

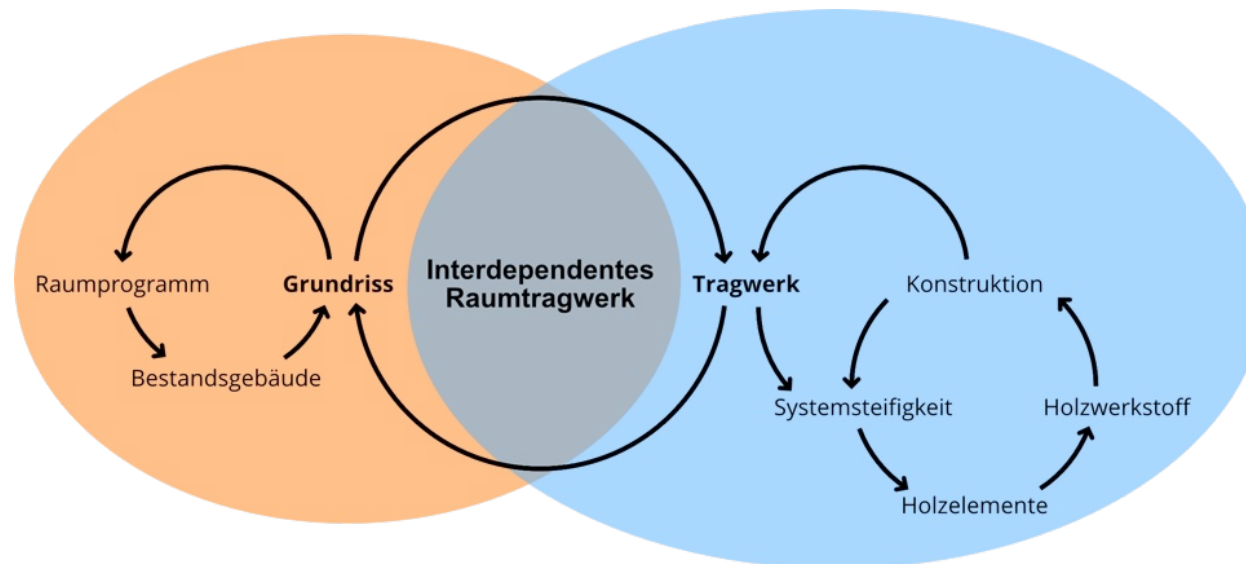
# **„Digital-parametrische Planungsprozesse für eine ressourcenschonende Nachverdichtung in Holzbauweise“**

Von: Prof. Dr-Ing. Matthias Beckh  
Dipl-Ing. Sebastian Bartsch, M.A. Architekt Patrick Schäferling  
Dipl-Ing. Christiane Doberenz, Dipl.-Ing. Oliver Beyer

# Zusammenfassung

# Zusammenfassung

Ziel des Projekts „Digital-parametrische Planungsprozesse für eine ressourcenschonende Nachverdichtung in Holzbauweise“ ist es, adaptive Holztragsysteme zu entwickeln, welche mittels eines vollparametrisierten Planungsansatzes auf unterschiedliche Erfordernisse von Bestandsbauten reagieren und so die zusätzlichen Lasten frei spannung zu klar definierten Auflagerpunkten leiten. Die Tragsysteme sollen in Holztafelbauweise ausgeführt werden, deren innere Rippenstruktur auf den Lastfluss hin angepasst ist. Unter Berücksichtigung weiterer Anforderungen aus den Bereichen Bauphysik, Brandschutz und technischer Gebäudeausrüstung sollen integrative, modulare Bauteile entstehen. Die Forschungsarbeit soll neue Wege für eine ökologisch, ökonomisch sowie architektonisch überzeugende Nachverdichtung aufzeigen. Die Planung von anspruchsvollen Wohnraumvarianten wird mit der zu entwickelnden parametrisch-tragwerksplanerischen Methode, für unterschiedliche Aufstockungsvorhaben von Bestandsbauten vereinfacht.



# Zusammenfassung

Das Forschungsvorhaben soll den Beweis für die folgenden Punkte erbringen:

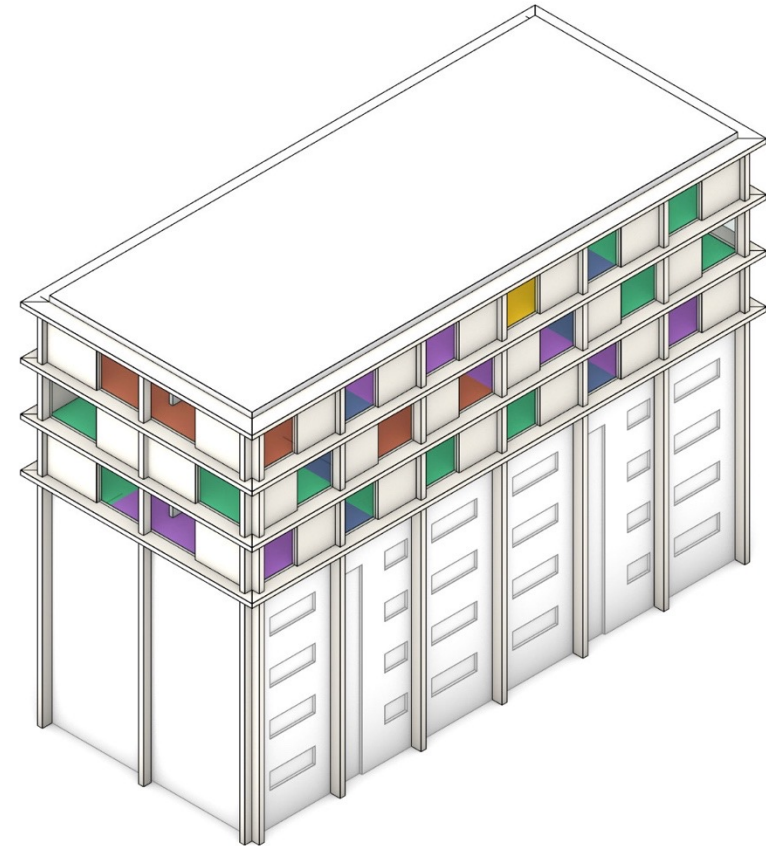
- Ressourceneffizientes Nachverdichtungskonzept auf Basis der Holzbauweise
- Universeller Planungsansatz, der aufgrund seiner Parametrik auf unterschiedliche Randbedingungen und Planungsanforderungen reagiert
- Optimierter Lastfluss durch sehr hohe Ausnutzung des Werkstoffes Holz
- Größere Varianz des generierten Raumangebots aufgrund der räumlichen Tragwirkung
- Verzicht von „Verteilerebenen“ aus CO<sub>2</sub>-intensiven Werkstoffen wie Stahlbeton oder Stahl
- Weiterentwicklung der digitalen Prozesskette vom Vorentwurf bis zur Fertigung und damit Sicherung einer schnellen und kostengünstigen Planung und Fertigung mit minimalen Verschnitt- und Abfallmengen
- Reversibilität und Wiederverwendung der Holzelemente

Die entwickelte Methodik soll in einer fortführenden Forschung, mit innovativen Partnern aus Holzbau und Immobilienwirtschaft zur Anwendungsreife hin weiterentwickelt, an Fallstudien getestet und an einem konkreten Bauvorhaben unterstützend angewandt werden.

