



DIN

Paul Spitzer | Erik Scholz

# Statik im Bauwesen

## Aufgaben und Lösungen

3., aktualisierte Auflage

Beuth



**(Leerseite)**



Paul Spitzer, Erik Scholz

**Statik im Bauwesen**  
**Aufgaben und Lösungen**

3., aktualisierte Auflage 2019

Herausgeber:  
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

© 2019 Beuth Verlag GmbH

**Berlin · Wien · Zürich**

Saatwinkler Damm 42/43

13627 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0

Telefax: +49 30 2601-1260

Internet: [www.beuth.de](http://www.beuth.de)

E-Mail: [info@beuth.de](mailto:info@beuth.de)

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronischen Systemen.

© für DIN-Normen DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden vom Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Titelbild: © zhengzaishuru, Benutzung unter Lizenz von shutterstock.com

Satz: Beuth Verlag GmbH, Berlin

Druck: Leyko, Kraków

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706

ISBN 978-3-410-29210-4 (Buch)

ISBN 978-3-410-29211-1 (E-Book)

## Vorwort zur 3. Auflage

Durch den Band „**Aufgaben und Lösungen**“ werden die Bände 1 bis 3 der Reihe „Statik im Bauwesen“ sinnvoll ergänzt. Er soll insbesondere den Hoch- und Fachhochschulstudenten in der Grundlagenausbildung im Fach Baustatik helfen, sich mit Aufgaben in die praxisorientierte Anfertigung von statischen Berechnungen einzuarbeiten. Techniker und Ingenieure, die in kleineren Firmen in der Bauvorbereitung und Bau durchführung tätig sind, werden für eigene analoge Problemstellungen Anregungen und Hinweise finden. Das betrifft vor allem Mitarbeiter von Ingenieurbüros, die sich mit Rekonstruktion und Bauwerkserhaltung befassen. Sie erarbeiten häufig ähnliche statische Berechnungen und legen sie Prüflingen für Baustatik vor.

Erfahrungsgemäß bereitet es Lernenden Mühe, die praktischen Erfordernisse mit dem theoretischen Wissen so zu verknüpfen, dass es ihnen möglich ist, für einfache Bauwerke oder Teile davon statische Berechnungen eigenständig anzufertigen.

Die numerische Bearbeitung **vorgegebener** Tragwerksmodelle (statischer Systeme) und Einwirkungen wird zwar im Studium in der Regel umfassend geübt, die Entwicklung eines Tragwerksmodells aus einem praktischen Gebilde, einem zeichnerischen Entwurf oder einem Funktionsmodell ist dagegen häufig eine schwierige Phase. Das gilt ebenso für praxisrelevante Lastannahmen sowie DIN- bzw. EC-gerechte Nachweisführungen.

In dieser Sammlung wird deshalb jeder Aufgabe ein Bild vorangestellt, aus dem der Leser zunächst eine Strukturskizze (soweit erforderlich) und dann ein Tragwerksmodell entwickeln soll. Mit steigendem Schwierigkeitsgrad kommen Lastannahmen und Nachweisführungen zur Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit hinzu. Diese visuelle Unterstützung bei der Lösung von Aufgaben entspricht den Wünschen und Neigungen der Leser und ist geeignet, die oft sehr unterschiedlichen Vorkenntnisse anzugleichen.

Für den Band „Aufgaben und Lösungen“ werden die Aufgaben im Wesentlichen nach der Gliederung der Bände 1 und 2 der Reihe "Statik im Bauwesen" strukturiert. Das ist zweckmäßig, weil zu erbringende statische Berechnungen in der Regel nach tragenden Bauteilen und den in ihnen wirkenden Spannungen, Kräften und Verformungen gegliedert sind.

Die Lösungen zu den Aufgaben basieren auf den derzeit gültigen Normen und sind so geführt, dass der Leser den Lösungsalgorithmus nachvollziehen kann. Das geschieht durch Erläuterungen des Lösungsweges, Hinweise und Bemerkungen. Es wird dabei nicht vordergründig auf das schnelle Erreichen von Ergebnissen orientiert, sondern auf das Verstehen der einzelnen Lösungsschritte. Dazu trägt die durchgängige Verwendung von Größengleichungen und die Aufnahme der Einheiten in den Rechengang bei.

Für die Berechnung von Bauteilen aus einem beliebigen Werkstoff ist stets die Ermittlung von Schnittgrößen (z. B. Auflagerkräfte, Biegemomente, Querkkräfte und Längskräfte) notwendig.

Das ist werkstoffunabhängig wesentlicher Inhalt des Lösungsteiles der Aufgabensammlung. Die weitere Bemessung von Beton-, Mauerwerks-, Stahlbau- oder Holzbauteilen ist werkstoffspezifisch. Nach den jetzigen Normen erfolgt sie nach zwei unterschiedlichen Methoden:

1. Bemessung nach zulässigen Kräften, Momenten, Spannungen, Dehnungen, Verformungen usw., die **charakteristischen** Größen gegenübergestellt werden.
2. Bemessung nach Grenzzuständen als vorherrschende Berechnungsgrundlage für statische Nachweise. Die charakteristischen Einwirkungen und Werkstoffkennwerte werden zu **Bemessungswerten** umgeformt. Das erfolgt durch Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte.

