es handelt sich somit um eine Stau- bzw. Überlaufquelle (LAWA 1995, HÖLTING & COLDEWEY 2009), bei welcher der Überlauf des Grundwassers durch die lückenhafte Verbreitung des Grundwassergeringleiters erzwungen wird. Durch den Quellaustritt erfährt das Grundwasser eine abrupte Änderung der relevanten physikochemischen Parameter (pH und Temperatur), wodurch Kalzit dauerhaft ausgefällt werden kann und als Kalktuff sedimentiert.

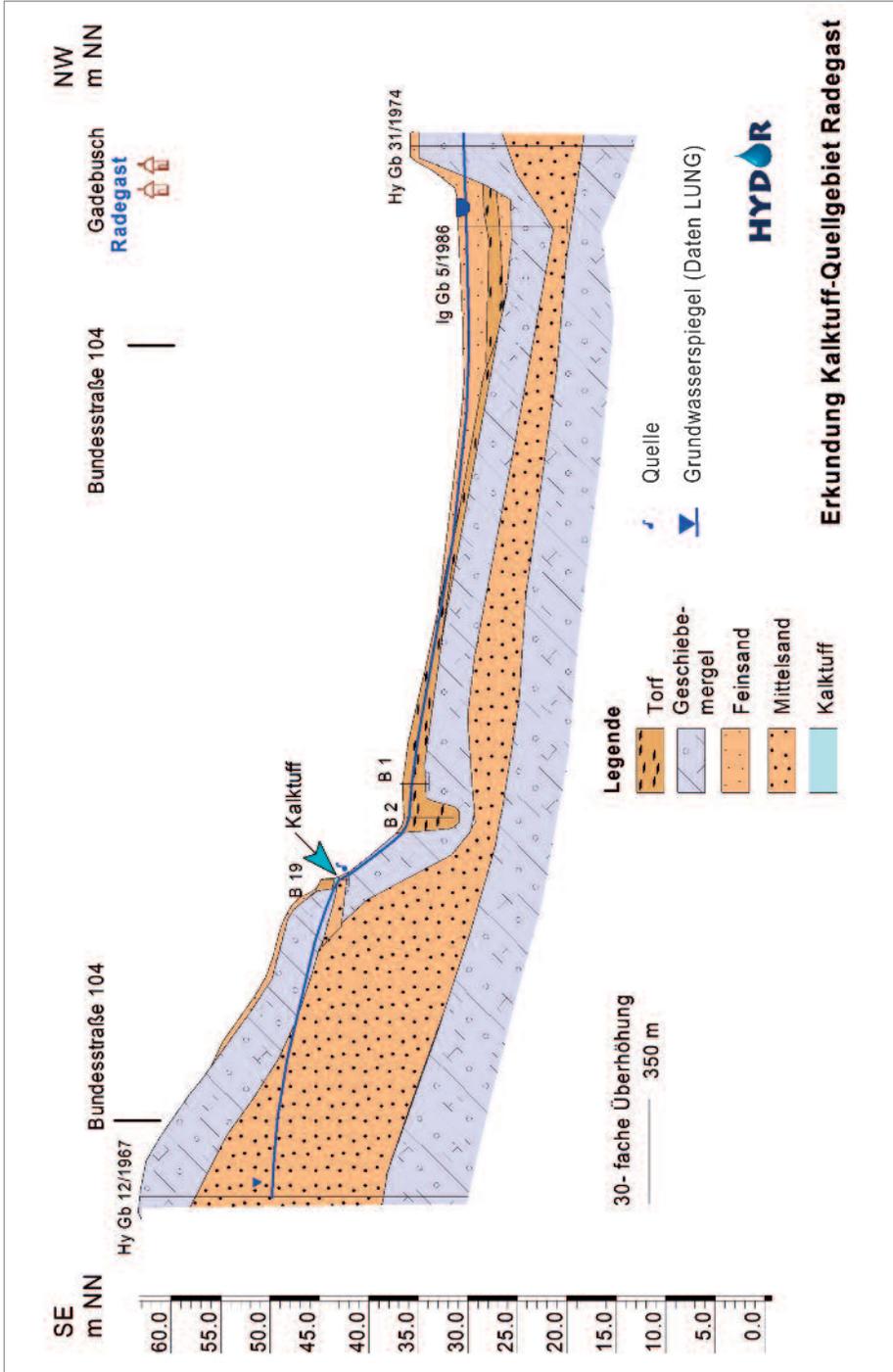


Abb. 8: (Hydro)geologischer Profilschnitt im Radegast-Quellgebiet von Südwest nach Nordost
 (Hydro)geological profile of the Radegast spring area section from southwest to northeast

