

## Statistische und praxisorientierte Untersuchungen zur Subrosionsproblematik

Silvia Schulze & Katja Rindfleisch

### Zusammenfassung

Es werden die Probleme der Untersuchung bzw. Erfassung und der Bebauung subrosionsgefährdeter Horizonte anhand ausgewählter repräsentativer Gebiete im Land Thüringen aufgegriffen. Ziel war es, die durch Subrosion verursachten Hohlformen auf Abhängigkeiten, Zusammenhänge bzw. Gesetzmäßigkeiten zu untersuchen. Die Grundlage für die Auswertung stellt das Datenarchiv des Subrosionskatasters der TLUG in Jena dar. Die Analyse der Subrosion im Mittleren Muschelkalk erfolgte anhand der Blätter 5033 Weimar und 5034 Weimar E sowie 5129 Waltershausen. Die Blätter 5235 Pößneck N, 5236 Neustadt / Orla, 5334 Saalfeld und 5335 Pößneck S sind von der Subrosion des Zechsteins betroffen. Die Subrosion des Gipskeupers wurde am Beispiel des Kartenblatts 4733 Oberheldrungen untersucht. Die Analyse der Subrosion im Mittleren Muschelkalk erfolgte anhand der Blätter 5033 Weimar und 5034 Weimar E sowie 5129 Waltershausen. In allen Horizonten treten vorrangig Hohlformen mit geringen Tiefen (bis 4 m) auf. Nur wenige Objekte zeigen große Tiefen (größer 8 m). Generell wird deutlich, dass sich bei größerer Tiefe der Hohlformen die Hohlformanzahl reduziert. Bei den Hohlformdurchmessern unterscheiden sich die verschiedenen Entstehungshorizonte. Während im Mittleren Keuper größtenteils Dimensionen bis 5 m auftreten, variieren im Mittleren Muschelkalk die

Durchmesser überwiegend bis 10 m. Der Hauptteil der Subrosionsobjekte im Zechstein zeigt Durchmesser bis 10 m, z. T. auch bis 50 m.

Die Diplomarbeit „Bauen in subrosionsgefährdeten Gebieten - Statistische Betrachtungen und Gefährdungsabschätzung für subrosive Horizonte im Land Thüringen“ (RINDFLEISCH, 2003) greift die Problematik von Untersuchungen, Erfassung und Bebauung in subrosionsgefährdeten Gebieten auf. Die in Thüringen weit verbreitete Subrosion betrifft vor allem die Chlorid-, Sulfat- und Karbonatgesteine des Zechsteins (z), des Oberen Buntsandsteins (so), des Mittleren Muschelkalkes (mm) und des Gipskeupers (km).

Die durch Subrosion verursachten Hohlräume wurden auf Abhängigkeiten, Zusammenhänge bzw. Gesetzmäßigkeiten untersucht. Die Arbeit basiert auf dem Datenarchiv des Subrosionskatasters der TLUG. Gegenwärtig befindet sich das Kataster noch im Aufbau, weshalb Auswertungen nur an ausgewählten, für Thüringen repräsentativen Gebieten vorgenommen werden konnten. (Tab. 1)

Tab. 1: Übersicht der einzelnen Untersuchungsgebiete (RINDFLEISCH 2003).

Nummer und Bezeichnung der TK 25	vorherrschende Subrosion	Stand der Bearbeitung im Subrosionskataster	Anzahl der erfassten Subrosionsobjekte
4733 Oberheldrungen	Subrosion des <i>km</i>	vollständig	43
5033 Weimar 5034 Weimar E	Subrosion des <i>mm</i>	vollständig	101
5129 Waltershausen	Subrosion des <i>mm</i>	angearbeitet	159
5235 Pößneck N 5236 Neustadt / Orla 5334 Saalfeld 5335 Pößneck S	Subrosion des <i>z</i>	vollständig	231

