

HISTORISCHE BAUSUBSTANZ IN MECKLENBURG

Prof. Dr.-Ing. G. Jahnke

Hochschule Wismar University of Technology, Business and Design, Deutschland
PF 1210 23952 Wismar
g.jahnke@ar.hs-wismar.de

Keywords: Architektur, Bestandserfassung, Tragwerksanalyse

***Abstract.** Mit diesen Ausführungen wird ein Beitrag zum weiteren Erhalt der historischen Bausubstanz in Mecklenburg aus der Sicht der Tragwerksanalyse geleistet. Dabei bestätigt es sich immer mehr, dass mit dem Modell der Geometrie, der Belastung und des Materials gleichberechtigte Modelle für eine wirklichkeitsnahe Einschätzung des Tragverhaltens eines Tragwerks vorliegen müssen. Es zeigt sich, dass dabei die besten Berechnungsprogramme nur die Ergebnisse liefern können, die mit den Eingabedaten zu erzielen sind.*

So hat sich der Forschungsschwerpunkt im Lehrgebiet Tragwerkslehre des FB Architektur an der Hochschule Wismar in den letzten Jahren auf die realistische Abbildung der Wechselwirkung zwischen der Bauaufnahme und der geometrischen Modellierung konzentriert. In diesem Bereich zeigen sich als Schwerpunkte die Wechselwirkung zwischen Schäden und Tragwerksanalyse und die Wechselwirkung zwischen der aufgenommenen Geometrie und dem geometrischen Modell für die Tragwerksanalyse. Die Fülle der aufgenommenen Daten sind dabei in der Regel mehr hinderlich als ein Segen für die Tragwerksanalyse. Hier wurde gezeigt, welche und wie viele geometrische Daten für das geometrische Modell für die Tragwerksanalyse sinnvoll sind.

Da die eigene Datenaufnahme relativ viel Zeit beansprucht, wurde eine „geistige“ Bauaufnahme durchgeführt. Dazu wird der historische Planungsprozess in den einzelnen Formfindungsschritten nachvollzogen und in die virtuelle Realität überführt. Mit dieser Methode ergeben sich unterschiedliche Bauzustände und es lassen sich auch mögliche Bauphasen abbilden. Die Tragwerksanalyse dieser virtuellen Realität zeigt dann mögliche Schwächen der Tragwerke und/oder die Notwendigkeit konstruktiver Veränderungen.

Ein Vergleich der Ergebnisse der Tragwerksanalyse mit der Realität anhand des vorliegenden Datenbestands liefert die Grundlage für den aktuellen Handlungsbedarf. Da der Bauzustand eines Bauwerkes unter einer zeitlichen Veränderung steht, werden Methoden überprüft, die es ermöglichen, einen einmal vorgelegten Datenbestand aufzubereiten und weiter zu verwalten.

EINLEITUNG

In der langjährigen Beschäftigung des Autors mit der Tragwerksplanung erhielten historische Tragwerke einen immer größeren Stellenwert. Beschränkte sich die Tragwerksplanung in den ersten Jahren auf historische Bürgerhäuser in der Altstadt von Wismar, bekamen in den 80er Jahren Bauten für Gewerbe und Industrie größere Bedeutung. Mit den 90er Jahren kamen dann Sakralgebäude im städtischen und ländlichen Raum von Mecklenburg hinzu.

Mit der Berufung auf die Professur zur Tragwerksplanung am mitbegründeten Fachbereich Architektur der Hochschule in Wismar wurde die praktische Tätigkeit zunehmend mit der wissenschaftlichen Durchdringung der Tragwerksplanung historischer Tragwerke ergänzt. Die einzelnen Phasen der Modellbildung im Rahmen der Tragwerksplanung erhielten dabei einen immer größeren Stellenwert. Es bestätigte sich immer mehr, dass mit dem

- Modell der Geometrie
- Modell der Belastung
- Modell des Materials

gleichberechtigte Modelle für eine wirklichkeitsnahe Einschätzung des Tragverhaltens eines Tragwerks vorliegen müssen. Es zeigte sich sehr schnell, dass die besten Berechnungsprogramme nur die Ergebnisse liefern können, die mit den Eingabedaten zu erzielen sind. Natürlich konzentrierte sich die Beschäftigung aber noch anfänglich auf spezielle Probleme der Programmentwicklung. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Nachgiebigkeit der Fügungen und Auflager in historischen Holzkonstruktionen gelegt. Zur realistischen Bereitstellung der damit verbundenen Federsteifigkeiten wurden eigenständige Versuche angestellt.

Mit der rasanten Entwicklung von Berechnungsprogrammen anderer Entwickler wurde die eigenständige Entwicklung aufgegeben und sich stärker der realistischen Tragwerksanalyse zugewandt. Wie schon weiter oben aufgeführt, ist die Tragwerksanalyse nur so gut wie das schlechteste Modell. Für die Modellierung der Belastung war die Kenntnis der historischen Entwicklung der natürlichen Einwirkungen in den deutschen Normen nicht uninteressant und zeigte verblüffende Ergebnisse bei der Auswertung dieser Einwirkungen wie sie in der TGL (Normung in der DDR) bzw. DIN festgeschrieben wurden. Welche Auswirkungen die Windlasten nach DIN 1055-4 (03.05) auf Dachtragwerke in Mecklenburg haben werden, wird mit aktuellen Untersuchungen gezeigt. Neben der Belastung erforderte natürlich die geometrische Modellierung ständige Aufmerksamkeit.