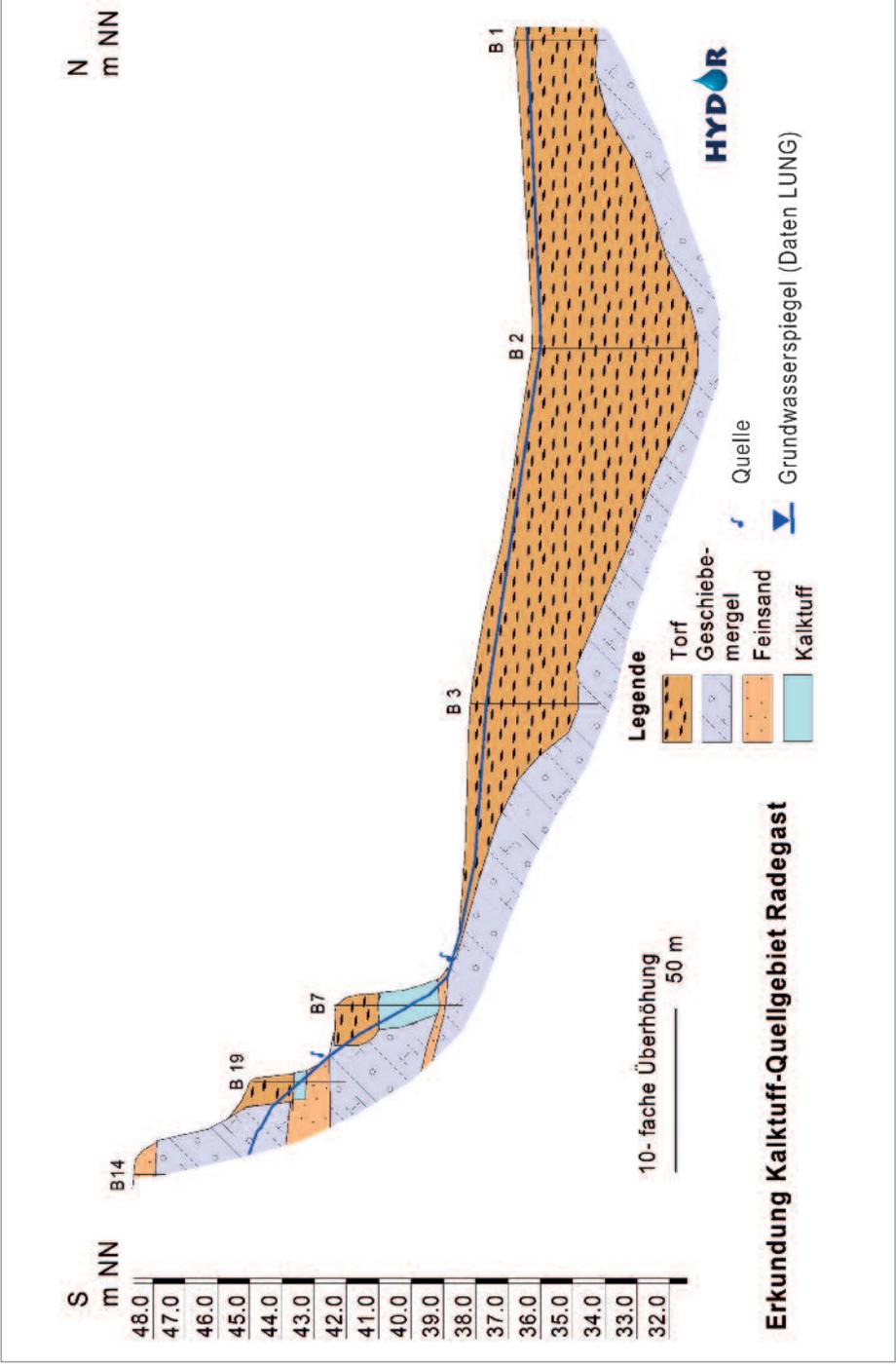


Abb. 9: Detailschnitt vom Quellhang der Radegast in die nördlich angrenzende Niederung
Detailed section from the spring slope of the Radegast river, with adjacent lowlands to the north

