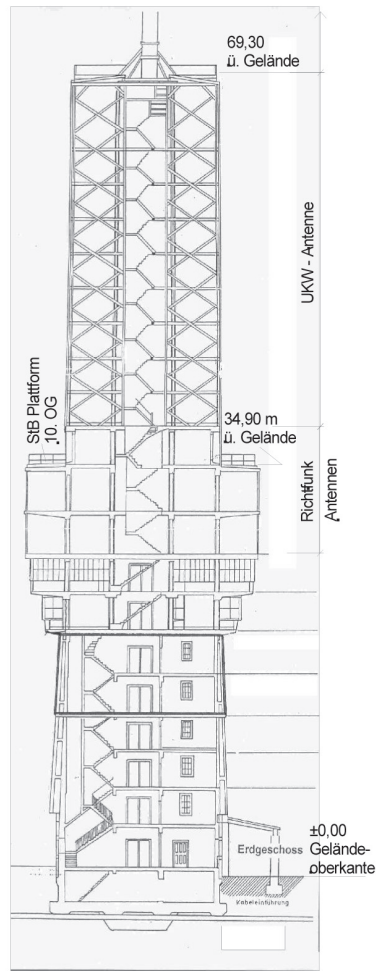


## Fernmeldeturm auf dem Großen Feldberg im Taunus Konstruktion eines Schutz- und Arbeitsgerüsts in Holzbauweise

■ ■ ■ von Heinz Pape und Stefan Winter

In der heutigen Zeit werden Arbeits- und Schutzgerüste in der Regel aus Stahlrohr-Systemgerüsten mit einem hölzernen Gerüstbelag ausgeführt. Auch wenn hohe Gebäude oder Türme eingerüstet werden müssen, wird diese sehr wirtschaftliche Bauart eingesetzt. Anders jedoch bei den Instandsetzungsarbeiten der Fassade am Fernmeldeturm auf dem Großen Feldberg im Taunus: Aufgrund der UKW-Antenne im Turminnen war es notwendig, bis in eine Höhe von 70 m ein Gerüst vollständig aus nichtmetallischen Werkstoffen zu konstruieren. Es wurde ein vorelementiertes und vorkonfektioniertes Holzgerüst ohne metallische Verbindungsmittel entwickelt, das neben den erforderlichen Sicherheitsanforderungen auch eine schnelle Montage ermöglichte.



2 Schnitt des Fernmeldeturms



1 Fernmeldeturm auf dem Feldbergplateau im November 2001

### Einleitung

Der Fernmeldeturm auf dem großen Feldberg im Taunus, mit 881 m über NN Hessens zweithöchster Berg, wurde im Zweiten Weltkrieg durch einen alliierten Bombenangriff im Jahre 1945 zerstört. Im Jahre 1951 erfolgte dann der Wiederaufbau. Abb. 1 zeigt den Fernmeldeturm und anliegende Nebengebäude. Im November 2001 wurde beobachtet, dass sich in ca. 60 m Höhe eine Fassadenplatte gelöst hatte und herabstürzte. Umgehend durchgeführte Untersuchungen ergaben, dass die gesamte Fassadenbefestigung nicht mehr die erforderliche Standsicherheit aufwies.

Da das Feldbergplateau ein Naherholungsgebiet der Einwohner des Großraumes Frankfurt ist, bestand für die Besucher ein erhöhtes Gefährdungsrisiko durch herabstürzende Fassadenplatten. Die Deutsche Telekom Immobilien und Service GmbH veranlasste als Sofortmaßnahme umgehend eine Sperrung des Plateaus und die Planung von dauerhaften Schutzmaßnahmen vor herabstürzenden Fassadenplatten. Im Zuge der Sofortmaßnahmen wurde zunächst eine Sicherung der Turmfassade mit Netzen diskutiert. Aber aufgrund der Jahreszeit und der exponierten Lage des Turmes wäre eine Eisbildung an den Netzen und daraus resultierend ein Herabstürzen größerer Eisbrocken nicht zu verhindern gewesen. Daher wurde eine derartige Lösung nicht weiterverfolgt. Aber bereits Anfang Dezember war ein realisierbares Konzept ausgearbeitet, das dann im Rahmen einer integralen Planung mit dem Amt für Arbeitssicherheit (AfAS) Wiesbaden, der Bau-Berufsgenossenschaft (BauBG) Frankfurt und allen übrigen Beteiligten auf die besonderen Randbedingungen und Anforderungen hin optimiert wurde.

