Stahlbau Zentrum Schweiz
Centre suisse de la construction métallique
Centro svizzero per la costruzione in acciaio

2016 steelday

Moderner Stahlbau

Planungs- und Herstellungsprozesse im Stahlbau

Gérald Pilet
Dipl.- Ing. EPFL/SIA
Abteilungsleiter Stahlbau
Sottas SA

Jürgen Hain
Dipl.- Ing. ETHZ/SIA
Technischer Berater
SZS Romande

Inhalt

1. Geschichtlicher Rückblick: Stahlbaukonstruktion in den 80iger Jahren
2. Entwicklung der Berechnungsmethoden
3. Möglichkeiten und Vorteile der 3D-Modellierung
4. Direkte Verbindung zwischen dem 3D-Modell und der Fabrikation
5. Vorteile für die Montage
6. Chancen bei der Entwicklung immer komplexerer Konstruktionen
7. Neue Aufgabenteilung bei der Zusammenarbeit zwischen Architekt, Ingenieur und Stahlbaufirma
8. Bereit für die Aufgaben des 21. Jahrhunderts

1. Geschichtlicher Rückblick

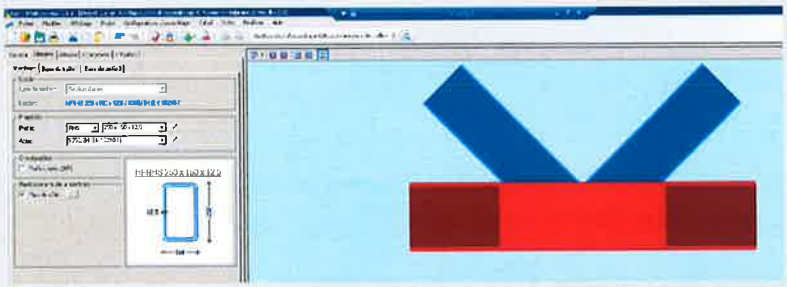
Die Stahlbaukonstruktion in den 80iger Jahren:

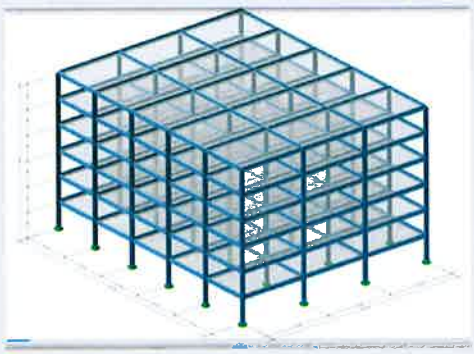
- Berechnung ohne Programme
- Pläne für Fabrikation und Montage am Zeichenbrett erstellt
- Fabrikation nur auf der Basis der Pläne ohne Maschinenprogramme

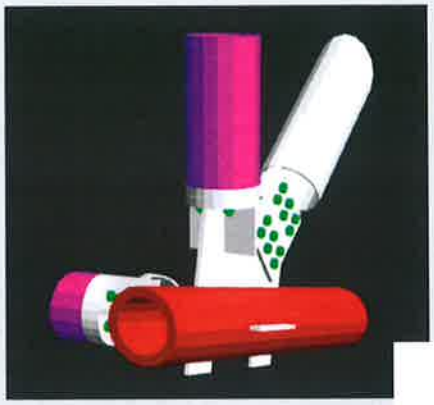
2. Entwicklung der Berechnungsmethoden

Die heutigen Berechnungsmethoden geben dem Ingenieur beeindruckende Möglichkeiten:

- Details bei den Anschlüssen
- Berechnungen, bei denen die Verformungen mitberücksichtigt werden können (2. Ordn.)
- Selbst Berücksichtigungen von Extrembelastungen wie Erdbeben und Feuer sind möglich

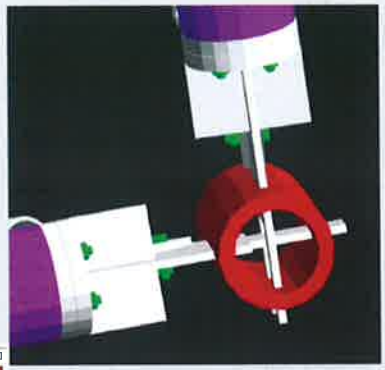


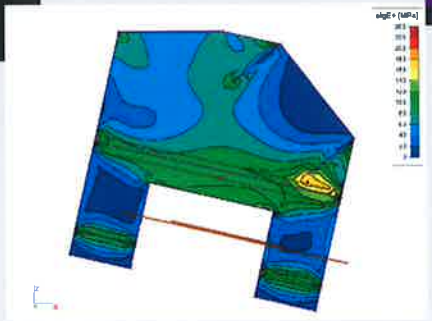




3D-Modellisierung eines Tragwerkknotens in einer Rohrkonstruktion. Studium der Schraubanschlüsse möglich.

