

A stylized blue and white line-art illustration of infrastructure construction. In the foreground, an excavator is shown in profile, working on a sloped terrain. In the middle ground, a high-speed train is traveling on a bridge. In the background, there are several skyscrapers, a construction crane, and an airplane flying in the sky. The entire scene is rendered in a clean, modern, and somewhat abstract style using only blue and white lines on a light background.

# **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 photograph of a technical architectural drawing on a white background. The drawing features a grid of lines, with some areas shaded in a cross-hatch pattern. Various numerical dimensions are present: '7' is written near a vertical line on the left; '580' is written near a horizontal line; '350' is written near a diagonal line; and '80' and '50' are written near a horizontal line at the bottom. A dark grey pen with a gold-colored tip lies diagonally across the right side of the drawing. The text 'Zeichnen Sie noch oder modellieren Sie schon?' is overlaid in red on the right side of the image.

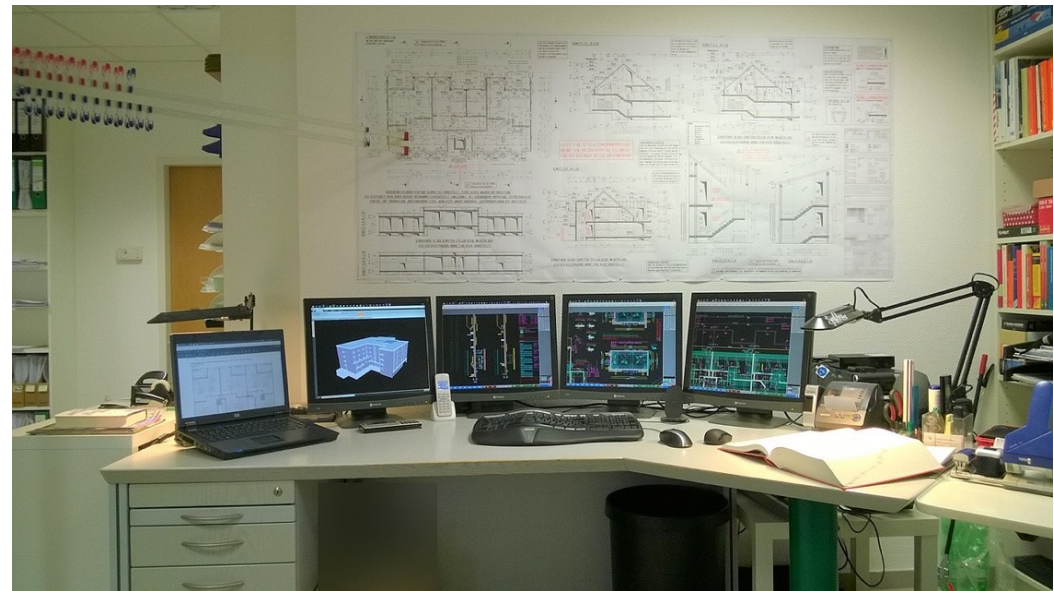
**Zeichnen Sie noch  
oder  
modellieren Sie schon?**

# Hoffentlich nicht so!

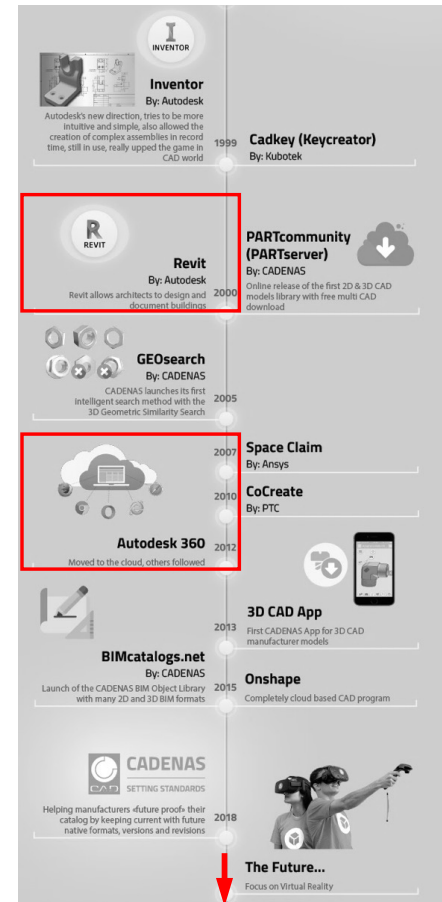
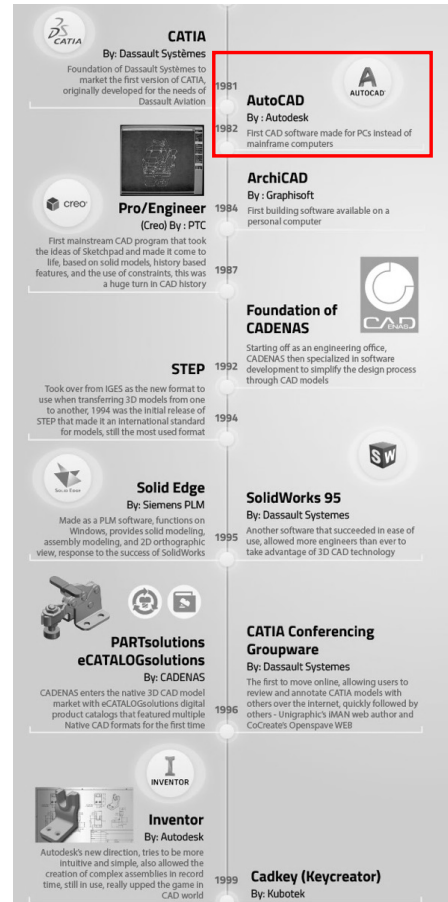
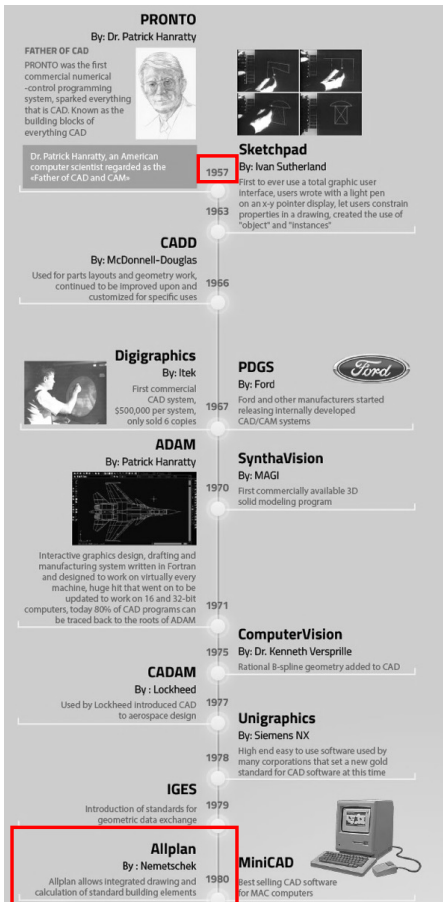




