

Altenbergturm – Vorfertigung im Ingenieur-Holzbau im Einklang mit der DIN 1074 NEU

Altenberg Tower – prefabrication using engineered wood components pursuant to the new DIN 1074

Torre di Altenberg – Prefabbricazione nell'ingegneria del legno in accordo con la nuova DIN 1074

Tour d'Altenberg – construction d'ingénieur en bois préfabriqué, conforme à la nouvelle DIN 1074

Reinhold Müller
Zimmerermeister
Geschäftsführender Gesellschafter
Müller Holzbau GmbH
ARTECTO GmbH
Blaustein, Deutschland



Altenbergturm – Vorfertigung im Ingenieur-Holzbau im Einklang mit der DIN 1074 NEU

Die Möglichkeiten des Holzbaus, im Speziellen des Ingenieur-Holzbaus, möchte ich am Beispiel des Altenberg-Turmes aufzeigen. Das Hauptaugenmerk meines Vortrags soll sich vor allem auf 2 Punkte konzentrieren:

- Dauerhafte Konstruktionen (Holzschutz) mit hoher Architektur-Attraktivität
- Wirtschaftliche Herstellung mit hoher Vorfertigung

Diese beiden Faktoren zusammenbringen, dass war unsere Aufgabe beim nachfolgenden Projekt.

1. Entwicklungsphase, Vorplanung

Im reizvollen Waldland der Limpurger Berge gelegen, ist der Altenberg mit 564m über Meereshöhe die höchste Erhebung des Landkreises Schwäbisch-Hall sowie der Region Franken. Der Zeugenberg im Albvorland markiert mit seinen zwei Kuppen den geologischen Schichtenwechsel von Keuper zum Lias, dem schwarzen Jura.

Nach dem Abbrand der ehemaligen „Altenbergwarte“ im Jahr 1973 und bedingt durch die mittlerweile hochstämmige Bewaldung, verlor die Bergkuppe ihre einstige Attraktivität als Aussichtspunkt und Wanderziel. Der neue Aussichtsturm, der sich weit über die höchsten Baumkronen erhebt, soll der Bedeutung dieses besonderen Ortes gerecht werden und ein identitätsstiftender Merkmakpunkt für die gesamte Region werden. Auch im Hinblick darauf, dass die Lage des Turmes in einem der größten zusammenhängenden Waldgebiete Deutschlands liegt.

Die ersten Überlegungen der Gemeinde Sulzbach-Laufen zum Turmbau waren jedoch eher konservativ und hätten wahrscheinlich zu einer Gestaltung geführt, wie das gezeigte Beispiel (Abbildung 1)



Abbildung 1: Holzturm Schwarzer Grat im Allgäu



Abbildung 2: Konzeptskizze Architekt Andreas Moll

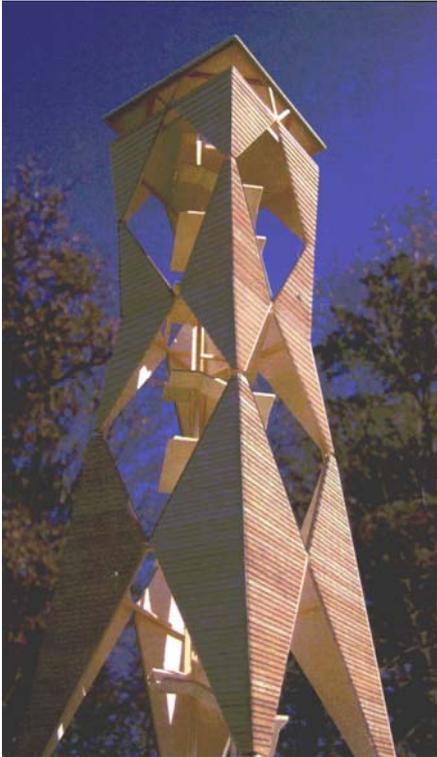


Abbildung 3: Turm Modell Architekt Moll

Diese Situation hat den Architekten Andreas Moll aus Stuttgart, der gebürtig aus dem Ort Sulzbach-Laufen stammt, dazu bewogen einen modernen, attraktiven Turm zu entwerfen (Abbildung 2).

Aus den ersten Entwurfsskizzen entstand ein Modell. Der Turm besteht primär aus zwei konzentrischen Elementen:

Dem inneren, stählernen Treppenturm, der sich an dem äußeren -um 45° Grad gedreht- stehenden, kräftigen Holzkorpus „festhält“. Der Stahl trägt in erster Linie die Treppen, das Holz die Plattform und das Dach.

Raumbildendes Element und weithin sichtbares Zeichen ist die Holzkonstruktion: 12 bis zu 16m hohe, vorgefertigte Dreieckselemente aus Fichten-BSH werden über schlanke Stahlknoten verbunden.