### Die Bauaufgabe

Der Fernmeldeturm hat eine Gesamthöhe einschließlich der oberen Antenne von 84 m. In Abb. 2 ist ein Querschnitt der bestehenden Turmkonstruktion dargestellt. Bis zum 10. OG ist der Fernmeldeturm in Stahlbetonbauweise errichtet worden. Oberhalb besteht der Turm aus einer reinen Holz-Fachwerkkonstruktion mit einer Fassade aus Asbestzement-Welltafeln. Im Inneren der Holzkonstruktion ist eine UKW-Antenne angeordnet. Um eine einwandfreie Rundstrahlung der Antenne ohne Leistungsverluste sicherzustellen, wurden sowohl für die Verbindungen der Fachwerkkonstruktion als auch zur Befestigung der Fassadenplatten ausschließlich hölzerne Verbindungsmittel eingesetzt. Die Verwendung metallischer Verbindungsmittel im unmittelbaren Bereich der Antenne ist auch wegen deren Erwärmung infolge der HF-Strahlung und des damit verbundenen erhöhten Brandrisikos nicht möglich.

Es sollte ein Schutz- und Arbeitsgerüst entwickelt werden, das sowohl die Besucher des Feldbergplateaus vor herabstürzenden Fassadenplatten schützt als auch als Arbeitsgerüst für die später anstehende Fassadeninstandsetzung dient. Da während der gesamten Instandsetzungsmaßnahmen der Fassade der Sendebetrieb der UKW-Antenne uneingeschränkt fortgeführt werden musste, durfte das Gerüst im Bereich der Antenne nur aus nichtmetallischen Werkstoffen bestehen.

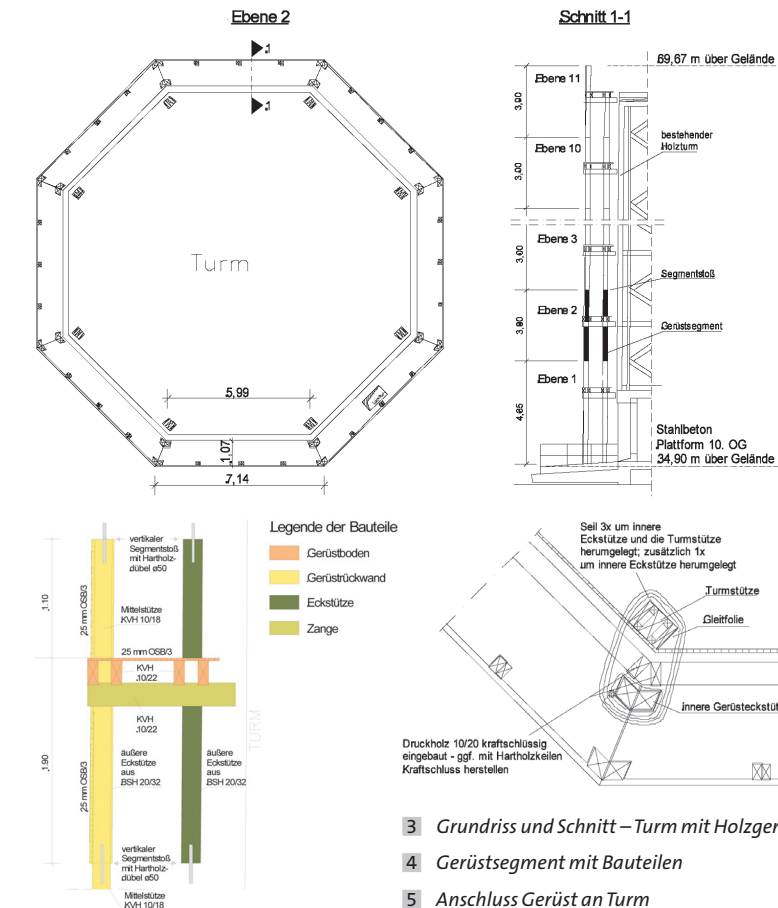
Auch für die Montage des Gerüsts hatte der ständige Sendebetrieb der Antenne erhebliche Arbeiterschwernisse zur Folge. Zum einen mussten die Arbeiten im Strahlungskegel der Antenne in einem speziellen HF-Strahlen-Schutzanzug ausgeführt werden und zum anderen durften sich die Monteure pro Arbeitstag nicht länger als 4 Stunden im Strahlungskegel der Antenne aufhalten. Auch die Bauzeit des Schutz- und Arbeitsgerüsts sollte möglichst kurz sein, damit die Sperrung des Feldbergplateaus für den Besucherverkehr bald wieder aufgehoben werden konnte.