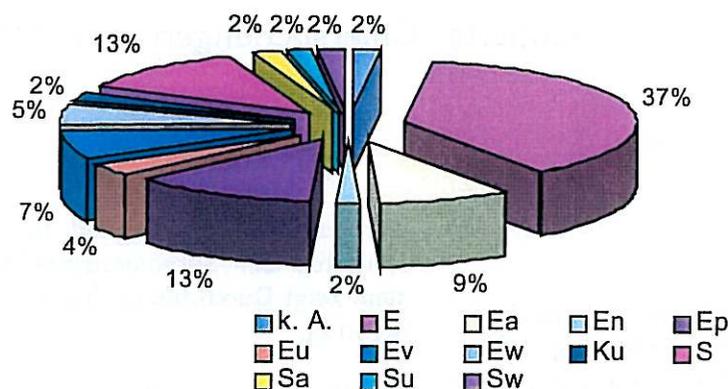


Abb. 1: Art der Subrosionsobjekte TK 25 Blatt 5129 (RINDFLEISCH, 2003).

(k.A. - keine Angabe; E - Erdfall, allgemein; Ea - Erdfall, aktiv; En - Erdfall, natürlich verfüllt; Ep - Ponor; Eu - Erdfall, vermutet; Ev - Erdfall, anthropogen verfüllt; Ew - Erdfall, wassergefüllt; Ku - Uvala; S - Senke allgemein; Sa - Senke, aktiv; Su - Senke, vermutet; Sw - Senke, wassergefüllt)

An den Messtischblättern 5033 Weimar, 5034 Weimar E und 5129 Waltershausen erfolgte die Analyse der Subrosion im Mittleren Muschelkalk. Die Blätter 5235 Pößneck N, 5236 Neustadt/Orla, 5334 Saalfeld und 5335 Pößneck S wurden im Zusammenhang mit der Subrosion im Zechstein untersucht. Am Beispiel von Blatt 4733 Oberheldrungen wurde die Subrosion des Gipskeupers betrachtet. Aus Zeitgründen konnte auf die Subrosion im Oberen Buntsandstein nicht eingegangen werden, dies sollte Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein.

In Bezug auf nachfolgend aufgeführte Kriterien wurden insgesamt mehr als 570 durch Subrosion verursachte Hohlformen analysiert, wobei die Klasseneinteilungen für Art, Alter und Dimension sowie Rayon aus dem Subrosionskataster der TLUG über-

nommen wurden:

- Häufigkeitsverteilung der Art der Subrosionserscheinung je Messtischblatt (Abb. 1)
- Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Alter der Subrosionsformen je Messtischblatt;
- Häufigkeitsverteilung der Ausdehnung der Hohlformen (jeweils minimale und maximale Tiefe bzw. Durchmesser) je Messtischblatt;
- Häufigkeitsverteilung der betroffenen Gefährdungsrays und deren Anteil an der Gesamtfläche des Messtischblatts;
- Entstehungshorizont der Subrosionserscheinung;
- Erdfallhäufigkeiten der einzelnen Rays je Messtischblatt (Tab. 2).

Des weiteren wurde abschließend für jedes

Tab. 2: Übersicht der Erdfallhäufigkeiten unter Berücksichtigung der Dunkelziffer (RINDFLEISCH, 2003).

	4733	5033	5034	5129	5235	5236	5334	5335
Gesamtfläche [km <sup>2</sup> ]	129,44	132,40	136,20	~130	130,86	132,98	133,91	133,06
subrosionsgefährdete Fläche [km <sup>2</sup> ]	129,44	132,40	87,52		130,86	112,96	88,79	44,36
geschätzte Gesamtanzahl der Objekte <sup>1)</sup>	90	120	80	400	70	270	40	80
betrachteter Zeitraum [a]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Erdfallhäufigkeit [‰]	0,695	0,906	0,914		0,535	2,390	0,451	1,803

<sup>1)</sup> ergibt sich aus der Summe der tatsächlich erfassten Objekte und der geschätzten Dunkelziffer [entspricht nach HABERMANN (1995) der Anzahl der erfassten Hohlformen]

untersuchte Kartenblatt eine Übersicht über die wichtigsten Parameter der Subrosionsformen in diesem Gebiet erstellt. (Tab. 3).

von Subrosionserscheinungen konnten im Bereich der Schilfwasseraue nicht nachgewiesen werden, jedoch deuten sich folgende Tendenzen an:

Tab. 3: Übersicht der wichtigsten Parameter der SK 25 Blatt 4733 (RINDFLEISCH 2003).