# Zeichnen damals und heute

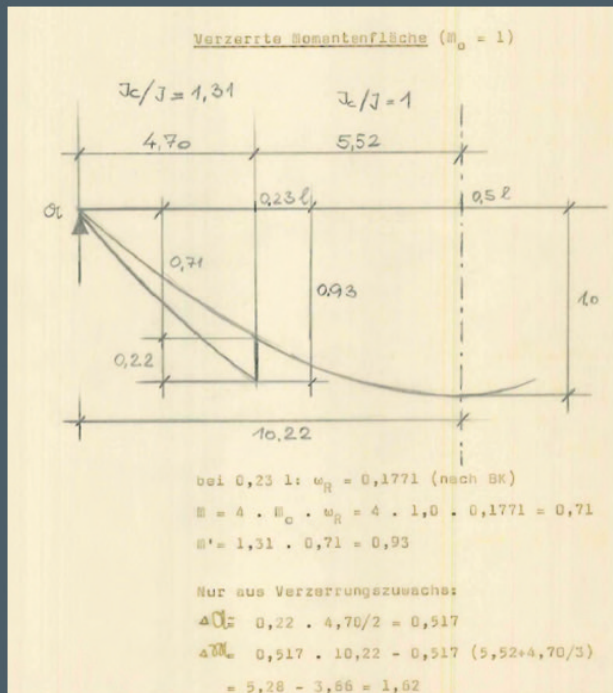


# Geschichtliche Entwicklung der CAD

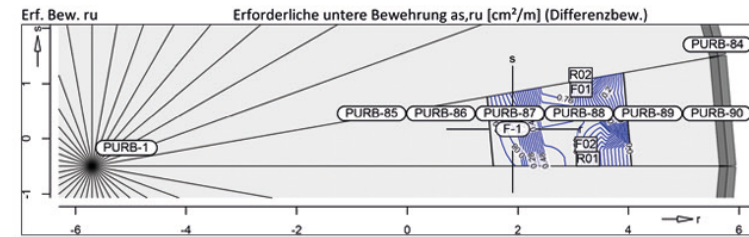


Gruppenfoto aller Gründer von Autodesk (1982)

# Statik damals und heute



händische Berechnung ("damals")



Isolinienstufen =  $0,04 \text{ cm}^2/\text{m}$

Bew.-Abstand:  $d'_{ru} = 4,6 \text{ cm}$

Grundbewehrung:  $a_{sg,ru} = 14,14 \text{ cm}^2/\text{m}$

Maßgebender Nachweis (falls Tragfähigkeitsnachweis nicht maßgebend):

R = Rissbreitennachweis

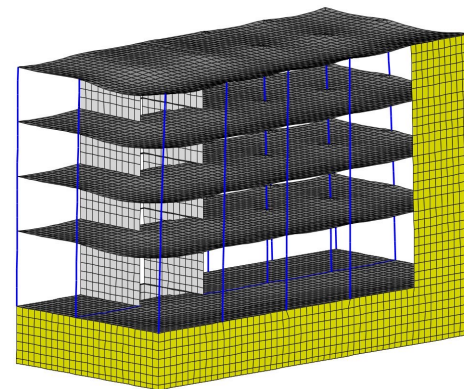
Punkt	r	s	$s_{r,Ed}$ $m_{r,Ed}$	$s_{s,Ed}$ $m_{s,Ed}$	$s_{rs,Ed}$ $m_{rs,Ed}$ [N/mm²] [kNm/m]	$n_{Ed}$ $m_{Ed}$ [kN/m]	$a_{s,ru}$ [cm²/m]	Lkn
PURB-88			0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	3
PURB-89			122.21	117.64	0.88	123.08	0.53	3
F01	2.95	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	3
F02	3.03	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	3
R01	3.06	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	3
R02	2.92	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	3

computergestützte Berechnung ("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

