0. Einführung

In der hier vorliegenden Arbeit soll ein Überblick über die naturräumlichen Gegebenheiten und das Spannungsfeld Mensch-Umwelt im Gebiet des Gipskarsts am Südrand des Harzes gegeben werden. Ein Überblick über dieses behandelte Gebiet (etwa vom westlichen Harzrand bei Badenhausen/Landkreis Goslar bis zum südöstlichen Harzrand bei Pölsfeld/Sachsen-Anhalt) ist in Abb. 1 mit der Signatur des Zechsteins gegeben. Im ersten Teil ist eine grundlegende Einführung in die Entstehung des Harzes und des vom Zechstein überprägten Südrands gegeben. Diese Einführung setzt sich nach einer kurzen Oberflächenbeschreibung fort in einigen Erläuterungen zu den im Fokus stehenden Gesteinen Gips und Anhydrit sowie deren Eigenschaften im Hinblick auf Verkarstung. Anschließend wird der Hauptformenschatz des Gipskarsts erwähnt und kurz beschrieben.

Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den Problemen und Herausforderungen, die sich in einer solchen Naturlandschaft für den Menschen stellen. Einerseits bewirken „natürliche“ Vorfälle wie Erdfälle eine deutliche Minderung der Lebensqualität für die Betroffenen, andererseits bewirkt der Mensch durch seine Eingriffe in die Natur Schäden, die letztlich eine sehr selten gewordene Flora und Fauna stören, sogar vernichten können. Zum Schluss des zweiten Teils wird auf Projekte und Vorhaben hingewiesen, die versuchen, Mensch und Umwelt durch die Ausweisung verschiedener Biosphärenreservate und Naturschutzgebiete in einer erhaltenswerten Landschaft zu versöhnen.

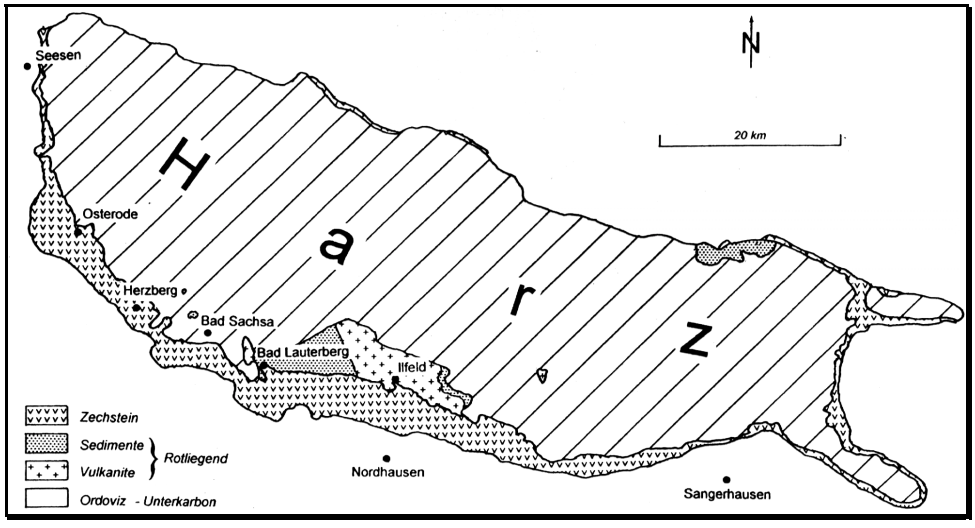

Abb. 1: Rotliegendes und Zechstein am südlichen Harzrand. Quelle: Paul, S. 8.

1. Die Umwelt

1.1. Die Entstehung des Harzes

Durch die Kollision der nordamerikanisch-eurasischen Platte und Gondwana (?) schob sich im Unterkarbon der Harz zu einem variszischen Faltengebirge zusammen (PAUL, S. 8). Nach dieser Faltung und anschließender Anhebung der devonischen und silurischen Gesteine bildete sich im Oberkarbon durch tiefgründige Verwitterung in wechselfeuchtem Klima das Rotliegende des Harzes. Die Rötung, die durch hämatitischen Überzug von Gesteinskörnern hervorgerufen wurde, zeigt so die ehemalige Oberfläche an, die vor dem Zechsteinmeer bestand.

Nach tektonischen Bewegungen, die zur Hebung von Eichsfeld- und Unterharzschwelle und dazwischen liegenden Senken führte, begann eine Verstärkung des Vulkanismus zum Beginn des Perm. Hierbei entstanden sowohl der Ravensberg bei Bad Sachsa als auch der Kleine und Große Knollen bei Bad Lauterberg (s. PAUL, S. 10). Der Ostteil des Harzes wird währenddessen von rhyolitischen Laven teilweise bedeckt, die jedoch bereits im Perm tiefgründig verwitterten.

Das Zechsteinmeer, das sich im Oberen Perm bildete, überflutete diese Landschaft von Norden her bis etwa zum heutigen Main (NIKOLA, S. 5). Ein nur begrenzter Zugang zum Weltmeer und ein überwiegend arides Klima führten zu einer starken Eindampfung dieses Meeres. Dies bewirkte die Erhöhung der Salinität und leitete so die Ausfällung von gelösten Mineralen in der Reihenfolge Karbonate – Sulfate – Chloride (– Salzton) ein. Diese bildeten mit Kalkstein/ Dolomit, Anhydrit/Gips und verschiedenen Salzen die heute (wieder) anstehenden Evaporitgesteine am Südrand des Harzes. Diese Ablagerungen erfolgten in mehreren Zyklen – während KEMPE (1972) und RICHTER-BERNBURG (1955) vier Zyklen zur stratigraphischen Gliederung beschreiben (vgl. Abb. 2), erwähnt PAUL derer acht, von denen er aber nur drei hervor hebt (vgl. auch VÖLKER 1992, S. 8). Ungeachtet dieser Diskussion können die Schichten des Werra-Anhydrits (A1) und des Hauptanhydrits (A3) als wichtigste Sulfatgesteinsschichten des südlichen Harzes festgehalten werden. Auf den Hauptanhydrit (A3) schichteten sich im weiteren Verlauf eine Schicht (auslaugendes) Steinsalz (Na3), weitere Sedimente des oberen Zechstein, insbesondere Ton- und Schluffsteine sowie die an-

schließend abgelagerten Sand-, Ton- und Kalksteine des Trias und den darauf folgenden Jura-Kalken.

