

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	2 (1995), 2	S. 33 – 46	12 Abb., 1 Tab., 6 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-------------------------

Das Erdbeben “Prignitz 1409” im Lichte der tektonischen Analyse des Ruptursystems in der Pfarrkirche zu Wittstock

RUDOLF MEIER & HANS JOACHIM FRANZKE

1. Einleitung und Problemstellung

In den modernen deutschen Erdbebenkatalogen von LEY-DECKER (1986) und GRÜNTAL (1988) werden für den Beginn des 15. Jahrhunderts zwei seismische Ereignisse aufgeführt, die 1410 und 1412 stattgefunden haben sollen. Beide Erdbebenkataloge ordnen die Epizentren nach damaligem Kenntnisstand mit Koordinatenangabe dem nordwestlichen Land Brandenburg, d. h. der Prignitz, zu und geben die makroseismischen Intensitäten mit I = VII (MSK) beziehungsweise I = V (MSK) an.

Das Hauptereignis wird als “Prignitz 1410” oder “Wittstock 1410” bezeichnet. Es wäre nach Korrektur der Intensität des Erdbebens von Lüneburg 1323 durch STEINWACHS (1983; I = VI (MSK)) und des Ereignisses von Alfhausen 1770 durch MEIER & GRÜNTAL (1992; I = VI (MSK)) das stärkste Erdbeben, das für die letzten 1000 Jahre im Norddeutschen Tiefland nachweisbar ist.

GRÜNTAL & MEIER (1995) haben die historischen Quellen, die der Annahme von Erdbeben in den Jahren 1410 und 1412 in der Prignitz zugrunde liegen, recherchiert und gelangen nunmehr zu abweichenden Ergebnissen.

Danach ergibt sich, daß das Hauptereignis nicht 1410, sondern 1409 stattfand, daß die zeitgenössischen Quellen auf ein Erdbeben im Raum Magdeburg am 24. August 1409 hinweisen, und schließlich, daß es 1412 weder in der Prignitz noch in Norddeutschland ein Erdbeben gab, sondern ein Sturmereignis, das am 22. November 1412 eintrat.

Im Ergebnis der Untersuchungen verbleibt eine Restunsicherheit für das Ereignis von 1409, die sich aus einer handschriftlichen Chronik des Wittstocker Bürgers JOACHIM CONRAD STEIN aus dem Jahre 1697 herleitet. STEIN vermutet nach Zitat von zwei lateinisch verfaßten Gedichten von einem SARNOVIUS, die die Ereignisse von 1410 (1409) und 1412 mit einem zeitlichen Abstand von etwa 150 Jahren schildern, durchaus vorsichtig: “Und von diesem Erdbeben soll die große Borste in dem Gemäuer des Kirchen Thurms entstanden seyn”.

Die tatsächlich im Kirchturm der Pfarrkirche zu Wittstock in Form eines ausgeprägten Kluftsystems vorhandene “Borste” wurde mit Methoden der tektonischen Analyse untersucht, um die Restunsicherheiten zu prüfen.

Für die sehr freundliche Unterstützung, die uns Herr Su-

perintendent emer. ZELLMER, Wittstock, bei den Arbeiten vor Ort gewährte, bedanken wir uns aufrichtig.

2. Die Pfarrkirche Wittstock als Untersuchungsobjekt

2.1. Baugeschichte und Ereignisse

Tektonische Analysen werden im allgemeinen auf geologische Körper angewendet. Unser Objekt ist ein Baukörper, der Turm der Pfarrkirche Wittstock. Das Verständnis des Untersuchungsergebnisses wird durch die Kenntnis der Entwicklungsbedingungen des Objektes erleichtert. In unserem Falle ist es die Kenntnis der baulichen Entwicklung und wenigstens der wichtigsten Ereignisse, die auf den Baukörper einwirkten. Informationen darüber wurden STEIN (1697), den “Kunstdenkmälern der Provinz Brandenburg” (1907) und POLTHIER (1933) entnommen und in Tab. 1 zusammenfassend dargestellt.

Daraus wird deutlich, daß die heutige Pfarrkirche in verschiedenen Bauabschnitten entstand. Von einem Erdbeben im Jahre 1409 könnte nur der Bau der ersten Phase (Turm, Langschiff bis zum 4. Gewölbebogen) betroffen worden sein. Bis zum Ende des 15. Jahrhunderts reifte der Gesamtbau fast bis zur Fertigstellung, wurde aber 1495 durch Feuer (Stadtbrand) so erheblich geschädigt, daß die Gewölbe des Kirchenschiffes teilweise und der Turmaufbau vollständig erneuert werden mußten.

STEIN (1697) berichtet vor dem nächsten Brand des Turms (1698) vom Vorhandensein der “Borste” im Turm. Damit bieten sich für die Erklärung des Rupturgefüges im Turm der Kirche statisch angelegte Instabilitäten, das seismische Ereignis von 1409 und thermische Einwirkungen (Brand, 1495) sowie Kombinationen von diesen an. Die tektonische Analyse zielt auf die Eingrenzung der verschiedenen möglichen Ursachen.

2.2. Konstruktive Grundmerkmale des Turms der Pfarrkirche

Die konstruktiven Grundmerkmale des Turms bilden das Bezugsgertüst für das Rupturgefüge. Sie sind in den Abb. 1 und 2 dargestellt. Der Grundriß in der Ebene 1 - 1 wurde den “Kunstdenkmälern der Provinz Brandenburg” (1907) entnommen und durch Nachmessungen präzisiert, der N - S

Tab. 1 Pfarrkirche zu Wittstock - Bauphasen und Ereignisse

1. Hälfte des 13. Jh.	Erbauung des Unterteils des teilweise mit Feldsteinen errichteten Turms, des Langschiffs bis zum 4. Gewölbebogen und des dreiseitigen oktogonalen Chors. Turm mit unterhalb der heutigen Abschrägung ansetzendem Satteldach mit in Nord-Süd-Richtung weisenden Giebeln. Darüber geradlinig der Turm mit schlankem Spitzdach (STEIN 1697)	
1409	<i>Prignitz-Erdbeben</i>	Entstehung der "Borste" durch Erdbeben ? Es sind keine zeitgenössischen Quellen erhalten, die dies beweisen würden.
ab 1451	Umfassender Erweiterungsbau zur jetzigen Größe des Langschiffs mit geradem Chorabschluß nach Osten. An Anschlußstelle Dach mit Uhrenturm (Dachreiter) besetzt, Giebel der alten Hallenkirche über dem 4. Gewölbebogen bleibt unter dem Dach vollständig erhalten.	
1484 1498	Anbau der zweigeschossigen Marienkapelle (Nordseite) Anbau der Kapelle Bischof Ottos (Südseite)	
1495	Feuerbrunst, Turm (mit "Dannensprossen", halb mit Kupfer, halb mit Blei gedeckt) sowie Kirchendach bis zum Uhrenturm brennen ab; schwere Schäden auch an Gewölben des Kirchenschiffs aus der ersten Bauphase (Stadtbrand)	Entstehung der "Borste" durch schweren Brand?
1512	Erneuerung der Gewölbe und Turmneuaufbau mit folgenden Angaben nach STEIN (1697) – Mauerwerksteil: wird verändert 22 Klafter hoch – Turmspitze: 42 Klafter hoch, gedeckt mit 200 Ztn Kupfer, quadratischer Grundriß – Gesamthöhe: 64 Klafter, nach anderen Angaben 118 Ellen Diesen Zustand zeigen die Darstellungen von 1639 und 1652	
1698	Turm brennt erneut ab (Blitzschlag)	Borste vor dem Brand von 1698 vorhanden (STEIN 1697)
1704	Turm erhält die heutige dreistufige Haube	

verlaufende Schnitt und die Grundrisse in den Ebenen 2 - 2 und 3 - 3 durch Neuaufmessungen erhalten. Die Reißaufnahmen und -darstellungen erfolgten durch Herrn Dipl.-Ing. H. SIMON, Potsdam.