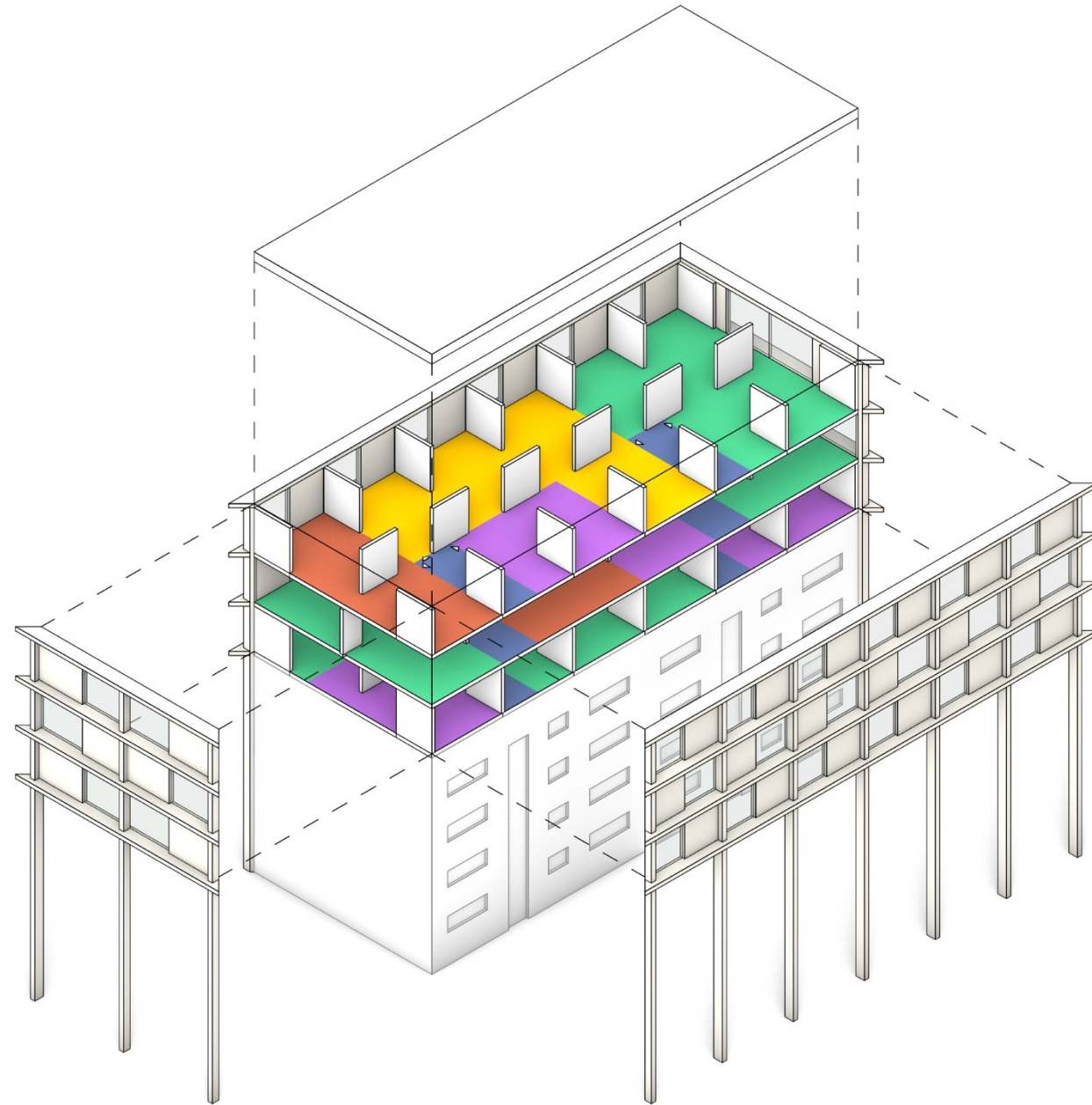
# Konzept

# Konzept

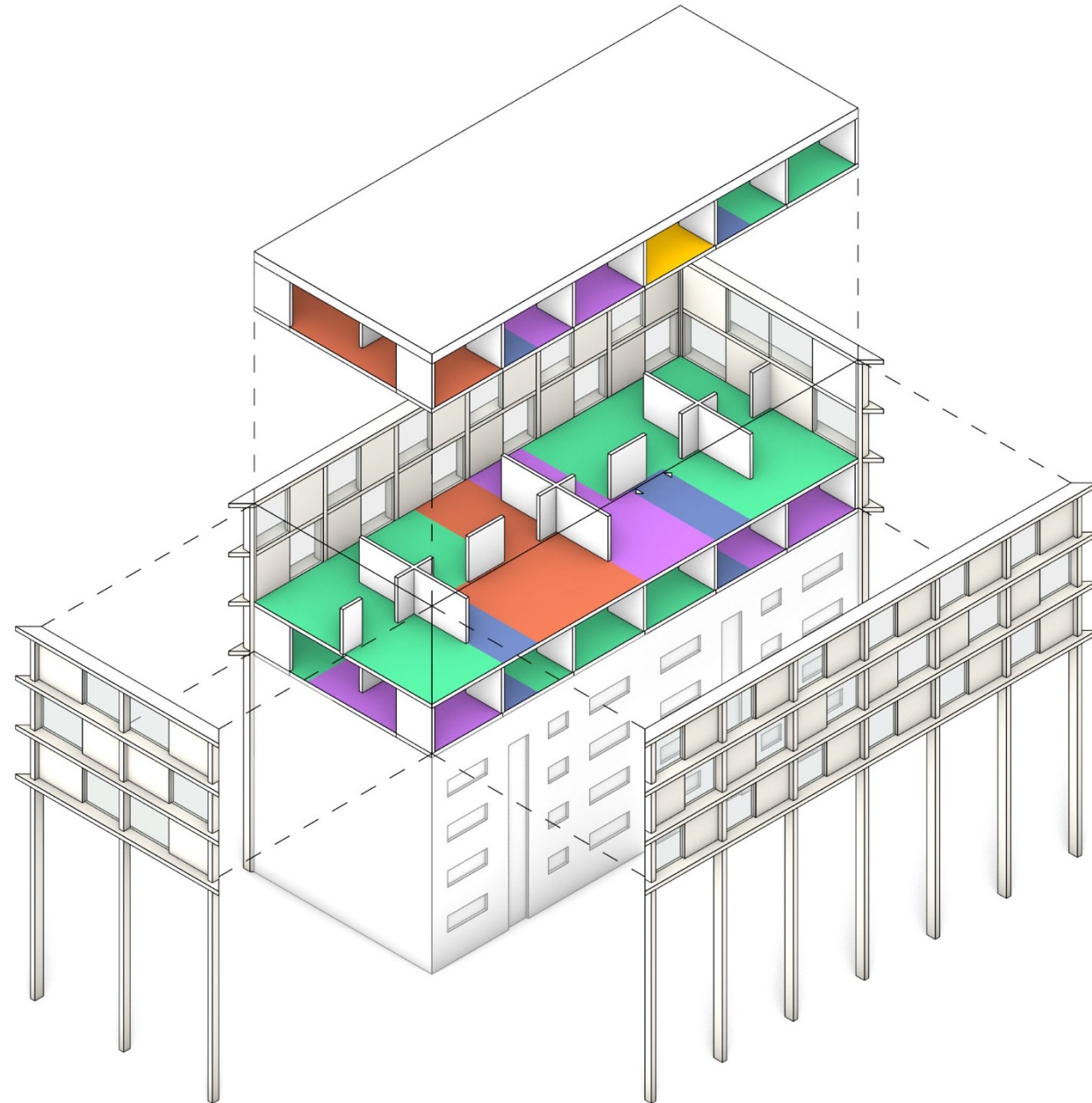
- Aufstocken von Bestandsbauten zur Schaffung von nachhaltigen und kostengünstigen innerstädtischen Wohnraum durch ein frei spannendes, parametrisches Tragsystem in Holztafelbauweise.