Anzahl der erfassten Objekte	43	
Hauptanteil der Subrosionsobjekte	Ev S	40% 23%
Hauptbildungszeitraum	1800 – 1900 k. A.	46% 19%
jüngster Bildungszeitraum	jünger als 1990	14%
Hauptanteil der betroffenen Rayons	B-b-l-3 <sup>1)</sup>	79%
Hauptanteil der maximalen Durchmesser	bis 5 m	56%
Mittelwert des minimalen Durchmesser	17,5 m	
Mittelwert des maximalen Durchmesser	30,8 m	
Hauptanteil der maximalen Tiefe	bis 2 m	66%
Mittelwert der minimalen Tiefe	1,9 m	
Mittelwert der maximalen Tiefe	2,3 m	
Hauptentstehungshorizont	kmGOG <sup>2)</sup>	83%
Hauptflächenanteil der Rayons	B-a-l B-b-l-4 <sup>3)</sup>	40% 23%
Rayon mit größter Erdfallhäufigkeit	B-b-l-3	3,97 ‰ <sub>∞</sub>

<sup>1)</sup> B-b-l-3 - Subrosion über Sulfatuntergrund, Erdfälle und -einsenkungen sind häufig, akutes Erdfallgebiet;

<sup>2)</sup> kmGOG – Graue Heldburggipsmergel des Mittleren Keupers;

<sup>3)</sup> B-a-l - Subrosion aufgrund der geologischen Situation sehr unwahrscheinlich; B-b-l-4 - Subrosion über Sulfatuntergrund, Erdfälle sehr selten, potentiell Subrosionsgebiet mit im Wesentlichen noch intaktem Sulfat.

Das Kartenblatt 5129 Waltershausen wurde außerdem auf eventuelle Abhängigkeiten zwischen dem Auftreten von Subrosionserscheinungen und den Niederschlagsmengen bzw. der Lufttemperatur untersucht. Da für die Gemeinde Ernstroda und ihre nähere Umgebung keine Wetterdaten vorhanden sind, wurden die Werte der Wetterstationen Martinroda und Ruhla zur Korrelation verwendet.

Neben dem Subrosionskataster Thüringen lagen detaillierte Aufzeichnungen der Subrosionsereignisse im Bereich der Schilfwasseraue in Ernstroda vor. Dieses Kataster war vom ehemaligen Bürgermeister der Gemeinde Ernstroda, Herrn Püls, verfasst worden.

Eindeutige Zusammenhänge zwischen den Niederschlagsmengen und dem Eintreten

- Konzentration der Erscheinungen in den Frühlings- und Herbstmonaten (Abb. 2);
- Abhängigkeit der Anzahl der Subrosionsobjekte von der Dauer und Höhe der Niederschläge;
- Häufungen von Subrosionserscheinungen nach Frostaufgang bzw. Schneeschmelze;
- Verstärkung der Subrosionsvorgänge durch

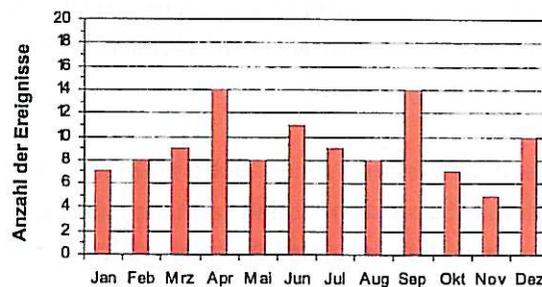


Abb. 2: Monatsbezogene Summe der Ereignisse in der Schilfwasseraue von 1991 bis 1997 (alle Subrosionsereignisse der Jahre 1991 bis 1997 in den jeweiligen Monaten aufaddiert, RINDFLEISCH 2003).

erhöhte Versickerungsraten bei Starkregenereignissen nach längeren Trockenperioden.

