



# KI in der Tragwerkplanung

Prof. Dr.-Ing. Philipp Gleich & M.Sc. Richard Lorenz

BBIK, 26.06.2024

# SITUATION

# Herausforderungen – Ingenieure & Unternehmen

Kreislaufwirtschaft  
Flexibilität  
Internationalisierung  
Zukunftsorientiertes Bauen  
Nachhaltige Planung  
Nachhaltiges Wachstum  
Energieeffizienz  
Augmented Reality AR

Projektmanagement  
Knappe Baustoffe  
Personalverantwortung  
Fundiertes Wissen  
Risikomanagement  
Kommunikationsfähigkeit  
Regulatorische Kenntnisse  
Bauvorschriften und Normen  
Kontinuierliche Weiterbildung

Softwarekenntnisse  
BIM  
Zertifizierung  
Datenanalyse  
...?  
Teamfähigkeit  
Kontinuierliche Weiterbildung

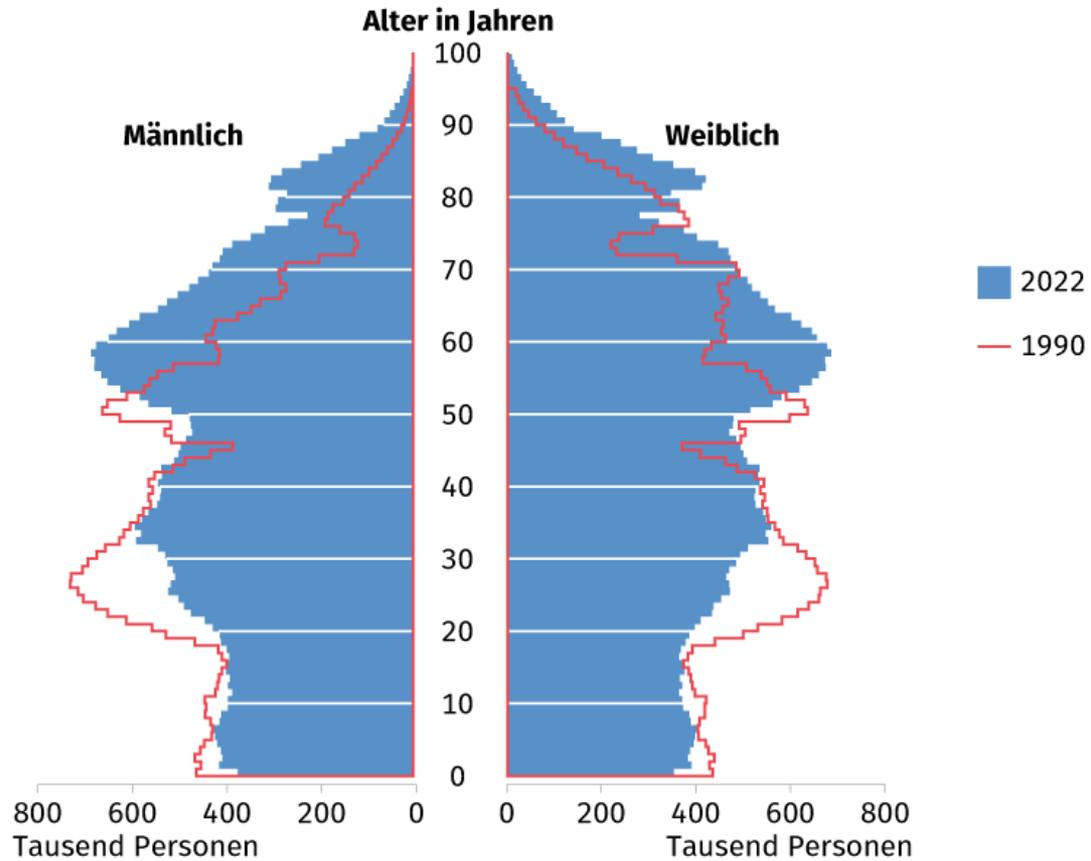
Wettbewerbsdruck  
Kostenmanagement  
Kulturelle Kompetenz  
Innovationsbereitschaft  
FEM  
Effizienzsteigerung  
Fachkräftemangel  
Globalisierung  
KI  
Gesellschaftliche Verantwortung

Digitale Transformation  
Automatisierung

Virtual Reality VR  
Demographischer Wandel

# Fachkräftemangel

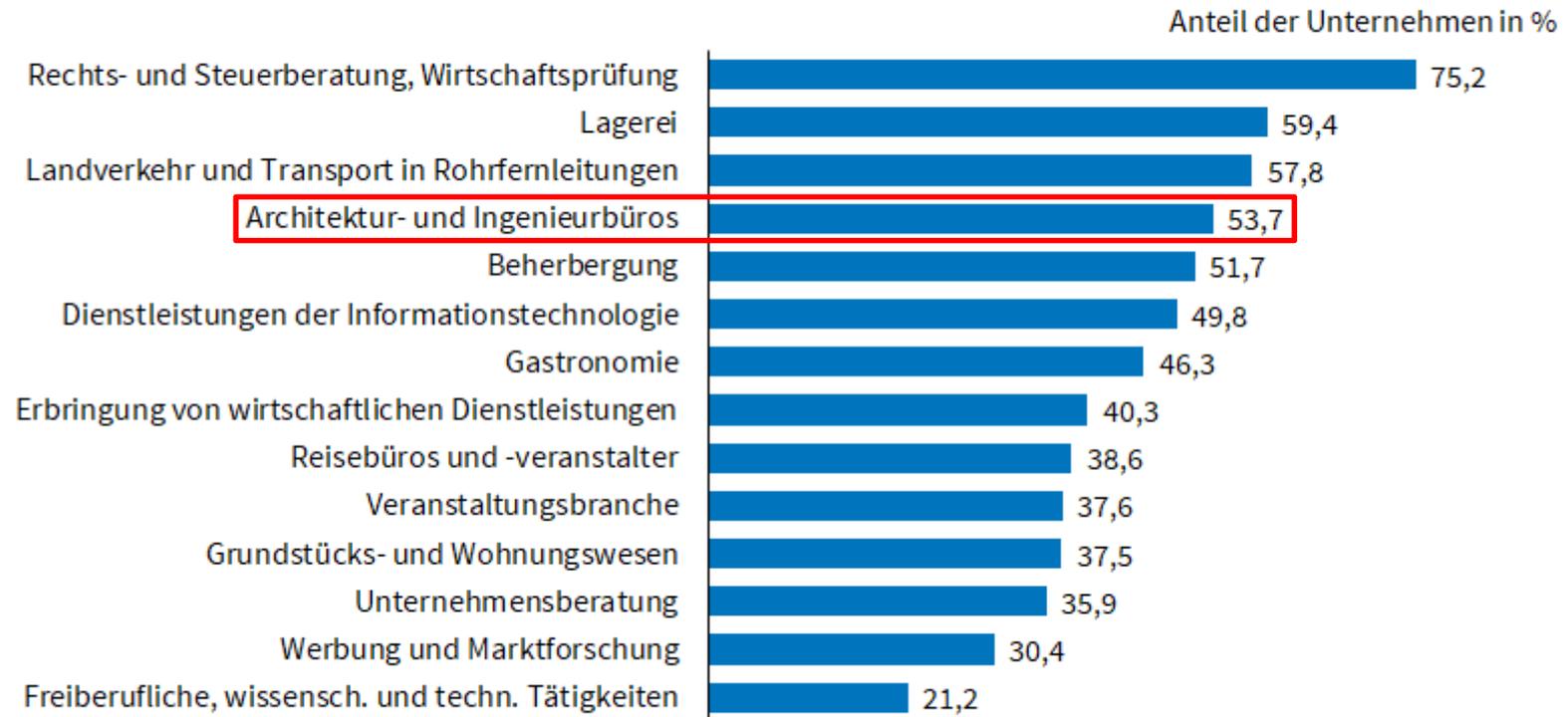
## Altersaufbau der Bevölkerung 2022 im Vergleich zu 1990



© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2023

# Fachkräftemangel

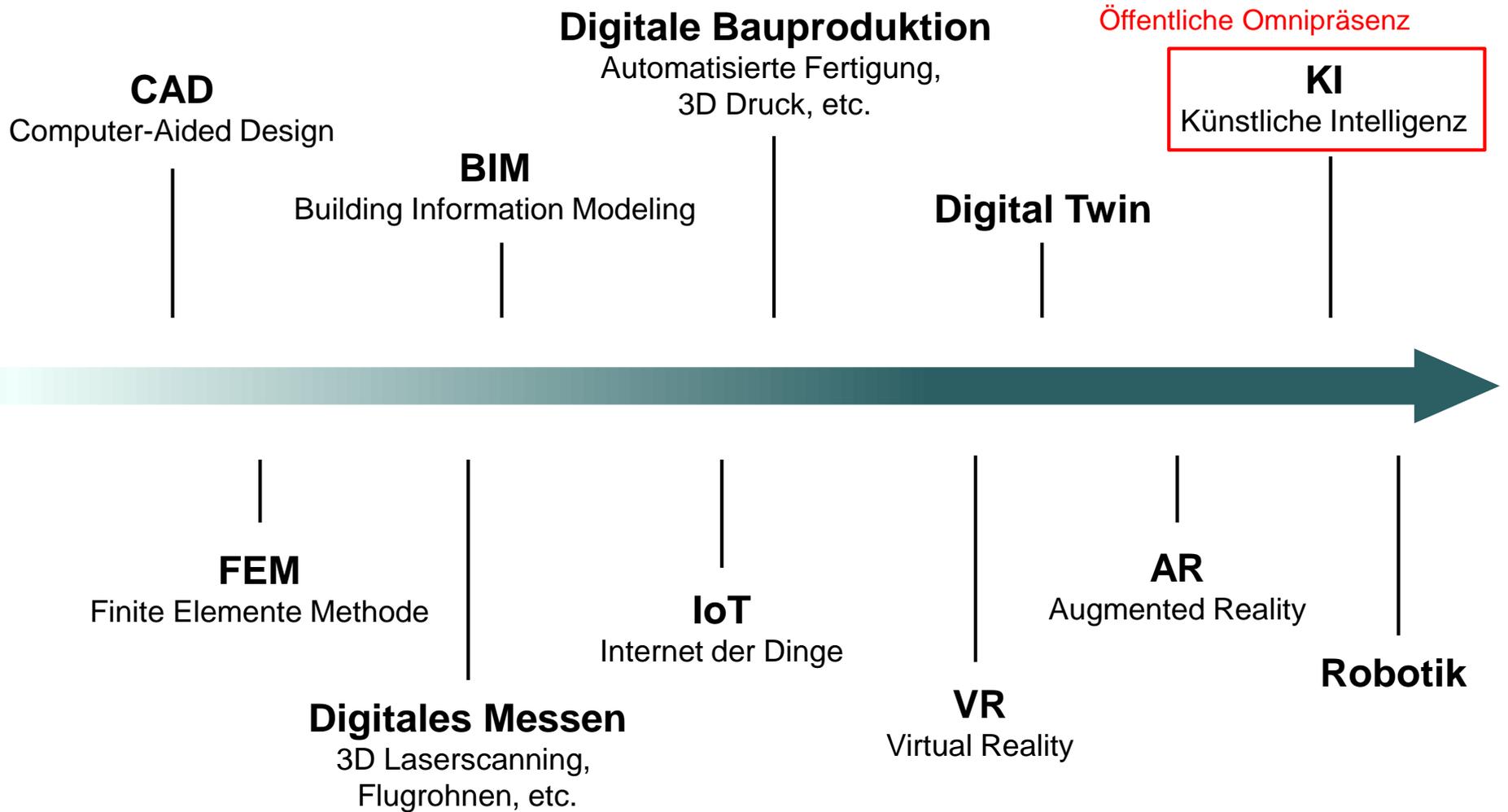
## Fachkräftemangel bei den Dienstleistern



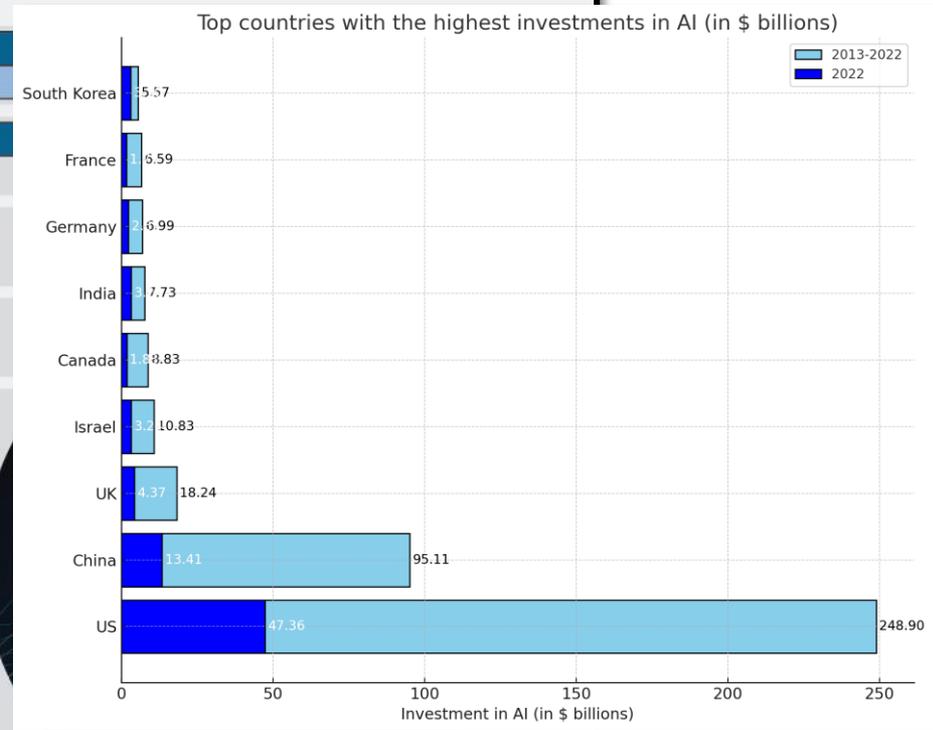
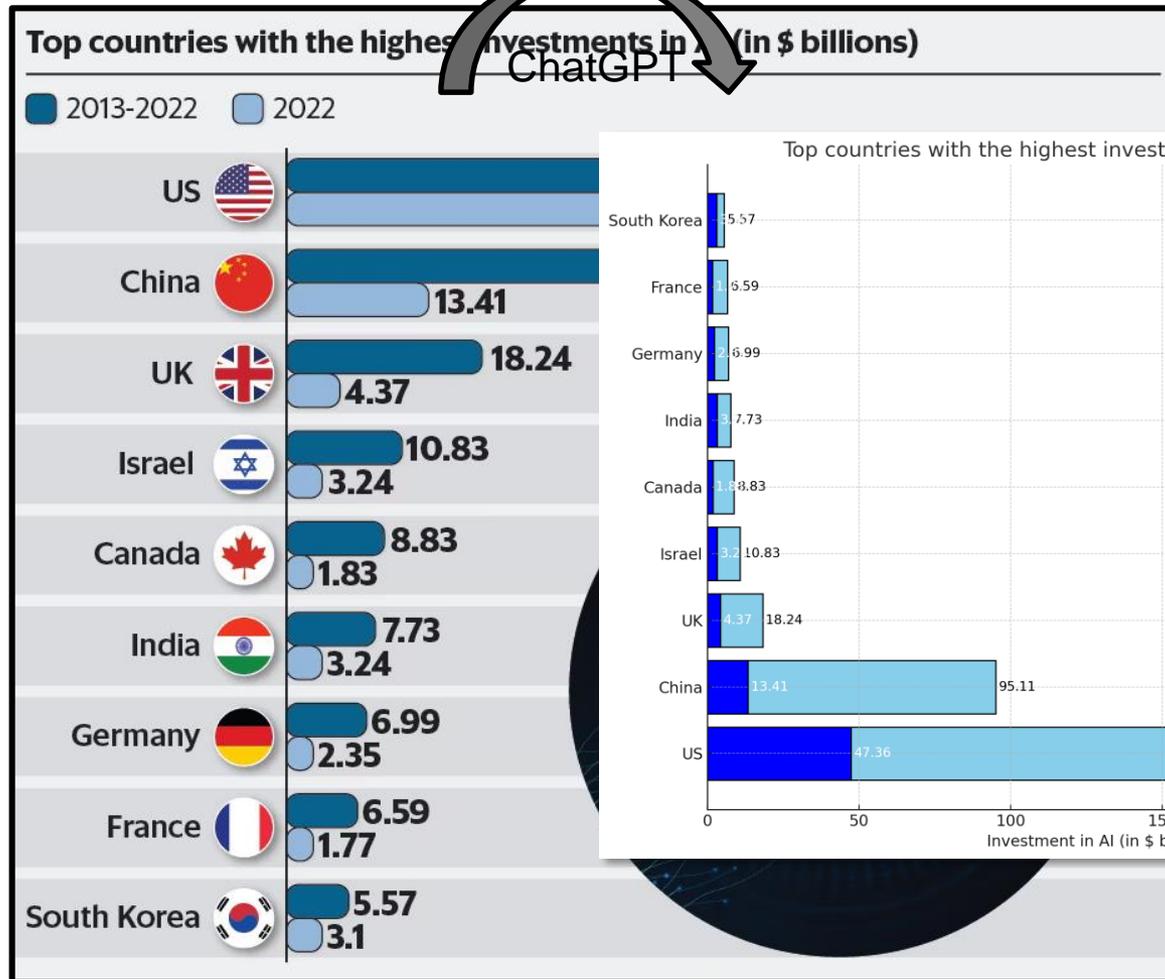
Quelle: ifo Konjunkturumfragen, Januar 2023.

