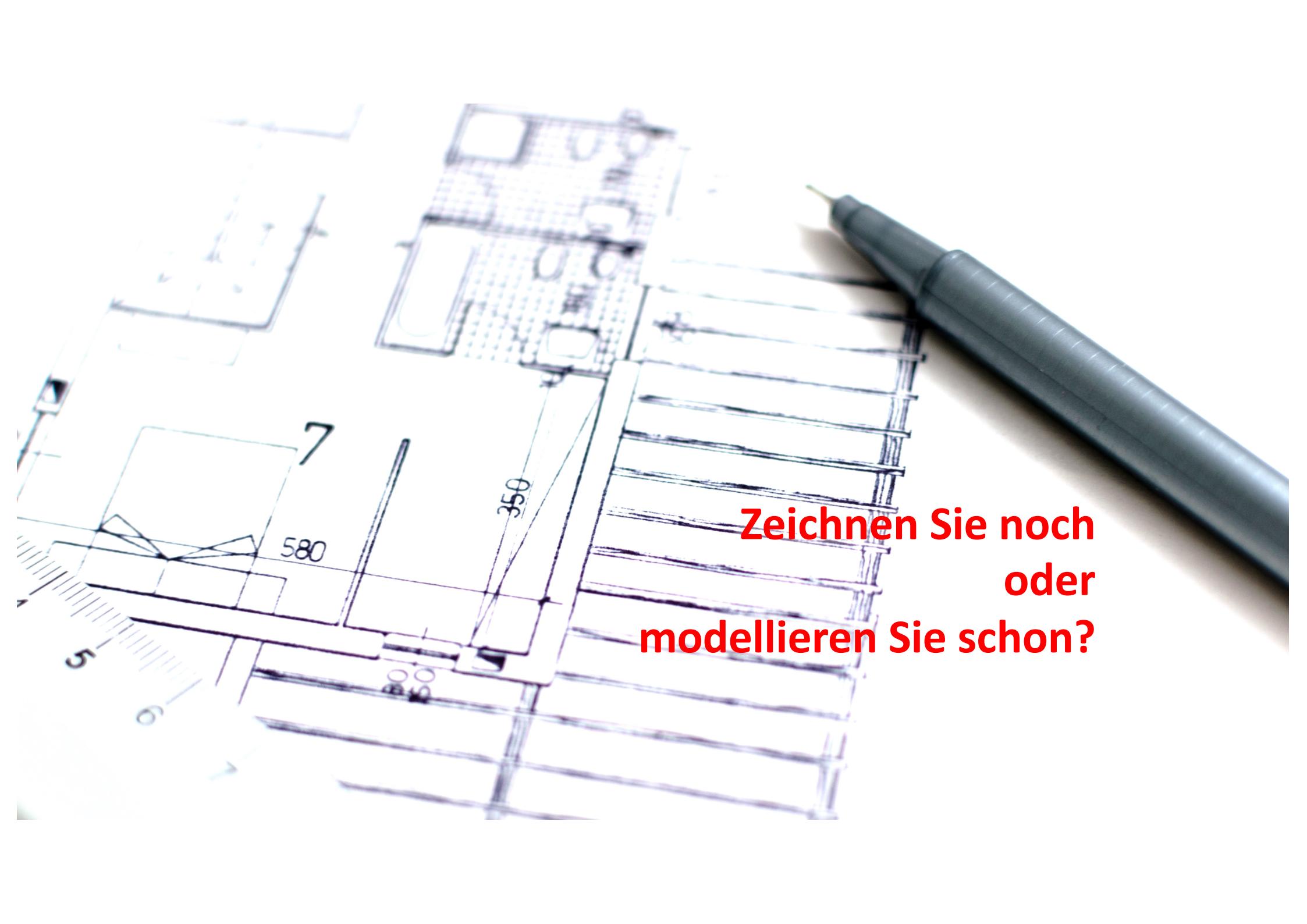


# BIM im konstruktiven Ingenieurbau

Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert  
KONGRESS INFRASTRUKTUR DIGITAL  
PLANEN UND BAUEN 4.0

# Inhalt

1. Einführung
2. Historischer Rückblick (CAD – FEM)
3. Anwendung von BIM im Hochbau - Schwerpunkt Tragwerksplanung
4. Chancen bei BIM im Ingenieurbau
5. Beispiel Brückenbau
6. Ausblick

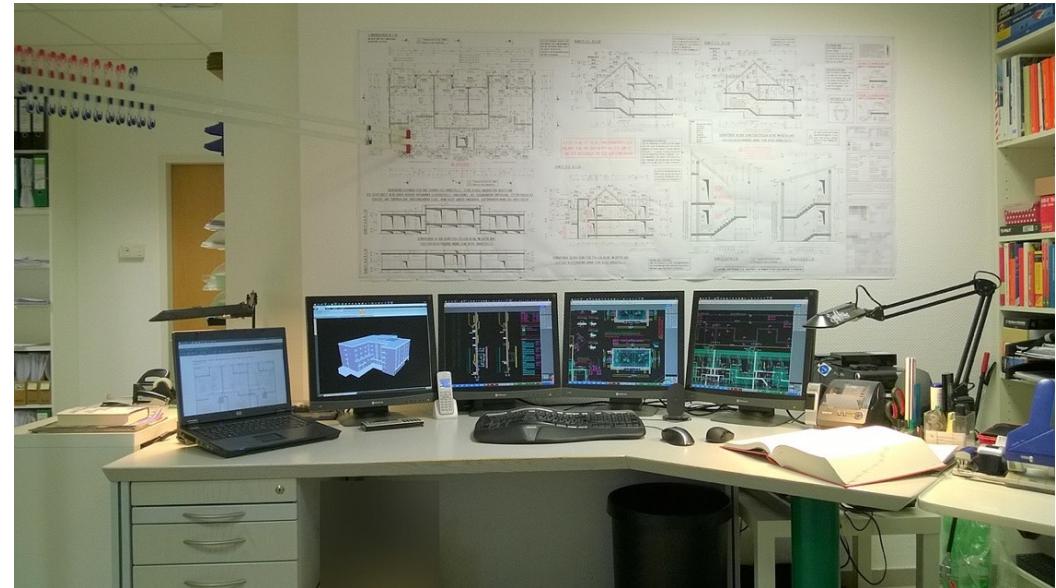
A technical architectural drawing of a building's exterior. The drawing includes a grid, a roof section, and various dimensions labeled in black ink: '580', '350', '800', '5', '6', and '7'. A black pen lies diagonally across the drawing, pointing from the bottom right towards the top left.