Von den bautechnischen Merkmalen sind für die Rupturanalyse von Bedeutung:

- Abgesehen von Tür- und Fensteröffnungen ist der Turm auf West-, Nord- und Südseite bis zum Ansatz der E - W ausgerichteten Dächer massiv und weitestgehend in Ziegelbauweise aufgeführt.
- Die Pfeiler auf der Turmostseite tragen Gewölbe, auf denen die im übrigen massive Turmostseite ruht.
- Die Pfeiler der Ostseite des Turms sind mit der Turmwestseite durch Gurtbögen verbunden. Über diesen Gurtbögen entwickeln sich hoch aufragende Spitzbögen, die den abschließenden Mauerkranz auf Nord- und Südseite des Turms tragen.
- Über diesem Mauerkranz erhoben sich die (erste) ursprüngliche Turmspitze der ersten Bauphase bis zum Brand von 1495 (viele Details unbekannt), die zwischen 1512 und 1519 errichtete zweite Turmspitze, die STEIN

(1697) beschreibt und die auf Darstellungen wiedergegeben ist (u. a. MERIAN 1652) und erhebt sich die heutige dreistufige Turmhaube (Abb. 3 und 4).

Die Abb.1 bis 4 ermöglichen ungefähre Einblicke in Bauzustände vor dem Brand von 1495 und seither eingetretene Veränderungen bis zum heutigen Bild.

3. Beschreibung des Rupturgefüges des Turms der Pfarrkirche Wittstock

Die Anwendung tektonischer Methoden auf Baukörperstörungen ist hier bezogen auf die maßstabsgerechte Erfassung der Rupturen, ihrer Lage zu den bautechnischen Achsen, ihrer Ausprägung und Ausbreitungsrichtung, um Vorzugsvarianten für ihre Genese abzuleiten.

3.1. Das Rupturgefüge im unteren Turmniveau

Als unteres Turmniveau wird der Bereich zwischen Turmflur bis zum oberen Abschluß der inneren Gurtbögen bzw. dem oberen Abschluß der Spitzbögen von Turmsüd- und Turmnordwand bezeichnet (Abb.1 und 2). Es ist 11,85 m hoch über Flur und wird nach oben durch Holzdecken abgeschlossen.

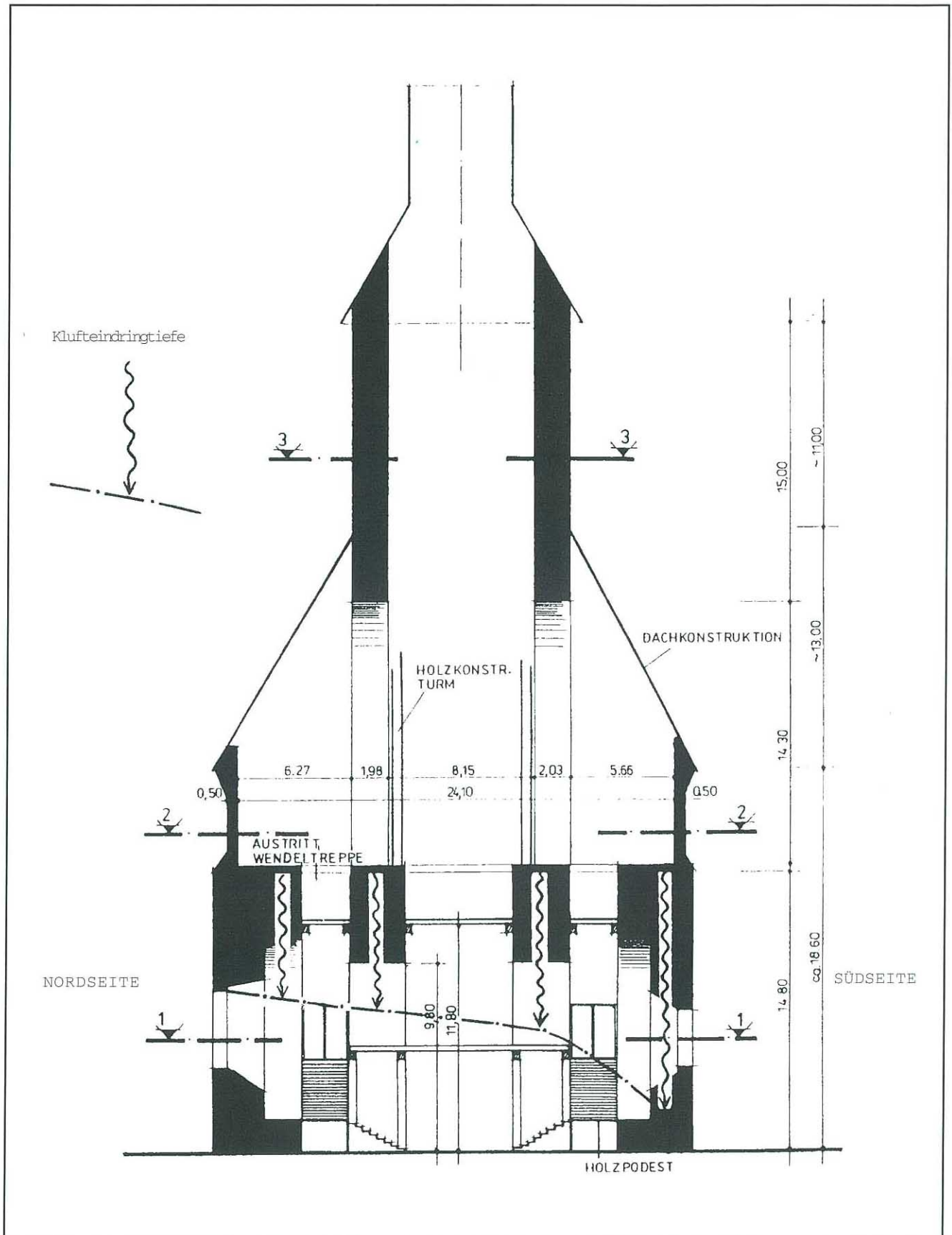
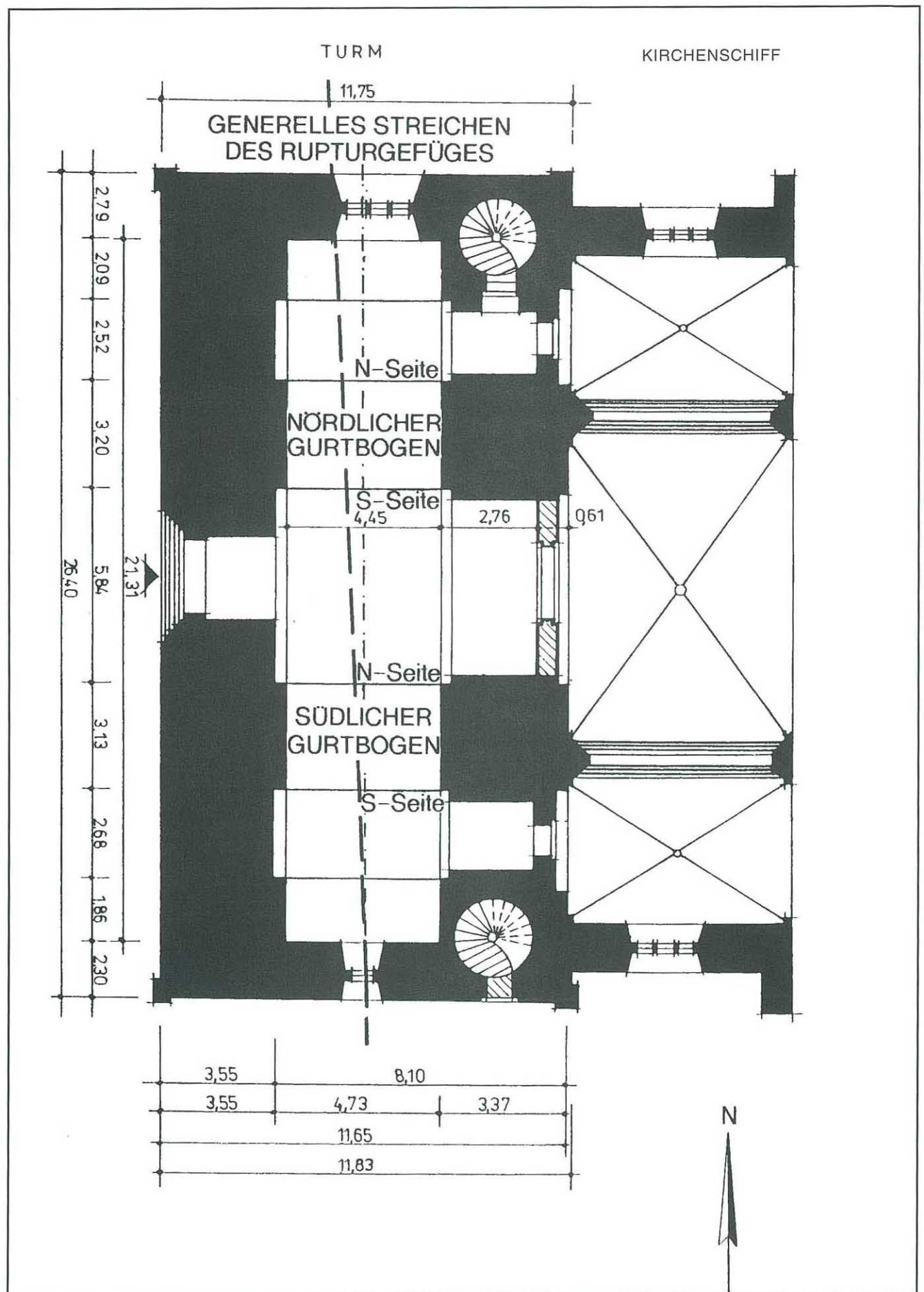