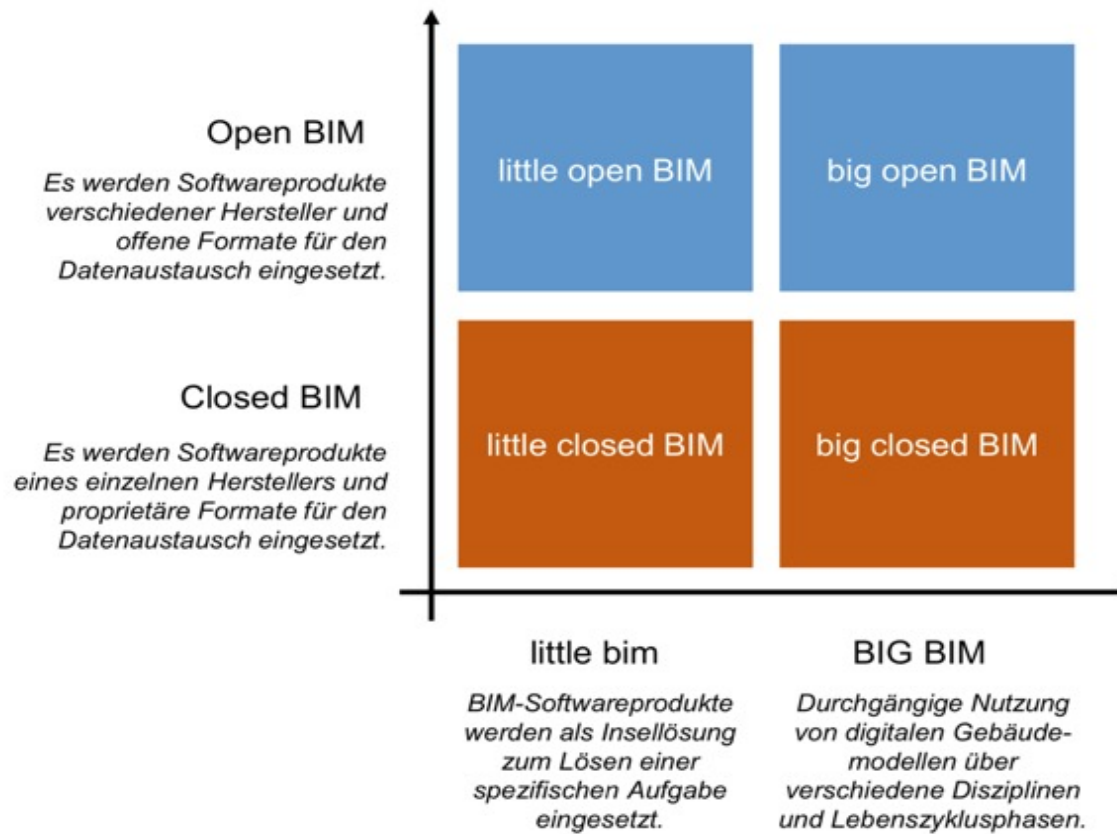


Zeltdachkonstruktion zu den Olympischen Spielen 1972 in München (Architekten: Günter Behnisch, Frei Otto)

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



# 2D- oder 3D-Tragwerksplanung

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

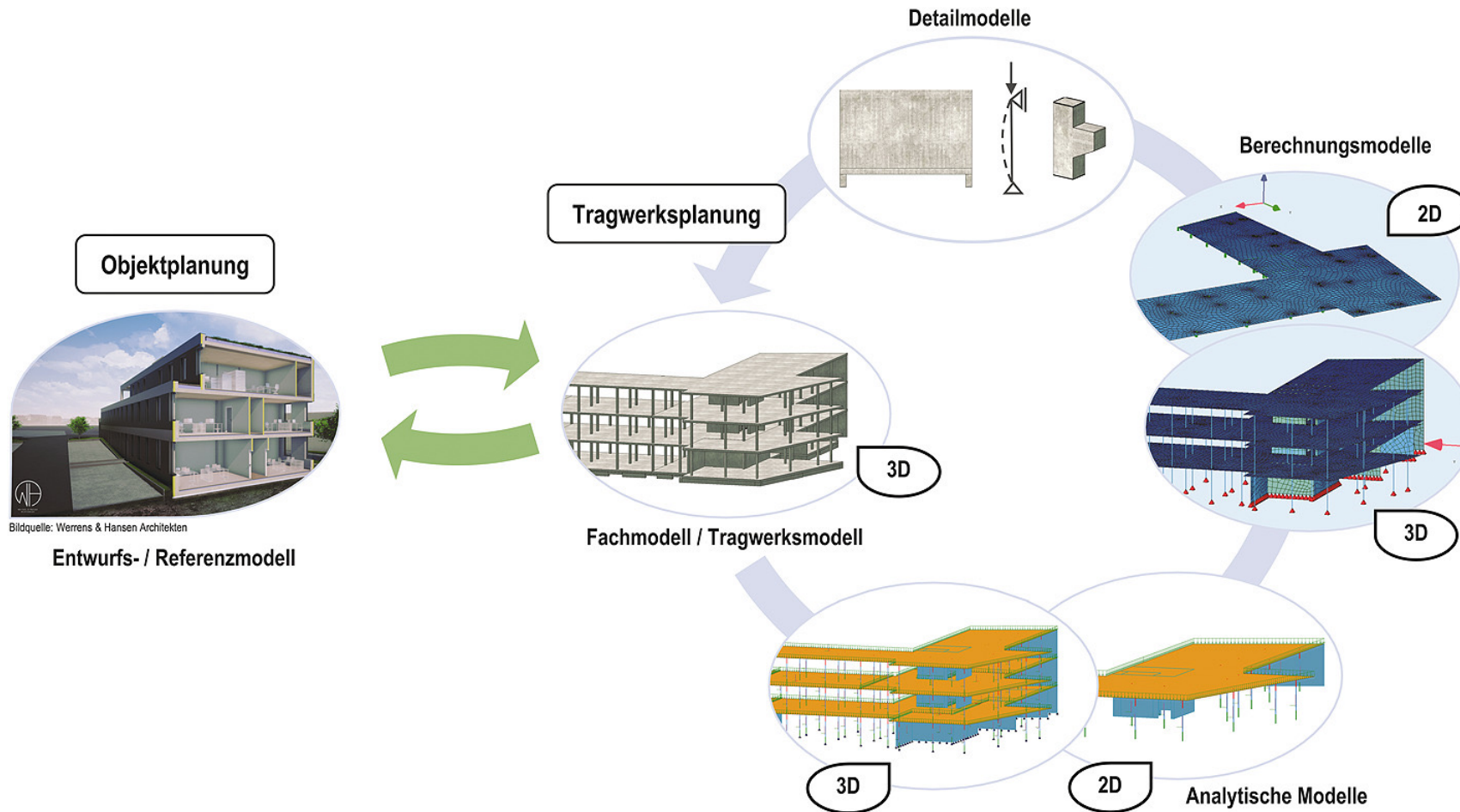
1. Vereinfachung des Tragwerks mit ebenen statischen Modellen (1D- bzw. 2D-Modellen)
2. Statische Analyse des Tragwerks mit 3D-Modellen
3. Kombination aus 1. und 2.