**Zeichnen Sie noch  
oder  
modellieren Sie schon?**

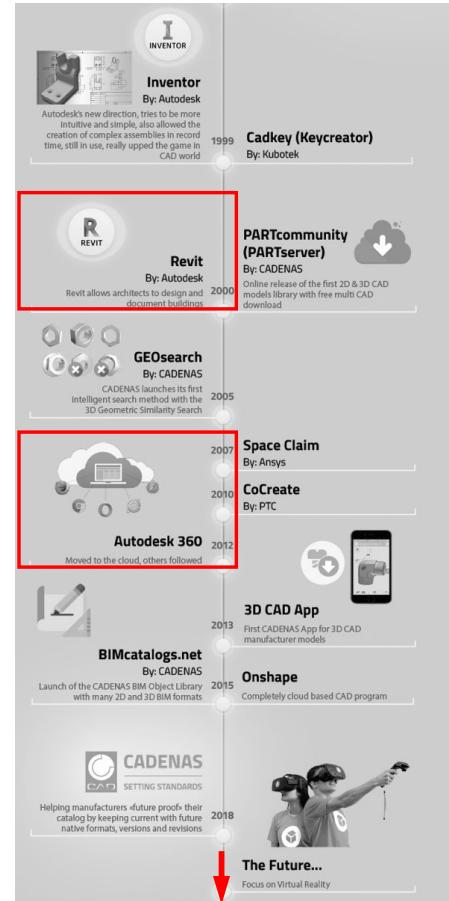
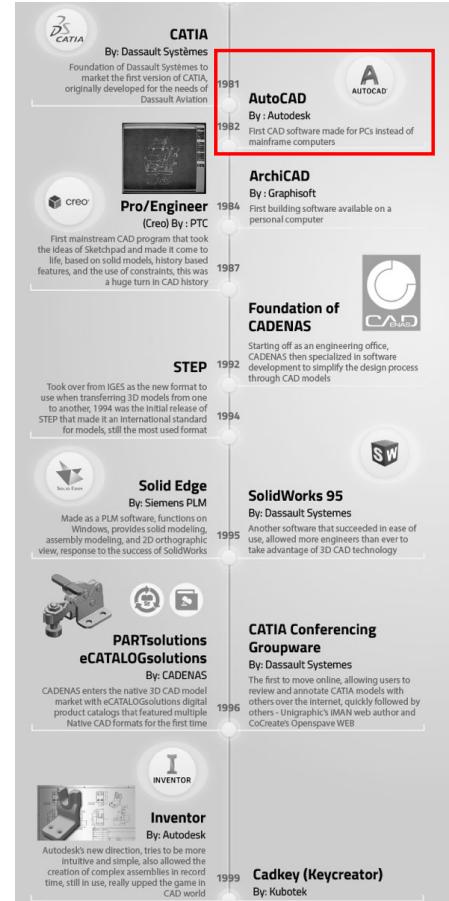
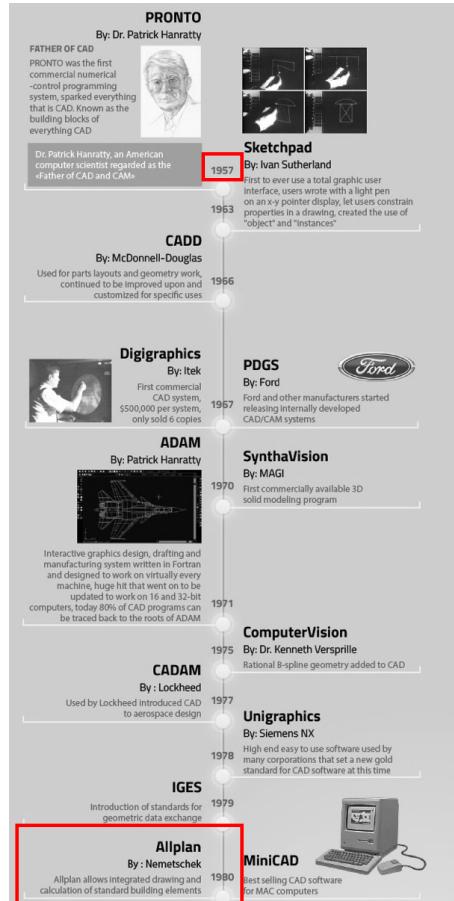
# Hoffentlich nicht so!



# Zeichnen damals und heute

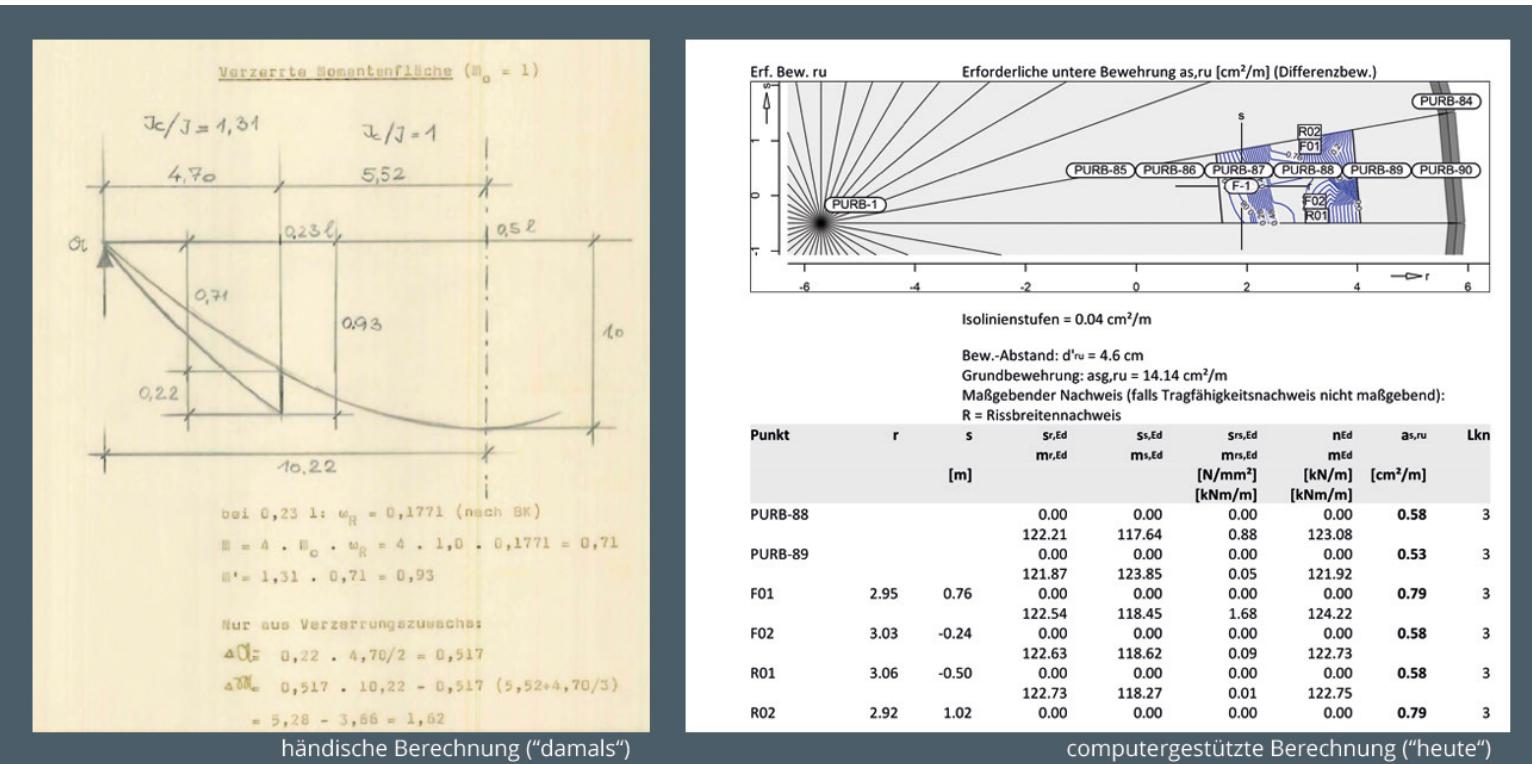


# Geschichtliche Entwicklung der CAD



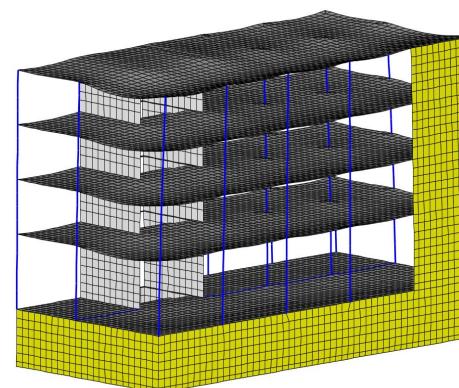
Gruppenfoto aller Gründer von Autodesk (1982)