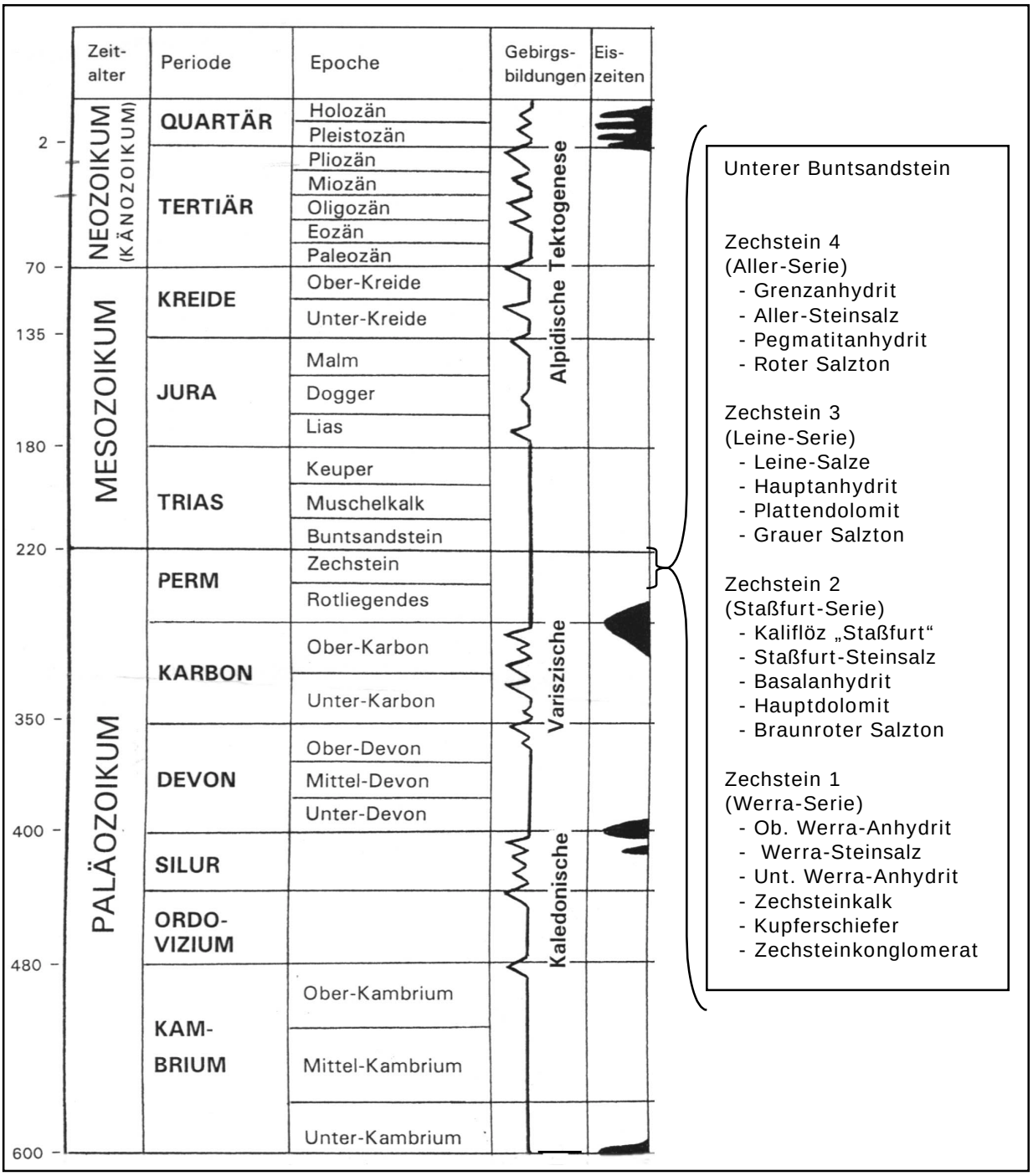

Abb. 2: Ausschnitt einer geologischen Zeittafel mit Ergänzungen zum Zechstein. Quelle: Modifiziertes Seminarpapier von Dr. H. BORGER, Sommersemester 1999; Modifikation nach KEMPE et al. (1972), S. 18.

Dass wir die Zechstein-Evaporite wieder als anstehende Gesteine vorfinden, verdanken wir der Hebung und Südwärtskippung des Harzes als Kippscholle, die erst im jüngeren Mesozoikum stattfand. Hierdurch konnte eine „schräge“ Ab-

tragung der Trias- und Juraschichten einsetzen, die für das Hervortreten der paläozoischen Schichten und den dazwischen liegenden Zechstein-Gesteine verantwortlich ist. Die Zechstein-Schichten streichen daher herzynisch und fallen variszisch. Ein Profil dieses Ergebnisses sei in Abb. 3 gegeben.

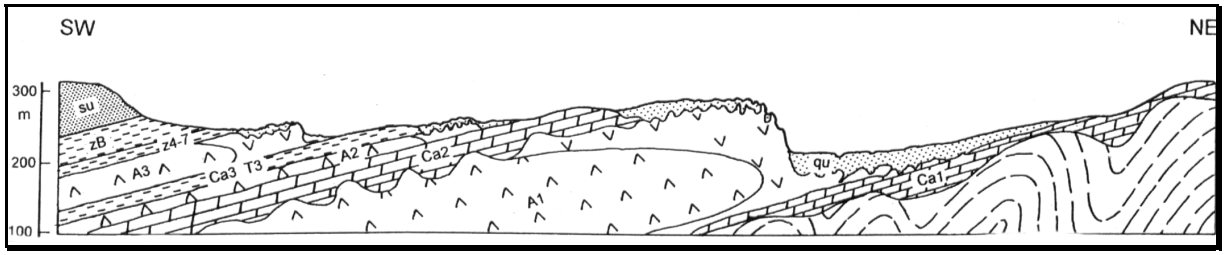

Abb. 3: Profil vom Harz in das südliche Vorland. Auslaugungs- und Vergipsungszone der Anhydrite. Etwa 5fach überhöht. Quelle: Paul, S. 12, dieser nach HERRMANN (1968).

1.2. Die Oberfläche des Südlichen Harzvorlands

Durch die oben angesprochene schräge Schichtung der Gesteine und anschließende Erosionsvorgänge hat sich im Bereich des südlichen Harzvorland eine Schichtstufenlandschaft herausgebildet. Stufenbildner sind hier insbesondere der Werra-Anhydrit an der Dolomit-Gips-Stufe A1-Ca2, der relativ schmale Basal-Anhydrit der Staßfurt-Serie und der Hauptanhydrit der Leine-Serie an der Buntsandstein-Gips-Stufe A3-Z4ff. (vgl. Abb. 3). Die Stufe des Werra-Anhydrits ist hierbei die auffälligste, da sie von subsequenten Flüssen oder von versinkenden Bächen laufend unterschnitten wird und somit immer weiter versteilt (KEMPE 1998, S. 28). Diese Idealform der ungestörten Schichtstufenlandschaft ist jedoch nicht in allen Gebieten am südlichen Harzrand gegeben: Durch die bereits in 1.1. angesprochenen tektonischen Störungen (die sich forsetzten) kam es zu Horst- oder Grabenbildungen in Folge von Hebungen oder Senkungen. So ist zum Beispiel das Gebiet des Hainholz bei Osterode vom anstehenden Anhydrit A3 der Leine-Serie geprägt, der im weiteren Gebiet des südlichen Harzvorlandes nicht mehr flächenhaft vorhanden ist (NIKOLA, S. 6). Eine Übersicht über verschiedene „gestörte“ Schichtstufenlandschaften sei hier durch Profildarstellungen von KEMPE (1998) in Abb. 4 gegeben. Zu beachten ist hierbei auch der Schotter, der sich durch nachlassende Transportkraft eiszeitlicher Schmelzwässer vor den Anhydritschichten abgelagert hat.

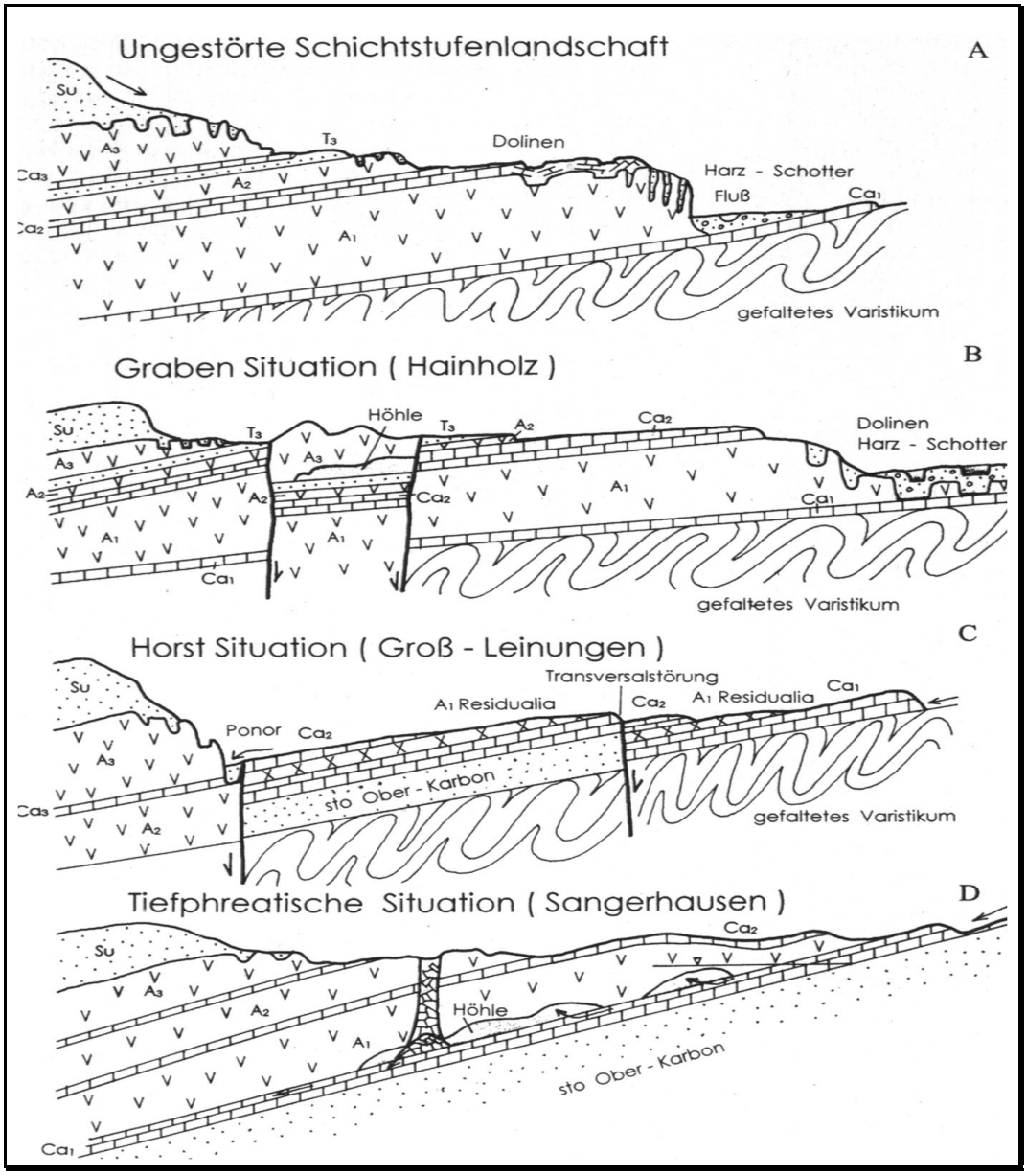

Abb. 4: Schematisches Profil des Zechsteinkarsts im Südharz, A) tektonisch ungestörte Schichtstufen, B) Karstentwicklung in einem tektonischen Graben, Beispiel Hainholz bei Düna/Osterode, Niedersachsen, C) Karstentwicklung entlang von Transversalstörungen, die einen tektonischen Horst verursachen, wie z.B. bei Großleinungen, Sachsen-Anhalt, D) Schema einer tiefphreatischen Verkarstung in den Sangerhausen und Mansfeld Bergbaugebieten, Sachsen-Anhalt. Quelle: KEMPE (1998), S. 27.