Der Detailschnitt (Abb. 9) bestätigt dies, er verläuft zusätzlich durch die Bohrung B 7, in welcher Kalktuff-Bildungen mit einer Mächtigkeit von nahezu zwei Metern (von 1,40 bis 3,30 Meter) nachgewiesen wurden. In der benachbarten (nicht im Schnitt dargestellten Bohrung 8) wurde die maximal erbohrte Mächtigkeit einer Kalktuff-Bildung angetroffen. Von 1,70 bis 4,25 Meter unter Flur reichte hier der Kalktuff, also mit einer Mächtigkeit von 2,55 Metern. In den übrigen acht Bohrungen mit kalkigen Sedimenten dagegen erreichten die Mächtigkeiten des (vermuteten) Kalktuffes zumeist nur geringere Werte, der Mittelwert in den neun Bohrungen lag bei 91 Zentimeter.

Die Verbreitung der Kalktuffe beschränkt sich auf den Südteil der Niederung (B5 bis B9 und B15 bis B20 in Abb. 6). Es bestehen Wechsellagerungen von Kalktuffen und Quellsedimenten mit höheren Silikat- oder organischen Anteilen. Auch die Eisen-Gehalte können relativ hoch sein (siehe rötliche Färbung in Abb. 5). Aktuelle Kalktuffbildung findet gegenwärtig ausschließlich im Randbereich der Quellbäche statt.

Eine begünstigende Rolle bei der Kalktuff-Bildung spielt das Starknervmoos (*Palustriella commutata*), das im Untersuchungsraum eine hohe Deckung aufweist (Abb. 10). Die Moose entziehen für ihre Assimilation (Photosynthese) dem Karstwasser Kohlenstoffdioxid und fördern damit die Ausfällung des Kalkes.



Abb. 10: Starknervmoos (*Palustriella commutata*) im Quellbach der Radegast (Foto: Rowinsky, 24.11.2018)
Curled hookmoos (*Palustriella commutata*) in the spring brook of the Radegast river



Abb. 11: Kalktuffprobe (Tab. 1, Quellhang Radegast) mit einem Kalkgehalt von 85 % (Foto: Hannappel, 09.11.2018)
Calcareous tufa sample with lime content of 85 %

3.2 Laboranalysen

Bei der Analyse der Proben kann es im Zuge der Probenvorbereitung (chemischer Aufschluss) zu einer chemischen Veränderung der Substanz kommen, z. B. zum Verlust durch Verflüchtigung. Für Calciumcarbonat kann von einem Verlust von ca. 5 % ausgegangen werden. Weiterhin kann es bei der Bestimmung von Calcium im AAS (Atomabsorptionsspektrometer) – der Calciumcarbonat-Anteil wird aus dem Calcium-Anteil berechnet – v.a. bei höheren Kalkgehalten, zu einem Fehler von ebenfalls bis ca. 5 % kommen. Dies muss bei der Auswertung der Analysen berücksichtigt werden.

Bei Berücksichtigung eines Kalk-Verlustes von 5 % bei der Probenvorbereitung können drei Proben demnach als Reinkalk bzw. Kalktuff bezeichnet werden. Der Calciumcarbonat-Anteil beträgt hier annähernd oder über 90 % (vgl. Abb. 11). Eine Probe (B20: 100 - 120 cm, Ansilikat-Kalk) enthält einen höheren Silikatgehalt (10 - 30 %) und kann daher nicht mehr zu den Kalktuffen gezählt werden. Der Kalkgehalt beträgt hier über 70 %. Weitere zwei Proben gehören aufgrund ihres hohen Silikat-Gehaltes zu den Ankalk-Silikaten, der Kalkgehalt beträgt unter 30 %. Die Probe aus einem Quellbereich am Niederungsrand (B21: 205 - 220 cm), innerhalb von Moorbildungen gelegen, zeigt einen hohen organischen Anteil (> 30 %, Kalkgehalt 15 %) und gehört daher zu den Torfen (Kalkquell-Torf).