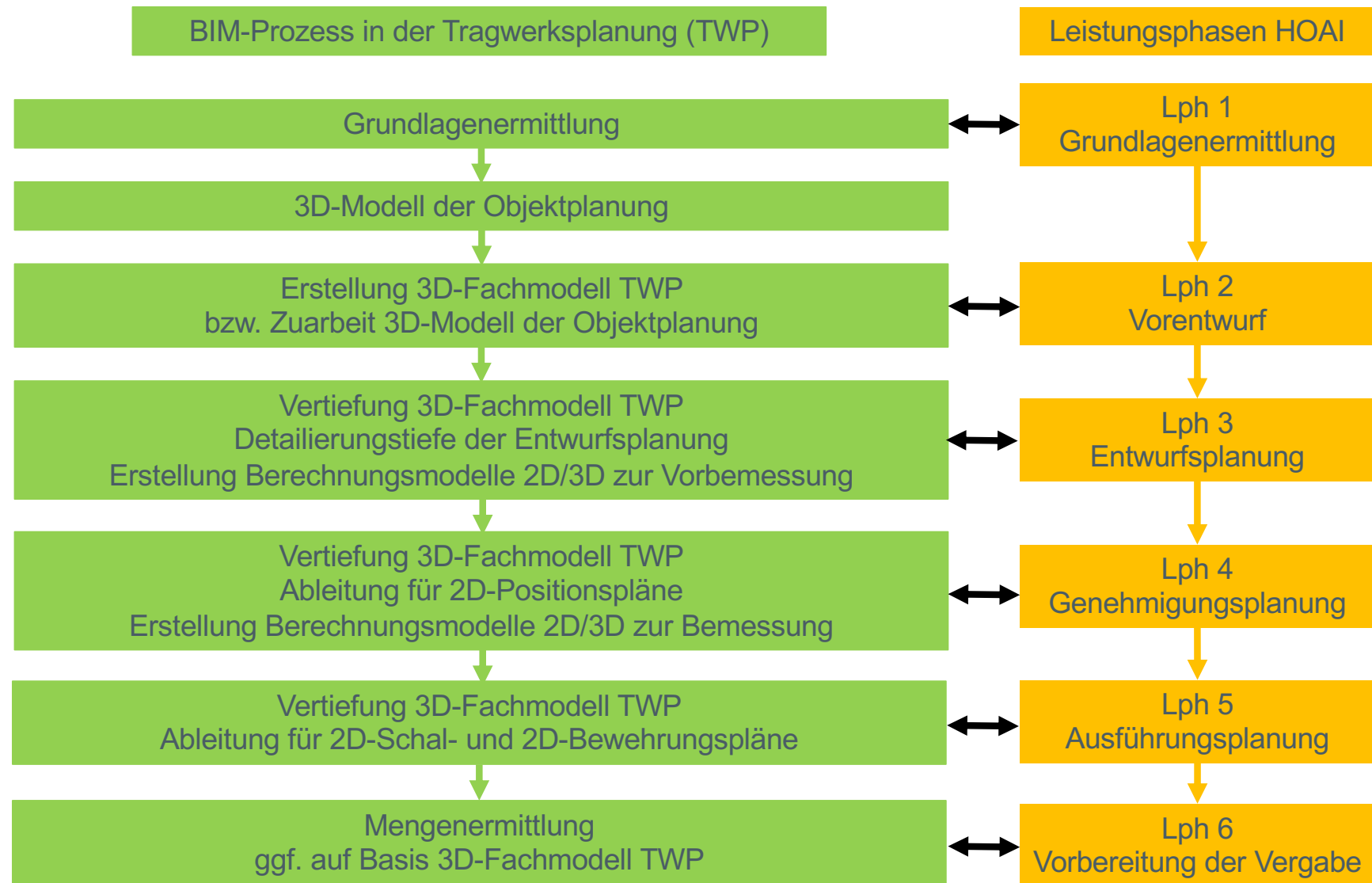
Vorteile:

- 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.
- ...



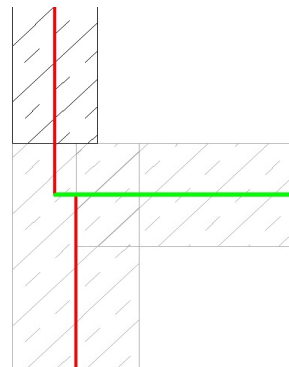
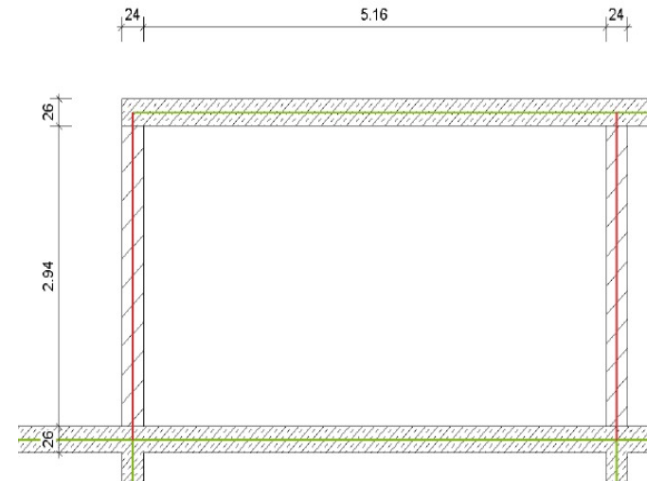