Die Hülle der Elemente besteht aus gehobelten Lärche-Rhombusleisten, die offenfugig verbaut sind. Die hieraus entstehende rautenförmige Makrostruktur gibt gerahmte Ausblicke frei und gliedert das Gebäude. Durch die deutliche Taillierung erhält der Innenraum eine „Kompression“, die sich mit der Aufspreizung zu Plattform und Dach hin auf selbstverständliche Weise wieder löst. (Abbildung 3)

Jetzt lag es am Architekten ausreichende Überzeugungsarbeit zu leisten im Hinblick auf:

- Konzept (offener, lichtdurchfluteter Publikumsmagnet)
- Kosten
- Verwendung von heimischen CO₂ neutralem Holz
- Dauerhaftigkeit

Daraufhin entschied sich der Gemeinderat Sulzbach-Laufen nach viel Überzeugungsarbeit des Architekten und genauem Abwägen, doch für den „offenen“ hölzernen und auch teureren Entwurf.

2. Ausführungs- und Tragwerksplanung + Holzschutz

Der Architekt nahm nun Kontakt zum Tragwerksplaner, Ingenieurbau Häussler aus Illerkirchberg, sowie zum regionalen Fachberater Baden-Württemberg des Informationsdienst Holz im Auftrag des Holzabsatzfonds (HAF) auf. Dort wurde überlegt, wie der Turm dauerhaft und kostengünstig gebaut werden konnte und der Holzschutz richtig ausgeführt wird. Ein Blick in die DIN 68 800-3 ergibt folgendes Ergebnis: (Abbildung 4)

Tabelle 5.3
Klassifizierungen für Holzbauteile nach DIN 68 800-3
entsprechend den Gefährdungsklassen

| Gefährdungs- klasse | Bauteile | Kriterien |
|------------------------|--------------------------------|---|
| GK 0 | Innenbauteile ¹⁾ | Unkontrollierbarer Insektenbefall nicht möglich (Bild 5.1), kontrollierbarer zulässig (Bild 5.2) |
| GK 1 | Innenbauteile ¹⁾ | Unkontrollierbarer Insektenbefall möglich |
| GK 2 | Außenbauteile Innenbauteile | Mit Wetterschutz (Beispiele für Wände siehe Bild 4.1b) a) In Feuchträumen mit $\phi_{\text{ständig}} > 70\%$ (z.B. spezielle Gewerberäume) b) In Naßbereichen (z.B. Duschen), Holz vor direkter Feuchteinwirkung (z.B. Schwallwasser) geschützt |
| GK 3 | Außenbauteile Innenbauteile | Ohne Wetterschutz (Bild 4.1a) In Naßbereichen oder Naßräumen, ungeschützt |
| GK 4 | Außenbauteile | Mit ständigem Erdkontakt (Bild 4.2a) oder ständig stark befeuchtet |

¹⁾ In Wohnräumen, einschl. Küchen und Bädern, sowie in klimatisch vergleichbaren Räumen.

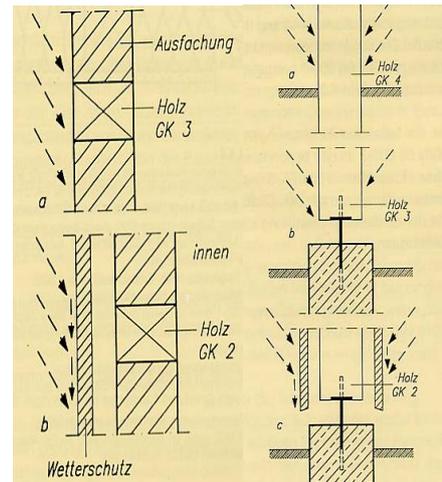


Abbildung 4: Tabelle 5.3 nach DIN 68 800-3

Abbildung 5: Skizze
Wetterschutz DIN 68800-3

Daraus ergab sich der **ERSTE ANSATZ**:

- Verwendung von Konstruktionshölzer gem. DIN 68800-3 hinter einer Fassade.
→ Dadurch wird eine Einstufung in die Gefährdungs- Klasse GK 2 erreicht (Abbildung 5)

Hierdurch entsteht der **ZWEITE ANSATZ**

- Verwendung von Fichte-BSH gem. DIN 68800-3 mit Holzschutzmittel-Behandlung (Iv- gegen Insekten und P-Pilz zerstörend) (Abbildung 6)

| Gefährdungsklasse | Gefährdung durch ¹⁾ | | | | Erforderliche Prüfprädikate ²⁾ |
|-------------------|--------------------------------|---|----|----|---|
| | I | P | AW | MF | |
| GK 0 | - | - | - | - | - |
| GK 1 | x | - | - | - | Iv |
| GK 2 | x | x | - | - | Iv, P |
| GK 3 | x | x | x | - | Iv, P, W |
| GK 4 | x | x | x | x | Iv, P, W, E |

1) Gefährdung durch:

I Insekten (Trockenholzinsekten), **P** Pilze (holzerstörende), **AW** Auswaschbeanspruchung (für das Holzschutzmittel), **MF** Moderfäule (Erdkontakt, stehendes Wasser oder dgl.)