## Konstruktion

Der 8-eckige Turm wurde ab der Stahlbetonplattform im 10. OG mit einem vorelementierten und vorkonfektionierten Holzgerüst vollständig eingehaust. Abb. 3 zeigt Grundriss und einen Schnitt des Gerüsts.

Das Holzgerüst hat eine Gesamthöhe von ca. 35 m und wurde in 11 Ebenen mit je 8 stuhlförmigen Segmenten mit Außenabmessungen von ca. 7,0 m × 1,3 m × 4,5 m (Länge × Breite × Höhe) gegliedert. Jedes der insgesamt 88 Segmente konnte wie ein Baukastensystem zusammengesteckt werden. Alle Bauteile wurden werkseitig vorkonfektioniert und dann auf der Baustelle zu den einzelnen Segmenten zusammengefügt. In Abb. 4 ist ein Gerüstsegment mit den einzelnen Bauteilen dargestellt.

Der Gerüstboden bestand aus einer 25 mm dicken, durchlaufenden OSB/3-Platte (Holzwerkstoffplatte aus langen ausgerichteten Spänen), der durch drei aufgeleimte Konstruktionsvollholz-Balken (KVH-Balken) verstärkt wurde. Der an der Außenseite angeordnete KVH-



3 Grundriss und Schnitt – Turm mit Holzgerüst

4 Gerüstsegment mit Bauteilen

5 Anschluss Gerüst an Turm

© alle Abb.: bauart Konstruktions GmbH & Co. KG

Balken wurde nicht mit dem Gerüstbelag verleimt, da dieser aus Montagegründen bauseitig eingebaut werden musste. Die Gerüstrückwand bestand ebenfalls aus 25 mm dicken OSB/3-Platten mit zur Verstärkung in einem Abstand von  $e = 1,54$  m vertikal aufgeleimten KVH-Stützen (10/18). Die äußeren Brett-schichtholz-Eckstützen (BSH-Stützen) des Gerüsts wurden ebenfalls mit der OSB-Rückwand werkseitig verleimt. Weitere Segment-Bauteile waren die inneren BSH-Eckstützen und auch die Zangen aus KVH.

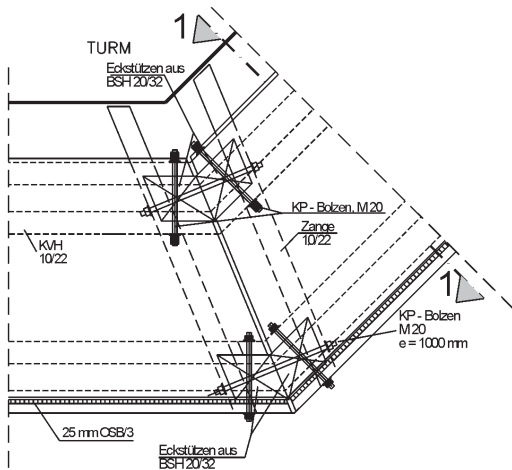
Die kraftschlüssige Verbindung der einzelnen Bauteile und auch der Segmente untereinander erfolgte zum einen durch die werkseitige Verleimung und bauseitig durch Verbindungen auf Druckkontakt und mittels Holzdübeln aus Eiche. Die Bolzenverbindungen aus Kunstharzpressholz wurden mit Ausnahme des Anschlusses des äußeren KVH-Balkens des Gerüstbodens zur Lagesicherung der Bauteile eingesetzt.