# Konzept

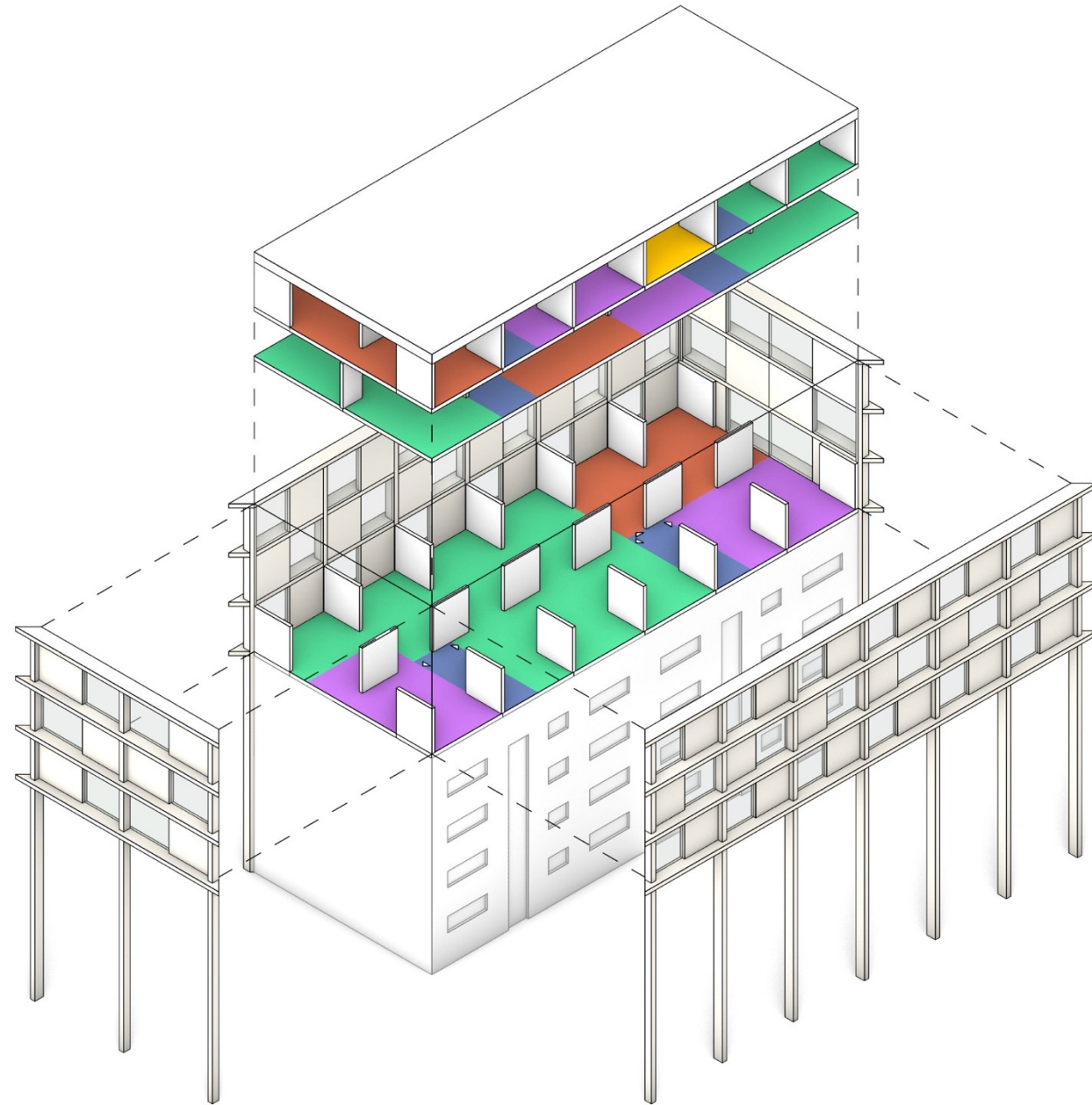


# Konzept





# Konzept

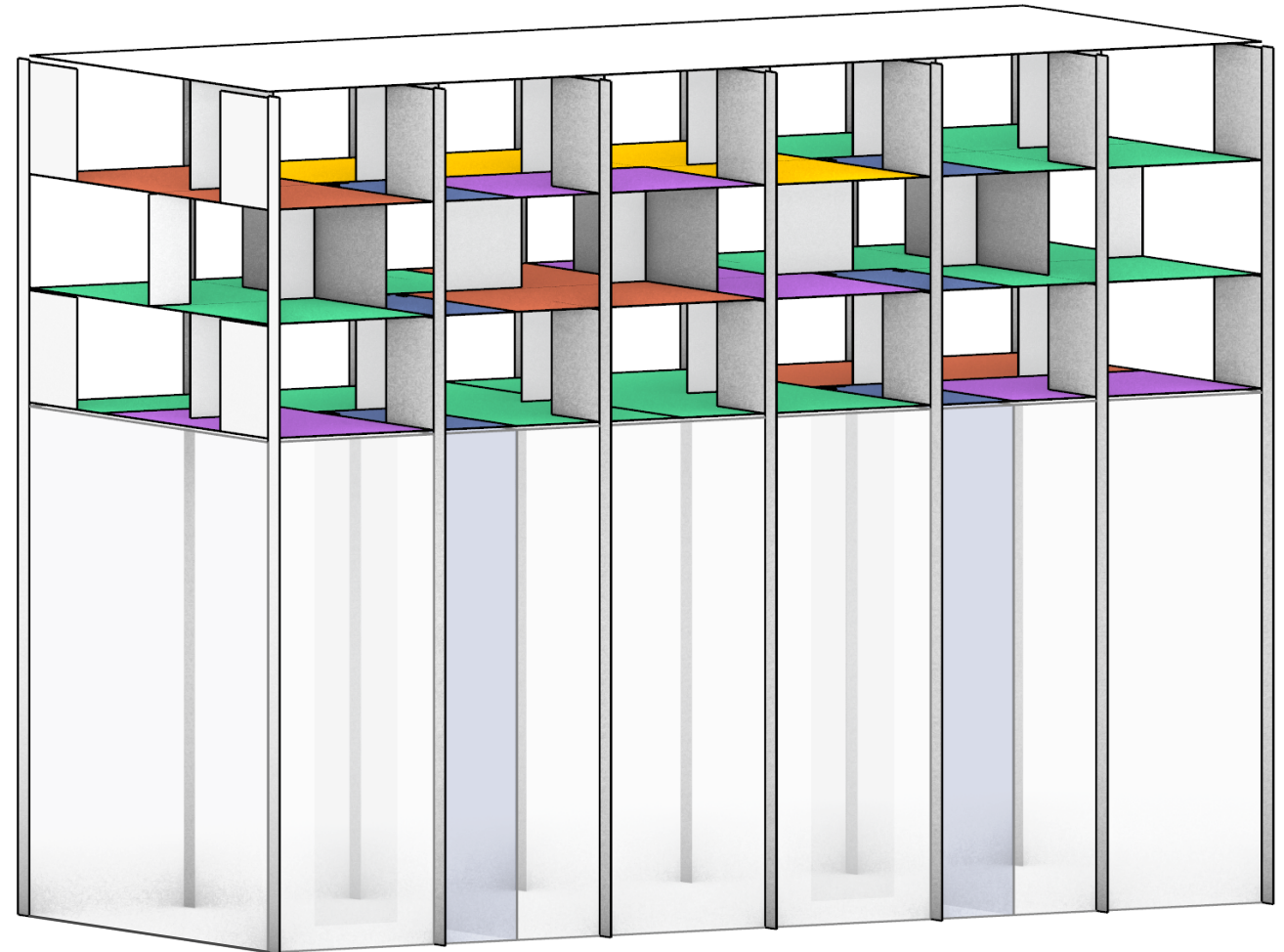


# Forschungsstand

# Forschungsstand

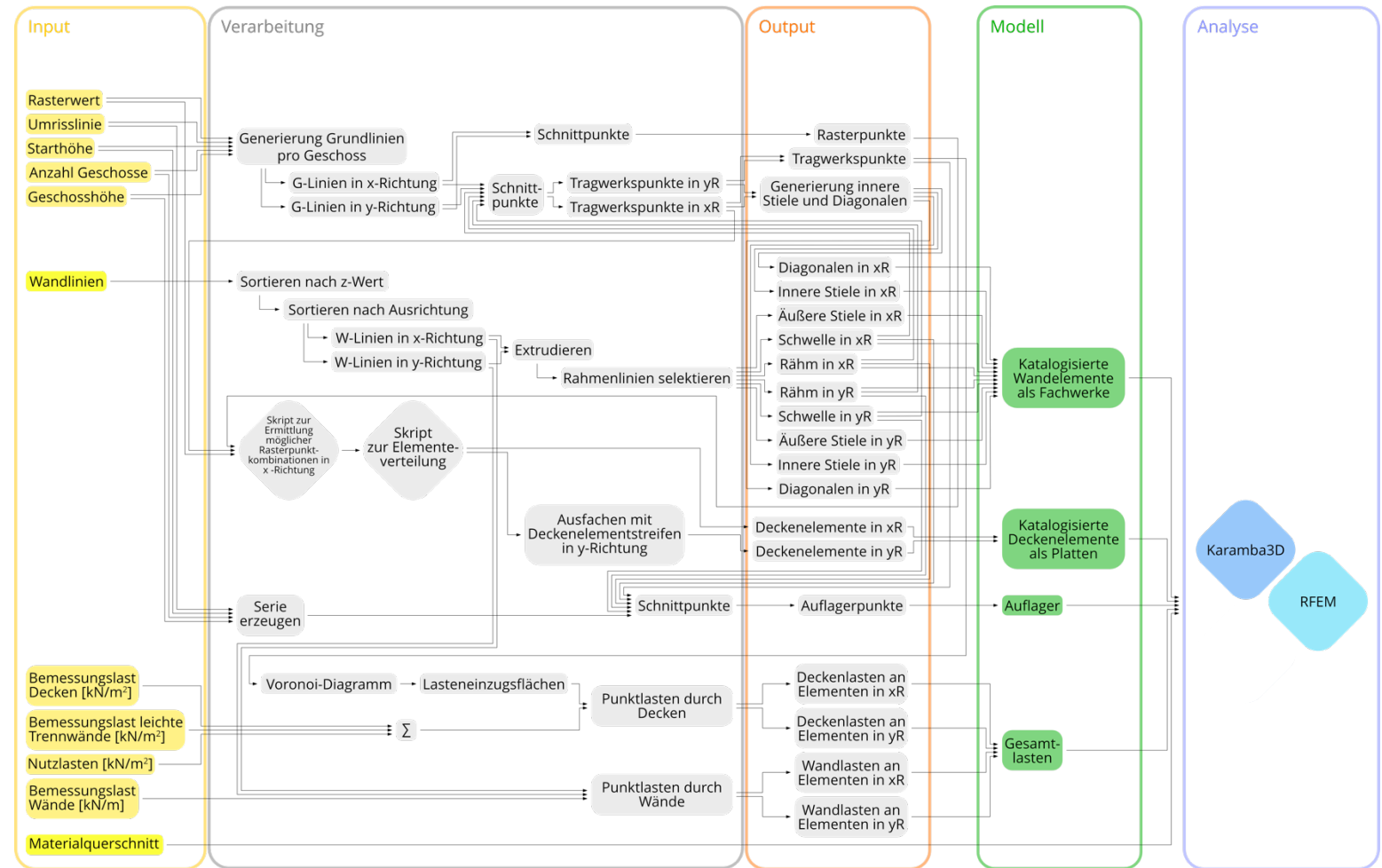
- Grundriss-Layouts sind vorerst manuell festzulegen, da die automatische Generierung von Raumprogrammen ein noch nicht abgeschlossenes Forschungsfeld ist
- Wandlinien sind abhängig der Grundrisse anzulegen

Violett: 30 m<sup>2</sup> < BGF > 60 m<sup>2</sup>  
Orange: 60 m<sup>2</sup> < BGF > 90 m<sup>2</sup>  
Gelb: 90 m<sup>2</sup> < BGF > 120 m<sup>2</sup>  
Grün: 120 m<sup>2</sup> < BGF > 145 m<sup>2</sup>  
Blau: Erschließung



