

Einführung Lernziel

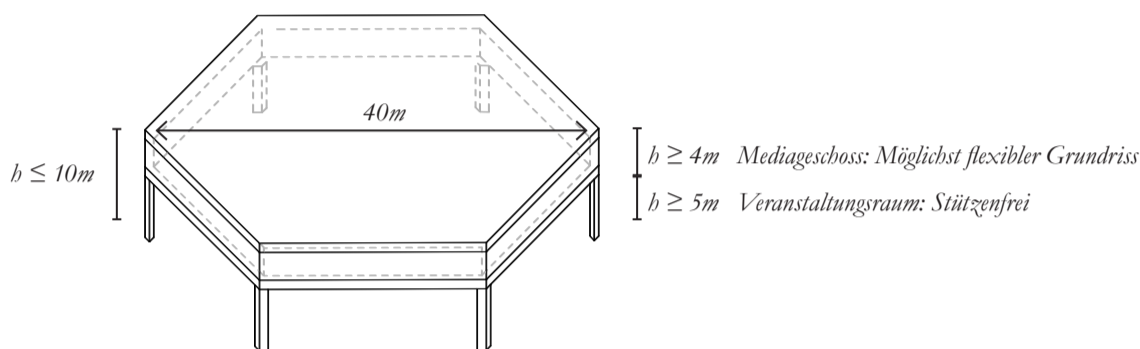
Die Übungen des Tragwerksentwurfs III vertiefen das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Kraft, Form und Material mit Hilfe der grafischen Statik. Diese Übungen veranschaulichen den Entwurfsprozess einer Struktur, bestehend aus den wichtigsten Baumaterialien: Stahl, Stahlbeton, Holz und Mauerwerk. Dabei werden folgende Konstruktionsschritte betrachtet: kurze Diskussion des Konzepts, Berechnung der relevanten Lasten, globales Gleichgewicht, innerer Kräfteverlauf, Variationen von Typologie-Topologie-Geometrie, Konstruktion für vertikale und horizontale Lasten und Materialeigenschaften.

Als direkt weiterführende Information wird folgende Literatur empfohlen:

- Skript zu «Tragwerksentwurf III-IV», Seite 1 - 24: Erläuterungen zum Konstruieren in Stahlbeton
- Skript zu «Tragwerksentwurf III-IV», Seite 80 - 84: Erläuterungen zum dreidimensionalen Tragwerkskonzept vom Wohnhaus Forsterstrasse
- Skript zu «Tragwerksentwurf III-IV», Seite 139 - 152: Materialanhang zum Beton, Stahlbeton und Spannbeton

Architektonische Randbedingungen

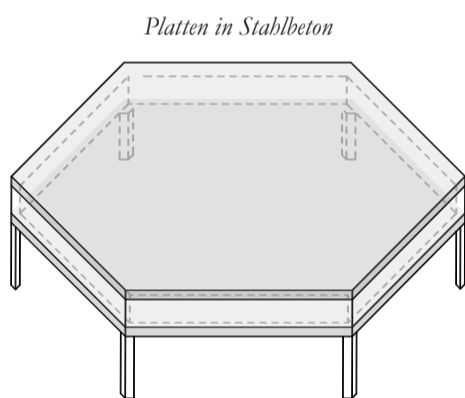
Gegeben ist folgende architektonische Randbedingung: Ein Gebäude darf eine maximale Höhe von 10 Meter nicht überschreiten. Im Erdgeschoss befindet sich ein stützenfreier Veranstaltungsraum mit einer minimalen Höhe von 5 Metern, darüber ein Geschoss für Medienvertreter mit möglichst flexiblem Grundriss und einer minimalen Höhe von 4 Metern.