© ifo Institut

# Meilensteine der digitalen Transformation



# Investitionen in künstliche Intelligenz

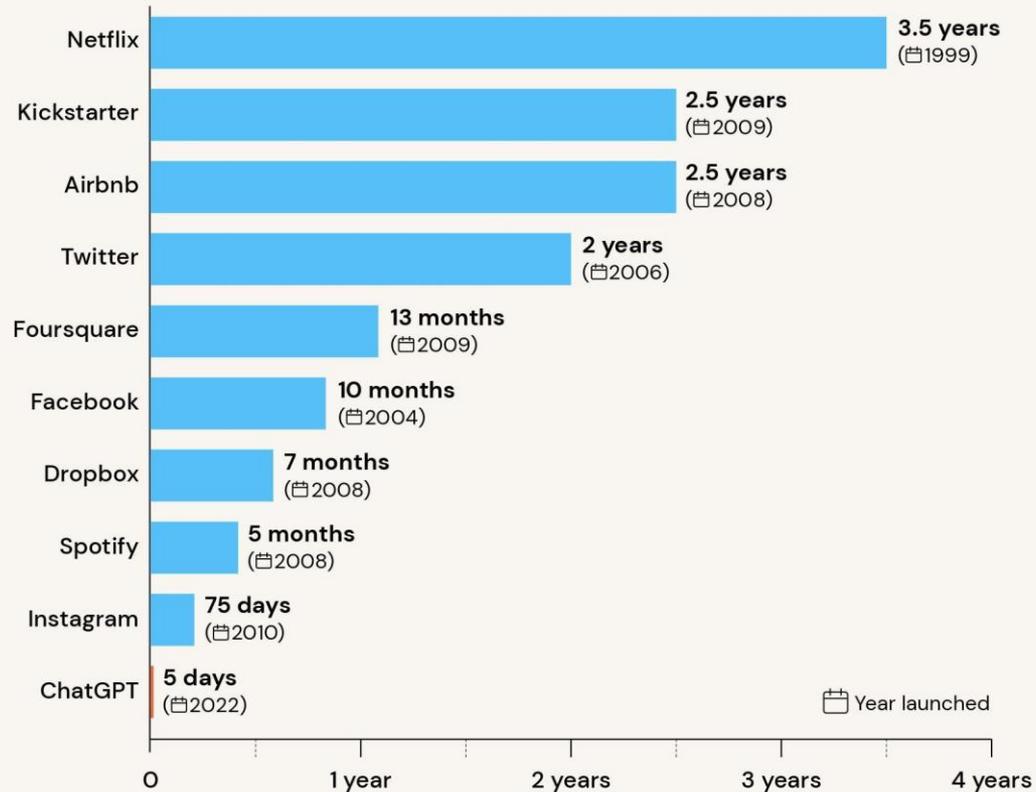


Achtung, nicht maßstäblich!

# Explosive Nachfrage: ChatGPT

CHATGPT STATISTICS

## Time to reach 1 million users

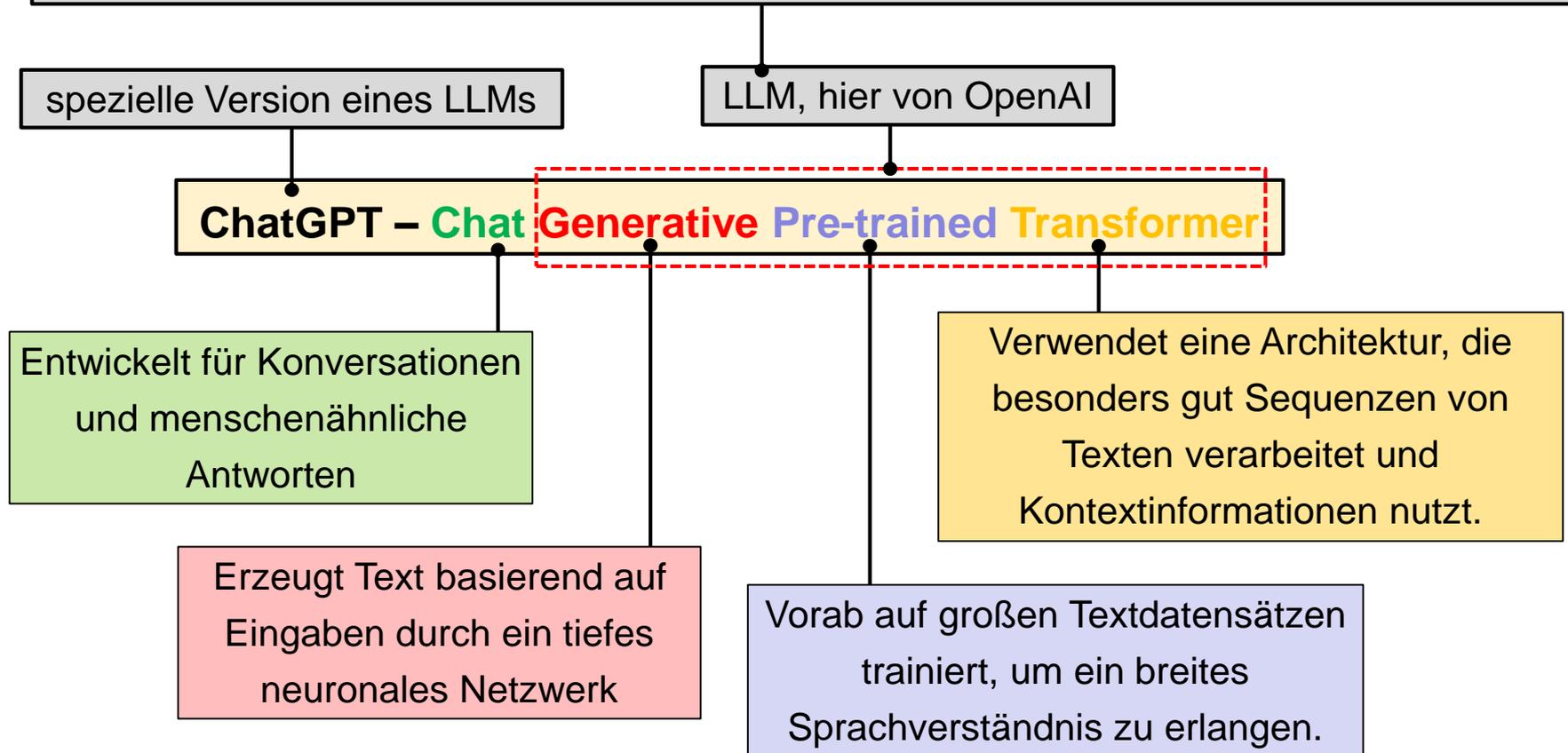


Read the full report at [tooltester.com/en/blog/chatgpt-statistics](https://www.tooltester.com/en/blog/chatgpt-statistics)

tooltester

# Das Sprachmodell (LLM) ChatGPT

Large Language Model LLM ist maschinelles Lernmodell, das darauf trainiert wurde, menschliche Sprache zu verstehen und zu erzeugen. Diese Modelle verwenden Millionen oder Milliarden von Parametern, um die Struktur und Bedeutung von Texten zu erfassen.



# Use cases for ChatGPT

## BENEFITS

### ACCESSIBILITY



ChatGPT is currently free to anyone with an internet connection; no expertise is required to use it.

### COMMUNICATION



SE firms spend an estimated \$10-17k per employee sorting out poorly written communication. ChatGPT can help SEs communicate more clearly and concisely when given good prompts.

### PRODUCTIVITY



Writing first drafts is the most time-consuming part of writing. ChatGPT can cut that time to minutes, improving writing productivity so SEs can spend more time on other work.

### RESEARCH



ChatGPT can research for you, output sources you can vet for accuracy, and quickly complete data input summaries and analysis.

### PERSPECTIVE TAKING



SEs are required to communicate technical information to non-technical decision-makers for career advancement. ChatGPT can help you express your knowledge so that non-technical team members understand, thus increasing the value you provide.



TECHNICAL



MARKETING



REPORTS



EMAILS



PROPOSALS



RESEARCH



THOUGHT LEADERSHIP CONTENT

## CHATGPT 101 FOR STRUCTURAL ENGINEERS

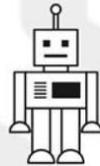


EMPLOYEES ARE USING



USERS  
HAVE NOT TOLD THEIR  
MANAGER THEY ARE USING IT

## WHAT IS IT?



ChatGPT is an easy-to-use sophisticated AI Chatbot that outputs confident, contextually aware, and human-sounding responses when given an input (called a "prompt").

## WHY IT MATTERS

1. Engineers spend at least 20-40% of their work hours writing (higher for managers).
2. Writing is rarely a strong competency for SEs. AI tools can write first drafts in minutes so engineers can write faster and get more done in less time.
3. Client-facing SEs need to effectively articulate value to non-technical clients to prevent firm commoditization. ChatGPT can present and summarize the same information from differing perspectives.

## USE CASE EXAMPLES

## RISKS

### USE WITHOUT KNOWLEDGE



Tool is easily accessible for free via both computers and mobile devices, creating a challenge for organizations in limiting use.

### BLACK BOX



The ChatGPT training dataset is proprietary and not available to the public. We do know that data used for training includes publicly available Internet data.

### IP PROTECTION



Data shared with ChatGPT in the free and low-cost versions is not private and may be used to train the public model.

### OUTPUT ACCURACY



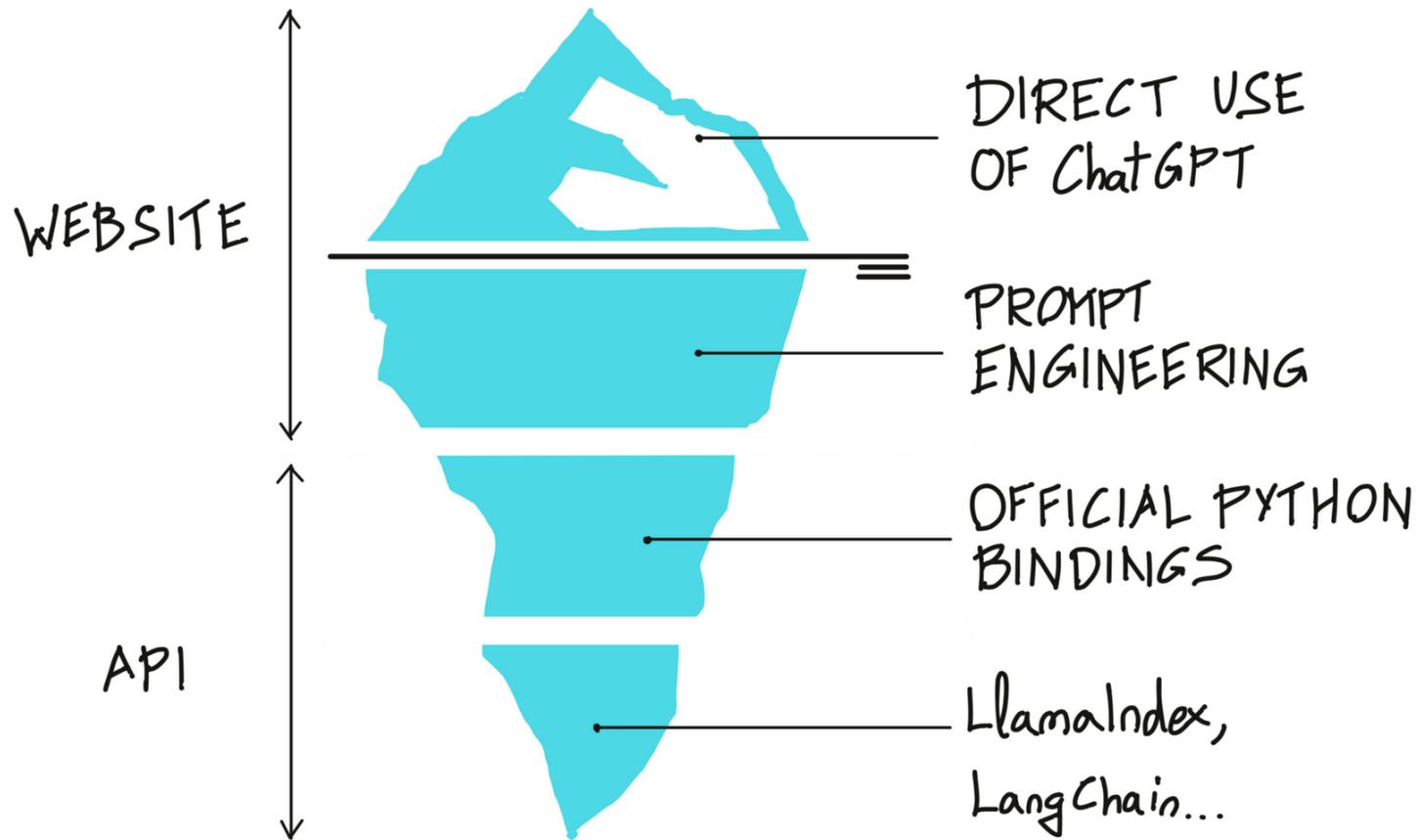
Output may sound confident and be false, even with good input. Use of ChatGPT requires the expertise of the user to vet output accuracy.

### ETHICAL ≠ LEGAL QUESTIONS



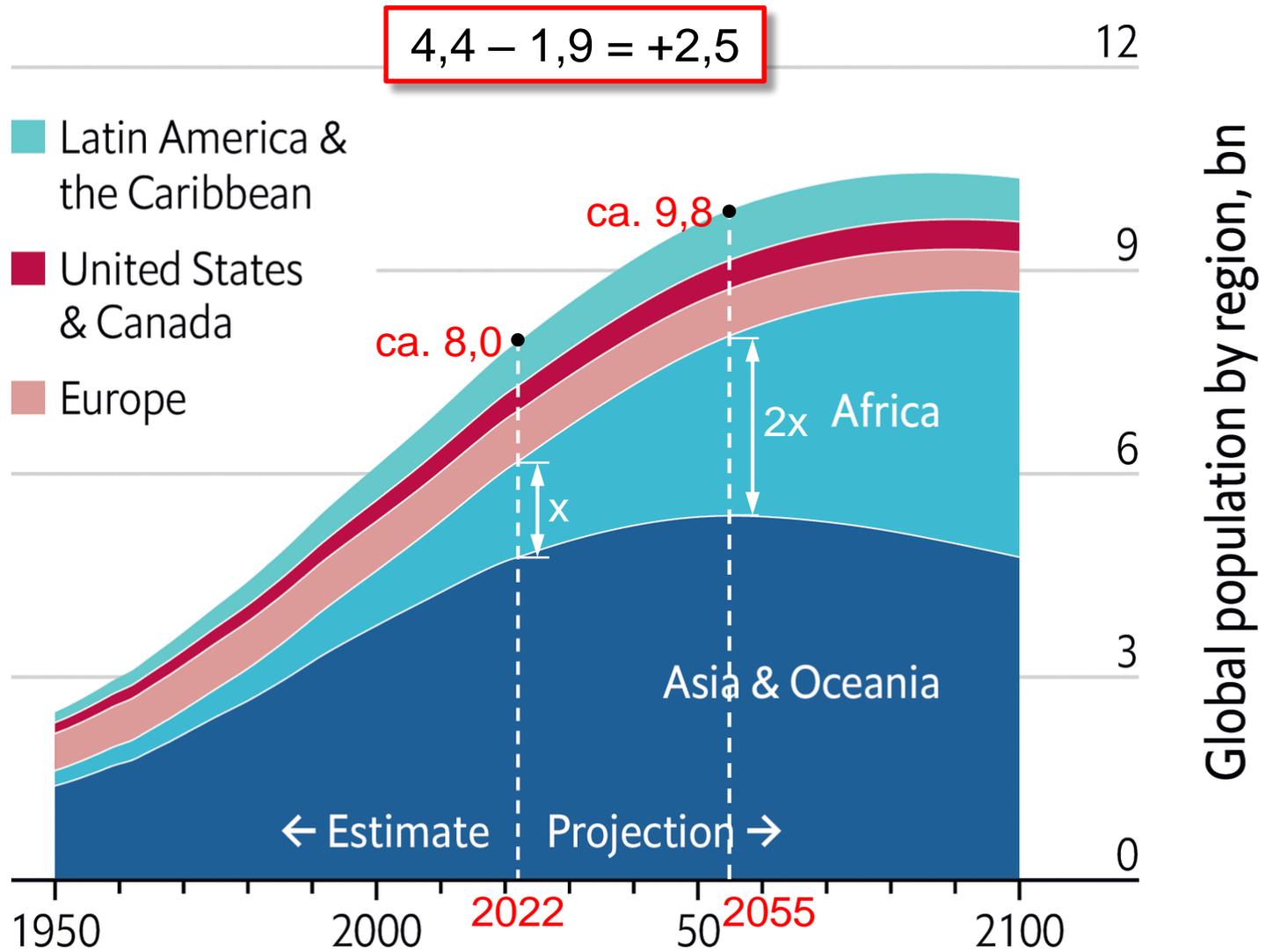
Output may include ethically questionable results, including inherent societal bias. Legal questions include if copyrighted works were used to train the chatbot.

# Visualisierung ChatGPT-Potenzial am Eisbergmodell



# GLOBALE HERAUS FORDERUNG

# The African century





„Nachhaltigkeit oder nachhaltige Entwicklung bedeutet, die Bedürfnisse der Gegenwart so zu befriedigen, dass die Möglichkeiten zukünftiger Generationen nicht eingeschränkt werden.“

# Kernproblem 1: Begrenzte Ressourcen

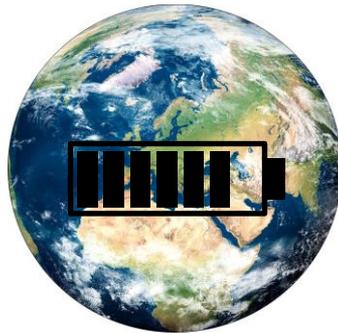
A photograph of a desert landscape at sunset. The sun is low on the horizon, creating a bright glow and casting long shadows across the rolling sand dunes. The sky is filled with dramatic, dark clouds illuminated from below by the setting sun, creating a mix of orange, red, and blue tones. The foreground shows the smooth, undulating curves of the sand dunes, with fine ripples visible on their surfaces.