So hat sich der Forschungsschwerpunkt im Lehrgebiet Tragwerkslehre des FB Architektur an der Hochschule Wismar in den letzten Jahren auf die realistische Abbildung der Wechselwirkung zwischen der Bauaufnahme und der geometrischen Modellierung konzentriert. In diesem Bereich zeigen sich zwei Schwerpunkte

- Wechselwirkung zwischen Schäden und Tragwerksanalyse
- Wechselwirkung zwischen der gemessenen Geometrie und dem geometrischen Modell für die Tragwerksanalyse

Mit den heutigen Methoden der Bauaufnahme können eine Vielzahl geometrischer Daten bereitgestellt werden. Die Fülle dieser Daten ist aber in der Regel mehr hinderlich als ein Segen für die Tragwerksanalyse. Mit Beispielrechnungen wird untersucht, welche und wie viele geometrische Daten für das geometrische Modell für die Tragwerksanalyse notwendig sind. Bevorzugte Untersuchungsobjekte sind auf der einen Seite die zahlreichen historischen Dorfkirchen im Raum Nord-West-Mecklenburg sowie die baulichen Hinterlassenschaften der Zisterzienser in diesem Siedlungsbereich.

Neben der direkten Verwendung selbst aufgenommener geometrischer Daten wird aber auch auf den vorliegenden Datenbestand zurückgegriffen. Da die eigene Datenaufnahme relativ viel Zeit beansprucht, An- und Abfahrt zu den Objekten und Datenaufnahme vor Ort, und die übernommenen Daten in ihrer Wertigkeit nicht sicher sind, wird in jüngster Zeit eine „geistige“ Bauaufnahme durchgeführt. Wir versuchen uns die historischen Objekte neu zu erdenken. Dazu wird der historische Planungsprozess nachvollzogen und in die virtuelle Realität überführt. Mit dieser Methode erhalten wir unterschiedliche Bauzustände und sind auch in der Lage, mögliche Bauphasen abzubilden.

Die Tragwerksanalyse dieser virtuellen Realität zeigt Schwächen der Tragwerke und/oder die Notwendigkeit konstruktiver Veränderungen. Die Ergebnisse werden dann mit der Realität verglichen. Damit wird die Wechselwirkung zwischen Schaden und Tragwerksanalyse verdeutlicht. Am virtuellen Modell können leicht konstruktive Veränderungen vorgenommen werden und es zeigt sich schnell deren Auswirkung auf das Tragverhalten der Konstruktion.

Anhand der durchgeführten konstruktiven Veränderung wird dann gezeigt, was mit der Bauaufnahme hätte bereitgestellt werden müssen. Auf der anderen Seite kann aber auch verdeutlicht werden, welche Informationen aus der Bauaufnahme für die Tragwerksanalyse nicht notwendig sind.

Bis zum heutigen Zeitpunkt scheint es gängige Praxis zu sein, dass eine Bauaufnahme mit einer aktuellen Maßnahme am jeweiligen Gebäude verbunden ist. Wird eine zeitlich versetzte Maßnahme erforderlich, beginnt in der Regel die Planung mit einer *neuen* Bauaufnahme. Es ist nicht die Regel, dass eine vorliegende Dokumentation fortgeschrieben wird. Die Ursachen dazu sind vielfältig und sollen hier auch nicht weiter behandelt werden. Vielmehr wird gezeigt, welche Methoden wir entwickeln, wie ein einmal vorgelegter Datenbestand aufbereitet und weiter verwendet werden kann. Auch hier beschränkt sich die Betrachtung vorrangig auf Daten, die zu einer Tragwerksanalyse benötigt werden. Natürlich ist die Vorgehensweise dann auch auf andere Daten zu erweitern.

VORBEREITUNG DER TRAGWERKSANALYSE

Wesentliche Voraussetzung für die wirklichkeitsnahe Analyse eines Tragwerkes ist die umfassende und gleichmäßige Modellierung aller erforderlichen Teilmodelle. Schon lange wird diese These vom Verfasser vertreten und ist somit Bestandteil seiner Lehre zu den historischen Tragwerken an der Hochschule in Wismar. Erstmals auf den 3. Hanseatischen Sanierungstagen wurde dieser Zusammenhang entsprechend des Teilbildes a) im Bildes 2.01 von ihm vorgestellt. Speziell für das geometrische Modell stellt Thurow [2] ein

mitwachsendes Geometriemodell vor. Die aktuelle Vorgehensweise wird im folgenden Abschnitt dokumentiert.