# Geometrisches Modell ↔ Strukturmodell



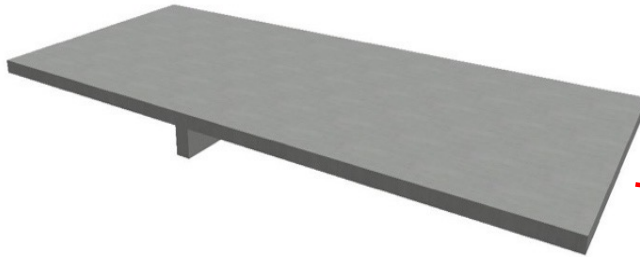
Geometrisches Modell



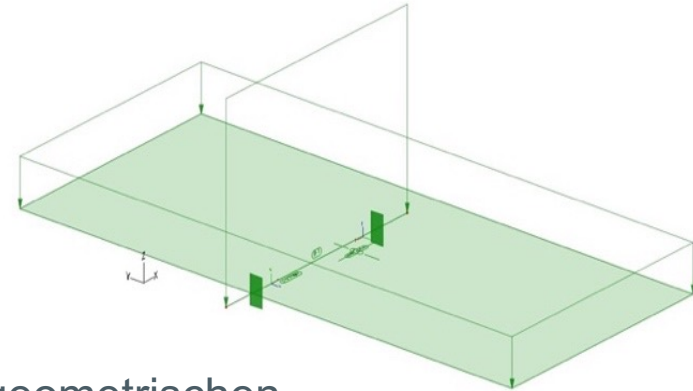
Geometrisches Modell mit  
Strukturmodellen der Wände  
und Widersprüche in der  
Anordnung der Strukturelemente

# Geometrisches und analytisches Modell

Geometrisches Modell

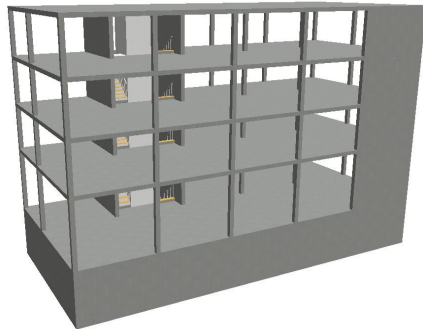


Analytisches Modell

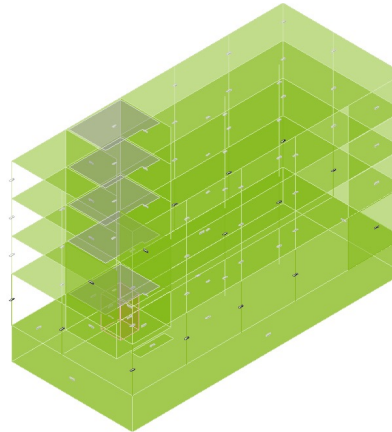


- Analytisches Modell wird als vereinfachtes Modell des geometrischen Modells abgeleitet.
- Ist Basis für die Berechnung der Bauteile.
- Meist wird dieser Schritt automatisch von der Software ausgeführt.
- Bei dem analytischen Modell werden die Systemlinien, Auflager und die Belastungen abgebildet.
-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