# Statik damals und heute



# Geschichtliche Entwicklung der FEM

- 1940 Konrad Zuse (Bauingenieur) entwickelt programmierbare digitale Rechenanlage (Z3)
- 1954 Argyris-Deformationsmethode für Stabtragwerke
- 1956 Turner, Clough, Martin, Topp Kontinuumsmechanik
- 1960ff Clough(Berkley) -"finite element" Zienkiewicz (Swansea) Argyris (Stuttgart)
- 1970ff nichtlineare Probleme
- 1985ff Stand der Technik im Bauwesen



# Beginn der FEM im Bauwesen

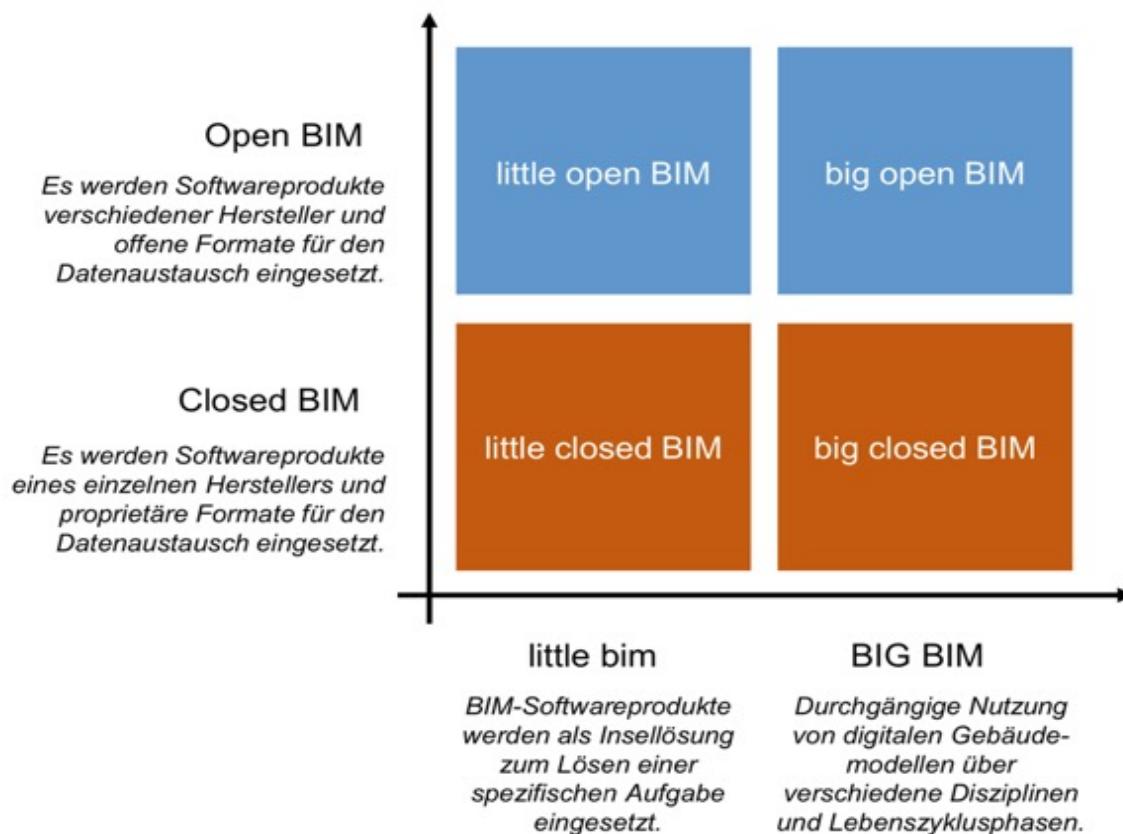
## Das Olympiadach in München



Zeltdachkonstruktion zu den Olympischen Spielen 1972  
in München (Architekten: Günter Behnisch, Frei Otto)

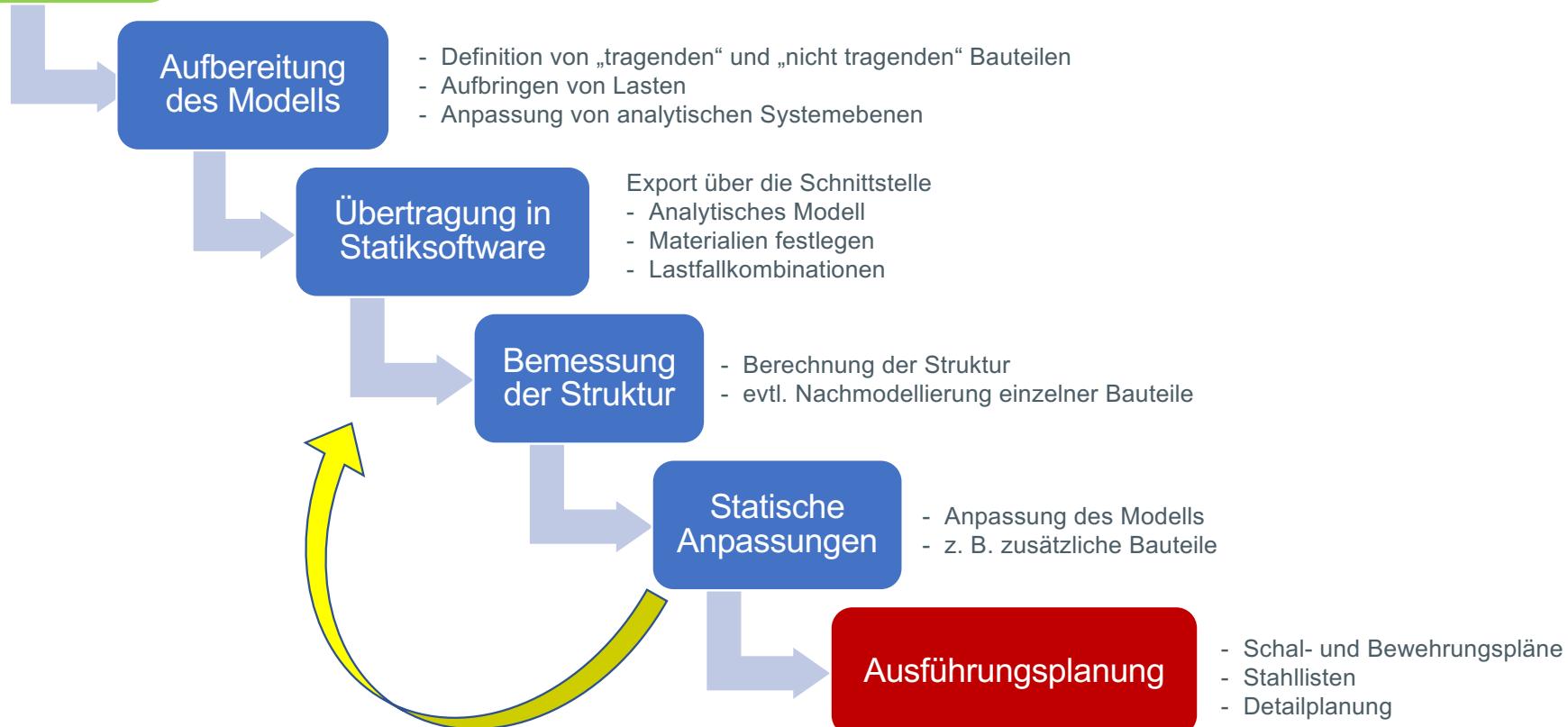
74 800 m<sup>2</sup> Dachfläche aus lichtdurchlässigem Plexiglas,  
aufgehängt an 58 Stahlmasten. Die Form des Zeltdaches  
ergibt sich aus der Lösung eines Minimalflächenproblems.