Abb. 1

N-S verlaufender Schnitt durch den Turm der Wittstocker Pfarrkirche. In den Schnitt ist die Eindringtiefe des Ruptursystems eingetragen.

1-1 untere, 2-2 mittlere und 3-3 obere Turmebene



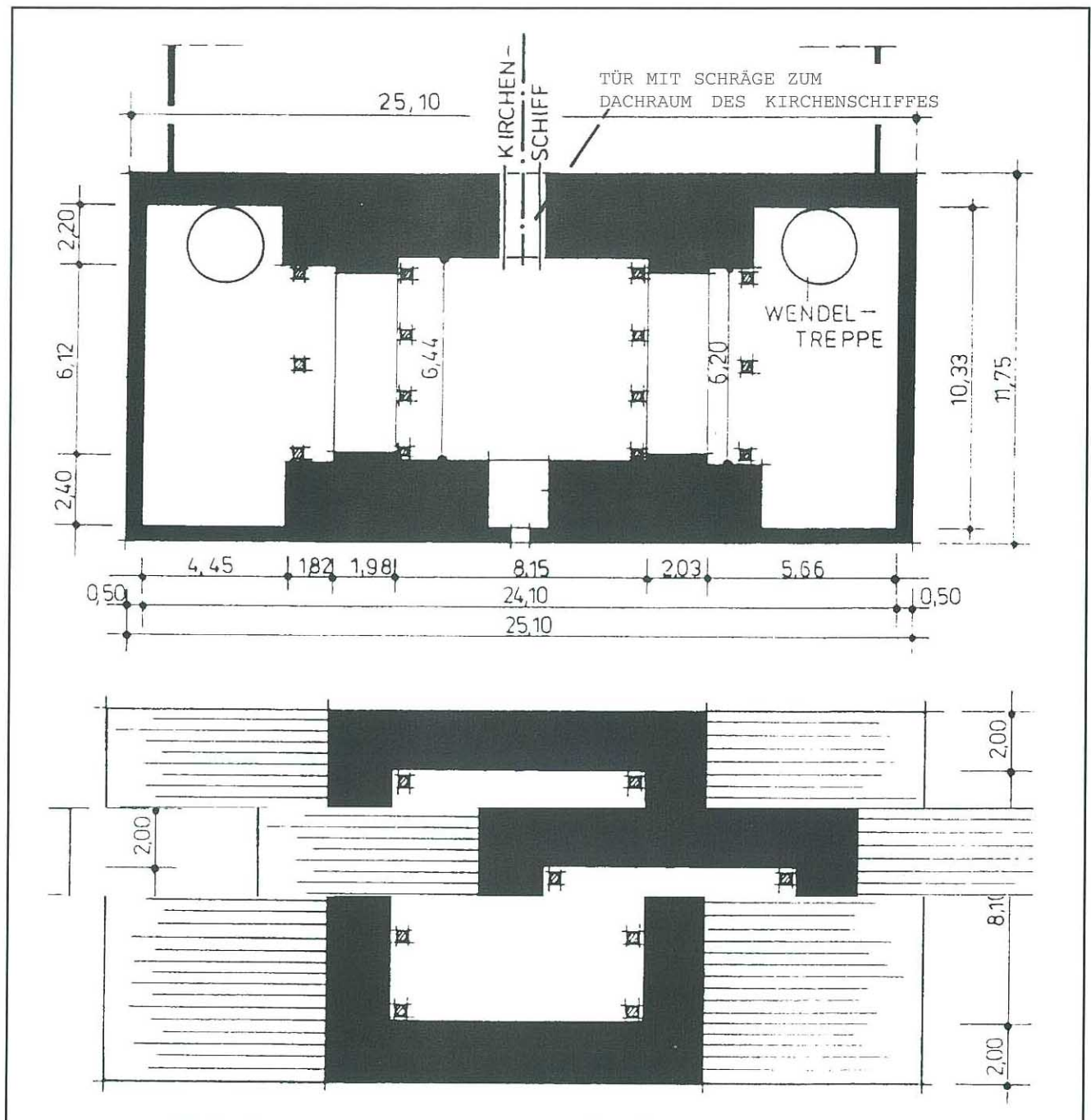


Abb. 2 Grundrisse verschiedener Ebenen des Kirchturms; Turmebenen siehe Abb. 1

Abb. 2.1 Schnitt 1-1 untere Turmebene mit dem Verlauf des Ruptursystems (s. S. 36); Abb. 2.2 Schnitt 2-2 mittlere (oben); Abb. 2.3 Schnitt 3-3 obere Turmebene (unten)

Südmauer des Turms

Das Kluftsystem in der Turmsüdmauer besteht aus einer offenen Kluft, die das Gewölbe vollständig durchtrennt (Abb.5). Sie folgt beim Übergang zum nach unten anschließenden Mauerwerk zunächst den Gewölbesteinen am unteren Rand und verläuft von dort +/- senkrecht und aufgelöst in Teilstücke zum Spitzbogen des Fensters, um hier in die Fugen des vom Spitzbogen vorgegebenen Mauerwerks einzuspringen. Sie setzt sich unterhalb des Fensters fort (Abb. 6).

Diese Ruptur fällt in ihrer Gesamtheit steil nach Westen ein. Die +/- vertikal verlaufenden Kluftteile sind offen. Die größte Öffnung ist im (oberen) Gewölbe zu beobachten und beträgt 7 cm. Sie nimmt von oben nach unten ab mit Werten zwischen > 1 cm und < 1 mm. Zwischen auslaufenden und etwa parallel dazu einsetzenden Kluftstücken sind geneigte Klüfte von < 1 cm bis zu einigen dm Länge ausgebildet, die häufig in die horizontalen Mauerwerksfugen einspringen. Diese Klüfte sind geschlossen und weisen kleine Versetzungen von < 1 cm bis < 1 mm auf. Diese