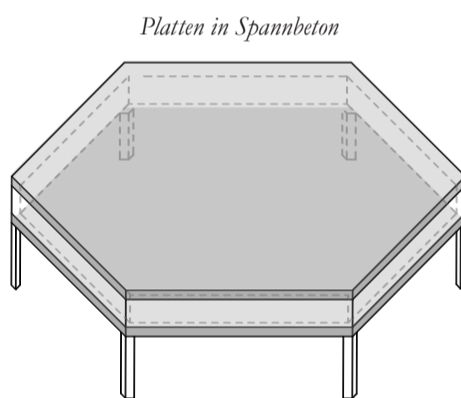
Grobe Vorbemessung

Die Tabelle auf Seite 1 des Anhangs «Lasten und Kennwerte» gibt Richtwerte für die Schlankheit von Tragwerken an. Im Folgenden sind drei unterschiedliche erste Überlegungen für das Tragwerk von Zwischendecke und Dachkonstruktion dargestellt. Überprüfen Sie mit Hilfe der beschriebenen Tabelle, ob diese ersten Überlegungen die architektonischen Randbedingungen erfüllen könnten.

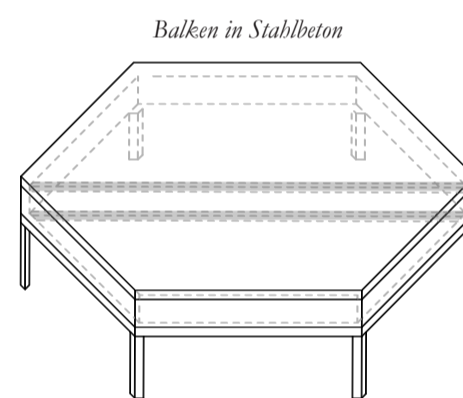
Hilfe: Anhang «Lasten und Kennwerte» S.1 →



$l/h = 20$ bis 25
 $\rightarrow h = l/25 = 40m/25 = 1.6m$



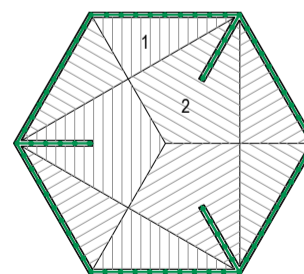
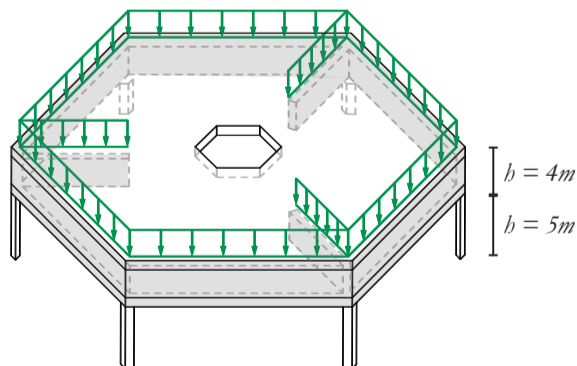
$l/h = 28$ bis 35
 $\rightarrow h = l/35 = 40m/35 = 1.14m$



$l/h = 12$ bis 18
 $\rightarrow h = l/18 = 40m/18 = 2.22m$

Idee zum Tragwerksentwurf

Sie entscheiden sich im Mediengeschoss Wände (10m * 4m * 0.3m) zu installieren, um die Spannweite und somit die Höhe der Zwischendecke und der Dachkonstruktion auf 50 cm zu reduzieren. In den folgenden Aufgaben entwickeln und analysieren Sie verschiedene Varianten zu dieser Entscheidung. Berechnen Sie das Eigengewicht sowie die veränderlichen Lasten, welche auf das Tragwerk wirken (Darstellung links). Berechnen Sie anschliessend die Kräfte in allen tragenden Wänden (Darstellung Rechts).



Hilfe: area of hexagon: $(3\sqrt{3} * l^2) / 2$
 l : length of a side →

Eigengewicht der Decken und Wände
 Spezifisches Gewicht von Stahlbeton von 25 kN/m^3
 Volumen Decke: $2(1040 \text{ m}^2 * 0.5 \text{ m}) = 1040 \text{ m}^3$
 Volumen Aussenwände: $6(4 \text{ m} * 20 \text{ m} * 0.3 \text{ m}) = 144 \text{ m}^3$
 Volumen Innenwände: $3(4 \text{ m} * 10 \text{ m} * 0.3 \text{ m}) = 36 \text{ m}^3$
 $G_d = 1.35 (25 \text{ kN/m}^3 * (1040 \text{ m}^3 + 144 \text{ m}^3 + 36 \text{ m}^3)) = 41'175 \text{ kN}$

