S. 91-102

# Makroskopische und IR-Analysen der Sandsteine am Stolper Turm (Brandenburg)

## Macroscopic and IR-analyses of sandstones in the walls of the tower of Stolpe (Brandenburg)

KARL-JOCHEN STEIN & JÖRG BOWITZ

#### 1. Einleitung

Am Turm Stolpe in der Uckermark nahe Angermünde wurden drei Sandsteinsorten (Abb. 1, 2) verbaut. In der Literatur und nach mündlichen Angaben von Historikern wird deren Herkunft widersprüchlich angegeben. Als Liefergebiete der Sandsteine wurden Schlesien, das obere Wesergebiet, der Raum Magdeburg und Sandgruben der Uckermark bzw. Brandenburgs allgemein angenommen. Jüngere historische Untersuchungen und Bewertungen zum Turm weisen darauf hin, dass dessen Erbauung nicht unter dem Einfluss politischer Repräsentanz aus den südlichen bzw. südwestlichen Bereichen erfolgte. Es wird vermutet (mdl. Mitt. Herr J. C. Holst), dass der Turm unter dänischer Herrschaft im 12. Jahrhundert erbaut wurde. Damit könnten die Sandsteinvorkommen Südschwedens als mögliches Liefergebiet in Frage kommen. Zum damaligen Zeitpunkt wurde das Sandsteinvorkommen bei Höör in Schonen bereits abgebaut.

#### 2. Analysemethoden

Da aus Gründen des Erhaltes der historischen Bausubstanz die Ablösung von Proben aus dem verbauten Sandstein nicht möglich ist, kamen materialschonende Verfahren zur Anwendung. Hierzu wurde neben der makroskopischen Gesteinsanalyse am Bauwerk die Infrarot-Analyse angewandt:

Ein Infrarotstrahl im Spektrum 1300-2500 nm wird in seiner Reflexion analysiert. Mittels des begrenzten Spektrums erfolgt ein Ausschluss der Silikate Quarz (kristallin) und Feldspat. Gleichzeitig wird eine selektive Messung von Salzen, Tonmineralen u. a. Zersetzungsprodukten ermöglicht. Verwendet wurde ein Infrarotmeßgerät Typ PIMA. Das Reflexionsspektrum kann so auf seine spezifischen Beimengungen für Sandsteine analysiert werden. Charakteristisch ist, dass Sandsteine gleicher Provenance und gleicher Fazies (natürliche Bedingungen bei der Bildung des Gesteins) gleiche oder stark ähnliche Spektren aufweisen.



- Abb. 1: Turm zu Stolpe mit den drei Reihen verschiedener Sandsteine. Im Detailbild die drei Einschüsse von Granaten aus dem 2. Weltkrieg, die einen Einblick in das Mauerinnere ermöglichen.
- *Fig. 1:* Stolpe tower with the three rows of various sandstones. In detail (inserted) three holes made by shells of World War II provide views of the interior of the wall.

Als Vergleich stehen in der Programmbibliothek des Messgerätes Spektren von Sandsteinen unterschiedlicher Herkunft zur Verfügung. Aus dem Abgleich mit der makroskopischen und mikroskopischen Analyse können so die Spektren gezielt analysiert und an Hand der charakteristischen Nebenbestandteile und Akzessorien zugeordnet werden. Von einer 1967/68 erfolgten Begehung des Turms



- Abb. 2: Detailaufnahme: oben gut behauener grauer Sandstein, mittig wenig behauener hellgrauweißer Sandstein und unten Platten von rotem Jotnischen Sandstein.
- *Fig. 2: Detailphotograph: At the top well hewn grey sandstone, in the center few worked lightgrey up to white sandstone, and at the bottom plates of red Jotnian sandstone.*

lagen dem Autor zwei zur Verfügung gestellte Proben des grauen und des hellgrau-weißen Sandsteins vor. Zu diesen Proben wurde je ein Dünnschliff gefertigt und in die Analyse einbezogen. Zum rotbraunen Jotnischen Sandstein wurde ein Dünnschliff einer Probe aus dem Vorkommen bei Trebus (vgl. dazu auch Beitrag ZWENGER dieses Heft) verwendet.

#### 3. Zu den im Stolper Turm verbauten Sandsteintypen

Der Turm von Stolpe ist in seinem unteren Teil bis in ca. 3 m Höhe aus Natursteinen gefertigt. Darüber wurde der Turm mit gebrannten Tonziegeln gemauert. Im Wesentlichen besteht das Natursteinmauerwerk aus unterschiedlichen Findlingen. Dies sind überwiegend Gneise, Granitoide, wenig Kalkstein und Quarzite. Auffällig sind im Innenraum vier eingelassene, gut behauene graue, vermutlich gotländische Kalksteinquader. Sandstein wurde lediglich in den obersten Schichten des Natursteinmauerwerks eingebracht. Außen sind drei, innen vier Schichten versetzt. Charakteristisch ist die sorgfältig in der Ansichtsfläche und den vier umlaufenden Flächen erfolgte Steinmetzbearbeitung der überwiegenden Anzahl der grauen Sandsteine. Soweit erkennbar, sind diese auch an der Innenfläche recht gut geglättet. Etwas unförmiger wirken wenige hellgraue Steine, die außen in der unteren Sandsteinschicht versetzt wurden (Abb. 1). Einzelne rötliche plattige Sandsteine liegen unregelmäßig verteilt im gesamten Gesteinsmauerwerk.