Bauwesen: 60% aller Ressourcen

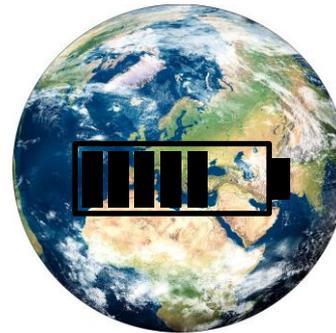
# Earth Overshoot Day 2024: Schätzung 1. August



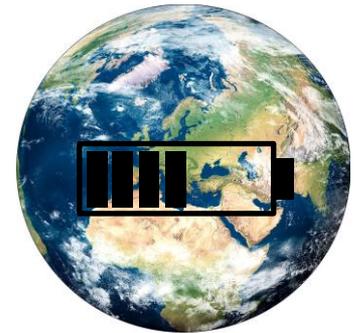
Januar



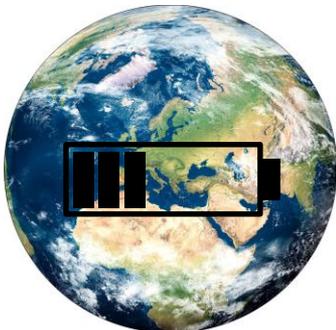
Februar



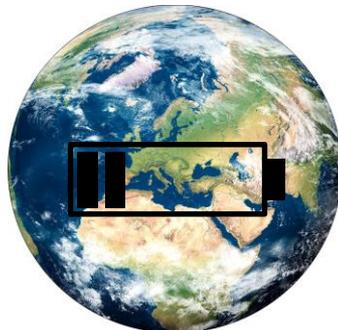
März



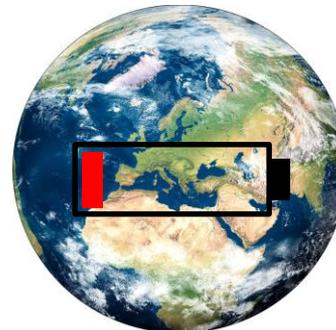
April



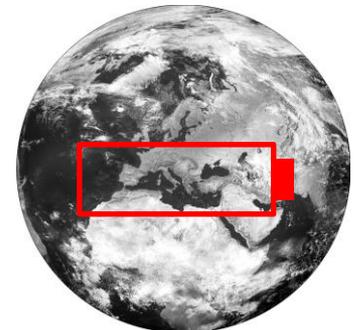
Mai



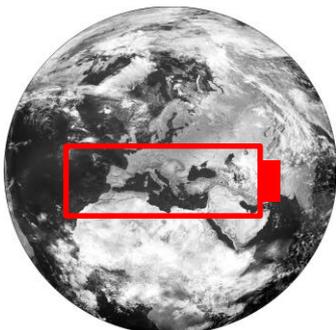
Juni



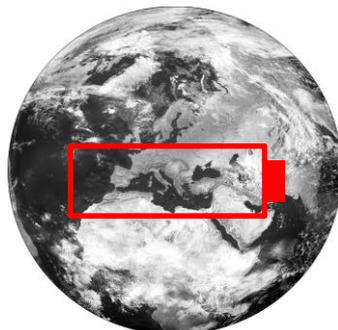
Juli



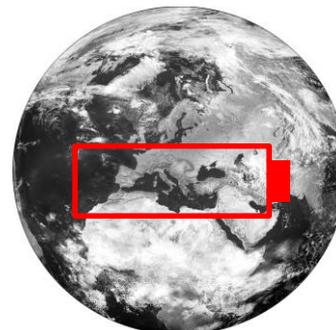
August



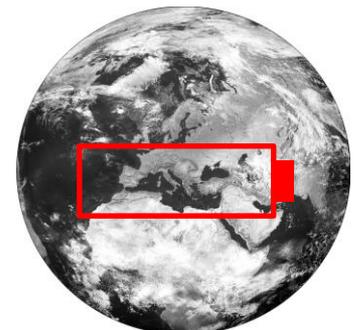
September



Oktober



November





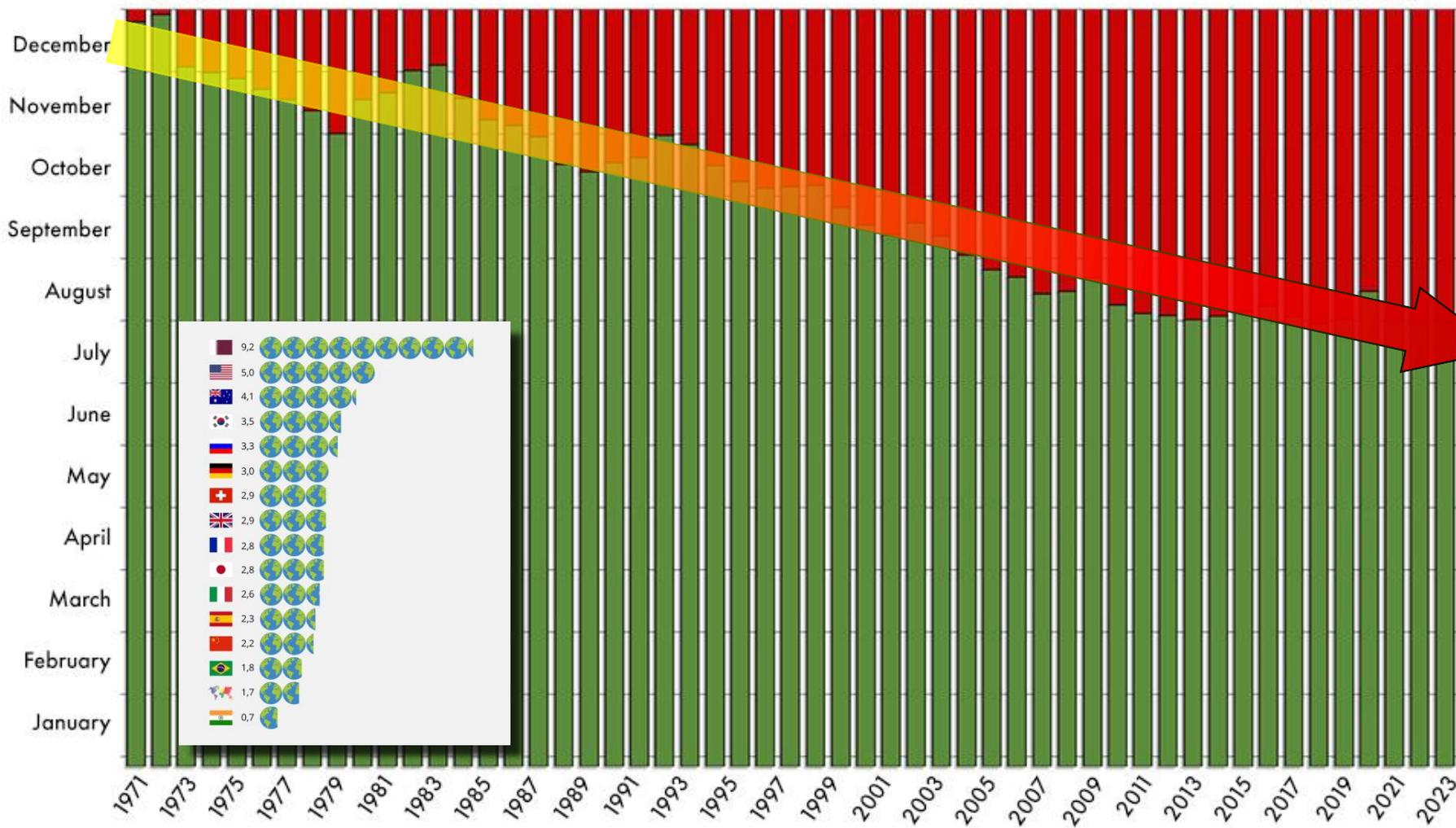
1 Earth

# Earth Overshoot Day

## 1971 - 2023



1.7 Earths



# Weltweiter jährlicher Betonbedarf

4.200.000.000 t Zement

28.000.000.000 t Gesteinskörnung

2.800.000.000 t Wasser

---

---

35.000.000.000 t Beton bzw. ca. 14.500.000.000 m<sup>3</sup>

Quelle: Haist, M. et al.: Nachhaltig konstruieren und bauen mit Beton, BetonKalender 2022.

Entspricht:

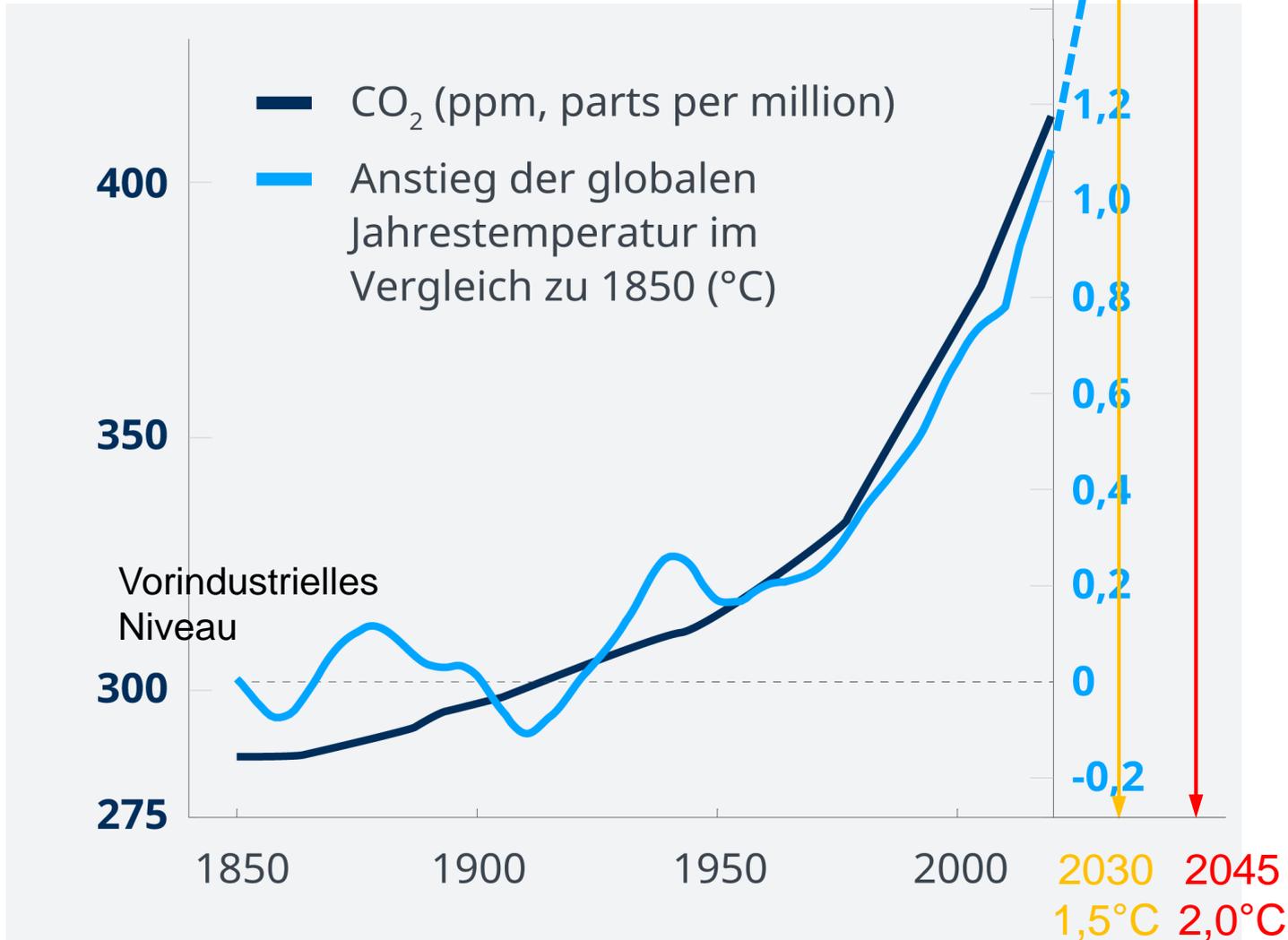
- Würfel...  
...mit ca. 2438 m Kantenlänge
- Stütze...  
...mit Querschnitt 1,0 m x 1,0 m  
...und Länge 14.500.000.000 m (ca. 38x Entfernung Erde-Mond)

## Kernproblem 2: Emission klimaschädlicher Gase



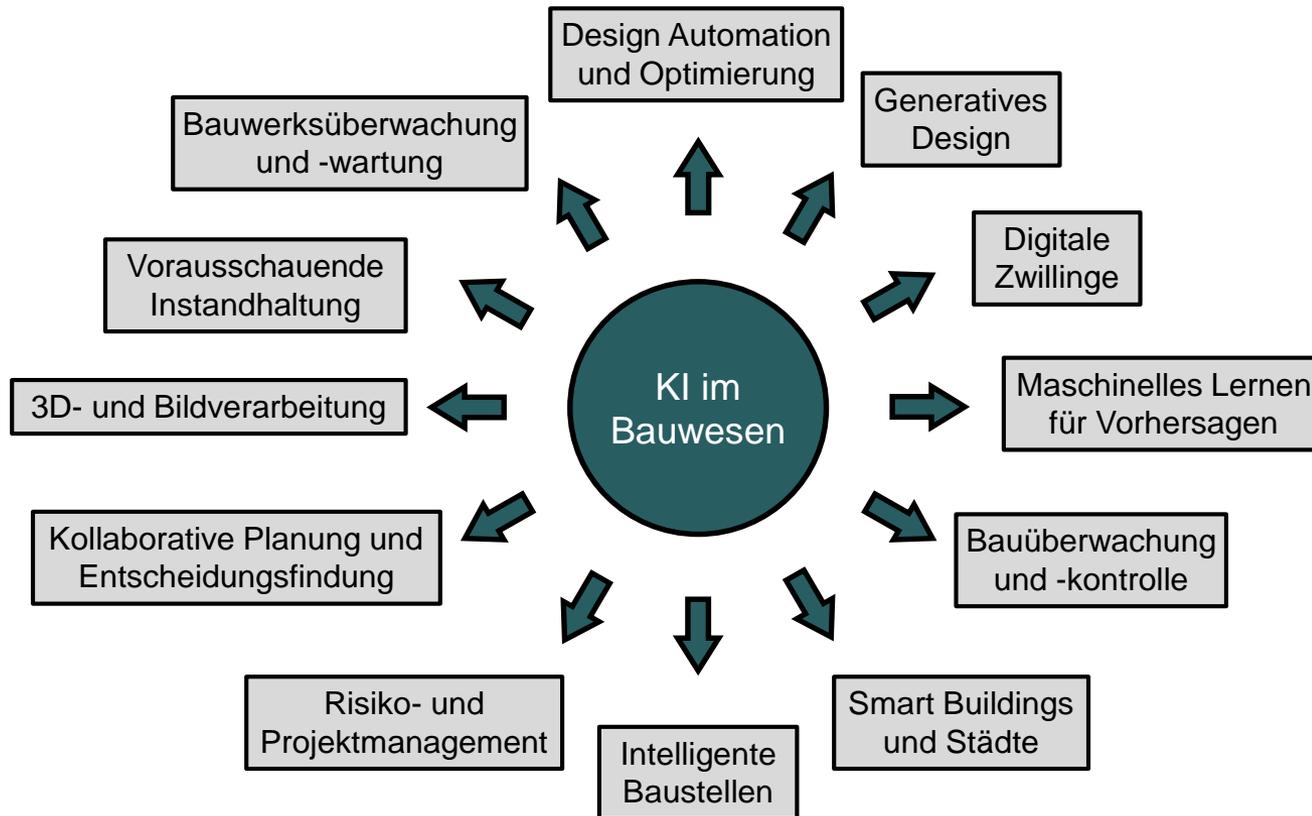
Bauwesen: 38% aller CO<sub>2</sub> Emissionen  
Zementproduktion: 8% aller CO<sub>2</sub> Em.

# Jahrestemperatur als Funktion der CO<sub>2</sub>-Em.

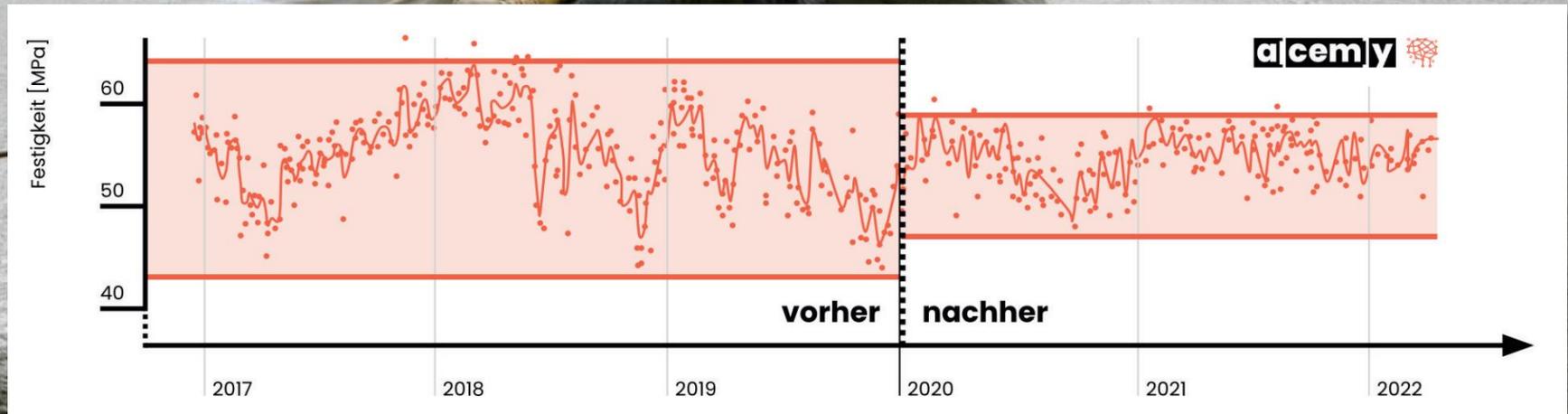


# KI FÜR BAUWESEN & TWP

# Einige Use Cases für KI



# CO2 reduzierte Zemente und Betone



**ACHTUNG CO2**



# KI in Kombination mit BIM



**3D-Modellierung:** Analyse von Punktwolken-Daten und Erstellung von präzise 3D-Modelle.

**Erweiterung:** Mittels KI können vorhandene BIM Modelle um bekannte Parameter erweitert werden, z.B. Betonfestigkeiten.