Nutzlasten der unteren Decke
 $Q_d = 1.5 (1'040 \text{ m}^2 (\text{Oberfläche Decke}) * 3 \text{ kN/m}^2 (\text{Versammlungsraum})) = 4'680 \text{ kN}$

Nutzlasten der oberen Decke
 Schneelast in Zürich: 1.2 kN/m^2
 $Q_{d,\text{Schnee}} = 1.5 (1040 \text{ m}^2 * 1.2 \text{ kN/m}^2) = 1'872 \text{ kN}$

$G_d + Q_d + Q_{d,\text{Schnee}} = 41175 + 4680 + 1872 \approx 47'730 \text{ kN}$

Oberfläche 1 = 1/2 Oberfläche 2 = 1/12 der Gesamtfläche

Berechnung der zusätzlichen Lasten für alle tragenden Wände.

Lasten für Aussenwände = $4'7730 / 12 = 3977.5 \text{ kN} \approx 4'000 \text{ kN}$
 Lasten für Innenwände = $4'7730 / 6 = 7955 \text{ kN} \approx 8'000 \text{ kN}$

Aufgabe 1 Abtragung der vertikalen Kräfte: Designvariante 1

Das Tragwerk ist als sechsfach gestütztes Decken-Wand System ausgebildet.

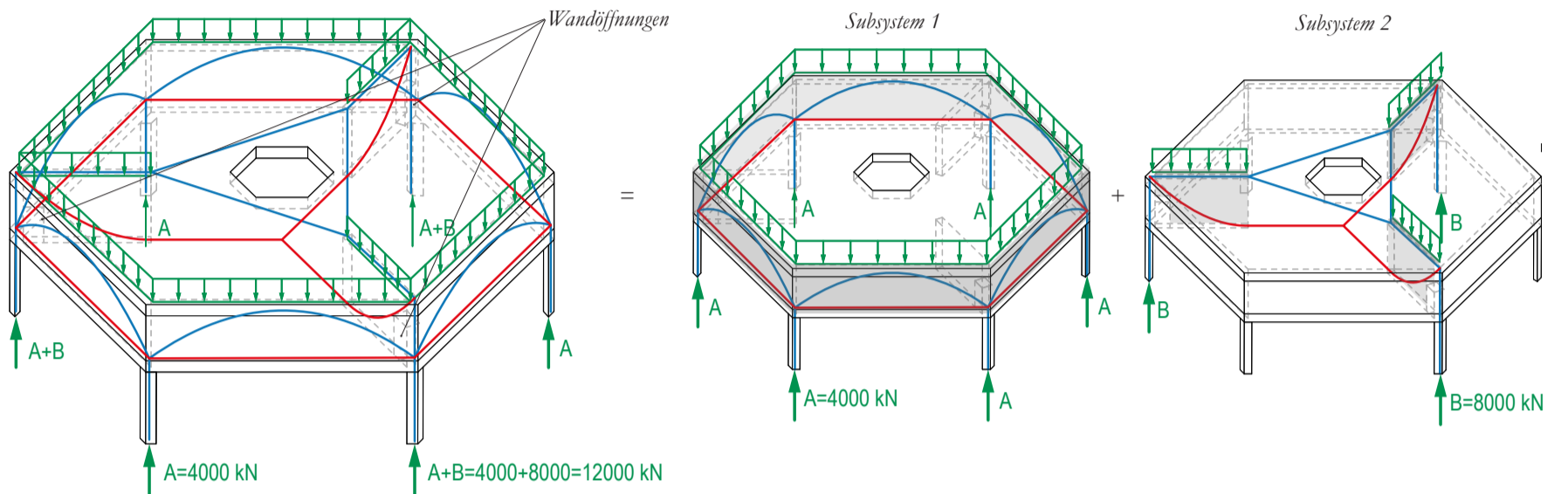
1a Globales Gleichgewicht & qualitativer Kräfteverlauf