2) Erforderliche Prüfprädikate (Kurzzeichen):

Iv vorbeugend wirksam gegen Insekten; **P** vorbeugend wirksam gegen Pilze; **W** Holzschutz witterungsbeständig; **E** beständig gegen extreme Beanspruchung

- GK 1 - Kiefer (pinus sylvestris): Splintholzanteil unter 10%
- GK 2 - Kiefer, Lärche, Douglasie: splintfrei
- GK 3 - Redcedar (Western)¹⁾ Eiche: splintfrei
- GK 4 - Teak ²⁾, Afzelia ²⁾, Robinie ¹⁾: splintfrei

Abbildung 6: Tabelle DIN 68800-3

Abbildung 7: Tabelle
Holzarten/Gefährdungsklassen

Die Erfahrung zeigt jedoch:

- Die Bedingungen für eine Einstufung in GK 2 ist bei einem Turm im Detail nur schwer umsetzbar.
- Dies ist erkennbar bei vielen Schäden an Holztürme und Holzbrücken, die für GK 2 ausgelegt waren und nur eine kurze Dauerhaftigkeit erreicht haben
- Ausführungs- und Planungsfehler können durch die Verwendung von resistenten Holzarten nicht kompensiert werden. (Abbildung 7)

Als Beispiel können wir auf das Objekt „Aussichtswarte Hohenwart“ bei Pforzheim verweisen, das auch ein ausgeführtes Objekt von MüllerBlaustein ist.

Hier ist zu erkennen, dass eine Ausführung der Konstruktion in der Holzart Lärche-BSH in Verbindung mit guten Details auch „ungeschützte“ Konstruktionen dauerhaft realisiert werden können. (GK 3 = Eichenholz für die benötigten Holzquerschnitte bzw. Dimensionen nicht verfügbar) Abbildung 8



Abbildung 8: Turm Hohenwart Baujahr `99, Lärche BSH, gute Details aber „ungeschützt“

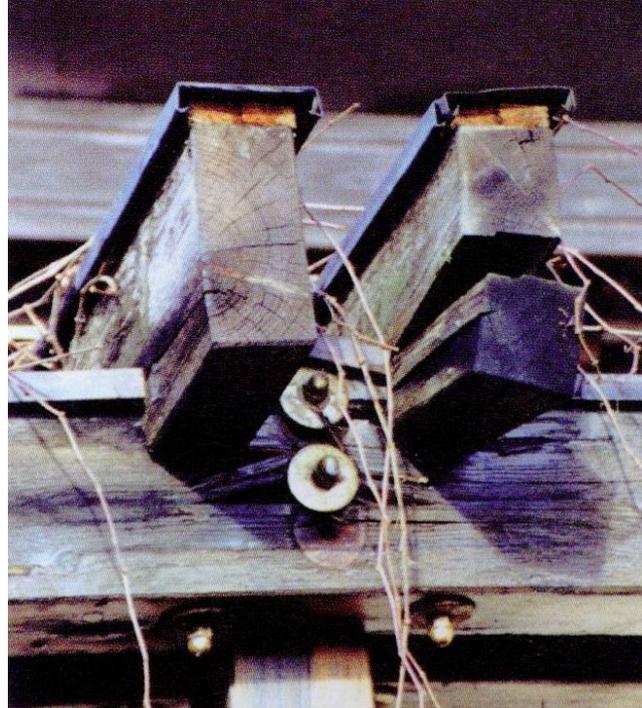


Abbildung 9: Informationsdienst Holz

Aus den Erfahrungen der Ausführungen ungeschützter Konstruktionen sollten Planer und ausführende Ingenieure Bauherren auf die zu erwartende begrenzte Haltbarkeit solcher Konstruktionen hinweisen. Hier stellt sich dann die Frage, wie lange ist eine „begrenzte“ Haltbarkeit? 5 Jahre ? 10 Jahre ? 20 Jahre ? 30 Jahre ? ..? Abbildung 9

Diesen Kompromiss wollten die Planer und Ausführenden beim Altenbergturm nicht eingehen. Ziel der Planung und Ausführung ist eine zu erwartende Dauerhaftigkeit wie bei „geschützten Holzbrücken“ von ca. 80 Jahren.

Aus diesem Grund entstand der **DRITTE ANSATZ**:

Einbeziehen der Neuen „DIN 1074-2006 Holzbrücken“ in das Holzschutzkonzept.