Kunstharzpressholz (KP) ist ein Schichtpressstoff, der aus Rotbuchen-Furnier

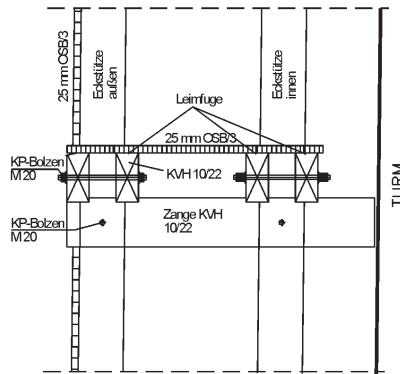
und Phenol-Formaldehyd-Kondensationsharz hergestellt wird. Aufgrund seiner elektrischen Isolierfähigkeit werden Komponenten aus Kunstharzpressholz seit vielen Jahren im Transformatorbau eingebaut. Die mechanischen und elektrischen Eigenschaften von KP-Plattenmaterial werden in DIN 7707 für Plattenmaterialien geregelt. Die Tragfähigkeit der KP-Bolzenverbindungen wurde durch umfangreiche Bauteilversuche nachgewiesen.

Anhand der Bestandsstatik des Holzturmes und einer Überprüfung der Konstruktion auf Übereinstimmung mit der Berechnung konnte nachgewiesen werden, dass der Turm die Windbeanspruchungen auf das Holzgerüst sicher abtragen konnte. Daraufhin wurden die inneren Eckstützen der Gerüst-Segmente zug- und druckfest mit den Eckstützen des Turmes verbunden. Während die Druckkräfte über Füllhölzer auf Kontakt übertragen wurden, sollten die Zugkräfte mittels Seilen in den Turm eingeleitet werden (Abb. 5).

Draufsicht

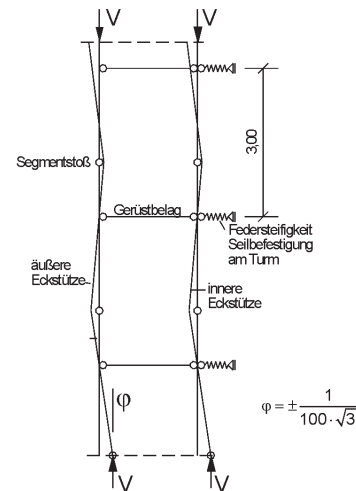
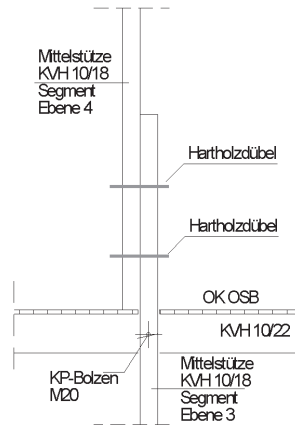
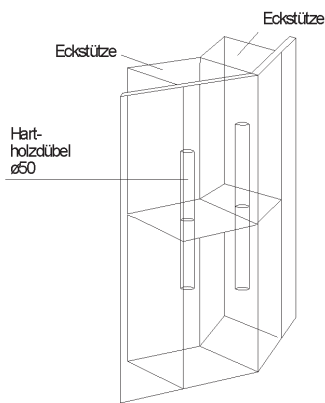


