

BIM in der Tragwerksplanung

Prof. Dr.-Ing. Walter Pauli

Dipl.-Ing.(FH) Sandro Pollicino M.Eng.

1

Inhalt

- BIM - Soll – Ist – Zukunft
- 3D Gebäudemodel
- Tragwerksplanung

- Software
 - Autodesk Revit Structure
 - SOFiSTiK

2

Erkennbarer Trend

- 2D CAD Planung
- 3D-Projektbearbeitung
- BIM-Arbeitsweise ermöglicht eine fachübergreifende Planung
- 3D-Model als Grundlage eines interdisziplinären Planungsprozesses



3

Weitere Vorteile der 3D-Planung

- gestiegene Planungsansprüche
- Projektpräsentation beim Bauherrn
- Umsetzung auf der Baustelle
- Steigerung der Planungsqualität
- Spaß an der Arbeit

4

Workflow in der Praxis

- bisherige Arbeitsweisen und Werkzeuge
- heutige technische Möglichkeiten
- künftige Entwicklungen

5

Vor dem Computer-Zeitalter

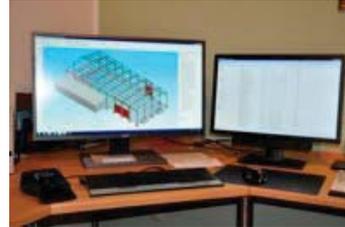
- von Hand erstellte Bauzeichenpläne
 - Zeichenbrett
 - Tusche
 - Transparentpausen
- 2D-Zeichnungen
 - Grundrisse, Schnitte, Ansichten
- Informationsfluss durch Planweitergabe
- Statik mit dem Taschenrechner



6

Mit beginn des Computer-Zeitalters

- CAD ersetzt das Zeichenbrett
- Weitergabe der Pläne
 - auf Papier geplottet
 - digital als PDF, DWG
 - Austausch per E-Mail
 - Bearbeitung in Indien oder auf den Philippinen ist zeitnah realisierbar
- PC übernimmt Aufgaben des Taschenrechners



7

Fortgeschrittenes Computerzeitalter

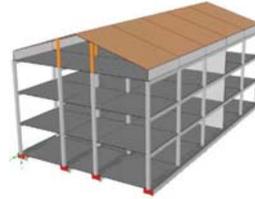
- Digitales erfassen aller Gebäudedaten
- **3D Gebäudemodel**
- 4D Bauablaufplanung
- 5D Kosten
- 6D Lebenszyklus
- ...



8

Gebäudemodell

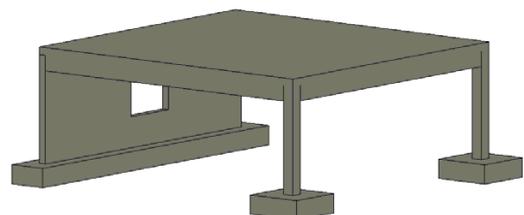
- die Tragwerksplanung erfordert zwei unterschiedliche Modelle
 - geometrisches Modell
 - analytisches Modell
- beide Modelle stehen jedoch in Bezug zueinander
- in der Regel mit einer gemeinsamen Datenbank



9

Geometrisches Modell

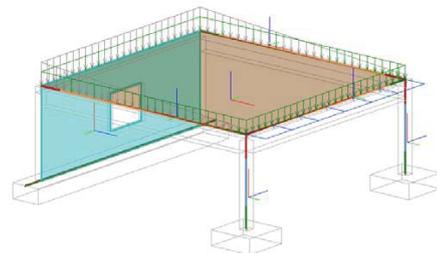
- beinhaltet die exakte Geometrie
- die Bauteile werden als Objekte erfasst
- z.B. Unterzug
 - dreidimensionaler Volumenkörper
 - Material und Querschnittskontur
 - Darstellung im Schnitt, Ansicht oder Perspektive



10

Analytisches Modell

- geometrisch vereinfachtes Tragwerkselement
- quasi statische Skizze
- Grundlage der statischen Berechnung
- z.B. Unterzug
 - Systemlinie und Randbedingungen
 - Material und Querschnitt
 - Einwirkungen (Lasten)



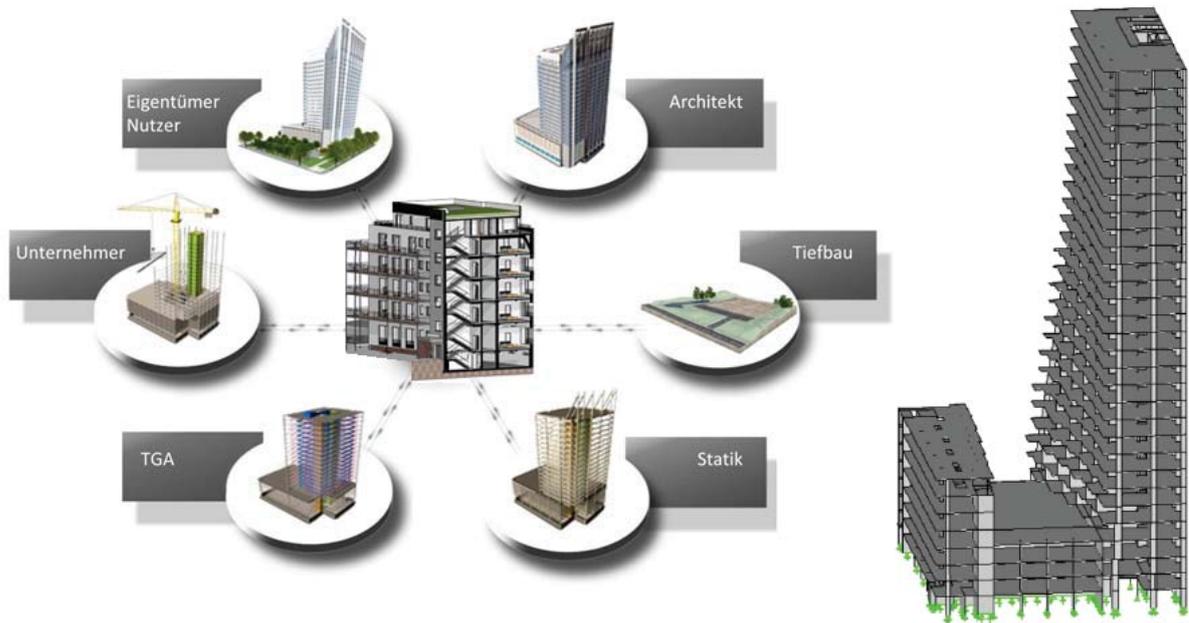
11

Hürden beim Umstieg

- Finanziell
 - neue aktuelle Hardware
 - Investition in die Software (Updatezyklen)
 - Ausbildung der Sachbearbeiter
- Zeitproblem
 - aktuelle Projekte -> fehlender Planungsvorlauf
 - (noch) fehlende Synergieeffekte
 - > Schnittstellen-Problematik

12

BIM - Gebäudemodelle



13

Erwartungen an BIM

- Digitalisierung des gesamten Planungsprozesses
- Datenbasis: 3D-Modell für das Bauwerk
- Integration aller Planungsgewerke
 - Architektur
 - **Tragwerksplanung** → 
 - Technischer Gebäudeausbau
- Integration der Kalkulation, LV und Mengen
- Berücksichtigung des Bauablaufs + Bautermine
- Betrieb des Bauwerks
- Rückbau, Recycling

14

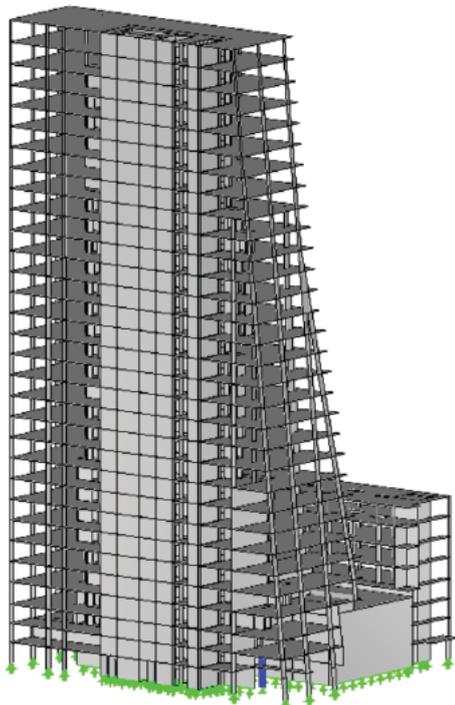
Tragwerksplanung

Baurechtliche Anforderungen

1. Standsicherheit
2. Gebrauchstauglichkeit
3. Brandschutz
4. Wirtschaftlichkeit
5. Prüfbarkeit
6. Interaktion mit
 - Bauherrn und Architekten
 - Ausführung auf der Baustelle