In der DIN 1074-2006 wird unterschieden zwischen:

- Geschützten Brücken: Geschützte Brücken haben eine sehr lange Lebensdauer bei geringen Wartungskosten
- Ungeschützte Brücken: Ungeschützte Brücken sind günstiger im Erbauen, haben aber eine begrenzte Lebensdauer

Als Beispiel nach DIN 1074-2006
„GESCHÜTZTE BRÜCKEN“

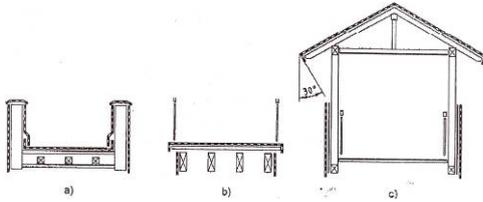


Abbildung 10: „Geschützte Brücken“

Als Beispiel nach DIN 1074-2006
„UNGESCHÜTZTE BRÜCKEN“

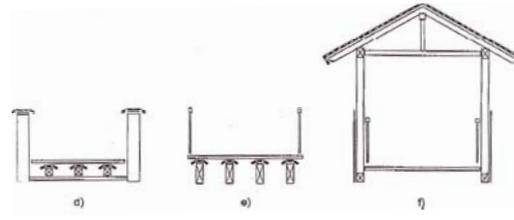


Abbildung 11: „Ungeschützte Brücken“

In der DIN 1074-2006 finden wir weiter im Anhang A: „Empfehlung der Dauerhaftigkeit“ unter A.2 Holz und Holzwerkstoffe:

(1) Geschützte Bauteile aus Brettschichtholz und aus technisch getrocknetem Vollholz und Holzwerkstoffen können ohne chemische Schutzmaßnahmen eingebaut werden. → Dies entspräche der GK 0, DIN 68800 (bei einer für Insekten einsehbaren Konstruktion)

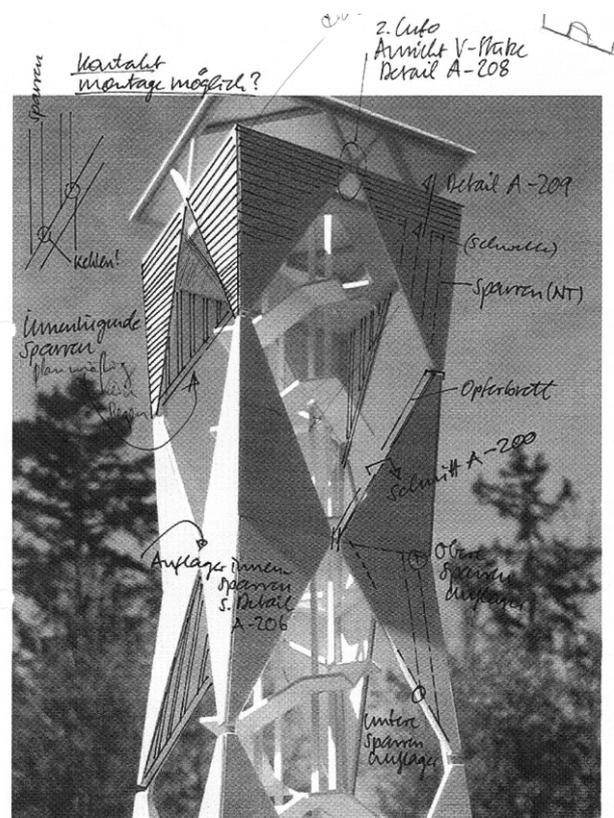
Vom Ansatz zur „geschützten“ Umsetzung:

Hierzu wurde aus dem vorhandenen Architekten Entwurf folgendes umgeplant:

- Zusätzliches Innendach an den oberen Segmenten
- Große Öffnungen bei den Rauten als Freiflächen
- Regen, welcher aus dem 60° Grad Winkel seitlich eintritt
- Schutz gegen Inneres Abtropfen (aus Belag Treppen + Plattform)
- Zusätzliche Ausbildung von großen Bauteil-Segmenten als Montageeinheit, dies erzeugt einen definierten Kontakstoß zw. Stahl/Holz und ein definierter Wasserlauf (Abbildung 12)

Konsequentes Durchplanen von eventuellen Schwachstellen:

- Übergang Belagsboden-Wand-Stütze
- Innengrat, mit offener Schalung welche als Dachfläche dient



- 1 -

Abbildung 12: Maßnahmen für „geschützt“

Vom Ansatz der „geschützten“ Umsetzung wurde der Entwurf angepasst. Abbildung 13+14