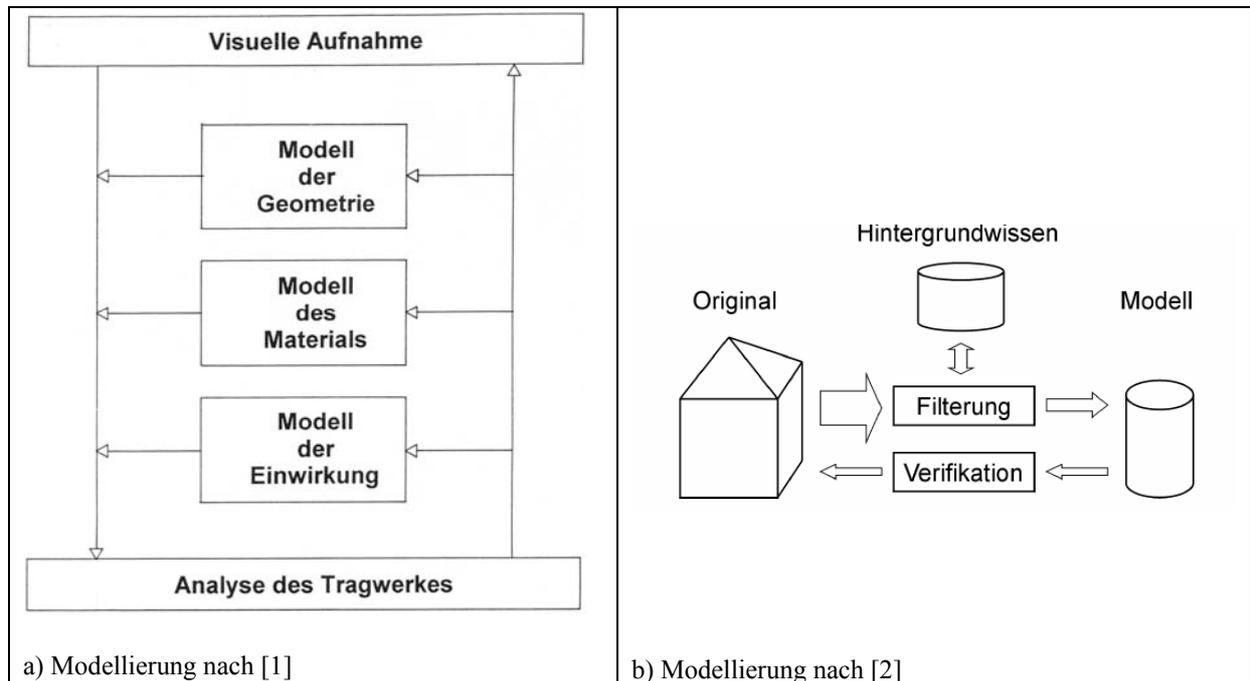


Bild 1 Modellbildungen zur Tragwerksanalyse

Neben der Modellierung der Geometrie benötigt die Tragwerksanalyse natürlich auch ein realistisches Modell der Einwirkungen. Anhand der aktuellen Normung für den Wind wird diese Problematik näher beleuchtet. Mit geeigneten Berechnungsmethoden erfolgt anhand dieser Modellierung eine Tragwerksanalyse. Die Ergebnisse dieser Analyse sind zu diskutieren und mit dem aktuellen Bauzustand zu vergleichen. Dazu muss natürlich der aktuelle Bauzustand vorliegen. Nun zeigt die Praxis, dass die Tragwerksanalyse und die Dokumentation des Bauzustandes nicht immer zeitnah erfolgen. Für ein ausgewähltes Beispiel zeigen die Ergebnisse der Tragwerksanalyse den Umgang mit dieser Tatsache.

Modelle der Geometrie

Die zeichnerische Dokumentation einer Bauaufnahme liegt in der Regel in den Varianten des Bildes 2 vor. Diese Strichzeichnungen beschreiben die Kontur des aufgenommenen Baukörpers. Für die statische Analyse muss diese Art der geometrischen Darstellung nun überarbeitet werden. Zur Lösung dieser Problematik wurde vom Verfasser vorgeschlagen, dass die geometrischen Grundprinzipien bei der Formfindung für den Grundriss des historischen Gebäudes aufgenommen wird. Entsprechend der historischen Epoche ergeben sich mit den geometrischen Grundelementen wie Kreis und Rechteck, sowie einfachen geometrischen Zusammenhängen, ein „ideales“ geometrisches Modell des abzubildenden Gebäudes. Dieses ideale Modell ist schnell in ein geeignetes statisches Berechnungsprogramm zu übernehmen. Vorliegende Untersuchungen an einfachen Dorfkirchen in Mecklenburg bestätigen die Verwendung dieser einfachen geometrischen Zusammenhänge bei der Formfindung.

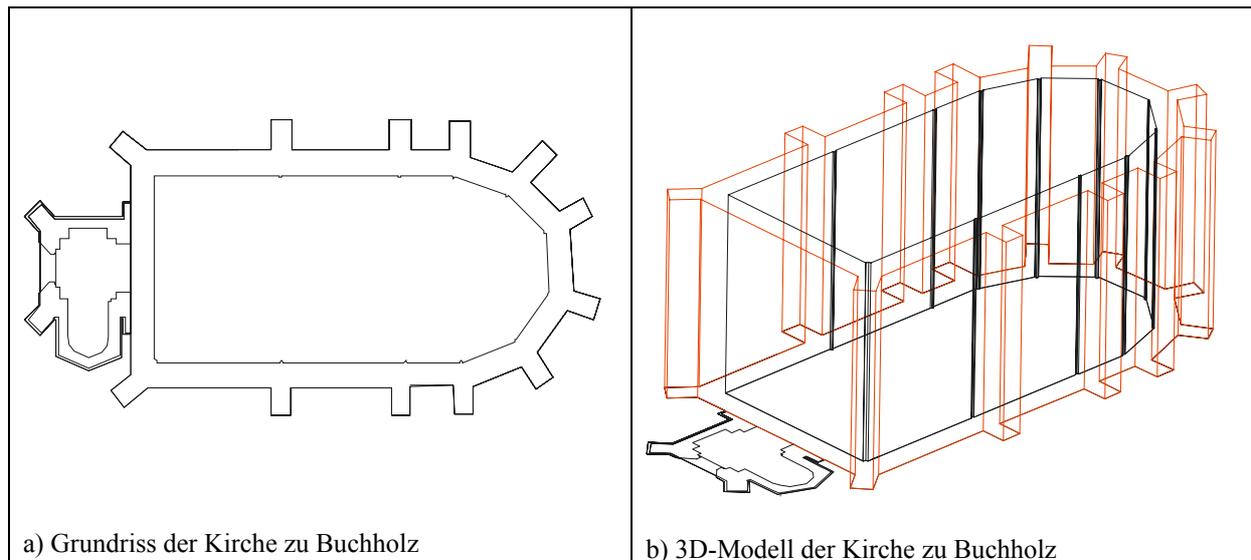


Bild 2 Unterschiedliche Modelle der Geometrie der Dorfkirche zu Buchholz [3]

So lässt sich der Grundriss der Dorfkirche zu Buchholz auf der Basis eines Rechtecks, welches nach der Regel des Goldenen Schnitts konstruiert wurde, konstruieren, wie dem Bild 3 zu entnehmen ist.