Interessant ist bei diesem Beispiel die Durchdringung der Anschlussbleche innerhalb des Rohres



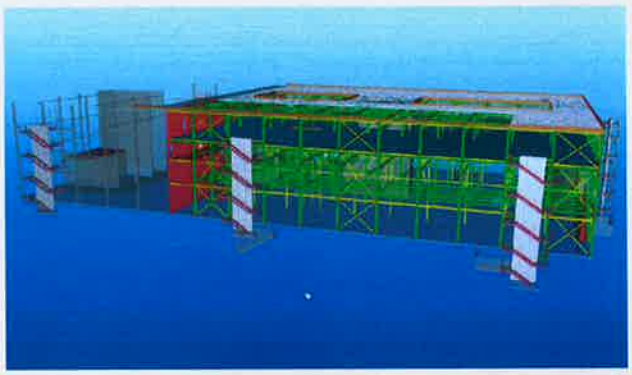


Die Prüfung der auftretenden Spannungen im Blech wird mit einem Finite-Elementprogramm geprüft.

3. Die Vorteile durch die 3D-Modellisierung

1. Konstruktionsschritt: Virtuelles 3D-Modell

Dass man erst ein 2D-Modell und daraus dann ein 3D-Modell entwickelt, ist nicht mehr erforderlich.

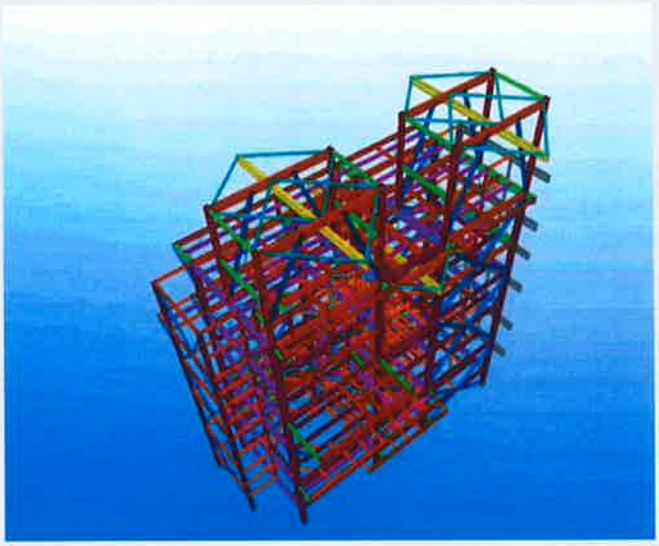


Den Zeichner von früher gibt es eigentlich nicht mehr.

Heute ist er vielmehr **ein Konstrukteur eines theoretischen Modells des Bauvorhabens** in drei Dimensionenen auf dem Bildschirm.

Zunächst gibt er alle Elemente –Träger, Stützen - und die Randbedingungen - Decken, Wände - usw. ein.
Dann beginnt er mit der Lösung der Verbindungspunkte und der Konfliktzonen bei Durchdringungen:
- Hier sind indivduelle Lösungen möglich
- Oder die Nutzung von vordimensionierten Standardlösungen

Die theoretischen Körper sind dabei im Raum richtig plaziert
Nach dieser Arbeit sind die Schweissungen, Schrauben und Dübel ebenfalls auf der Zeichnung sichtbar



steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet

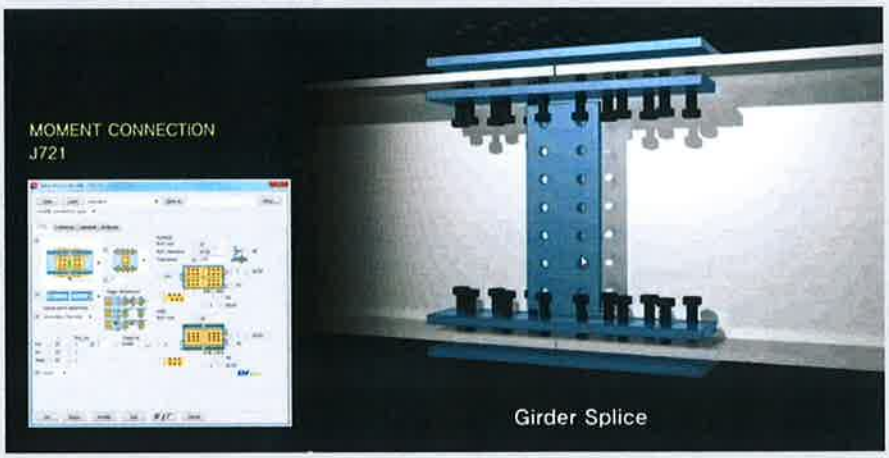
Die Arbeit des Konstrukteurs bei einem Schraubanschluss:

- Anschlussplatten und Schrauben werden positioniert
- Zuschneiden und Bohren der Platten (virtuell)
- Angaben zur Bearbeitung, Schleifen oder Entgraten

Die Arbeit, die man später mit der Hand machen muss, macht der Konstrukteur vorher virtuell auf dem Bildschirm

- Bearbeiten
- Positionieren
- Entgraten
- Schweissen usw.

Es ist also wichtig, dass er diese Arbeit praktisch kennt.

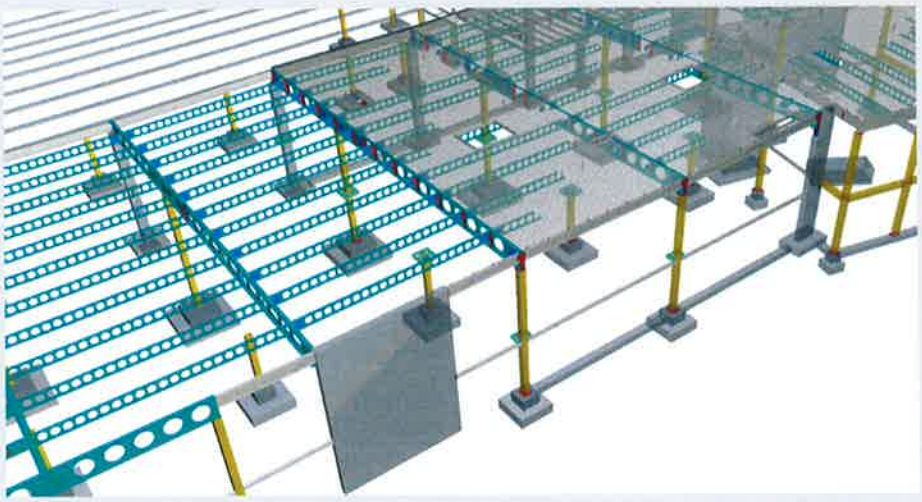


steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet

Es wird keine Zeichnung, sondern ein virtueller Körper auf dem Bildschirm dargestellt:

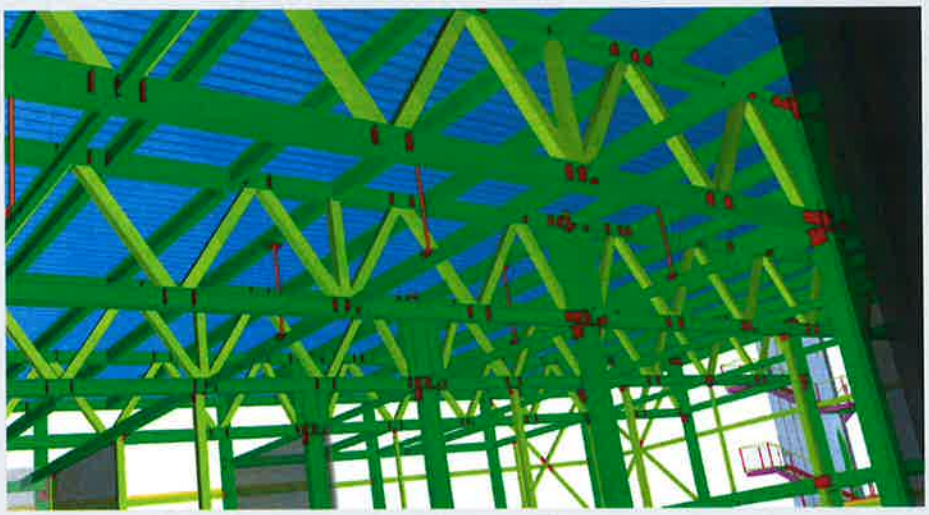
Der Gesamtkörper kann in seine Elemente zerlegt werden:

- Für die Materialbestellung (Sondergüter)
- Für die Anarbeitung (Sägen, Bohren, Schweissen)
- Für die Zuordnung der Materialgütegarantie durch Materialzeugnisse



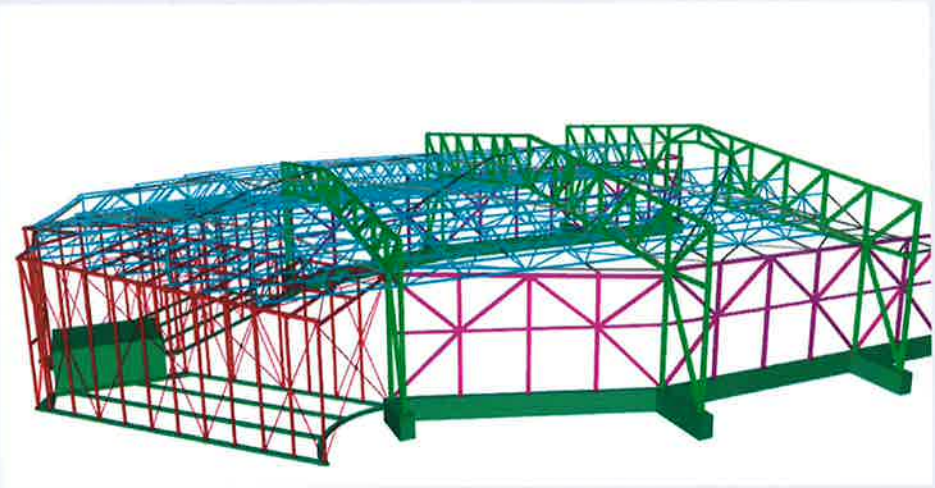
Trotz der heutigen Möglichkeiten, ein vollständiges Modell relativ schnell zu erarbeiten, dauert es eben doch seine Zeit. Dieser Zeitaufwand ist aber zur Vorbereitung der Fabrikationsetappe sehr gut investiert.

Auch ohne gutes räumliches Vorstellungsvermögen kann man die Konstruktion leicht analysieren.



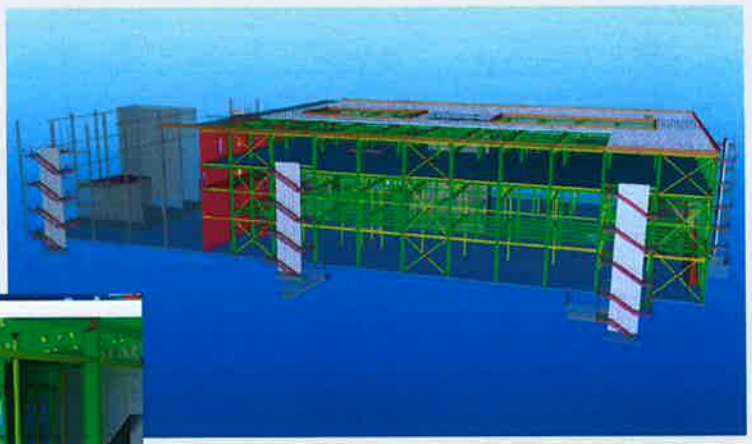
Das fertige Modell gibt eine gute Uebersicht über die Gesamtkonstruktion

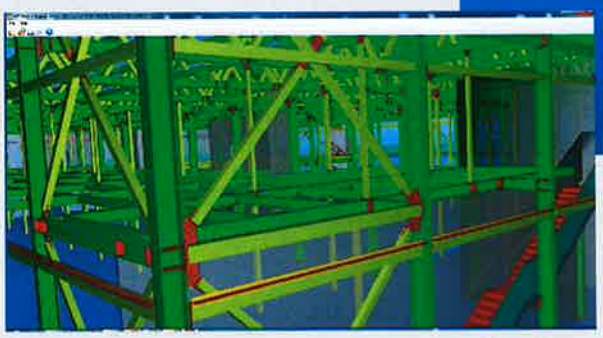
Bei diesem Gesamtüberblick lässt sich unter anderem auch noch einmal das Problem der Gebäudeaussteifung überprüfen.
Hier wird dies am Beispiel einer komplexen Konstruktionssituation für den Versuchsstand von Flugzeugtriebwerken am Flughafen in Genf deutlich.



