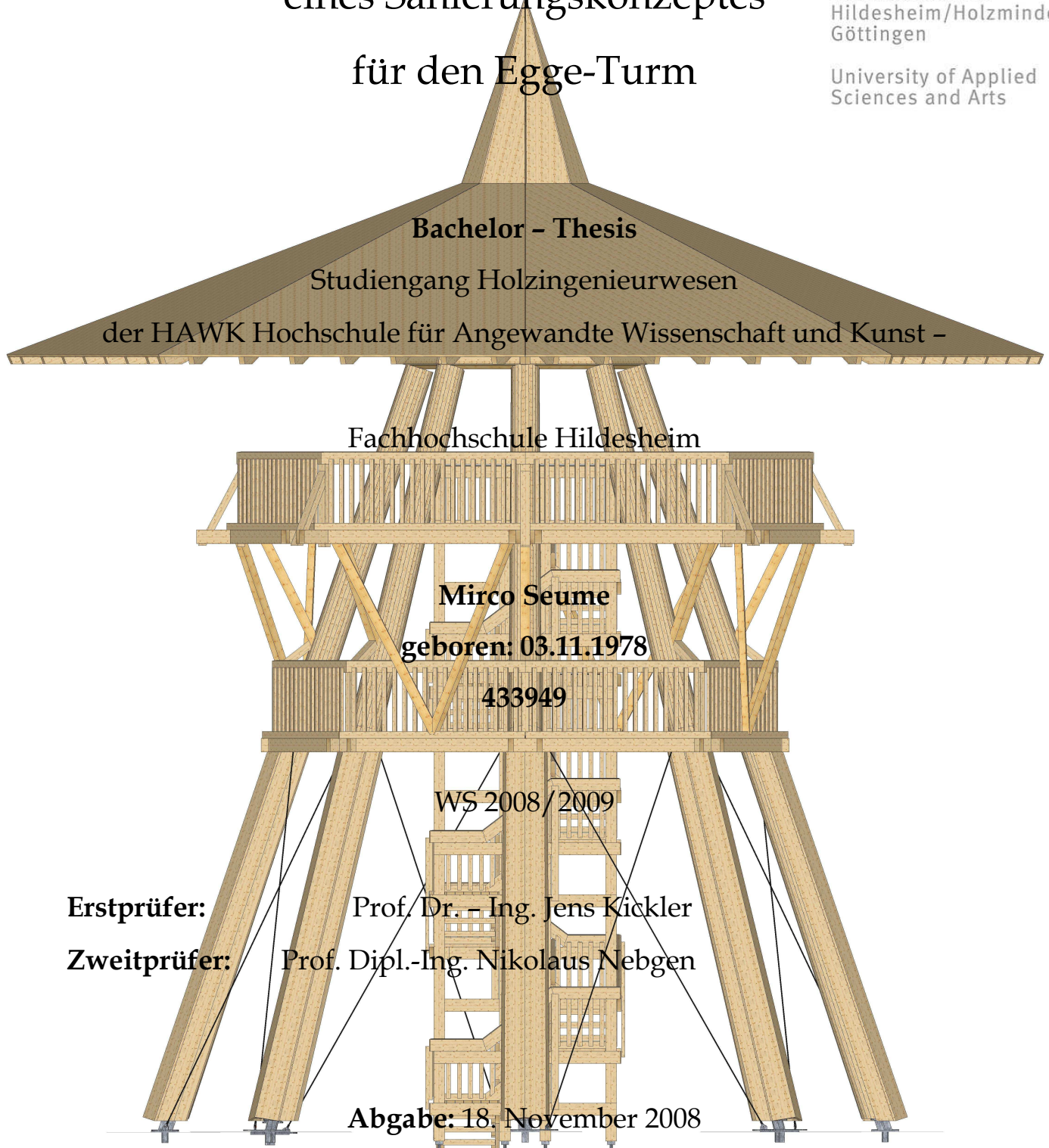


# Erstellung und Ausarbeitung eines Sanierungskonzeptes für den Egge-Turm



**Bachelor - Thesis**

Studiengang Holzingenieurwesen

der HAWK Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst -

Fachhochschule Hildesheim

**Mirco Seume**

geboren: 03.11.1978

433949

WS 2008/2009

**Erstprüfer:**

Prof. Dr. - Ing. Jens Kückler

**Zweitprüfer:**

Prof. Dipl.-Ing. Nikolaus Nebgen

**Abgabe: 18. November 2008**

---

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	2
Abbildungsverzeichnis .....	4
Zusammenfassung .....	6
Preamble .....	7
1 Aufgabenstellung .....	8
2 Herangehensweise .....	10
3 Verwendete Geräte .....	11
3.1 Resistograph(Bohrwiderstandsmessgerät) .....	11
3.2 Holzfeuchte-Messgeräte .....	13
4 IST-Zustand.....	14
5 Gründe für diesen Zustand.....	16
6 Überprüfung der Tragfähigkeit mit dem Restquerschnitt .....	18
6.1 Im Ausgangszustand.....	18
6.2 Im sanierten Zustand.....	19
7 Entwurf von Sanierungsmöglichkeiten.....	21
7.1 Variante 1 .....	21
7.2 Variante 2.....	24
7.3 Variante 4.....	25
8 Pro und Contra .....	25
9 Besprechung vom 08. September 2008 .....	27
10 Sanierungsplanung.....	29
11 Statische Bemessung .....	32
11.1 Lastannahmen.....	32
11.1.1 Schneelasten .....	32
11.1.2 Windlasten .....	34
11.1.3 Windlasten .....	37
11.2 Bemessung der Hölzer.....	39
11.2.1 Positionsplan der Handrechnung .....	39
11.2.2 Position 1.0 Grat .....	40

---

11.2.3	Position 2. Gratstrebe .....	44
11.2.4	Position 3. Doppelzange .....	47
11.2.5	Position 4. Riegel unten .....	49
11.2.6	Position 5. Riegel oben .....	51
11.2.7	Position 6. Rundpfosten oben .....	54
11.2.8	Position 7. Fußpfette .....	56
11.3	Verbindungen .....	58
11.3.1	Position 1.2.0 Gratsparren .....	58
11.3.2	Position 2.2.0 Gratstrebe.....	63
12	Nägeln je Seite → 3 x 4 Nägel.....	65
11.3.3	Position 2.1.0 Gratstrebe unten.....	66
11.3.4	Position 3.1.0 Zange hinten/Mitte.....	69
11.3.5	Position 3.3 Zange vorn .....	73
11.4	Statischer Vergleich .....	75
12	Aussteifung .....	79
13	Besprechung vom 7.11.2008.....	82
14	Allgemeine Baubeschreibung: .....	83
14.1	Baubeschreibung: .....	83
14.1.1	Grundstück.....	84
14.1.2	Versorgungs- und Entsorgungsmöglichkeiten.....	85
14.1.3	Lager- und Arbeitsplätze .....	85
14.1.4	Natur- und Landschaftsschutz.....	85
14.1.5	Konstruktion: .....	85