1.3. Gips und Anhydrit

Die Ausfällung von Gips ($CaSO_4 \cdot H_2O$) geschieht bei einer etwa 5-10fachen Konzentration des Meerwassers (PAUL, S. 12). Durch den Druck auflastender Sedimente und damit verbundenem Wasserentzug wird dieser anschließend in Anhydrit ($CaSO_4$) umgewandelt. Die auf diese Weise entstandenen Anhydrit-

Schichten des Zechsteins können nach der Erosion der aufliegenden Schichten und damit einhergehender Druckminderung und der Möglichkeit des Kontakts mit Wasser wieder zu Gips verwandelt werden. Die Abgrenzung zwischen Gips und Anhydrit ist hierbei schwer, da dieser Unterschied lediglich vom Anteil am Kristallwasser festgemacht werden kann und dieser Übergang stufenlos ist (vgl. VÖLKER 1992, S. 3).

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass für die Lösungs- und damit die Karsterscheinungen lediglich der Gips relevant ist, da dieser schneller gelöst wird als er aus dem Anhydrit gebildet werden kann. Gips ist weiterhin direkt (2-phasig) in Wasser löslich und kann direkt zurückgebildet werden. Zwar kann auch Anhydrit gelöst werden, in der Lösung wird er jedoch äquivalent zum Gips und kann daher nur 3-phasig über den Gips wieder gebildet werden (vgl. KLIMCHOUK 2000, S. 161). Die reversible Dissoziation von festem und gelöstem Zustand des Gips kann formal wie folgt dargestellt werden:

$$CaSO_4 \cdot H_2O \Leftrightarrow Ca^{2+} + SO_4^{2-} + 2H_2O$$

Die Lösbarkeit von Gips beträgt in Wasser bei 20°C 14,7 mmol/L. Dies entspricht der Masse von 2,531 g Gips (Dichte: 2,3 g/cm^3) oder 1,995 g Anhydrit (Dichte: 3,0 g/cm^3) pro Liter Wasser. Dies entspricht nur etwa 1/140 der Lösbarkeit von Speisesalz, ist jedoch um zwei Größenordnungen höher als die von Calciumkarbonat (0,015 g/L). Laut KEMPE sind Sättigungen an Karstquellen im südlichen Harzvorland mit 14,0 mmol/l (Schurfquelle) und 13,5 mmol/l (Jettenquelle) beinahe maximal (KEMPE 1998, S. 27). Faktoren, die die Lösbarkeit verstärken können, sind sowohl Temperatur als auch der Salzgehalt des lösenden Wassers (für genauere Angaben s. KLIMCHOUK, S. 162f.). Während die Temperatur – optimale Lösbarkeit ist bei 43°C gegeben – im behandelten Gebiet makroklimatisch kaum eine Rolle spielen dürfte, ist der Salzgehalt ein wesentlicher Faktor im Einflussbereich der Zechsteinserien. Durch die Präsenz von NaCl kann sich die maximale Lösbarkeit des Gips auf das dreifache erhöhen, bei $Mg(NO_3)_2$ sogar auf das sechsfache. In der Praxis erreichen die Werte laut KLIMCHOUK (2000) etwa die doppelte Menge an lösbarem Gips (KLIMCHOUK 2000, S. 163). Zwar ist nach PAUL im südlichen Harzvorland bis Sangershausen Steinsalz der Werra-Serie „nur in unbedeutendem Umfang“ (PAUL, S. 14) abgelagert worden und das der oberen

Zyklen bereits ausgelaugt, dennoch kann es in einzelnen Gebieten (insbesondere bei Sangershausen) zur schnelleren Verkarstung beigetragen haben.

Eine weitere Eigenschaft des Gips-Anhydrit-Paares, die geomorphologische Relevanz erfährt, ist die Volumenzunahme bei Vergipsung. Beim Übergang von Anhydrit zu Gips kann das Volumen um 62% erhöht werden (VÖLKER 1992, S. 3). Primär spielt dies bei der Verkarstung keine Rolle, dennoch kann dieser Effekt (insbesondere bei Frost) zu erhöhter mechanischer Verwitterung beitragen und somit zu mehr Lösungs- und Umwandlungsfläche führen.

1.4. Karstinventar

Wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits erwähnt, unterscheidet sich die Gipskarstlandschaft in einzelnen kleineren Gebieten erheblich, abhängig von Ausbildung, Mächtigkeit und Lage der Zechsteinschichten. Ein Überblick über die Vorkommen in der Umgebung des Hainholz bei Osterode bietet NIKOLA; ich werde in dieser Arbeit vorwiegend die Umgebungen von Sangershausen behandelt. Hierbei orientiere ich mich überwiegend an den Arbeiten von VÖLKER, von diesem sind auch die Skizzen in Abb. 5 entnommen.

Es gilt bei der Betrachtung des Gipskarstes auch zu beachten, dass dieser sich im Gegensatz zum Kalkkarst sehr viel schneller bildet. Dies bedeutet, dass die Formen zwar schneller bilden können, jedoch auch erheblich kurzlebiger sind. Weiterhin ist der Gips im Gegensatz zum Kalk direkt löslich, ohne die Involvierung von Kohlensäure. Daher finden sich in Gipskarst-Höhlen kein Tropfsteine, die im Kalk durch das Entweichen von Kohlensäure und dadurch bedingte Ausfällung entstehen.

Harzrandparallel hat sich mit der Erosion der oberen Schichten und anschließender Auslaugung ein breites **Auslaugungstal** gebildet, durch welches in diesem Gebiet (teilweise) die Leine führt. Das Tal ist größtenteils mit Schottern verfüllt, unter denen sich aber weiter verkarstungsfähiges Gestein befinden kann. Hierdurch können Wasserschwinden entstehen, in denen das Tageswasser auf den stauenden Schichten unter dem Gips/Anhydrit entwässern. Besonders starke Fließgewässer, die entlang des Harzhanges fließen, können trotz des Was-

serverlusts in den Anhydritstufen (genauer: an deren Auslaugungsfront) **Durchbruchstäler** erzeugen. Dies erreichen jedoch nur die wasserreichsten Flüsse: Laut VÖLKER versickert im Bereich des Durchbruchstals der Thyra bereits über 15m^3 Wasser pro Minute in den Untergrund (VÖLKER 1997, S. 15).

An solchen Wasserschwinden, allgemeiner **Ponore**, fließt das Wasser bis zur nächsten stauenden Schicht in den Untergrund. Dies verursacht eine verstärkte Höhlenbildung entlang solcher Schichten durch das entlangfließende Grundwasser. Ponore können im Südharz als **Trichterschwinden**, **Wandschwinden** oder **Versinkungen** auftreten (VÖLKER 1997, S. 24). Bei starkem Tageswasser können Ponore über einen längeren Zeitraum mit Wasser gefüllt bleiben, bis dieses vollständig abgeführt ist.

An **Karstquellen** tritt dieses auf einer stauenden Schicht abgeführte Wasser wieder zu Tage. Das hier austretende Wasser ist stark mit Gips angereichert, wie bereits in 1.3. erwähnt. Die Einzugsgebiete der Quellen variieren stark durch die schnelle Bildung von unterirdischen Abflüssen im Gipskarst; teilweise schütten sie nur periodisch. Die Erforschung der Einzugsgebiete erfolgt durch Färbung des abfließenden Wassers, für detaillierte Untersuchungen im behandelten Gebiet siehe VÖLKER & VÖLKER 1988.

Bevor das gipshaltige Wasser an einer Karstquelle austritt, muss es auf der stauenden Schicht unterirdisch durch das verkarstungsfähige Gestein, bzw. dessen Hohlräume fließen. Durch die stetige Auslaugung der Klüfte und Spalten können so **Höhlen** entstehen. Die so entstandenen Höhlen, die eng und tief in die Vertikale ausgebildet sind, werden **Schlotten** genannt. Durch Verbruch können diese Höhlen sich mit ihrem Deckenmaterial füllen und sich dadurch in Richtung Oberfläche „vorarbeiten“.

Kleinere Hohlräume, die in Oberflächennähe als Laughöhlen enstanden und anschließend einstürzten, finden sich in der Form von **Einbruchsdolinen** oder **Erdfällen** wieder. Einbruchsdolinen unterscheiden sich von Erdfällen dadurch, dass ihr Einbruch ausschließlich im verkarstungsfähigen Gestein liegt, wohingegen beim Erdfall eine nicht verkarstungsfähige Deckschicht mit einbricht. An der Oberfläche sind Einbruchsdolinen nicht von Lösungsdolinen zu unterscheiden.