Charakteristisch für die äußeren Lagen aus grauem Sandstein ist eine recht unterschiedliche, aber meist ausgeprägte Patinierung und teilweise auch Schalenbildung. Im Innenbereich weisen die Sandsteinlagen einen feinen grauen, mehligen Überzug auf. Es wird angenommen (mdl. Mitt. Herr J. C. Holst), dass die Innenseite des Turms beim Aufmauern mit Mörtel abgestrichen wurde. Weitere Einzelsteine sind am Angstloch, den Ecken zum oberen Ausgang, als U-förmiger Stein am Ausgang und als Auflagesteine des Gewölbes verbaut.

#### 4. Mineralogische Charakterisierung und IR-Messung

Wie bereits oben angeführt, wurden am Stolper Turm nach makroskopischer Ansicht drei Sorten von Sandsteinen verbaut (Abb. 2), die jedoch nur an der Außenmauer zu finden sind. Im Inneren beschränkt sich der Einbau auf die unter 4.1. beschriebene Hauptsorte des Höör-Sandsteins und den sporadisch im Mauerwerk aus überwiegend Gneisen, Granitoiden und Kalksteinen unter 4.3 beschriebenen plattigen Jotnischen Sandstein.

#### 4.1 Höör-Sandstein

Bei den verbauten Natursteinen der Außenmauer dominieren Mauersteine eines hellgrauen fein- bis mittelkörnigen Sandsteins. Die gut behauenen Quader zeigen oftmals eine Schichtung, die entweder durch feine Korngrößenunterschiede oder durch gröbere Lagen mit Kieseln bis 10 mm Größe hervortritt. Vereinzelt treten in den Quadern Bereiche mit gelben Eisenoxid-reichen Lagen auf. Die Kornaggregate sind an den der Witterung ausgesetzten Bereichen intensiv miteinander verbunden und es liegt ein festes Gefüge vor. Lediglich im durch den Kriegsbeschuss von 1945 beeinflussten Bereich an der Turmtreppe sandet das Gestein leicht ab. Charakteristisch sind zahlreiche, bis ca. 10 mm breite Adern von hellem, trübem Quarz. Diese durchziehen das Gestein überwiegend unregelmäßig, oft auch netzartig (Abb. 3).



Abb. 3: Stark an der Oberfläche angewitterter Block an der Westseite des Turms - deutlich treten die witterungsbeständigen Quarzadern hervor, die auf die thermische Beeinflussung des Sandsteins hinweisen (Originalgröße des Bildausschnitts ca. 50 cm).

Fig. 3: Intensely weathered sandstone block at the western side of the Stolpe tower - quartz veins indicating thermal influence on the sandstone, stand out very distinctly (original size of picture detail ca 50 cm).



- Abb. 4: Dünnschliffbilder vom überwiegend verbauten Höör-Sandstein:
- *Fig. 4: Thin sections photographs of the dominantly used Höör-sandstone:*
- 4a: Charakteristisch ist der relativ große Porenraum (blau angefärbt). Zahlreiche Körner des Quarzes zeigen bei linearer Polarisation Anwachssäume mit eingeschlossenem Limonithäutchen.
- 4a: The relative large pore space (stained blue) is very characteristic. Many grain aggregates of quartz show accretion margins with enclosed membranes of limonite (linear polarisers).

4b: Der gleiche Ausschnitt unter gekreuzten Polarisatoren; das charakteristische Farbbild zeigt ausschlieβlich Quarz.

4b: The same view using crossed polarisers. The characteristic colour picture shows exclusively aggregates of quartz.

- 4c: In der Mitte rechts ein zonierter Zirkon (bunt). Der dunkle Fleck rechts daneben stellt einen amorphen Quarz dar (Größe der Bildausschnitte a-c 1,1 mm).
- 4c: A zonated zirkon (vari-coloured) in the center right. At the right side of it the dark area is a grain of amorphous quartz (size of picture details 4a-c 1,1 mm).

 4d: Einzelnes Quarzkorn mit deutlichem Wachstumssaum von Quarz und eingeschlossenem Limonit (Größe 0,3 mm).

*4d:* Individual quartz grain with distinct accretion margin of quartz and enclosed limonite (size 0,3 mm).

Sie weisen wie die im mikroskopischen Bild (Abb. 4a-d) erkennbaren ausgeprägten Anwachssäume um die Kornaggregate auf die thermische Beeinflussung des Sandsteins im Verlaufe seiner Diagenese hin. Da die Quarzadern in der Witterung beständiger sind, stehen sie meist leicht hervor. Die angewitterte Oberfläche ist insgesamt porös. Die Poren werden neben dem natürlichen Porenraum auch durch die herausgewitterten, nicht so widerstandsfähigen Komponenten, wie Tonminerale und Feldspäte gebildet. Beide Komponenten sind an den beschädigten Steinen gut erkennbar. Auffällig ist, dass in den einzelnen Lagen zusammenhängende Partien relativ einheitlich ausgebildet sind und sich von den benachbarten Steinen deutlich im Gefüge unterscheiden. Da in einem Steinbruchgebiet des Sandsteins häufig fazielle Differenzierungen auftreten, können hier zeitlich differenzierte Lieferungen angenommen werden. Die Steine im Inneren des Turms weisen eine leicht gelbliche Färbung auf, wobei auch einzelne Blöcke mit einem deutlich höheren Eisenoxidgehalt auffallen. Mit einem leicht gelblichen mehligen Belag sind auch die einzeln versetzten Steine im oberen Teil des Turms belegt. Makroskopisch sind im Gestein folgende mineralische Komponenten erkennbar (Tab. 1):

für die Steine ein gleiches Spektrum wie an der Außenmauer nachgewiesen werden. Dieser Effekt würde die oben vermutete Annahme des Mörtelüberstrichs im Innenraum stützen.