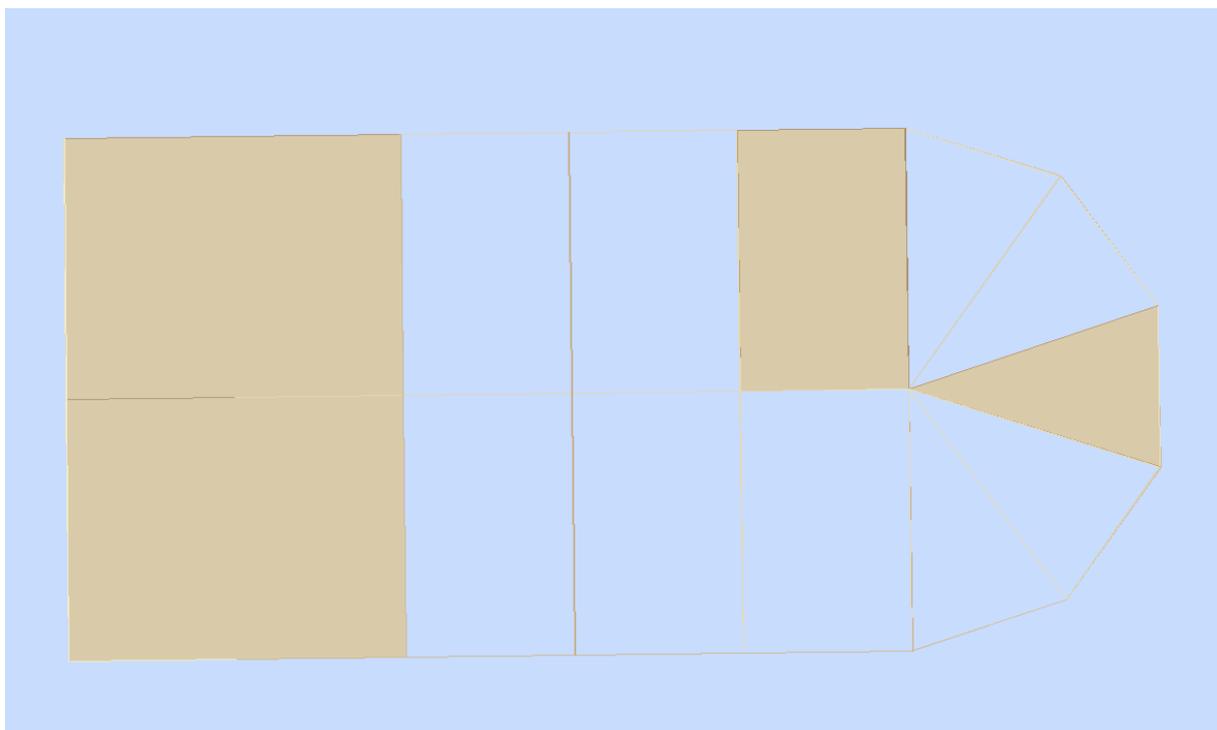


Bild 3 Formfindung eines idealen Grundrisses

Dieses ideale geometrische Modell ist nun eine praktische Grundlage für das geometrische Modell einer Tragwerksplanung. Natürlich weicht die so erstellte Geometrie von der tatsächlich vorliegenden Geometrie ab. Aber sowohl die Bauaufnahme, wie auch die statische

Modellierung sind nur ein Abbild der Realität und stimmen nicht voll mit ihr überein. Mit dem folgenden Beispiel einer Tragwerksanalyse wird gezeigt, welche Ergebnisse mit dem idealen Geometriemodell zu erzielen sind.

An dieser Stelle kann aber schon verdeutlicht werden, dass Anhand des idealen Geometriemodells unterschiedliche Bauzustände und Konstruktionsvarianten leicht und schnell zu erarbeitet sind. Aus der Sicht der Tragwerksanalyse kann dies nur begrüßt werden. Natürlich sind damit aber besondere Fragen der Bauforschung nicht alleine lösbar, wie von Hof [4] in einer vergleichbaren Vorgehensweise verdeutlicht werden konnte.

Modelle der Einwirkungen

Entsprechend der oben getroffenen Aussage sind die einzelnen Modelle für eine Tragwerksanalyse gleichwertig. Dies trifft natürlich auch auf das Modell der Einwirkungen zu. Aus formalen Gründen möchte ich aber nur einen kleinen Gesichtspunkt dazu ansprechen. Dieser Umstand sollte beachtet werden, wenn die folgenden Ausführungen im Umfang kurz gehalten werden. So wird aus aktuellem Anlass hier nur auf die Windlasten auf ein Gebäude eingegangen. Mit der DIN 1055-4 (03.05) wird die Ermittlung der Windlast an die europäische Normung angepasst und wird bei zukünftigen Sanierungsplanungen zu berücksichtigen sein. So finden Sie in der Tabelle 1 die wesentlichen Veränderungen hinsichtlich der Erfassung der Windlasten, die im folgenden Beispiel einer Tragwerksanalyse berücksichtigt werden.