Schnitt 1-1



6 Anschluss Gerüstboden an Eckstützen

Perspektive



7 Anschlüsse der Segmente untereinander mit Hartholzdübeln

8 Statisches System mit Imperfektionen zum Nachweis der Stabilität

Der Stoß der Segmente wurde in einer Höhe von 1,10 m oberhalb des Gerüstbelages angeordnet (Abb. 4). Somit waren entsprechend den Forderungen der BauBG und des AfAS auch während der Montage die wesentlichen sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllt. In jeder Gerüstebene wurde in einem der Segmente eine Leiter integriert. Das gesamte Holzgerüst wurde auf der Stahlbetonplattform im 10. OG des Fernmeldeturmes aufgestellt. Da die Querkrafttragfähigkeit der Plattform nicht ausreichend war, um die hohen Gerüstlasten aufzunehmen, wurden im 9. OG unter jeder der äußeren Eckstützen drei schwere Baustützen angeordnet.

### Berechnung und Bemessung des Gerüsts

Die Berechnung und Bemessung des Holzgerüsts erfolgten nach DIN 1052:1988-04. Die Belagflächen wurden für eine gleichmäßig verteilte Verkehrslast von  $p = 2,0 \text{ kN/m}^2$  ausgelegt. Auf-

grund der begrenzten Tragfähigkeit der Stahlbetonplattform wurde für die späteren Instandsetzungsarbeiten der Fassade nur eine gleichzeitige Nutzung in zwei Ebenen zugelassen. Für die Ermittlung der Windlasten wurde ein Staudruck von  $q = 1,12 \text{ kN/m}^2$  in Ansatz gebracht. Die Windsog- und Winddruckbeanspruchungen wurden über die Gerüstrückwand in den Gerüstboden und von dort über Kontaktdruck in die inneren Eckstützen aus BSH eingeleitet. Auch die Lastenleitung der Vertikallasten aus dem Gerüstboden in die Eckstützen erfolgte über einen Kontaktdruck. In Abb. 6 ist der Anschluss des Gerüstbodens an die Eckstützen dargestellt. Die angeordneten KP-Bolzenverbindungen dienen zur Lagesicherung der Konstruktion. Sowohl die Gerüstrückwand als auch der Gerüstbelag wurden als Verbundquerschnitte nachgewiesen. Die kraftschlüssige Verbindung der Mittelstützen der Gerüstrückwand und auch der Eckstützen im Stoßbereich der Seg-

mente erfolgte mittels Hartholzdübeln. Der Nachweis der Tragfähigkeit wurde in Anlehnung an Eurocode 5 geführt. Abb. 7 zeigt die Anschlüsse. Die Gesamtstabilität des Gerüsts und auch der Anschluss der Segmente an den Turm wurden nach Theorie II. Ordnung sowohl unter Ansatz einer Schiefstellung des gesamten Gerüsts als auch unter Ansatz einer Schiefstellung der einzelnen Segmente nachgewiesen. Die bemessungsmaßgebenden Imperfektionen waren die gegenseitige Verdrehung der einzelnen Segmente. In Abb. 8 sind das statische System und die angesetzten Imperfektionen dargestellt. Bei den Berechnungen wurde die Nachgiebigkeit des Seilanschlusses und auch des Druckholzes in Ansatz gebracht. Eingesetzt wurde ein dehnungsarmes, hochfestes Seil aus dem Regattasport mit einem Nenndurchmesser von 16 mm. Die bemessungsmaßgebenden Dehnungseigenschaften und die Bruchtragfähigkeit wurden speziell für diese



**9** Herstellung der Segmente aus vorgefertigten Bauteilen

Baumaßnahme an der MFPA Leipzig GmbH in Zugversuchen ermittelt. Die Berechnungen ergaben, dass die Eckstützen des Gerüsts mit den Eckstützen des Holzturmes durch eine 6-schnittige Seilverbindung (3 Schlaufen) zu verbinden sind. Der Anschluss des Gerüsts an den Turm ist in Abb. 6 dargestellt. Eine Berechnung zusätzlicher Montagezustände wurde nicht durchgeführt. Um auch im Bauzustand die Standsicherheit des Gerüsts zu gewährleisten, war es erforderlich, an einem Arbeitstag immer eine Gerüstebene vollständig zu montieren. Aufgrund des Ringschlusses war so eine ausreichende Stabilität des Systems gegeben und es wurden zusätzliche Windeinwirkungen zwischen Turm und Gerüst verhindert.