Gleiche Effekte im Kurvenverlauf zeigten teilweise auch die in das Mauerwerk eingelassenen Sandsteinblöcke im inneren oberen Bereich des Turms. Grundsätzlich gleichen sie jedoch sowohl petrographisch als auch in den IR-Spektren den Steinen der Außenmauer. Als problematisch einzuordnen erwies sich das IR-Spektrum des U-förmigen Steins am alten oberen Turmausgang. Es zeigten sich mögliche, nicht näher bestimmbare organische Beimengungen. Herr Holst wies darauf hin, dass es sich um einen ausgeformten Haltestein für einen Schließbalken handelt. Diese wurden in der Regel intensiv eingefettet. Das IR-Spektrum könnte somit die eingedrungenen organischen Bestandteile widerspiegeln. Der makroskopische und mikroskopische Vergleich der gut behauenen grauen Sandsteinblöcke und der Vergleich der gemessenen IR-Spektren mit Spektren an Originalgestein aus dem Steinbruch weisen darauf hin, dass es sich beim hauptsächlich verbauten Gestein um den Sandstein aus Höör in Schweden handelt. Die Reflexionskurve von Originalproben aus dem Gebiet Höör und den Blöcken am Turm

Geschätzter Anteil (%)	Minerale	Farbe	Korngröße (mm)	Gefügemerkmale
< 90	Quarz	hellgrau oft klar; Adern weiss, trüb	< 1-3 selten > 5	gut bis mäßig gerundet, gerüstbildend, frisch
< 5	Plagioklas	hellgrau, weiss	1 4	acking his angenundet, oft alteriert
	Alkalifeldspat	hellgrau, weiss, rötlich	1-4	eckig bis angerundet, on alterien
~ 1	Hellglimmer	weiss, silbrig glänzend	~ 1	feine Plättchen
~ 2	Erzminerale	schwarz, gelb-braun, braun-rötlich	< 1-2	feine rundliche Aggregate, gelbliche Schlieren (Limonit)
~ 2	Tonminerale	weiss	erdig	auf Porenräumen

Tab. 1:Übersicht zu den Mineralen des hauptsächlich verbauten Höör-Sandsteins.Tab. 1:Minerals in the predomantly used Höör-sandstone.

Die mikroskopische Analyse zeigt Anwachssäume von Quarz um die einzelnen Quarzkörner unter Einschluss eines feinen Limonithäutchens, dass oft zu Hämatit umgewandelt ist. Stark alterierte Feldspäte sind ebenso wie Lithoklasten recht selten. In Poren und Zwickeln liegt häufig Chert vor und unterstützt die Kornbindung.

Die Messungen mit der IR-Sonde an den Steinen der Außenmauer ergaben ein relativ einheitliches Reflexions-Spektrum (Abb. 5a). Dies betrifft sowohl die Blöcke mit keinen oder wenigen Quarzadern als auch Blöcke mit Korngrößendifferenzen von feinem zu mittlerem bis grobem Korn. Auf Grund der makroskopischen Übereinstimmung und der Gleichförmigkeit der Spektren kann eine gleiche Lagerstätte für die Lieferungen der Blöcke angenommen werden. In den einzelnen Messungen am Turm treten zwischen den Blöcken keine abweichenden Gehalte an Tonmineralen oder anderweitige Mineralassoziationen auf.

Etwas abweichend ist dagegen das Bild zahlreicher Steine der Innenmauer. Hier liegt häufig Kalziumkarbonat im Spektrum (Abb. 5b) vor. Nach Reinigung einer Stelle konnte jedoch auch Stolpe weisen einen relativ identischen Verlauf auf. Aus den IR-Spektren lassen sich die gleichen akzessorischen Bestandteile ableiten:

Die Spektren der Sandsteinblöcke der Außenmauer zeigen nach 800 Jahren Bewitterung zwar einen deutlichen Verlust des Tonmineralanteils im Vergleich zu den Proben des Höör-Sandsteins. Hingegen lassen sich in allen Messungen, ebenso wie in den Referenzproben, relativ hohe Gehalte an amorpher Kieselsäure bzw. Opal CT (Cristobalit/Tridymit) nachweisen. Dies kann als Hinweis auf eine thermische (vielleicht auch hydrothermale) Überprägung der Sandsteine gedeutet werden und untermauert somit die Zuordnung der Sandsteine vom Stolper Turm zum Höör-Sandstein.

Sowohl für den Sandstein am Turm zu Stolpe, als auch für die Proben aus Höör ist insbesondere das Tonmineral Muskovit-Illit charakteristisch. Der Sandstein von Höör ist ein marin gebildetes klastisches Sediment des Lias (Hettange), das im Gebiet von Höör in einem begrenzten Areal durch Basaltintrusionen thermisch überprägt wurde. Die Aufheizung führte zu einem sekundären Wachstum von Quarz um



- Abb. 5a: IR-Spektrum von den gut behauenen Sandsteinblöcken der Außenmauer im Vergleich zur Referenzprobe Höör-Sandstein aus dem Vorkommen Höör in Schweden.
- Fig. 5a: IR-spektrum of well hewn sandstone blocks of outer tower wall compared to a reference sample of Höör-sandstone from Sweden.