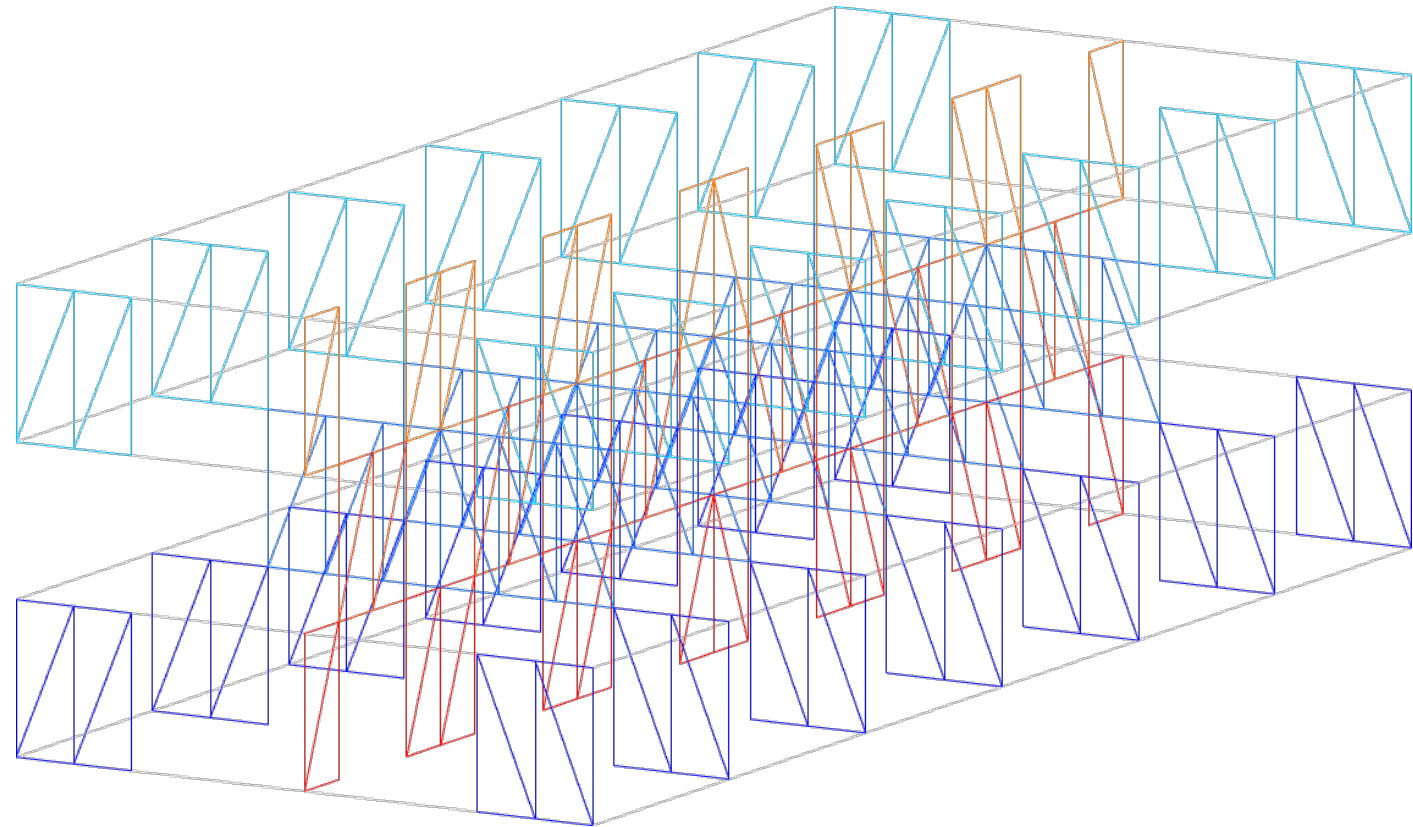
# Forschungsstand

- Flussdiagramm Grasshopper-Skript



# Forschungsstand

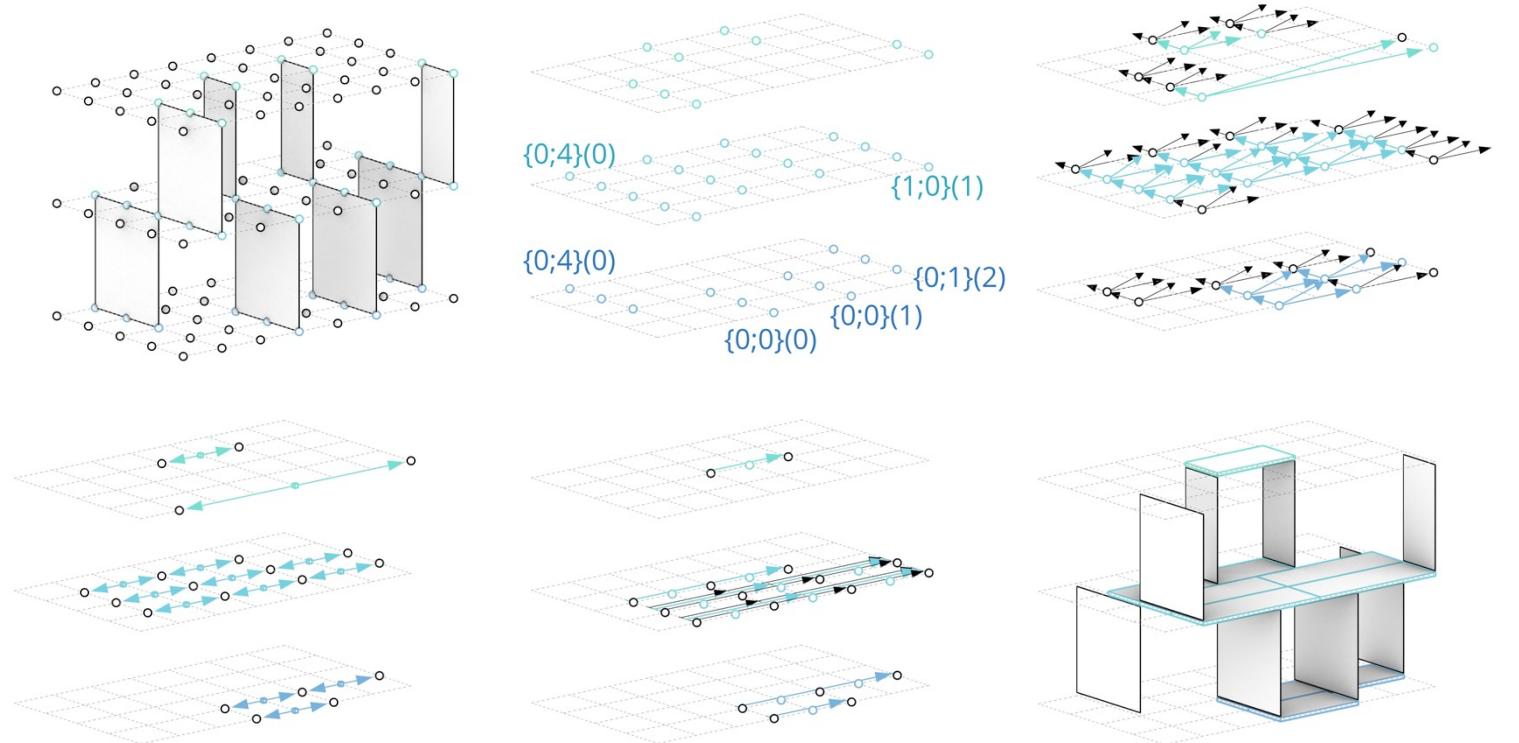
- Parametrisches Raumfachwerk





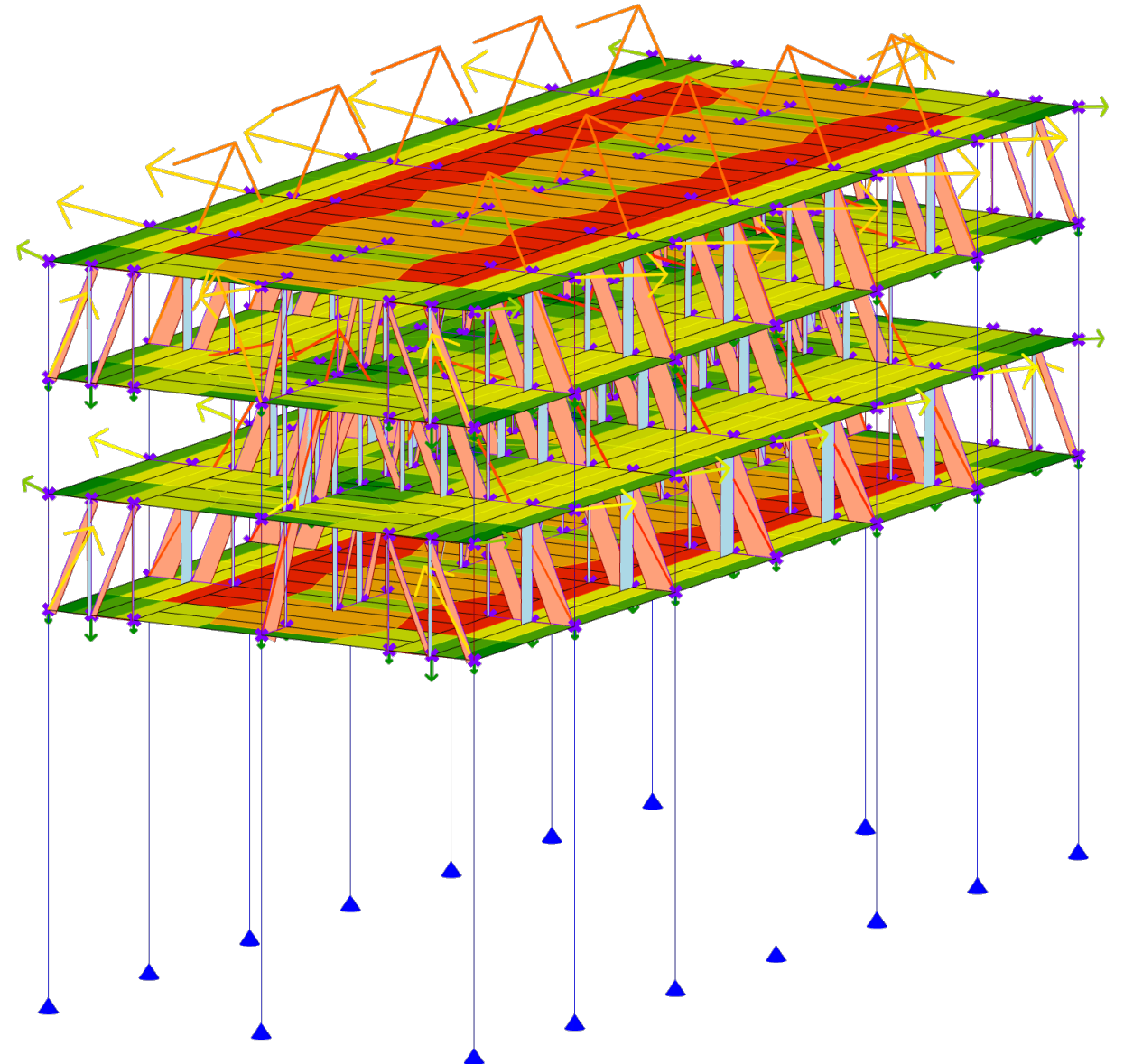
# Forschungsstand

- Generierung einer effizienten Ausrichtung und Aufteilung von flächigen Deckenelementen



# Forschungsstand

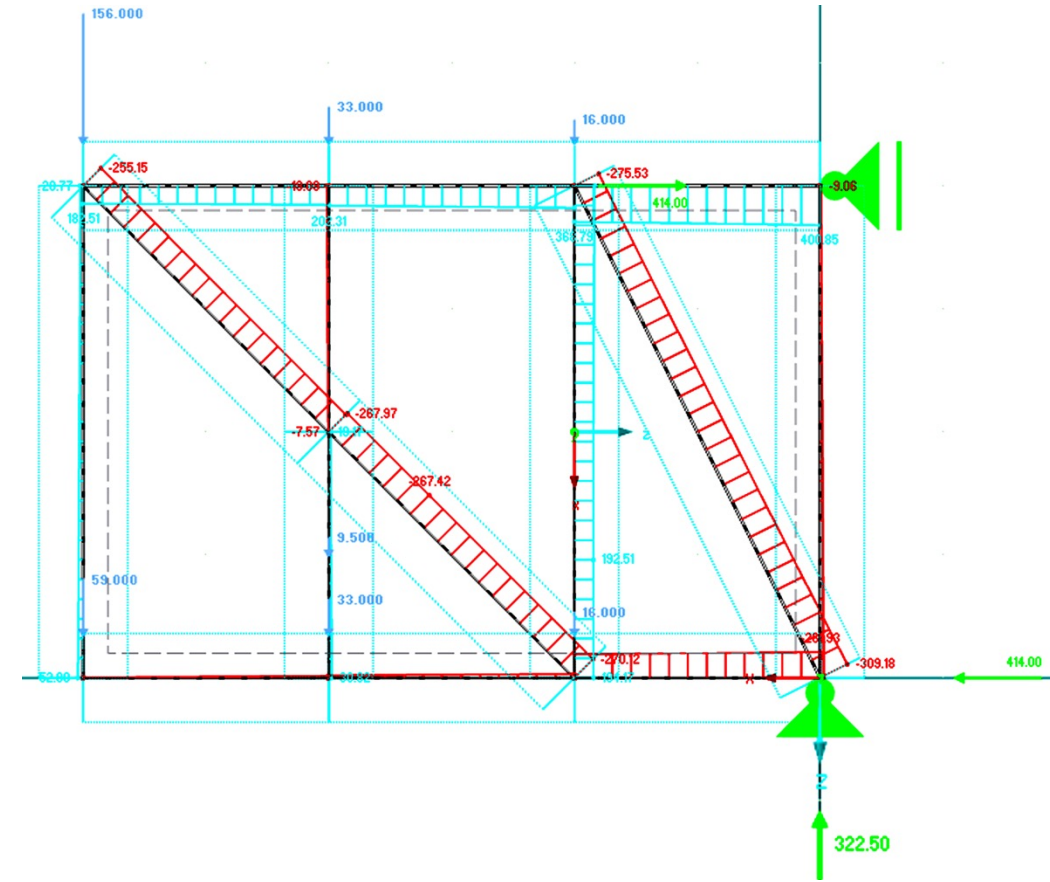
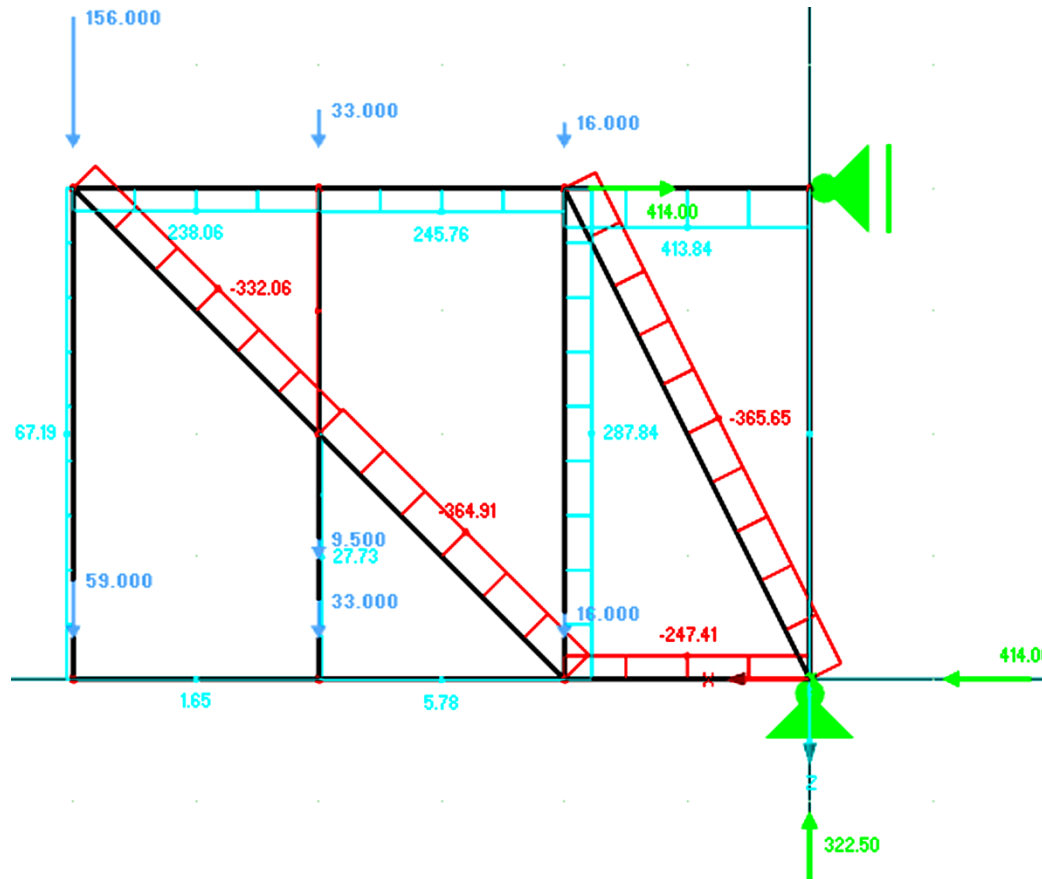
- Grasshopper Modell mit allen Informationen:  
Raumtragwerk (violett), Deckenelemente (schwarz), Auflager (blau), Lasten:  
Lastezugsflächen, Punktlasten durch Wandelemente, Lasten an den Auflagern der  
Wandflaggen (gradueller Farbverlauf nach Magnitude der Lasten im Gesamtsystem),  
Stabkräfte (Druck rot, Zug blau)
- Rhinoceros 7, Plugin Grasshopper
- Verifizieren mit Dlubal RFEM





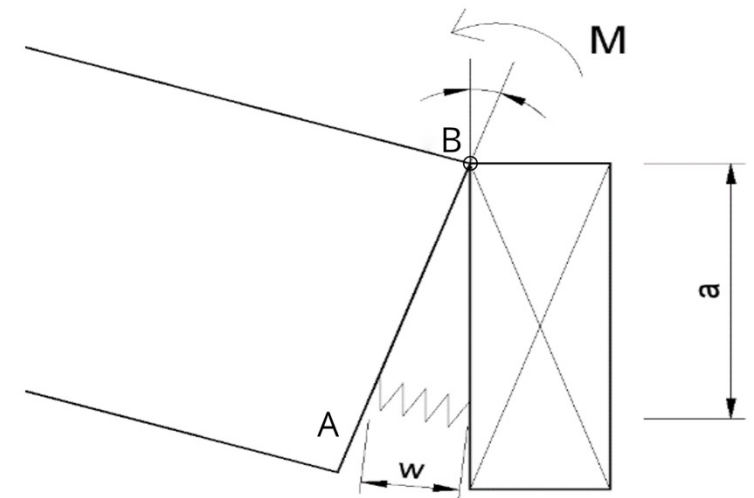
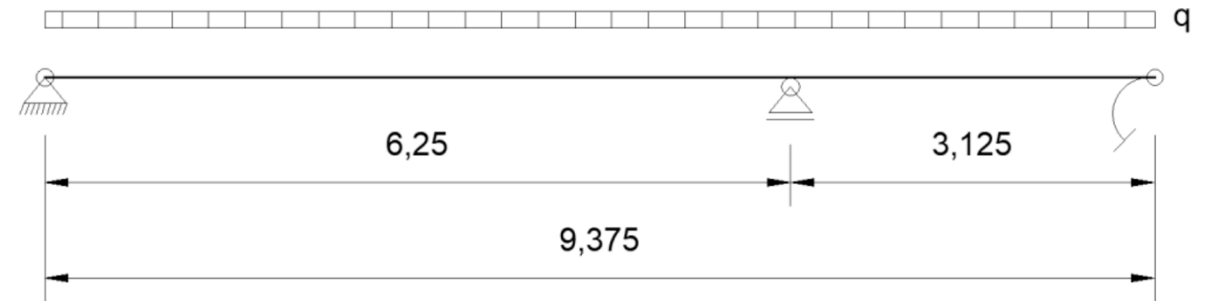
# Forschungsstand