14.1.6	Nutzung.....	85
15	Angaben zur Ausführung: .....	86
16	Erläuterung zum Bauablauf .....	87
17	Bauablaufbeschreibung .....	90
18	Wartungsarbeiten.....	93
19	To-do Liste .....	94
20	Sofortmaßnahmen .....	94
21	Zusammenfassung .....	95
22	Abstract.....	97

---

---

23	Quellenangaben.....	98
24	Erklärung .....	99

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Egge-Turm.....	8
Abbildung 2: Gipfelstein - Preußisch Velmerstot.....	9
Abbildung 3: Resistograph.....	11
Abbildung 4: Anwendungsgebiete .....	12
Abbildung 5: Bohrspitze und Messungsergebnis .....	12
Abbildung 6: elektrisches Holzfeuchtemessgerät (Quelle: Brunnenbauer Versand) .....	13
Abbildung 7: Querschnittsschädigung Pfosten H.....	15
Abbildung 8: Schnitt durch die ursprüngliche Form.....	16
Abbildung 9: fehlender Abstand am Durchdringungspunkt der Pfosten durch die Ebenen.....	17
Abbildung 10: erster Entwurf - Spitzdach .....	22
Abbildung 11: erster Entwurf - Schleppdach.....	23
Abbildung 12: Entwurf - ohne optische Veränderungen.....	24
Abbildung 13: Auflistung Pro und Contra .....	26
Abbildung 14: Problematischer Traufpunkt mit Streben .....	30
Abbildung 15: Schnitt durch Turm mit Streben (alte Variante).....	31
Abbildung 16: Schnitt durch Turm ohne Streben (neue Variante) .....	32
Abbildung 17: Windlasten für Lastfall 5.....	37
Abbildung 18: Windlasten für Lastfall 6.....	38
Abbildung 19: Positionsplan für Hand und Excelrechnung.....	39
Abbildung 20: statisches System Position 1.1 .....	40
Abbildung 21: statisches System Position 1.2 .....	42
Abbildung 22: statisches System Position 2.1 .....	44
Abbildung 23: statisches System Position 2.2 .....	46
Abbildung 24: statisches System Position 3.1 .....	47
Abbildung 25: statisches System Position 3.2 .....	48
Abbildung 26: statisches System Position 4.1 .....	49
Abbildung 27: statisches System Position 4.2 .....	50
Abbildung 28: statisches System Position 5.1 .....	52
Abbildung 29: statisches System Position 5.2 .....	53
Abbildung 30: statisches System Position 6.0 .....	54
Abbildung 31: Detailansicht Position 1.2.1 .....	58
Abbildung 32: Detaildraufsicht Position 1.2.1 .....	59
Abbildung 33: Detailansicht mit Dübelabständen .....	60
Abbildung 34: Detaildrauf Position 1.2.2 .....	61
Abbildung 35: Detailansicht Position 2.2.1 .....	63
Abbildung 36: Detailansicht mit Nagelabständen.....	65