15

Gebäudemodell Hochhaus



Tragwerk mit Geometrie aus der Objektplanung zum jeweiligen Planungsstand

Höhe: 99,2 m

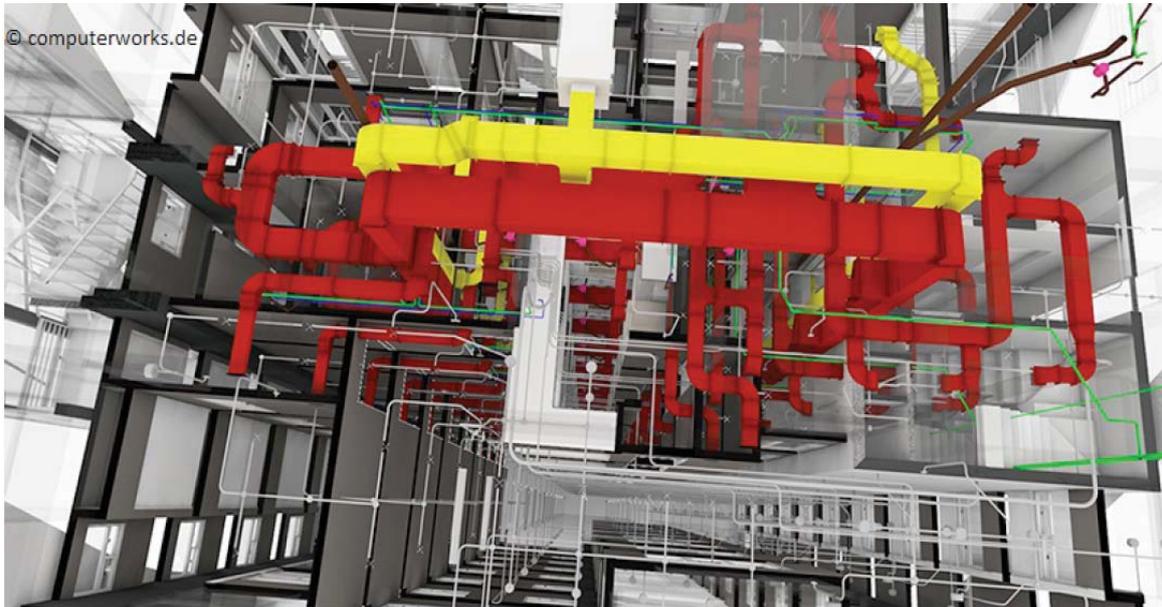
Geschossfläche max:
706 m²

Geschossfläche min:
566 m²

Volumen: 115.500 m³

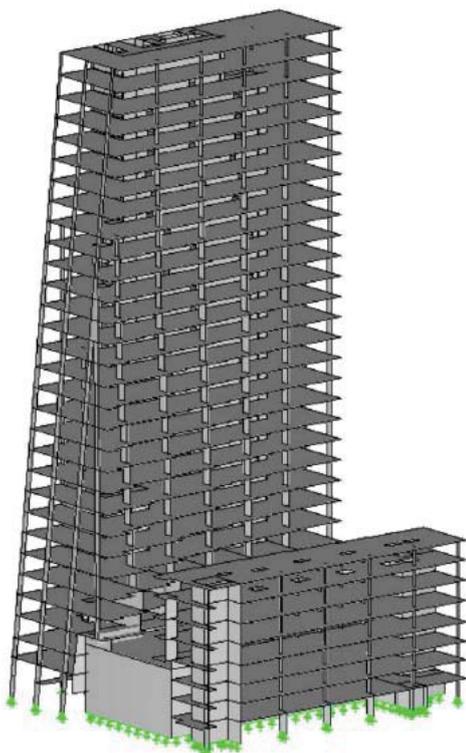
16

TGA



17

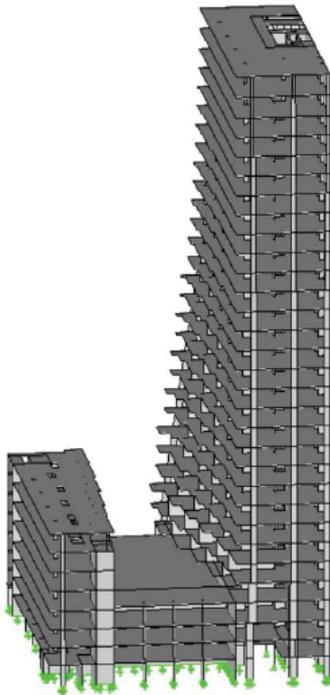
Statische Annahmen



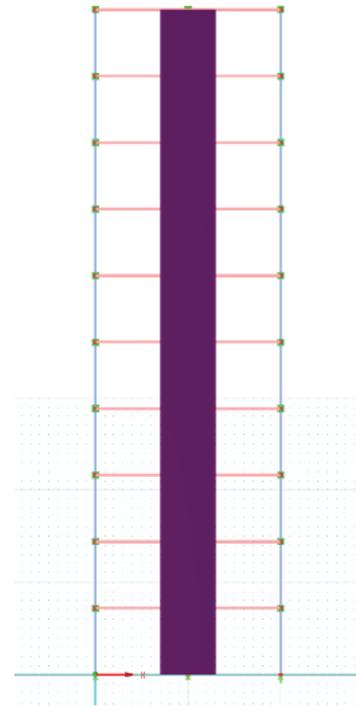
Alle Flächen biegesteif
verbunden
Linear-elastische
Berechnung
Bemessung der
Schalenelemente und
Stäbe
Theorie 2. Ordnung

18

Untersuchung der Axialverformungen

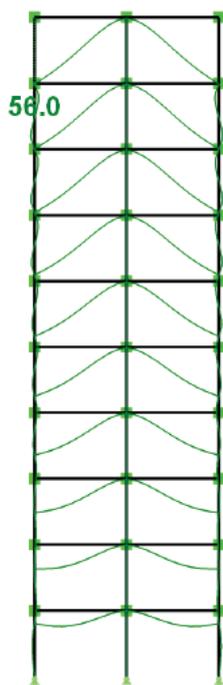


Zur Veranschaulichung wird ein Stabwerk betrachtet!

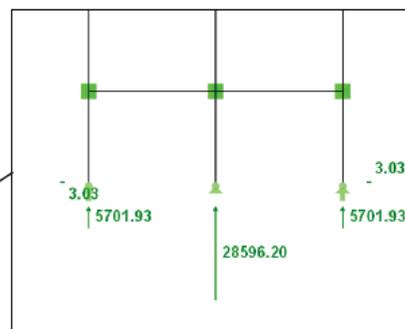


19

Hochhaus Eingußsystem

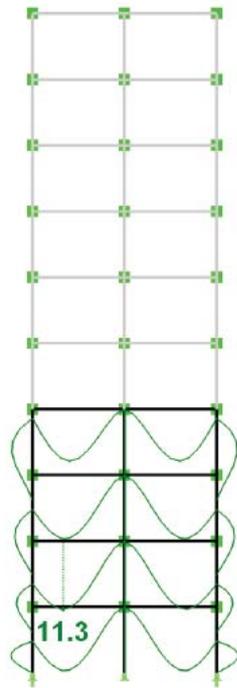


Einfluss der Axialverformung der Stützen
Stützenlasten unterschätzt!

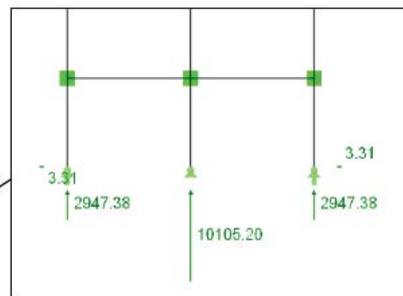


20

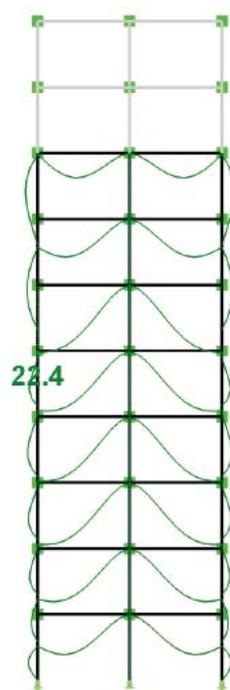
Hochhaus Bauzustand 4



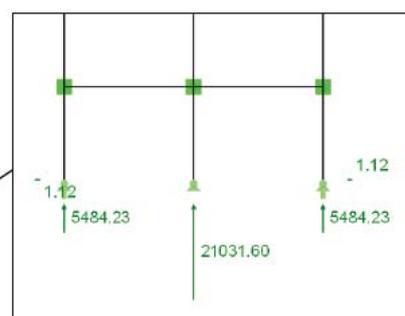
Die Schnittgrößen werden baustandsweise ermittelt und nachjustiert entsprechend Bauprozess



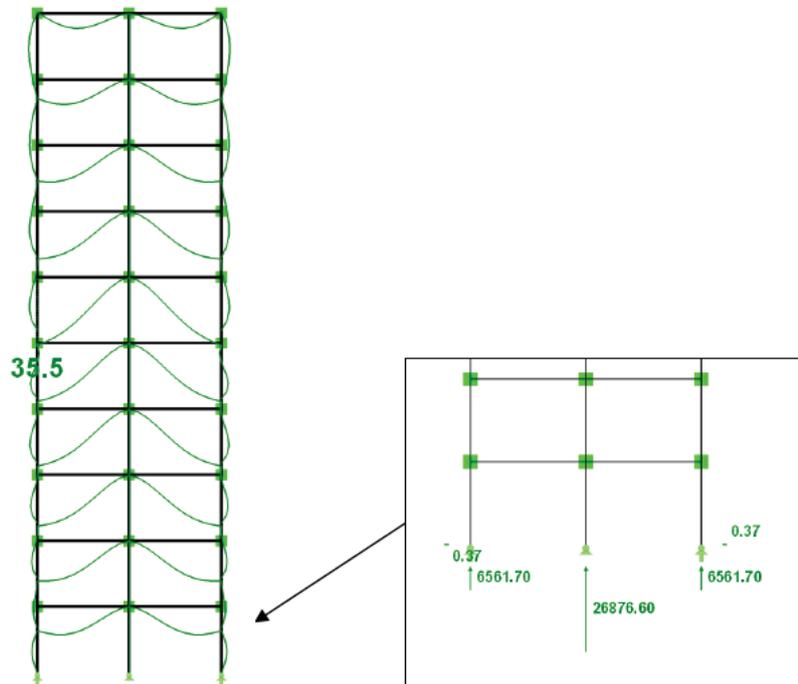
Hochhaus Bauzustand 8



In jedem Bauzustand werden die Höhenkoten der Decken einjustiert

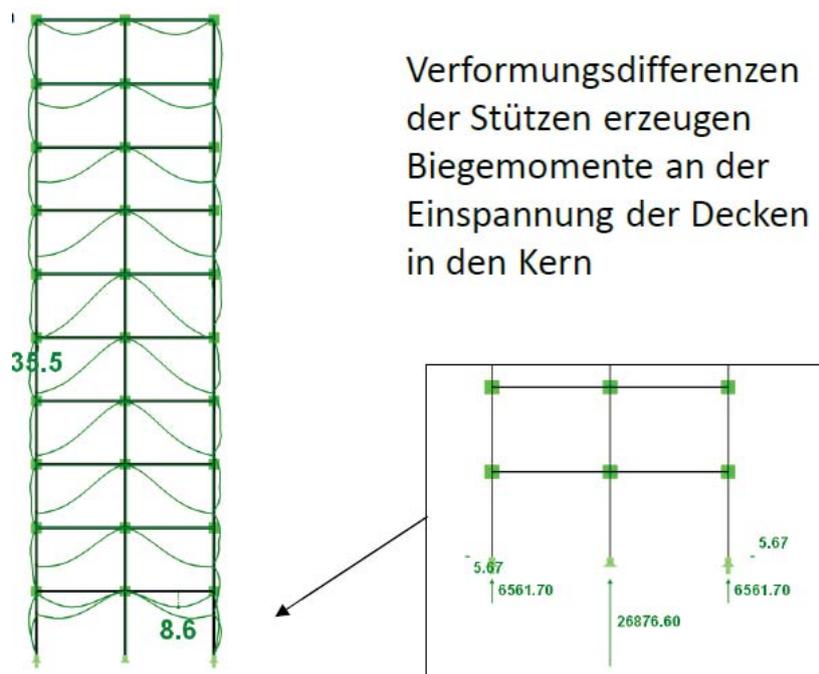


Hochhaus Bauzustand 10



23

Einhüllende der Bauzustände



24

Vergleich der Stützenlasten

- Decke eingespannt Stützen mit Axialverformung : $N_{ed} = 223 \text{ KN}$
- Decke eingespannt Stützen ohne Axialverformung: $N_{ed} = 322 \text{ KN}$