Die Kreation dieses sehr realistischen Modells bietet aber noch andere Möglichkeiten.

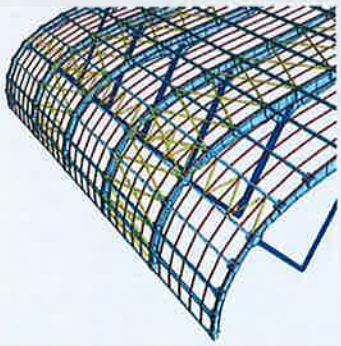
Am Beispiel dieser Konstruktion von 800 t Stahl erkennt man auch den Vorteil, dass man in die Struktur blicken kann.





Das fertige Modell kann auch bei der Planung der Haustechnik sehr hilfreich sein, da es die Tragstruktur klar erkennbar macht.
Das Modell in PDF-Form kann von den Fachplanern als nützliche Informationsquelle für die Leitungspassagen genutzt werden. Die Freigabe durch den Architekten ist dann sehr viel einfacher.

Wie schon vorher gezeigt, kommt das Konstruktionsmodell des Stahlbauers der Realität sehr nahe. Das gibt natürlich auch dem Architekten die Möglichkeit zu sehen, ob seine architektonische Idee von der Konstruktion auch umgesetzt wird.



steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet

Hier das Beispiel des Umbaus einer Lagerhalle des Roten Kreuzes in Genf

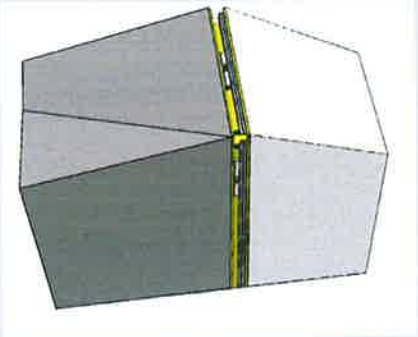
Wertsteigerung bei Umbauten

steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet

Hier half das Modell vor allem auch dabei, eine Lösung für die Zeltbahnenspanner im Innern der Fassade zu finden.

Die Besonderheit der Zeltbahnenspanner war:

- Einwandfreies Spannen der Zeltbahnen nach der Montage
- Uebertragung der Spannkräfte auf die Unterkonstruktion
- von Aussen nicht sichtbar und trotzdem jederzeit erreichbar



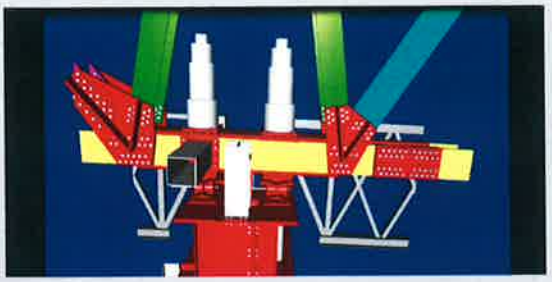
steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet

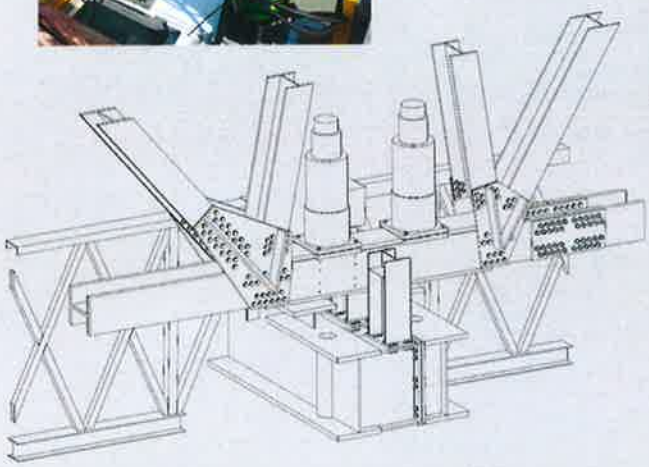
Stahlhilfsbrücke für die Betonschalung über die Rhone bei Bouveret

Informationsaustausch innerhalb des Stahlbaubetriebes zwischen technischem Büro, Fabrikation und Montage:

- Zum Beispiel die Ueberprüfung der Montierbarkeit der Schrauben. (Platz für Drehmomenten-schlüssel vorhanden?)
- Auf dem nebenstehenden Bild ging es um die genaue Positionierung der Montagepressen für die Schalungskonstruktion:
  - Bedienbarkeit
  - Funktionskontrolle
  - Integration in das Modell für die Konstruktion