Hilfe:
«Skript TE
3-4» S.83,
«Faustformeln»
S.243



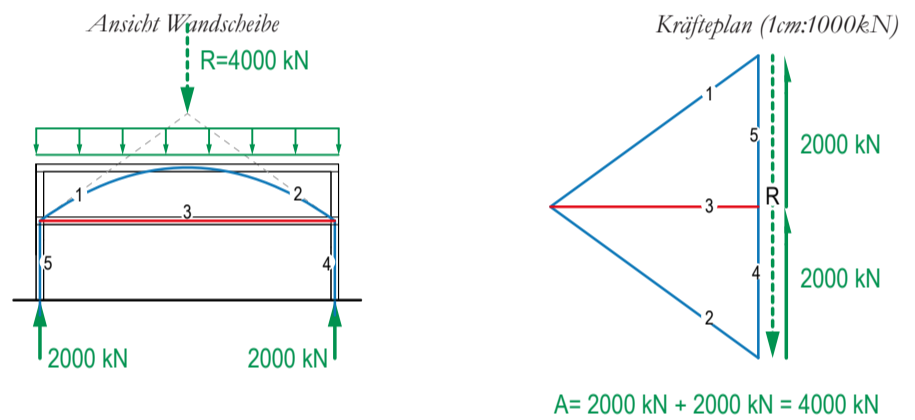
Um den inneren Kräfteverlauf in einer komplexen dreidimensionalen Struktur besser verstehen zu können, ist es möglich, diese in mehrere Subsysteme zu unterteilen, welche gemeinsam wirken, um das globale Gleichgewicht zu erfüllen.

Verwenden Sie die beiden Subsysteme, um einen möglichen, dreidimensionalen Kräfteverlauf für den gegebenen Lastfall in zwei Zwischenschritten zu erstellen. Beginnen Sie dazu mit der Bestimmung der Auflagerkräfte für die beiden Systeme und zeichnen Sie anschliessend die jeweiligen inneren Kräfteverläufe. Verwenden Sie Rot für Zug, Blau für Druck und Grün für die Auflagerkräfte.