- Decke gelenkig Stütze mit Axialverformung : $N_{ed} = 432 \text{ KN}$
- Decke gelenkig Stütze ohne Axialverformung: $N_{ed} = 441 \text{ KN}$

- Aus Lasteinzugsfläche : $e_d = 16,20 \text{ KN/m}^2$
- $N_{ed} = 16.20 \times 3.75 \times 7.50 = 456 \text{ KN}$
- Quotient : $223/456 = 49\%$

25

Konsequenz

für die Tragwerksplanung mit einem Gebäudemodell im Endzustand:

- In der Regel keine zutreffende Beschreibung eines abschnittsweise zu erstellenden Stahlbetontragwerks
- Erforderlich zur Berechnung
 - der Gebäudeaussteifung
 - Erdbebensimulation

26

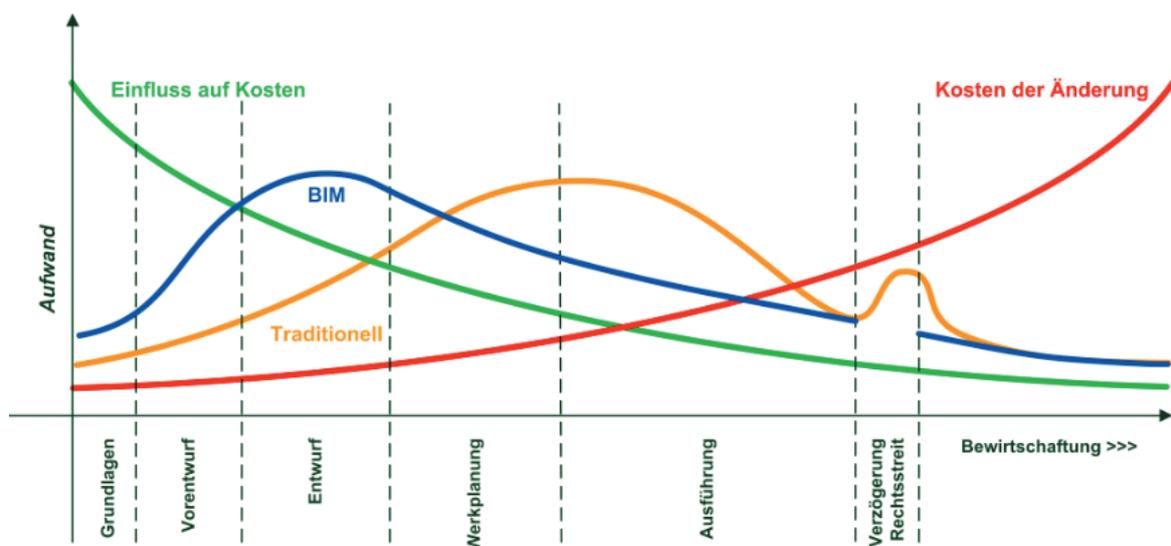
Gebäudemodelle sind keine Patentrezepte

Bei der Tragwerksplanung mit Gebäudemodellen sind i.d.R. durch ergänzende Untersuchungen zu berücksichtigen:

- Bauablauf und ein damit verbundener Systemwechsel → **Positionstatik**
- Zwang aus Temperatur
- Zwang aus Baugrundsetzungen
- Steifigkeitsänderungen infolge Rissbildung
- Einspannverhältnisse und die konstruktive Durchbildung

27

Aufwandsverlagerung von BIM



Quelle: BIM-Leitfaden für Deutschland, Forschungsinitiative ZukunftBAU

28

Feststellung

- BIM führt zu einer deutlichen Aufwandsverlagerung
- die Phasen der HOAI erfordern eine Anpassung
- die Gebührenordnung der Prüferingenieure ist ebenfalls anzupassen



29

Kosten für die Ingenieurbüros

- Hardware
- Software (Updatezyklen)
- Schulung der Anwender

- große Büros -> Mehrfachlizenzen
- kleine Büros -> Einzellizenzen
- ich mache mich selbstständig

30

Rückwirkungen von BIM

- Softwareentwicklung
- neue Tätigkeitsbereiche des Bauingenieurs
 - BIM-Manager als Generalist zwischen Bauinformatik und Ingenieurwissen
- die Tragwerksplanung und der Baubetrieb arbeiten auf Augenhöhe zusammen
 - > siehe BIM 2