- Vereinfachte tragwerksplanerische Analyse Wandelement



# Forschungsstand

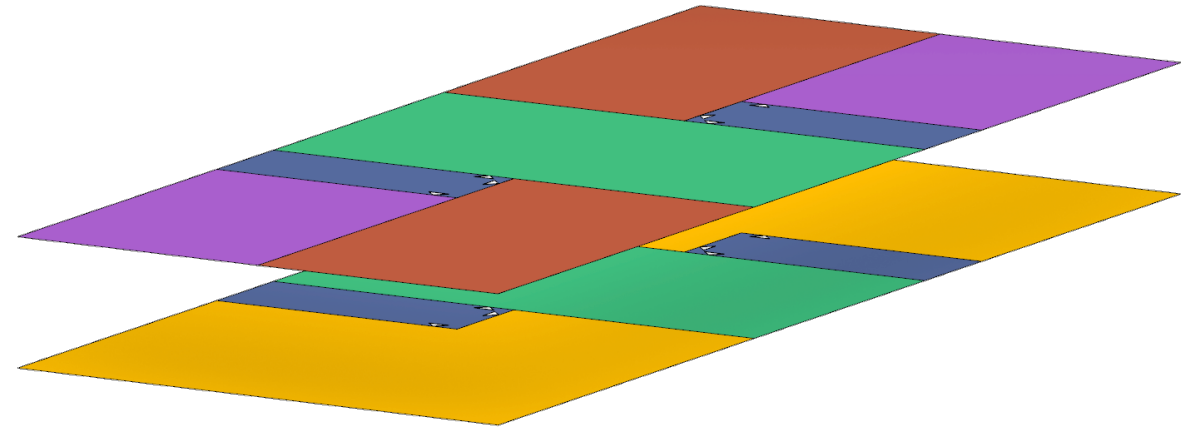
- Vereinfachte tragwerksplanerische Analyse Deckenelement



# Beispiele

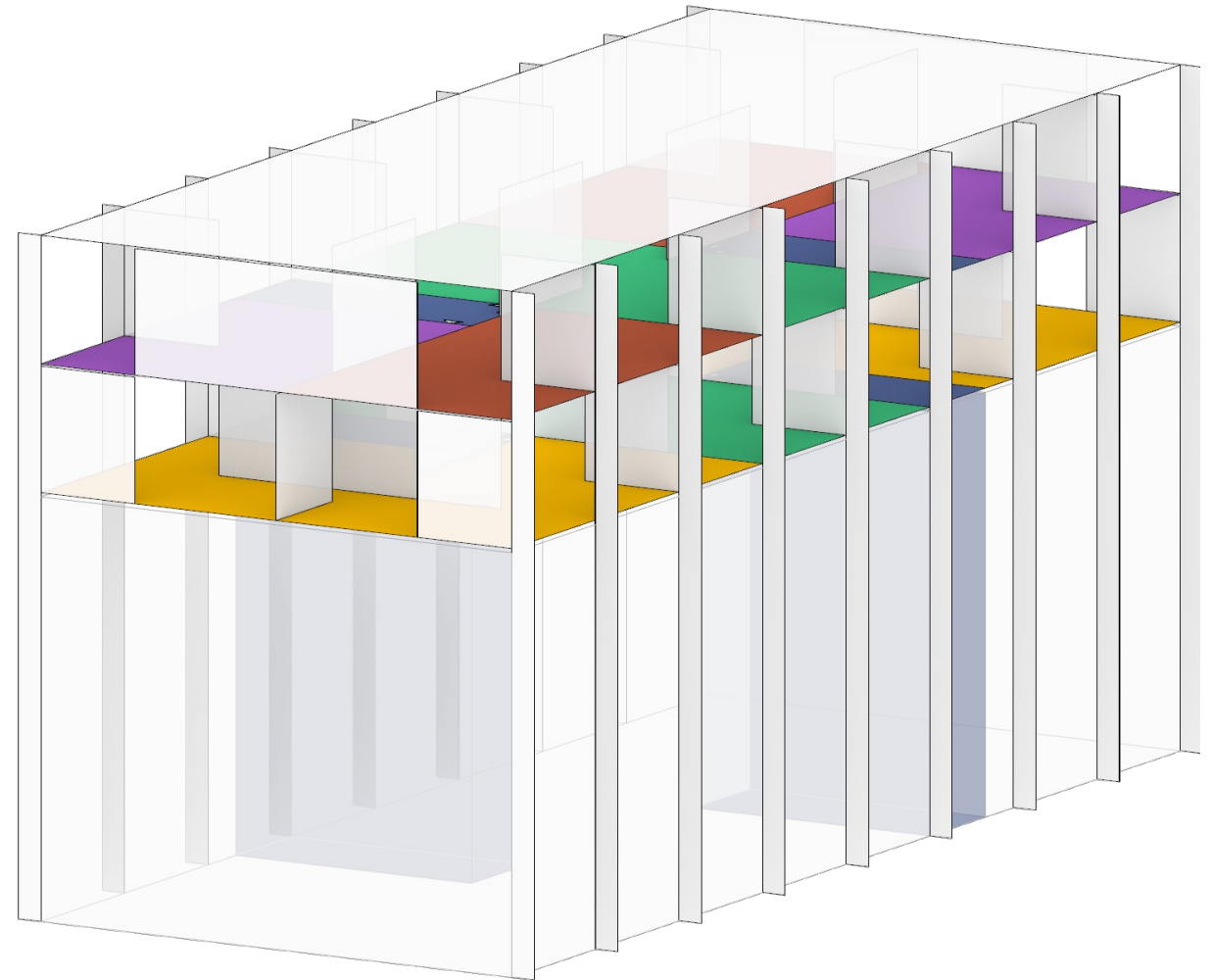
# Beispiel 1

Violett: 30 m<sup>2</sup> < BGF > 60 m<sup>2</sup>  
Orange: 60 m<sup>2</sup> < BGF > 90 m<sup>2</sup>  
Gelb: 90 m<sup>2</sup> < BGF > 120 m<sup>2</sup>  
Grün: 120 m<sup>2</sup> < BGF > 145 m<sup>2</sup>  
Blau: Erschließung