Die Bemessung von Stahlbetonbauteilen ist in der Ausbildung meist Gegenstand eines gesonderten Faches. Für diesen Bereich wird auf ergänzende Literatur verwiesen.

Paul Spitzer und Erik Scholz, Mai 2019

## Autorenporträts

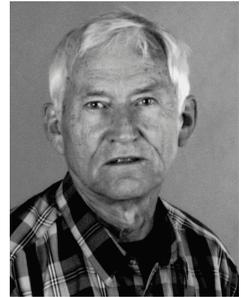
### Dr. Paul Spitzer

Paul Spitzer, geb. 1937, lernte und arbeitete als Schlosser bei der Deutschen Reichsbahn. 1954–57 Ingenieurstudium in Dresden, danach Assistententätigkeit und seit 1960 als Dozent an der Ingenieurschule für Verkehrstechnik Dresden in den Fachrichtungen Maschinen-, Bau- und Kraftfahrzeugtechnik (Technische Mechanik, Baustatik, Baumaschinen, Konstruktionslehre).

Im Fernstudium erworben: Diplomingenieur (HfV Dresden), Pädagogisches Zusatzexamen (TU Dresden), Fachschullehrerprüfung (KMU Leipzig), Promotion (Handelshochschule Leipzig).

18 Jahre nebenberufliche Tätigkeit in der Industrie zur Entwicklung von Lastaufnahmemitteln für sperrige Erzeugnisse. Etwa 25 Veröffentlichungen und mehrere Patente.

Die vorliegende Sammlung hat Dr. Spitzer im Wesentlichen als Dozent für die Ausbildung von Bauingenieuren und -technikern entwickelt. Einige der knapp 100 Aufgaben mit Lösungen entstammen der Zusammenarbeit mit kleineren Baufirmen, die er gelegentlich als Tragwerksplaner unterstützt hat.



### Dipl.-Ing. (FH) Erik Scholz M. Sc.

Erik Scholz, geb. 1982, erlernte in dreijähriger Ausbildung den Beruf des Maurers. Nach knapp zweijähriger Dienstzeit bei der Bundeswehr folgten weitere Tätigkeiten als Maurer und Stahlbetonbauer in Deutschland sowie als Eisenleger in der Schweiz.

Fachabitur 2006 am BSZ Bau und Technik, Dresden, gefolgt vom Studium im Bereich Bauingenieurwesen (Verkehrs- und Tiefbau) an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Abschluss 2010 als Dipl.-Ing. (FH). Anschließend wissenschaftlicher Mitarbeiter (Geotechnik) an der HTW Dresden, sowie Tätigkeiten als freier Mitarbeiter in einem Ingenieurbüro.

2012, Abschluss des berufsbegleitenden, postgradualen Studiums zum Master of Science (HTW Dresden).



Dem Studium folgten weitere Tätigkeiten als wissenschaftlicher Mitarbeiter, freiberuflicher Ingenieur, Ingenieur im Außendienst (Betonindustrie) sowie eine Anstellung als Tragwerksplaner in einem mittelständischen Ingenieurbüro in Radebeul mit den Schwerpunkten Industrie- und Ingenieurbau, Wohnungsbau und Sanierung.

In diesem Büro ist Herr Scholz seit 2019 als Geschäftsführer tätig und leitet den Geschäftsbereich Tragwerksplanung.



	Seite
<b>5 Lösungen zur Statik</b> .....	115
Zentrales Kraftsystem	Aufgaben 1–13..... 115
Allgemeines Kraftsystem	Aufgaben 14–29..... 123
Schwerpunktbestimmung und Standsicherheit	Aufgaben 30–37..... 148
Ebene Fachwerke	Aufgaben 38–40..... 155
<b>6 Lösungen zur Festigkeitslehre</b> .....	165
Zug- und Druckbeanspruchung, Flächenpressung	Aufgaben 41–55..... 165
Abscherbeanspruchung	Aufgaben 56–63..... 180
Querschnittskennwerte für Biegung	Aufgaben 64–68..... 191
Biegebeanspruchung des geraden Stabes	Aufgaben 69–84..... 200
Verdreh- und zusammengesetzte Beanspruchung	Aufgaben 85–90..... 248
Knickung des geraden Stabes	Aufgaben 91–94..... 263
<b>7 Lösungen zu erweiterten Aufgaben</b> .....	271
Detail Fußgängerbrücke	Aufgabe 95 ..... 271
Detail Gartenhaus	Aufgabe 96 ..... 277
Detail Kurheim	Aufgabe 97 ..... 287
Detail Balkon	Aufgabe 98 ..... 294
<b>8 Quellennachweis</b> .....	307
<b>9 Stichwortverzeichnis</b> .....	309