Abbildung 37:Detailansicht Position 2.1.1 .....	66
Abbildung 38:Detailansicht und Detaildraufsicht Position 2.1.2.....	68
Abbildung 39:Detailansicht Position 3.1.1 .....	69
Abbildung 40:Detailansicht Position 3.1.32 .....	71
Abbildung 41:Detailansicht mit Dübelabständen .....	72
Abbildung 42:Detailansicht Position 3.3 .....	73
Abbildung 43:Draufsicht Position 3.3.....	73
Abbildung 44:Detailansicht mit Dübelabständen .....	75
Abbildung 45:Auflistung der Aussteifungsvarianten.....	80
Abbildung 46:Aussteifung in vier Feldern.....	81
Abbildung 47:Bauablauf als Balkenplan.....	89

## Zusammenfassung

Der Egge-Turm wurde als Holzkonstruktion geplant und als solcher 2004 freigegeben. Grundlage für diese Konstruktion war ein achteckiger Grundriss mit quadratischem, mittig angeordnetem Treppenhaus aus Lärchenholz.

Zwei Aussichtsebenen, die jede für sich ein Oktogon als Grundform haben, sind auf 5,82 m und 8,86 m Höhe angeordnet und werden von acht Rundholzstützen aus Fichte gehalten. Im Ganzen stellt sich der Turm als kegelförmiges Objekt auf einer vergleichsweise großen Lichtung dar.

Der Eggeweg, auf dem der gleichnamige Turm steht, ist ein etwa 70 km langes Teilstück des Europäischen Fernwanderweges E1 im Eggegebirge, Nordrhein-Westfalen. Er verläuft zwischen Bielefeld und Marsberg und wurde seit vor- und frühgeschichtlicher Zeit als Handels- und Heerstraße genutzt. Heute dient er als Wanderweg über den Kamm des Eggegebirges im Naturpark Teutoburger Wald / Eggegebirge.

Der Weg befindet sich auf einer Bergkuppe mitten im Teutoburger Wald unweit von Veldrom, das zwischen Horn / Bad Meinberg und Altenbeken liegt. Er ist so zu einem beliebten Wanderziel und Wahrzeichen der Umgebung geworden. Der Velmerstot ist mit seinen 468m üNN die größte Erhebung im Eggegebirge, auf dessen Kuppe eine Lichtung mit mäßiger Vegetation ist.

In meiner Bachelor-Abschlussarbeit befasste ich mich mit dem Entwurf von verschiedenen Sanierungsmöglichkeiten des Egge-Turmes. In Absprache mit dem zuständigen Forstamt soll daraus ein ausführbares Sanierungskonzept für den reinen Holzturm entstehen. Besonderes Augenmerk ist auf den noch fehlenden konstruktiven Holzschutz zu richten. Eine genaue Kartierung der Schäden und die Analyse dieser, sind ebenfalls Bestandteil meiner folgenden Ausführungen. Eine statische Überprüfung der Tragfähigkeit und die Bemessung der Neuteile runden die Aufgabenstellung ab.



## Preamble

The Egge-Tower is a pure wooden construction, which opened to the public in 2004.

The basis for this construction is an octogonal outline with a quadratic staircase, made out of larch wood, in the centre.

Two viewing platform each of them shaped as an octogonal, are placed in 5,82 m and 8,86 m height and are hold from eight sprucen log stilts. On the whole, the tower as a hub object on a fairly large clearing dar.

The Eggeweg on which the eponymous tower, an approximatley 70km long section of the european trail E1 in Nordrhein-Westfalen. This section take course between Bielefeld and Marsberg. This path was already used as a trade and army road in prehistorical and early history. Today it is a popular hiking trail across the mountain ridge of the Eggegebirge in the naturae park Teutoburger Wald / Eggegebirge.