Tab. 1: Laboranalytisch ermittelter Kalkgehalt der Proben (Analyse: IHU Geologie und Analytik GmbH)
Calcium concentrations of the samples from the laboratory results

Herkunft Probe	CaCO₃ (%)	Substrat*
Quellhang Radegast	84,5	Reinkalk (Kalktuff)
B5: 50 - 70 cm	11,6	Ankalk-Silikat
B16: 80 - 100 cm	17,5	Ankalk-Silikat
B17: 160 - 175 cm	98,4	Reinkalk (Kalktuff)
B18: 140 - 160 cm	87,1	Reinkalk (Kalktuff)
B20: 100 - 120 cm	69,2	Ansilikat-Kalk
B21: 205 - 220 cm	14,8	Kalkquell-Torf

* Nomenklatur nach SUCCOW & JOOSTEN 2001: 67-68, Tab. 3-5 und 3-7

4. Diskussion zur Genese des Kalktuffes im Quellbereich der Radegast

Im Ergebnis der Laboruntersuchungen konnte die Verbreitung von Kalktuff im Untersuchungsraum bestätigt und flächenhaft dargestellt werden (s. Abb. 6, rote Linie). Sie bezieht sich jedoch nur auf das engere Quellgebiet der Radegast und umfasst insgesamt neun der 21 Bohrungen. Außerhalb der ausgewiesenen Fläche wurde kein Kalktuff erbohrt und laboranalytisch nachgewiesen.

Nach LUNG M-V (2011) sind Kalktuffquellen an kalkreiche Quellwasseraustritte mit mäßig nährstoffarmem Wasser und damit einhergehender Kalktuffbildung durch Ausfällung von Kalziumbikarbonat gebunden. Die überwiegend mineralischen und mesotrophen Standorte werden überrieselt und sind ständig wassergesättigt, wobei Wasserstand und Wassertemperatur nur geringen Schwankungen unterliegen. Der Lebensraumtyp (LRT) umfasst Kalk-Quellfluren, die häufig als kleinräumiges Mosaik mit schlenkenartigen Wasserzügen, bultartigen Erhöhungen oder Steinen in Erscheinung treten. Die Vorkommen des LRT liegen im Bereich von Sicker-, Tümpel- oder Sturzquellen an Hängen der Steilküste und am Rande großer Täler sowie im Bereich von Quellbächen. Die Ausbildung der Quellfluren erfolgt in Abhängigkeit von der Quellfähigkeit und von der Beschattung.

Weiterhin wird in LUNG M-V (2011) auf die Hauptgefährdung der Vorkommen hingewiesen. Diese resultiert aus der Veränderung des hydrologischen Systems u. a. durch Grundwasserabsenkung mit Verminderung der Quellschüttungen bzw. durch Entwässerung in den Einzugsgebieten, die zu einer Beschleunigung der Sukzession (Zunahme von Arten eutropher Quellfluren, verstärktes Aufkommen bachbegleitender Stauden und Hochstauden und von Eutrophierungszeigern) führt. Teilweise ist eine Eutrophierung der Quellbereiche u. a. durch atmosphärische Einträge, diffuse Einträge aus dem unterirdischen Einzugsgebiet oder intensive landwirtschaftliche Nutzung im unmittelbaren Einzugsgebiet zu beobachten. Weitere Gefährdungen ergeben sich durch Quellfassung (Beeinträchtigung, Beseitigung), Nutzung der Quelle als Viehtränke (Beeinträchtigung durch Trittbelastung) und Ablagerungen von Fremdmaterialien.