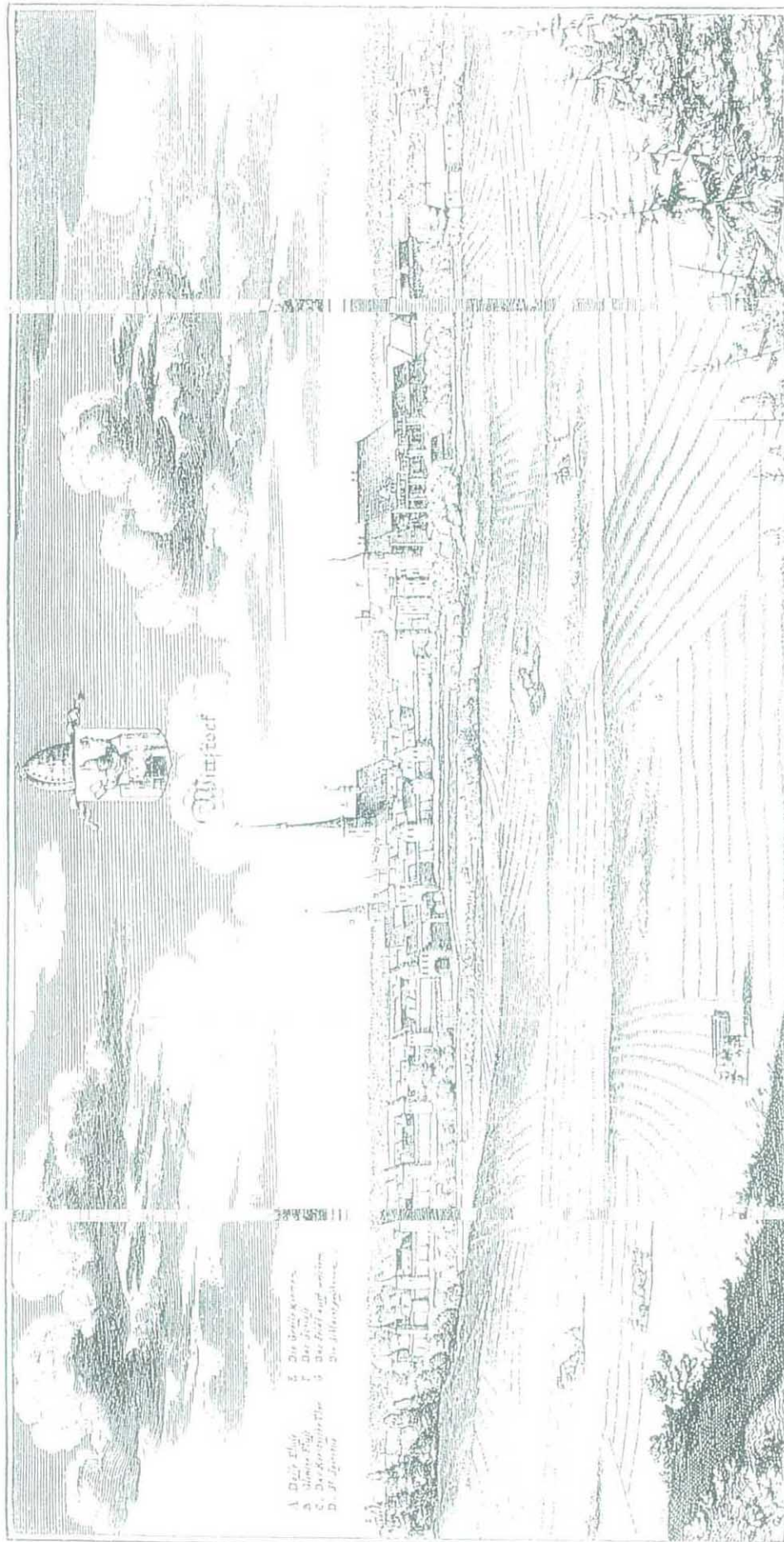


Abb. 3

Stadtansicht Wittstock 1652 mit Pfarrkirche im Zentrum der Stadt. Diese Kopie eines MERIAN-Stichs zeigt den zwischen 1512 und 1519 errichteten Turmneuaufbau.

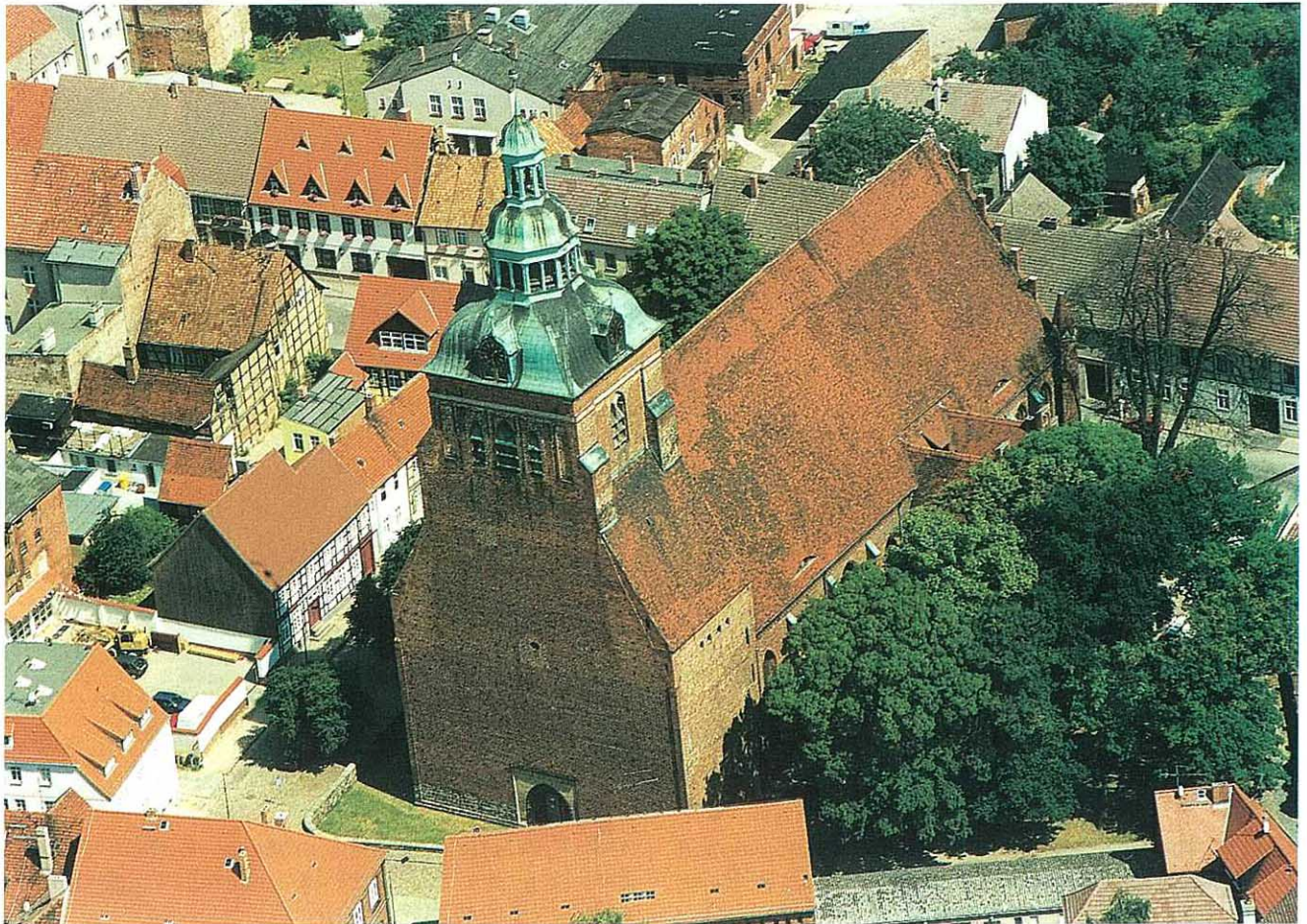


Abb. 4

Luftbild der Wittstocker Pfarrkirche von SW mit der nach dem Brand von 1698 aufgeführten und 1704 fertiggestellten dreistufigen barocken Turmhaube. Es zeigt die mit der Turmneugestaltung durchgeführten baulichen Veränderungen auf der West- und Südseite des Turms (helleres Mauerwerk). Die Nordseite ist vergleichbar mit der Südseite umgestaltet worden. Foto: K.-P. Mantey

Ruptur ist auch am äußeren Mauerwerk der Turmsüd-mauer zu erkennen (Abb. 7).

Das Kluftsystm in der Turmsüd-mauer ist das auffallendste Rupturteilgefüge im unteren Turmniveau und könnte die von STEIN (1697) hervorgehobene "große Borste" sein.

Südlicher Gurtbogen

Die Südseite des südlichen Gurtbogens wird von zwei Hauptklüften durchtrennt (Abb. 8). Davon ist die östliche Kluft ein mittelsteil nach W einfallender, in zahlreiche Teilstücke aufgelöster und auf der Gewölbeunterseite knapp westlich der Gewölbeachse ausstreichender Riß. Die westliche Hauptkluft fällt steil zur Turmwest-mauer ein und endet im oberen Teil des aus der Turmwest-mauer ragenden Pfeilers des Gurtbogens. In allen +/- vertikalen und steil geneigten Anteilen sind diese Klüfte geöffnet, die stärker geneigten Kluftteilbereiche sind geschlossen und zeigen kleine Versetzungen. Die größte Öffnung liegt bei 1 cm bis knapp 2 cm. Die Öffnungsbreite nimmt von oben nach unten ab.