The tower is on the top of the mountain Velmerstot, who is 468m above sea level, near the village Veldrom between Horn/ Bad Meinberg and Altenbeken.

This Bachelor- Thesis deals with the design of different rehabilitation varieties. According to the agreement with the forestry office the result shall be realistic achievable rehabilitation concept for the tower. Special attention is turned to the missing constructive wooden preservation.

A detailed mapping of the damaged parts and the analysis of these are also part of my following performance. A static verification of sustainability and the assessment of new parts complete the task to be done.



Abbildung 1: Egge-Turm

## 1 Aufgabenstellung

Auf Grund von Beobachtungen des zuständigen Försters wurden schwerwiegende Mängel an einigen Bauteilen des Aussichtsturmes bemerkt. Dieser stellte Veränderungen der Substanz im unteren Bereich der Rundholzpfosten und direkt an den Stahlfüßen von mehreren der acht Stützen fest. Seine Erkenntnisse teilte er dem zuständigen Forstamt mit. Das Forstamt Paderborn trat dann an Prof. Jens Kickler mit der Bitte heran, sich die Problempunkte anzuschauen. Nach ersten Bohrungen mit dem Bohrwiderstandsmessgerät stand fest, dass eine genauere Untersuchung von Nöten ist, um eine ausreichende Aussage über den Zustand treffen zu können.



So bekam ich im Rahmen meiner Abschlussarbeit die Möglichkeit, den Turm zu untersuchen.



**Abbildung 2: Gipfelstein - Preußisch Velmerstot**

So bekam ich im Rahmen meiner Abschlussarbeit die Möglichkeit den Turm zu untersuchen. Auf Grund der finanziellen Situation bei vielen öffentlichen Auftraggebern wurde mein Auftrag erweitert. Die Aufgabenstellung meiner Arbeit beinhaltet die Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen, die letztlich auf die Erhöhung der Lebensdauer des Turms abzielen soll. In diesem Zusammenhang ist eine Ausführungsplanung für den ausgewählten Sanierungsvorschlag zu erarbeiten.

Die Möglichkeit wurde mit dem zuständigen Forstamt und der ausführenden Firma abgestimmt, damit die vorgeschlagenen Maßnahmen später im kompletten Umfang realisiert werden können.

## 2 Herangehensweise

Das Vorgehen unterscheidet sich nicht von den herkömmlichen Herangehensweisen. Zu Beginn jeglicher Untersuchungen ist es wichtig, eine einfache und übersichtliche Festlegung der Bezeichnungen aller relevanten Bauteile vorzunehmen. Diesbezüglich entschied man sich dafür, die Pfosten mit Großbuchstaben im Uhrzeigersinn zu definieren. Aus diesen Pfostenbenennungen ergab sich dann die Achsenbezeichnung, die oberste Aussichtsebene wird als Ebene 2 und die darunter liegende mit Ebene 1 bezeichnet. Der Pfosten mit dem Buchstaben A wurde an den Treppenantritt gelegt.

Im Allgemeinen wird eine Erfassung des IST-Zustandes vorgenommen, welche den Zustand zum Zeitpunkt der Untersuchung darlegt. Hierbei ist es wichtig darauf zu achten, ob das Tragsystem geschädigt ist. Geht man von einem geschädigten Querschnitt aus, spricht man von einem Restquerschnitt, bei dem eine statische Überprüfung der Standsicherheit vorgenommen werden muss. Stellt sich heraus, dass die Standsicherheit nicht mehr gegeben ist, hat das Auswirkungen auf das Sanierungskonzept. Eine eventuelle Ertüchtigung der tragenden Elemente muss im Konzept mit berücksichtigt werden. Reicht das nicht aus, muss eventuell über eine Erneuerung der Fußpunkte oder sogar einige der wesentlichen Bauteile nachgedacht werden. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden verwendet, um ein Konzept zu entwerfen, dass den Ansprüchen der Normen, des Bauherrn und der Wirtschaftlichkeit entspricht.

Um eine lückenlose Schadenanalyse zu erhalten, müssen alle Bauteile einer visuellen Untersuchung unterzogen werden; gegebenenfalls wird zusätzlich noch eine Kopfprobe durchgeführt. An relevanten Stellen bzw. an Stellen, die durch eine der zuvor genannten Untersuchungsmethoden auffällig werden, müssen mit einem Bohrwiderstandsmessgerät nähere Untersuchungen durchgeführt werden. Durch diese annähernd zerstörungsfreie Untersuchungsmethode kann die Tragfähigkeit der auffälligen Hölzer untersucht werden. Mit Hilfe dieses Gerätes

kann man ins Innere des Holzes schauen und so die schadhaften Stellen genau definieren.