**Digitale Zwillinge:** Erstellung und Verwaltung von digitalen Zwillingen, die Echtzeitdaten zur Überwachung und Optimierung von Bauwerken nutzen.

# Automatisierte Klassifizierung von Schäden



**Notwendigkeit:** Alte Brücken und zunehmender Schwerverkehr erfordern regelmäßige, präzise Prüfungen.

**Regelmäßige Prüfungen:** Wichtige Maßnahmenplanung zur Reduktion von Verkehrsbehinderungen und Kosten.

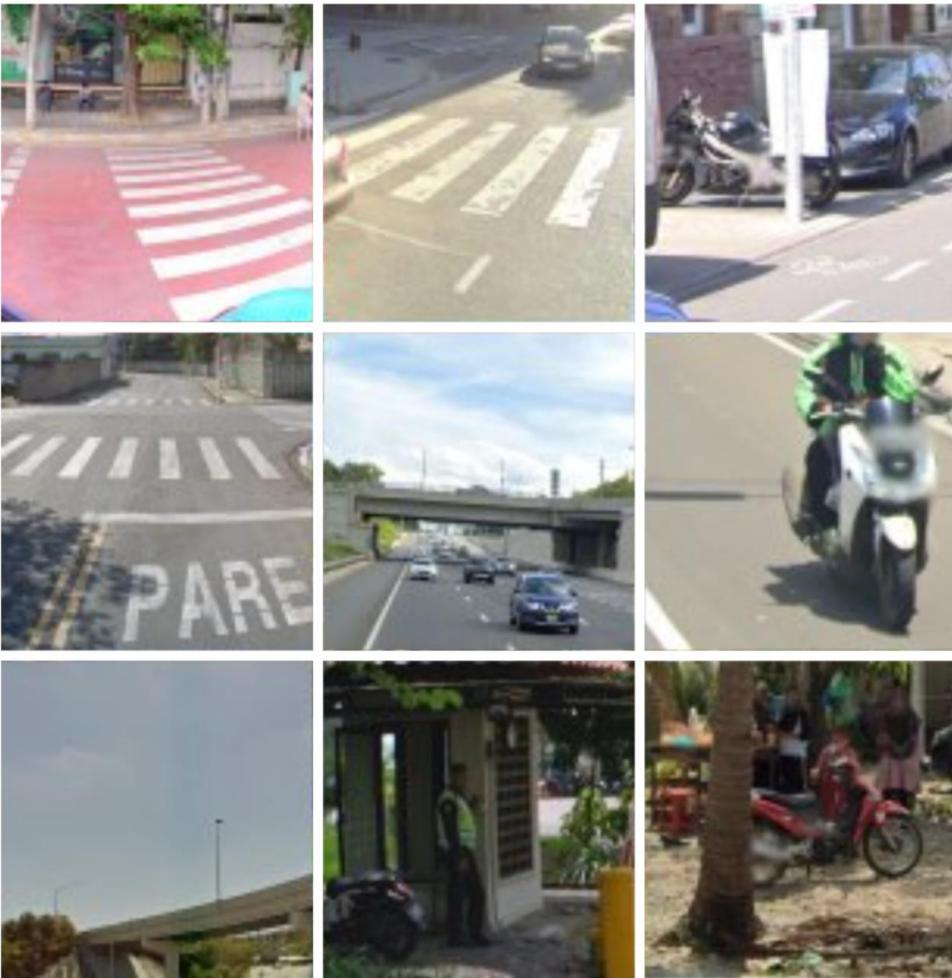
**Digitalisierte Inspektion:** Großes Verbesserungspotenzial in Wirtschaftlichkeit und Qualität (Objektivität der Ergebnisse).

**Ziel:** Einsatz digitaler Methoden sowie KNN zur automatisierten Schadensklassifikation.

Wähle alle Bilder mit

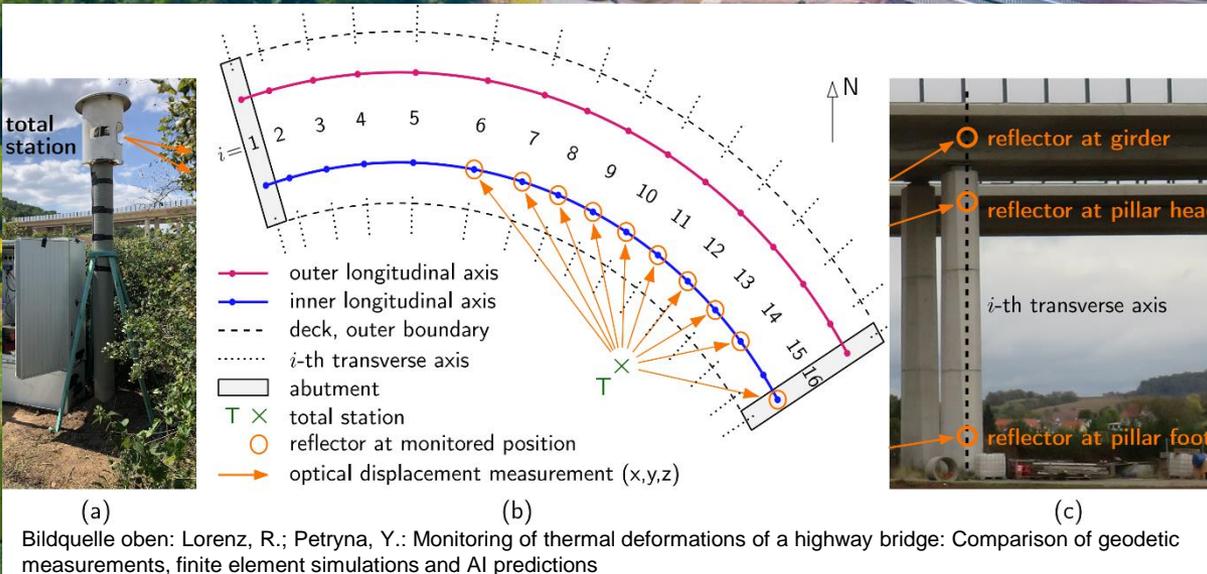
# Automatisierte Klassifizierung von Schäden

aus  
Klicken Sie anschließend auf "Bestätigen".



**BESTÄTIGEN**

# Structural Health Monitoring

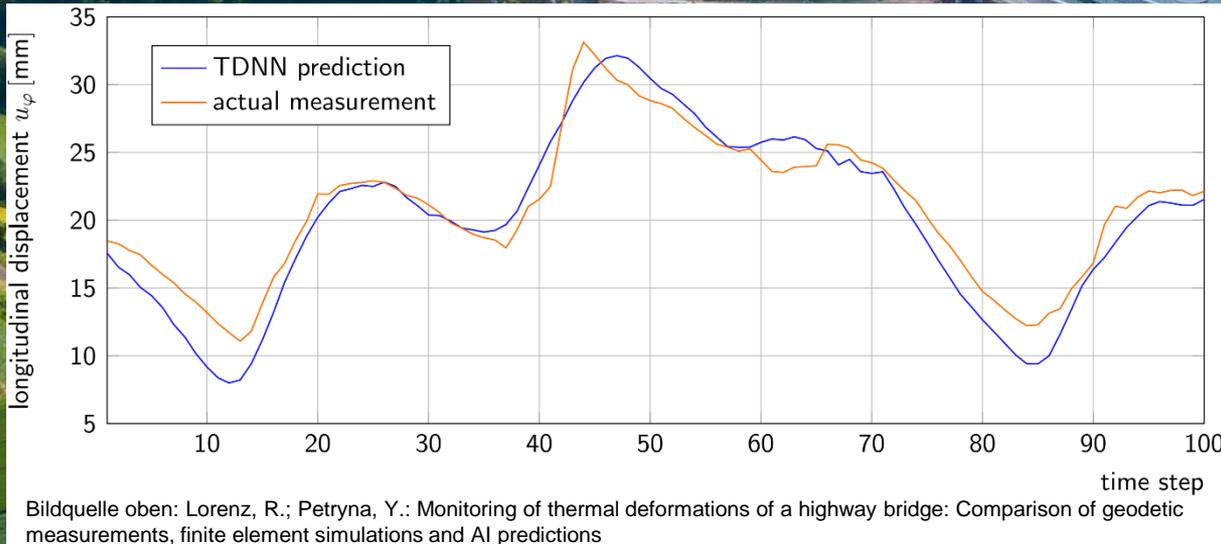


**Brücke:** Wehretalbrücke in Hessen, Teil der Autobahn BAB 44, Fertigstellung 2019, Spannbeton, Länge ca. 670 m

**Besonderheiten:** Große Krümmung der Längsachse, hohe Temperaturempfindlichkeit, kritische Komponenten wie 24 Gleitlager

**SHM:** Messung von Brückenverformungen, Vergleich mit num. Simulationsergebnissen und Approximationen auf Basis einer KI

# Structural Health Monitoring

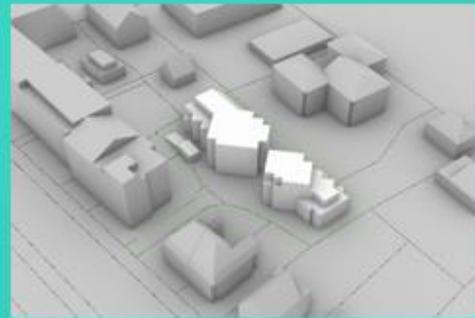


**Diagramm:** Zeigt angenommenen Ausfall des Messsystems über eine Dauer von 100 Stunden, wobei die KI-basiert vorhergesagten und gemessenen Trägerverformungen an einer Stützposition verglichen werden. KI Berechnung auf Basis vorangegangener Messwerte. Temperaturen aus Wetterstationen bekannt.

**Erkenntnis:** TDNN ist in der Lage bei Messunterbrechungen des Überwachungssystems reale Verformungen gut zu approximieren.

# Optimierte Planung von Gebäuden

## FALLSTUDIE RIESENFELDSTRASSE MÜNCHEN



### Lösung 1

**BGF**

---

2944.42 m<sup>2</sup>

**GRZ**

---

0.38

**GFZ**

---

1.27

### Lösung 2

**BGF**

---

2861.39 m<sup>2</sup>

**GRZ**

---

0.37

**GFZ**

---

1.24

### Lösung 3

**BGF**

---

2832.94 m<sup>2</sup>

**GRZ**

---

0.37

**GFZ**

---

1.23

### Lösung 4

**BGF**

---

2723.99 m<sup>2</sup>

**GRZ**

---

0.37

**GFZ**

---

1.18

# Design and Information Management

A photograph of a busy, cluttered design studio. In the foreground, a woman with long blonde hair is seated at a desk, looking towards the background. Next to her, a man with curly red hair is standing, also looking towards the background. In the background, another person is visible, working at a desk. The room is filled with stacks of papers, boxes, and various design tools. The walls are covered with pinned papers and sketches. The lighting is warm, with several pendant lamps hanging from the ceiling.

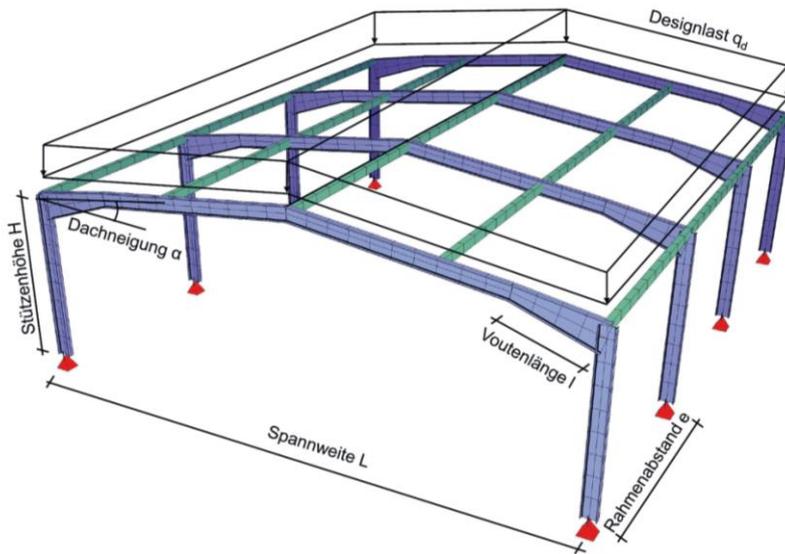
**Problem:** Oft mangelnder Informationsaustausch zwischen Projektbeteiligten mit Stress und unvergütetem Aufwand als Folge.

**Projektarchiv:** Archivierung sämtlicher relevanter Unterlagen, wie Angebote, Bestandsunterlagen, Statiken, Konstruktionspläne, Baugrunddokumente, Schriftverkehr etc. in einer durchsuchbaren Wissensdatenbank für Projekte.

**Suchfunktion:** KI-gestützte Dokumentensuche, die Fragen sofort beantwortet und relevante Dokumentabschnitte hervorhebt.

# Maschinelles Lernen in der Statik von Stahlrahmen

## Definierende Hallenparameter



- Ziel: Optimierung der Planung und Ausführung sowie Effizienzsteigerung durch maschinelles Lernen (ML) unter der Garantie der Erfüllung der Standsicherheit auf Material- und Stabilitätsebene sowie Umsetzung einer Nutzerschnittstelle zur Softwareanwendung
  - Ansatz: Entwicklung eines KI-basierten Co-Piloten für den Entwurf und die Bemessung von Stahlrahmenhallen
- 
- Datenbasis: ca. 200 Stahlrahmenhallen (sym. Zweigelenrahmen, S275, Satteldach ohne Traufüberstände, biegesteife Rahmenecke und Vouten) aus Projektarchiven der TRAGRAUM Partnerschaft Beratender Ingenieure mbB

# Maschinelles Lernen in der Statik von Stahlrahmen

## Nutzerinterface mit durchgeführter Vorhersage

Input

Inputparameter für die Vorhersage:

ACHTUNG!:  
Punkt statt Komma verwenden!  
Gilt nur für Stahlgüte S275 und IPE Querschnitte!

Spannweite [m]:  
19.91

Stützenhöhe [m]:  
5.54

Dachneigung [°]:  
15

Rahmenabstand [m]:  
6

Designlast [kN/m<sup>2</sup>]:  
1.88

Berechnung der Designlast:  $q_d = 1.35 \cdot g_k + 1.5 \cdot (s_k + w_k(\text{DRUCK}))$

Inputparameter für die Berechnung:

ACHTUNG!:  
Alle Lastwerte müssen vorher ermittelt werden!  
Wind = Böengeschwindigkeitsdruck \* cpe, 10  
Schnee = Schneeschweelast \* Formelwert

Ausbaulast [kN/m<sup>2</sup>]:  
0.45

Schneelast [kN/m<sup>2</sup>]:  
0.75

Wind Druck (positiv, Mittelwert der Bereiche G und H) [kN/m<sup>2</sup>]:  
0.1

Wind Sog (negativ, Mittelwert der Bereiche J und I) [kN/m<sup>2</sup>]:  
-0.36

Wind Bereich D [kN/m<sup>2</sup>]:  
0.4

Wind Bereich E [kN/m<sup>2</sup>]:  
0.25

Wind Bereich B [kN/m<sup>2</sup>]:  
0.4

Output

Outputs der Vorhersage:

Stützenprofil [IPE]:  
450

Riegelprofil [IPE]:  
360

Voutenprofil [IPE]:  
400

Voutenlänge [m]:  
2.2

Optional: BDK Nachweis:

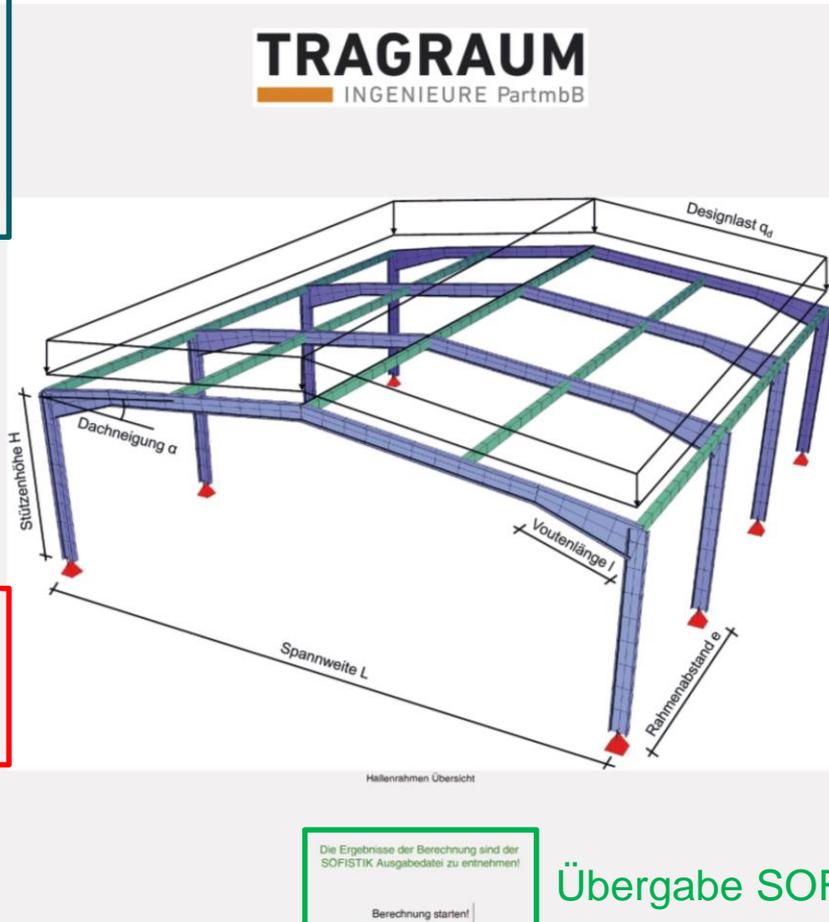
ACHTUNG! Funktioniert nur bei Dachneigung < 22°

Pfettenabstand [m]:  
1.2

CY Senkledersteifigkeit [kN/m]:  
2000

DX Drehledersteifigkeit [kN/m<sup>2</sup>rad]:  
15

Vorhersage starten!