Die Nordseite des südlichen Gurtbogens führt die gleichen

Hauptklüfte wie die Südseite. Die östliche Hauptkluft ist in ein System absetziger Einzelklüfte aufgelöst, von denen eine das Gewölbe durchschlägt. Die westliche Hauptkluft verläuft nahe der Turmwestwand, fällt steil auf diese zu ein und klingt im Gewölbemauerwerk nahe der Turmwest-mauer aus. Die Klüfte sind im oberen Bereich am weitesten geöffnet (bis etwa 1,5 cm).

Nördlicher Gurtbogen

Die Südseite des nördlichen Gurtbogens zeigt eine stark absetzige, steil nach W einfallende Hauptkluft (Abb.9). Sie wird mit Annäherung an das Gewölbemauerwerk von diesem zur West-mauer des Turms abgelenkt und klingt hier aus. Eine östliche Kluft ist kaum noch zu erkennen und deutet sich nur noch in unbedeutenden Rissen im Gewölbescheitel an.

Auf der Nordseite dieses Gurtbogens ist im Zentrum des Gewölbes eine schwach ausgeprägte Kluft zu beobachten, die nach W einfallend, an den Köpfen der Schlußsteine verläuft und diese nicht durchbricht. Westlich anschließend folgt ein gegliederter Riß, der in die Schlußsteine einbricht und hier ausklingt, dem ein weiterer nach W einfallender und bereits im oberen Mauerwerk endender

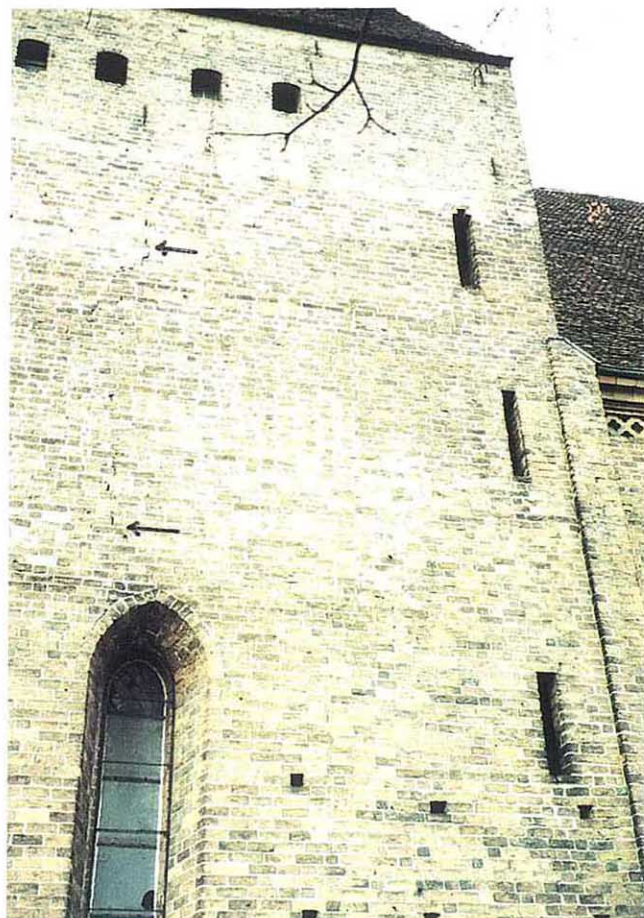


Abb. 5 Turmsüdwand (innen), Rupturverlauf. Kluft im Spitzbogen 7 cm geöffnet. Foto: R. Meier

Abb. 6 Turmsüdwand (innen), Rupturverlauf unterhalb des in Abb. 5 noch erkennbaren Fensters. Foto: R. Meier



Abb. 7 Turmsüdwand (außen), Ruptur oberhalb des Fensters einsetzend und durch unterschiedlich altes Mauerwerk verlaufend. Foto: R. Meier



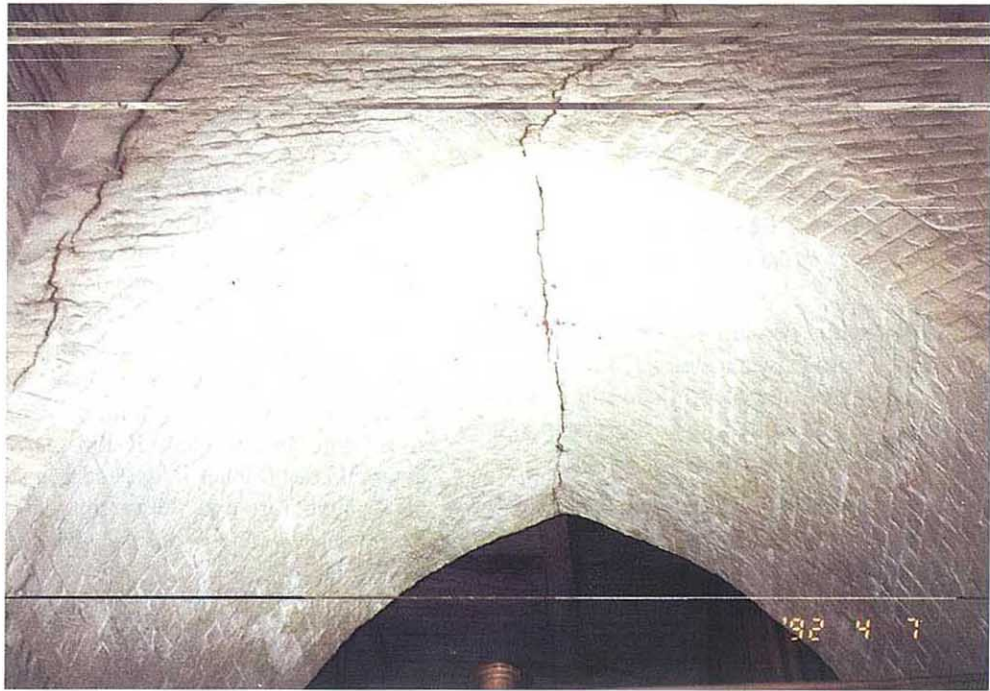


Abb. 8 Südlicher Gurtbogen von Süden mit Ausprägung von zwei Hauptklüften. Foto: R. Meier

Riß folgt. Die maximale Öffnungsweite beträgt im oberen Teil der Klüfte etwa 1 cm.

Turmnordwand

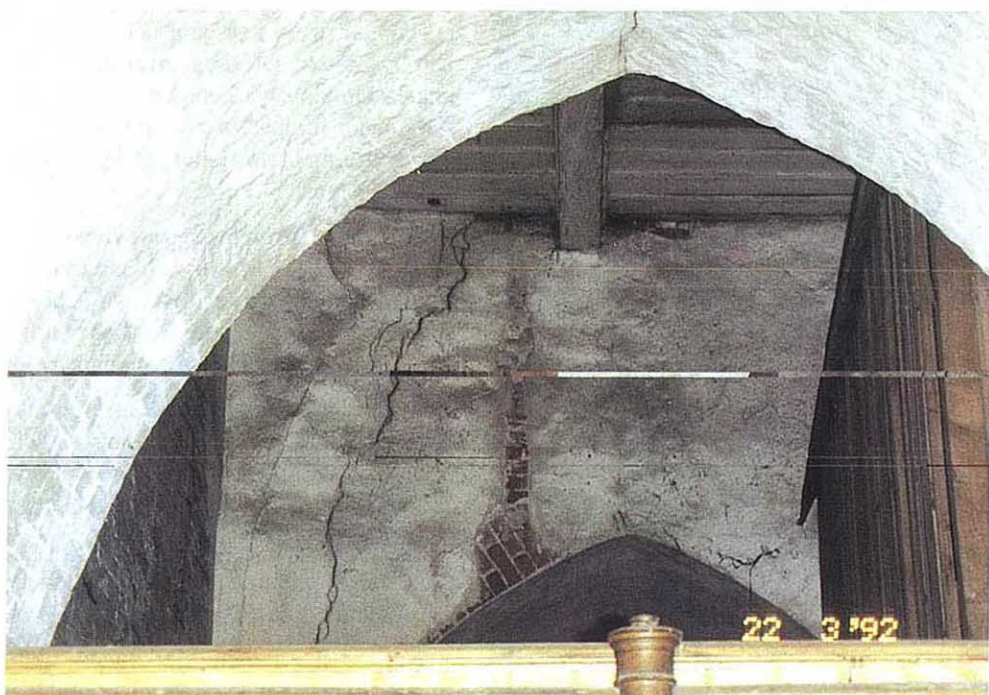
Das Gewölbe der Turmnordwand wird einige Dezimeter westlich des Gewölbescheitels von einer bis zu 2 cm breiten Kluft durchtrennt (Abb. 10). Sie tritt auf der Gewölbeunterseite aus, setzt sich +/- vertikal verlaufend und

mehrfach aufspaltend in das äußere Mauerwerk des Turms fort und endet hier einige Dezimeter unterhalb des Fenster-
gewölbescheitels.