# Einsatzmöglichkeiten von BIM



# BIM-Prozess in der Tragwerksplanung

Architektur bzw.  
Planungsmodell



# 2D- oder 3D-Tragwerksplanung

Grundsätzlich lassen sich bei der statischen Berechnung von Tragwerken heute folgende Methoden unterscheiden:

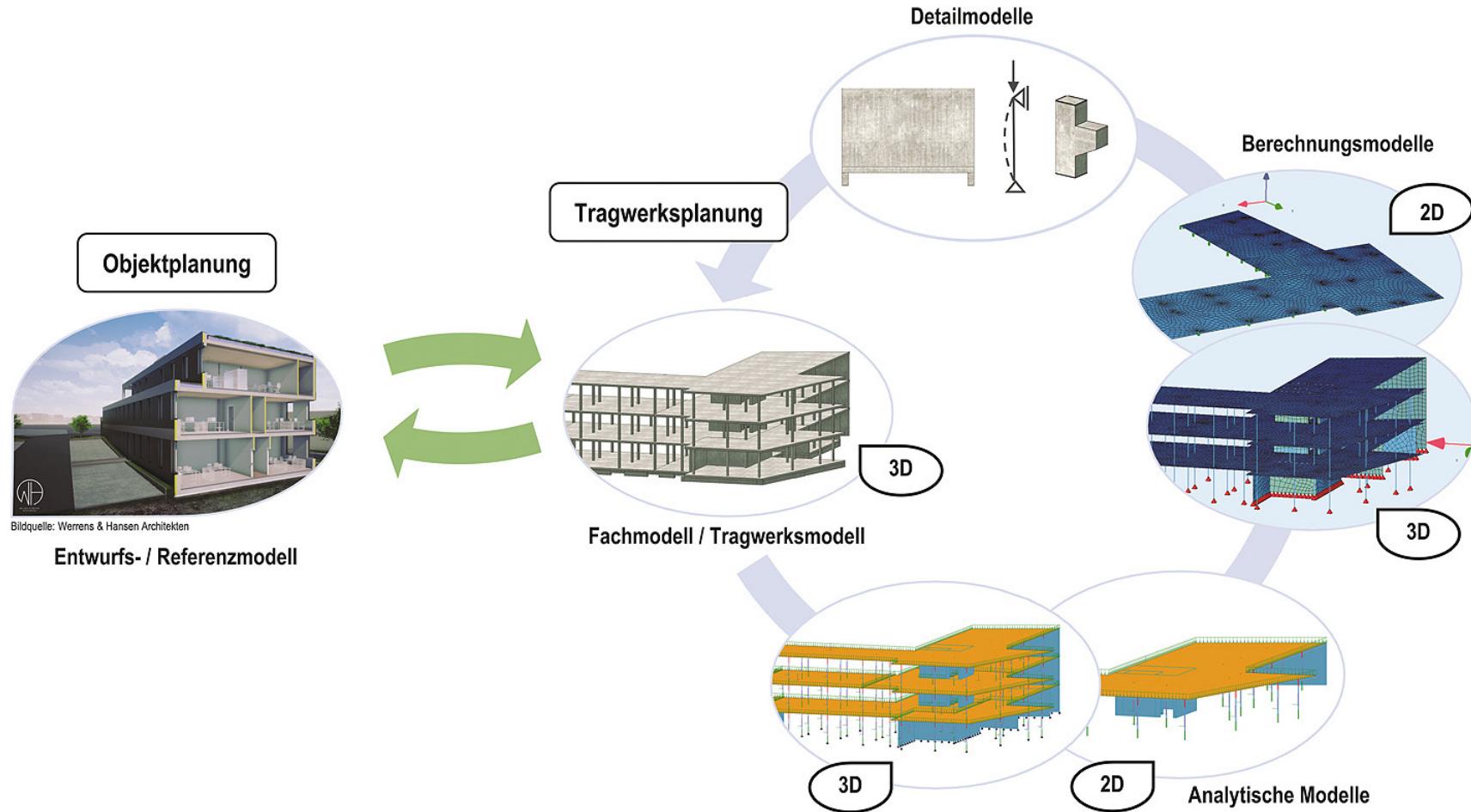
1. Vereinfachung des Tragwerks mit ebenen statischen Modellen (1D- bzw. 2D-Modellen)
2. Statische Analyse des Tragwerks mit 3D-Modellen
3. Kombination aus 1. und 2.

Vorteile:

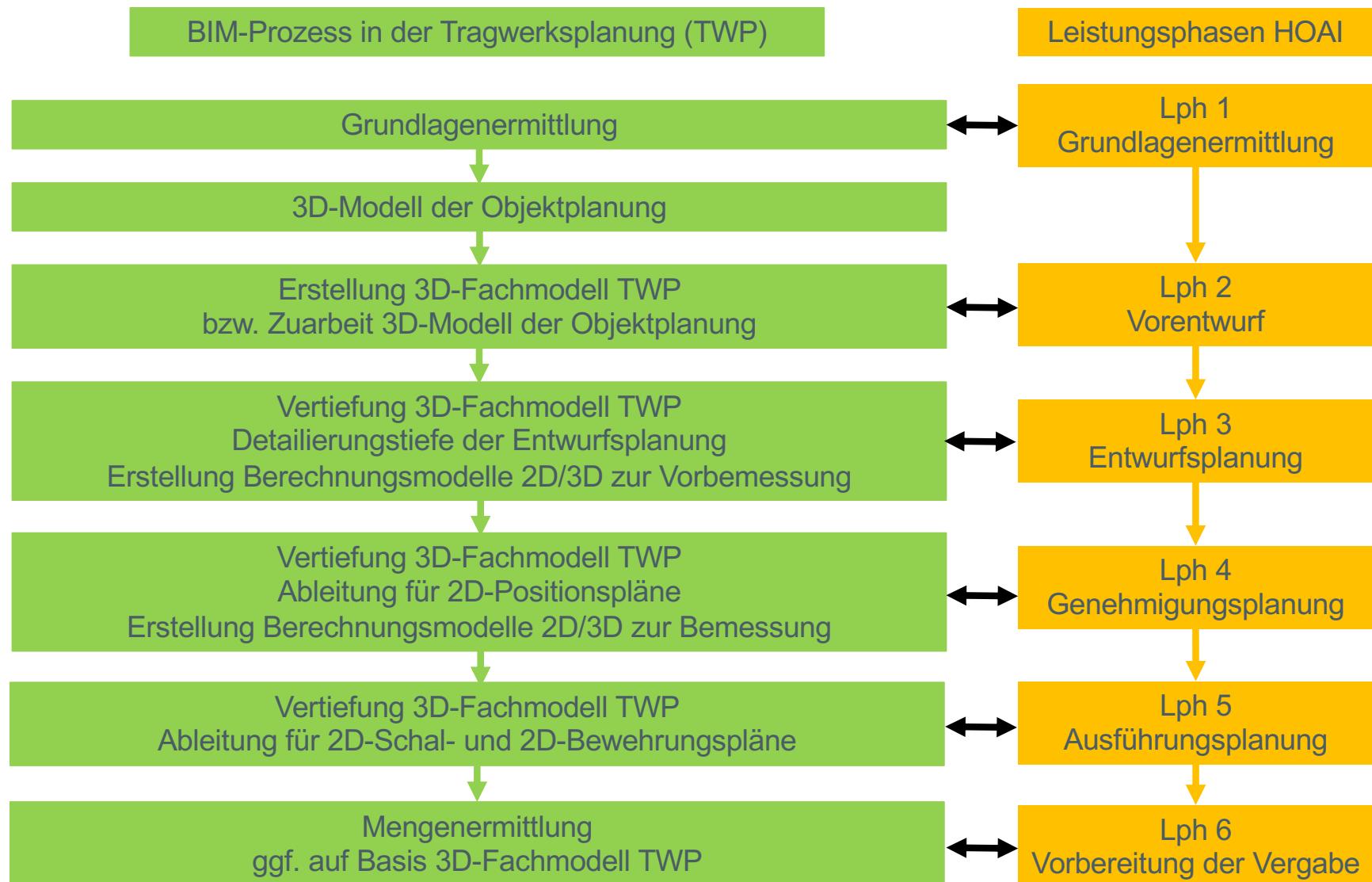
- Gesamtmodell (3D-Modell) veranschaulicht in vielen Fällen das Trag- und Verformungsverhalten realistischer.
- Interaktion zwischen Tragwerk und Baugrund kann berücksichtigt werden.
- ...

Nachteile:

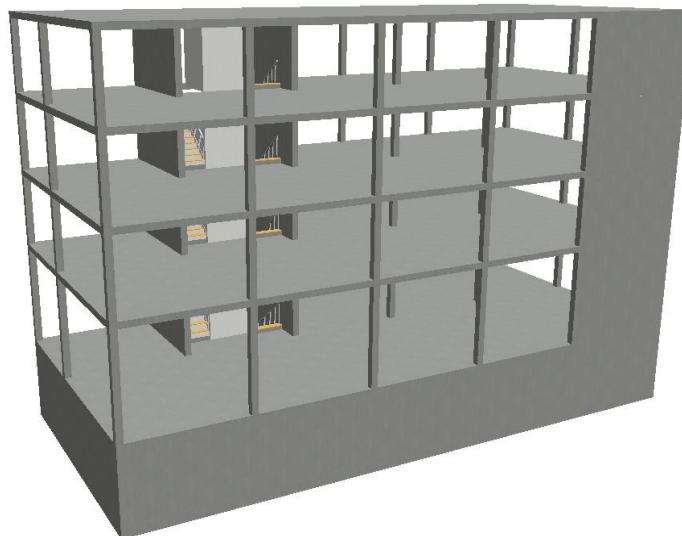
- Großer Aufwand für die Erstellung des 3D-Modells.
- Ergebnisse der Berechnung können oft nur sehr schwer interpretiert und überprüft werden.
- ...



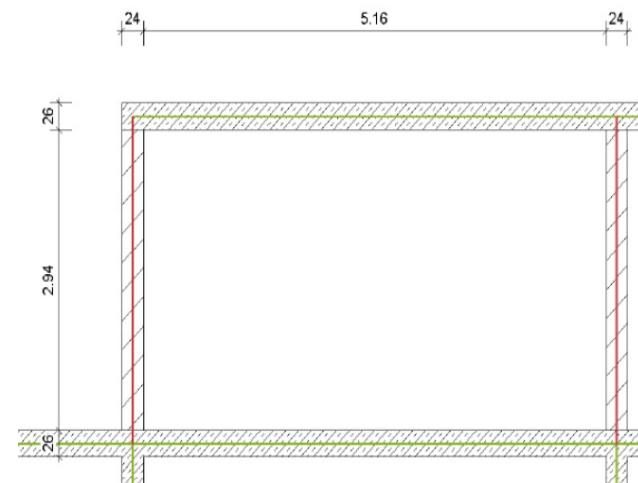
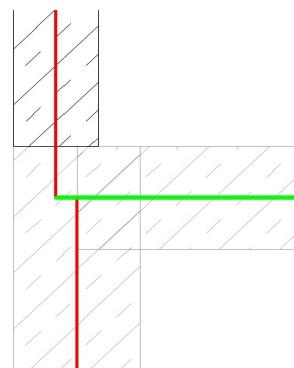
Quelle: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/best.201900097>



# Geometrisches Modell Strukturmodell



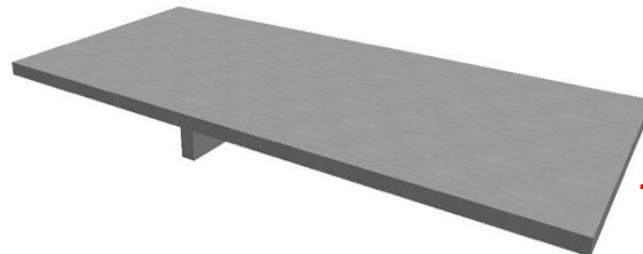
Geometrisches Modell



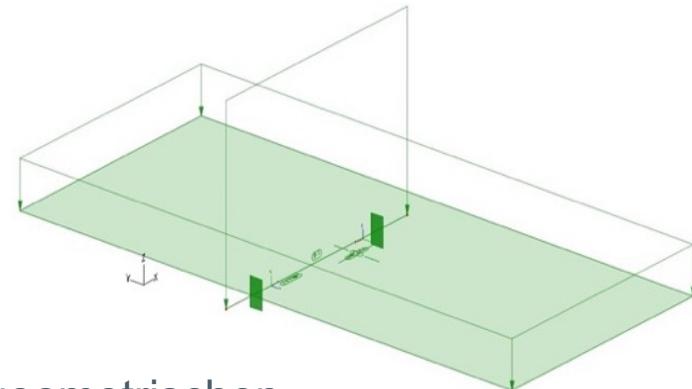
Geometrisches Modell mit  
Strukturmodellen der Wände  
und Widersprüche in der  
Anordnung der Strukturelemente