Übergabe SOFiSTiK

# Implementierung in Bemessungssoftware



**SOFiSTiK**



# Dlupal – Digitaler ChatBot



## Mia – Ihre KI-Expertin für Statik & Dlupal

Mia ist Ihre kompetente digitale Assistentin, die Ihnen rund um die Uhr zuverlässige und exakte Informationen zu Statikfragen sowie zu Produkten und Dienstleistungen von Dlupal bietet.

Für schnelle Unterstützung tippen Sie Ihre Frage ins Chatfenster oder wählen Sie einen der vorgefertigten Prompts. Mit Mia finden Sie unkompliziert und effizient Antworten.

Prompt-Kategorie

Alle

Allgemeines

Was macht RFEM 6 zu einer bevorzugten Wahl unter Statikern?

Wissen | Analyse und Berechnung

Was kann ich tun, wenn RFEM bei der Berechnung eine Instabilität in der Struktur meldet?

Wissen | Analyse und Berechnung

Wie groß ist das maximale Biegemoment eines 6 Meter langen gelenkig gestützten Einfeldträgers mit 3.1 kN/m konstanter Linienlast?



Wo kann ich die Steifigkeit einer Dehnfeder festlegen?



Die Steifigkeit einer Dehnfeder kann in den Dlupal-Programmen wie RFEM 6 und RSTAB 9 festgelegt werden. Hier sind die Schritte, um dies zu tun:

### 1. RFEM 6:

- Öffne das Modell in RFEM 6.
- Wähle den Stab aus, an dem die Dehnfeder definiert werden soll.
- Gehe zu den Stabeigenschaften und wähle die Option "Stabfeder".
- Im Dialog "Neue Stabfeder" kannst du unter dem Register "Basis" den Definitionstyp festlegen.
- Wähle die Option "Teilweise Wirkung" oder "Diagramm", je nach Bedarf.
- Gib die Federkonstante im entsprechenden Feld ein. Diese beschreibt die Steifigkeit des Stabes in seiner Längsrichtung  $x$  gemäß der Beziehung  $C_{u,x} = E \cdot \frac{A}{l}$ .

### 2. RSTAB 9:

Hi, I'm Mia, your AI assistant. Ask anything in your language.



Shift + Enter to add a new line

- Im Dialog "Neue Stabfeder" kannst du unter dem Register "Basis" den Definitionstyp festlegen.

# Dlupal – Erstellen von Modellen mit GPT

The image displays two side-by-side windows. The left window is a Jupyter Notebook titled 'ChatGPT\_Tank' showing Python code for solving a finite element model. The right window is a CAD software interface showing a 3D model of a cylindrical tank with a mesh and a table of surface properties.

**SOLVER AUFRUFEN**

```
# ---- Solver Sec ----
Model.clientModel.service.finish_modification()

Calculate_all()
```

**ERGEBNISSE**

```
# ---- Results Sec ----
global maxStress
maxStressInit = ResultTables.SurfacesEquivalentStressesMises()
maxStress = GetMaxValue(maxStressInit, 'equivalent_stresses_sigma_eqv_max') / 100000

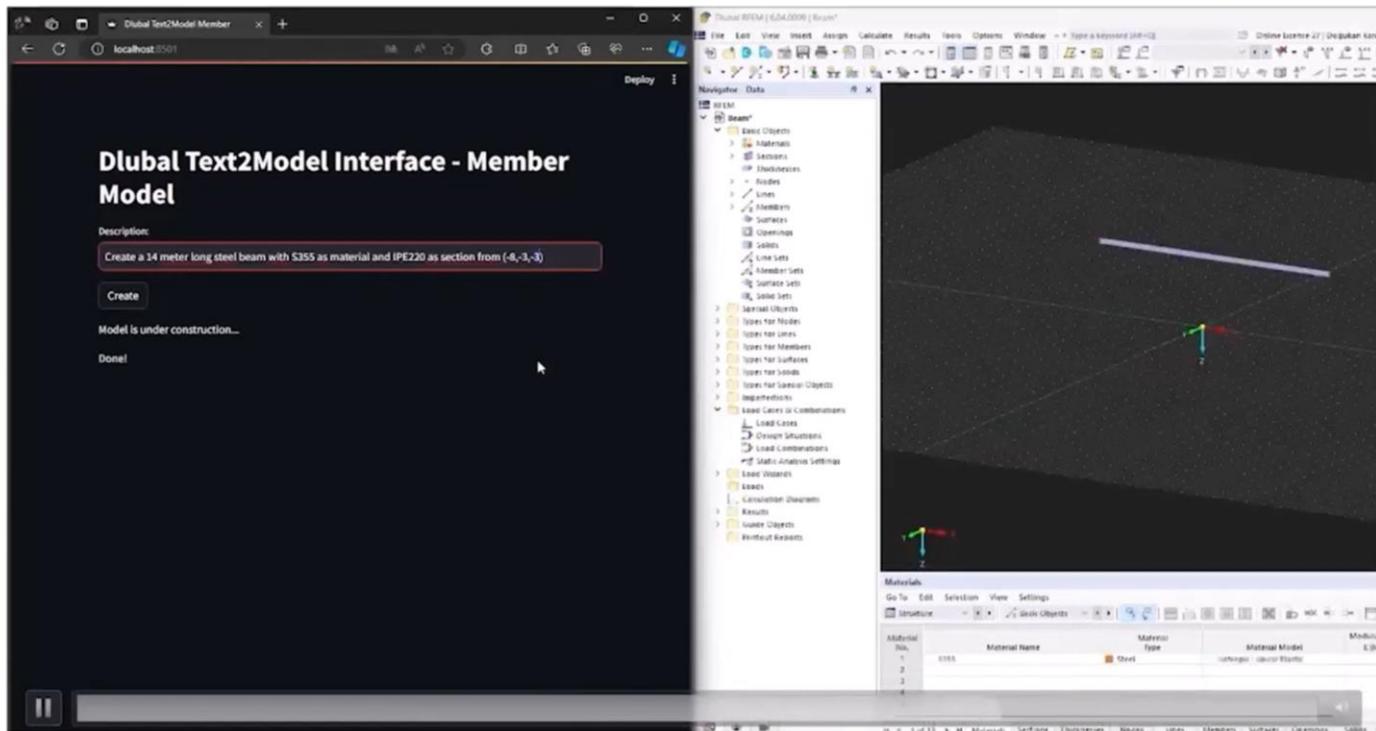
maxStress
```

**Flächen**

Fläche Nr.	Begrenzungslinien Nr.	Steffigkeitstyp	Geometrietyp	Dicke Nr.
1	2	Standard	Ebene	1
2	3,1,2	Standard	Rotation	2
3				
4				
5				
6				
7				

## 03 Erstellen von Modellen mit GPT

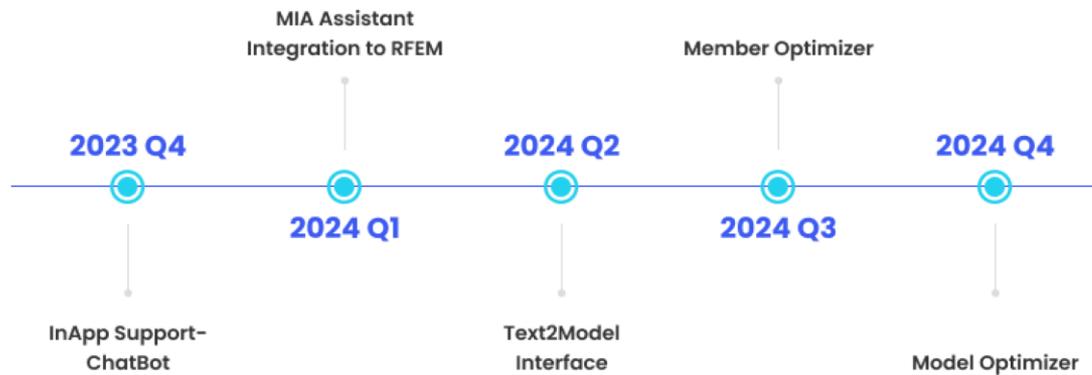
### Erstellen von Modellen mit GPT



## 04 Künftige Entwicklungen



### — Zeitstrahl unserer künftigen Entwicklungen



Webinar



## Revolutionise Structural Engineering with ChatGPT and SOFiSTiK

May 17, 2023 | Articles

Written by [Diego Apellániz](#), Head of Design and Prokurist at [EDD Holding – Engineering Digital Design](#).

The AI revolution is undeniably upon us, spearheaded by accessible large language models (LLMs) such as ChatGPT. As these models gain popularity, professionals from all industries are exploring ways to leverage them. For us structural engineers, the goal is to integrate AI into our daily workflows. And what would be a better discipline than structural analysis due to the significant amount of time we invest in this task?

ChatGPT's ability to process and generate code comes into play in this context. It can be applied with structural analysis software that provides APIs to automate some of their functionalities. However, the uniqueness of SOFiSTiK lies in its 100% code-based model construction, using its proprietary language, CADiNP. Furthermore, unlike other AEC industry languages such as IFC, CADiNP provides resources such as groups, loops, and automatic mesh generation for efficient, repetition-free coding. This approach aligns perfectly with how ChatGPT generates code, opening up exciting prospects for automating structural analysis with SOFiSTiK.

However, this task is not as straightforward as it seems. When directly asking GPT-4 (the most advanced model of ChatGPT publicly available at <https://chat.openai.com/>) to generate a simple teddy file of a SOFiSTiK model, it actually generates a code chunk that resembles CADiNP (see Figure 1), however, after a closer inspection, it can be noticed that there are plenty of bugs in this code, since some the module AQUA is not properly closed, the definition of load cases don't belong in this module, some of the keywords don't even exist, etc.

<https://sofistikforyou.com/revolutionise-structural-engineering-with-chatgpt-and-sofistik/>

# SOFiSTiK – Direct use of ChatGPT

I want you to generate a code in CADINP for a reinforced concrete slab for teddy in SOFiSTiK. I want to model a rectangular reinforced concrete slab that lays on column supports and a rectangular concrete core following a grid of 8x8 meters. Your task is to write a Teddy file.

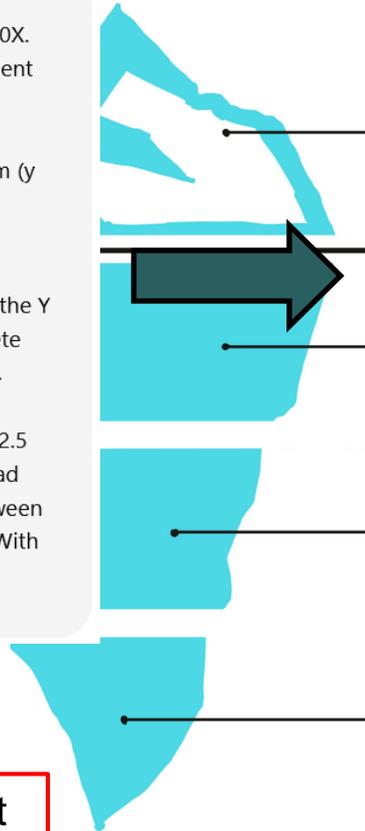
I want you to create a model based on the code DIN EN199X-200X. Define one concrete material of quality C30/37 and a reinforcement steel material of quality B500A.

I want you to define a rectangular slab of 24m (x direction) by 8m (y direction), which is 30 cm thick. There is a column grid which is translated into point supports every 8 meters in both x and y directions. Write the node axis in a comment next to the node definition. The X coordinate refers to the grid axis A, B, C, D and the Y coordinate to the grid axis 1 and 2. Assign to the slab the concrete material and the steel reinforcement material previously defined.

Define the self-weight of the structure and a permanent load of 2.5 kN/m<sup>2</sup> applied to all area elements of the model. I want a live load case with two rectangular loads. The first of them is applied between the axis A and B and the second one between the axis B and D. With values of 3 and 5 kN/m<sup>2</sup> respectively. Finally, apply a line load in another load case along the perimeter of the entire slab.

API

ChatGPT kennt Teddy und kennt den Code CADIMP, kann diesen hier aber nicht richtig umsetzen.



```
plaintext
+PROG SOFIMSHC
HEAD Reinforced Concrete Slab on Column Supports and Core
UNIT 1000 1000 1
SVST TYPE SLAB

! Material Definitions
MAT BE 1 CONC C30/37 ! Concrete C30/37
MAT BE 2 REIN B500A ! Reinforcement B500A

! Node Definitions
! Grid axes: X = A, B, C, D and Y = 1, 2
NODE NO 1 X 0.0 Y 0.0 Z 0.0 ! A1
NODE NO 2 X 8000.0 Y 0.0 Z 0.0 ! B1
NODE NO 3 X 16000.0 Y 0.0 Z 0.0 ! C1
NODE NO 4 X 24000.0 Y 0.0 Z 0.0 ! D1
NODE NO 5 X 0.0 Y 8000.0 Z 0.0 ! A2
NODE NO 6 X 8000.0 Y 8000.0 Z 0.0 ! B2
NODE NO 7 X 16000.0 Y 8000.0 Z 0.0 ! C2
NODE NO 8 X 24000.0 Y 8000.0 Z 0.0 ! D2

! Column Supports
SUPP NODE 1 FIX FZ
SUPP NODE 2 FIX FZ
SUPP NODE 3 FIX FZ
SUPP NODE 4 FIX FZ
SUPP NODE 5 FIX FZ
SUPP NODE 6 FIX FZ
SUPP NODE 7 FIX FZ
SUPP NODE 8 FIX FZ

! Slab Element
SLAB MNO 1 T 300 MAT 1 REFF 2
QUAD NO 101 NODES 1 2 6 5
QUAD NO 102 NODES 2 3 7 6
QUAD NO 103 NODES 3 4 8 7

! Load Cases
LC 1 TITL 'Self Weight'
SELFWEIGHT G -1.0

LC 2 TITL 'Permanent Load'
ELEM LOAD PZZ TYPE UNI VAL 2.5 GROUP 1

LC 3 TITL 'Live Load A-B'
ELEM LOAD PZZ TYPE UNI VAL 3.0 GROUP 1 RECT 0 0 8000 8000

LC 4 TITL 'Live Load B-D'
ELEM LOAD PZZ TYPE UNI VAL 5.0 GROUP 1 RECT 8000 0 24000 8000

LC 5 TITL 'Line Load Perimeter'
LINE LOAD PZZ TYPE UNI VAL 1.0 GROUP 1 LNO 201 202
LINE LOAD PZZ TYPE UNI VAL 1.0 GROUP 1 LNO 202 203
LINE LOAD PZZ TYPE UNI VAL 1.0 GROUP 1 LNO 203 204
LINE LOAD PZZ TYPE UNI VAL 1.0 GROUP 1 LNO 204 201

END
```



# SOFiSTiK – ChatGPT prompt engineering

I want you to help me as a code assistant to generate a calculation model in the finite element program Sofistik related to: A rectangular reinforced concrete slab that lays on column supports and a rectangular concrete core following a grid of 8x8 meters. Your task is to write a Teddy file. A Teddy file is divided in different sections or programs. We are going to deal with the following ones: AQUA, SOFIMSHA, SOFILOAD and ASE.

AQUA calculates the properties of cross sections of any shape and made from any material. The cross-section properties for a static analysis are determined, as well as characteristic magnitudes for the calculation of normal and shear stresses.

The task of SOFIMSHA is to define the geometric elements of the model, such as nodes, lines and areas, and to assign the materials and cross sections to these elements previously defined with AQUA.

SOFILOAD generates loading for the elements previously defined with SOFIMSHA. Loads are organized in load cases, which are members of a unique action. Load cases are addressed via a number, while the action is designated by up to 4 characters.

ASE calculates the static and dynamic effects of general loading on any type of structure.

Each section of the Teddy file related to a program begins with a line indicating the program name. In the case of AQUA, that would be: + PROG AQUA. Each section of the Teddy file related to a program finishes with the line END. Explanatory comments are defined after a \$ symbol. Another important concept of teddy files is the indexing or numbering. In order that an element can be referenced later in another line of the Sofistik file, it must be defined with an index. Optionally, several model elements can be defined in the same line by providing a list of indexes i.e., a space-separated list of integers. Besides that, the first line of each module may include the HEAD command to define an explanatory title string with no relevance for the calculation.

I will be providing you with information about the syntax of each module and an example of it. I will try to explain the syntax in JSON format: {"Record name": {"Input keyword 1": "Value", "Input keyword 1": "Value", ...}}.