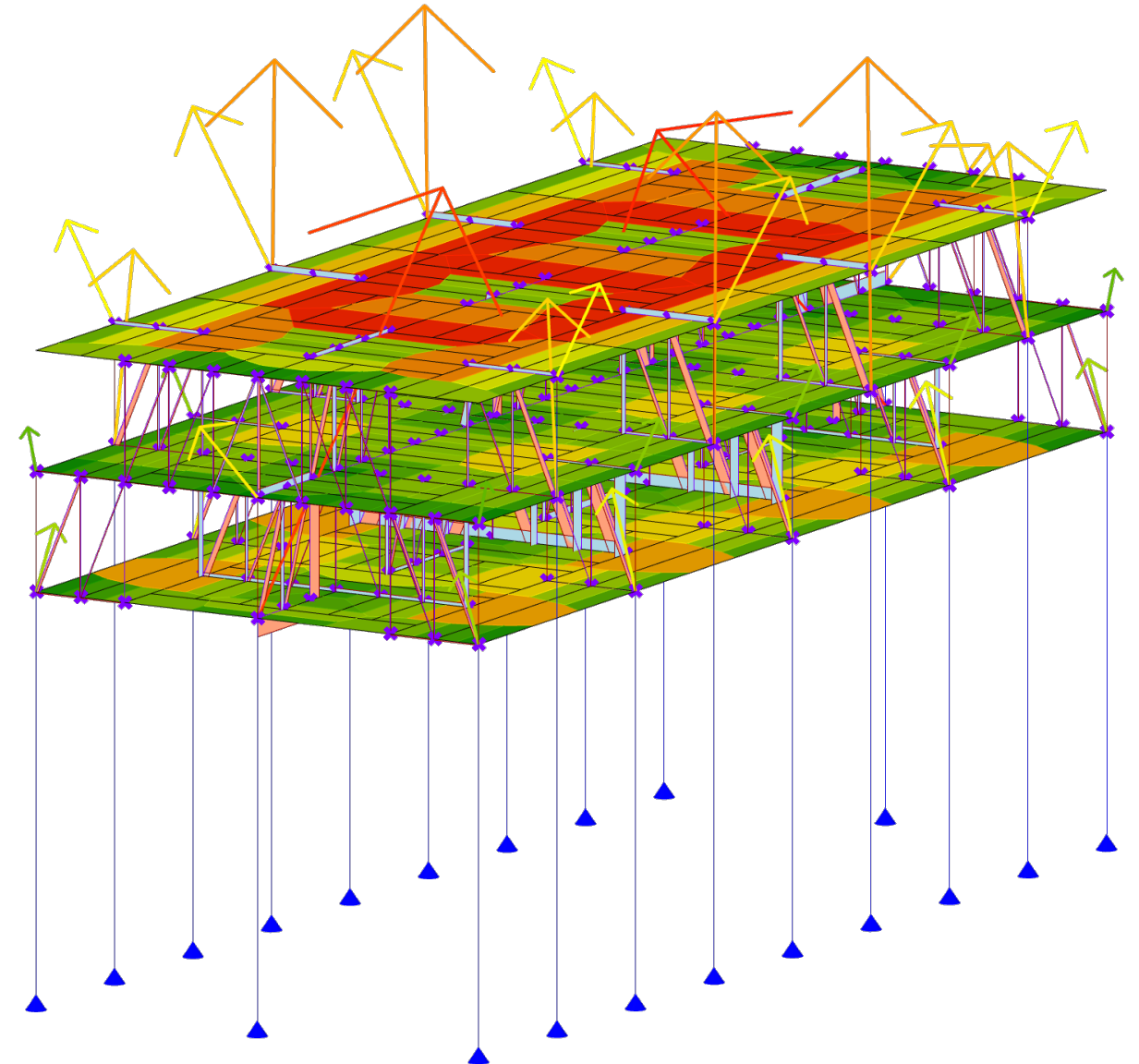


# Beispiel 1

29 Wandscheiben  
18 Auflagerstützen

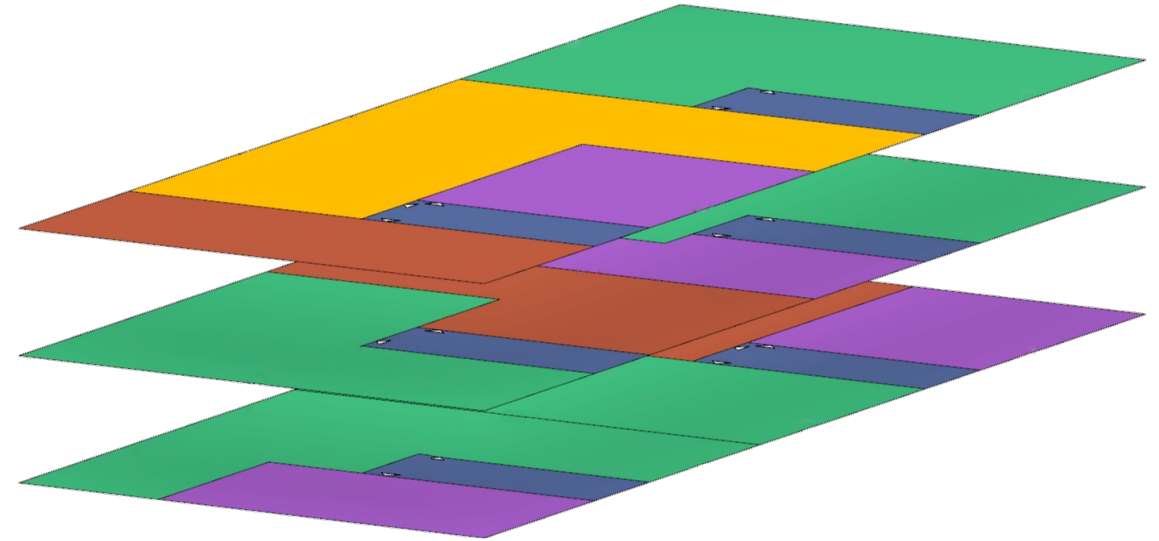


# Beispiel 1



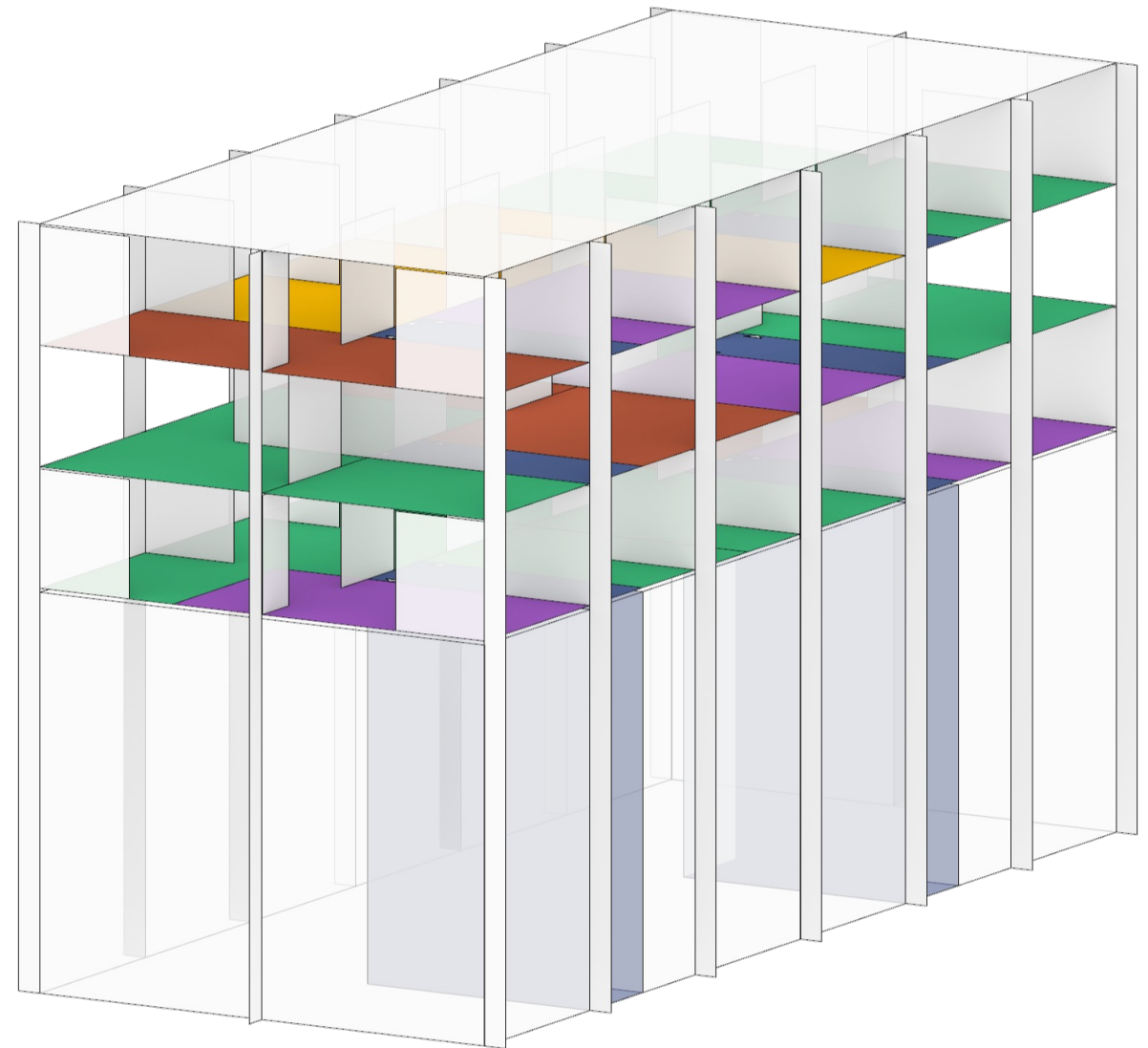
# Beispiel 2

Violett: 30 m<sup>2</sup> < BGF > 60 m<sup>2</sup>  
Orange: 60 m<sup>2</sup> < BGF > 90 m<sup>2</sup>  
Gelb: 90 m<sup>2</sup> < BGF > 120 m<sup>2</sup>  
Grün: 120 m<sup>2</sup> < BGF > 145 m<sup>2</sup>  
Blau: Erschließung



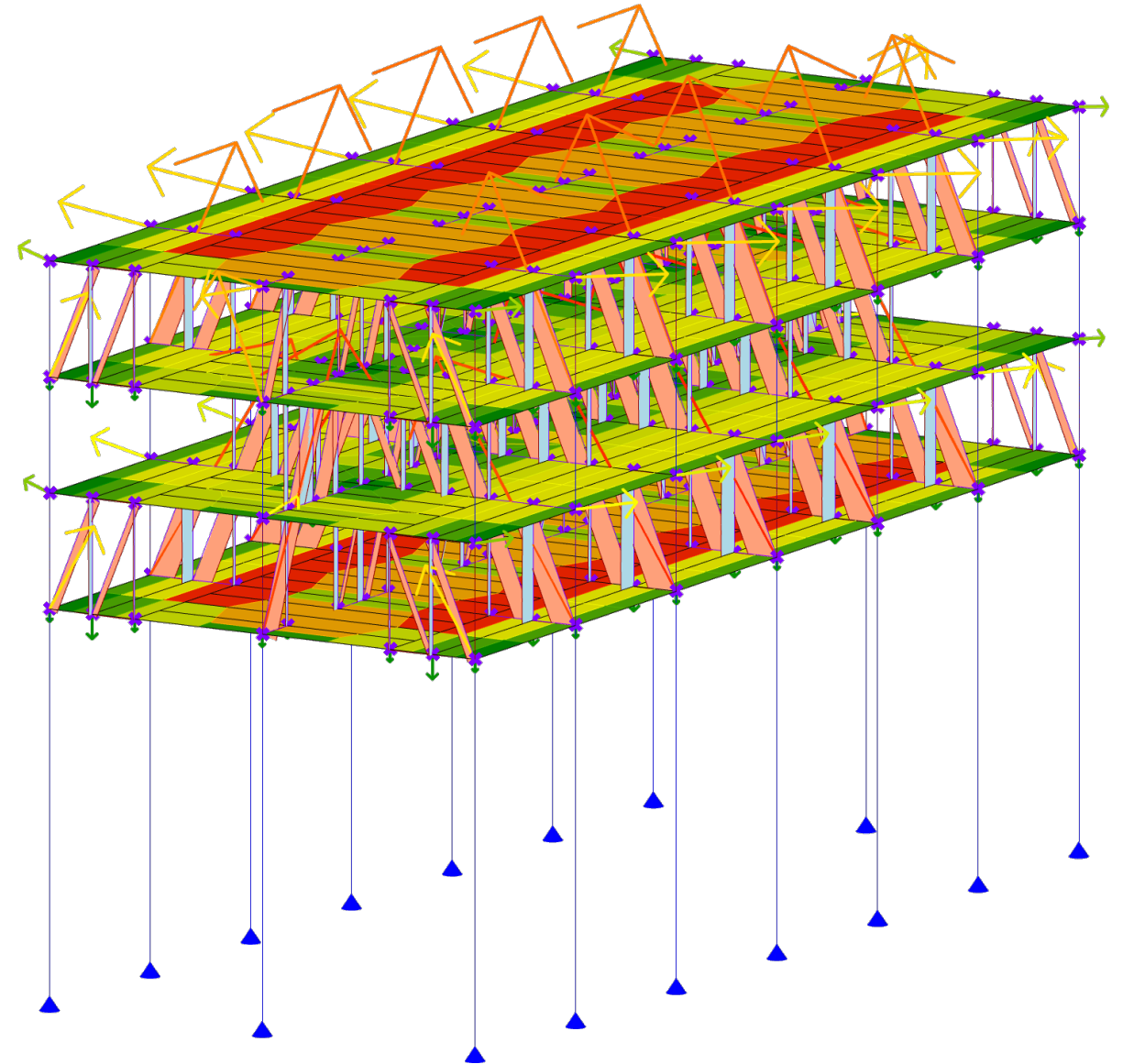
# Beispiel 2

45 Wandscheiben  
16 Auflagerstützen





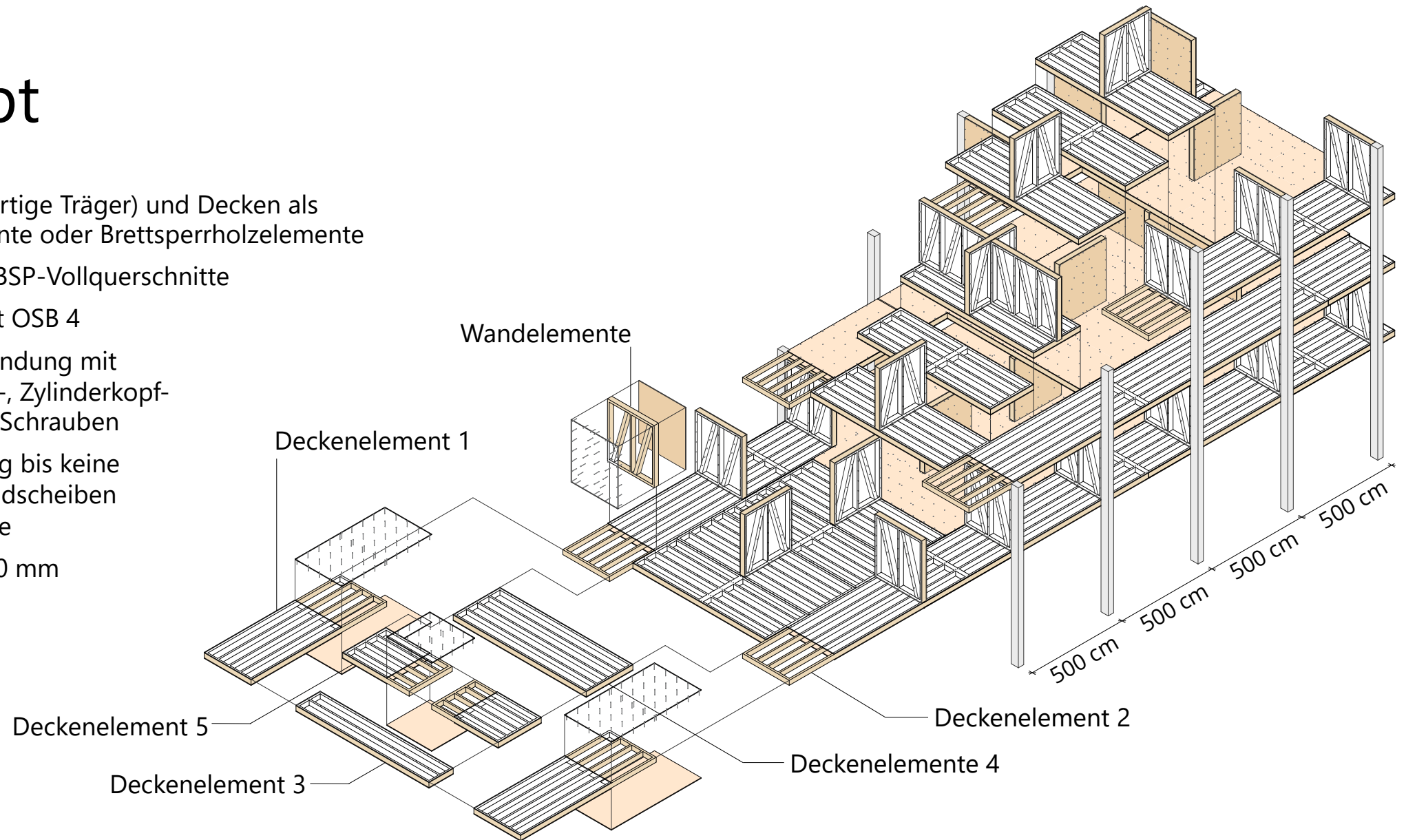
# Beispiel 2



# Konzept Bauelementesystem

# Konzept

- Wände (Wandartige Träger) und Decken als Holztafelelemente oder Brettsperrholzelemente
- BSH 28H oder BSP-Vollquerschnitte
- Beplankung mit OSB 4
- Elemente-Verbindung mit SFS-, Tellerkopf-, Zylinderkopf- oder Senkkopf-Schrauben
- Möglichst wenig bis keine tragenden Wandscheiben als Außenwände
- Rastermaß 1250 mm