### 3 Verwendete Geräte

#### 3.1 Resistograph(Bohrwiderstandsmessgerät)



Abbildung 3: Resistograph

(Quelle: Firma Walter-Baumpflege)

Dieses Gerät wurde entwickelt, um weitestgehend zerstörungsfreie Untersuchungen auch im Inneren des Holzes durchführen zu können. Diese funktionieren wie folgt: je nach Ausführung des Widerstandsmessgerätes wird ein langer Bohrer mit konstantem Vorschub in das zu untersuchende Holz gebohrt. Die Bohrer haben einen Durchmesser zwischen 1,5 und 3 mm. Dadurch ist nur



ein sehr kleines Loch nach der Untersuchung zu sehen. Auf Grund des gleichbleibenden Vorschubes kann anhand der aufzuwendenden Energie der Widerstand des Holzes gemessen werden. Diese, dem mechanischen Widerstand proportionale Kraft, wird kontinuierlich im Maßstab 1:1 auf einem Papier- oder Wachspapierstreifen (je nach Gerätevariante) aufgezeichnet. Die sich ergebenden Bohrprofile spiegeln die relative Dichteverteilung des Holzes wieder.

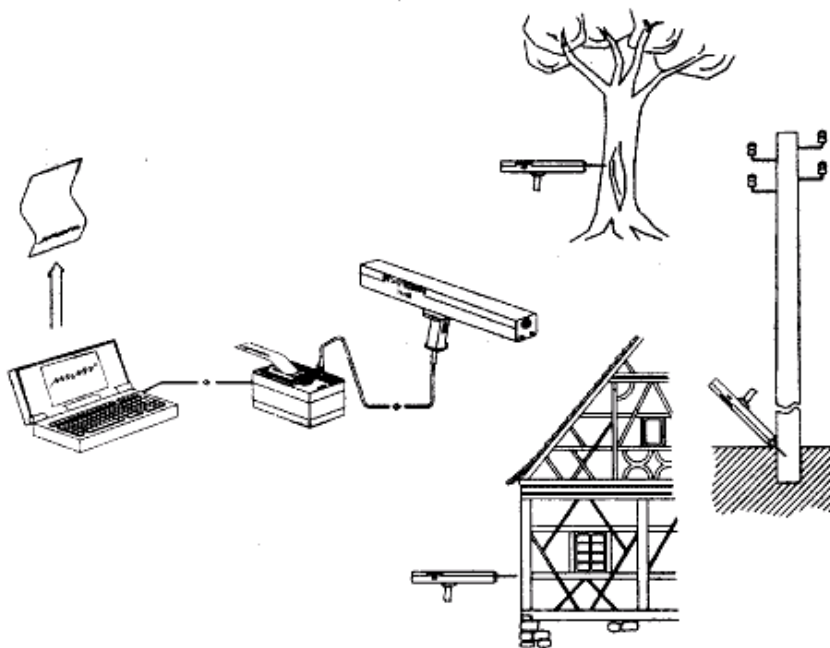


Abbildung 4: Anwendungsgebiete

(Quelle: Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg)

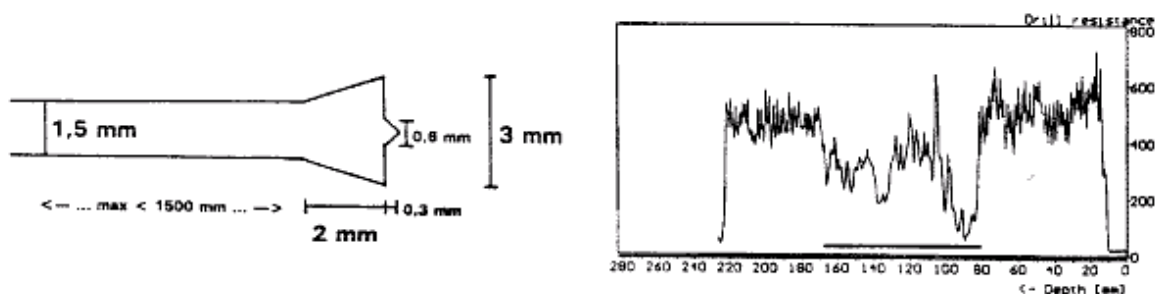


Abbildung 5: Bohrspitze und Messungsergebnis

(Quelle: Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg)

Für diese Art der Holzdichteuntersuchung gibt es viele Einsatzgebiete, so zum Beispiel für Baumuntersuchungen, Mastenkontrollen und natürlich im Bauwesen zur Überprüfung von diversen Bauteilen. Da leider nur eine kleine Untersuchungsfläche zur Verfügung steht, könnte es zu einer Fehlinterpretation für den Gesamtquerschnitt kommen.