Die Genese der **Lösungsdolinen** ist jedoch von einer Auslaugung an Klüften bedingt, die direkt an der Oberfläche anstehen. Meist finden sich an Lösungsdolinen jedoch auch kleine Formen von Einstürzen (vgl. VÖLKER 1997, S. 19).

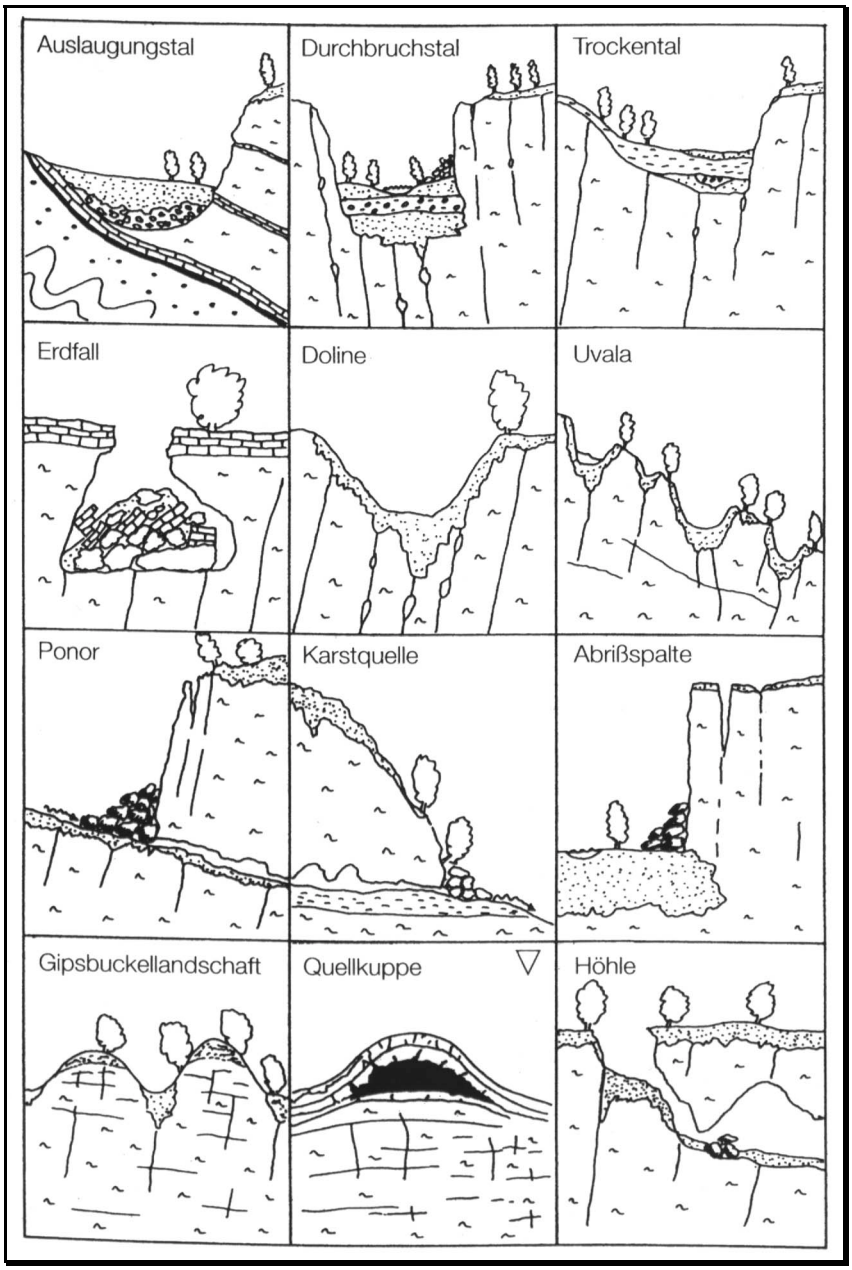

Abb. 5: Oberflächenformen in der von sulfatischen Gesteinen geprägten Zechsteinlandschaft. (∇ = keine Karsterscheinung des Sulfatkarstes) Quelle: VÖLKER (1997), S. 13.

Reihen sich viele einzelne solcher Hohlformen linear aneinander, kommt ein Tal zustande, das **Uvala** genannt wird. Im Gegensatz zu diesem finden sich in den **Gipsbuckellandschaften** voneinander abgetrennte Hohlformen, die sich

durch verschiedene Oberflächenauflagen herausgebildet haben. Je nach Auflage von Dolomit oder Stinkschiefer bildeten sich an diesen Stellen Buckel, an den nicht geschützten Stellen des umgebenden verkarstungsfähigen Gesteins Senken. Äußerlich können Gipsbuckellandschaften leicht mit **Quellkuppen** verwechselt werden; diese sind jedoch keine Karsterscheinung, sondern beruhen auf der bereits angesprochene Volumenvergrößerung bei der Umwandlung von Anhydrit zu Gips.

1.5. Flora und Fauna

Ein besonderes Augenmerk muss in der Gipskarstlandschaft Südharz auch der hier ansässigen Flora und Fauna gelten. Durch die relative Seltenheit von Gipskarstlandschaften (vgl. KEMPE, S. 25, KLIMCHOUK ET AL. 1997) und die gleichzeitige regionale Differenziertheit sind hier Naturräume gegeben, die in dieser Form sehr selten bis einzigartig sind. Es soll an dieser Stelle vermieden werden, bedrohte Tier- und Pflanzenarten tabellarisch aufzulisten, zu diesem Zwecke sei auf die Aufsätze von SCHWOCHOW (Pflanzen am NSG Inselteich), JANDT (Trockenrasenvegetation), RACKOW (Fledermausfauna) und SCHIKORA/SACHER (Spinnen) in den NNA-Berichten (a.a.O.) hingewiesen, die die Bedeutung und die Bedrohung dieser Naturlandschaft und ihrer Biosphäre verdeutlichen. Weitere Literaturhinweise zur Tier- und Pflanzenwelt sind in der Auswahlbibliographie im Anhang gegeben.

KNOLLE (2001) fasst die schützenswerten Tier- und Pflanzenarten im Zuge einer Naturschutzkonzeption stichwortartig wie folgt zusammen:

- Kalkmagerrasen auf Gips, Dolomit und Kalk als Halbtrockenrasen im subatlantisch geprägten Südwestharz und als Trockenrasen im subkontinental getönten Klima des Südostharzes und Kyffhäusers

- Kalkbuchenwälder auf Gips, Dolomit und Kalk in naturnaher Ausprägung, Schluchtwaldgesellschaften in Karsthohlformen und wärmeliebende Laubwälder trockener Südexpositionen

- Streuobstwiesen, z.T. flächengleich mit Magerrasen

- Ufergesellschaften an stehenden Karstgewässern (Kleingewässer) mit dem Merkmal extrem schwankender Wasserstände (5 - 10 m)

- Übergänge von Anmooren zu Niedermooren und Kleinsthochmooren in Karsthohlformen

- arten- oder individuenreiche Sonderstandorte, z.B. Pilze, Farne, Flechten und eiszeitliche Reliktformen auf Gipssteilhängen

- Standorte mit Restvorkommen einer Pflanzenart im jeweiligen Bundesland/Bezirk.

- Fledermäuse mit mehr als 12 Arten

- Schläfer (Bilche)

- Dachs mit extremer Karstbindung

- Wildkatze mit dichter Besiedlung

- Amphibien mit besonderer Bindung an Karstgewässer

- Reptilien

- Vögel

- Insektenfauna der Magerrasen.

2. Mensch und Umwelt

2.1. Umwelt gegen Mensch – Erdfallprobleme

Immer wieder kommt es im Gipskarstgebiet zu Erdfällen, die unter besiedeltem Gebiet stattfinden. Berichte, Beispiele und beeindruckende Fotografien finden sich unter anderem bei BÜCHNER (S. 173) und bei VÖLKER 1987 (S. 52, 53, 58). Laut BÜCHNER sind in Niedersachsen rund 20.000 Erdfälle bekannt (Stand: 1998), von denen sich die Hälfte im niedersächsichen Teil des behandelten Gebiets befindet. Dieser entspricht etwa 0,2% der Fläche Niedersachsens, das Risiko eines Erdsturzes in diesem Gebiet ist also um ein Vielfaches größer. Um das Einsturzrisiko für neue Bauvorhaben zu minimieren nennt BÜCHNER vier Möglichkeiten: Die Erkundung und Verbesserung des Untergrundes, die Begrenzung der Baufläche und Bauwerksgröße, eine statisch-konstruktive Sicherung des Bauwerks sowie Frühwarnsysteme.