Tabelle 1 Windlasten im Vergleich

Bemerkungen	DIN 1055-3 (08.86) normal	DIN 1055-3 (08.86) extrem	DIN 1055-4 (03.05)
Gebäudehöhe	8 m bis 20 m	8 m bis 20 m	10 m bis 18 m
Staudruck Dachneigung 60°	$q = 0,80 \text{ kN/ m}^2$	$q = 1,10 \text{ kN/ m}^2$	$q = 1,20 \text{ kN/ m}^2$ für Ostseeküste
Druckbeiwert c_p	0,80	0,80	0,70

Neben diesen allgemeinen Angaben sind mit der DIN 1055-4 (03.05) veränderliche Druckbeiwerte auf der Gebäudehülle in Abhängigkeit von der geometrischen Situation zu berücksichtigen. Darauf soll hier nicht näher eingegangen werden. Bei der folgenden Tragwerksanalyse wird dieser Umstand aber berücksichtigt.

Besonders für die historischen Gebäude in der Nähe der Ostseeküste und auf den Inseln sind nach der neuen Norm deutlich höhere Staudruckwerte zu berücksichtigen als bei der alten Norm. Damit wird eine wirklichkeitsnahe Bestandsmodellierung immer wichtiger und für die Zukunft entscheidend sein. Bevor wir zum Beispiel übergehen, sehen wir uns dazu die erforderliche Bestandsdokumentation etwas genauer an.

Bestandsdokumentation

An der Kirche in Buchholz wurden im SS 2005 in einem Seminar Ziele, Aufnahme und Dokumentation von Bauschäden umfangreich diskutiert und praktisch erprobt. Die

Zielstellung bestand dabei nicht nur in der Aneignung bekannter Methoden zur Schadensaufnahme und –Schadensdokumentation, sondern darüber hinaus an der Findung einer effektiven Methode für diese Tätigkeiten. Dazu wurde die Kirche in geeignete Erfassungsabschnitte geteilt und die Bauaufnahme und Dokumentation wurde von den einzelnen Studierenden für diese Abschnitte durchgeführt. Aus dem Bild 4 wird die Abschnittsteilung ersichtlich.

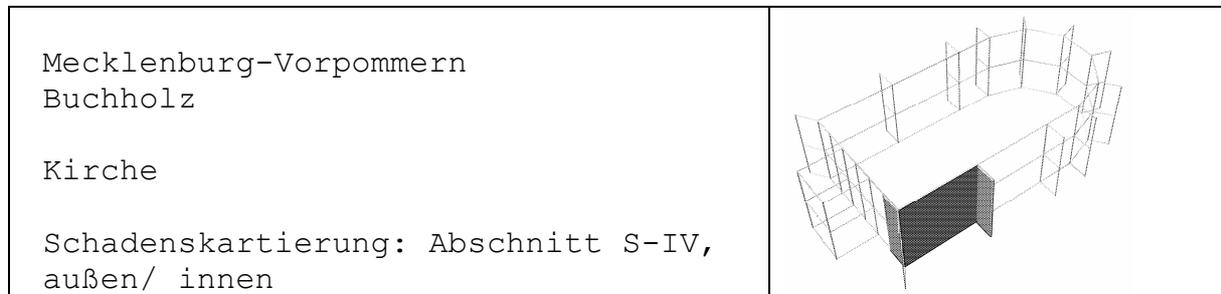


Bild 4 Abschnittsteilung für eine Bauaufnahme

In den einzelnen Abschnitten waren die zahlreichen Schädigungen aufzunehmen und zu dokumentieren. Natürlich wurde diese Tätigkeit vor Ort und auch händisch durchgeführt. Erprobt wurde aber auch eine Integration der digitalen Fotografie in diese Tätigkeiten. Die Ergebnisse dazu werden noch diskutiert und zu einem anderen Zeitpunkt veröffentlicht.

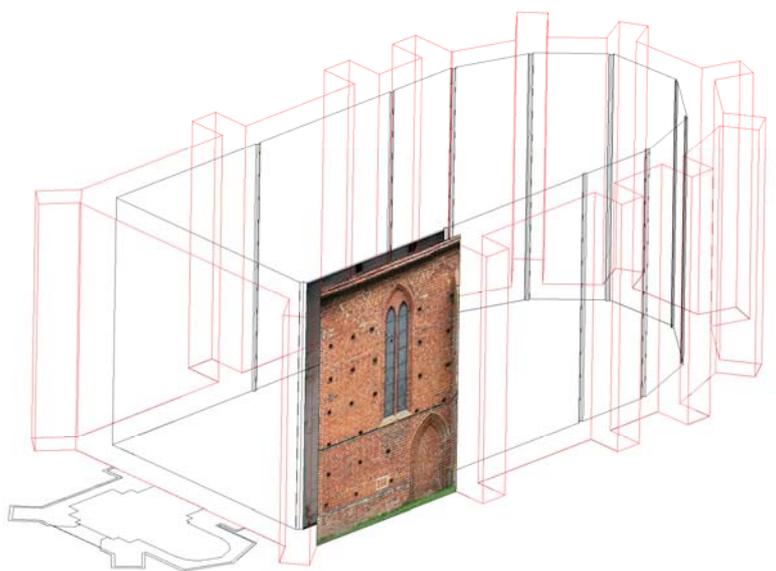


Bild 5 3D-Strichmodell mit entzerrtem Fassadenplan
(Außen) als Pixelbild [3]

Vorab aber schon einige Bemerkungen zu unserem Ansatz. Der wesentliche Ansatz bei der Dokumentation eines Baubestandes war die Berücksichtigung der Zeit. Auftretende Schäden und der Zeitpunkt dessen Dokumentation stimmen nicht immer mit dem Zeitpunkt der Schadensbeseitigung überein. So wird durch geeignete Zeitfenster die Veränderung eines Schadens deutlich dokumentierbar sein. Darüber hinaus ist natürlich eine Qualitätskontrolle des Gebäudes leichter möglich.