- Abb. 5b: IR-Spektren von gut behauenen Sandsteinblöcken der Innenmauer. Rot: Spektrum mit deutlichem Anteil von Kalzit, grün: Spektrum vom gereinigten Stein, blau: Vergleichsspektrum von der Auβenmauer.
- Fig. 5b: IR-spektra of well hewn sandstone blocks in the inner wall. Red: spectrum with distinct portion of calcite; green: spectrum of cleaned stone; blue: for comparison spectrum of block in the exterior wall.



Abb. 6: Bereich eines Altabbaus in der Nähe von Höör (Schonen, Schweden). Fig. 6: Old quarry area near Höör (Schonen, Sweden).

die ursprünglichen Sandkörner. Diese wurden fest miteinander "verbacken" und bewirken für dieses begrenzte Areal einen hochfesten Sandstein mit ausgezeichneten bautechnischen Eigenschaften. Der Abbau (Abb. 6) erfolgte seit dem Mittelalter. Derzeitig besteht keine Gewinnung mehr und das Gelände ist weitgehend überwachsen. Das Vorkommen ist in der schwedischen Staatsreserve für historisch wertvolle Baustoffe ausgewiesen. Das bekannteste Gebäude aus dem Sandstein von Höör ist der Dom zu Lund in Schonen (Abb. 7). In welchem Umfang das Gestein im Mittelalter nach Deutschland gelangte, ist nicht bekannt. Jedoch bestehen zahlreiche Mühlsteine, besonders in Norddeutschland, aus dem Sandstein von Höör. Ebenso sind in einigen Gebäuden kleinere Teile von Sandstein verbaut, die in ihrer Herkunft gleichfalls Höör zugeordnet werden. Der Turm von Stolpe wäre damit gegenwärtig in Deutschland das Gebäude mit dem größten bekannten Anteil an Höör-Sandstein.



Abb. 7: Der Dom zu Lund in Südschweden ist das größte Gebäude aus Höör-Sandstein.
Fig. 7: The cathedral of Lund in southern Sweden represents the largest building constructed of Höör-sandstone.

Theoretisch könnte aus dem Gebiet Höör auch eine größere Anzahl von Sandstein-Geschieben Norddeutschland erreicht haben. Dafür sprechen zumindest die zahlreichen Basaltgeschiebe aus der gleichen Region. In der jüngeren Geschichte sind jedoch keine größeren Findlinge von Höör-Sandstein bekannt geworden. Es wird davon ausgegangen, dass das Vorkommen des Sandsteins von Höör keine größere Geländeerhebung bildete und dementsprechend Abscherungen durch das Eis nur geringfügiger Natur sein konnten und demnach kaum größere Geschiebe erbrachten. Diese hätten zudem eine Größe aufweisen müssen, die eine bautechnische Bearbeitung in den jetzigen Dimensionen der Blöcke ermöglichte. Auffällig ist des Weiteren die Gleichförmigkeit einzelner Chargen am Bauwerk, was für eine zufällige Auswahl von Geschieben eher ungewöhnlich ist.

### 4.2 "Tertiär-Sandstein"

Im östlichen Teil der äußeren Mauer sind 6 Blöcke und einige kleinere Steine in den Verband des Höör-Sandsteins eingefügt, die nicht die exakte und rechtwinklige Bearbeitung der übrigen Bauteile aufweisen. Der größte der wie nachträglich eingesetzt wirkenden Blöcke besitzt eine Länge von



- Abb. 8: Block des vom Höör-Sandstein völlig abweichend patinierenden Tertiär-Sandsteins. Auffällig ist die wenig deutliche scharfkantige Quaderform, auf deren oberen Fläche noch grobe Bearbeitungsspuren vorhanden sind (Bildausschnitt 70 cm).
- Fig. 8: Block of Tertiary-sandstone with patina differing clearly from Höör-sandstone. Notable is the lack of sharp edges of the ashlars; the top surface exhibits coarse toolmarks (Width of picture 70 cm).

Ø-Korngröße (mm)	0,3551	Φ
Q 3	0,365	Ф 1,48
Q 2	0,3	Φ 1,74
Q 1	0,18	Ф 2,48
Sortierung		-0,5
√Q3/Q1	1,42	
Schiefe nach TRASK	0,48	
Abrundung	0,2-1,0/0,5	
Zurundung	0,2-1,0/0,7	
Kornkontakte	ohne	
Kornbindung	Zement	Kalzit

- Tab. 2: Zusammengefasste sedimentologische Daten des Tertiär-Sandsteins von Stolpe.
- Tab. 2: Sedimentological data of Tertiary-sandstone.

60 cm bei einer Einbautiefe von 20 cm. Auf einem Stein finden sich grobe Bearbeitungsspuren, vermutlich von einem groben Spitzeisen (Abb. 8). Im Inneren konnte dieser Sandsteintyp nicht festgestellt werden.

Das Gestein ist hellgrau, in einzelnen Partien leicht gelblich. Die Korngrößen sind stark differenziert (Tab. 2), in den feinkörnigen Lagen überschreiten sie 10 mm nicht. In den gröberen Partien treten zahlreiche größere Kiesel bis 30 mm auf, überwiegend handelt es sich um Flint, gut gerundete alkalibetonte Granite und Gneise sowie mikritische Kreidekalke und kleine Eisenoxid-Geoden. Der Flint hat eine weiße Farbe, wobei nur der innerste Kern noch schwarz-grau ist. Charakteristisch sind die relativ geringe Festigkeit des Gesteins und deutliche Texturmerkmale mit graduierter Schichtung und teilweise Kreuzschichtung. Im mikroskopischen Bild weist das Gestein eine durchschnittliche Korngröße von 0,3551 mm und eine mittlere Sortierung auf. Nach FÜCHTBAUER (1988, S. 135) kann das Gestein als Fluss-Sediment angesehen werden. Im Dünnschliffbild (Abb. 9a-d) ist eine schwache Regelung durch die Anordnung von Körnern auf kürzere Distanz erkennbar.