31

Übersicht zum SOFiSTiK-Workflow

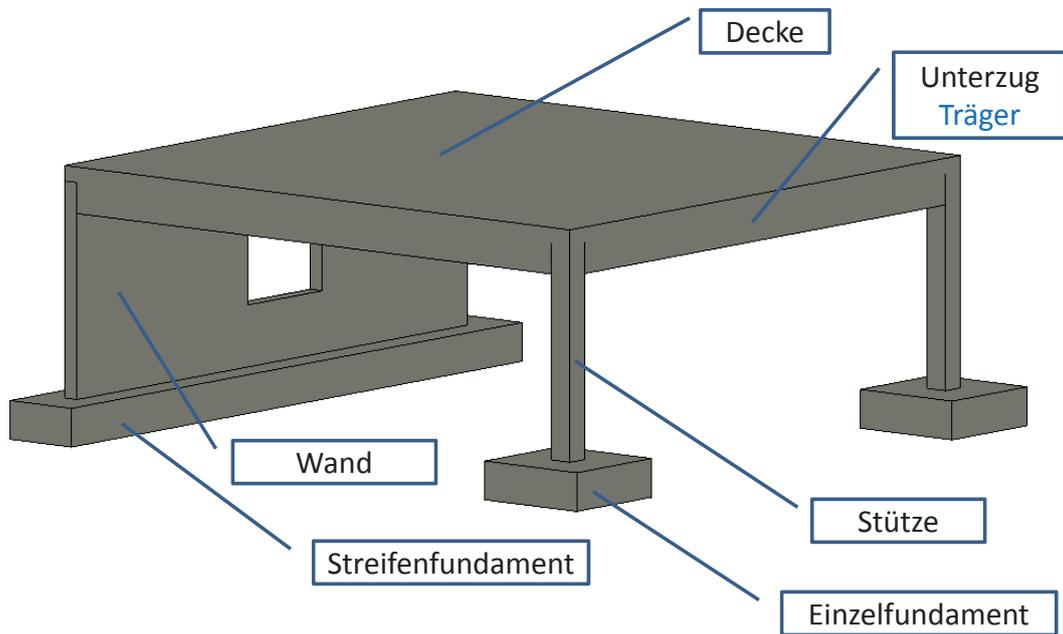


Video ca. 22 min

<https://www.youtube.com/watch?v=OT7svpAtZOU>

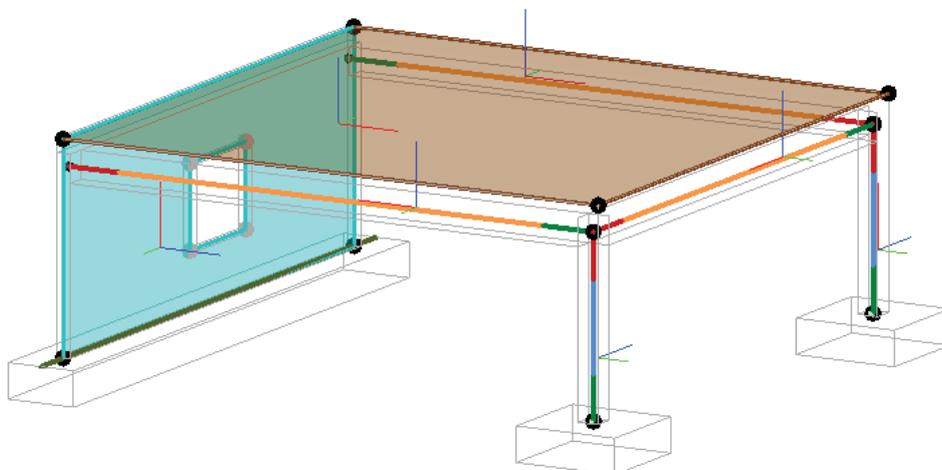
32

3D Gebäudemodell



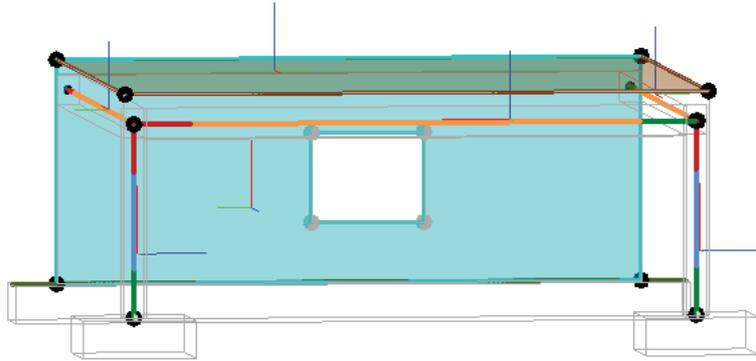
33

Systemlinien



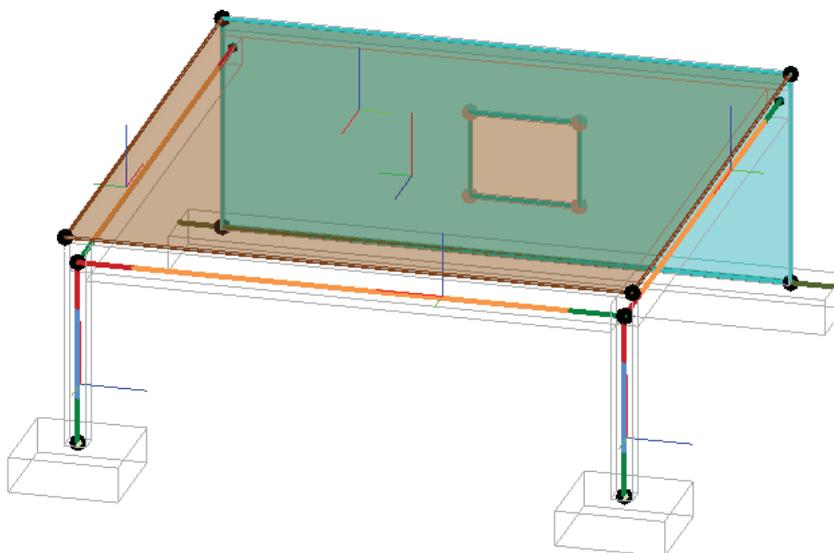
34

Versprung Decke UZ/Stütze



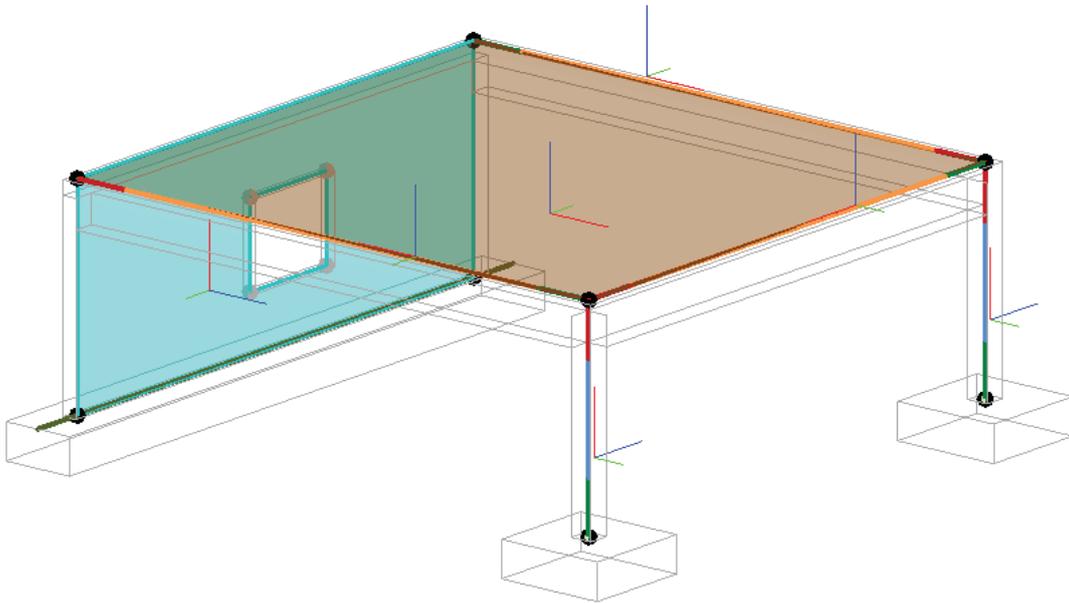
35

Decke/Wand - Unterzug



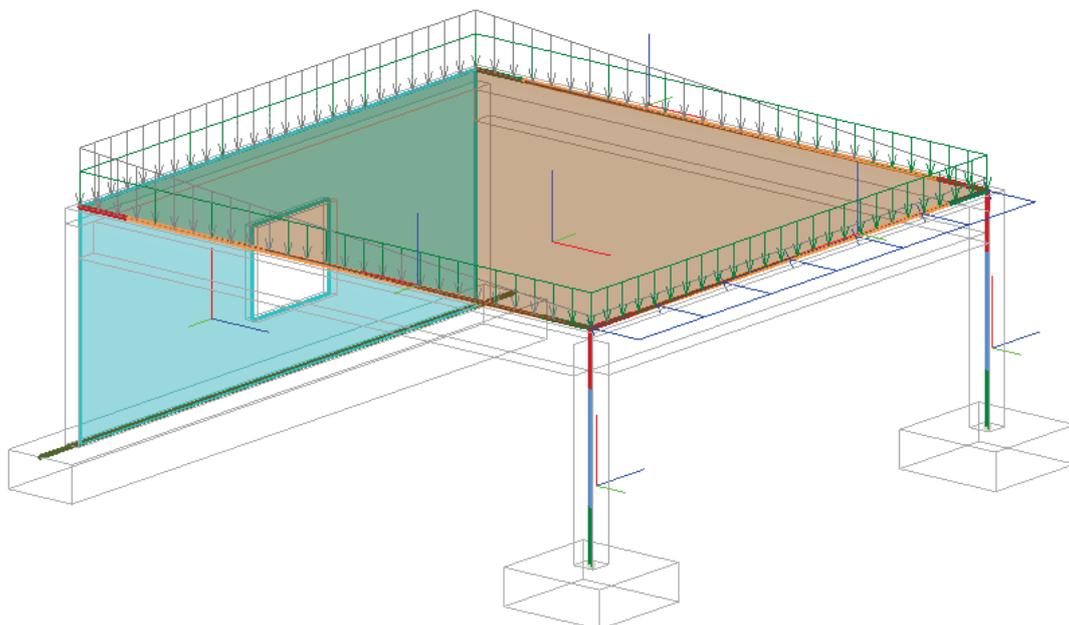
36

Konsistentes Berechnungsmodell



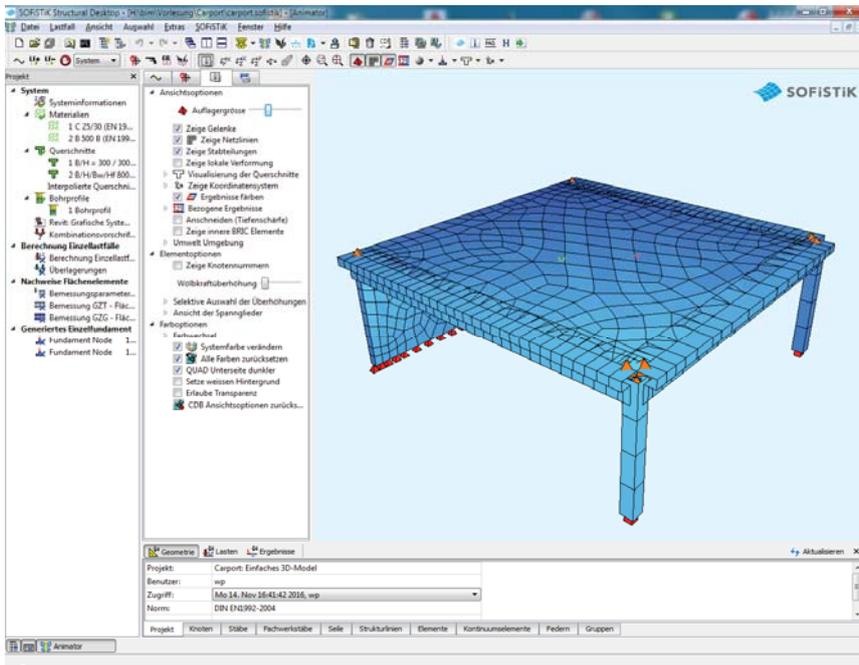
37

Lasten auf Systemlinien



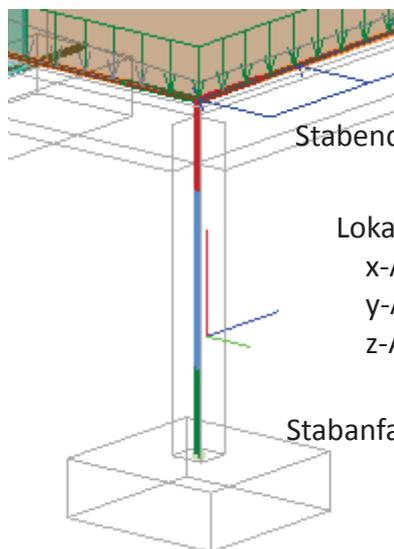
38

Balken/Platte Problem



39

Lokales Koordinatensystem



Stabende (rot)

Lokales Stab-Koordinatensystem

x-Achse (rot)

y-Achse (grün)

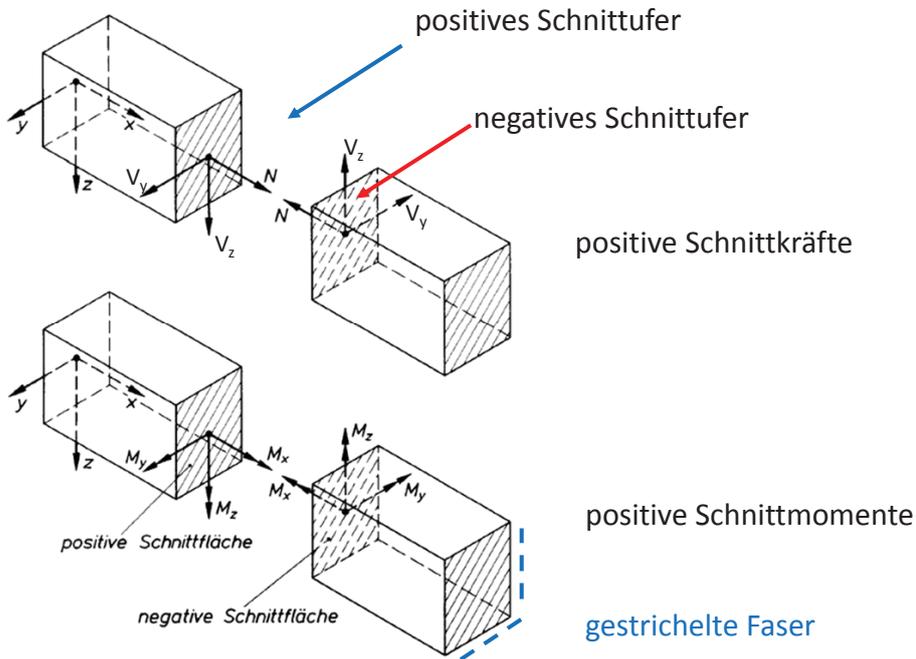
z-Achse (blau)