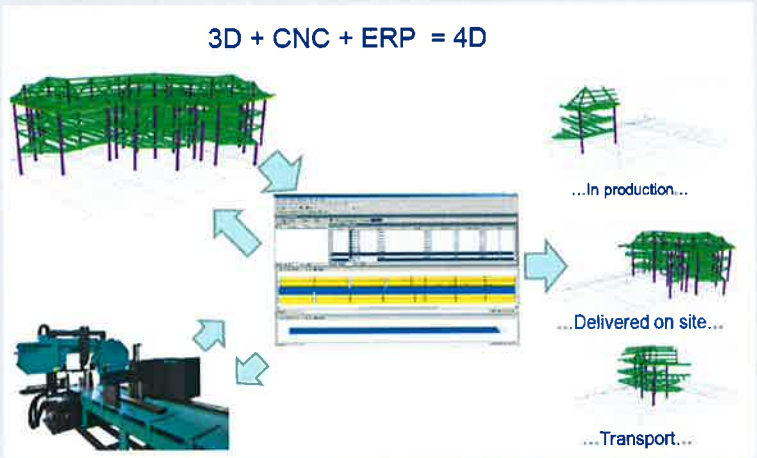
steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet



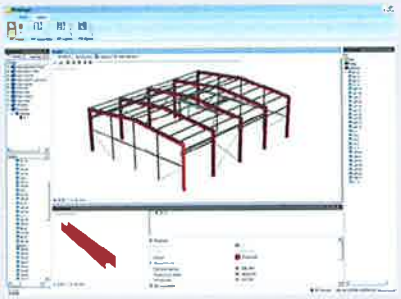


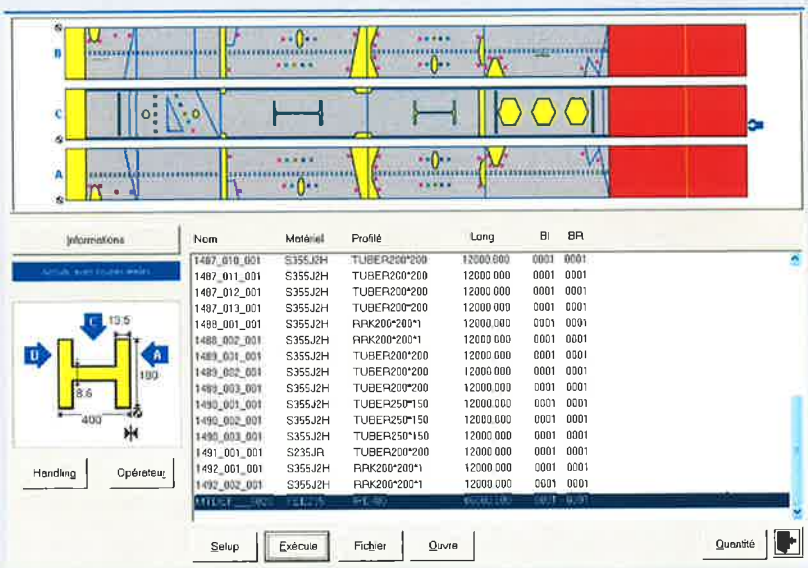
4. Direkte Verbindung zwischen dem 3D-Modell und der Fabrikation

Der Einsatz des 3D-Modells beschränkt sich aber nicht auf die Entwicklung des Projekts,
es ist auch die Basis für alle Produktionsschritte



Das 3D-Modell liefert eine Menge Informationen an die Produktion und entwickelt sich aber zugleich auch durch die Rückmeldungen über den Produktionsstand weiter.





Die Maschinen zum Ablängen und Bohren der Profile werden unmittelbar vom 3D-Modell aus programmiert :

- Die erforderliche Profillänge wird direkt weitergegeben, um die Maschinen zu programmieren
- Die Rückverfolgbarkeit des Materials wird durch die Zuordnung der Profile zu bestimmten Positionen im Modell garantiert
- Materialzertifikate werden zugeordnet

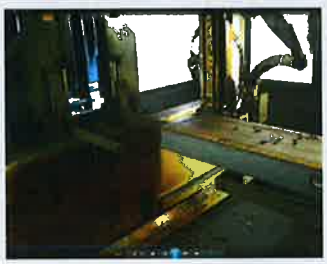
steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet

Fabrikationslinien wie hier dargestellt, erhalten ihre Informationen direkt aus dem 3D-Modell, ohne dass eine manuelle Datenübertragung nötig wäre. Die Fehlerquelle «Mensch» wird dadurch weitgehend ausgeschlossen.