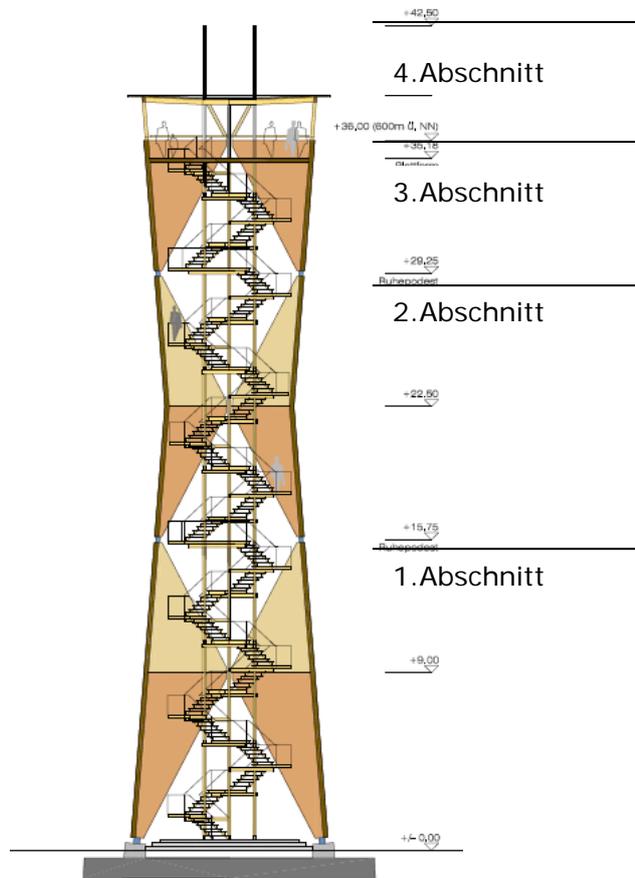
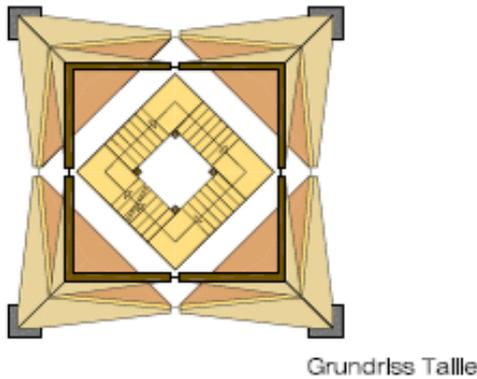


Abbildung 13 und 14: Angepasster Entwurf

Einer der wichtigen Punkte war die Frage, ob mit einer offenen Schalung „geschützte Bauteile“ erreicht werden können. Abbildung 15

Hieraus entstanden weitere Fragen:

- Wie viel Wasser wird durch eine „offene Bekleidung“ (Fachregel 01, als Schlagregenschutz nicht ausreichend) im Einbaufall „Turm“ (exponierte Lage) nach innen getragen?
- Wie viel Wasser kann wieder austrocknen?
- Wo bleibt Schnee liegen?

Weitere Problemfragen ergaben sich bei dem Anschluss Holz-Holz hinter der offener Schalung im Sinne „geschützter Bauteile“

- Wie ist der Anschluss des Schiftersparren des Innendaches als Kontaktstoß zu lösen im Bezug auf die Gefahr der Durchfeuchtung? Abbildung 16+17
- Bleibt Schnee liegen? Kann Schnee abtauen ohne Schaden anzurichten?