Es liegen keine Korn-Korn-Kontakte vor. Das Gestein weist eine deutliche Zementierung aller Komponenten in Kalziumkarbonat auf. Der Anteil an Zement beträgt ca. 35 %, die Zementpartikel haben eine Größe von 0,04-0,06, selten bis 0,08 mm. Die Zementation ist dicht und umschließt alle Kornaggregate. Häufig sind Körner randlich von Kalzit korrodiert. Teilweise ist Kalzit auch auf Kornspalten oder auch flächig in Kornaggregate eingedrungen. Quarze weisen oft kleinere Absprengungen durch Kalzitzement auf. In Poren liegen subhedrale Kalzitkristalle am Rand vor. Die Poren sind überwiegend länglich ausgebildet und zwischen 0,05-3 mm groß. Sie sind nicht untereinander vernetzt. Der Anteil des Porenvolumens liegt bei etwa 5-10 %. In kleineren Bereichen des Gesteins (mm- bis cm-Größe) tritt der Anteil an Kalzit als Zement stark zurück und wird durch braune Eisenoxide/Hydroxide ersetzt. Diese Chargen weisen dann makroskopisch einen deutlichen gelblichen Farbton auf.

Den Hauptanteil der Kornaggregate mit 40-50 % bilden Quarze mit Korngrößen von 0,05-0,7 mm. Etwa zwei Drittel der Quarzkörner sind gerade, die übrigen meist nur schwach undulös auslöschend. Sie weisen alle Kornformen in der Zu- und Abrundung auf. Vereinzelt liegen auch gerade auslöschende euhedrale Quarze vor. Ebenso selten treten Körner, meist gerundet bis gut gerundet, mit Anwachssäumen und einem eingewachsenen Häutchen aus Limonit auf. Häufig sind die Korngrenzen durch Kalzit angelöst oder Teile des Korns abgesprengt. Ein Teil der Quarzkörner, insbesondere die gerade auslöschenden, weisen deutliche Bahnen von Fluideinschlüssen auf, selten Einschlüsse von Titanit. Vereinzelt tritt amorpher Quarz auf.

Die übrigen klastischen Komponenten nehmen einen Anteil von etwa 20 % ein. Polygonale Quarze mit gut 2 % weisen Korngrößen von 0,2-0,8 mm auf. Die Kornform ist überwiegend schlecht gerundet (0,4) bis gut gerundet (0,8). Die Anzahl der Subkörner liegt bei 2-5, selten tritt sehr feine intensive Subkornbildung auf. Alkalifeldspäte sind mit ca. 5 % vorhanden. Der Anteil mit perthitischen Entmischungen unterschiedlicher Ausprägung ist etwas höher als der mit Mikroklin-Gitterung. Sehr selten treten Bruchstücke von Sanidin auf. Auch die Alkalifeldspäte weisen alle Formen der Zu- und Abrundung auf, wobei häufig auch das Verhältnis 1/0,8 anzutreffen ist. Teilweise sind die Albit-Spindeln stark limonitisiert oder hydrothermal alteriert. Plagioklase sind mit etwa 1 % als stark zergliederte Bruchstükke (0,3/0,3) mit unterschiedlichen Anorthit-Gehalten und Alteration vertreten.

Bei den Gesteinsbruchstücken mit 5 % Anteil sind sowohl Granitoide oder Gneise als auch stark alterierte intermediäre bis basische Aggregate vorhanden. Auffällig sind ebenfalls einzelne, deutlich mit Rändern begrenzte Körner von Kalkagglomerationen (Bioklast?) und Körner von feinen Quarzbruchstücken in Kalzitzement (Abb. 9c). Hier könnte es sich um die Aufarbeitung eines älteren Sediments handeln.

Die größten Körner werden durch Reste von mikritischem Kalkstein mit wenigen erkennbaren Bioklasten von Foraminiferen gebildet (2 %, Abb. 9d). Sie sind jedoch überwiegend randlich stark korrodiert und gehen oft fließend in den Zement über. Verschiedenste Minerale bilden ca. 1 % des Bestands: Es sind häufig gut gerundete und teilweise limonitisierte Körner von Glaukonit, Klinoamphibol, Pyroxene, Hellglimmer, Biotit, Hämatit, Limonit, wenig Zirkon und etwas kohlige Substanz. Das Gestein enthält ca. 1-2 % Bioklasten. Überwiegend liegen Reste von Foraminiferen kretazischen Alters vor (Oberkreide, vermutlich Lenticulina und Hedbergella; Bestimmung Herr Prof. Mutterlose, Ruhruniversität Bochum, Institut für Geologie). Häufig sind die Bioklasten randlich stark zu Zement umkristallisiert. Die durchschnittliche Zusammensetzung ergibt somit 50 % Quarz, 15 % Lithoklasten und 35 % kalzitischen Zement.