3.2. Rupturen in oberen Turmniveaus und in der Turmaußenmauer

Die Turmostwand ist im Niveau des Kirchendaches erheblich gestört. Jeweils oberhalb der Seitenschiffe sind im

Abb. 9 Nördlicher Gurtbogen von Süden. Foto: R. Meier



Abstand von 2,3 m von der Innenseite der Kirchenaußenmauer Rupturen ausgebildet.

Über dem nördlichsten Seitenschiff ist die Turmostwand durch steil nach N einfallende Zugklüfte geöffnet und der nördliche Flügel linksdrehend 4 cm aufgeschoben.

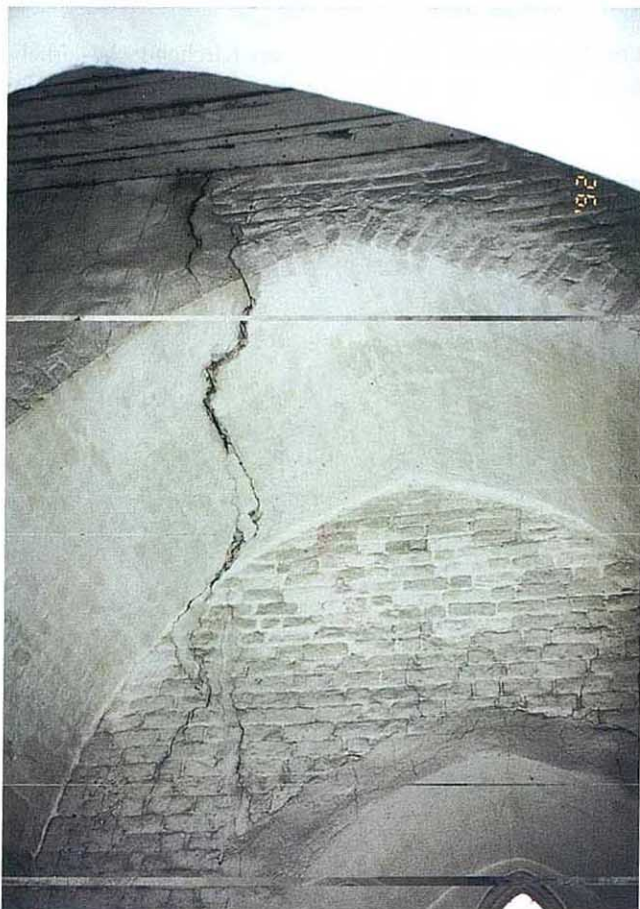
Über dem südlichen Seitenschiff ist die Turmostwand durch Zugklüfte aufgerissen. Der nördlich der Hauptkluft liegende Flügel ist 4 cm vertikal, der südliche Flügel 3 cm dextral versetzt.

Das Streichen dieser Klüfte verläuft etwa E - W. Sie fallen auf der Nordseite der Turmostwand steil nach N, auf deren Südseite steil nach S ein ($80^\circ - 85^\circ$). Auf den Reißflächen ist die in geologischen Beispielen derartiger Störungsprägung sonst übliche Harnischrillung nicht zu erkennen.

Der Verlauf der Rupturen und die an ihnen erfolgten Bewegungen lassen erkennen, daß sich der zwischen den Rupturen gelegene Mauerwerksblock im Norden leicht gesenkt, im Süden relativ dazu leicht gehoben hat und zugleich in E - W Richtung rotiert wurde.

Wichtige Konstruktionsteile sind die über den Gurtbögen aufragenden Spitzbögen, die den obersten Mauerkranz auf Nord- und Südseite des Turms tragen. Diese Spitzbögen sind nicht von Rupturen durchzogen. Sie machen einen

Abb. 10 Turmnordwand (innen), Kluft im Spitzbogen bis zu 2 cm geöffnet, links (westlich) des Fensters sich aufspießend und auslaufend. Foto: R. Meier



außerordentlich frischen Eindruck und könnten nach der Brandkatastrophe von 1495 oder nach der jüngsten Brandkatastrophe (1698) im Zusammenhang mit der Neugestaltung des Turmabschlusses neu aufgeführt worden sein (Abb. 11).

Der äußere Mauerkranz über dem südlichen Spitzbogen ist dagegen eindeutig gestört, was jedoch nur an seiner Außenseite klar hervortritt. Erkennbar ist ein vertikaler Versatz von 10 bis 15 cm, bei dem es sich um eine Abschiebung des östlichen Mauerwerksteils handelt. Dieser Riß läßt sich nach unten bis zum Ansatz des (heute) E - W ausgerichteten Daches verfolgen. Innerhalb des Reißbereiches fallen die Mauersteine in der Breite einer Mauersteinlänge leicht nach E ein. Dieser Riß setzt sich unterhalb des Daches in der äußeren südlichen Turmmauer nach unten fort und dürfte mit der oben beschriebenen Kluft von der Innenwand der südlichen Turmmauer identisch sein.

4. Auswertung der Rupturmerkmale

Die Turmlängsachse ist in der Verbindungslinie der Gewölbeachse recht genau N - S ausgerichtet. Das dem Mauerwerk aufgeprägte Kluftsystem streicht 174° bis 175° , weicht also um 5° bis 6° von der N - S Richtung nach W ab, und bildet somit einen spitzen Winkel zur Turmlängsachse (Abb. 2).

Die Hauptklüfte und das gesamte Kluftsystem fallen ganz überwiegend steil nach Westen zur westlichen Turmmauer ein. Nur kleine Abschnitte integrierter Klüfte fallen auch steil nach Osten zu ein.

Die Klüfte sind in allen betroffenen Bauwerksteilen des unteren Turmniveaus absetzig ausgebildet und in ihren +/- vertikal verlaufenden oder steil geneigten Bereichen geöffnet, in den flacher einfallenden Abschnitten geschlossen und hier häufig mit kleinen Gleitversetzungen versehen.

Die Klüfte sind im oberen Teil des unteren Turmniveaus jeweils am weitesten geöffnet und laufen nach unten aus. Die maximale Öffnung erreicht 7 cm in der Turmsüdmauer, ein bis zwei Zentimeter in den Gurtbögen und zwei Zentimeter in der Turmnordmauer. Dabei werden die von der Klüftung betroffenen Bauwerksteile unterschiedlich tief zerspalten.

Die südliche Turmmauer wird vom Gewölbe in mehr als 10 m Höhe über Turmflur bis unterhalb des Fensters zertrennt. Der zentrale Riß im südlichen Gurtbogen durchschlägt das Gewölbe, der westliche läuft im Gewölbeansatz des aus der Turmwestwand ragenden Gewölbepfeilers aus.

Der nördliche Gurtbogen ist im Zentralbereich weit weniger gestört als der südliche, die westlich folgenden Klüfte enden bereits in den unteren Gewölbesteinen oder darüber. In der Turmnordmauer klingen die Risse bereits 7 m über Turmflur aus (Abb. 1).