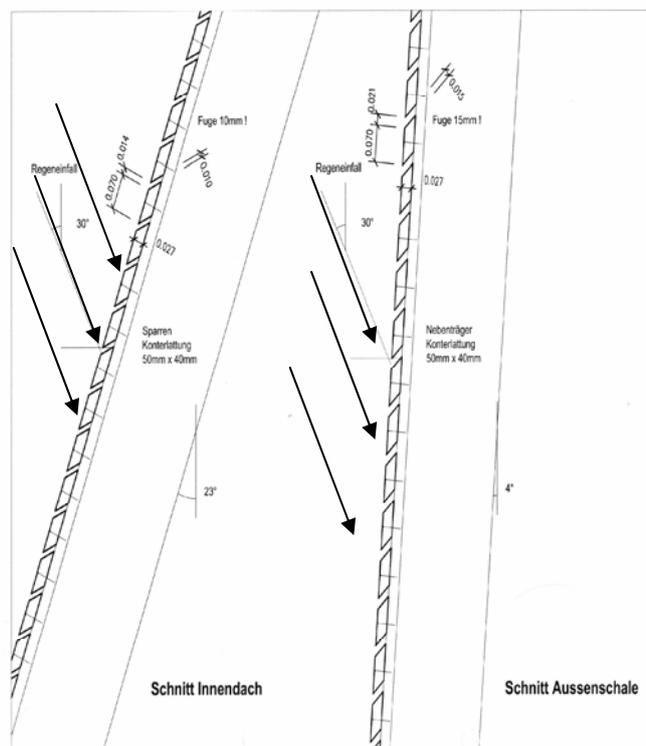


Abbildung 15: Skizze offene Schalung

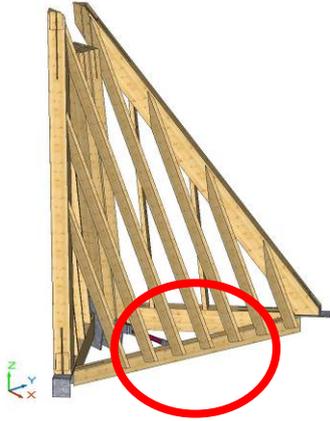


Abbildung 16: Anschluss Schiftersparren

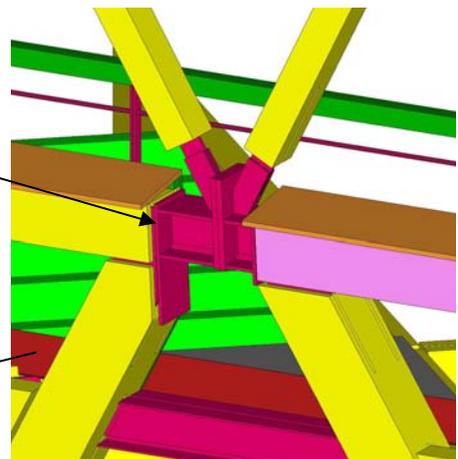
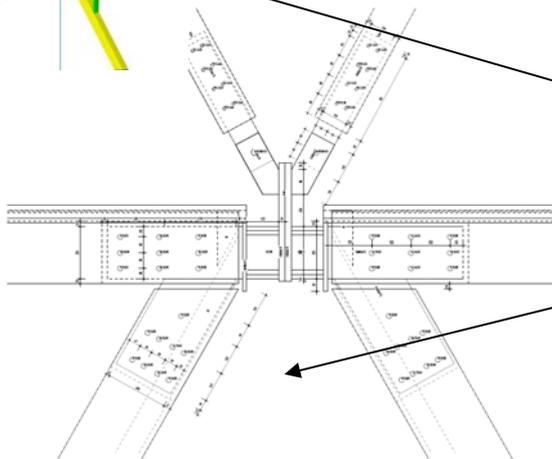
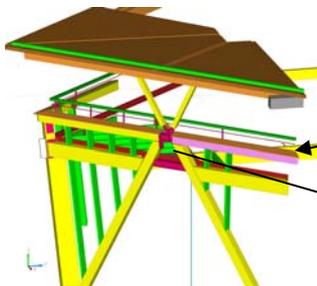
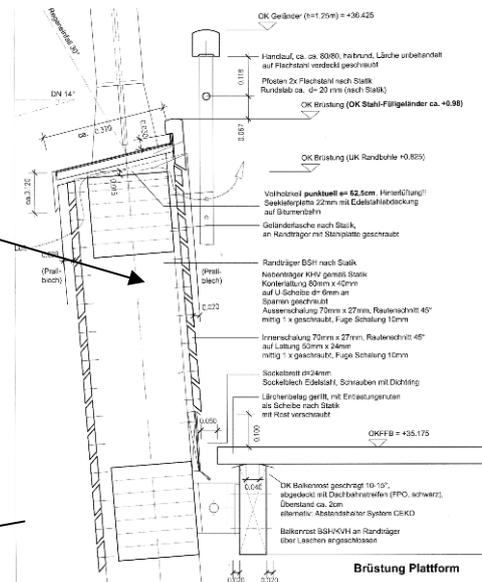
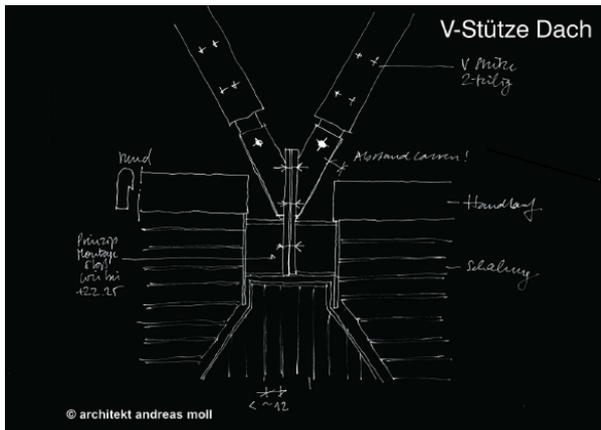


Abbildung 17: Schifter von unten

Bei sämtlichen erkennbaren Problemstellen blieb dazu immer noch die Frage, ob eine Ausführung mit maximal vorgefertigten Bauteilen möglich ist.

3. Ausführungs- und Werkstattplanung. Details im 3-D Prüfstand

Nur mit einer parallelen Planung in Zusammenarbeit von Architekt, Tragwerksplaner und Holzbaufirma können wirtschaftliche und dauerhafte Lösungen entstehen. Der Werkplanungsprozess wird als Beispiel wie folgt ersichtlich:



Dies wird auch erkennbar beim Punkt SEGMENTSTOSS.