Let me show you a generic example of a record "RECORD" with five inputs with keywords from "K1" to "K5". If the minus sign (-) is given instead of a data value, the program uses the corresponding default value. The following four lines are equivalent:

```
RECORD 1.00 -- 2.00 3.00
RECORD 1.00 K4 2.00 3.00
RECORD K1 1.00 K4 2.00 K5 3.00
RECORD K4 2.00 K1 1.00 K5 3.00
```

Wait for further instructions. Do not write any code yet. Keep your comments outside the code sections as short as possible.



Understood. Please provide me with the syntax details and examples for each module (AQUA, SOFIMSHA, SOFILOAD, and ASE) so I can accurately construct the Teddy file for the reinforced concrete slab model.

Hier: Effizienzsteigerung vor Perfektion!

# SOFiSTiK – ChatGPT prompt engineering

Let's start with the AQUA section. I want to create a model based on the code DIN EN199X-200X. Define one concrete material of quality C30/37 and a reinforcement steel material of quality B500A.

This is the syntax of the AQUA module:

{“NORM (Default Design Code)” : {“DC” : “Design Code family: EN (eurocodes), DIN (German Standard)”, “NDC” : “Designation of a specific code”}}  
{“CONC (Properties of Concrete)” : {“NO” : “Material number: 1-999”, “TYPE” : “Type of concrete: C (regular), LC (light-weight)”, “FCN” : “Nominal strength class in N/mm<sup>2</sup>”, “TITL” : “Material designation”}}  
{“STEE (Properties of Metals)” : {“NO” : “Material number: 1-999”, “TYPE” : “Type of steel: S (Structural steel), B (Reinforcement steel)”, “CLAS” : “Steel class or quality”, “TITL” : “Material designation”}}

This is an example of the module AQUA:

```
+PROG AQUA
HEAD Definition of materials and cross sections
$ Definition of the code or regulation
NORM DIN 1045-1 $ If a specific code designation is provided, it is
simply copied.
$ Material definitions
CONC 1 C 35 TITL C35/45 $ Only the first number of the concrete
quality (35 here) must be provided
STEE 2 B 500A TITL 'Mattenstahl'
STEE 3 B 500A TITL 'Stabstahl'
END
```



```
teddy Code kopieren
+PROG AQUA
HEAD Definition of materials under DIN EN199X-200X
$ Define the norm with a designation for DIN EN199X-200X standards
NORM DIN EN199X-200X
$ Define concrete material C30/37
CONC NO 1 TYPE C FCN 30 TITL 'Concrete C30/37'
$ Define reinforcement steel B500A
STEE NO 2 TYPE B CLAS 500A TITL 'Reinforcement Steel B500A'
END
```



```
1 +PROG AQUA urs:1
2 HEAD Definition of materials under DIN EN199X-200X
3
4 $ Define the norm with a designation for DIN EN199X-200X standards
5 NORM DIN EN199X-200X
6
7 $ Define concrete material C30/37
8 CONC NO 1 TYPE C FCN 30 TITL 'Concrete C30/37'
9
10 $ Define reinforcement steel B500A
11 STEE NO 2 TYPE B CLAS 500A TITL 'Reinforcement Steel B500A'
12
13 END
14
```

# SOFiSTiK – ChatGPT prompt engineering

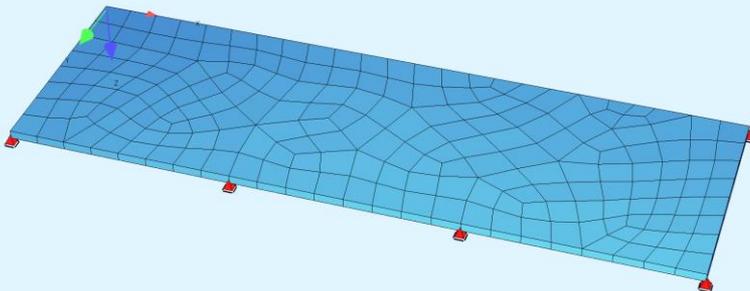
That was great. Now let's move on to the module SOFIMSHA. I want you to define a rectangular slab of 24m (x direction) by 8m (y direction), which is 30 cm thick. There is a column grid which is translated into point supports every 8 meters in both x and y directions. Write the node axis in a comment next to the node definition. The X coordinate refers to the grid axis A, B, C, D and the Y coordinate to the grid axis 1 and 2. Assign to the slab the concrete material and the steel reinforcement material previously defined.

This is the syntax of the SOFIMSHA module:

{ "SYST (Global System Definition)" : { "TYPE" : "The type of the system: 3D (spatial structures), 2D (Plane frame or pannel), 2DSL (Plane girder or plate bending)", "GDIV" : "Group divisor"}}

{ "NODE (Nodes, Coordinates and Constraints)" : { "NO" : "Node number: 1-999999", "X" : "X-coordinate in meters", "Y" : "Y-coordinate in meters", "FIX" : "Node constraints: PX (Constraint of displacement X), PY (Constraint of displacement Y), PZ (Constraint of displacement Z), MX (Constraint of rotation around X), (Constraint of rotation around Y), (Constraint of rotation around Z)"}}

{ "QUAD (Plane Elements (Disks, Plates, Shells))" : { "NO" : "PROP to define the default element", "MNO" : "Element material number", "MRF" : "Material number for reinforcements". "T" : "Thickness in millimeters



"TYPE" : "Direction of support : CX (in global X-direction), CY (in global

Y-direction), CZ (in global Z-direction), CA : "Bedding constants",

```
teddy Code kopieren
+PROG SOFIMSHA
HEAD Definition of Rectangular Slab with Column Supports
$ Define the system type for a plane slab (2DSL)
SYST TYPE 2DSL
$ Nodes and their coordinates (x, y) with point supports at every 8m
NODE 1 0.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis A1
NODE 2 8.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis B1
NODE 3 16.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis C1
NODE 4 24.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis D1
NODE 5 0.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis A2
NODE 6 8.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis B2
NODE 7 16.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis C2
NODE 8 24.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis D2
$ Default properties for the slab
QUAD PROP MNO 1 MRF 2 T 300 $ Define material numbers and thickness in mm
$ Unstructured mesh generation for the slab area
UMSH TYPE QUAD HMAX 1.0
$ Boundary definition for UMSH using the outermost nodes
UBND TYPE OUT SEL NODE N1 1 4 8 5 $ Define the outer boundary
END
```

```
17 +PROG SOFIMSHA urs:2
18 HEAD Definition of Rectangular Slab with Column Supports
19 $ Define the system type for a plane slab (2DSL)
20 SYST TYPE 2DSL
21 $ Nodes and their coordinates (x, y) with point supports at every 8m
22 NODE 1 0.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis A1
23 NODE 2 8.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis B1
24 NODE 3 16.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis C1
25 NODE 4 24.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis D1
26 NODE 5 0.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis A2
27 NODE 6 8.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis B2
28 NODE 7 16.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis C2
29 NODE 8 24.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis D2
30 $ Default properties for the slab
31 QUAD PROP MNO 1 MRF 2 T 300 $ Define material numbers and thickness in mm
32 $ Unstructured mesh generation for the slab area
33 UMSH TYPE QUAD HMAX 1.0
34 $ Boundary definition for UMSH using the outermost nodes
35 UBND TYPE OUT SEL NODE N1 1 4 8 5 $ Define the outer boundary
36 END
```

# SOFiSTiK – ChatGPT prompt engineering

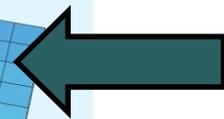
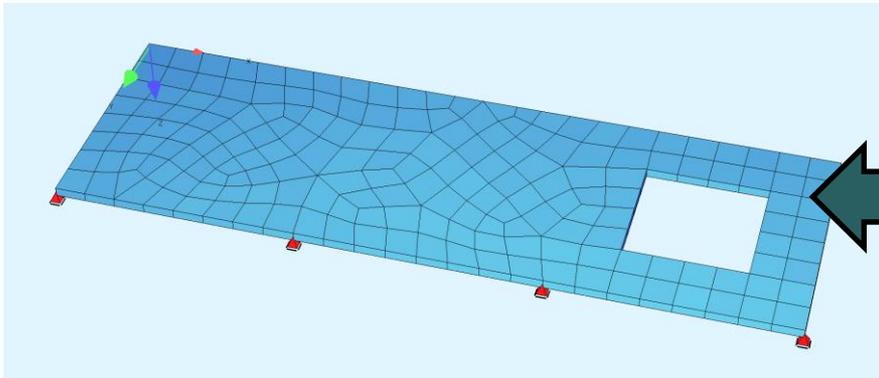
Now we are going to add an opening. Update the sofimsha module to add a square opening of 4m side length centered between the C and D axis.



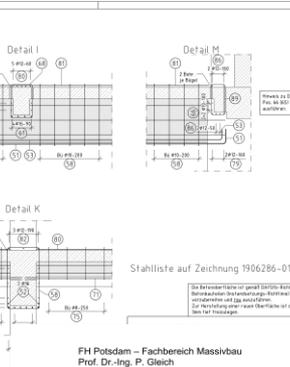
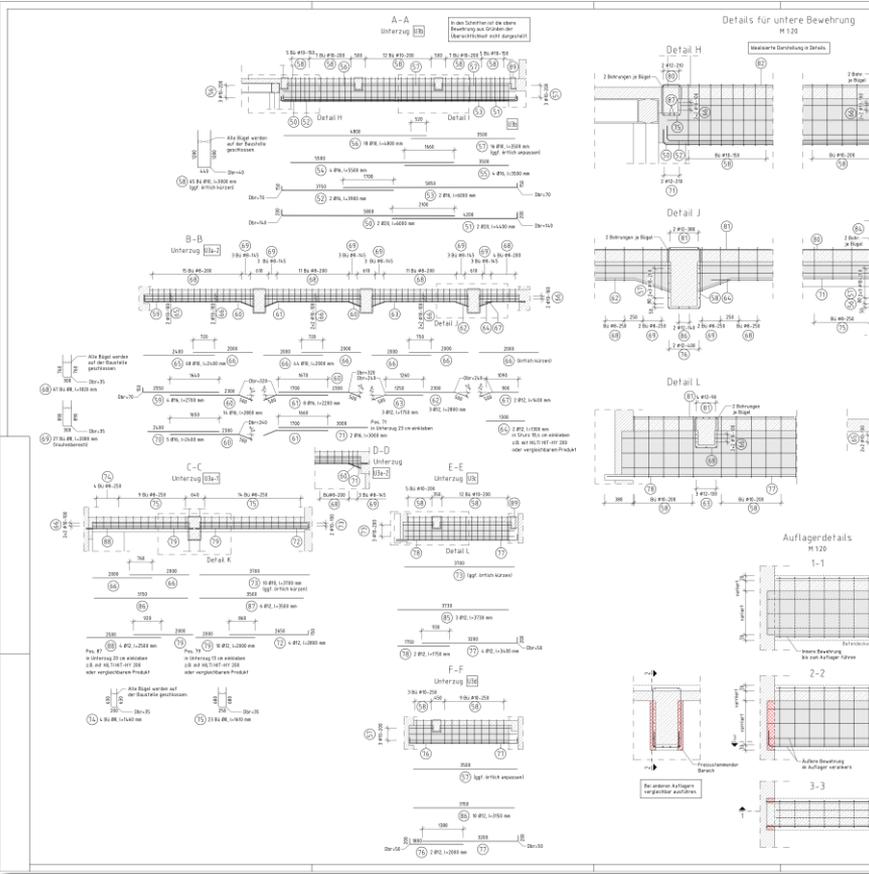
```
teddy Code kopieren
+PROG SOFIMSHA
HEAD Definition of Rectangular Slab with Column Supports and an Opening
$ Define the system type for a plane slab (2DSL)
SYST TYPE 2DSL
$ Nodes and their coordinates (x, y) with point supports at every 8m
NODE 1 0.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis A1
NODE 2 8.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis B1
NODE 3 16.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis C1
NODE 4 24.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis D1
NODE 5 0.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis A2
NODE 6 8.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis B2
NODE 7 16.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis C2
NODE 8 24.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis D2
$ Define nodes for the opening (4m side, centered between C and D axis)
NODE 9 18.0 2.0 $ Bottom left of opening
NODE 10 22.0 2.0 $ Bottom right of opening
NODE 11 22.0 6.0 $ Top right of opening
NODE 12 18.0 6.0 $ Top left of opening
$ Default properties for the slab
QUAD PROP MNO 1 MRF 2 T 300 $ Define material numbers and thickness in mm
$ Unstructured mesh generation for the slab area
UMSH TYPE QUAD HMAX 1.0
$ Boundary definition for UMSH using the outermost and opening nodes
UBND TYPE OUT SEL NODE N1 1 4 8 5 $ Define the outer boundary
UBND TYPE IN SEL NODE N1 9 10 11 12 $ Define the opening
END
```



```
39 +PROG SOFIMSHA urs:2
40 HEAD Definition of Rectangular Slab with Column Supports and an Opening
41 $ Define the system type for a plane slab (2DSL)
42 SYST TYPE 2DSL
43 $ Nodes and their coordinates (x, y) with point supports at every 8m
44 NODE 1 0.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis A1
45 NODE 2 8.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis B1
46 NODE 3 16.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis C1
47 NODE 4 24.0 0.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis D1
48 NODE 5 0.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis A2
49 NODE 6 8.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis B2
50 NODE 7 16.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis C2
51 NODE 8 24.0 8.0 FIX PZ $ Node at Grid Axis D2
52 $ Define nodes for the opening (4m side, centered between C and D axis)
53 NODE 9 18.0 2.0 $ Bottom left of opening
54 NODE 10 22.0 2.0 $ Bottom right of opening
55 NODE 11 22.0 6.0 $ Top right of opening
56 NODE 12 18.0 6.0 $ Top left of opening
57 $ Default properties for the slab
58 QUAD PROP MNO 1 MRF 2 T 300 $ Define material numbers and thickness in mm
59 $ Unstructured mesh generation for the slab area
60 UMSH TYPE QUAD HMAX 1.0
61 $ Boundary definition for UMSH using the outermost and opening nodes
62 UBND TYPE OUT SEL NODE N1 1 4 8 5 $ Define the outer boundary
63 UBND TYPE IN SEL NODE N1 9 10 11 12 $ Define the opening
64 END
--
```

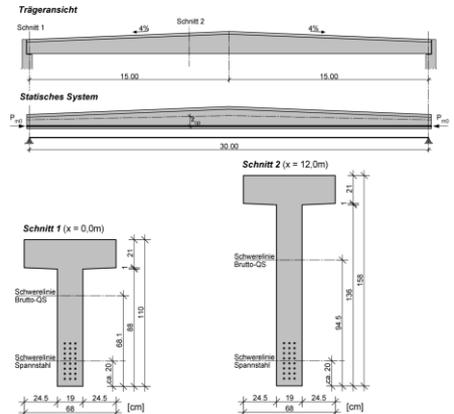


# ChatGPT für 4-Augen-Prinzip?



FH Potsdam – Fachbereich Massivbau  
 Prof. Dr.-Ing. P. Gleich  
 Bemessung eines Spannbettbinders  
 Massivbau: Hoch-, Ingenieur- und Brückenbauwerke

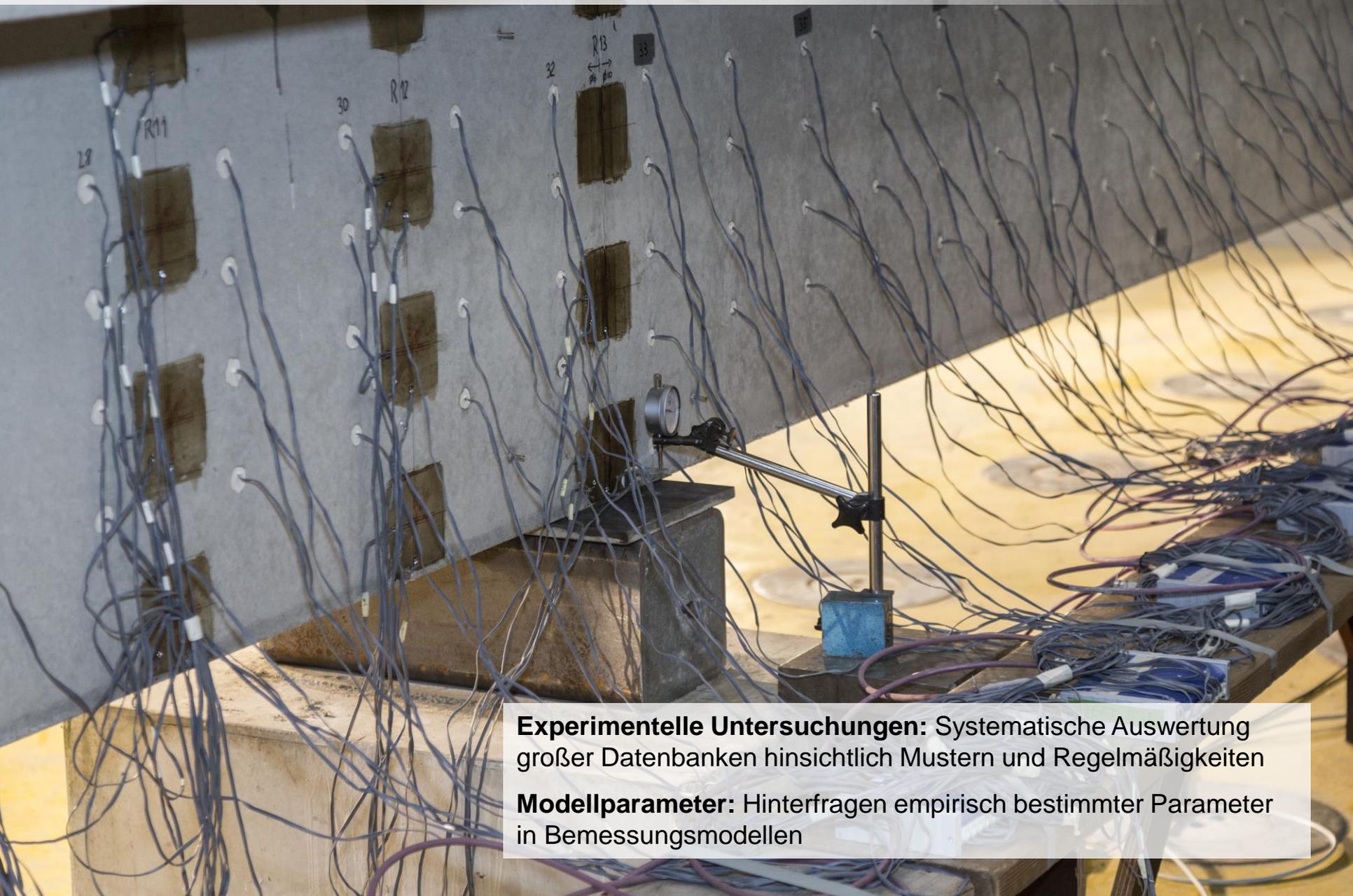
**Aufgabe: Vorspannung mit sofortigem Verbund**  
 Der dargestellte Satteldachbinder wird im Spannbett mit vorgespannten Litzen im sofortigen Verbund hergestellt. Die im Rahmen der Bearbeitung geforderten Nachweise sind in Schnitt 1 ( $x = 0,0\text{ m}$ ) bzw. in Schnitt 2 ( $x = 12,0\text{ m}$ ) zu führen.