# Geometrisches und analytisches Modell

Geometrisches Modell

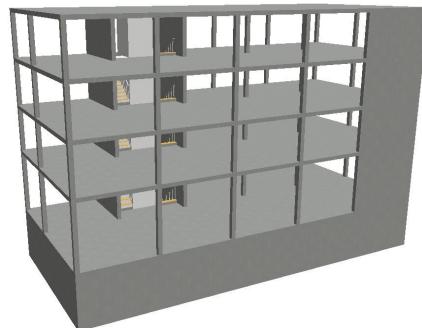


Analytisches Modell

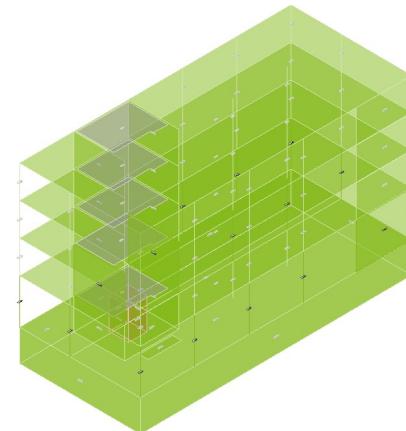


- Analytisches Modell wird als vereinfachtes Modell des geometrischen Modells abgeleitet.
- Ist Basis für die Berechnung der Bauteile.
- Meist wird dieser Schritt automatisch von der Software ausgeführt.
- Bei dem analytischen Modell werden die Systemlinien, Auflager und die Belastungen abgebildet.
- Volumenelemente werden zu Stab- und Flächenelementen vereinfacht.

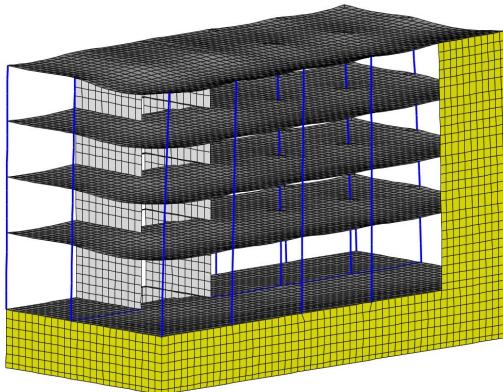
# Beispielprojekt



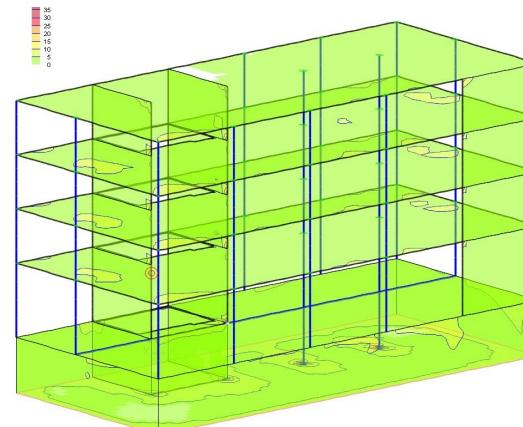
Geometrisches Modell



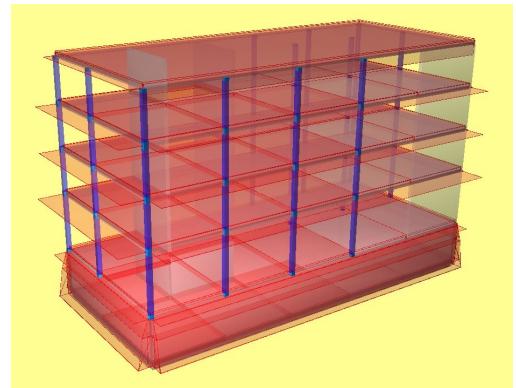
Strukturmodell



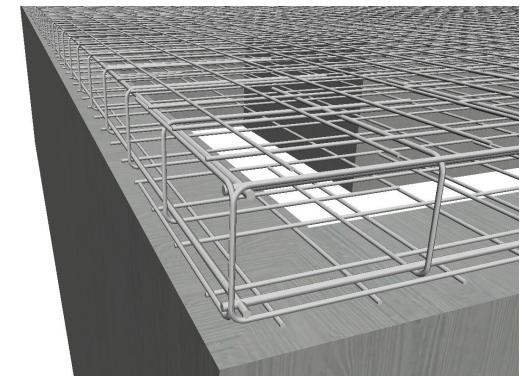
Numerische Analyse  
z. B. Verformungen der Gesamtstruktur