Weiterhin konnten Erkenntnisse in Bezug auf die Dimensionen der auftretenden Hohlformen gewonnen werden. In allen Entstehungshorizonten treten vorrangig Objekte mit geringen Tiefen bis 4 m, z. T. auch bis 6 m auf. Nur wenige Objekte zeigen große Tiefen (größer als 8 m). Generell wird deutlich, dass sich bei größerer Tiefe der Hohlformen die Hohlformanzahl reduziert (Abb. 3).

führte Studien zur Ilmenauer Geologie durch und befasste sich mit dem Kupferschieferbergbau.

Das erste Beispiel beschäftigt sich mit einem Standort südlich des ehemaligen Johanneschachtes. Hier ist der Bau eines kleinen, aber infrastrukturell wichtigen Wohngebietes vorgesehen. Während der Planung ergaben sich Hinweise, dass der Standort durch Altbergbau und Subrosion beeinflusst sein könnte.

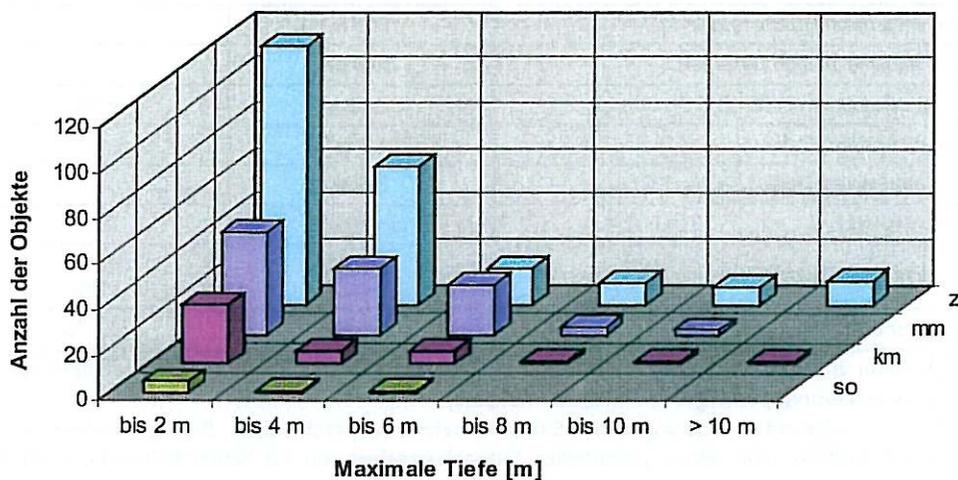


Abb. 3: Vergleich der maximalen Objektiefe der einzelnen Entstehungshorizonte (RINDFLEISCH 2003).

Die Angaben für den Oberen Buntsandstein entstammen den Blättern 4733, 5033, 5129 und 5235, sind aber aufgrund der geringen Anzahl statisch nicht relevant.

Bei den Hohlformdurchmessern dagegen unterscheiden sich die einzelnen Horizonte. So herrschen im Mittleren Keuper Durchmesser bis 5 m vor, während im Mittleren Muschelkalk vorrangig Dimensionen bis 10 m, z. T. auch darüber, auftreten. Im Zechstein weisen die Subrosionsformen hauptsächlich Durchmesser bis 50 m auf.

Nach den statistischen Betrachtungen zum Thema Subrosion sollen anhand von drei ausgewählten praktischen Beispielen noch konkrete Erfahrungen aus dem Alltag eines Baugrundbüros vorgestellt werden. Zwei Beispiele sind in der für ihre Altbergbau- und Subrosionsprobleme bekannten Stadt Ilmenau angesiedelt. Bereits Geheimrat GOETHE

Das zweite Beispiel befindet sich auf dem Campus der Technischen Universität Ilmenau. Der geplante Bau einer Dreifelderhalle stand unter einem ungünstigen Vorzeichen, weil laut vorliegenden Unterlagen zumindest eine teilweise Lage im akuten Erdfallgebiet zu besorgen war.