Merke: RGB -> xyz

Stabanfang (grün)

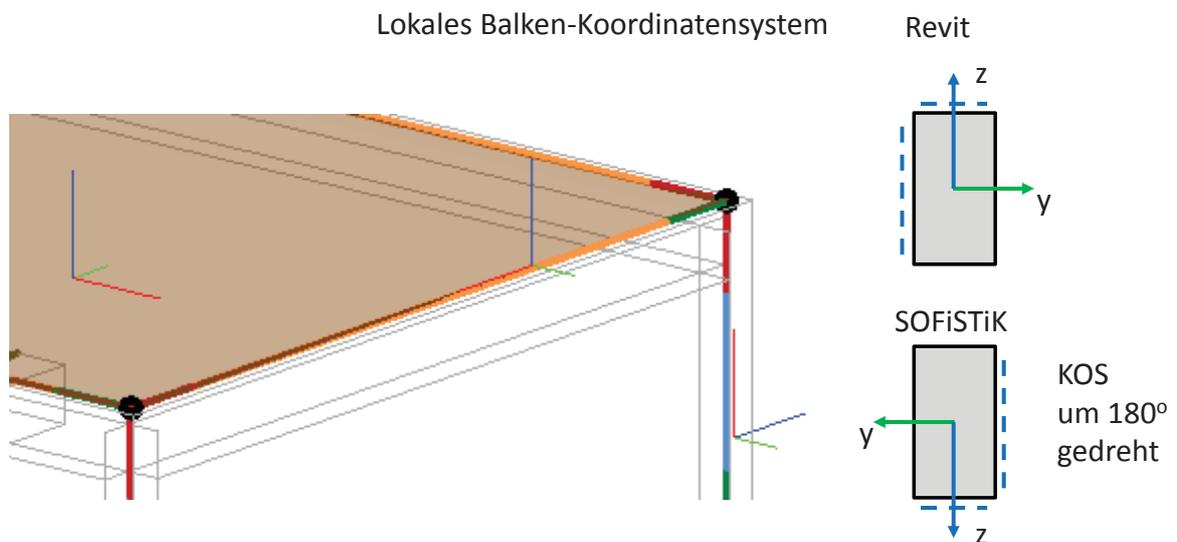
40

Bedeutung des lokalen KOS



41

Verkehrte Welt



Gewohnt ist man ein positives Feldmoment und negatives Stützmoment

42

Benötigte Software

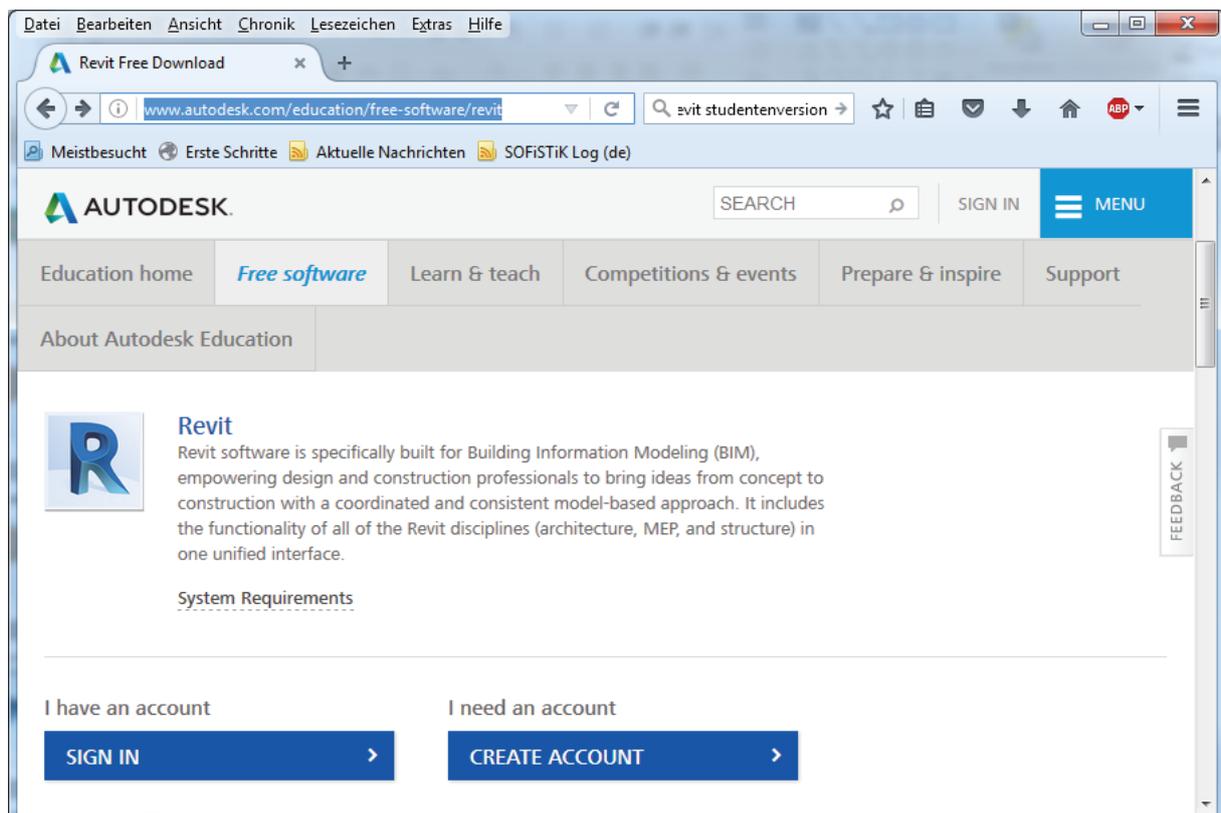
- 3D Gebäudemodel → Autodesk Revit 2017
- Statik → SOFiSTiK 2016

Studentenversion sind in beiden Fällen erhältlich

www.autodesk.com/education/free-software/revit

www.sofistik.de

43



44

www.sofistik.de/downloads/educational-version/

SOFISTIK

Produkte ▾ Dienstleistungen ▾ **Downloads ▾** Unternehmen ▾

Suche...

Trialversion **Educational-Version** Aktuelle Downloads

Educational-Version

Ihre Zukunft ist uns wichtig. Deshalb bieten wir Ihnen als Schüler, Student, Lehrkraft oder Dozent aus den Fachbereichen Bauingenieurwesen, Umwelttechnik, Geotechnik, Architektur oder Maschinenbau die SOFiSTiK Educational-Version kostenlos mit vollem Funktionsumfang an.

Um Ihre Educational-Version anzufordern füllen Sie einfach das nachfolgende Formular aus und fügen eine aktuelle Studien- oder Arbeitsbescheinigung im pdf-Format an. **Nach erfolgreicher Prüfung der Daten senden wir Ihnen einen Download-Link.** **"Downloads" können Sie die benötigte Software herunterladen.**

Für den Einstieg in unsere Software empfehlen wir Ihnen den **SOFISTIK YouTube Kanal** mit vielen SOFiNar Videos und das **SOFISTIK Educational Forum** mit Gleichgesinnten.

Downloads

- SOFISTIK**
- SOFICAD
- SOFICAD-OEM

Installations-Reihenfolge:

1. Revit
2. SOFiSTiK
3. Update mit SONAR

oder:

1. SOFiSTiK
2. Revit
3. SOFiSTiK (noch mal)
4. Update mit SONAR

Educational-Version anfordern

www.sofistik.de/downloads/

www.sofistik.de/index.php?id=98&L=0

SOFISTIK

Produkte ▾ Dienstleistungen ▾ Downloads ▾ Unternehmen ▾

Suche...

S.02.001 d = 25 cm

S.01.001 d = 25 cm
Concrete - C 25/30
Concrete Slab
?

BiMTOOLS + BiMTOOLS Library

Die **SOFISTIK BiMTOOLS** sind eine Reihe von Tools, die Ihnen bei der Arbeit mit Revit helfen. Ergänzend dazu enthält die **SOFISTIK BiMTOOLS Library** eine Vielzahl von Bauelementen für den Ingenieurbau in Deutschland, Österreich und der Schweiz.

Name	Änderungsdatum	Typ	Größe
SOFISTIKAGSOFISTIKBiMTOOLS2017.msi	13.10.2016 09:27	Windows Installer...	77.979 KB
SOFISTIKAGSOFISTIKBiMTOOLSLibrary2017.msi	13.10.2016 09:27	Windows Installer...	33.768 KB

Kostenloser Download

BiMTOOLS Library 2017

Die Funktionen im Überblick:

BiMTOOLS

- + Assistent zum Ersetzen von Schriftarten
- + Auslesen von Koordinaten

Installation BIMToolsLibrary

The image shows a Windows File Explorer window displaying the contents of the 'Templates' folder. Two files are listed:

Name	Änderungsdatum
_SOF_BiMTOOLS Template 2017_CH_1.0.rte	29.06.2016 18:54
_SOF_BiMTOOLS Template 2017_DE_1.0.rte	29.06.2016 18:54

Below the file explorer, a red box highlights the text 'Revit Optionen'. To the right, the 'Optionen' dialog box is open, showing the 'Verzeichnisse' (Directories) tab. It lists project template files:

Name	Pfad
SOFISTIK_BiMTOO...	C:\Users\Public\Documents\Autodesk\Do...
Construction-Vorla...	C:\ProgramData\Autodesk\RVT 2017\Tem...
Architektur-Vorlage	C:\ProgramData\Autodesk\RVT 2017\Tem...
Ingenieurbau-Vorla...	C:\ProgramData\Autodesk\RVT 2017\Tem...
Gebäudetechnik-V...	C:\ProgramData\Autodesk\RVT 2017\Tem...