Insbesondere wird die Bedeutung der Erkundung und Verbesserung des Untergrundes hervorgehoben. Anhand der Erkundungsdaten kann ein Schema zur Festlegung von Gefährdungskategorien und daraus resultierender baulicher Maßnahmen erstellt werden, so geschehen durch das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung. Eine Tabelle der statisch-konstruktiven Anforderungen für Wohngebäude ist zur Veranschaulichung in Abb. 6 abgebildet.

Trotz dieser Sicherheitsmaßnahmen können in einem Gebiet wie dem hier besprochenen Gipskarst keine genauen Angaben zur Sicherheit von Bauvorhaben gemacht werden. Erdfallwahrscheinlichkeiten, die im Zuge von Ingenieursgeologischen Untersuchungen gemacht werden, lauten daher meist wie folgt: „Aus den Ergebnissen der ingenieursgeologischen Untersuchungen der Verkarstungsprozesse und der Verteilung der Risikokategorien im Variantenverlauf, kann die Variante 4 hinsichtlich der Erdfallgefährdung günstiger als Variante 3 beurteilt werden. Erdfallereignisse sind jedoch für beide Varianten nicht auszuschließen, so dass diese Problematik in der Baugrunderkundung und bei der Projektierung bautechnischer Sicherungsmaßnahmen besonders untersucht werden sollte.“ (WROBEL/MOLEK 1998, S. 195)

Statisch-konstruktive Anforderung für Wohngebäude in erdfallgefährdeten Gebieten

Besondere statisch-konstruktive Anforderungen an freistehende Wohngebäude mit nicht mehr als zwei Wohnungen und nicht mehr als zwei Vollgeschossen in erdfallgefährdeten Gebieten auf Bauflächen der Gefährdungskategorien 3 bis 6

Die Angaben gelten für die Fälle, in denen keine außergewöhnlichen baulichen Verhältnisse (z.B. besonders große Stützweiten von Decken u. Trägern, Abfangungen, stark gegliederte Grundrisse, Hanglagen) vorliegen

		Gefährdungskategorie (GK)			
		GK 3	GK 4	GK 5	GK 6
Gründung	Balkenrost	Fundamentbalken unter den tragenden Wänden und Stützen Abmessungen Breite/Höhe 30/40 cm Bewehrung BSt 420/500 (III) 2 ø 12 oben und unten, in den Schnittpunkten zug- und druckfest verbinden			———
	Platte	Dicke 20 cm Bewehrung BSt 500/550 (IV) 2 cm²/m oben und unten, in Längs- und Querrichtung durchgehend		Dicke 25 cm Bewehrung BSt 500/550 (IV) 3,5 cm² /m oben u. unten, in Längs- und Querrichtung durchgehend	
				Unter den Außenwänden Bewehrung BSt 420/500 (III) 2 ø 14 oben u. unten, in den Eckpunkten zug- u. druckfest verbinden	Unter den tragenden u. aussteifenden Wänden Bewehrung: sh. unter "Kellergeschoßwände", letzter Satz
Kellergeschoßwände (bzw. Untergeschoß)		Keine besonderen Anforderungen		Tragende Wände aus - Mauerwerk, Steinfestigkeitsklasse/Mörtelgruppe 12/II - unbewehrtem Ortbeton oder Betonfertigteilen In den Gebäudedecken u. im Abstand von 5 m Gründungsplatte und unterste Decke durch in den Wänden vorzusehende Zuganker aus Rundstäben BSt 420/(III) verbinden. Querschnitt je Verbindung 4 cm²	Tragende und aussteifende Wände aus Stahlbeton. - Ortbeton Dicke 20 cm, konstruktiv mit Gründungsplatte u. unterster Decke hohlkastenartig verbinden Anschlußbewehrung BSt 500/550 (IV) 2 cm² /m beidseitig. - Fertigteile Dicke 15 cm, senkrechte und waagerechte Stoßfugenbewehrung BSt 500/550 (IV) 2 cm² /m beidseitig.
				Tragende Wände aus Stahlbeton (Ortbeton oder Fertigteile). Konstruktiv mit Gründungsplatte und unterster Decke verbinden. Anschlußbewehrung BSt 500/550 (IV) 1 cm² /m beidseitig	Netzbewehrung BSt 500/550 (IV) 2 cm² /m beidseitig Biegezugbewehrung in Decke und Gründungsplatte BSt 420/500 (III) 6 cm² oben und unten
Decken	Stahlbeton	Ringanker gem. DIN 1053 T. 1 Abschn. 3.4 Fall c)	Bewehrung in Längs- u. Querrichtg. durchgehend oder gem. DIN 1045 Abschn. 18.6 stoßen	Bewehrung BSt 500/550 (IV) 2 cm² /m oben u. unten, in Längs- und Querrichtung durchgehend	
				Über den tragenden und aussteifenden Wänden Ringbalken, Bewehrung BSt 420/500 (III) 2 ø 14 oben u. unten, in den Schnittpunkten zug- und druckfest verbinden	Dicke 20 cm Über den tragenden u. aussteifenden Wänden Bewehrung: sh. unter "Kellergeschoßwände", letzter Satz
	andere Baustoffe		Über den tragenden u. aussteifenden Wänden Ringbalken, Bewehrung BSt 420/500 (III) 2 ø 14 oben u. unten, in den Schnittpunkten zug- u. druckfest verbinden	———	
	übrige	Ringanker gem. DIN 1053 T. 1 Abschnitt 3.4 Fall c)			

Die Angaben über Bewehrung und über Bauteilabmessungen sind Mindestwerte

Die Bemessungsregeln sowie die statisch-konstruktiven Anforderungen nach den Technischen Baubestimmungen bleiben im übrigen unberührt.

Abb. 6: Statisch-konstruktive Anforderung für Wohngebäude in erdfallgefährdeten Gebieten. Quelle: BÜCHNER, S. 176.

2.2. Mensch gegen Umwelt I – Gipsabbau

Während der Gips die Bauvorhaben in seinem „Einzugsgebiet“ beschränkt, ist er doch geschätztes Baumaterial an anderer Stelle. Bereits im Mittelalter wurde er im südlichen Harzvorland abgebaut und im gesamten Harzer Bauwesen als Naturstein, Mauermörtel und Putz verwendet. Hierbei stellt die Region „die bedeutendste der deutschen Gipsverwendungsprovinzen im Bauwesen des 12.-19. Jahrhundert dar“ (KULKE, S. 157). Die damals abgebauten Mengen spielten im Landschaftsbild des Gipskarstgebiets wohl eher eine untergeordnete Rolle.

Heute wird der Gips im Großtagebau abgebaut, Hauptbetreiber der Gipsbrüche sind die Firmen British Plaster Board (Rigips und Börgardts), Heidelberger Zement (Maxit) und Knauf. Im Landkreis Osterode am Harz sind laut BRUST ET AL. 18 Gipsbrüche in Betrieb, weitere drei in Vorbereitung. Laut ELLWANGER finden sich hier jedoch nur fünf Tagebau-Abbaustellen sowie Planungen für mindestens eine weitere (ELLWANGER, S. 479). Eine genauere Aufschlüsselung ist in Tabelle 1 gegeben. Im Landkreis Sangershausen sind die Vorkommen laut BRUST größtenteils geschützt, im Landkreis Nordhausen hingegen (noch) nicht, was die Möglichkeit zu einer Expansion des hiesigen Gipsabbaus bietet. Reaktionen von Naturschützern und Forderungen nach Landschaftsschutzgebieten sind die Folge, am stärksten Repräsentiert sind hierbei die Interessensvertreter des Gebietes um Osterode. Insbesondere KNOLLE kritisiert den Gipsabbau in zahlreichen Aufsätzen sehr engagiert, jedoch bleibt eine Aufstellung der Abbaumengen, Abraumflächen und anderer genauerer Beschreibungen aus. Nach Tabelle 1 beträgt die Abbaufläche im Gebiet um Osterode etwa 113,2 ha. Das gesamte Gipskarstgebiet um Osterode umfasst etwa 1.400 ha (ELLWANGER, S. 478). Dementsprechend fielen etwa 8% der Gipskarstfläche im Gebiet um Osterode dem Abbau zum Opfer, diese Zahlen beziehen sich dabei nur auf bisher genehmigte Abbaugebiete.

Weitere Punkte, die mit dem industriellen Gipsabbau einher gehen, sind die daraus resultierenden höheren Verkehrsbelastungen für die Umgebung, Beeinträchtigungen durch Sprengungen und eine hohe Staubentwicklung in den Abbaugebieten. Das Hauptargument gegen einen weiteren Abbau von Naturgips im Südharz ist die Tatsache, dass sich der hauptsächlich als Baumaterial genutzte Rohstoff auch aus „Abfallprodukten“ von Industriefilteranlagen gewinnen lässt,

wo zur Rauchgasentschwefelung Kalk eingesetzt wird. Insbesondere in den von der VEAG betriebenen Braunkohlekraftwerken der benachbarten Lausitz fällt der sogenannte REA-Gips (REA = Rauchgas-Entschwefelungs-Anlagen) in großen Massen an. Für weitere Informationen zur Substitution durch REA-Gipse siehe HAUG (1994) und NOACK & ZIMMER (1994).