Aus der Geometrie und der Kinematik der Rupturenentstehung ist zu folgern:

– Nach den erfaßten Merkmalen stellen die Klüfte der unteren Turmebene reine Zugklüfte dar (Abb. 12). Ihre



Abb. 11

Spitzbogen im oberen Turmniveau; ungestört und offenbar nach einer der Brandkatastrophen neu aufgeführt. Foto: R. Meier

Bildung erfolgte von oben nach unten, da sich die Rißöffnungen nach unten vermindern und die Tendenz zum Aufspießen in zahlreiche kleine Risse sehr auffällig ist. Das Aufspießen ist ein typisches Kennzeichen für das Ende einer Rißfront. Zwischen der Öffnungsweite der Klüfte und ihrer Länge besteht ein Zusammenhang. Der südliche Turmteil wurde am tiefsten und stärksten, die nördlich folgenden Baukörper Teile abnehmend tief und intensiv durchtrennt.

Die Turmwestmauer hat durch die von oben nach unten abnehmenden Beträge der Kluftöffnung eine ungleichmäßige Kippung erfahren, die sie aus der Lotrechten brachte. Diese Kippung ist in ihrem Südteil stärker als in ihrem Nordteil.

– Die Kluftgeometrie, die bevorzugte Öffnung vertikal verlaufender Teilbereiche und geringfügige Scherung in flach geneigten Teilbereichen, das gleiche Streichen der Zug- und Scherkluftabschnitte von gemittelt 174° und die unterschiedliche Neigung von Zug- und Scherbereichen nach West gestatten die Aussage, daß das Kluftsystem der unteren Turmebene in einem gleichzeitigen und einheitlichen Verformungsakt entstanden ist.

– Wichtig scheint die Beobachtung, daß das entstandene Kluftmuster zwar größtenteils den N-S streichenden Fugen des Mauerwerkes folgt, über den Querschnitt des gesamten Gebäudes betrachtet jedoch eine Linksabweichung von $5-6^\circ$ festzustellen ist.

– Die Merkmale der Störung des äußeren Mauerwerks auf der Turmsüdseite (Abschiebung des östlichen Mauerwerksteils, Einfallen der Mauersteine im Rißbereich über eine Mauersteinlänge nach Osten), wenngleich verfügt

und repariert, bestätigen das im Innern des Turms abgeleitete Bild.

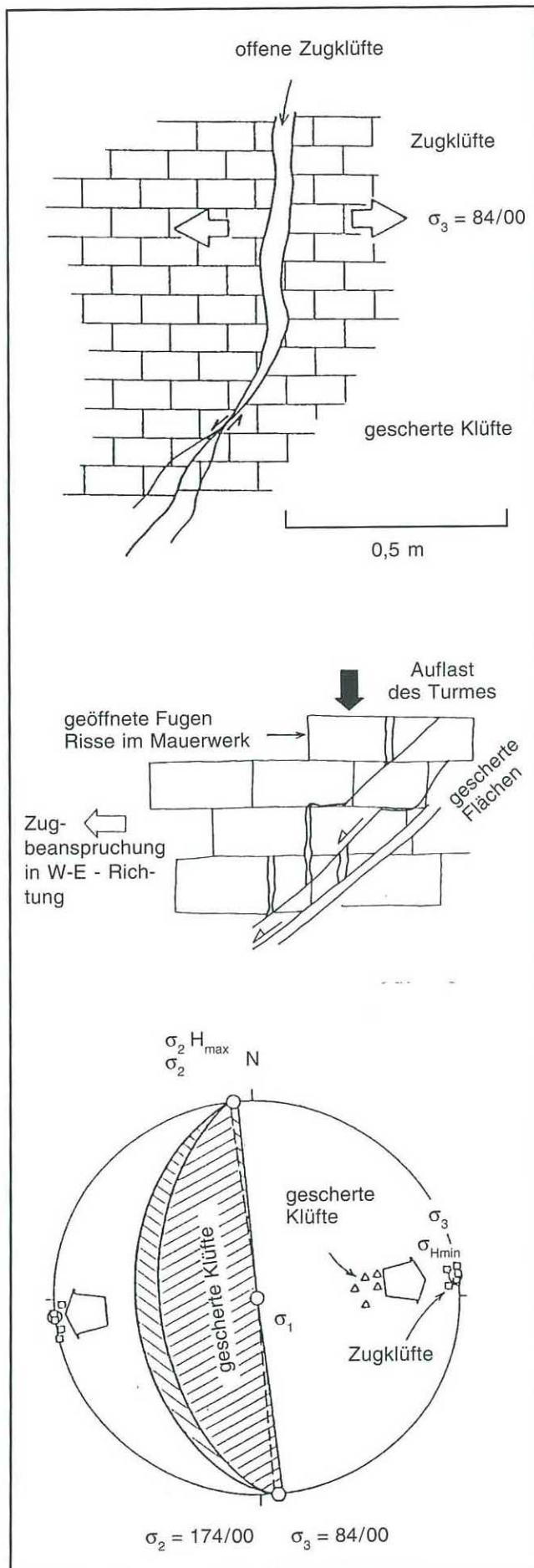
– Der Hauptprozeß, der die tiefe Zerspaltung des Turms sehr spitzwinklig zur Turmlängsachse und die Kippung der Westmauer des Turms hervorrief, hat möglicherweise auch die Turmostseite nicht völlig unberührt gelassen. Ihr zentrales Teilstück hob sich im Süden etwas an, senkte sich im Norden geringfügig und gleichzeitig erfolgte eine Drehung des südlichen Teils nach Westen, des nördlichen Teils nach Osten. Diese Ableitung ist jedoch unsicher, da die Spitzbögen, die die westliche und die östliche Turmmauer verbinden, ungestört sind und einer späteren baulichen Maßnahme zuzuordnen sind, aus den jetzigen Spitzbögen keine zusätzlichen Informationen gewonnen werden können.

5. Interpretation der Kluftsystems und Diskussion seiner Ursachen

Eine ungenügende Beachtung ingenieurgeologischer Verhältnisse bei der Gründung des Bauwerks der Pfarrkirche dürfte auszuschließen sein, da die äußeren Mauerwerksteile im Bereich der Rasensole keine visuell wahrnehmbaren Setzungserscheinungen aufweisen. Gegen wesentliche Setzungen spricht auch die von oben nach unten gerichtete Kluftausbreitung.

Als Ursache für die Rißbildung verbleiben dem Bauwerk innewohnende statische Momente, anthropogen oder natürlich ausgelöste Brandkatastrophen und das Erdbeben von 1409.

Gegen erdbebenbedingte Bildung des Hauptkluftsystems spricht, daß die Klüfte als reine Zugklüfte entwickelt sind,



diesen geringfügig gescherte und flacher einfallende Klüfte eindeutig zuordenbar sind, den Zugklüften aber nach Erstreckung und Bedeutung vergleichbare eigenständige Scherklüfte völlig fehlen.

Nachteilig auf die vorgenommene Analyse wirken sich die vielfältigen, nach dem Brand von 1495 eingetretenen baulichen Veränderungen am Turm aus. Nach visuellem Befund zeigt die südliche Turmaußenfront oberhalb des heute E - W ausgerichteten Daches unterschiedlich altes Mauerwerk, so daß der Riß im oberen Turmniveau auch jünger und im unteren Turmniveau Mauerwerk der ältesten Bauphase durchschlägt. Damit könnte die Annahme eines Erdbebens als Ursache des Kluftsystems eigentlich zu den Akten gelegt werden.

Gewisse Unsicherheiten sind aufgrund des diskordanten Durchschlagens des Baukörpers in Bezug auf seine Hauptachse nicht auszuschließen, auch wenn sich nur eine 5° bis 6° betragende Abweichung im Verlauf des Kluftsystems von der Hauptachse ergibt, was im allgemeinen nur durch ein übergeordnetes Spannungsfeld ermöglicht wird. Solche Spannungsfelder könnten durch die Lastverteilung im Turm, also durch ein zu hohes Gewicht der auf den Gurtbögen ruhenden oberen Turmmasse, oder durch Spannungsausgleich nach erheblicher thermischer Belastung erzeugt werden.

Ein Erdbeben im Jahre 1409 mit den von LEYDECKER (1986) und GRÜNTAL (1988) angegebenen Koordinaten ist jedoch weitestgehend als Ursache für die Baukörperstörung des Turms der Wittstocker Pfarrkirche auszuschließen. $\sigma_{H_{max}}$ liegt im Streichen des Kluftsystems (174° - 175°), ein mögliches Epizentrum wäre etwa senkrecht dazu in 84° bis 85° Richtung und nicht südlich von Wittstock zu erwarten.