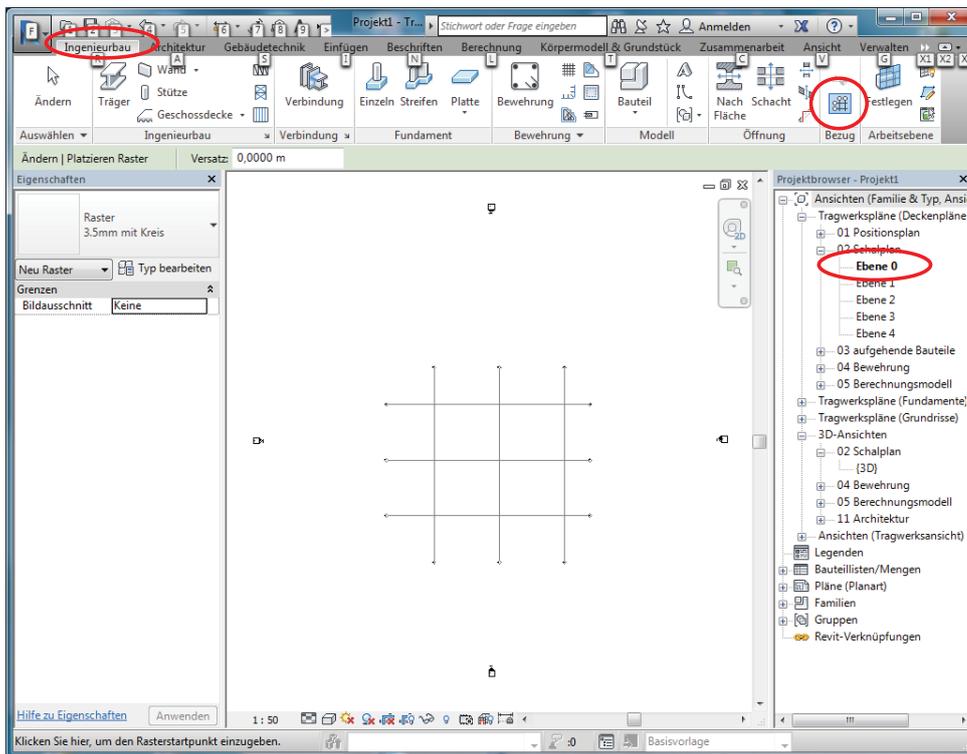
47

Ablauf mit Revit

The image shows the Revit software interface. The 'Projekte' (Projects) panel on the left has the 'Neu...' (New...) button circled in red. A 'Neues Projekt' (New Project) dialog box is open, showing the 'Vorlagedatei' (Template file) dropdown set to 'SOFISTIK_BIMTOOL'. A callout box with an arrow pointing to the dropdown contains the text 'erfordert gesonderte Installation' (requires separate installation). The dialog box also shows 'Neu erstellen' (New creation) options with 'Projekt' (Project) selected.