In beiden Fällen wäre eine enorme Kosten-erhöhung infolge erhöhter Gründungsaufwendungen, eventuell sogar der Verzicht auf die geplante Baumaßnahme auf den jeweiligen Bauherrn zugekommen. Zur Überprüfung der Situation wurde das Ingenieurbüro vgs Baugrundinstitut Dr. Köhler & Kirschstein GmbH & Co. KG eingeschaltet. Im Ergebnis der Durchführung einer umfang-

reichen Kenntnisstandsanalyse wurden an beiden Standorten gezielt Kernbohrungen zur Klärung der Untergrundverhältnisse angesetzt. Die vor Ort geologisch betreuten Bohrungen erbrachten eindeutig positive Aussagen für die Bauherren. An beiden Standorten stehen im unmittelbaren Untergrund nicht auslaugungsgefährdete Schichten (Rotliegend, Kupferschiefer, Granit) an. Erhöhte Gründungsaufwendungen aufgrund einer Auslaugungsgefährdung sind nicht notwendig. Sinnvolle angeordnete Erkundungsarbeiten, gekoppelt mit einer Datenrecherche, haben letztendlich zu einer hohen Kostenersparnis bzw. überhaupt zu einer Realisierbarkeit der Baumaßnahmen geführt.

Das letzte Beispiel behandelt ein Kanalbauvorhaben in der Landeshauptstadt Erfurt. Bereits bei der im Vorfeld der Baugrunderkundung durchgeführten Datensichtung konnte festgestellt werden, dass sich der geplante Abwassersammler genau im Grenzbereich zwischen Terrassenschotter und auslaugungsgefährdetem Mittleren Keuper verlaufen soll. Aufgrund dessen wurden Untersuchungen mittels Kernbohrungen gekoppelt mit Schweren Rammsondierungen veranlasst. Im Ergebnis dieser Erkundungen konnte unter anderem eine präquartäre Subrosionssenke mit vor bzw. nach Ablagerung der Terrassenschotter aktivem Senkungszentrum (lockere Lagerung, erhöhte Kiesmächtigkeit, organogen-tonige Basisverfüllung) lokalisiert werden. Das frühzeitige Erkennen komplizierter Baugrundverhältnisse ermöglicht bereits in der Planungsphase das Einkalkulieren zusätzlicher Sicherungsmaßnahmen für die Rohrleitung.

### Literatur

BIEWALD, W. (2001): Der GIS-basierte Subrosionskataster Thüringen und seine Nutzung die Raumordnungs- und Bauplanungen - Zielstellung und Zwischenbi-

lanz. - Geowiss. Mitt. Thüringen, 9: 37 - 52; Jena.

HABERMANN, G. (1995): Bemerkungen zur Karte der Auslaugungserscheinungsformen des Mittleren Muschelkalkes im nordwestlichen Randgebiet der Mühlhausen-Langensalzaer-Keupermulde. - unveröff. Stellungnahme, Archiv TLUG Jena.

PÜLS (1993, 1997): Erdfallkataster „Schilfwasser – Leina/Gemeinde Ernstroda“ und „Im Oberdamm“ der Gemeinde Ernstroda und „Im Damm“ der Stadt Friedrichroda. - unveröffentlichtes Manuskriptmaterial; Archiv TLUG Jena.

RINDFLEISCH, K. (2003): Bauen in subrosionsgefährdeten Gebieten - Statistische Betrachtungen und Gefährdungsabschätzung für subrosive Horizonte im Land Thüringen - unveröff. Diplomarbeit Friedrich-Schiller-Universität; Jena.

#### ----- Autorenanschriften:

Silvia Schulze  
vgs-Baugrundinstitut Dr. Köhler & Kirschstein  
GmbH & Co. KG  
Alfred-Hess-Straße 23  
99094 Erfurt

Katja Rindfleisch  
Friedrich-Schiller-Universität  
Institut für Geowissenschaften  
Burgweg 11  
07749 Jena