Nach dem Bestand an Quarz umfasst das Liefergebiet wenig spättektonisch beanspruchte Granite mit einem Vorkommen saurer Vulkanite und von Sandsteinen mit Anwachssäumen. Die Granitoide sind stark alkaligeprägt. Die Lithoklasten weisen auf Granitoide bis Gneise und basische Intrusiva hin. Gut zugerundete Quarze mit limonitischen Kornrändern und Anwachssäumen liegen beim Höör-Sandstein vor. Somit könnte die Zusammensetzung dem süd- bis mittelschwedischen Abtragungsraum entsprechen. Die mikritischen Kalke sind weiß bis hellgrau und entsprechen den kretazischen Karbonaten im Ostseeraum. Der Flint deutet mit seiner tief entfärbten Kruste, wie sie z. B. im Miozän abgelagerte Flinte aufweisen, auf eine fluviatile Aufarbeitung hin (VON BÜHLOW 2004). Auf Grund der im "Tertiär-Sandstein" enthaltenen Körner an gut gerundetem Glaukonit sowie den mit Kalzit zementierten Partikeln stark eckiger Quarze mit geringer Zurundung (0,1/0,2-0,3) könnte auch eine Aufarbeitung älterer Sedimente und Agglomerate erfolgt sein. Der Mineralbestand entspricht in hohem Maße fluviatilen Sedimenten aus dem "skandinavischem Strom", die im Tertiär akkumuliert und zementiert wurden.

Die IR-Analyse zeigt ein völlig abweichendes Spektrum (Abb. 10) gegenüber dem Höör-Sandstein und den IR-Spektren anderer Sandsteine aus Deutschland und Schlesien. Ebenso abweichend ist das IR-Spektrum eines tertiären Sandsteins von Altranft (Probe beim Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg). Typisch im IR-Spektrum für die Probe vom Stolper Turm sind der relativ hohe Gehalt an Kalzit und der fehlende, die tertiären Sandsteine charakterisierende Kurvenverlauf bei 2200-2300 nm. Tertiäre Ausbisse liegen in der Umgebung von Stolpe z. B. in Altranft vor. Dort und in der weiteren Umgebung von Bad Freienwalde wird von BROSE (1973)



- Abb. 9: Dünnschliffaufnahmen des Tertiär-Sandsteins (Größe der Bildausschnitte 9a, c und d 1,1 mm, gekreuzte Polarisatoren).
- Fig. 9: Thin section photographs of Tertiary-sandstone (size of picture details 9a, c and d 1,1 mm, crossed polarisers).
- 9a: Zahlreiche Quarzkörner in feinkristallinem Zement aus Kalzit. In der Mitte links ein Alkalifeldspat, rechts ein Plagioklas, auffällig sind die stark differenzierten Zu- und Abrundungen der Körner.
- 9a: Many quartz grains in fine cristalline cement of calcite. In center left an alkali feldspar, right plagioclase, conspicuous is the variation in roundness of the grains.

9b: Korrosion von Quarz durch den kalzitischen Zement (Größe Bildausschnitt 0,3 mm).
9b: Corrosion of quartz caused by calcitic cement (size of picture detail 0,3 mm).

- 9c: Feinstkörnige Aggregate in einer dichten mikritischen Matrix aus Kalzit. Das Kornaggregat könnte auf eine ältere Zementation, die aufgearbeitet wurde, hinweisen.
  9c: Verv fine grains in dense micritic matrix of
  - c: Very fine grains in dense micritic matrix of calcite. The aggregate is probably a result of early cementation and subsequent reworking.

- 9d: Kretazische Foraminifere (Lenticulina) als Bioklast.
- 9d: Cretaceous foraminifera (Lenticulina) as bioclast.

Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 1/2-2010



Abb. 10: IR-Spektrum des Tertiär-Sandsteins vom Turm Stolpe und das Vergleichs-Spektrum des Freienwalder Sandsteins.

Fig. 10: IR-spektra of Tertiary-sandstone from the Stolpe tower and, for comparison, the spectrum of the Freienwalde sandstone.

das sporadische Auftreten von tertiärem Sandstein, und zwar als Einkieselung tertiärer quarzreicher Sande im Liegenden der Braunkohleflöze, beschrieben. Im Vergleich zur Probe von Altranft mit über 95 % Quarzkörner weist der Sandstein vom Stolper Turm einen Anteil von 20 % Lithoklasten, u. a. von mikritischem Kalkstein, auf. Der fließende Übergang von karbonatischen Lithoklasten zu kalzitischem Zement weist auf kontinuierliche Lösungsund Ausfällungsprozesse, wie sie auch BROSE (1973) für die silikatische gebundenen Sandsteine beschreibt, hin. Eine Annahme von kretazischer Sandsteinbildung für die vorliegenden Proben sollte jedoch aus zwei Gründen ausgeschlossen werden. Einerseits sind aus der Umgebung von Stolpe keine Ausbisse der Kreide bekannt und weite Transporte für derartige Steine sind aus ökonomischen Gründen im Mittelalter wenig wahrscheinlich. Andererseits ist ein Transport als Geschiebe, z. B. vom Ostseegrund, in den verbauten Blöcken entsprechenden Dimensionen auf Grund der geringen Gefügestabilität eher auszuschließen. Eine analoge Bildung des Gesteins im Tertiär zu den verkieselten Sandsteinen wie in Altranft kann daher angenommen werden. SCHULZ (2003, S. 427) beschreibt schwach glaukonitischen Feinsandstein mit dolomitischem Bindemittel aus dem Miozän östlich von Karenz im SW Mecklenburg-Vorpommern.