### 3.2 Holzfeuchte-Messgeräte

Es gibt viele verschiedene Arten von Messverfahren mittels Holzfeuchte-Messgeräten. Zum Einen besteht die Möglichkeit von elektrischen Messverfahren, Darrverfahren und Infrarotreflexionen-Messverfahren. Dies sind die gängigsten Messmethoden. Weitere sind zum Beispiel: Hygroskopische Methode, Destillationsverfahren und Titrationsverfahren.



**Abbildung 6: elektrisches Holzfeuchtemessgerät (Quelle: Brunnenbauer Versand)**

Für die Praxis haben sich die elektrischen Holzfeuchtemessverfahren, bei denen entweder der Ohmsche Widerstand oder die dielektrischen Eigenschaften von Holz ausgenutzt werden, durchgesetzt. Bei dem dielektrischen Verfahren werden die unterschiedlichen Eigenschaften von Wasser und Holz genutzt. Die Dielektrizitätskonstanten von Wasser liegen bei  $\epsilon_r = 80$  und bei darrtrockenem Holz nur bei  $\epsilon_r = 2 \dots 3,5$ . Durch diese großen Unterschiede ist eine relativ genaue Messung in bestimmten Holzfeuchtebereichen möglich. Hierbei muss die Rohdichte des zu messenden Holzes berücksichtigt werden. Zudem beeinflussen der Faserverlauf zwischen den Elektroden oder auch die Eindringtiefe der Elektroden bei beiden Verfahren die Messergebnisse. Es ist wichtig, die



Elektroden rechtwinklig zur Faserrichtung einzuschlagen, sonst kommt es zu Messungenauigkeiten. Der Nachteil bei diesen Widerstandsmessverfahren liegt darin, dass bei einer Holzfeuchte von  $u < 5\%$  der Widerstand sehr hoch ist und nur schwer gemessen werden kann und sich der Widerstand bei  $u > 25\%$  nur noch geringfügig verändert, was zu Messungenauigkeiten führt.

Das Darrverfahren ist die einzige Methode, die genormt ist (DIN 52 183) und somit auch als Eichmethode für die anderen Methoden verwendet wird. Hierbei wird eine Probe vom prüfenden Holz entfernt, gewogen und danach bis zur Gewichtskonstanz getrocknet (darrtrocken). Anschließend wird sie erneut gewogen und nach der zugehörigen Gleichung die Holzfeuchte bestimmt. Nachteil hierbei ist, dass die Messungen langwierig sind und die Probe zerstört wird. Eine sofortige Bewertung/Bestimmung ist vor Ort nicht möglich.

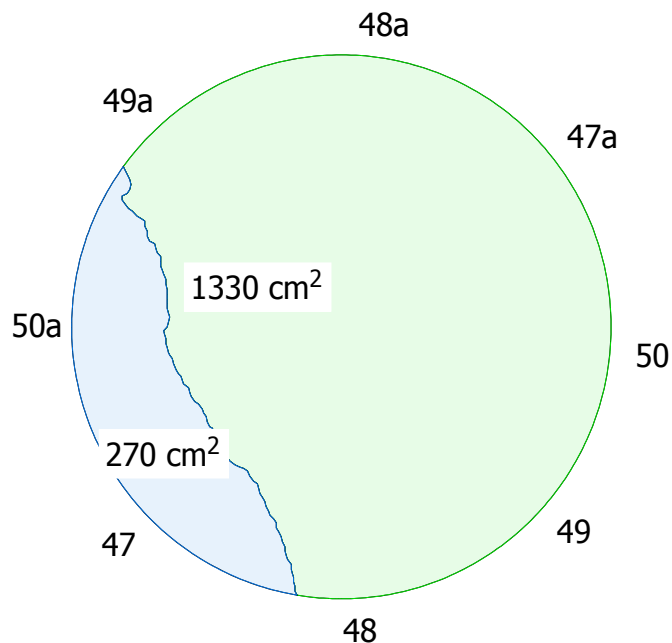
Bei der Infrarotreflexion werden elektromagnetische Strahlen auf das Material geschickt und durch die unterschiedlichen Eigenschaften mehr oder weniger reflektiert. Anhand dieser Werte kann die Holzfeuchte auf der Oberfläche schnell ermittelt werden. Die Methode wird meistens nur in der Industrie bei sehr dünnen bzw. kleinen Holzelementen verwendet, explizit in der Furnier- oder Holzwerkstoffplattenherstellung.