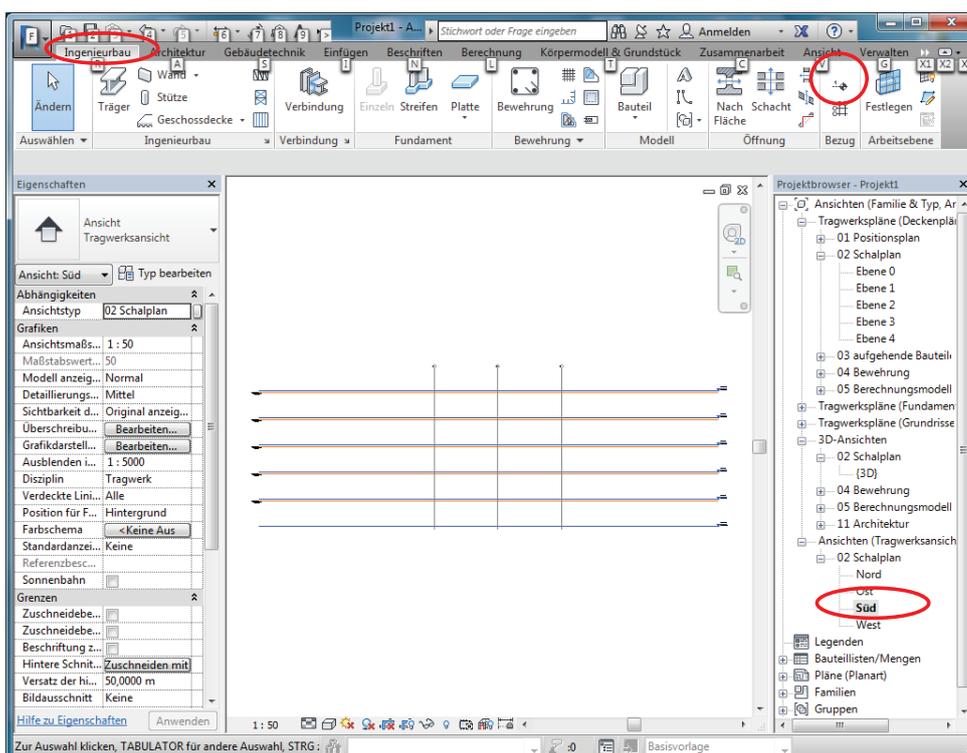
48

Ingenieurbau -> Achsraster



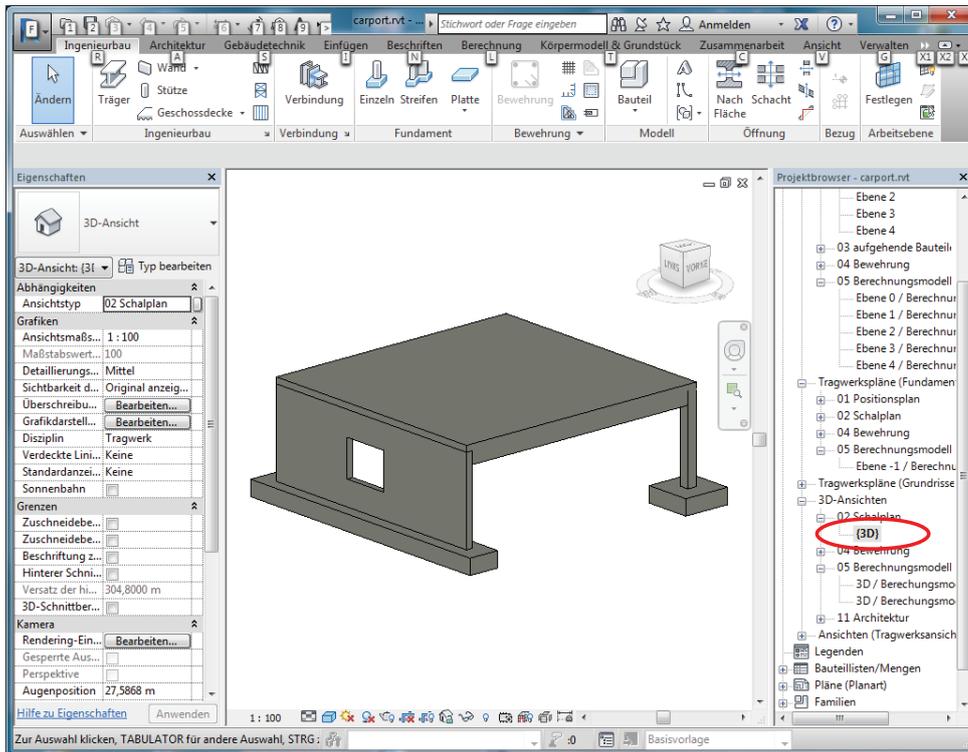
49

Ansicht - Ebenen



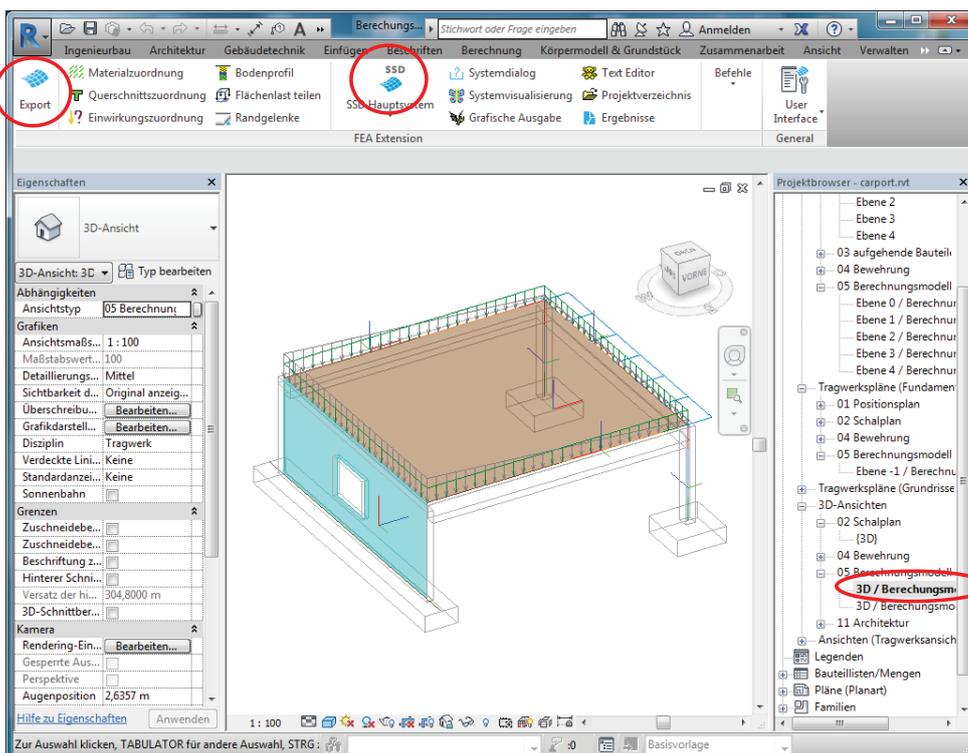
50

3D Gebäudemodell



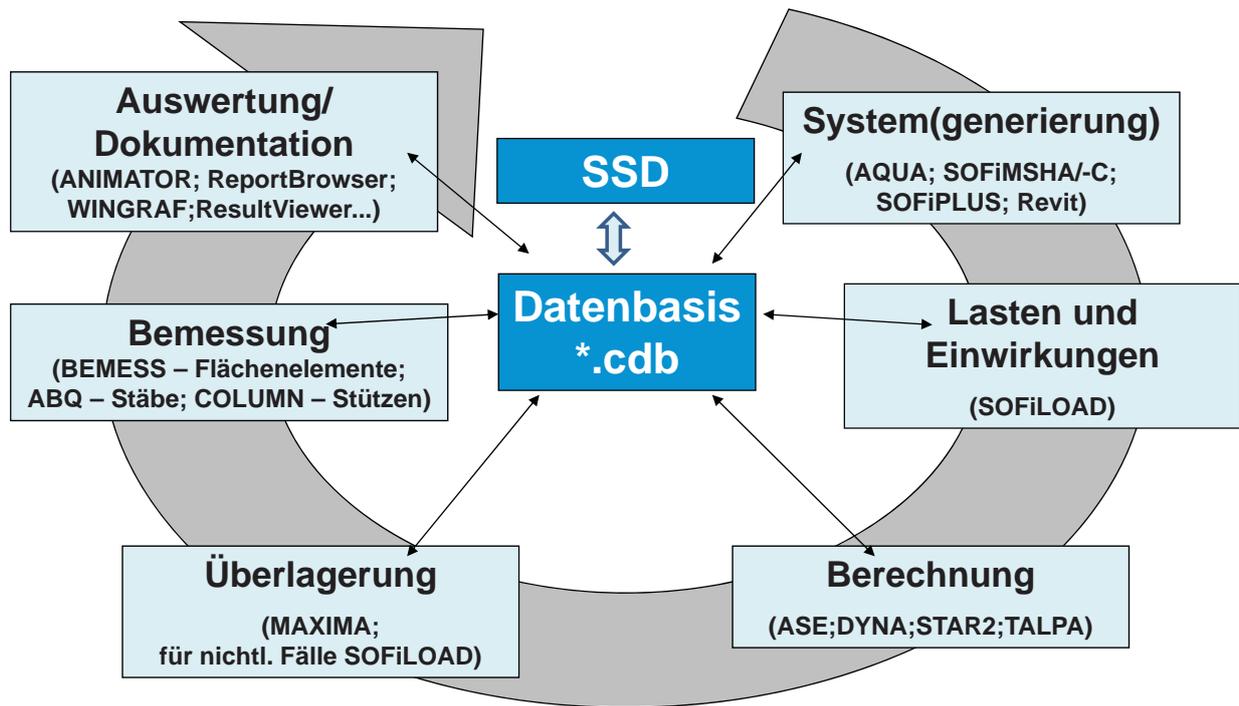
51

3D Berechnungsmodell



52

SOFiSTiK Projektbearbeitung



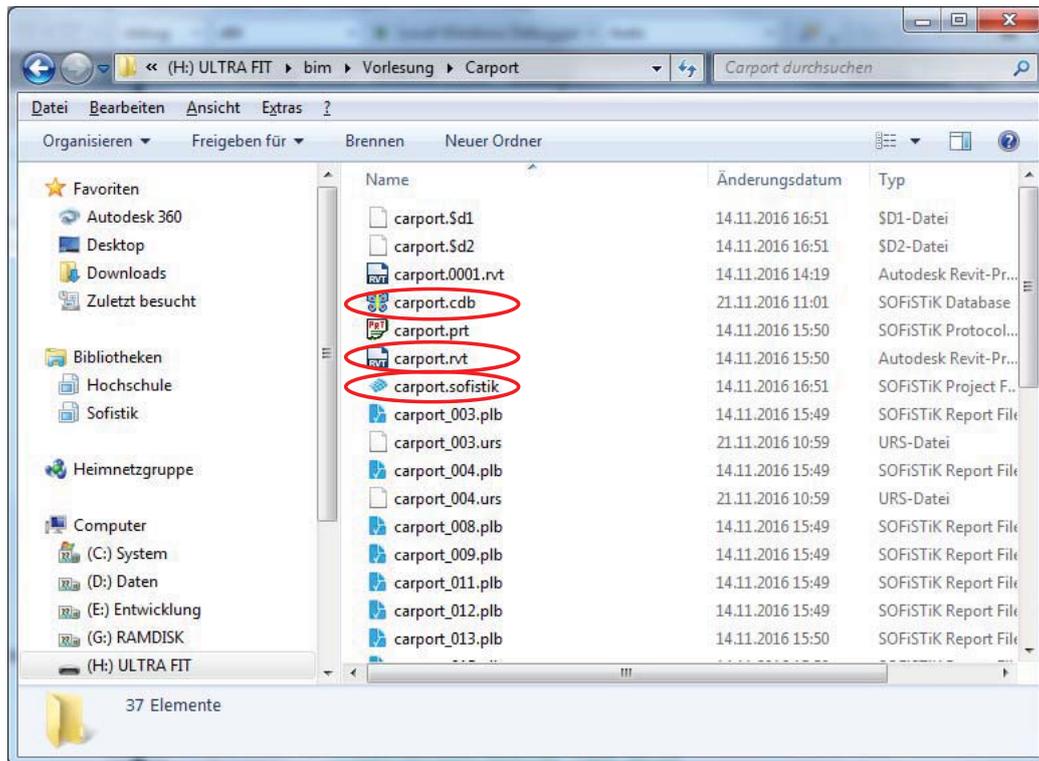
53

Organisation in der SOFiSTiK

- modularer Aufbau
- zentrale Datenbank -> Projektname.cdb
alle Module lesen bzw. speichern auf dieser Datenbank
- Revit erzeugt eine Eingabedatei (Textdatei), die SOFiSTiK-Module setzen die Eingabe in die Datenbank um
- **jedes Projekt in ein eigenes Verzeichnis**