Die Fabrikationsschritte laufen schnell ab :

- Kontrolle und Markierung der Profile am Anfang
- Zuschneiden durch Sägen oder Brennen (Laser, Plasma)
- Bohren, Aufreiben
- Verfolgung der Profile durch Markierung

steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet



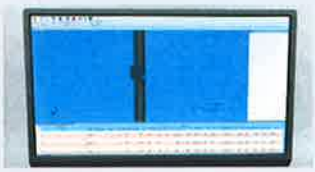
Nach dem Vorbereiten und automatisiertem Herstellen der Profile und Bleche auf der Basis des 3D-Modells kommt dann im Augenblick doch noch wieder der Mensch ins Spiel. Bisher erfolgt in den meisten Stahlbaubetrieben die Arbeit des Zusammenbauens und Schweissens noch manuell .
Dass es in Zukunft auch anders gehen könnte, soll dieser kurze Filmbeitrag zeigen.

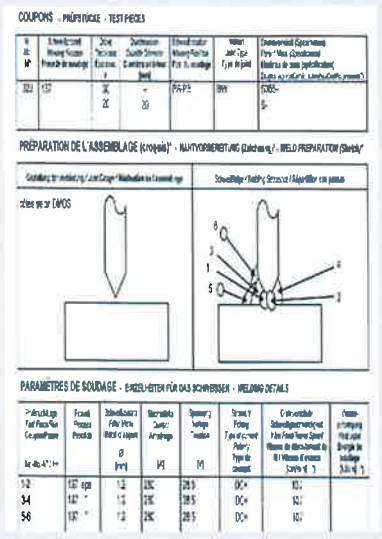
Hier ist aber sicher noch einige Entwicklungsarbeit zu leisten, um eine solche Installation auch für Kleinserien interessant zu machen.

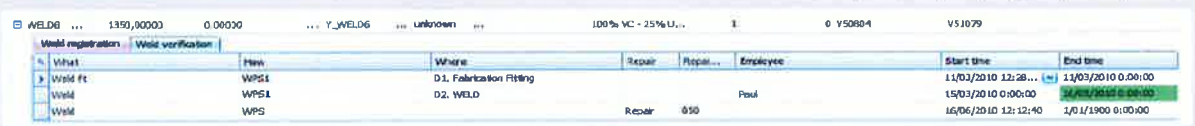
Qualitätsmanagement

Um auch bei den Schweissarbeiten die gewünschte Qualität zu erreichen und nachprüfbar auszuführen, wird man das 3D-Modell noch weiter entwickeln müssen (Anforderung der Prozesse in der neuen Europäischen Norm EN 1090) :

- Welche Kontrollen sind erforderlich
- Schweissnahtvorbereitung
- Welcher Schweissfolgeplan ist gültig
- Schweisserqualifikation
- Rückmeldung an das Modell, welcher Schweisser geschweisst hat
- Ergebnis der Schweissnahtkontrolle

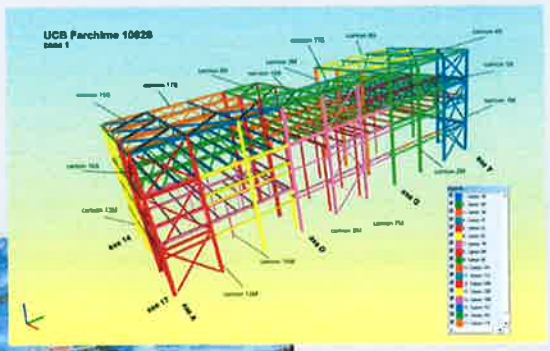






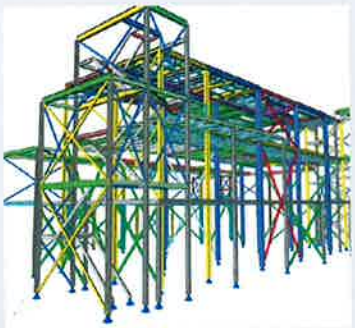
5. Erleichterungen bei den Montagearbeiten

- Ladeliste
- Liefermanagement
- Management LKW
- Lossplit
- Stabilitätsicherheitsnachweiss pro Los



steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet

Der Monteur kann alle notwendigen Informationen zu der Konstruktion auf seinem LAPTOP abrufen. Positionsnummer, Schrauben, Transportnummer, usw. Pläne und Teilelisten in Papierform werden überflüssig.