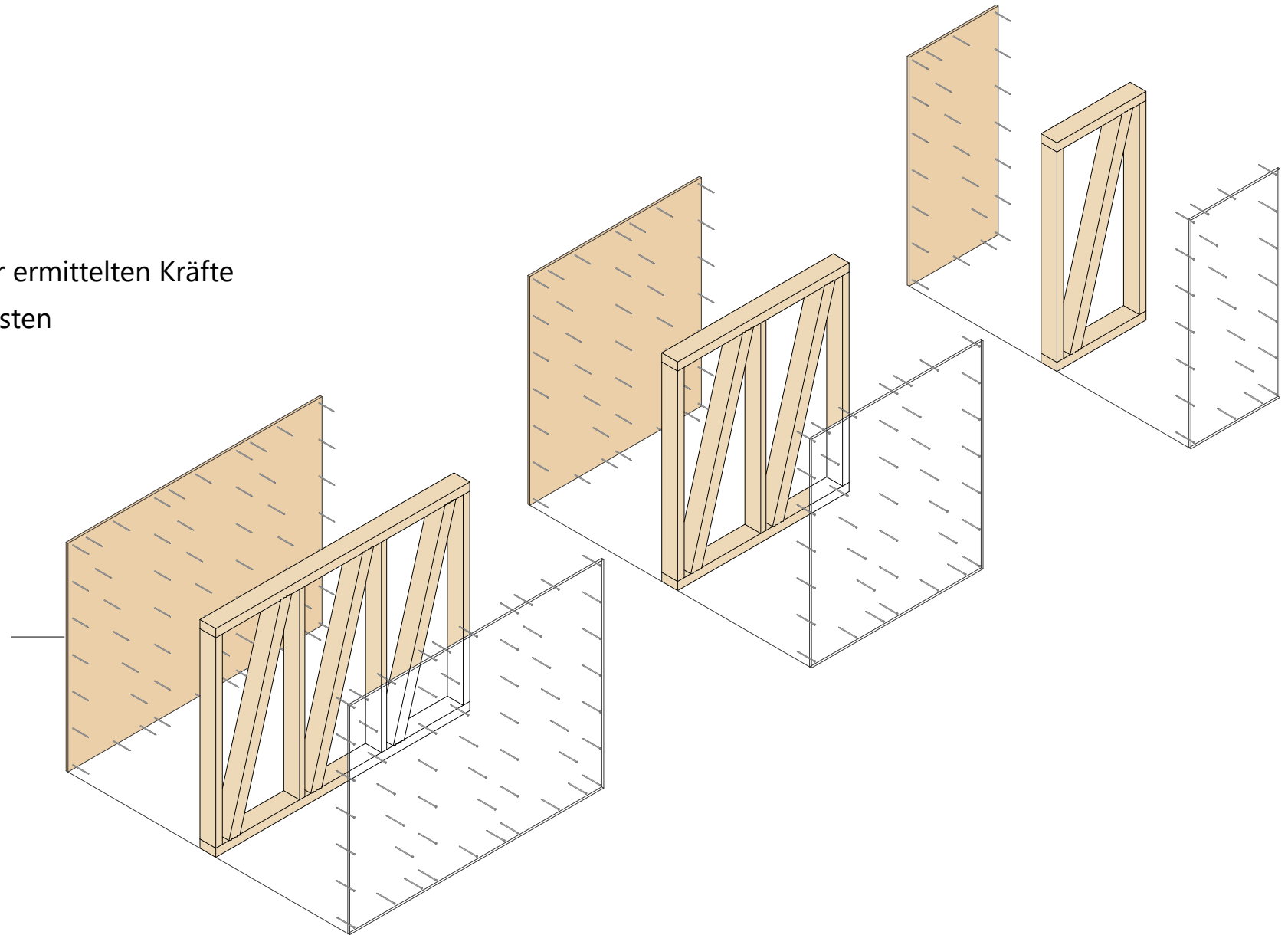


# Wände

# Wände

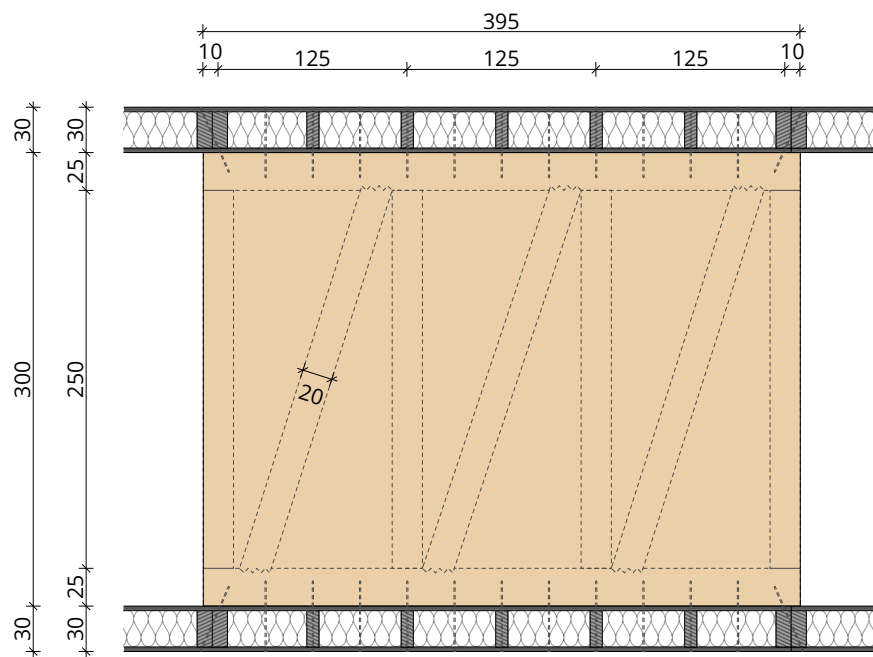
- Holztafel- oder Brettsperrholzwände
- Inneres Stabwerk in Abhängigkeit der ermittelten Kräfte
- Diagonalen möglichst auf Druck belasten
- Längen: 1, 2, 3 x Rastermaß

OSB 4, 3,0 cm  
geschraubt oder geklammert  
(Abstand 8 cm, evtl. verklebt)

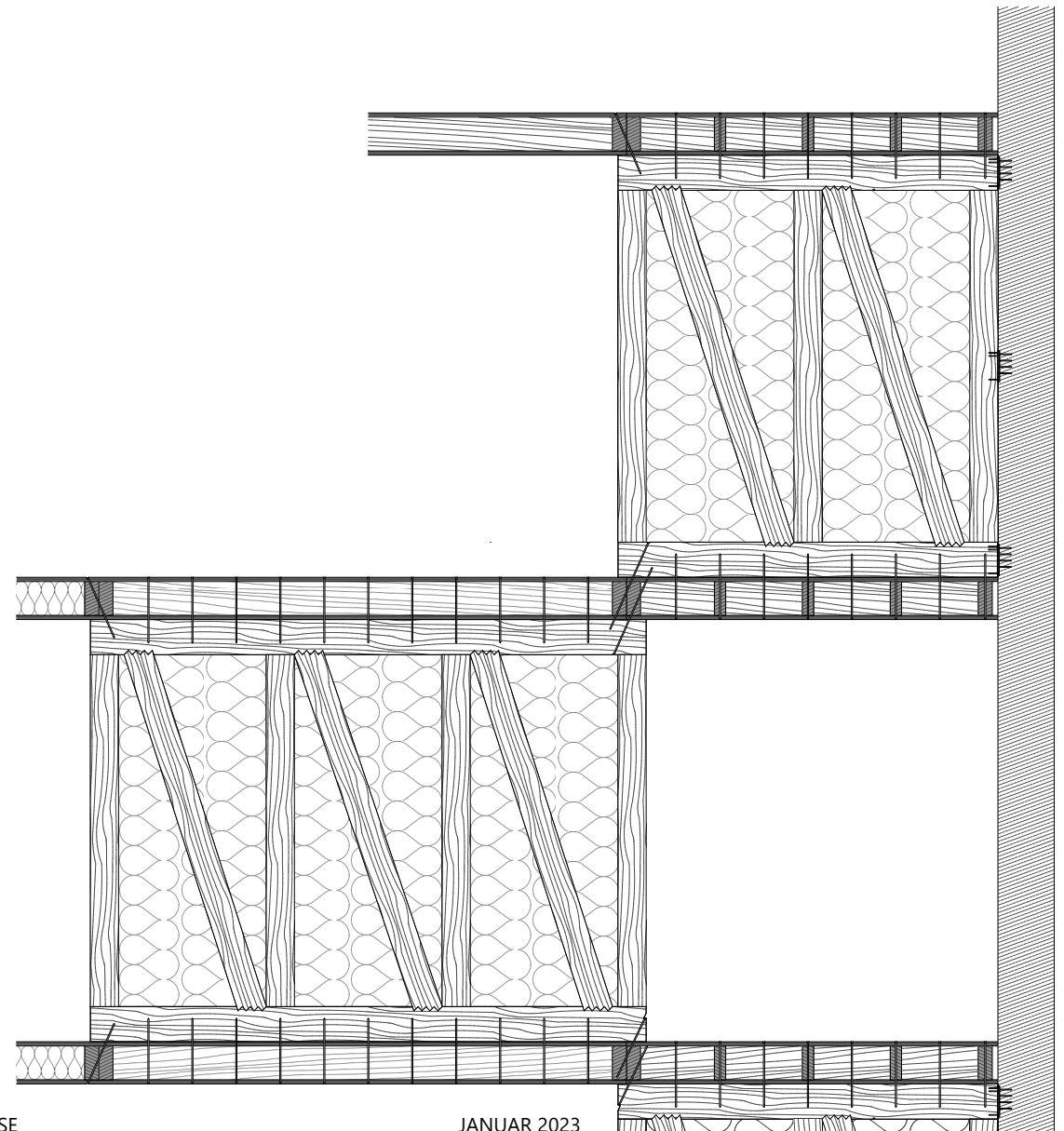
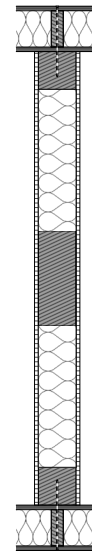


# Wände

- Elementmaße [cm]
- Vollgewindeschrauben
- BSH 28H + OSB 4
- Schwelle: 20 – 24 cm, variiert nach Beanspruchung