Da der umfangreiche Gebäudebestand gerade im Denkmalsbereich mit einem unerledigten Schadensbestand versehen ist, wird ein Zeitmanagement zur Schadensbeseitigung immer dringlicher. Mit der Schadensdokumentation anhand einer Zeitachse wird ein entscheidendes Kriterium für den Zeitpunkt der Schadensbeseitigung bereitgestellt. So entschieden wir uns für die fotografische Erfassung des Gebäudebestandes, wie aus dem Bild 5 ersichtlich wird.

Auf ein bereitgestelltes Gittermodell des vorliegenden Gebäudes wird der Bauzustand durch ein geeignetes Foto dokumentiert. Nach einem geeigneten Zeitabschnitt kann die mögliche Veränderung durch ein neues Foto dokumentiert werden. Mit dem folgenden Beispiel beschränken wir uns auf einen schon sichtbaren Schaden (Riss) und das allgemeine Tragverhalten des zugehörigen Tragwerkes.

TRAGWERKSANALYSE AM GEWÄHLTEN BEISPIEL

Wenn das Bild 5 nur einen groben Überblick liefert, zeigt eine Vergrößerung dieses Bildes eine deutliche Rissbildung zwischen Fensteröffnung und Traufe.



Bild 6 Rissbildung im Traufbereich

Mit der oben beschriebenen Modellbildung erfolgt nun die Tragwerksanalyse. Bevor auf den Schaden (Riss) näher eingegangen wird, zeigen ausgewählte Zustände die Wertigkeit der durchgeführten Analyse. Dazu wurden zwei unterschiedliche statische Modelle gewählt, die aus dem Bild 7 ersichtlich werden. Allein in diesen beiden statischen Modellen sind zahlreiche Modellierungsvarianten denkbar. Nur durch das Geschick und natürlich Erfahrung des Tragwerksplaners wird damit eine realistische Tragwerksanalyse möglich sein. Für eine übliche statische Modellierung zeigt das Bild 8 realistische Biegemomente am Querschnittsmodell mit einem Gespärre unter veränderten Windlasten.

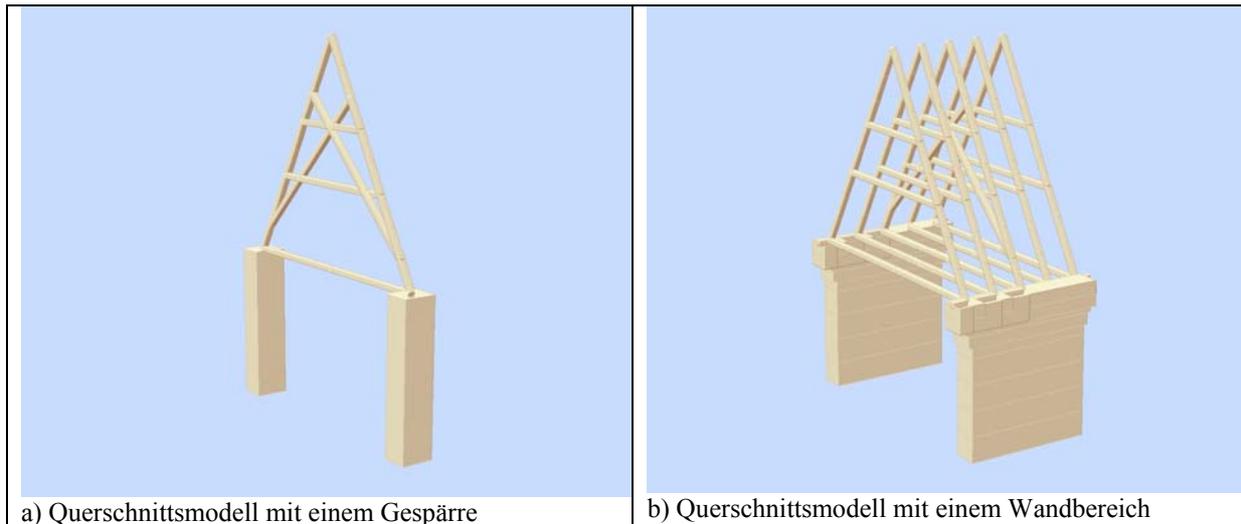


Bild 7 Statische Modelle

Bei gleich bleibender statischer Modellierung wird für den Lastfall Wind von links w_l ein deutlicher Unterschied zwischen der alten Norm (DIN 1055-4 (08.86)) und der neuen Norm (DIN 1055-4 (03.05)) ersichtlich. Die maximale Biegebeanspruchung durch die Windwirkung wird bei diesem Gebäude an der Ostseeküste um fast 50% vergrößert, wenn die Windlast nach der neuen Windnorm gegenüber der konventionell angesetzten Windlast aus der alten Norm berücksichtigt wird.