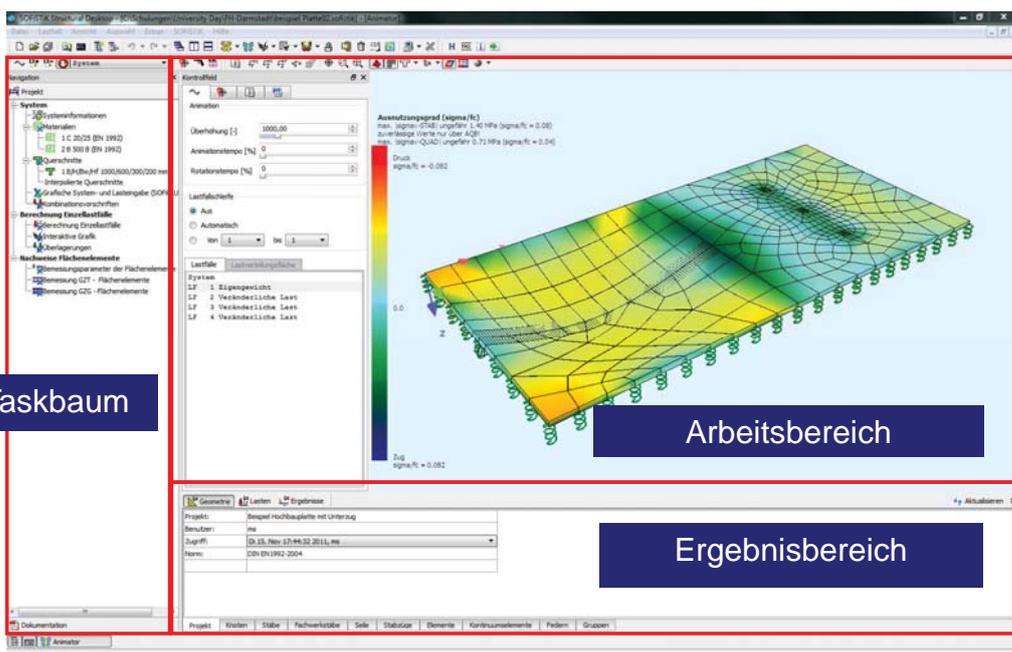
54

Daten-Handling



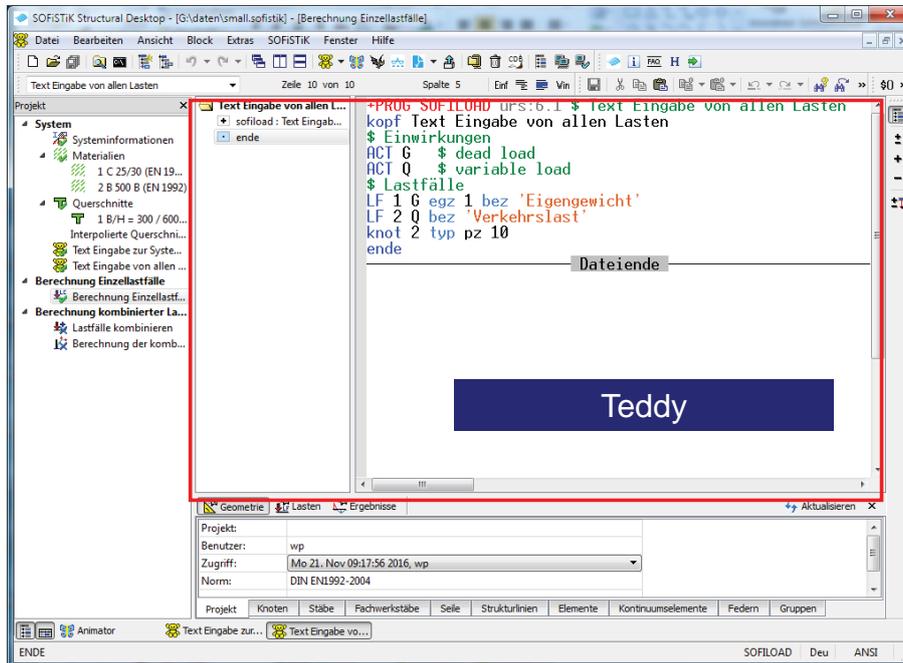
55

SOFiSTiK Structural Desktop - SSD



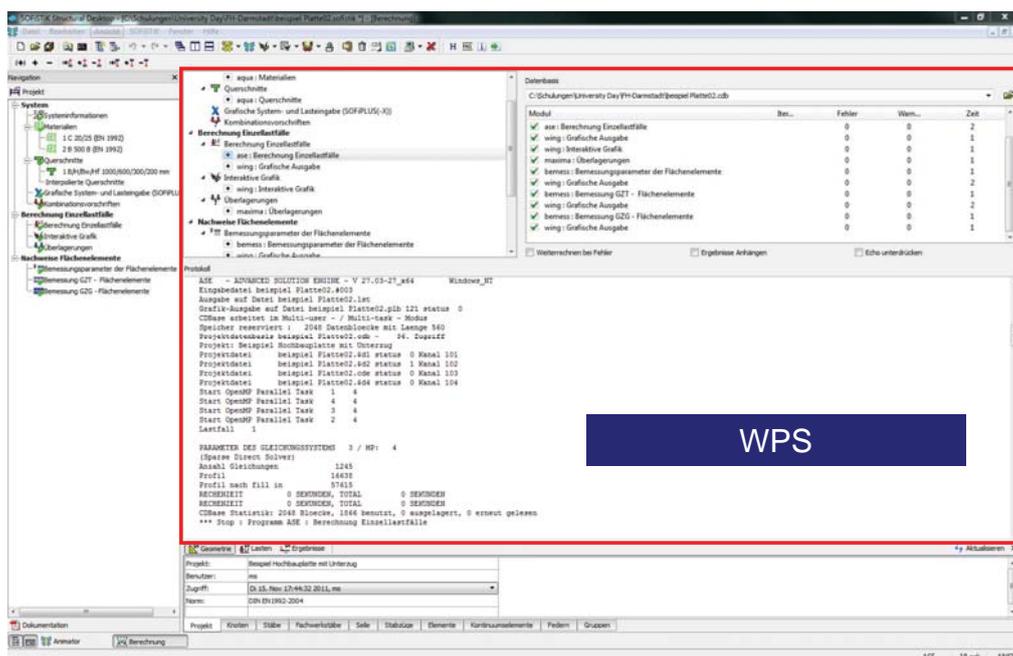
56

Datenaufbereitung - Teddy



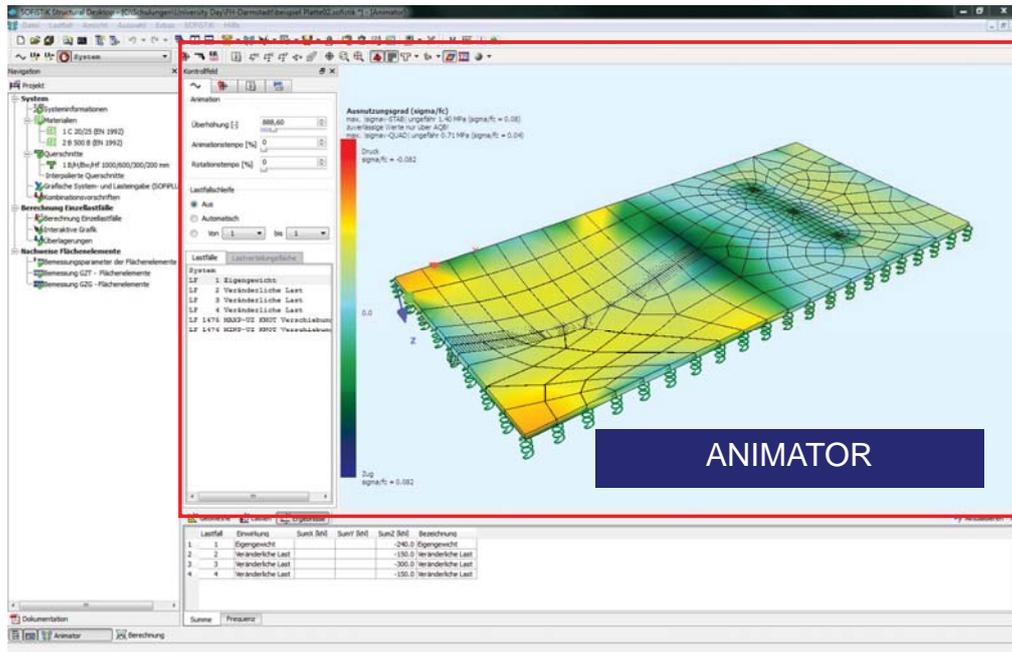
57

Durchführung einer Berechnung

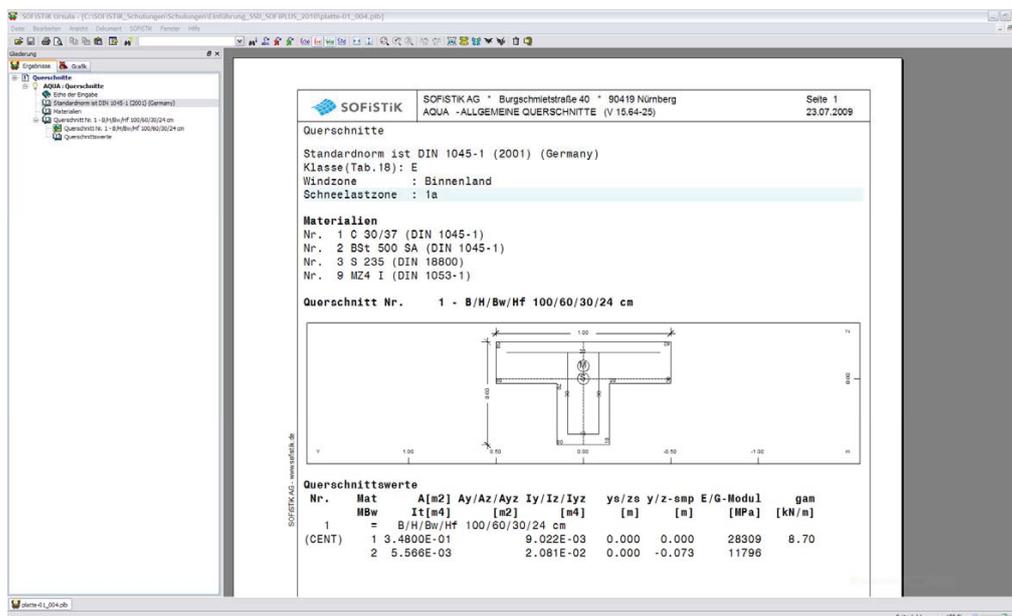


58

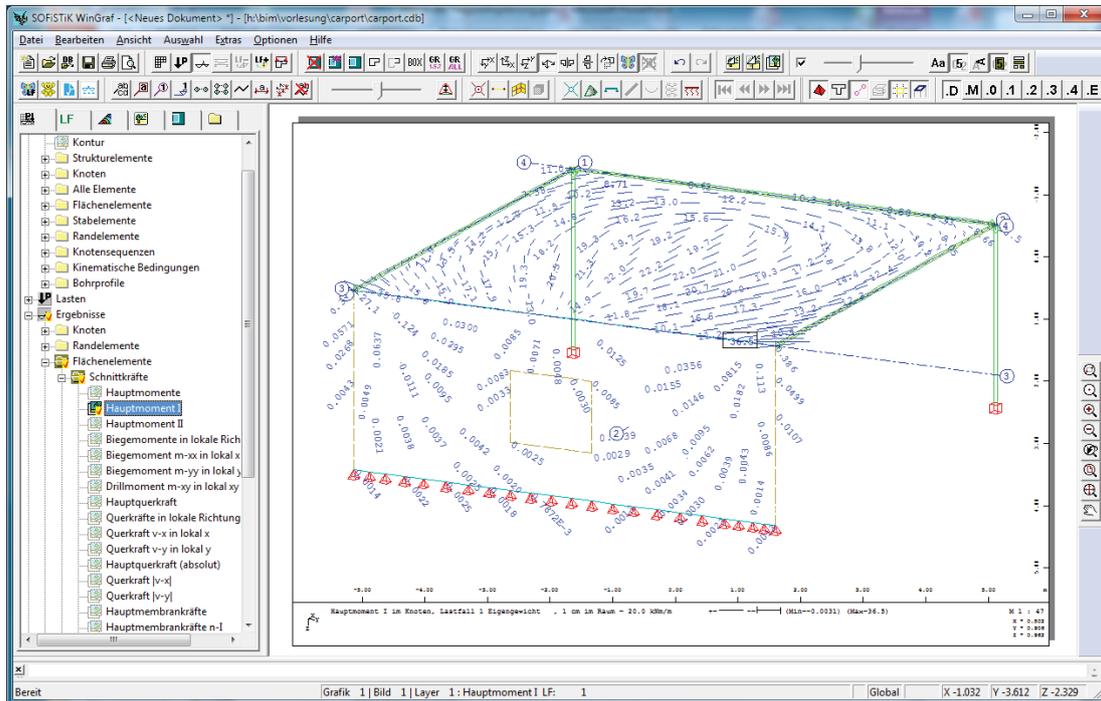
Visualisierung - Animator



Ergebnisse - ReportBrowser

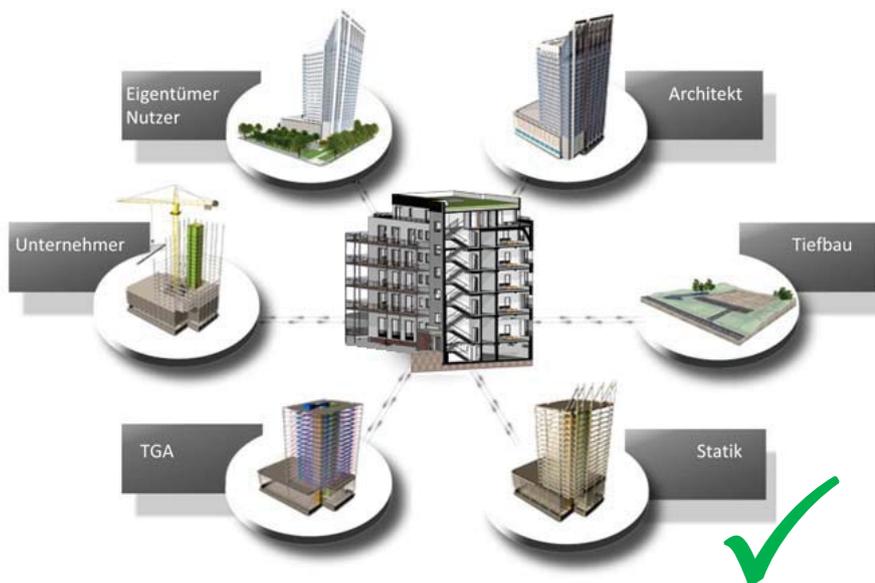


Ergebnisse Grafisch - WinGRAF



61

Ziel: Prüffähige BIM-Statik



62