Brutto-Querschnittswerte ( $x = 0,0\text{ m}$ )	Brutto-Querschnittswerte ( $x = 12,0\text{ m}$ )
$h = 1,10\text{ m}$	$h = 1,58\text{ m}$
$A_c = 0,314\text{ m}^2$	$A_c = 0,406\text{ m}^2$
$I_c = 0,0352\text{ m}^4$	$I_c = 0,0992\text{ m}^4$
$Z_{top} = 0,498\text{ m}$	$Z_{top} = 0,767\text{ m}$
$Z_{bot} = 0,698\text{ m}$	$Z_{bot} = 0,967\text{ m}$
$W_{tot} = 0,0504\text{ m}^3$	$W_{tot} = 0,1025\text{ m}^3$
Spannkraftverluste bei $x = 0,0\text{ m}$ : 12%	Spannkraftverluste bei $x = 12,0\text{ m}$ : 15%

Pos. U2a	
<b>Nachweis der Übertragung der in der Fuge wirkenden Schubkräfte</b>	
$V_{Ed} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_y + \rho \cdot f_{yd} (1,2 \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{ctd}$	DIN EN 1992-1-1, 6.2.5
Bemessungswert der Betonzugfestigkeit	$f_{ctd} = 0,85 \cdot f_{ctk,0.05} / 1,5 = 0,85\text{ N/mm}^2$
Bemessungswert der Betondruckfestigkeit	$f_{cd} = 14,0\text{ N/mm}^2$
<b>Obere Fuge, Deckenoberseitige Streifen</b>	
Adhäsion	$c = 0,4 [-]$ Annahme: raue Fuge
Reibung	$\mu = 0,7 [-]$ $v = 0,5 [-]$
Normalspannung für 1 m Breite	$\sigma_y = N / A_c$
Einwirkende Normalkraft für 1 m Breite	$N_{0,x} = 0,01\text{ MPa/m}$
Bewehrungsgrad	$\rho = A_s / A_c = 1,48\text{ ‰}$ im Stützbereich
Querschnittsfläche der Bewehrung	$A_s = 5,02\text{ cm}^2/\text{m}$ $2 \times 5 \times \text{Ø}8 / 1\text{ m}$
Fläche der Fuge	$A_f = 3400\text{ cm}^2/\text{m}$
Bemessungswert der Stahlzugfestigkeit	$f_{yd} = 435\text{ N/mm}^2$ Betonstahl B500
Neigungswinkel der Verbunddübel	$\alpha = 90^\circ$
	$\rightarrow V_{Ed} = 0,88\text{ MPa/m}$
	$< 3,50\text{ MPa/m} = 0,5 \cdot v \cdot f_{ctd}$
<b>Bemessungswert der Schubkraft in der Fuge</b>	
$V_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b)$	DIN EN 1992-1-1, 6.2.5
Verhältnis der Normalkräfte	$\beta = 1,0 [-]$
Bemessungswert der maximal einwirkenden Querkraft	$V_{Ed} = 115,00\text{ kN}$
Hebelarm des zusammengesetzten Querschnitts	$z = 0,39\text{ m}$
	$b = 0,34\text{ m}$
	$\rightarrow V_{Ed} = 0,87\text{ MPa/m}$
	$V_{Ed} / V_{Rd} = 0,98 < 1,0$
<b>Annahme: raue Fuge</b>	
$c = 0,4 [-]$	
$\mu = 0,7 [-]$	
$v = 0,5 [-]$	
$\sigma_y = N / A_c$	
$N_{0,x} = 0,00\text{ MPa/m}$	Ständige Einwirkungen
$\rho = A_s / A_c = 2,18\text{ ‰}$	im Stützbereich
$A_s = 8,04\text{ cm}^2/\text{m}$	$2 \times 8 \times \text{Ø}8 / 1\text{ m}$
$A_c = 3680\text{ cm}^2/\text{m}$	Betonstahl B500
$f_{yd} = 435\text{ N/mm}^2$	
$\alpha = 90^\circ$	
$\rightarrow V_{Ed} = 1,05\text{ MPa/m}$	
$< 1,7\text{ MPa/m} = 0,5 \cdot v \cdot f_{ctd}$	
<b>DIN EN 1992-1-1, 6.2.5</b>	
$\beta = 1,0 [-]$	
$V_{Ed} = 115,00\text{ kN}$	im Abstand $d$ vom Lagerend
$z = 0,39\text{ m}$	Abgeschätzt mit $0,9 \cdot d$
$b = 0,368\text{ m}$	DIN 18551
	Anl. x.y - Seite 3 von 6

# Überarbeitung bestehender Nachweismodelle



**Experimentelle Untersuchungen:** Systematische Auswertung großer Datenbanken hinsichtlich Mustern und Regelmäßigkeiten

**Modellparameter:** Hinterfragen empirisch bestimmter Parameter in Bemessungsmodellen

# FORSCHUNG GLEICH & LORENZ

## Zukunftsorientiertes Konstruieren im Massivbau

- FHP-finanziert
- Laufzeit: 12 Monate
- Zielsetzung
  - Veröffentlichung der Ergebnisse
  - Anschlussfinanzierung
  - neue Erkenntnisse im Rahmen der KI bzgl. zukünftiger Forschung

## Tragwerksplanung – Allgemeine Problemstellung

*Minimierung des Ressourceneinsatzes bei gleichzeitiger Einhaltung aller geforderten Randbedingungen.*

## Ressourceneinsatz – gewichteter Materialverbrauch

- Materialverbrauch [ $m^3$ ] → Gewichtung mit 1
- Kosten [€] → Gewichtung mit Preis
- Umweltbelastung [GWP] → Gewichtung mit  $CO_2$ -Verbrauch
- Herstellungs-Dauer [d] → Gewichtung mit Arbeitsaufwand

Zusammensetzung  
gemäß Präferenz

## Randbedingungen – Anforderungen

- Nutzung: i.A. beliebig, z.B.: lichte Geschosshöhe, gesamte Nutzfläche...
- Statik: Nachweise im GZT & GZG, konstruktive Regeln
- Dynamik: Schwingungsanfälligkeit

## KNN – Spezielle Netze / Anforderungen an Funktionsweise

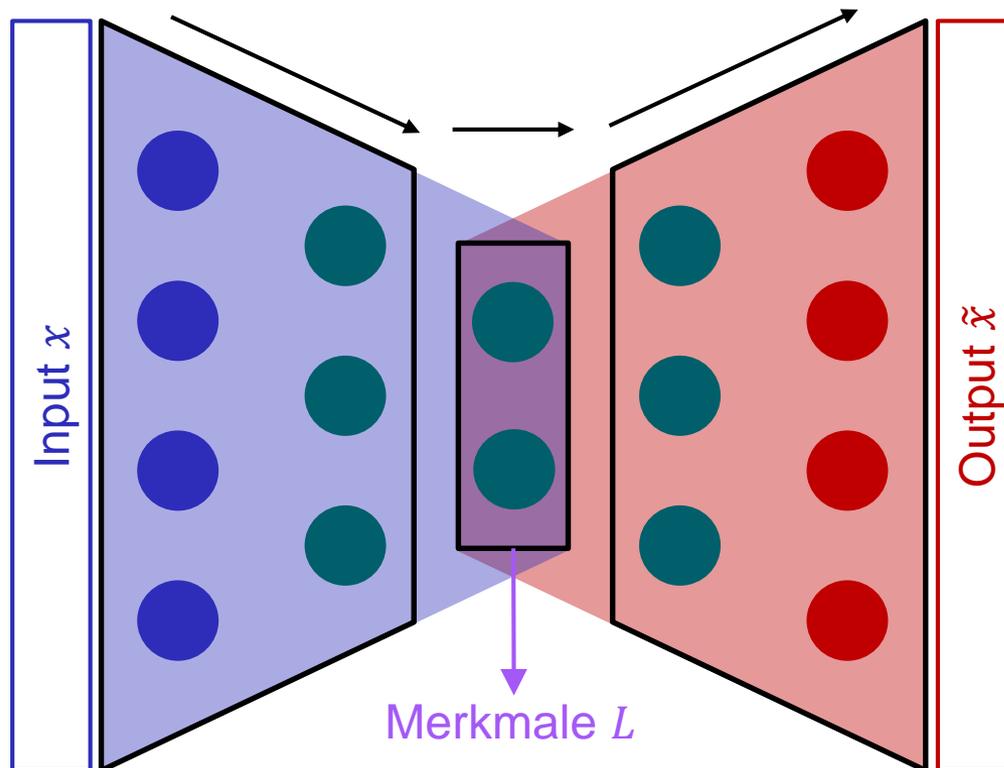
- Allgemeiner Fall: zumindest teilweise in jedem KNN vorhanden
  - *(Fully-Connected) (Deep) Feed Forward Neural Network (FFNN)*
- Zeitabhängige Probleme: Dynamik, Monitoring / Zustandsüberwachung (SHM)
  - *Time Delay Neural Network (TDNN)*
  - *Recurrent Neural Network (RNN)*
  - *Long-Short-Term-Memory (LSTM)*

} Gedächtnis
- Räumliche, geometrische Probleme: Analyse von Fotos, Bildern, Zeichnungen
  - *Convolutional Neural Networks (CNN)* → Sehen/Fokussieren
- Generation, Entrauschen/Filtern, Merkmal-Extraktion, Anomalie-Detektion
  - *Auto-Encoder (AE)*

## Auto-Encoder (AE)

Struktur untergliedert KNN in 3 Komponenten (Neuronen-Typen i.A. beliebig)  
AE wird darauf trainiert, Eingabemuster zu rekonstruieren

- Encoder → komplexer Zusammenhang wird komprimiert dargestellt
- Code → komprimierte Darstellung (*Latent-Space*)
- Decoder → Rekonstruktion der komplexen Repräsentation anhand des Code



## Nach abgeschlossenem Training

Rekonstruktionsfehler → Anomalie

Struktur → Filtern von Rauschen

Encoder → Codierung, Merkmale  $L$

Decoder → **Generation anhand von Merkmalen**

## Ziel

*Entwicklung einer KI, welche für ebene Rahmentragwerke in Massivbauweise, das optimale Tragwerk in Abhängigkeit definierter Anforderungen liefert.*

- KI generische/dekodierende Funktion
- Massivbau physikalische Nichtlinearität & konstruktive Regeln
- Optimierung Kriterien → Fokus Nachhaltigkeit
- Anforderungen bzgl. Nutzung & Statik

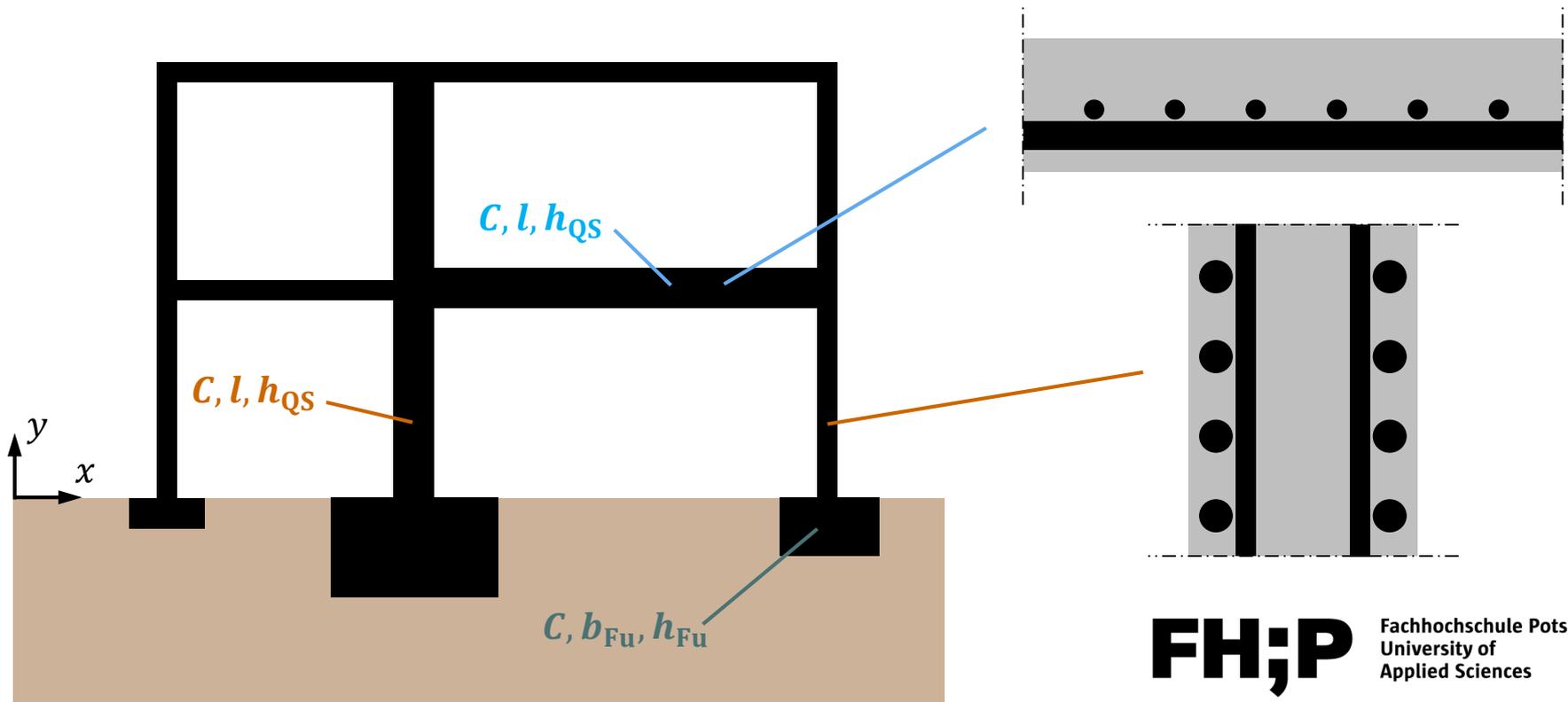
## Haupt-Problem

*Wie kann eine **große Anzahl** von Trainingsdaten verfügbar gemacht werden, die je nach Anforderung die **optimale Lösung** enthalten?*

- beliebige Tragwerke als Trainingsdaten → KI erlernt i.A. nicht das Optimum
- händische Erzeugung → Zeitaufwand, mögliche Fehlerquelle
- KI hat nicht Optimum erlernt → Optimierungsproblem auf Nutzer übertragen

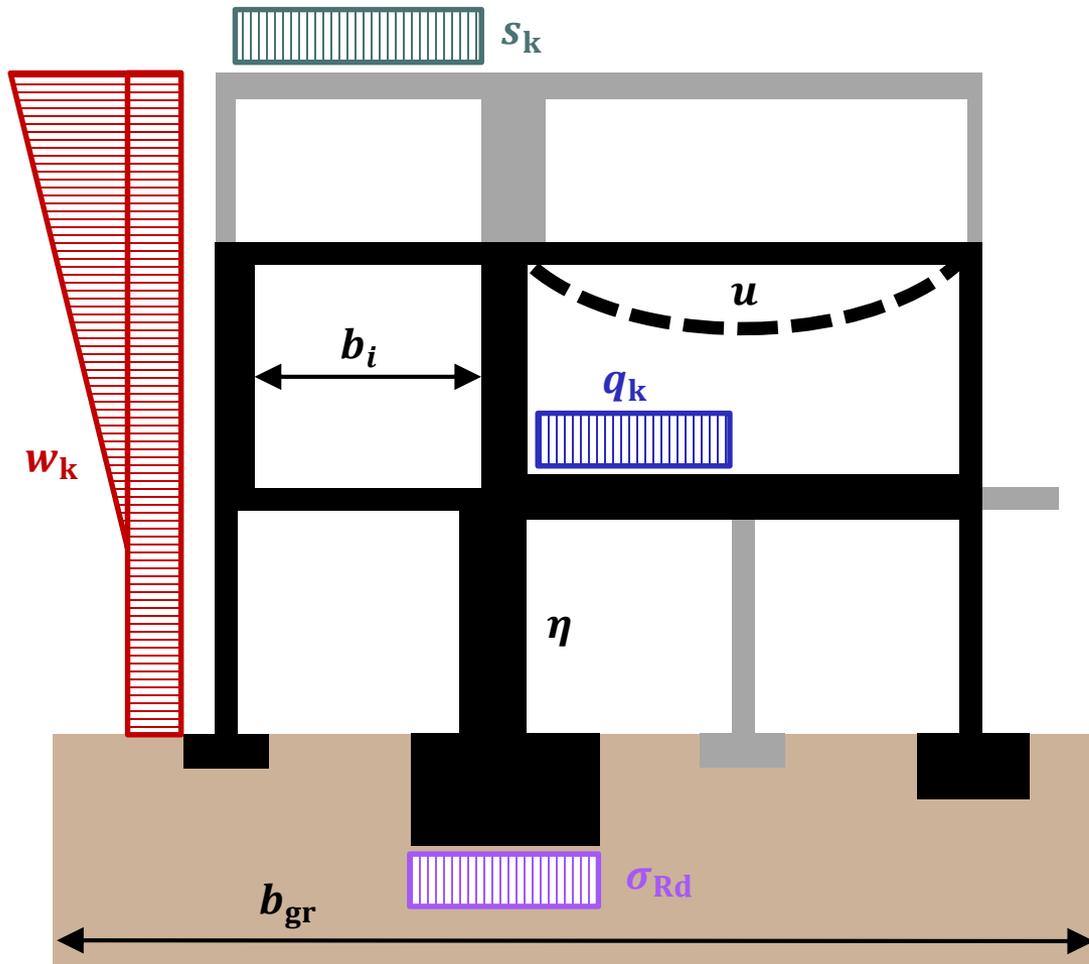
## Problemstellung – beschreibende Parameter