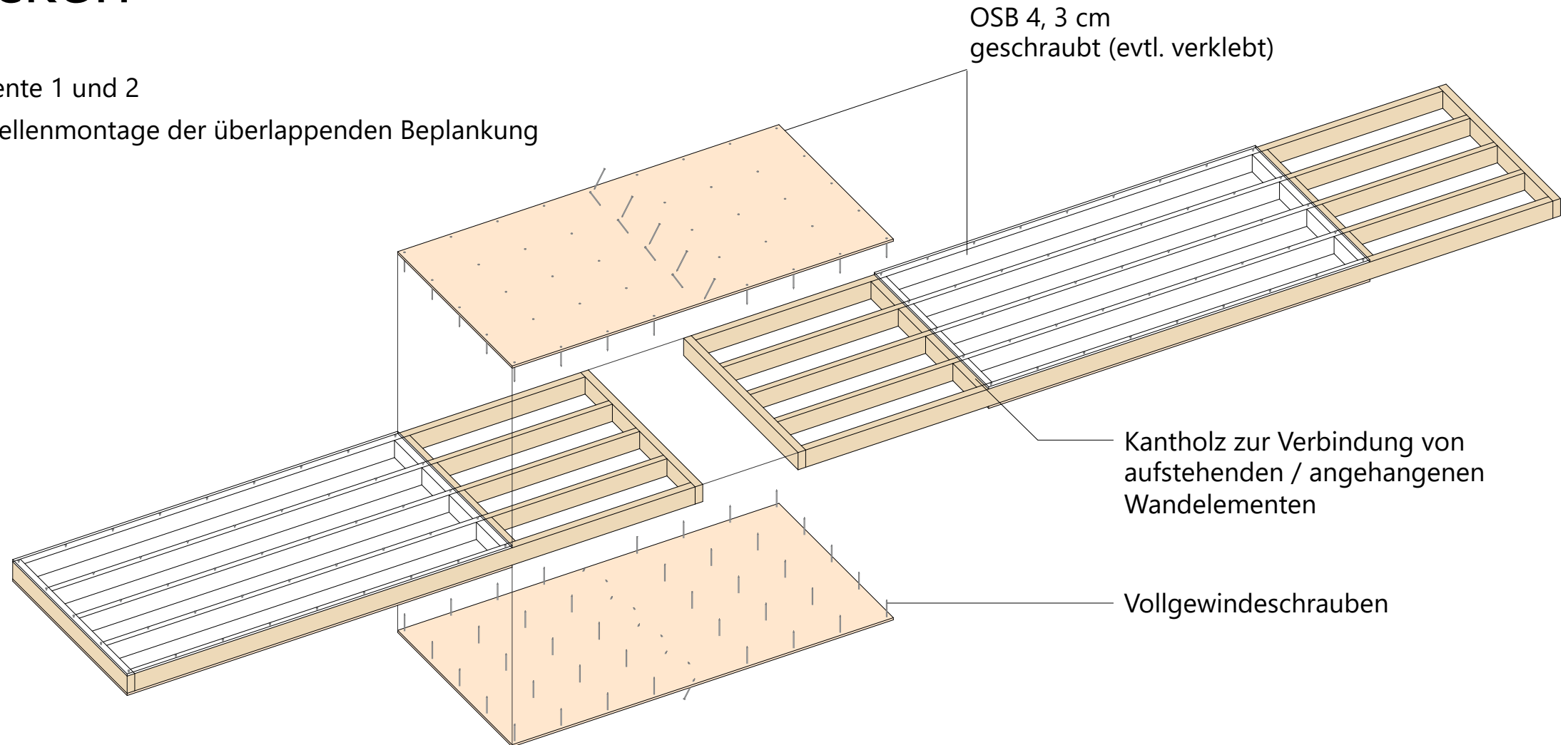
2<sup>5</sup> 25 2<sup>5</sup>  
# 25 #  
30



# Decken

# Decken

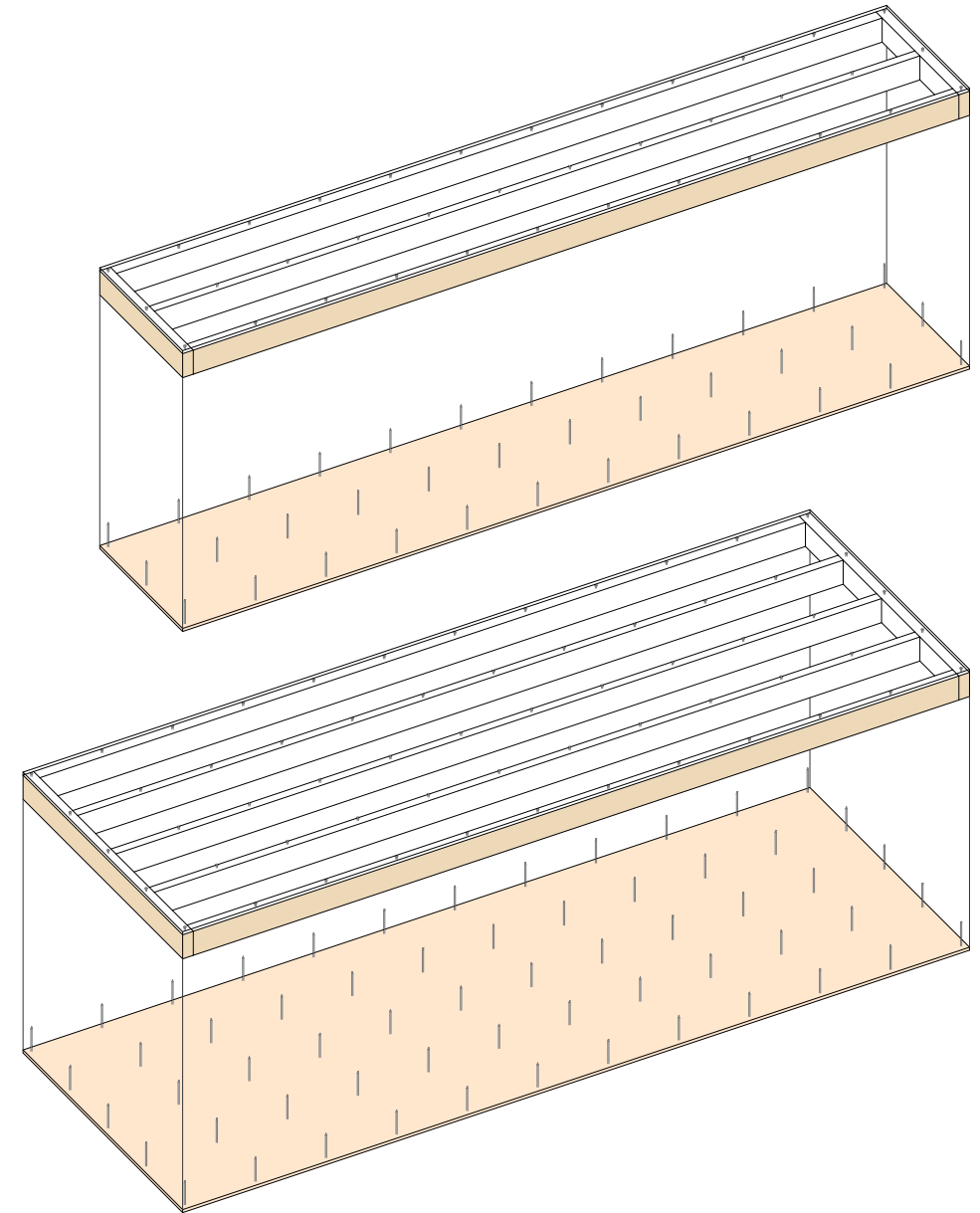
- Elemente 1 und 2
- Baustellenmontage der überlappenden Beplankung





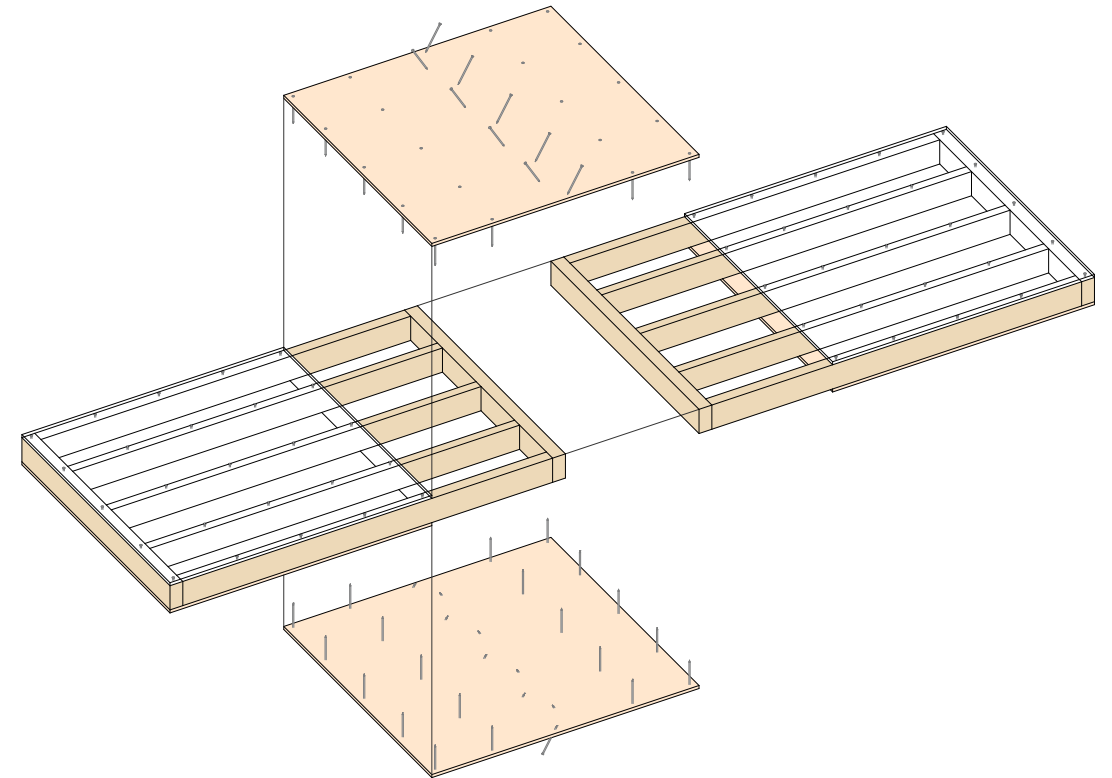
# Decken

- Elemente 3 und 4
- Spannweite wird durch aufgesetztes oder untergesetztes Wandelement halbiert (siehe Folie Bauelementsystem)



# Decken

- Element 5
- Baustellenmontage der überlappenden Beplankung
- Doppelter Randbalken als Auflager an Wandelemente, um Spannweite zu erhöhen



# Fazit

# Fazit

Unter vereinfachten tragwerksplanerischen Annahmen, einer simplen rechteckigen Ausgangssituation (Bestands-Brutto-Fläche), sowie einer veränderbaren Raumaufteilung pro Etage, können Raumtragwerke anhand verschiedener Wandstellungen generiert werden. Das Raumfachwerk generiert sich über die Summe aller, als Fachwerkträger aufgelösten Holztafeln und flächigen Deckenelemente.

Das Vorgehen ermöglicht einfache Vordimensionierungen, das Ermitteln von Lasteneinzugsflächen und die Errechnung der resultierenden Kräfte an den Knotenpunkten des Raumfachwerks.

Die vereinfachte statische Analyse ergab für die gewünschte maximale Spannweite von 6250 mm kein positives Ergebnis hinsichtlich des Durchbiegungsnachweises. Änderung am System die einen positiven Nachweis ermöglichen könnten sein:

- Doppeltes (bzw. sogar vierfaches) Vollgewindeschraubenpaar
- Kleinere Feldlänge / geringerer Auflagerabstand
- Größerer Balkenquerschnitt
- Kleiner Schraubenabstand
- Stärkere OSB-Platte

Feldlängen von doppelt beplankten Decken können bis zu  $\approx 5$  m erreichen und halten damit auch die Nachweise der Durchbiegung ein.

# Ausblick

Die entwickelte Methodik soll in einer fortführenden Forschung, mit innovativen Partnern aus Holzbau und Immobilienwirtschaft zur Anwendungsreife hin weiterentwickelt, an Fallstudien getestet und an einem konkreten Bauvorhaben unterstützend angewandt werden. Dies soll in zwei Projektphasen geschehen:

1. Weiterentwicklung der parametrischen Methodik und vertiefende Analysen zu Tragsystem, Holzwerkstoffen und Knotenpunkten
2. Konkrete Anwendung an einem Bauvorhaben um das Grasshopper-Plugin zur Anwendungsreife hin zu optimieren

Das zu entwickelnde Grasshopper-Plugin soll in der Lage sein, in Echtzeit auf Veränderungen der Bestands- und Tragwerksgeometrie, abhängig der Systemsteifigkeiten und des Raumprogramms zu reagieren. Dabei soll das Tragwerk seitens der Bemessung und des Lastflusses zu den Auflagerpunkten hin optimiert werden. Für diesen Optimierungsprozess bedarf es einer tiefergehenden, komparativen Analyse verschiedener Knotenpunkte, Holzelemente, sowie Holzwerkstoffe, in Abhängigkeit variabler Bestandsbauten und Grundrissen.