Bemessung  
z. B. Biegebemessung

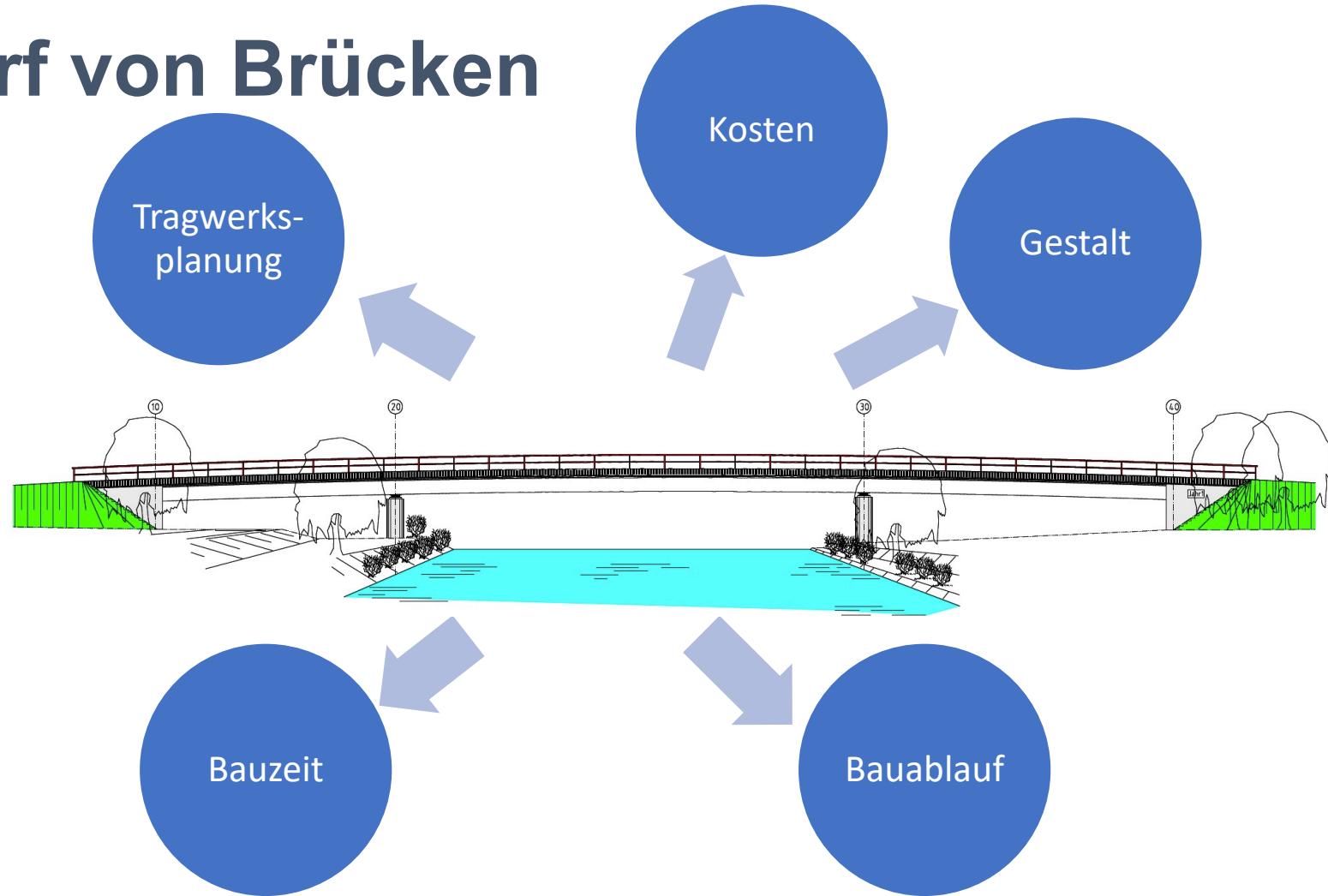


3D-Bauwerk mit Einwirkungen

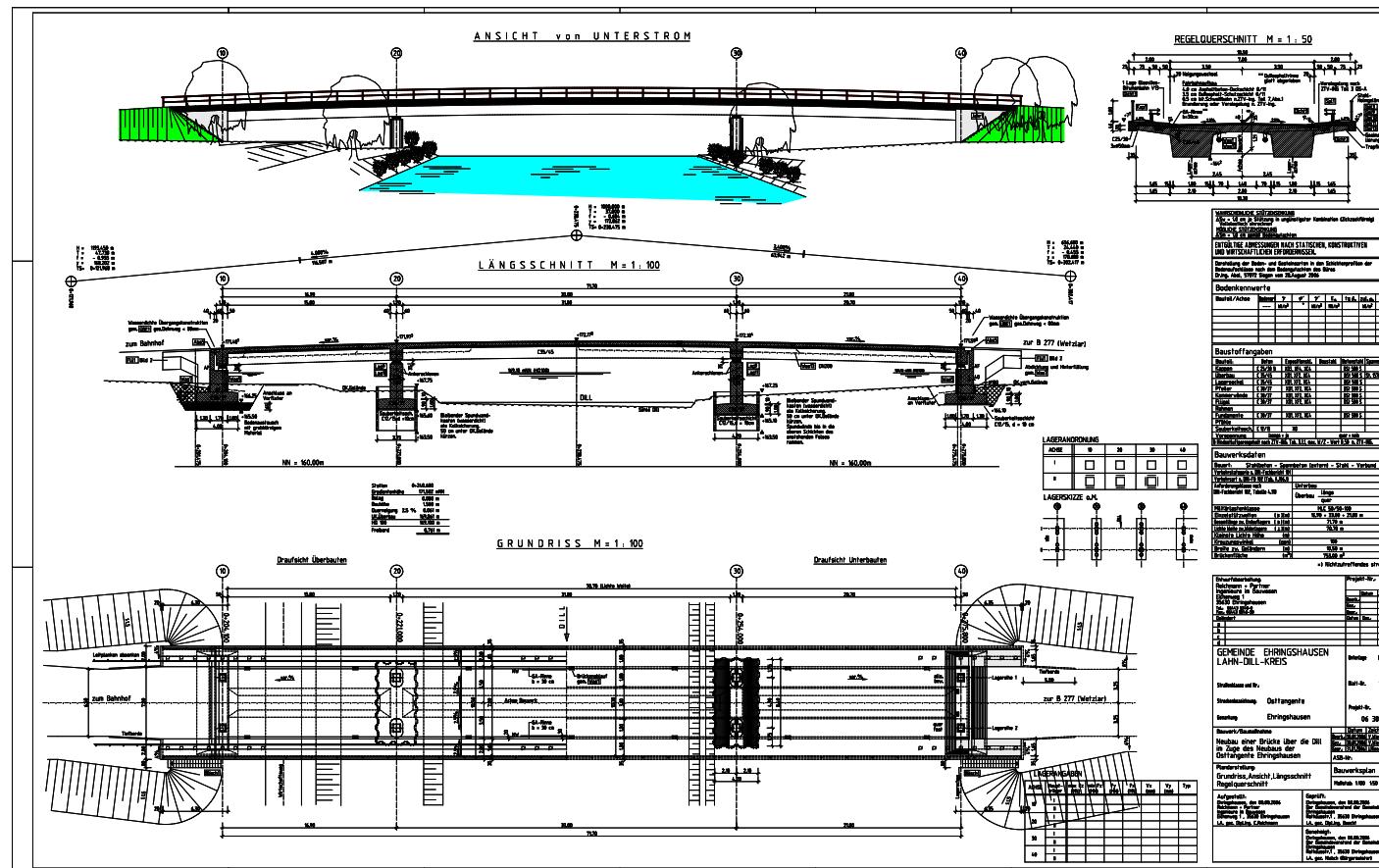


Ausführungsplanung  
z. B. Bewehrung

# Entwurf von Brücken



# Der „übliche“ Brückenentwurf



# Modellbasierter Entwurf von Brücken



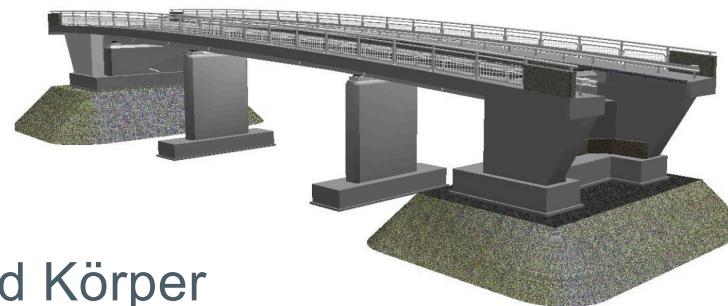
König u. a. :Forschungsbericht  
BIM Materialsammlung

1. Konstruktion und Modellierung
2. Informationsgehalt der Modelle (LOI)
3. Modellbasierte Bauablaufplanung
4. Kostenberechnung
5. Austausch und Koordination
6. Dokumentation

# 3D-Brückenmodellierung

Unterschiede zum Hochbau:

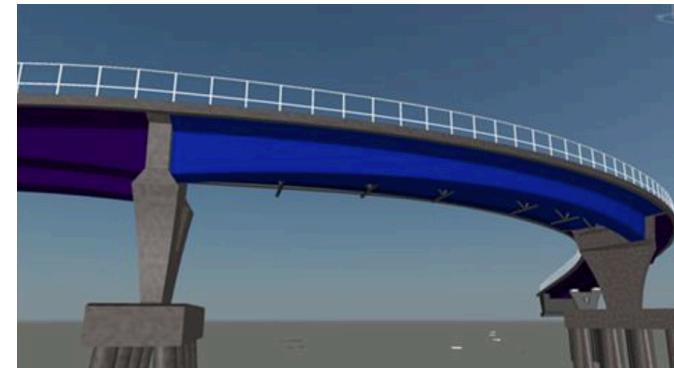
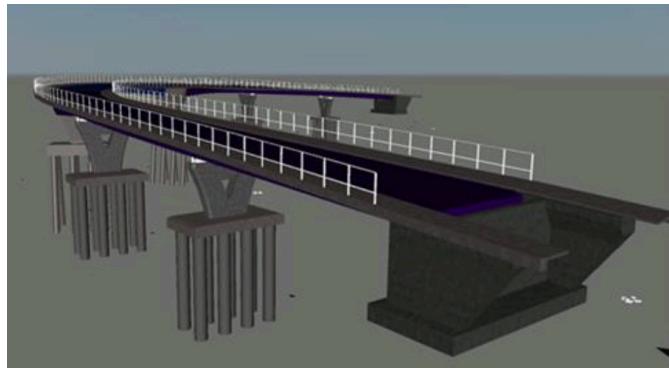
- häufig komplexere Geometrie des einzelnen Bauteils
- Gekrümmte oder geneigte Flächen und Körper infolge der Trassenkrümmung, Querneigung, Voutung usw.
- Aufwendige Erstellung von Schnitten (z. B. gekrümmte Schnitte)
- Heute stehen leistungsfähige Softwaretools für den Brückenentwurf zur Verfügung ( z. B. für parametrische 3D-Modellierung)
- ...