#### 4.3 Jotnischer Sandstein

Beim dritten Sandsteintyp handelt es sich um flache, bis 7 cm starke Platten des roten bis rotbraunen Jotnischen Sandsteins, die im äußeren und inneren Turmmauerwerk eingebaut wurden. Größere Mengen dieses Gesteins sind insbesondere im Raum Trebus als Geschiebe verbreitet (vgl. Beitrag ZWENGER dieses Heft). Das Gestein liegt jedoch als Geschiebe auch in der Umgebung des Stolper Turms im Bereich der Angermünder Staffel und als Geröll der periglazialen Terrassen vor. Größere Mengen, die einen vollständigen Bau für den Turm ermöglicht hätten, treten in der Umgebung jedoch nicht auf. Das IR-Spektrum (Abb. 11)







des roten Jotnischen Sandsteins am Turm Stolpe weist eine eindeutige Übereinstimmung mit einer Referenzprobe von Trebus auf.

Für eine petrographische Analyse wurde eine farblich vergleichbare Probe mit ähnlicher Korngröße aus Trebus verwendet. Der Sandstein ist deutlich geschichtet. Im Dünnschliff (Abb. 12a-d) sind die häufig gestreckten Aggregate oftmals in Lagen eingeregelt. Die mittlere Korngröße beträgt 0,21 mm (Tab. 3). Bei über 70 % der Aggregate liegen direkte Kornkontakte vor. Zwickel und Lagen sind mit Tonmineralen und Serizit als Matrix ausgefüllt. Der Matrixanteil liegt bei 17 %. Das Gestein besteht zu fast 70 % aus Quarz, mit einem Anteil von etwa 3 % polygonale Aggregate. Die Quarzkörner weisen überwiegend eine deutlich undulöse Auslöschung und häufig Fluideinschlüsse auf. Oft sind sie pflasterartig mit Kornkontakten von 120° lagig angeordnet. Die Korngrenzen sind dann gerade, überwiegend aber stark lobenartig ausgebildet. Der Anteil an Feldspäten liegt bei ca. 3 %, wobei Alkalifeldspäte mit Mikroklin-Gitterung und perthitischen Entmischungen überwiegen. Die Albitspindeln sind häufig stärker korrodiert und zu Serizit umgewandelt oder stark limonitisiert. Etwa 10 % Lithoklasten setzen sich aus gut zugerundeten Quarziten und nicht näher bestimmbaren Granitoiden oder Gneisen zusammen. Vereinzelt sind noch Reste von basischen Gesteinsbruchstücken erkennbar, die jedoch stark alteriert sind und in der Masse zur Matrix zersetzt sein dürften. Der Glimmeranteil von ca. 2 % wird überwiegend von Serizit bestimmt, der häufig in Lagen angeordnet ist und damit die plattige Spaltbarkeit des Gesteins bewirkt. An weiteren akzessorischen Mineralien treten stark alterierte Pyroxene, Amphibole und gut zugerundete zonierte Zirkone auf. Hämatit liegt in feinen Plättchen aber auch in lagig angeordneten Agglomerationen mit Limonit/Goethit vor. Teilweise können diese dann die Matrix ersetzen und färben Teilbereiche stark rot-bräunlich ein. Nach seinem Mineralbestand ist das Gestein nach FOLK (Abb. 13) als Sublitharenit zu bezeichnen.



*Abb.* 12: Dünnschliffaufnahmen des Jotnischen Sandsteins: Fig. 12: Thin section photographs of the Jotnian sandstone:

- 12a: Zeigt die deutliche Orientierung der Längsachsen der Kornaggregate - in der Bildmitte zwei Alkalifeldspäte mit starker Serizitisierung der Albitspindeln, zwischen den Kornaggregaten Matrix aus Tonmineralen (TM) und Serizit.
- 12a: Shows distinct orientation of longitudinal axes of grain aggregates - in the center two alkali feldspars with heavy seritization of albite spindles. A matrix of clay minerals and serizite is developed between the grain aggregates.
- 12b: In der Bildmitte Mikroklin mit typischer Gitterung. Größere Bereiche von tonmineralischer Matrix zeigen noch Reste von Lithoklasten (12a, b und c Bildlänge 1,1 mm; gekreuzte Polarisatoren).

12b: Mikrocline with typical gridding in the center. Larger areas of matrix with clay minerals show remnants of lithoclasts (length 12 a, b and c: 1,1 mm; crossed polarisers).

- 12c: Lagen von neugebildetem Serizit zwischen einzelnen Quarzkörnern, die häufig mit 120° Kornkontakten angeordnet sind aber auch typische lobate Korngrenzen zeigen. Die Matrix unten links weist mit der intensiven Reflexionsfarbe einen hohen Anteil an Serizit auf.
  12c: Layers of newly formed serizite between individual quartz aggregates; they are frequently arranged with grain contacts of 120°, but exhibit alternatively typical lobate grain margins. The matrix in the lower left the intensive reflexion colours indicate a high content of serizite.
- 12d: Desgleichen bei ungekreuzten Polarisatoren: Deutlich ist die Anreicherung von bräunlich und rötlich färbendem Limonit bzw. Hämatit auf Korngrenzen und in der Matrix erkennbar.
- 12d: Same as 12 c with linear polarisers: The enrichment of brownish and reddish staining limonite or haematite at grain margins and inside of matrix is very conspicuous.