Hierbei wurde erreicht,

- dass die Hinterlüftung funktioniert,
- Wasser abgeleitet wird,
- Notschlitz für Tauschnee,
- kein Wasser in die Fuge der zweigeteilten Stahlteile eindringen kann

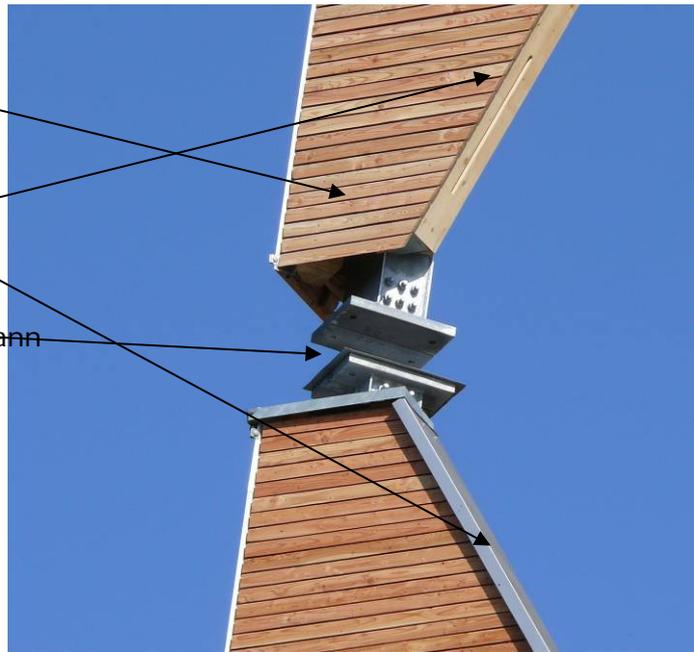


Abbildung 18: Segmentstoss

4. Abbund ,Vorfertigung und Montage

Das Konzept für den Abbund basiert auf einer kompletten CAD-Planung im 3D. Hierbei wurde auf das 3D-Programm CADWork zurückgegriffen, das bei MüllerBlaustein seit vielen Jahren eingesetzt wird. Aus dem CADWork-CAD-System erfolgte eine Übergabe auf eine 5-Achs-CNC-Abbandanlage.

Bei der Planung wurde schon die Vorfertigung berücksichtigt, so dass sämtliche Stahlteile zweiteilig hergestellt wurde. Die weitere Zielvorgabe bestand daran, sämtliche verkleidende Schalbretter in der Werkstatt als Elemente vorzufertigen. So sollte ein Maximum an Vorfertigung und eine zeitgleich Vorfertigung und Montage in 3 Teams erreicht werden.

(Team 1 Tragwerk mit Stahlteile/ Team 2 Tragwerksegmente bekleiden/ Team 3 Baustellenmontage) Abbildung 19+20



Abbildung 19: Vormontage Stahlteile und Segment



Abbildung 20: Elementfertigung Bekleidung

Es wurden jeweils Dreiecksegmente mit Abmessungen bis zu einer Länge von 16m, einer Breite von 4,85m im Werk hergestellt und Just-In-Time zur Baustelle transportiert. Dort wurden die Bauteile abgeladen und sofort jeweils 3 Teilsegmente auf dem Montageplatz zu weiteren 3-dimensionalen „Eck-Segmente“ vormontiert.



Abbildung 21 und 22: Transport / Abladen



Abbildung 23 und 24: Vormontage 2D / Vormontage 3D Eckelement

Als Montagekonzept wurde ein Aufbau in 4 Abschnitten festgelegt. Abbildung 14

1. Abschnitt bis +15,75m
2. Abschnitt bis +29,25m
3. Abschnitt bis +36,18m
4. Abschnitt bis +42,50m

Das vormontierte „Eckelement“ wurde daraufhin mit 2 Mobilkränen angehoben, aufgekantet und richtig eingedreht. Mit Seilabspannungen und Gegengewichten wurde das „Eckelement“ an den Treppenturm „angelehnt“, wobei keine Horizontalkräfte den Treppenturm belasten durften. Abbildung 25+26

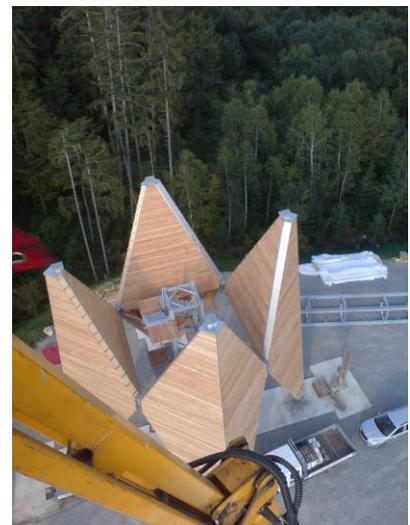


Abbildung 25 und 26 Anheben / Anlehnen

Abbildung 27: Erster Montage-Abschnitt steht

Nach Montage der 4 „Eckelemente“ wurde der 1. Montage-Abschnitt beendet (Abbildung 27)