Rohstoffabbau	Abbauart	Gesamtfläche in ha	Genehmigungen
Lichtenstein	Langjähriger, aktiver Abbau von Gips, erhebliche Erweiterungen beantragt, bzw. genehmigt.	Ca. 51,5	Letzte: 28.2.1994
Hellenberg	Langjähriger, aktiver Abbau von Gips, erhebliche Erweiterungen beantragt, bzw. genehmigt.	Ca. 14,3	Vor 10.6.1995
Hannersberg	Langjähriger, aktiver Abbau von Gips, erhebliche Erweiterungen beantragt, bzw. genehmigt.	Ca. 11,3	Vor 10.6.1995
Ührde	Langjähriger, aktiver Abbau von Gips und Dolomit, teilweise Verfüllung	ca. 13,2	Vor 10.6.1995
Kreuzstiege	Im Juli 1998 begonnener Abbau von Gips	ca. 6,7	28.6.1995 22.8.1997
Blossenberg	Genehmigtes Abbaugebiet von Gips	ca. 16,0	17.6.1998

Tab. 1: Rohstoffabbaugebiete und –vorhaben innerhalb oder im Umfeld des potentiellen FFH-Gebietes „Gipskarstgebiet bei Osterrode“. Quelle: ELLWANGER, S. 480.

2.3. Mensch gegen Umwelt II – Gewässerverschmutzung

Durch das Fehlen von bindigen Deckschichten gelangt das Tageswasser in Gebieten mit anstehendem verkarstungsfähigen Gestein nahezu ungefiltert in das Grundwasser. Hinzu kommt, dass die Grundwasserabstandsgeschwindigkeit gegenüber anderen Gebieten um ein Vielfaches höher liegt. Sie beträgt im Bereich des Pöhlder Beckens 4,9 km/Tag, in den Sanden der norddeutschen Tiefebene zum Vergleich nur 0,5-5,0 m/Tag (HARTMANN, S. 87). So ist im Karstgebiet bei der oberflächigen Einleitung von Wasserverschmutzern mit einer unmittelbaren Verschmutzung des Grundwassers zu rechnen.

VÖLKER (1997) weist auf müllverfüllte Erdfälle und Dolinen hin, die im Landkreis Sangershausen (und sicher auch an anderer Stelle) entdeckt wurden. Die Gefahr, die von hier „entsorgten“ Gefahrstoffen ausgeht, werde unterschätzt und dadurch vergrößert, dass solche Fundstellen meist abgedeckt wurden und damit nicht mehr dokumentierbar und räumbar seien (VÖLKER 1997, S. 21). Durch die im Gipskarst durchaus mögliche kurzfristige Verlegung von Quelleneinzugsgebieten wird solchen Altlasten wohl erst wieder Beachtung geschenkt, wenn eine verstärkte Verschmutzung von Grund- oder Quellwasser erkannt wird.

Ein weiteres Altlastenproblem betrifft – teilweise ehemalige – Industrieanlagen im Karstgebiet. So wurden beispielsweise bei der ehemaligen Sprengstofffabrik „Tanne“ bei Clausthal-Zellerfeld große Mengen an hochgiftigen Abfallprodukten (Trinitrotoluol, Schwefelsäure, Zink- und Bleiverbindungen,...) in den Zechsteinkarst bei Petershütte verpresst. BRAEDT ET AL. schätzen die Gesamtmenge der stark kontaminierten Abwässer auf ca. 5.300.000 m^3. Inwieweit diese zwischen 1939 und 1945 freigesetzten Giftstoffe heute schädlich sind oder werden bleibt abzuwarten (Zur genaueren Geschichte der Sprengstofffabrik „Tanne“ s. BRAEDT ET AL.). Gegenwärtig kritisch sind auch die Vor-, Zwischen-, End- und Umwandlungsprodukte, die in Form von Schlamm oder kontaminierten Böden übrig geblieben sind und jederzeit gelöst und ins Grundwasser eingebracht werden können. Es stellt sich so ein enormes Entsorgungsproblem, das schnellstmöglich gelöst werden muss.

Ein ähnliches Problem erläutert MOLDE an der ehemaligen Munitionsfabrik Herzberg. Auch hier wurden ähnliche toxische Altlasten festgestellt, die als sehr kritische beurteilt wurden und kanzerogene oder mutagene Potentiale aufweisen (MOLDE, S. 96). Berichte zum mikrobakteriellen Abbau bestimmter Stoffe finden sich bei LÖW ET AL. (1989) und NEUMEIER ET AL. (1989).

Auch heute ist die Gefahr der Verursachung von Grundwasserverschmutzung nicht gebannt. HARTMANN (1998) beschreibt einen Schadensfall, bei welchem erhöhte Werte von leichtflüchtigen halogenisierten Kohlenwasserstoffen in einem Trinkwasserförderbrunnen bei Scharzfeld festgestellt wurden. Nach umfangreichen Untersuchungen, die zuerst eine genaue Schadstoffcharakterisierung erforderten, wurde hier ein Gewerbebetrieb in 1,5 km Entfernung als Verursacher

identifiziert, in dem es durch einen betonierten Hallenfußboden zum Eindringen der Schadstoffe in das Grundwasser kam. HARTMANN empfiehlt auf Grund solcher Ereignisse, den Grundwasserschutz bereits bei der Aufstellung von Bebauungsplänen zu berücksichtigen, indem sowohl die Beheizung mit Erdgas vorgeschrieben wird als auch bestimmte Gewerbe- oder Industriebetriebe vorrangig in anderen Gebieten ansiedelt.

Ein weiteres – wenn auch weniger spektakuläres – Problem stellt die Grundwassergefährdung und Nährstoffanreicherung auf nährstoffarmen Standorten durch Großviehhaltung oder durch Grünlandumbruch und Intensivierung dar. Auch hier ist das Grundwasser unmittelbar gefährdet, dies ist insbesondere vermeidbar, weil der erwünschte Effekt bei einer intensivierten Landwirtschaft durch das schnelle Ausschwemmen ausbleibt oder zumindest stark reduziert wird.

2.4. Mensch mit Umwelt – Schutzprogramme

Die in 2.2. und 2.3. angesprochenen Umweltprobleme erfordern auch administrative Maßnahmen zur Vermeidung oder zumindest zur Reduzierung zukünftiger Schäden. Eine Möglichkeit hierzu sind ausgewiesene Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, Naturdenkmale oder ähnliche Schutzzonen. Die Bürgerbewegungen – insbesondere im Kreis Osterode – sind hierbei sehr aktiv (vgl. die Publikationen von KNOLLE). Neben dem bekannteren NSG Hainholz ist hier auch das NSG Lichtenstein zu nennen, um dessen Vergrößerung insbesondere KNOLLE stark bemüht ist. Als Beispiel für ein Schutzprogramm seien hier – aufgrund der Literaturlage – ein paar Hinweise zum NSG Hainholz gegeben:

Das NSG Hainholz ist das größte dem Autor bekannte Naturschutzgebiet in der Gipskarstlandschaft Südharz. In der geologischen Struktur nimmt es eine Sonderstellung durch einen Grabenbruch ein (Vgl. Abb. 4 B). Die maximale Mächtigkeit des durch diesen Grabenbruch erhaltenen Hauptanhydrits der Leine-Serie beträgt 80 m (BRAND ET AL. 1976, S. 7f., entnommen aus NIKOLA, S. 6.).