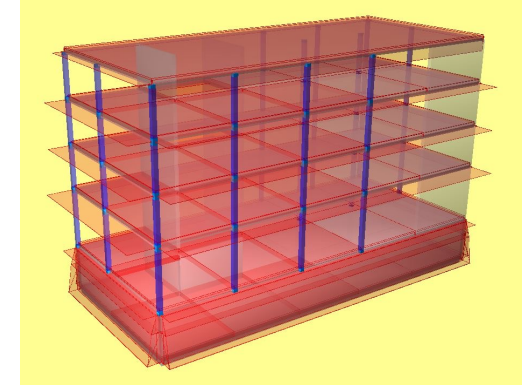
# Beispielprojekt



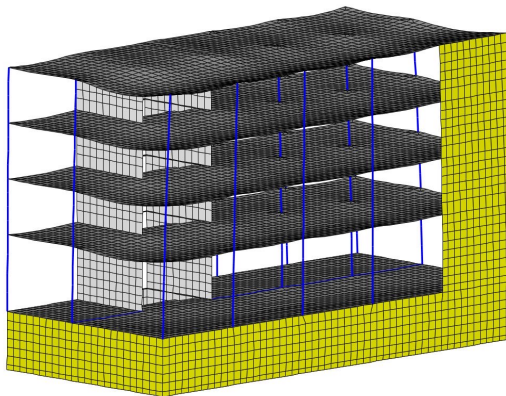
Geometrisches Modell



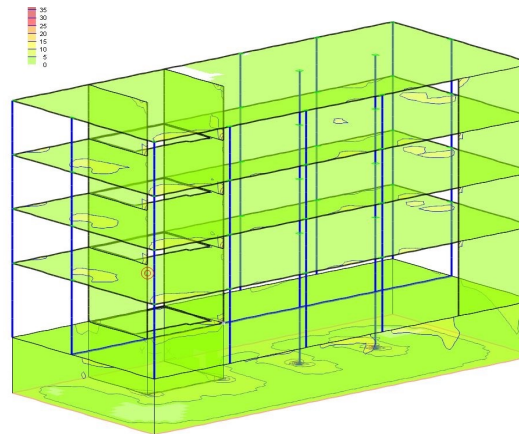
Strukturmodell



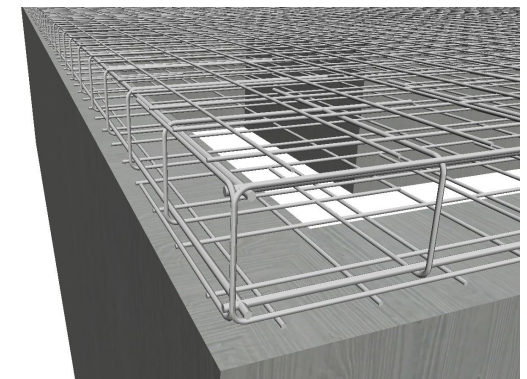
3D-Bauwerk mit Einwirkungen



Numerische Analyse  
 z. B. Verformungen der Gesamtstruktur

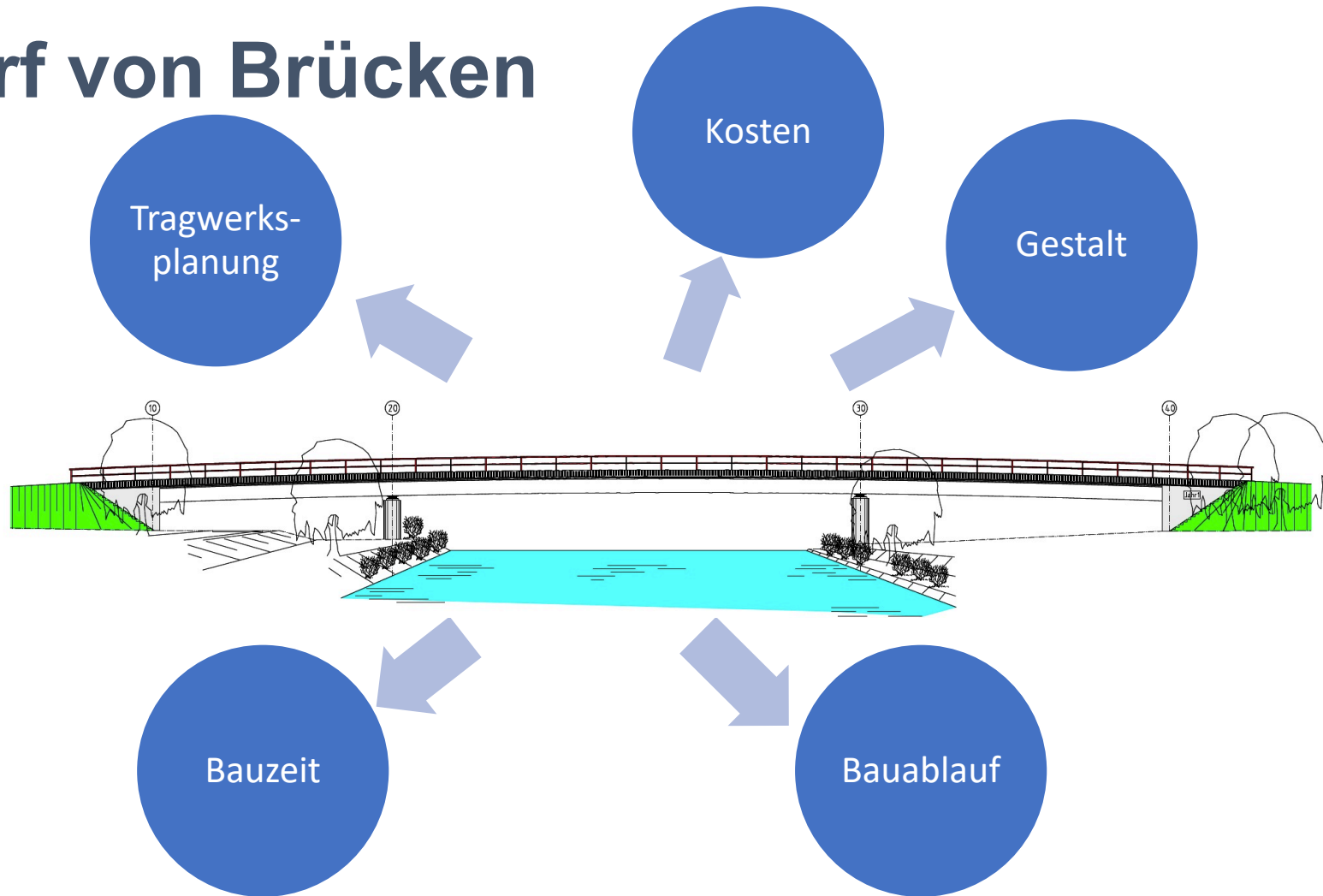


Bemessung  
 z. B. Biegebemessung

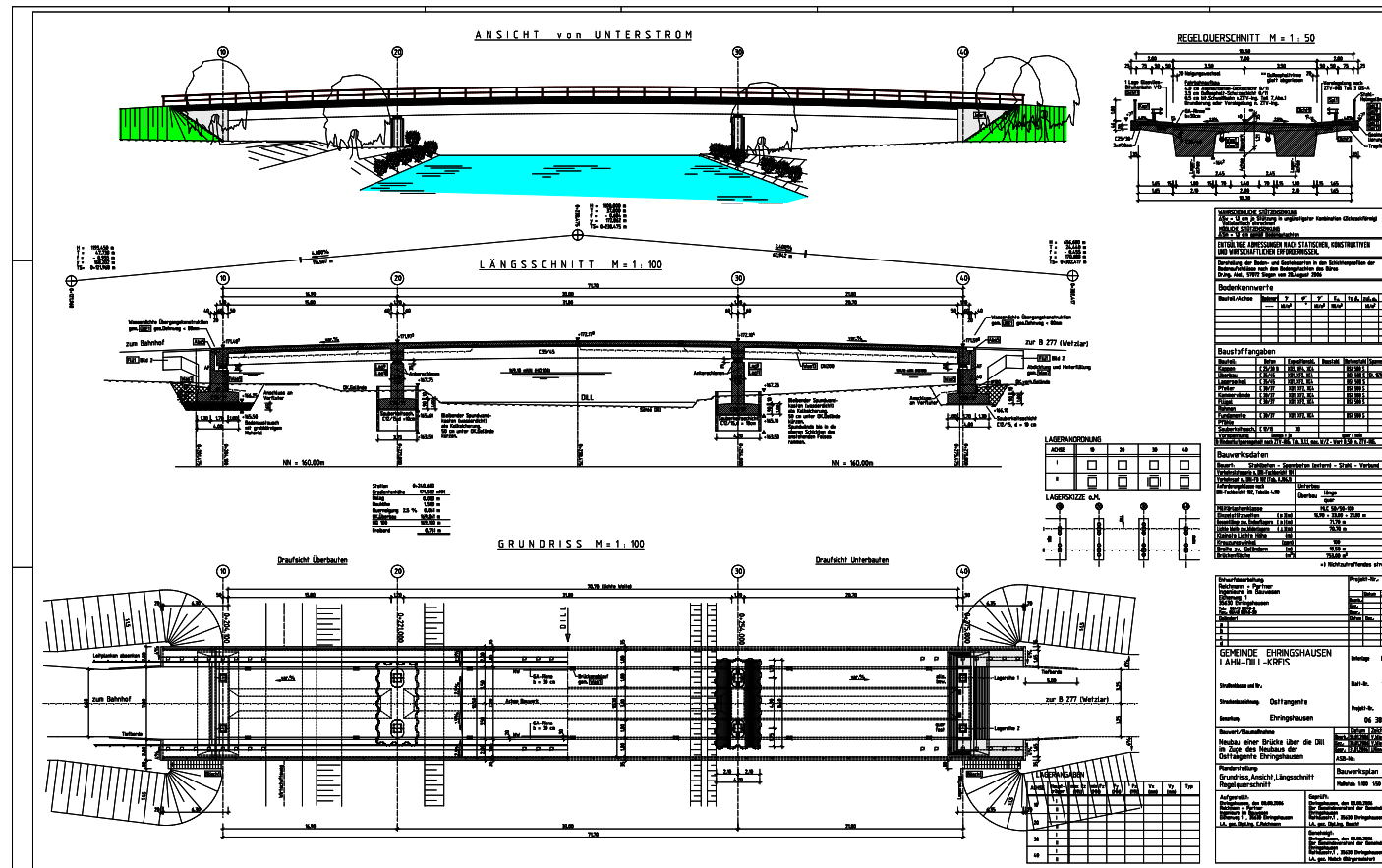


Ausführungsplanung  