Der 2. Abschnitt erfolgte im selben System wie der erste, mit der Ausnahme, dass der gesamte Abschnitt stehend auf dem Montageplatz „neben“ dem eigentlichen Turm aufgebaut wurde und mit einem 200to Mobilkran als „Ganzes“ auf einmal auf den 1. Abschnitt aufgehoben wurde. Abbildung 28+29



Abbildung 28 und 29: Vormontage 2. Abschnitt / Montage 2. Abschnitt

Der 3. Abschnitt erfolgte wiederum wie der 2. Abschnitt mit einer Vormontage neben dem Turm einschließlich der Plattformebene mit Belag und anschließender Montage mit Mobilkran als gesamte Einheit in ca. 30m Höhe. Abbildung 30+31+32



Abbildung 30, 31 und 32: Vormontage 3. Abschnitt / Montage 3. Abschnitt

Beim 4. Abschnitt (Dach mit V-Stützen) wurde das sehr gut funktionierende Montagekonzept beibehalten. Durch diese Montageart wurden auch die Einsatzdauer der kostenintensiven Mobilkrane auf ein Minimum reduziert.



Abbildung 33: Montage 4. Abschnitt

Das nun entstandene Gesamtbauwerk überzeugt durch Leichtigkeit und Transparenz und fügt sich hervorragend in die vorhandene Landschaft ein. Ebenso beeindruckend ist der sich bietende Panoramablick in 36m Höhe. Abbildung 34+35



Abbildung 34 und 35: Turm und Panoramablick



Nachdem der Turm im Sommer 2007 erstellt wurde, konnten alle Beteiligten die „theoretischen“ Wind- und Wetterbedingungen im Hinblick auf den Holzschutz bzw. die geschützten Bauteile nun im Winter 2007/2008 „praktisch“ vor Ort begutachten. Der Turm war im Innern trotz heftigem Schneesturm konstruktiv „trocken“, was eine gute Funktion der offenen Schalung bestätigte. Abbildung 36+37



Abbildung 36: Turm im Winter



Abbildung 37: Schnee auf Schalung

Auch die in der Planung, zum Teil mühevoll konstruierten Details, ist erkennbar, dass sich die Denkarbeit nachweislich gelohnt hat. Die Eiszapfenbildung bestätigt den geplanten Wasserlauf. Die Schneesackbildung wird auf die als „verträglich“ eingestuftten Ansammlungen reduziert vorgefunden. Abbildung 38+39



Abbildung 38 und 39: Detail Stoss mit Eiszapfen / Stützenenden unter Plattform

Durch die hohe Vorfertigung wurde die Montagezeit auf insgesamt 6 Wochen minimiert, einschliesslich sämtlicher Spengler-, Dachdecker-, Blitzschutz- und Treppenarbeiten. Dadurch konnte das Turm-Richtfest gleichzeitig mit der Einweihung gefeiert werden.

Die Annahme des neuen Turms bei der Bevölkerung, auch über die Grenzen der Gemeinde hinaus, ist überwältigend berichtet uns der Bürgermeister der Gemeinde Sulzbach-Laufen Markus Bock, auch von dem Teil der Bevölkerung, der sich lieber den „konservativen“, um ca.200.000 Euro günstigeren Turm (Siehe Abbildung 1) gewünscht hatte, ist inzwischen vom neuen Turm begeistert.

Die Bauwerkskosten lagen bei 500.000 Euro im vorgesehenen Kostenrahmen.

Die größte Bestätigung erhielt die Bauherrschaft von der Bevölkerung direkt. So wurde der Mut zur Entscheidung des teuren, schöneren und langlebigeren Turms mit Spenden aus der Bürgerschaft und Umgebung in Höhe von ca.220.000 € belohnt.

Als Fazit kann festgestellt werden, dass sich Vorfertigung und Holzschutz (im Sinne der DIN 1074) nicht ausschließen. Es hat sich bestätigt, dass bei durchdachter Planung und gut konstruierten Details, die beiden Komponenten sich dringend brauchen um als Ergebnis eine bessere Lösung hervorbringen.

Um dies zu gewährleisten sollte die ausführende Holzbaufirma rechtzeitig in den Planungsprozess einbezogen werden.



Projekt Beteiligte:

Bauherr:

Gemeinde Sulzbach-Lauffen,
Bürgermeister Krockenberger a.D.
Bürgermeister Bock

Architekt:

Andras Moll Sulzbach-Lauffen/Stuttgart

Tragwerksplanung:

Ingenieurbau Häussler Illerkirchberg

Fachberatung:

Informationsdienst Holz Baden-Württemberg
Matthias Müller HAF

Gesamtausführung Turm:

Holzbau MüllerBlaustein, Deutschland