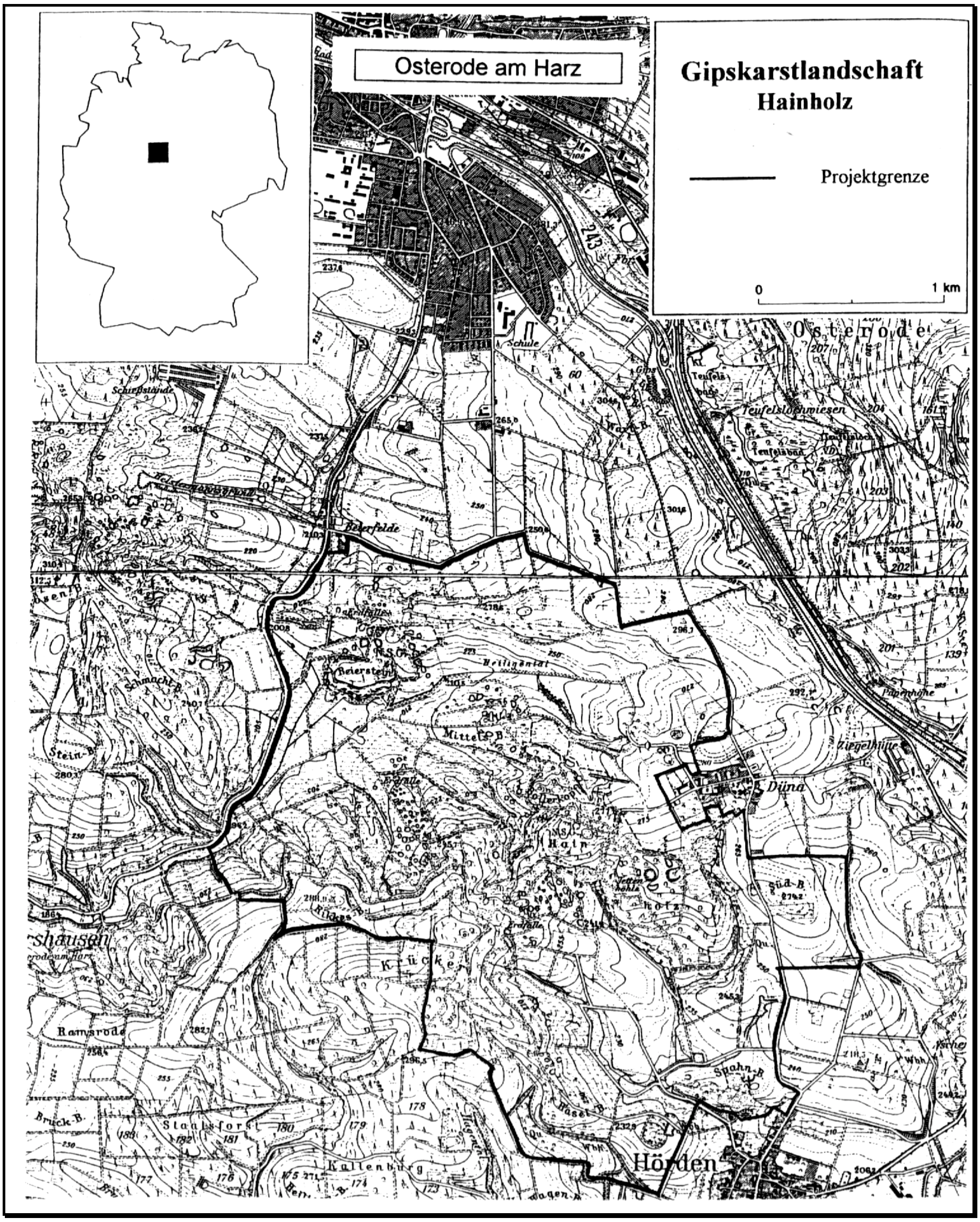

Abb. 7: Lage des Projektgebiets „Gipskarstlandschaft Hainholz". Quelle: BERND ET AL., S. 338.

Die Größe des Naturschutzgebietes beträgt laut NIKOLA seit 1991 350 ha, davor 60 ha. BERND ET AL. sprechen von einem 700 ha großen Gebiet „Gipskarstlandschaft Hainholz", das seit Ende 1992 bestünde und in das „Förderprogramm zur Errichtung und Sicherung schutzwürdiger Teile von Natur und Landschaft mit gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung" aufgenommen sei. Hier ist das angrenzende NSG Beierstein integriert (Vgl. BERND ET AL., S. 337, s. Abb. 7). Träger

dieses BMU-Naturschutzgroßprojekts (BMU = Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) ist auch der Landkreis Osterode am Harz sowie das Land Niedersachsen. Das Programm richtet sich durch die Schwerpunkte von Landschaftsgliederung, Vegetation und Fauna sowohl gegen die Landschaftszerstörung durch Gipsabbau als auch gegen mögliche Grund- und Karstwasserverschmutzungen durch angesiedelte Industrie- und Gewerbebetriebe. Ziel ist nicht nur der Erhalt, sondern insbesondere die örtliche Wiederherstellung von Landschaftsgebieten. (um hierbei Widersinn zu vermeiden bezieht sich das Programm an späterer Stelle ausschließlich auf die Wiederherstellung von anthropogen veränderten Gebieten, vgl. BERND ET AL., S. 339). Probleme bei der Durchführung tauchten insbesondere bei dem Ankauf der betroffenen Grundstücke auf dem Gebiet auf. Zwar war die Verkaufsbereitschaft hinsichtlich der landwirtschaftlichen Nutzflächen „gebietsweise hoch“ (BERND ET AL., S. 341), doch bei der Verhandlung mit der Schwiegershauser Forstgenossenschaft kam es nicht zum Verkauf. Das Problem wurde umgangen, indem das betroffene Gebiet für 99 Jahre gepachtet wurde (NIKOLA, S. 22).

Ein weiterer Versuch des Naturschutzes um Osterode besteht in einer von ELLWANGER (1999) vorgeschlagenen Verträglichkeitsprüfung für ein Flora-Fauna-Habitat (FFH) im Sinne der FFH-Richtlinien der Europäischen Union. Das vom Niedersächsischen Landesamt für Ökologie vorgeschlagene Gebiet (FFH-Gebiet Nr. 133) umfasst etwa 1.400 ha (≈ Größe des Landkreises Osterode, vgl. Abschnitt 2.2.). Hier sollte insbesondere gegen den Gipsabbau vorgegangen werden, das Gebiet wurde jedoch nicht in die erste, Ausschlag gebende Liste aufgenommen. ELLWANGER kritisiert hier insbesondere die Vorgehensweise beim Einreichen der FFH-Vorschläge, auch beurteilt er drei Genehmigungen zum Abbau von Gips als „möglicherweise europarechtswidrig“ (ELLWANGER, S. 480), da sie – trotz des Vorschlags – ohne die Durchführung einer FFH-Verträglichkeitsprüfung erteilt wurden. Ob dieses persönliche Urteil jedoch bei den zuständigen Behörden Gehör finden wird, bleibt abzuwarten.

3. Fazit und Ausblick

Die Gipskarstlandschaft am südlichen Harzrand zeigt sich als ein – zumindest in Deutschland – einzigartiges Gebiet mit seiner vom Zechsteinmeer geprägten und später zerklüfteten und ausgewaschenen Oberfläche. Der anstehende Anhydrit und damit verbunden der Gips sorgen für eine Struktur der Landschaft, die aufgrund der schnelleren Karstverwitterung des Gipses gegenüber der des Kalkes in einer noch rapideren Dynamik verändert. Die über den Anhydritschichten liegenden Salze beschleunigen diese Vorgänge noch weiter. Immer wieder sorgen daher unvorhersehbare Erdfälle unter besiedeltem Gebiet für Überraschungen, immer wieder tauchen neue Höhlen und oberflächige Hohlformen auf.

Die so entstehenden und bereits entstandenen Höhlensysteme bieten Flora und Fauna einen Lebensraum, der zahlreiche Bedingungen vorweist, die in Deutschland in dieser Konstellation nicht mehr zu finden sind. In einigen Zonen des Gebietes wurden daher Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete eingerichtet, die einzelne Teile von dem die Landschaft bedrohenden Gipsabbau ausschließen. Die Einrichtung solcher Reservate ist jedoch nicht immer problemlos, da sich Eigentumsverhältnisse hierbei nicht übergehen lassen. Zahlreiche Bürger der betroffenen Regionen setzen sich dennoch für Vergrößerungen oder Neuausweisung von Naturschutzgebieten ein, um die Landschaft und ihre Vegetation zu erhalten. Die von ihnen gegründeten Bürgerverbände weisen immer wieder auf die Substitutionsmöglichkeit des Naturgipses durch REA-Gips hin; die Gipsindustrie stützt sich auf den Erhalt von Arbeitsplätzen in der Region. Leider ist es in dieser stark emotionalen Diskussion nicht immer möglich, Ausmaße anhand von tatsächlichen Zahlen zu erfahren.

Dies ist jedoch nicht das einzige ökologische Problem, mit dem die Region am Südharzrand zu kämpfen hat: Altlasten sowie rezente Fahrlässigkeiten mit Schadstoffen gefährden das Grund- und Karstwasser, das zum Teil noch der Trinkwasserversorgung der besiedelten Gebiete dient. Durch die annähernd ungefilterte Durchleitung von Boden- oder Tageswasser in das Grundwassersystem besteht hier eine ständige Gefahr für die Bevölkerung, aber mehr noch für die Tierwelt der Region, die nicht aus kontrollierten Brunnen trinkt. Ein Beispiel hierfür findet sich in dem höchst fischtoxischen Trinitrotoluol aus der ehemaligen

Sprengstofffabrik „Tanne“ und der Munitionsfabrik Herzfeld, aber auch die Gefahr, die von mit Müll verfüllten Erdfällen oder Dolinen ausgeht, darf hierbei nicht unterschätzt werden.

Letztlich bleibt zu hoffen, dass sich die Situation zwischen Gipsindustrie und Landschaftsschützern entspannt und mit dem verstärkten Einsatz von REA-Gipsen ein Teil der Landschaft erhalten bleibt. Weiterhin sollten HARTMANNS Empfehlungen zum Gewässerschutz Gehör finden (s. Kapitel 2.3), um weitere Unfälle mit Schadstoffen zu verhindern. Wird dies nicht geschehen, so bleibt letztlich nur der Trost, dass in geologischer Zeitrechnung auch der Gipskarst nicht von Ewigkeit ist und sich vielleicht irgendwann, irgendwo ein neues „zechsteinähnliches“ Meer bildet, in dem sich ähnliche Flora und Fauna ansiedeln werden. Dort wird der Mensch wahrscheinlich nichts mehr zerstören.