Die Analyse des Ruptursystems im Kirchturm der Pfarrkirche Wittstock liefert Indizien zur Eingrenzung seiner Entstehungsursachen. Als System reiner Zugklüfte spricht es gegen eine direkte Erdbebeneinwirkung. Nicht ausgeschlossen werden kann die verstärkende Ausprägung latent präexistierender Rupturen durch ein Erdbeben.

Weitere Indizien leiten sich aus der Recherche historischer Quellen ab. Die Bischofschronik von STEIN (1697) ist mit einem zeitlichen Abstand von 288 Jahren vom Ereignis abgeschlossen oder begonnen worden. Sie bezieht sich vorsichtig auf die sehr allgemeinen Aussagen von zwei Gedichten (SARNOVIUS 16. Jh.), die nur generell von einem Erdbeben in Deutschland berichten und deshalb einen wahrscheinlichen Zusammenhang zwischen dem Ruptursystem und einem Erdbeben in der Prignitz nicht hinreichend begründen können. Dagegen berichten zeitgenössische Quellen (Magdeburger Schöppenchronik) von einem merklichen, aber schadlosen Erdbeben, das am 24. August 1409 in der Magdeburger Umgebung stattfand, das sich

Abb. 12

Kluftdiagramm und Prinzipskizzen für das Kluftsystem in der Pfarrkirche Wittstock

also im Bereich des Mitteldeutschen Hauptabbruchsystems ereignete und in zahlreichen Chroniken erwähnt wird.

Zeitlich nach unserer Analyse von Herrn Professor MANN, Darmstadt, durchgeführte und von uns angeregte Simulationen des Gewölbeverhaltens sprechen für Gewölbebruch durch das Gewicht der überlagernden Turmmassen.

Nach MANN (1994) bilden die westliche und östliche Turmwand im Aufriß bis in 40m Höhe aufsteigende zweigeschossige Rahmen. MANN berechnet die Rahmen als biegesteife Elemente und zeigt, daß das Feldmoment, verursacht durch den oberen Turmaufbau, im Scheitel des oberen Rahmens nicht aufnehmbar war und dort reißen mußte. Der im Bereich der oberen Bögen entstehende Horizontalschub führte zum Auseinanderdrücken der Rahmenstiele mit dem Ergebnis, daß auch die unteren Bögen (Gurtbögen), und zwar von oben nach unten, auf-rissen. Danach vollzog sich die Rupturbildung zwangsläufig allein durch das Eigengewicht des Turm, sie war durch die Konstruktion vorgegeben.

Die von den Bränden verursachten thermischen Belastungen des Turms waren nach Berechnungen von Herrn Obering. H.-J. HELLER, Berlin, nicht ausreichend, um das Rupturgefüge hervorzurufen.

Aus den Untersuchungen ergibt sich:

- Das Kluftsystem im Turm der Pfarrkirche zu Wittstock, die große Borste nach STEIN (1697), ist als System von Zugklüften entwickelt. Es spricht gegen eine direkte Erdbenenursache.
- Die bautechnische Analyse durch MANN (1994) kommt zum Ergebnis, daß die Kluftbildung konstruktiv vorgegeben war. Inhomogenitäten der Spannungsverteilung und / oder des Baukörpers sind verantwortlich für die Abweichung des Rupturverlaufs von der Turmachse.
- Aus der Quellenrecherche über das Erdbeben von 1409 von GRÜNTAL & MEIER (1995, dieses Heft) folgt mit hoher Wahrscheinlichkeit, daß sich dieses Ereignis nicht in der Prignitz, sondern im Magdeburger Raum abspielte.
- Die verschiedenen untersuchten Aspekte über das Ereignis von 1409 führen zu dem Schluß, daß es in der Prignitz zu diesem Zeitpunkt mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit weder ein Erdbeben gab, noch daß es Schäden an der Pfarrkirche zu Wittstock verursacht haben könnte.

Zusammenfassung

Nach J. C. STEIN (1697) sollen rupturale Schäden am Turm der Pfarrkirche zu Wittstock im nordwestlichen Brandenburg durch Erdbeben zu Beginn des 15. Jh. entstanden sein.

Die modernen deutschen Erdbebenkataloge führen für diese Zeit zwei seismische Ereignisse auf, die 1410 und 1412 in der Prignitz stattgefunden haben sollen und ordnen diesen die Intensitäten von $I = VII$ (MSK) bzw. $I = V$ (MSK) zu.

Das Rupturensystem im Turm der Wittstocker Pfarrkirche wurde mit Hilfe der tektonischen Analyse untersucht und

festgestellt, daß ein System reiner Zugklüfte entwickelt ist, eigenständige Scherklüfte dagegen vollständig fehlen und daher direkte Erdbebeneinwirkung als Ursache für die Rupturentstehung weitestgehend auszuschließen ist.

Ergänzend durchgeführte bautechnische Untersuchungen weisen konstruktive Mängel als Grund für die Rupturen-bildung im Turm der Kirche nach.

Quellenrecherchen (GRÜNTAL & MEIER 1995, dieses Heft) ergaben, daß sich 1410 im norddeutschen Raum kein Erdbeben, aber 1409 ein solches im Gebiet von Magdeburg ereignete. 1412 fand in Norddeutschland kein Erdbeben, sondern ein Sturmereignis statt.

Alle Untersuchungen zusammen führen zum Schluß, daß für 1409 kein stärkeres Erdbeben für Norddeutschland nachweisbar ist, das für die Schäden am Turm der Pfarrkirche zu Wittstock verantwortlich wäre.

Summary

According to J. C. STEIN (1697) ruptural damage to the tower of the parish church in Wittstock was supposed to have occurred due to an earthquake at the beginning of the 15th century.

The modern German earthquake catalogues record for this period two seismic events which were supposed to have taken place in the area of Prignitz in 1410 and in 1412 and assign these the intensity of $I = VII$ (MSK) and $I = V$ (MSK) respectively.

The system of ruptures in the tower of the parish church in Wittstock was examined with the help of tectonic analysis and it was discovered that a system of pure tension points developed, while independent shear joints, however, are completely absent. Therefore the direct effect of an earthquake as the cause of the formation of ruptures can, to a large extent, be excluded.

Further constructional studies which were carried out indicate constructional defects as cause of the formation of ruptures in the tower of the church.

A study of the historical records shows that in 1410 there was no earthquake in the northern German region, but that such an earthquake occurred in the area of Magdeburg in 1412. In 1412 there was no earthquake, but a strong storm in northern Germany.

All studies together lead to the conclusion that there is no evidence of a strong earthquake in northern Germany in 1409 which could be held accountable for the damage to the tower of the Wittstock parish church.

Literatur

- GRÜNTAL, G. (1988): Erdbebenkatalog des Territoriums der Deutschen Demokratischen Republik und angrenzender Gebiete von 823 bis 1984. - Veröffentl. Zentralinstitut für Physik der Erde Nr. 99, Potsdam
- GRÜNTAL, G. & R. MEIER (1995): Das "Prignitz"-Erdbeben von 1409. - Brandenburgische Geow. Beitr. 2, 2, 5-27, Kleinmachnow
- LEYDECKER, G. (1986): Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik

- Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 1000 - 1981. -
Geol. Jb. E 36, 3 - 83, Hannover
- MANN, W. (1994): Alte Bauwerke - modernes Bauen, Probleme
und Erfahrungen aus der Sicht des Ingenieurs. - Der Prüfinge-
nieur, Sept. 1994, 13 - 23
- MEIER, R. & G. GRÜNTAL (1992): Eine Neubewertung des Erd-
bebens vom 3. September 1770 bei Alfhausen (Niedersach-
sen). - Osnabrücker naturwiss. Mitt. **18**, 67 - 80, Osnä-
brück
- NN (1907): Die Kunstdenkmäler der Provinz Brandenburg. -
Bd. 1, H. 2, Ostprignitz, Berlin
- STEINWACHS, M. (1983): Die historischen Quellen eines Erdbe-
bens zu Lüneburg anno 1323. - Geol. Jb. E 26, Hannover

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Rudolf Meier

Leiterstraße 8, 14473 Potsdam

Dr. Hans Joachim Franzke

Institut für Geologie und Paläontologie der TU Clausthal

Leibnizstraße 10

38678 Clausthal-Zellerfeld