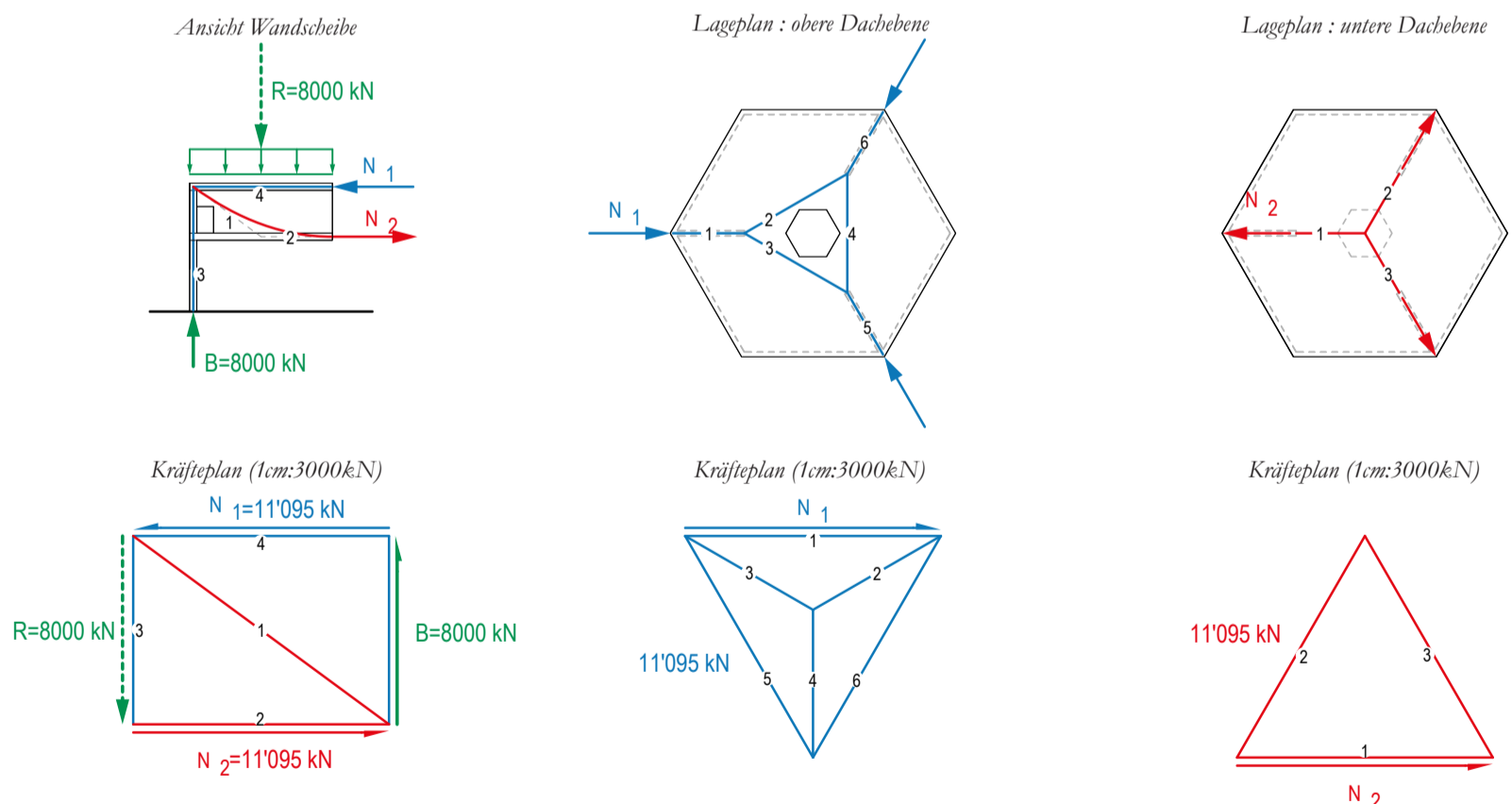


1b Quantitativer Kräfteverlauf

Subsystem 1



Subsystem 2



1c Gibt es nur einen möglichen Kräfteverlauf in dieser Struktur?

Eine dreidimensionale Struktur mit mehr als drei Auflager ist statisch unbestimmt. Dies bedeutet, dass mehrere Lösungen für die Kräfte in den Auflagern existieren und demzufolge auch eine Vielzahl an möglichen Kräfteverläufen in der Struktur selbst. In einem solchen Fall können Sie frei bestimmen wie Sie die äusseren Kräfte auf eine plausible Art und Weise auf die Auflager aufteilen.

1d Was sind die Vorteile von Spannbeton?

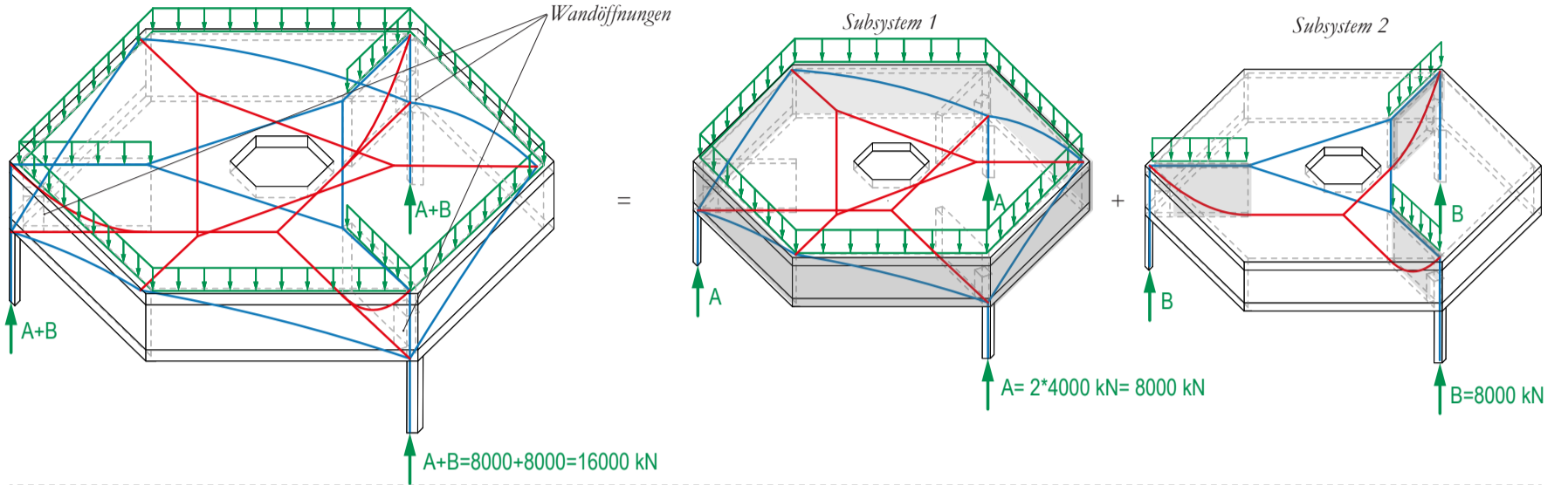
Eine Vorspannung wird oft in Platten oder Trägern verwendet um die Verformung bei einer späteren Belastung zu minimieren. Durch eine Vorspannung wird eine Rissbildung und Verformung verhindert und ermöglicht somit eine Reduktion der statischen Höhe von Platten und Trägern.