Nach SUCCOW & JOOSTEN (2001: 355) sind Quellmoore Moore, „[...] die direkt aus dem Grundwasser gespeist werden. Sie entstehen dort, wo Grundwasser ständig und ergiebig austritt [...]“. Es müssen also bestimmte hydrogeologische Bedingungen vorhanden sein. Voraussetzung für einen ergiebigen und permanenten Grundwasserzufluss ist ein relativ großes unterirdisches Einzugsgebiet sowie ein mächtiger Grundwasserleiter im hydraulischen Anstrom. Viele mächtige Quellmoore werden häufig durch unter Druck stehendes artesisches Wasser tieferer Grundwasserstockwerke mit einer gleichmäßigen Schüttung gespeist (ROWINSKY 2014). Bei diesen Mooren handelt es sich v.a. um druckwasserspeiste Hang-Quellmoore.

In der Jungmoränenlandschaft vorhandene Wechsellagerungen von lehmigen und sandig-kiesigen Ablagerungen begünstigen das Auftreten artesischer Bedingungen. Die gebildeten Torfe sind häufig hoch zersetzt und besitzen durch den Eintrag von mineralischen Fällungsprodukten und Schluffen höhere Ascheanteile. Dies ist auch im Radegast-Quellgebiet der Fall. Der Zersetzungsgrad der abgelagerten Torfe ist fast durchgängig sehr hoch. Für Quellmoore kalkreicher Jungmoränengebiete ist ein hoher Kalkgehalt kennzeichnend, da hier Calciumcarbonat das wichtigste Fällungsprodukt ist.

Im Untersuchungsraum war der Kalkgehalt der abgelagerten Torf- und Quellbildungen überwiegend relativ hoch (Kalkgehalt über 10 %). Dies ergab schon im Gelände die Kalk-Ansprache mit HCl. In Teilbereichen lag der Kalkanteil relativ niedrig und war über die HCl-Methode nicht nachweisbar. Dies betraf v.a. die oberflächennah anstehenden Radizellen-Torfe. Im Mittel- und Nordteil der untersuchten Niederung sind allerdings überwiegend Quell-Kalktorfe bzw. Quell-Kalkantorfe verbreitet, die einen mit HCl nachweisbaren Kalkgehalt aufweisen. In diesem Bereich fehlen Kalktuff-Bildungen und die gebildeten Radizellen-Torfe zeigen höhere organische Anteile.

Nur der engere Quellbereich im Südteil des Untersuchungsraumes in Hanglage zeigt das Auftreten von Kalktuff bzw. Reinkalk und Ansilikat-Kalk. Ein Kalkgehalt von mehr als 90 % wird aber auch hier nach den Laboranalysen nicht durchgängig erreicht. Es bestehen Wechsellagerungen zwischen Kalktuffen und sandigen, kalkreichen Ablagerungen (Silikat-Kalk, Ansilikat-Kalk, Ankalk-Silikat). Die Entstehung der Kalktuffe ist demnach an das austretende kalkreiche Grundwasser am südlichen Talrand gebunden. Bei Veränderung der hydrogeologischen Bedingungen können sich die Quellaustritte verlagern. Damit verschieben sich auch die Bereiche, in denen eine Kalktuff-Bildung stattfinden kann. Dies erklärt den Wechsel der Schichtenfolgen auf engstem Raum und die unterschiedlichen Mächtigkeiten der Kalktuffe im Untersuchungsraum.

5. Danksagung

Das Bau- und Ordnungsamt des Amtes Gadebusch (Frau Rommy Elßner) beauftragte das Gutachten. Herr Dr. A. Brande (Berlin) sah das Typoskript kritisch durch.

6. Literaturverzeichnis

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Aufl., 438 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- ALAILY, F., BRANDE, A., FACKLAM, M. & RENGER, M. (2000): Bodengesellschaften und Genese von Kalktuff im Naturschutzgebiet „Kalktuffgelände am Tegeler Fließ“ (Berlin-Blankenfelde). – Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde Berlin (N. F.) **38**: 111 - 125; Berlin
- BAIER, A. (2002): Die „Steinerne Rinne“ am Berg südlich Erasbach/Opf. Eine Untersuchung zur Hydrogeologie und -chemie des Seichten Karstes. – Geologische Blätter NO-Bayerns **52 (1/4)**: 139-194, 17 Abb., 2 Tab., 3 Taf.
- BfN (2013): Nationaler FFH-Bericht 2013.- Hrsg.: Bundesamt für Naturschutz; Bonn – Bad Godesberg. (<https://www.bfn.de/themen/natura-2000/berichte-monitoring/nationaler-ffh-bericht.html>).
- BfN (2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands – Naturschutz und Biologische Vielfalt **156**: 1 - 637; Bonn-Bad Godesberg.