 z. B. Bewehrung

# Entwurf von Brücken



# Der „übliche“ Brückenentwurf





# Modellbasierter Entwurf von Brücken



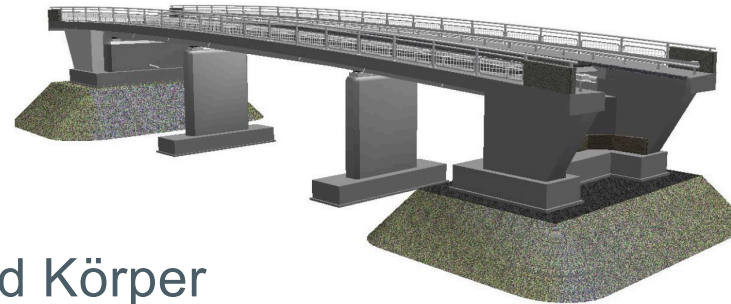
König u. a. :Forschungsbericht  
BIM Materialsammlung

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

# 3D-Brückenmodellierung

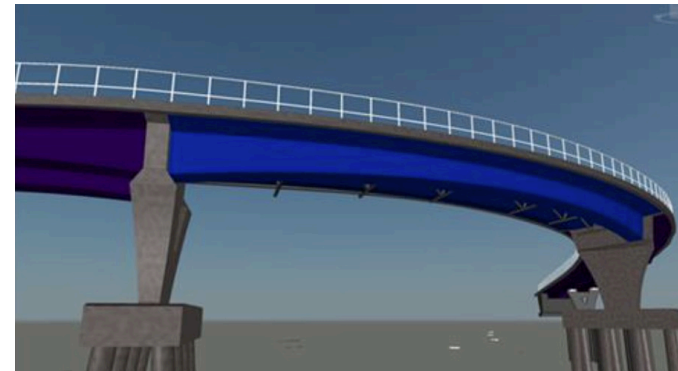
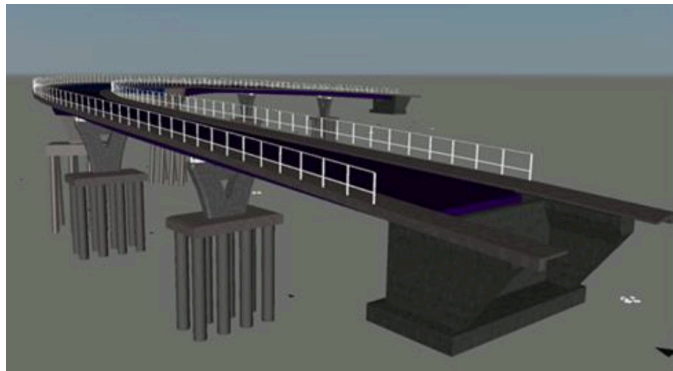
Unterschiede zum Hochbau:

- 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)
- ...