## 4 IST-Zustand

Der Turm befindet sich für sein Alter in einem eher desolaten Zustand. Nach den Untersuchungen mit einem Resistographen und einem Holzfeuchte-Messgerät war festzustellen, dass einer der acht Nadelholzpfosten bis zu einer Tiefe von etwa 10 cm stark. Das Holzfeuchtemessgerät funktioniert nach dem ohmschen Widerstandsprinzip. Die Elektroden wurden rechtwinklig zur Faserrichtung eingeschlagen.

Bei Bohrungen einmal um den Querschnitt herum wurde festgestellt, dass etwa 1/5 des Querschnittes nicht mehr tragfähig ist. Dieser Verlust hatte eine statische

Überprüfung der Tragfähigkeit zur Folge. Des Weiteren weisen alle Pfosten je nach Ausrichtung zur Wetterseite eine stark durchfeuchtete, weit über den Fasersättigungspunkt hinausgehende Holzfeuchte auf, welche je nach Holzart etwa bei 30% liegt. Die Untersuchungen wurden auf Grund der Fülle der zu untersuchenden Stellen an mehreren Tagen durchgeführt.



**Abbildung 7: Querschnittsschädigung Pfosten H**

Da an den Tagen der Messungen recht unterschiedliche Witterungsverhältnisse vorherrschten, konnte man gute Unterschiede zwischen den Holzfeuchten und der Witterung erkennen. An Hand dieser unterschiedlichen Messergebnisse und auch mit Hilfe von Regenschauern konnten an Ort und Stelle gute Schlussfolgerungen über den Lauf des Wassers gezogen werden mit der daraus resultierenden extrem hohen Holzfeuchtigkeit. Außer der Holzfeuchte ließ sich stellenweise ein im Anfangsstadium befindlicher Pilz-, Moos- bzw. Algenbewuchs erkennen. An einzelnen Pfosten- Fußpunkten haben sich schon Ameisen eingeknistet. Des Weiteren konnte man an den Hirnholzseiten der Pfosten ein ausgeprägteres Wachstum der Pilze feststellen. Auf Grund der fehlenden Tropfkante sammelte sich das an den Pfosten herunter laufende Wasser am Hirnholz des Fußpunktes, welches das Wachstum der Pilze begünstigt. Das nicht abtropfende Wasser wird durch die Anatomie des Holzes und durch

physikalische Kräfte nach oben in den Stamm geleitet und verursacht so auch im Holzinernen Schäden.

Nicht nur die Pfosten zeigen Veränderungen, auch der Belag der Treppen und Aussichtsplattformen wird durch den ständigen Kontakt mit Wasser in geringem Maß geschädigt. Es ist festzustellen, dass bei höherer Luftfeuchtigkeit bzw. Regen die Oberfläche rutschig wird. Dies hätte durch eine einfache Profilierung der Beläge verhindert werden können. Bei extremen Witterungsbedingungen musste der Turm auch schon mehrfach gesperrt werden.