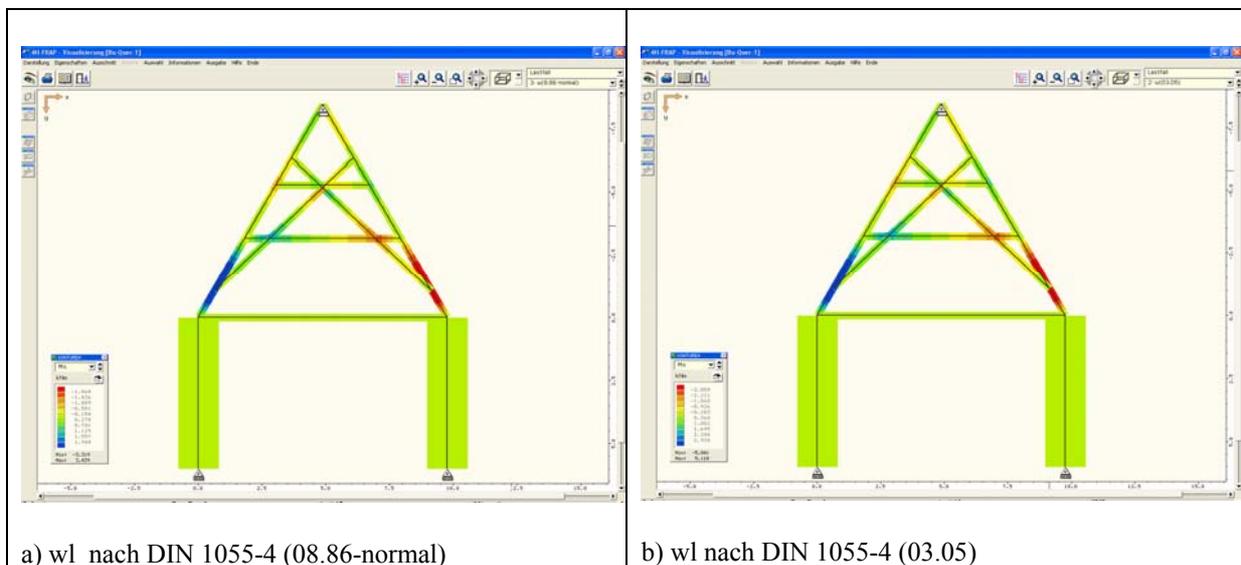


Bild 8 Tragverhalten eines Gespärres unter veränderten Windlasten

Da die Geometrie aus der idealen Formfindung entstand, sollte überprüft werden, wieweit geometrische Veränderungen sich im Tragverhalten bemerkbar machen. So zeigt das Bild 9 den Einfluss einer 1,01-fachen Vergrößerung oder einer 1%-gen Schiefstellung auf das Tragverhalten des Querschnittsmodells mit einem Gespärre. Diese geometrischen Veränderungen entsprechen damit einem Größenbereich, der bei der Bauaufnahme mit der Genauigkeitsstufe II erreicht werden kann.

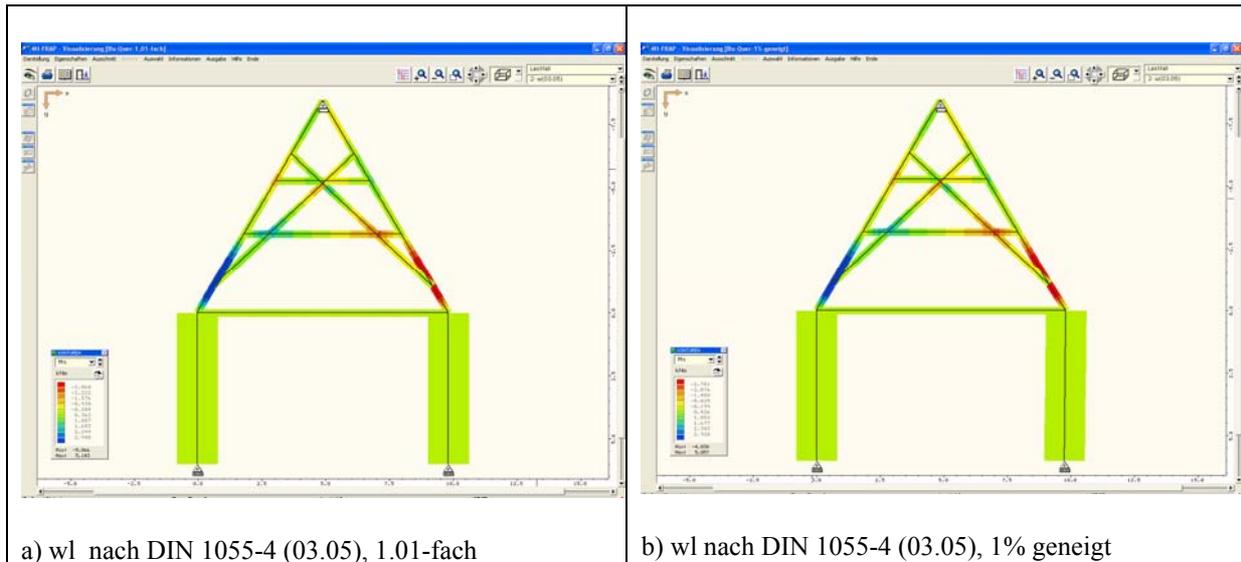


Bild 9 Tragverhalten eines Gespärres bei Variation der Geometrie unter Windwirkung

Die Maßvergrößerung um 1% in horizontaler Richtung, Bild 9 a), ergibt eine Vergrößerung der Beanspruchung bei dem untersuchten Lastfall von 1%. Auch bei dem zweiten Fall, Schiefstellung der rechten Wand um 1%, ergibt sich sogar eine leichte Abnahme der Beanspruchung auf 99%. Es zeigt sich, dass realistische Variationen der Geometrie deutlich kleinere Veränderungen in der Beanspruchung hervorrufen als die Änderung der Norm hinsichtlich der Windlast.