- ebenes Tragwerk → Größen pro 1 Meter
- Komponenten:
  - Platten, Wände, Streifenfundamente
  - beschrieben über Geometrie und Material
- Querschnitte:
  - unterschiedliche Nachweise
  - und Regeln bzgl. Ausführung



## Problemstellung – Anforderungen

zu definierende Randbedingungen, innerhalb derer die modellbeschreibenden Parameter hinsichtlich eines Optimierungskriterium variiert werden



### primäre Anforderungen

Optimierungskriterium: z.B.  $GWP$   
nutzbare Gesamt-Breite:  $b_{ges} = \sum b_i$   
verfügbare Grund-Breite:  $b_{gr}$   
Ausbaulast:  $g_{k2}$   
Nutzlastkategorie  $\rightarrow q_k$   
Standort  $\rightarrow w_k, s_k, \sigma_{Rd}$

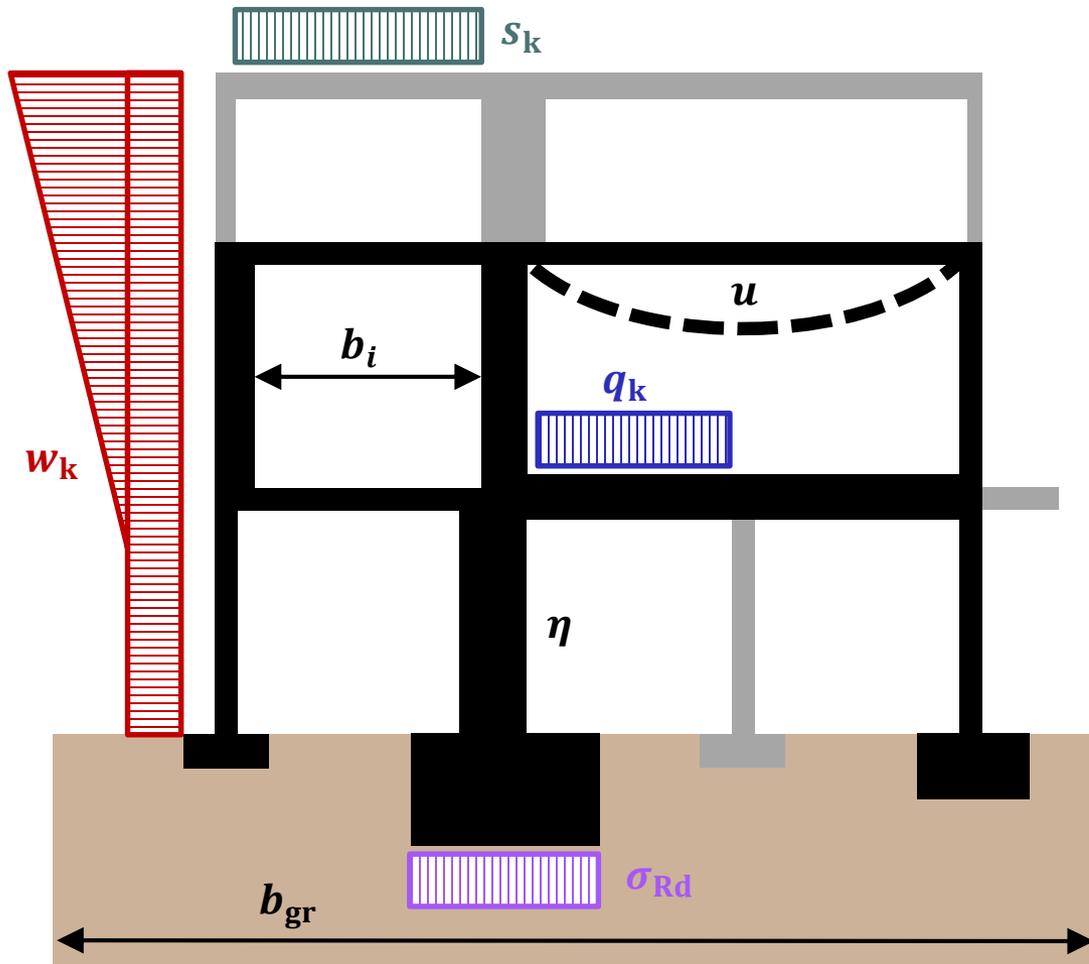
### sekundäre Anforderungen

Nachweise im GZT  $\rightarrow \eta$   
konstruktive Ausführbarkeit  
Verformungsbegrenzung:  $u_{lim}$

# Forschungsprojekt – ZuKoMa

## Problemstellung – Parametervariation

- Große Anzahl an Parametern, die sich teils begünstigen, oft in Konkurrenz stehen
- Analytisch praktisch nicht lösbar, großer Zeitaufwand, Subjektivität



Bauhöhe  $\leftrightarrow$  Windlast

Gebäudebreite  $\leftrightarrow$  Spannweiten

Wände  $\leftrightarrow$  lichte Breite

Plattenhöhe  $\leftrightarrow$  Anzahl Wände

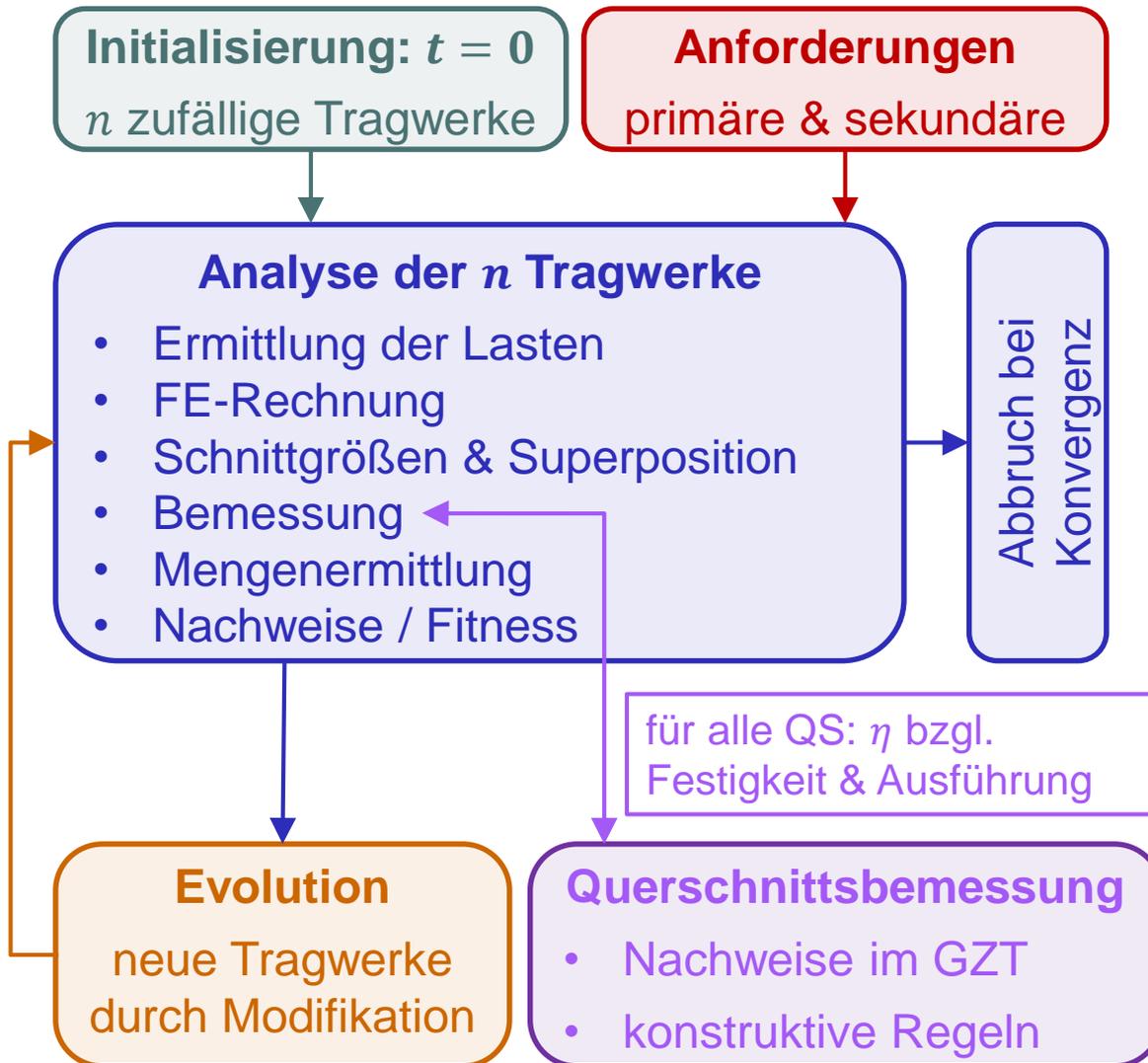
Beton-Klasse  $\leftrightarrow$  Kosten

Anzahl Fundamente  $\leftrightarrow$  Exzentr.

QS-Höhe  $\leftrightarrow$  Eigengewicht

# Forschungsprojekt – ZuKoMa

## Algorithmus: Finden eines optimalen Entwurfs



### Nachweise

nutzbare Breite:  $\eta_1 = b_{\text{vorh}}/b_{\text{ges}}$

Grundbreite:  $\eta_2 = b_{\text{max}}/b_{\text{gr}}$

Durchbiegung:  $\eta_3 = u_{\text{max}}/u_{\text{lim}}$

QS-Bemessung:  $\eta_4 = \eta_{\text{QS}}/1$

### Strafen

$i$ -ter Faktor:  $s_i = (\max\{1,0 ; \eta_i\})^{10}$

gesamt:  $s = \prod s_i \geq 1,0$

### Materialeinsatz & Fitness

Materialmengen:  $V_{C,i}, V_S$

GWP:  $G = \sum (G_{C,i} \cdot V_{C,i}) + G_S \cdot V_S$

modifiziert:  $G_{\text{mod}} = G \cdot s$

Fitness:  $f = 1/G_{\text{mod}}$

## Beispiel

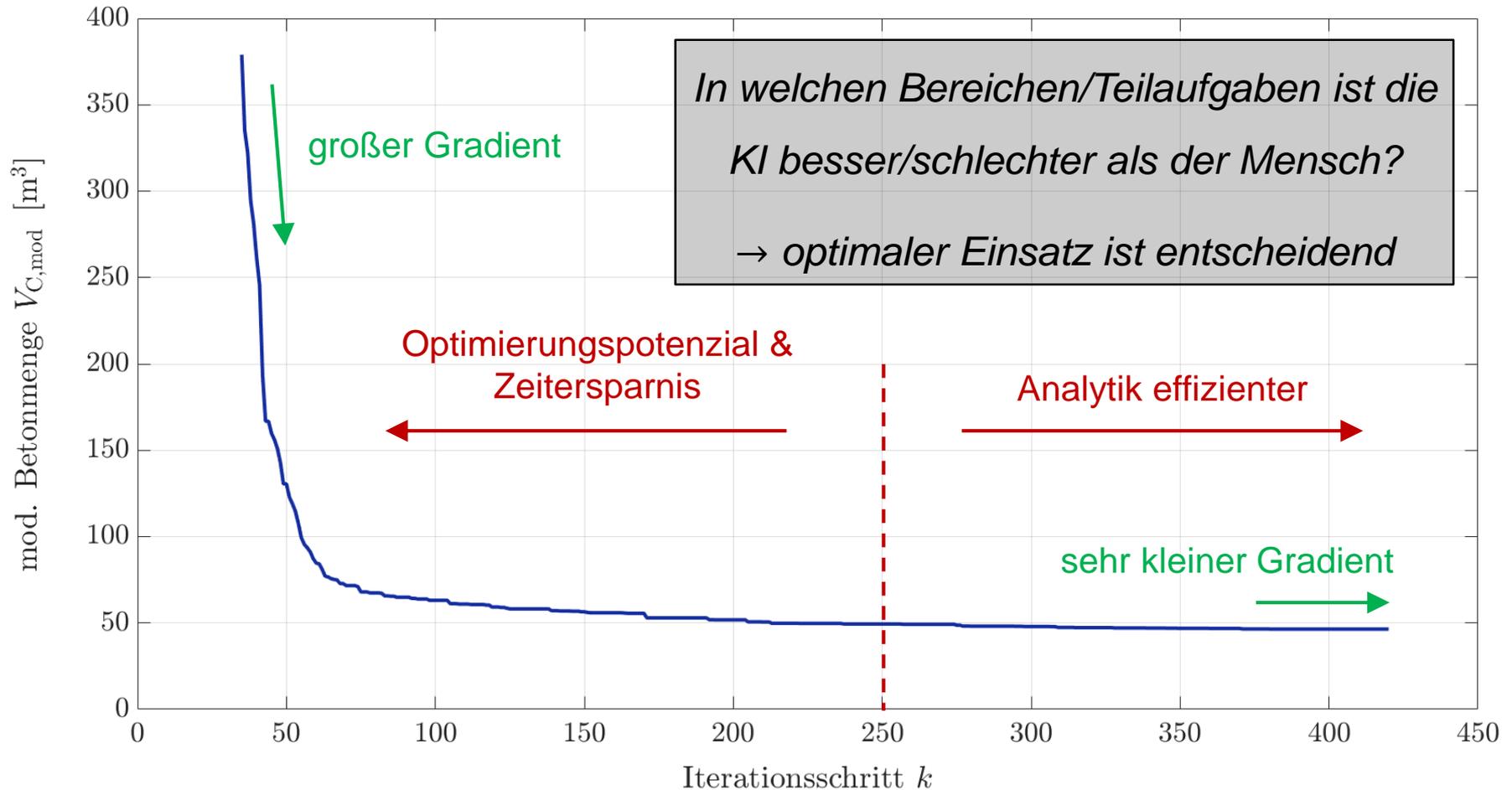
- Nutzungsspezifische Anforderungen
  - Optimierung: eingesetzte Betonmenge  $V_{C,ges}$
  - max. verfügbare Grundbreite:  $b_{gr} = 35,0$  m
  - nutzbare Gesamt-Breite:  $b_{ges} = 60,0$  m
  - Nutzlast:  $q_k = 7,5$  kN/m<sup>2</sup>, Ausbau:  $g_{k2} = 3,0$  kN/m<sup>2</sup>
- Standortspezifische Anforderungen/Randbedingungen
  - Schneelast:  $s_k = 1,5$  kN/m<sup>2</sup>
  - hor. Windlast: veränderlich über Höhe; WZ 4 und GK 1
  - Sohldruckwiderstand:  $\sigma_{Rd} = 300,0$  kN/m<sup>2</sup>
- Randbedingungen
  - Längsspannungen: linear-elastisch mit  $f_{cd}$
  - Querkraft: Tragfähigkeit ohne Querbewehrung
  - Durchbiegung:  $u_{lim} = 0,01$  m

primäre Anforderungen

sekundäre



## Beispiel – Optimierungsprozess



## Fazit & Schlussfolgerung

- Algorithmus zeigt nachvollziehbare Ergebnisse
- praktisch unbegrenzte Erweiterung in Fitness-Funktion
- sehr großes Optimierungspotenzial zu Beginn der Tragwerksplanung/Vorentwurf
- **analytische Detail-Betrachtung stets notwendig**

## Ausblick & Erweiterungen

- Implementierung der Querschnittsbemessung gemäß EC2
  - Stahlanteil, konstruktive Aspekte
- Validierung der Ergebnisse in Abschlussarbeiten
- Räumliche Erweiterung: 2D → 3D
  - deutlich größeres Optimierungspotenzial
- Weitere Optimierungskriterien: Baubetrieb, Bauphysik, ...

RESÜMEE  
PERSPEKTIVEN  
FANTASIEN

# Resüme, Perspektiven, Fantasien

- (1) **Praxis:** KI aktuell noch nicht in bauplanerischen Praxis angekommen
- (2) **Möglichkeiten:** Immenses Potential der KI
- (3) **Fachkräftemangel:** KI für ungeliebte, repetitive Arbeiten
- (4) **Synergien:** KI-Mensch-Interaktion - Lernen von der KI
- (5) **Verantwortung:** Mensch als Entscheidungsträger unverzichtbar
- (6) **Wettbewerbsfähigkeit:** KI für Berufsbild und Büros von existenzieller Bedeutung
- (7) **Nachwuchs:** Manifestation in Ingenieurausbildung von großer Bedeutung
- (8) **Einstellung:** KI nicht aufhaltbar – proaktiver Umgang damit im Bauwesen
- (9) **Ungewohnt:** Lernen, groß zu denken. Fantastisch zu denken.

# Evolution des Bauwesens