- GRUBE, A. & USINGER, H. (2016): Zur Bildung von Quellmoor-Kuppen mit Quellkalk-Bildungen bei Havernis und Curau (nördliches und mittleres Schleswig-Holstein). – E & G, Quaternary Science Journal **65/2**: 156 - 173.
- GRUBE, A. & USINGER, H. (2017): Spring fed raised peat hummocks with tufa deposits at the Farberg hills (Northwest-Germany): Structure, genesis and palaeoclimatic conclusions (Eemian, Holocene). – E & G, Quaternary Science Journal **66/1**: 14 - 31.
- HÖLTING, B. & COLDEWEY, W. G. (2009): Hydrogeologie. – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 7. Aufl.; Heidelberg (Spektrum).
- HYDOR (2019): Untersuchung eines Kalktuffes im Quellgebiet der Radegast südlich von Gadebusch. – Unveröff. Gutachten der HYDOR Consult GmbH und der IHU Geologie und Analytik GmbH im Auftrag des Amtes Gadebusch; Berlin, Groß Upahl.
- KATZUNG, G. (2004): Geologie von Mecklenburg-Vorpommern. – Hrsg.: G. KATZUNG, 1. Auflage; Stuttgart (Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung).
- LAWA (1995): Richtlinien für Beobachtung und Auswertung, Teil 4: Quellen. – Hrsg.: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, LAWA-AK „Grundwassermessungen“, Grundwasserrichtlinie 4/95, Umweltministerium Baden-Württemberg, November 1995.
- LUNG M-V (2011): Lebensraumtyp 7220 (Cratoneurion); Hrsg.: LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN; Güstrow. (https://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/umwelt/natur/lebensraumschutz_portal/ffh_lrt.htm).
- MARTIN, CH. & EIBLMAIER, M. (2003): Lexikon der Geowissenschaften, 6. Bde.; Heidelberg (Spektrum).
- ROWINSKY, V. (2014): Quellmoorrenaturierung Beesenberg (Uckermark, Brandenburg). – Telma **44**: 83 - 114; Hannover.
- STRAHL, J., KEDING, E., STEINICH, G., FRENZEL, P. & STRAHL, U. (1994): Eine Neubearbeitung der eem- und frühweichselzeitlichen Abfolge am Klein Klütz Höved, Mecklenburger Bucht. – Eiszeitalter und Gegenwart **44**: 62 - 78; Hannover.
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- TGL 24300/04 (1986): Standortaufnahme von Böden – Moorstandorte. – 13 S.; Berlin.
- UHLE, G. (2018): Detailkartierung eines gesetzlich geschützten Komplexbiotops (Radegastquellgebiet). – Unveröff. Gutachten Ingenieurbüro Uhle, Grevesmühlen im Auftrag der Stadt Gadebusch; Grevesmühlen.
- UMWELTPLAN (2018): Verbesserung des Erhaltungszustandes von Kalktuffquellen (LRT 7220*) im FFH-Gebiet DE 2341-302 „Malchiner See und Umgebung“, Machbarkeitsstudie – Abschlussbericht. – Unveröff. Gutachten der Umweltpfan GmbH Stralsund im Auftrag des Staatlichen Amtes für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburgische Seenplatte; Stralsund.

Anschriften der Verfasser:

S. Hannappel,
E. Rejman-Rasinska
HYDOR Consult GmbH
Am Borsigturm 40
D-13507 Berlin
E-Mail: hannappel@hydor.de

V. Rowinsky
R. Schulz
IHU Geologie und Analytik GmbH
Tieplitzer Straße 8
D-18276 Gülzow-Prüzen, Groß Upahl
E-Mail: v.rowinsky@t-online.de

Manuskript eingegangen am 27. März 2019