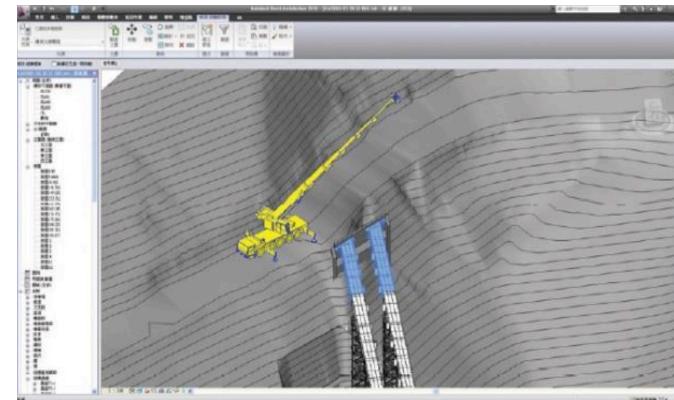
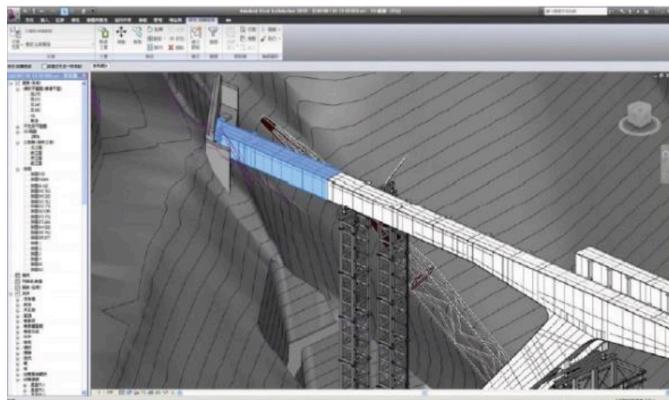
# Beispiel Brückenmodellierung

## (Autodesk Revit und Dynamo)

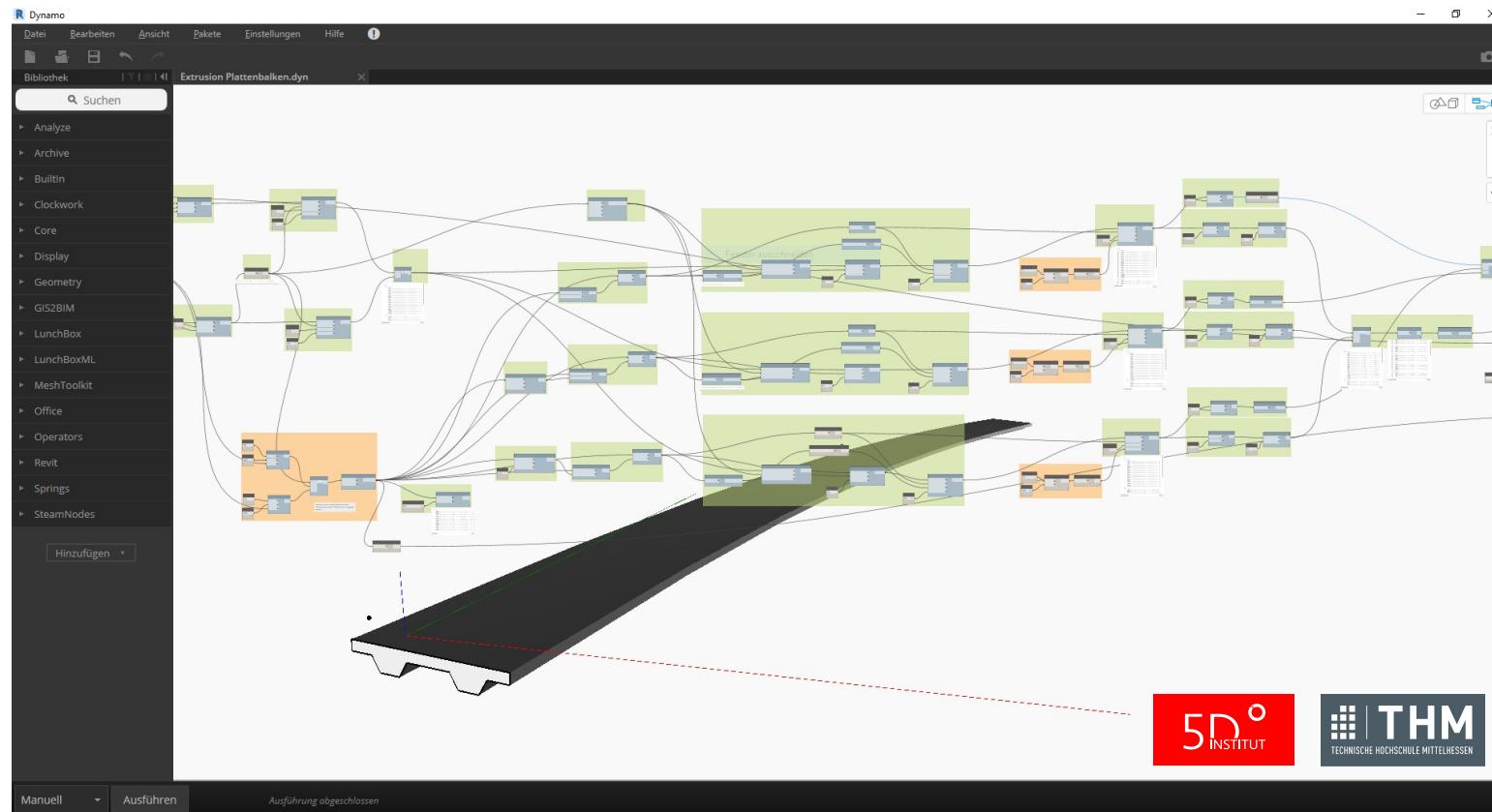
Brücken-  
modell



Montage-  
simulation



# Dynamische Tools



Automatisierte Generierung von Bauteilen und Bauwerken  
Modellüberprüfung: Planung + Genehmigung + Ausführung + Betrieb

# Ausblick

- BIM steckt in der Tragwerksplanung oft noch in den “Kinderschuhen”!
- BIM wird auch im Bereich der Tragwerksplanung immer mehr gefordert werden!
- Tragwerksplaner müssen sich darauf vorbereiten!
- Sehr viel Ingenieurverstand notwendig bei 3D-Berechnungen!
- Modell von Objektplaner in 3D-FE-Programm stecken und darauf losrechnen funktioniert nicht!
- Oftmals wird es reichen, aus einem 3D-Modell des Objektplaners ebene Systeme herauszulösen und dann statisch zu bearbeiten!
- **Solide Grundlagenausbildung im Bereich der Tragwerksplanung an den Hochschulen erforderlich!**
- ...

# Ausblick