Aufgabe 2 Abtragung der Vertikalen Kräfte: Designvariante 2

Das Tragwerk ist als dreifach gestütztes Decken-Wand System ausgebildet.

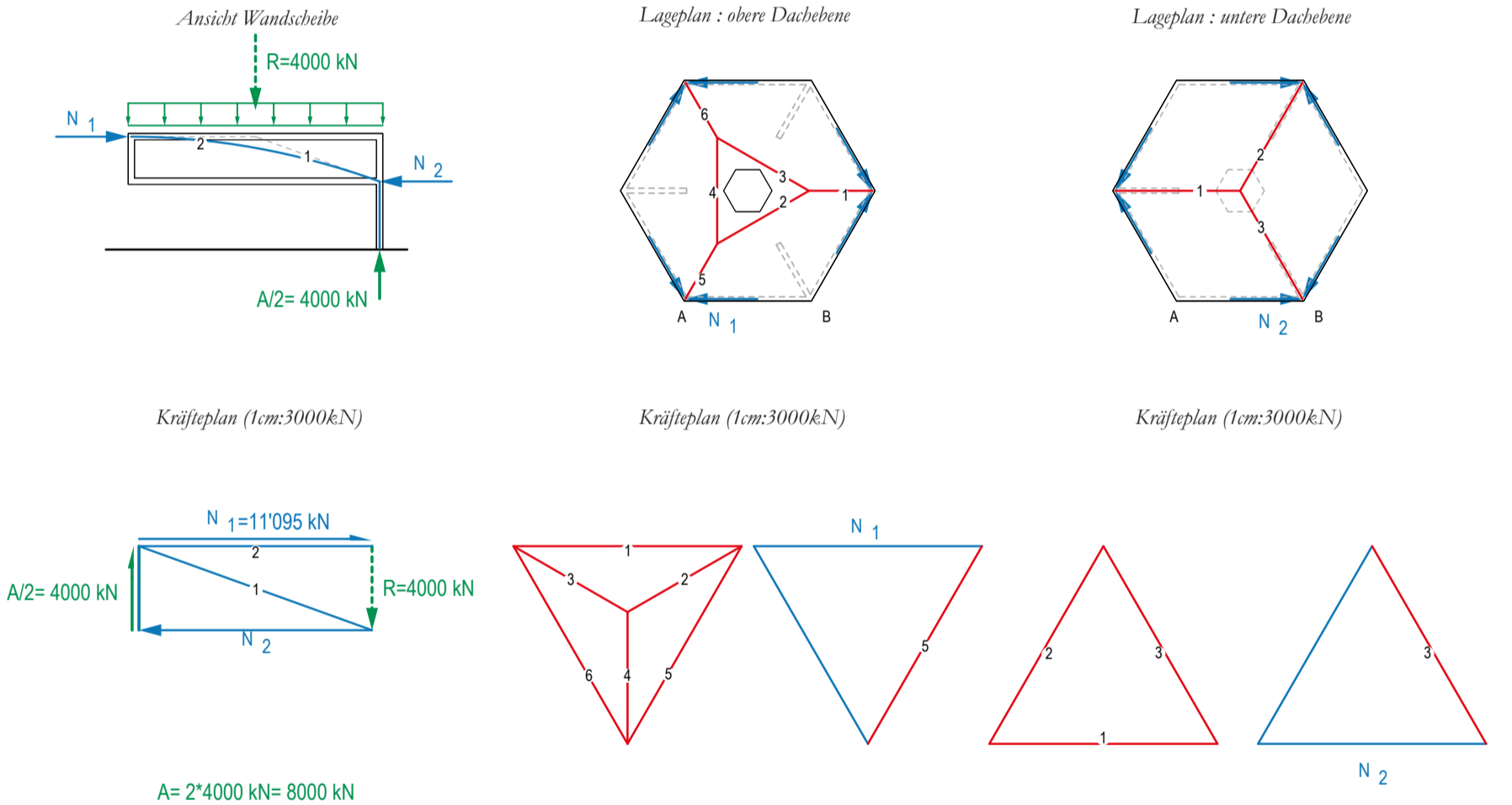
2a Globales Gleichgewicht & qualitativer Kräfteverlauf