### Bauausführung

Die werkseitig vorgefertigten Bauteile wurden auf einem Abbundplatz (Abb. 9) unmittelbar vor dem Fernmeldeturm zu großformatigen Segmenten zusammengefügt und mit einem Mobilkran montiert (Abb. 10, 11). Dabei wurden die Segmente zusätzlich vom Boden aus über lange Seile geführt, um ein Aufschaukeln infolge von Windböen zu verhindern. Es zeigte sich, dass die Montage bis zu einer Windgeschwindigkeit von 9 m/s möglich war. Um sicherzustellen, dass an jedem Arbeitstag eine Ebene komplett montiert werden konnte, wurden während der gesamten Bauzeit vom Deutschen Wetterdienst in Wiesbaden extra Windvorhersagen für das Feldbergplateau erstellt. Bei guten Bedingungen konnte eine Montage von 8 Segmenten pro Tag problemlos realisiert werden. Aufgrund von Sturmvorhersagen mussten die Montagearbeiten aber mehrmals unterbrochen werden. Windgeschwindigkeiten bis zu 150 km/h verzögerten die Arbeiten zwar, die Konstruktion blieb jedoch ohne Schaden.



**10 11** Montage der Segmente  
© alle Abb.: bauart Konstruktions GmbH & Co. KG

Ursprünglich war beabsichtigt, die einzelnen Segmente kurzfristig durch Zurrurte mit metallischen Spannschlössern in der Lage zu sichern und dann nach Abschluss der Montage einer Ebene die Zurrurte durch die hochfesten Regattaseile auszutauschen. Die während der gesamten Montagearbeiten durchgeführten Strahlungsmessungen im Arbeitsbereich und auch die kontinuierliche Überprüfung der Sendeleistung der Antenne zeigten, dass die metallischen Spannschlösser der Zurrurte die Sendeleistung nur unwesentlich beeinflussen. Daraufhin wurde in Abstimmung mit allen Beteiligten entschieden, mit den Zurrurten die Verbindung zum Turm herzustellen (Abb. 12). Die diesbezüglich durchgeführten Berechnungen ergaben, dass der Anschluss 4-schnittig zu erfolgen hatte.

### Schluss

Im Zuge der Instandsetzungsmaßnahmen der Fassade des Fernmeldeturmes auf dem Großen Feldberg im Taunus wurde ein Schutz- und Arbeitsgerüst in Holzbauweise ohne metallische Verbindungsmittel konstruiert und errichtet. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades konnte trotz der erschwerten Arbeitsbedingungen das gesamte Gerüst mit einer Außenfläche von ca. 1.350 m<sup>2</sup> an 11 Arbeitstagen montiert werden. Insgesamt wurden ca. 60 m<sup>3</sup> Holzwerkstoffplatten (OSB/3), 36 m<sup>3</sup> Brettschichtholz und 85 m<sup>3</sup> Konstruktionsvollholz verbaut.



**12** Anschluss Gerüst an Turm mittels Zurrurt

Der Entwurf, die Konstruktion und die Ausführung einer solch komplexen Bauaufgabe verlangen von allen Beteiligten großen Einsatz und den unbedingten Willen, das gemeinsam definierte Ziel zu realisieren. Wenn auch die schwierigen Witterungsverhältnisse immer wieder Anlass zur Diskussion gaben, so ist es letztlich dem gesamten Bauteam eindrucksvoll gelungen, ein funktionales und außergewöhnliches, wenn auch nur temporäres, Ingenieurholzbauwerk zu errichten.

### Autoren:

**Dr.-Ing. Heinz Pape,**  
bauart Konstruktions GmbH & Co. KG, Lauterbach  
**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter,**  
Technische Universität München,  
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

### Tragwerksplanung

bauart Konstruktions GmbH & Co. KG, Lauterbach