## 5 Gründe für diesen Zustand

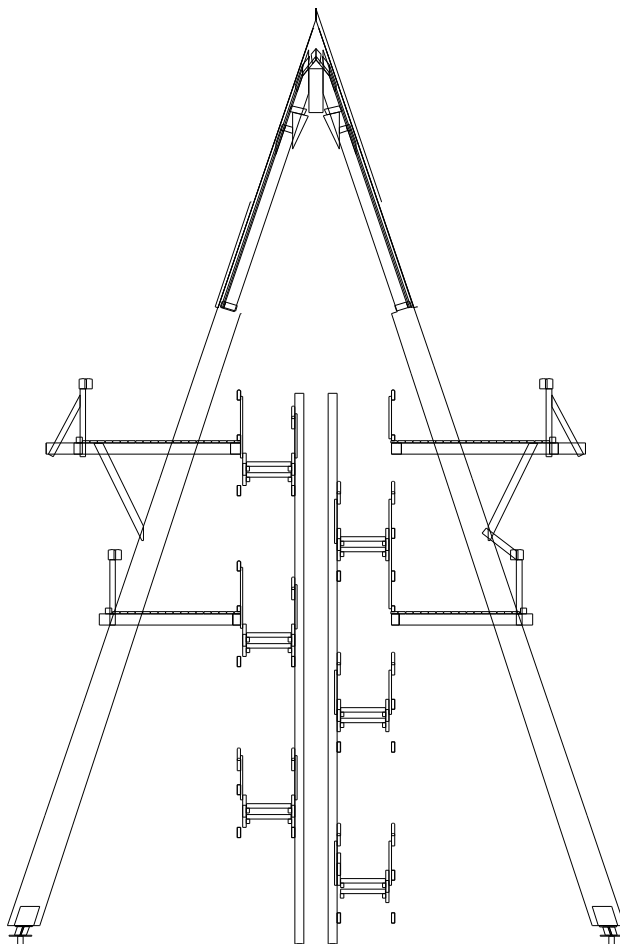


Abbildung 8: Schnitt durch die ursprüngliche Form

Die Gründe für diesen schlechten Zustand kann man nur vermuten. Planungsfehler sind die wahrscheinlichsten Ursachen dafür. Hierzu gehören vor Allem, dass außer Acht lassen des konstruktiven Holzschutzes. Für das Treppenhaus wurde Lärche als Konstruktionsholz gewählt, während für das Traggerüst des Turmes Fichte eingesetzt wurde. Lärche ist bei Außenbauteilen eindeutig die bessere Wahl. Die Rundholzpfosten aus Fichte wurden nicht einmal durch das Einbringen von chemischen Holzschutzmitteln geschützt. Weiter wurden Fehler bei der Ausführung gemacht. Einer dieser fehlerhaften Punkte ist im Abbildung 9 zu sehen. Hier handelt es sich um den Durchstoßpunkt eines Rundholzpfostens durch die obere Ebene, welcher frei bewittert ist.



**Abbildung 9: fehlender Abstand am Durchdringungspunkt der Pfosten durch die Ebenen**

Diesen Fehler hätte man durch ein einfaches Freischneiden vermeiden können. Die Pfostenausklantung steht auf der Ebene auf und verhindert so das freie Abtropfen des Wassers. Somit kann das Wasser, wie an den Fußpunkten auch, in den Pfosten aufsteigen. Auf Grund der fehlenden Dichtheit der oberen Ebene

ist die erste Aussichtsplattform äußeren Einflüssen vollkommen schutzlos ausgesetzt.

Der Pfosten H, der am stärksten Geschädigte, muss auf Grund seines Zustandes sogar teilweise erneuert werden.

## 6 Überprüfung der Tragfähigkeit mit dem Restquerschnitt

### 6.1 Im Ausgangszustand

<b>Maximale Auflagerkraft der Originalstatik:</b>	93kN
<b>Flächen:</b>	$E_2 = 6,0m^2$ $E_1 = 4,4m^2$
<b>Eigengewicht der Konstruktion ohne Sanierung:</b>	$G_K = 166,1kN$
<b>Eigengewicht der Schindeleindeckung:</b>	$A_D \approx 180m^2$

$$G_s = A_D \cdot g_s = 180m^2 \cdot 1 \frac{kN}{m^2} = 180kN$$

<b>Schnee:</b>	$A_s \approx 180m^2$
----------------	----------------------

$$S = A_s \cdot s = 180m^2 \cdot 1,18 \frac{kN}{m^2} = 212,4kN$$

Schneelasten wurden mithilfe von einer Excel-Tabelle ermittelt, siehe Abschnitt .....

<b>Verkehrslast aus Personen:</b>	(DIN 1055-3, 03-2006)
-----------------------------------	-----------------------

$$Q_2 = A_2 \cdot q = 6,00m^2 \cdot 5 \frac{kN}{m^2} = 30kN$$

$$Q_1 = A_1 \cdot q = 4,40m^2 \cdot 5 \frac{kN}{m^2} = 22kN$$



**Lastfallkombination:** g + q

$$G_K + G_S + Q_1 + Q_2 = \frac{166,1}{8} + \frac{180}{8} + 22 + 30 = \underline{95,26 \sim 93kN}$$

Lastfallkombination wurde gewählt, da Personen und Schnee nach der Norm nicht konform sind. Alle Lasten zur gleichen Zeit erzeugen die höchsten Auflagerkräfte.

Vergleichsrechnung erfüllt, das heißt, statische Überprüfung der Originalstatik ist erbracht.

## 6.2 Im sanierten Zustand

**Flächen:**  $E_2 = 6,0m^2$   
 $E_1 = 4,4m^2$

**Eigengewicht der Konstruktion ohne Sanierung:**  $G_K = 264kN$

**Eigengewicht der Schindeleindeckung:**  $A_D \approx 180m^2$

$$G_s = A_D \cdot g_s = 180m^2 \cdot 1 \frac{kN}{m^2} = 180kN$$

**Schnee:**  $A_s \approx 180m^2$

$$S = A_s \cdot s = 180m^2 \cdot 1,18 \frac{kN}{m^2} = 212,4kN$$

Schneelasten wurden mithilfe von einer Excel-Tabelle ermittelt, siehe Abschnitt .....