Um einen flexibleren Grundriss zu erhalten, wurde die Stützenanzahl auf drei reduziert. Zeichnen Sie qualitativ in die axonometrische Darstellung einen möglichen inneren Kräfteverlauf, sowie die Auflagerkräfte für den angegebenen Lastfall. Verwenden Sie die beiden Subsysteme, um einen möglichen, dreidimensionalen Kräfteverlauf in zwei Zwischenschritten zu erstellen. Verwenden Sie Rot für Zug, Blau für Druck und Grün für die Auflagerkräfte.



2b Quantitativer Kräfteverlauf

Subsystem 1



Subsystem 2

Die Kräfte in diesem Subsystem sind quantitativ und qualitativ gleichwertig zu denjenigen des Subsystem 2 der vorhergehenden Seite (Aufgabe 1a).

2c Dimensionierung von Elementen

Hilfe: Anhang «Lasten und Kennwerte» S.4

Bestimmen Sie die Querschnittsfläche einer Stütze. Es wird Betonstahl C25/30 verwendet.

$$A_{c,netto,erf} = -D_d / f_{cd} = 16'000'000 / 16.5 = 969'700 \text{ mm}^2$$

Hilfe: «Skript TE 3-4» S.17, Bild 17, Betonüberdeckung

$$\sqrt{969'700 \text{ mm}^2} = 985 \text{ mm}. \quad 2h' + 985 \text{ mm} = h \text{ (h': Betonüberdeckung} = 0.1 h \text{)}. \quad h = 1231 \text{ mm}$$

Bestimmen Sie ob ein Knickversagen auftritt. Es werden quadratische Vollprofile verwendet. Als kritische Länge kann vereinfacht die tatsächliche Länge des Elementes angenommen werden. ($l_{cr}=l$)

Hilfe: Anhang «Lasten und Kennwerte» S.9

$$l_{cr}/h = 5'000 \text{ mm} / 1231 \text{ mm} = 4.06 \text{ (Wert 1)}. \quad -D_d / A_c * f_{cd} = 16'000'000 / 1231\text{mm} * 1231\text{mm} * 16.5 = 0.63 \text{ (Wert 2)}.$$

Finden Sie den Schnittpunkt dieser beiden Werte auf den Knickkurven. Verwenden Sie den Graphen für einen „Rechteckigen Querschnitt“ und der Wirkung auf

„Langzeit“. Der Schnittpunkt zeigt den exakten Wert ω . Wir begutachten den Graphen, welcher sich direkt über dem exakten Schnittpunkt befindet

und den dort definierten Wert von ω . Mit diesem neuen Wert von ω berechnen Sie den benötigten Querschnitt für die Armierungen um ein Knicken zu verhindern.

Aufgabe 3 Abtragung der horizontalen Kräfte

- 3a** Bewerten Sie die Struktur der vorhergehenden Seite im Falle von horizontaler Krafteinwirkung. Diskutieren Sie mögliche Verbesserungen, um ausreichende Stabilität unter horizontaler Krafteinwirkung zu erhalten.
- 3b** Die folgenden axonometrischen Darstellungen zeigen jeweils eine potentielle Lösung. Konstruieren Sie für beide Varianten einen möglichen Kräfteverlauf unter der Einwirkung der horizontalen Kraft. Verwenden Sie Rot für Zug, Blau für Druck und Grün für Auflagerkräfte.