4. Verwendete Literatur

BERND, T., SCHLICHT, R., SCHLIMME, H. & VLADI, F. (1994): Errichtung und Sicherung schutzwürdiger Teile von Natur und Landschaft mit gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung. Projekt: Gipskarstlandschaft Hainholz, Niedersachsen. In: Natur und Landschaft 69:7/8, S. 337-342.

BRAEDT, M., HÖRSELJAU, H., JACOBS, F. & KNOLLE, F. (1998): Die Sprengstoffabrik "Tanne" in Clausthal-Zellerfeld - Geschichte und Perspektive einer Harzer Rüstungsaltlast. – 2. Aufl.. Clausthal-Zellerfeld. (s. auch Ausschnitt unter http://home1.t-online.de/home/detro/publika/uns_harz/47/23-27/tanne.htm, Stand: 19.04.2001)

BRAND, A., KEMPE, S., SEEGER, M. & VLADI, F. (1976): Geochemie, Hydrogeographie und Morphogenese des Gipskarstgebietes von Düna/Südharz. In: Geologisches Jahrbuch 15, S. 3-55.

BRUST, M., KNOLLE, F. & KUPETZ, M. (1991): Interdisziplinäre Aspekte eines potentiellen Naturschutzgroßprojektes Zechsteinlandschaft Südharz/Kyffhäuser. - Museen Stadt Erfurt, Naturwiss. R. 10, S. 88-104. (http://home1.t-online.de/home/detro/publika/nkm_erf/91/88-104/index.htm, Stand: 17.04.2001)

BÜCHNER, K.-H. (1998): Möglichkeiten zum Schutz von Bauwerken vor Schäden durch Senkungen in Karstgebieten. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 170-179.

ELLWANGER, G. (1999) : Verpflichtung zur Durchführung und Umfang der FFH-Verträglichkeitsprüfung am Beispiel des Rohstoffabbaus im „Gipskarst bei Osterode“. In: Natur und Landschaft 74:11, S. 478-484.

HARTMANN, R. (1998): Zur Empfindlichkeit von Karstgrundwasserleitern, erläutert am Beispiel eines Schadensfalles mit halovgenisierten Lösungsmitteln. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 87-93.

HAUG, N. (1994): Substitution von Naturgips durch Gips aus Abgasentschwefelungsanlagen. In: Staub-Reinhaltung der Luft 54. S. 309-312.

HERRMANN, A. (1957): Der Zechstein am südlichen Harzrand (seine Stratigraphie, Fazies, Paläogeographie und Tektonik). In: Geolog. Jahrbuch, 72. S. 1-72.

HERRMANN, A. (1968/69): Einführung in die Geologie, Morphologie und Hydrogeologie des Gipskarstgebietes am südwestlichen Harzvorland. In: Jahreshefte für Karst und Höhlenkunde. Neuntes Jahresheft: Der Südharz – seine Geologie, seine Höhlen und Karsterscheinungen. München. S. 1-10.

JANDT, U. (1998): Vegetation der Trockenrasen des Südharzes und des Kyffhäusers. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 120-124.

KEMPE, S., MATTERN, E., REINBOTH, F., SEEGER, M. & VLADI, F. (1972): Die Jettenhöhle bei Düna und ihre Umgebung. Ein Führer durch den Gipskarst bei Düna und ihre Umgebung. München. (= Abhandlungen zur Karst- und Höhlenkunde, Reihe A Heft 6)

KEMPE, S. (1998): Gipskarst und Gipshöhlen in Deutschland. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 25-35.

KLIMCHOUK, A. B. (2000): Dissolution and Conversions of Gypsum and Anhydrite. In: KLIMCHOUK, A. B., FORD, D. C., PALMER, A. N., DREYBRODT, W. [Hrsgg.]: Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifiers. January 2000 Edition. Huntsville. S. 160-168.

KNOLLE, F. (1988): Aktuelle Probleme des Karstschutzes im Lichtensteingebiet (Landkreis Osterode a. Harz). In: Mitt. Verb. Dt. Höhlen- u. Karstforsch. 34:4, S. 115-120.

KNOLLE, F. & BRUST, M. (1995): Lausitzer Braunkohlen-REA-Gipse und ihre Bedeutung für die Naturgipssituation im Südharz. In: Mitt. Verb. Dt. Höhlen- u. Karstforsch. 41:2, S. 30-31.

KNOLLE (2001): Der Südharzer Gipskarst - eine Naturschutzkonzeption. In: Unser Harz 42(1):9-11. (http://home1.t-online.de/home/detro/publika/uns_harz/42/9-11/index.htm, Stand: 03.04.2001).

KULKE, H. (1998): Gips im historischen Harzer Bauwesen. Naturstein, Mauermörtel, Putz sowie Estrich und die frühere Wiederverwendung dieser Baustoffe. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 157-170.

LÖW, E.V., KAMINSKI, L., NEUMEIER, W., HAAS, R. & STEINBACH, K. (1989): Mikrobieller Abbau von Nitroaromaten aus einer ehemaligen Sprengstoffproduktion Teil 2: Migration und mikrobielle Metabolisierung von 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) im Grundwasser. In: Forum Städte-Hygiene 40, S. 347-349.

MIOTKE, F.-D. (1998): Der Südharzrand mit seinen Karstgebieten. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 2-7.

MOLDE, P. (1998): Grundwassergefährdung durch Rüstungsaltlasten am südwestlichen Harzrand – Beispiel ehemalige Munitionsfabrik Herzberg. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 93-97.

NEUMEIER, W., LÖW, E.V., KAMINSKI, L., HAAS, R. & STEINBACH, K. (1989): Mikrobieller Abbau von Nitroaromaten aus einer ehemaligen Sprengstoffproduktion Teil 1: Abbau von 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) im Grundwasser. In: Forum Städte-Hygiene 40, S. 32-37.

NIKOLA, U. (1998): Das Hainholz bei Osterode – Geoökologie eines Gipskarstgebietes. Wiss. Arbeit für das Lehramt an Gymnasien. Universität Tübingen. (unveröffentlicht)

NOACK, K. & ZIMMER, B. (1994): Verwertung von Braunkohlen-REA-Gips – ein neuer Weg in Brandenburg. In: LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG [Hrsg.]: Berichte aus der Arbeit 1993. S. 65-68.

PAUL, J. (1998): Südliches Harzvorland: Geologische Grundlagen einer Landschaft. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 7-16.

PFEFFER, K.-H. (1978): Karstmorphologie. Darmstadt. (= Erträge der Forschung Bd. 79)

RACKOW, W. (1998): Zum aktuellen Kenntnisstand der Fledermausfauna (Chiroptera) am südwestlichen Harzrand. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 127-131.

REINBOTH, F. (1998): Forschungen in der Gipskarstlandschaft Südharz von den Anfängen bis zur Gegenwart. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstland-

schaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 16-25.

RICHTER-BERNBURG, G. (1955): Stratigraphie und Gliederung des deutschen Zechsteins. In: Z. dt. geol. Ges. 105, S. 843-854.

SCHIKORA H.-B. & SACHER, P. (1998): Spinnen (Arachnida: Araneae) ausgewählter Gipskarst-Biotope am südlichen Harzrand. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 131-146.

SCHWOCHOW, H. (1998): Die Pflanzengesellschaften im NSG Itelteich und deren Bedeutung für ein Biosphärenreservat Südharz. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 111-120.

VÖLKER, C. & VÖLKER, R. (1987): Dolinen und Erdfälle im Sulfatkarst des Südharzes. Uftrungen. (= Mitteilungen des Karstmuseums Heimkehle Heft 15).

VÖLKER, C. & VÖLKER, R. (1988): Ponore des Südharzes. Uftrungen. (= Mitteilungen des Karstmuseums Heimkehle Heft 18).

VÖLKER, C. & VÖLKER, R. (1992): Die Karstlandschaft des Landkreises Sangershausen. Uftrungen. (= Mitteilungen des Karstmuseums Heimkehle Heft 22).

VÖLKER, R. (1997): Die Karstlandschaft des Südharzes am Beispiel der karstmorphologischen Kartierung des Karstausstriches im Landkreis Sangershausen. In: FÖRDERVEREIN GIPSKARST SÜDHARZ E.V. [Hrsg.]: Gipskarst im Landkreis Sangershausen.

WROBEL, P. & MOLEK, H. (1998): Ingenieurgeologische Untersuchungen zur Erdfallgefährdung im Rahmen der Bundesstraßenneutrassierung im Bereich Nüxei-Tettenborn. In: ALFRED-TOEPFER-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ [Hrsg.]: Gipskarstlandschaft Südharz – aktuelle Forschungsergebnisse und Perspektiven. Schneverdingen. (=NNA Berichte 11:2.) S. 186-197.