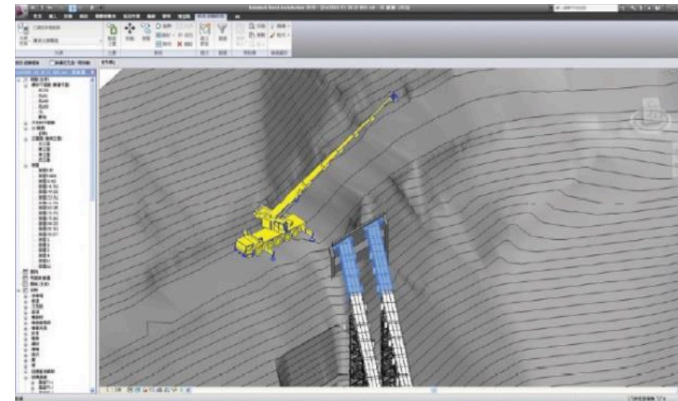
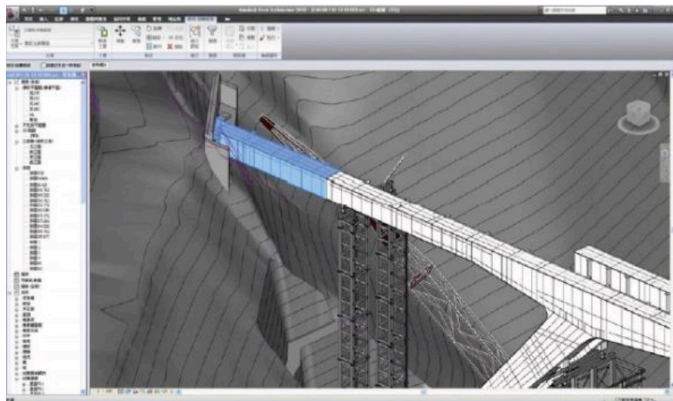


# Beispiel Brückenmodellierung (Autodesk Revit und Dynamo)

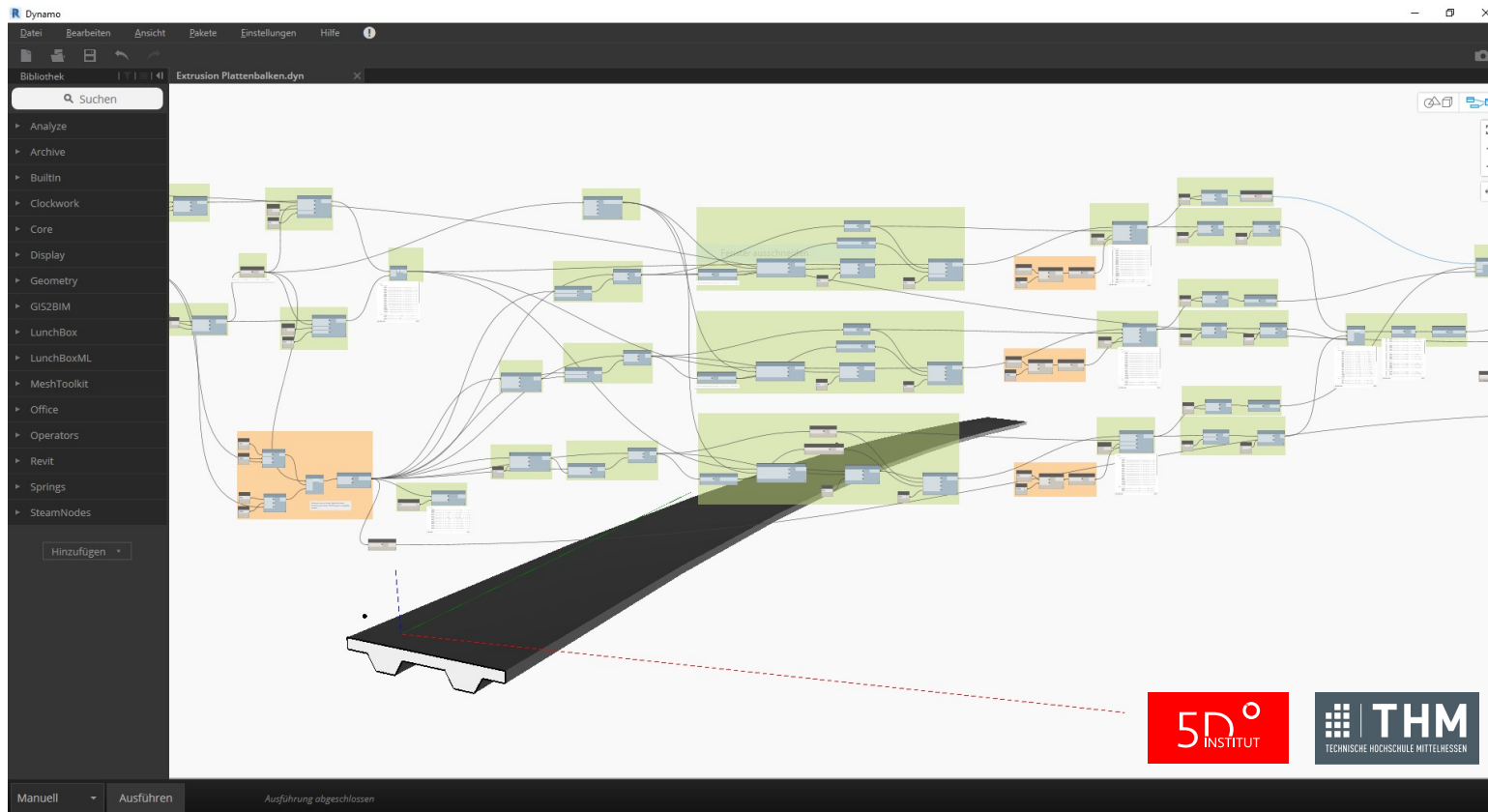
Brücken-  
modell



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