Ø-Korngröße (mm)	0,2113	Ф 2,25	
Q 3	0,235	Φ 2,08	
Q 2	0,135	Ф 2,90	
Q 1	0,056	Φ 4,15	
Sortierung		-1,035	
√Q3/Q1		2,05	
Schiefe nach TRASK		0,43	
Abrundung	0,2-8,0 /0,6		
Zurundung	0,4-1,0/0,7		
Kornkontakte	120°, Loben, Bruch		
Kornbindung	Matrix	TM, Serizit	

*Tab. 3: Zusammengefasste sedimentologische Daten des Jotnischen Sandsteins.* 

Tab. 3: Sedimentological data of Jotnian sandstone.

#### Zusammenfassung

Die Sandsteine am Turm von Stolpe bei Angermünde wurden zur Ermittlung ihrer Herkunft sowohl makroskopisch als auch mittels IR-Analyse untersucht. Der überwiegende Anteil besteht aus gut bearbeiteten Blöcken, die in ihren makroskopischen Merkmalen und hinsichtlich des IR-Spektrums dem jurassischen Höör-Sandstein (205 Mio a) aus Südschweden entsprechen. Auf Grund des gleichförmigen Gefüges und der verbauten Menge ist eine Herkunft als Geschiebe auszuschließen. Zu offensichtlich späteren Reparaturarbeiten wurden tertiäre, kalzitisch gebundene lithische Arkosen, die aus der Region um Stolpe stammen könnten, verwendet. Dieses Gestein wurde ursprünglich als "Tertiär-Quarzit" (Miozän/ Pliozän, älter 2 Mio a) bezeichnet. In geringem Maße wurde der Jotnische rote Sublitharenit aus Mittelschweden (1 300 Mio a) wegen seines plattigen Habitus in die Schichten eingefügt. Das Gestein tritt auch als Geschiebe in der Region auf.

#### Summary

Three types of sandstone used in the walls of the Stolpe tower were identified macroscopically and by using IRanalysis.

1. The predominant type is composed of well processed blocks, which according to their macroscopic details and IR-spectra correspond to the jurassic Höör-Sandstone (205 mill. years) from southern Sweden. Because of their even fabrics and the quantity used, they are not considered to be taken from glacially transported erratic blocks.

2. Obviously inserted in the process of later repair work, tertiary, calcite-cemented lithic arkoses probably were taken from the surroundings of Stolpe tower. Originally this



# b. 13: Lage der drei Sandstein

- Abb. 13: Lage der drei Sandsteintypen im Folk-Diagramm: blau Höör-Sandstein, grün Jotnischer Sandstein, rot Tertiär-Sandstein.
- Fig. 13: Position of the three types of sandstone in the Folk-diagram: blue Höör-sandstone, green Jotnian sandstone, red Tertiary-sandstone.

rock was named "Tertiäry-Quarzite" (Miocene/Pliocene, older than 2 mill. years).

3. To lesser extent Jotnian Sandstone (1 300 mill. years) from middle Sweden, was included into the layers; they probably were taken from glacially transported boulders.

#### Danksagung

Herrn E. Priebe vom Bauamt Angermünde danken wir für die freundliche Erteilung der Genehmigung zur Messdurchführung am Turm Stolpe und Herrn J. C. Holst für die umfassende und spannende Erläuterung seiner jüngsten Forschungsergebnisse zur Geschichte und der Architektur des Turms. Unser besonderer Dank gilt Herrn Prof. J. H. Schröder (TU Berlin) für die tatkräftige Unterstützung bei der Messung und Herrn Prof. J. Mutterlose (Ruhruniversität Bochum) für die kurzfristige Bestimmung der Mikrofossilien.

#### Literatur

- BROSE, F. (1973): Sandstein bei Freienwalde. Heimatkalender für den Kreis Bad Freienwalde (Oder), S. 67-69, Bad Freienwalde
- BÜHLOW, H. V. (2004): Verwitterungsformen an Feuersteinen auf sekundären Lagerstätten in Mecklenburg-Vorpommern. - Neubrandenburger Geowissenschaftliche Beiträge 4, S. 43-48, Neubrandenburg

FOLK, R. L. (1959): Practical petrographic classification of limestones. - AAPG Bulletin V43, S. 1-38, Tulsa

- FÜCHTBAUER, H. (1988): Sedimente und Sedimentgesteine, Teil II. - S. 97 ff, Stuttgart (Schweizerbart)
- MEHNER, A. (2009): Archäologische Untersuchungen im Rahmen des BV "Erschließung Stolper Turm" in Stolpe/ Oder, (Landkreis Uckermark). - Aktivitäts-Nr. des BL-DAM: UBO 2006:148; Sachkatalog-Nr.: 2006-1336, Berlin
- SCHULZ, W. (2003): Geologischer Führer für den norddeutschen Geschiebesammler. - S. 427, Schwerin (cw/Verlagsgruppe)
- TRASK, P. D. (1932) in FÜCHTBAUER, H. (1988): Sedimente und Sedimentgesteine, Teil II. - S. 130-139, Stuttgart (Schweizerbart)

Aus dem Internet recherchiert: NN: Information zum Stolper Turm: http://www.unteres-odertal.de/5423.html

NN: flyer\_turm.pdf: http://www.dorfvereinstolpe-uckermark.de

#### Anschrift der Autoren:

Dipl.-Geol. Karl-Jochen Stein Am Schulzensee 3/Waldsee 17258 Feldberger Seenlandschaft natur\_stein@t-online.de

Dr. Jörg Bowitz Schönwalder Str. 60 13585 Berlin joerg.bowitz@yahoo.de