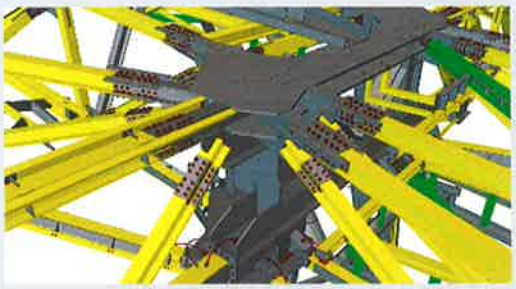
steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet

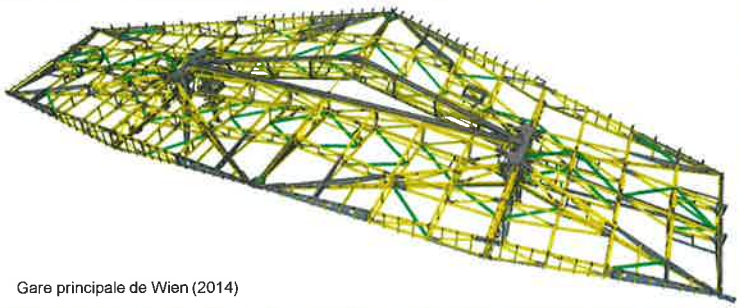
6. Auch komplexe Konstruktionen werden realisierbar

Als Extrembeispiel dient hier die Tragkonstruktion des LEARNING CENTERS der EPFL.

Die Erarbeitung des 3D-Modells für die Stahlkonstruktion erfolgte hier im Zusammenspiel mit dem Architekturprogramm und dem Programm des Holzbauers. Es brauchte immerhin 1800 Std TB für dieses tolle Ergebnis.

Weitere Beispiele für komplexe Konstruktionen





Gare principale de Wien (2014)

7. DER BAUPROZESS WIRD SICH IN BEZUG AUF DIE ZUSAMMENARBEIT AENDERN

- Die zukünftigen Partner müssen möglichst früh zusammenarbeiten
- Den Architekten interessiert dabei meist nur die Form und nicht das Material
- Den Ingenieur die Struktur
- Für den Konstrukteur ist die Machbarkeit im Vordergrund
- Das frühzeitige Detailstudium ist wichtig

steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet

7. WEITERE ZUSAMMENARBEIT AUCH MIT ANDEREN GEWERKEN

Die Zukunftsideen gehen natürlich noch weiter, indem das 3D-Modell des Stahlbauers letztendlich in ein Gesamtmodell des Bauvorhabens einfliesst.

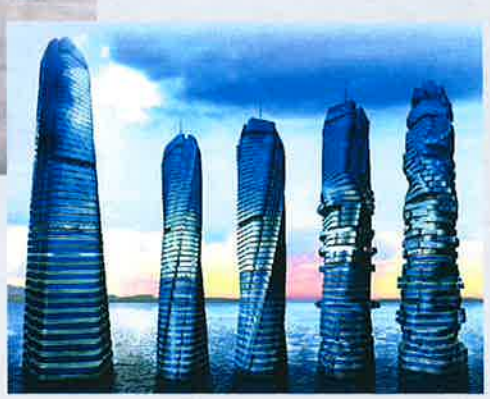
Das Stichwort dazu heisst:

BIM (Building Information Modeling)

In dem Gesamtmodell sollen später die Informationen des Gesamtbauvorhabens vorliegen. Alle Gewerke sollen sich darin wiederfinden.

Man kann davon ausgehen, dass die Entwicklung dahin schon voll im Gange ist, denn es ist sicher kein Zufall, dass momentan die Programmvertreiber, die bisher die Stahlkonstruktionsprogramme erarbeitet haben, von wesentlichen grösseren Gruppen aufgekauft werden, um dann in deren Programme integriert zu werden. Es geht dabei zunächst einmal um die Erdölindustrie. Die Entwicklung wird aber sicher nicht vor dem Hochbau halt machen.

steelday 2016 / Rothrist 20. Oktober 2016 / Gérald Pilet



8. Der Stahlbau ist für die Herausforderungen der Zukunft längst bereit