Für die Analyse des oben beschriebenen Rissbildes wird das Modell „Querschnittsmodell mit einem Wandbereich“ gewählt. Im Bild 10 wird die Biegewirkung unter Wind dargestellt.

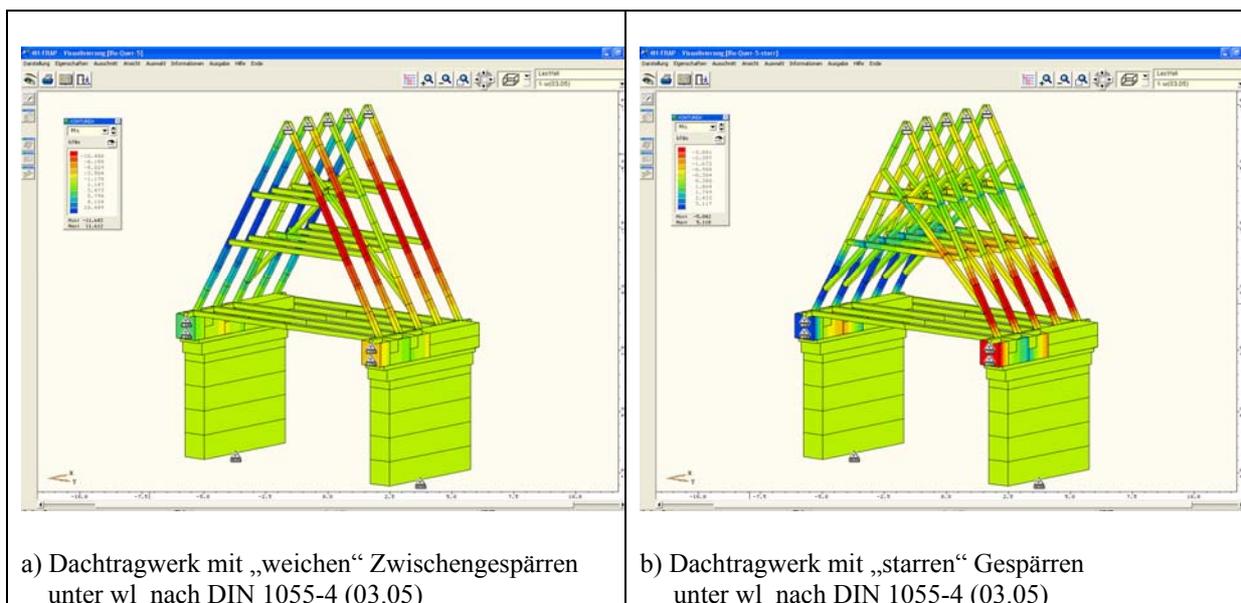


Bild 10 Biegewirkung unter Wind am „Querschnittsmodell mit einem Wandbereich“

Während mit dem statischen Modell nach Bild 10 a) ein sehr weiches Dachtragwerk gewählt wurde, entspricht das Modell nach Bild 10 b) einem deutlich steiferen Dach. Die Biegewirkungen in den nicht ausgesteiften Gespärren erreichen mehr als den 2-fachen Betrag gegenüber der Biegewirkung in den ausgesteiften Gespärren. Diese steifere Dachkonstruktion wurde auch durch die Bauaufnahme bestätigt. Infolge der Lastabgabe aus dem Dach in die Wandkonstruktion wird diese auch auf Biegung beansprucht. Die absolute Größe dieser Biegebeanspruchung im Mauerwerk ist nicht von den gewählten statischen Variationen im Dach abhängig. Relativ gesehen ist sie bei einem steiferen Dach aber vergleichbar mit den Biegewirkungen in der Holzkonstruktion, was sich deutlich an der Farbveränderung im Bild 10 zeigt.

Da nun aber gerade Mauerwerkskonstruktionen kaum Biegewirkungen aufnehmen können, wird dies zu einer Rissbildung führen. Die vorliegende Tragwerksanalyse steht somit in einem engen Zusammenhang zu dem vorliegenden Schadensbild. Infolge des Risses verändert sich nun die Steifigkeit in dem gewählten statischen Modell. Mit weiteren Veränderungen an der Modellbildung wird nun das realistische Tragverhalten immer besser abgebildet und liefert die Grundlage für die erforderliche Sanierungsplanung.

LITERATUR

- [1] Georg Jahnke, Zur Beurteilung der Standsicherheit von historischen Mauerwerkskonstruktionen; 3. Hanseatische Sanierungstage vom 12. – 14. November 1992 in Kühlungsborn; Tagungsband, Feuchte- & Altbausanierung e.V. Fachverband für Bautenschutz Geschäftsstelle ZABBEC GmbH, Berlin 1992
- [2] T. Thurow, F. Petzold, U. Weferling, Visionen eines mitwachsenden Geometriemodells für die computergestützte Bauaufnahme; bauhaus-universität weimar – professur informatik in der architektur, datei: thurow_84.doc
- [3] Peer Falkenberg und Mario Laue, Historische Bautechniken in Mecklenburg; BA-Thesis SS 2005 Fachbereich Architektur, Hochschule Wismar 2005
- [4] Catharina Hof, Beurteilung historischer Dachwerke am CAD-Modell – Anforderungen an die Bauaufnahme; in U. Weferling u.a. Von Handaufmass bis High Tech; Verlag Philipp von Zabern, Mainz 2001