# 1 Hinweise zur Aufgabensammlung

## 1.1 Statische Berechnung

Die **statische Berechnung** ist ein Nachweis von mehreren, die für eine Baumaßnahme erforderlich sind. Sie wird fast ausnahmslos auf der Basis von einschlägigen Normen, insbesondere EC-Normen geführt. In diesen Normen sind allgemein anerkannte Regeln der Bautechnik enthalten. Die statische Berechnung ist für alle tragenden Bauteile in unterschiedlichen Zuständen (Bau-, Montage- und Endzustand) durchzuführen und beinhaltet u. a. Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise. Diese Nachweise sind in folgender Weise zu führen:

$$\text{Beanspruchung } E_d \leq \text{Beanspruchbarkeit } R_d$$

oder

$$\text{vorhandene Größe} \leq \text{Grenzgröße}$$

wobei die Beanspruchungen z. B. Spannungen, Kräfte, Momente und Verformungen sein können. Der Lernende muss in der Lage sein, Normalspannungen (z. B. Zug, Druck, Flächenpressung, Biegung), Tangentialspannungen (z. B. Abscherung, Schub, Verdrehung), Verformungen und Stabilitätszustände zu berechnen. In der Statik werden dabei die Einwirkungen (z. B. Kräfte, Momente) und in der Festigkeitslehre sich daraus ergebende Beanspruchungen (z. B. Spannungen) ermittelt.

In Taschenbüchern werden häufig Zahlenwertgleichungen oder zugeschnittene Größengleichungen angewendet, aus denen der physikalische Hintergrund und die einzusetzenden Einheiten nicht immer ablesbar sind. Zur Vermeidung von Missverständnissen infolge der Verwendung solcher Gleichungen werden in der vorliegenden Aufgabensammlung in Anlehnung an gültige Normen fast ausnahmslos physikalische Größengleichungen und SI-Einheiten verwendet. Damit sind alle Berechnungen nachvollziehbar. In den Gleichungen werden weitgehend die üblichen Formelzeichen (z. B. für die Kraft das Zeichen  $F$ ) nach DIN 1304 und die SI-Einheiten verwendet.

Auf die Angabe von „Umrechnungsfaktoren“ (für Baupraktiker legitim und sinnvoll) kann verzichtet werden, weil vom Leser erwartet wird, dass er Ergebnisse in die gewünschte Einheit selbständig umformt.

Ist in einer Aufgabe die Masse angegeben, z. B.  $m = 1000 \text{ kg}$ , dann ermittelt sich ihr Gewicht zu

$$F_G = m \cdot g = 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 9810 \text{ N} = 9,81 \text{ kN} \approx 10 \text{ kN}$$

Für mechanische Spannungen werden vorzugsweise die identischen Einheiten

$$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa (Megapascal)}$$

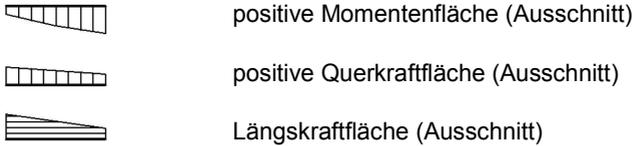
angewendet. Für Baugrund ist die Einheit  $\text{kN/m}^2$  gebräuchlich.

## 1.2 Verwendete Symbole und Vorzeichenregeln

### 1.2.1 Symbole

Für das Zeichnen von Tragwerksmodellen werden Symbole verwendet. Sie sind nur teilweise standardisiert. Im Folgenden wurden die in der Aufgabensammlung verwendeten Symbole zusammengestellt. Die Bedeutung nicht angegebener Symbole erschließt sich aus dem Zusammenhang in einer Skizze.

	Festpunkt (links allgemein; rechts für Baugrund)	
	biegesteife Verbindung zweier Bauteile in beliebigem Winkel	
	Bewegliche Verbindungsstelle (Bolzenverbindung u. Ä.)	
	loses (bewegliches) Lager; y-Richtung frei, z-Richtung gesperrt	
	festes Lager; y- und z-Richtung gesperrt	
	feste Einspannung	
	stabförmiges Bauteil (Träger, Stütze u. Ä.)	
	Mittel-, System- oder Schwerelinie	
	Kraftwirkungslinie	
A, B, C, ...	Lagerbezeichnung	
	Punkt- oder Einzelkraft	
	gleichmäßig verteilte Streckenlast, links mit Richtungspfeilen	
	ungleichmäßig verteilte Streckenlast mit Richtungspfeilen	
	Schwerpunkt	
$\phi$	Durchmesser	
$\square$	Quadrat	
	Zugkraft (+) bei Fachwerken	
	Druckkraft (-) bei Fachwerken	



### 1.2.2 Vorzeichenregeln

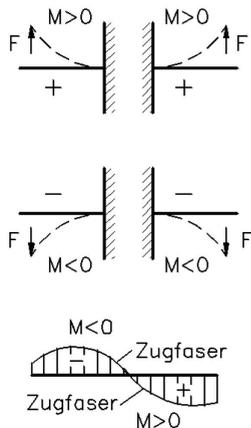
#### Vorzeichenregeln für Gleichgewichtsbedingungen in der Zeichenebene

Der Begriff **Auflagerkraft** steht als Oberbegriff für Stützkkräfte, Lagerkräfte, Einspannkkräfte usw. Bei deren Berechnung mit Hilfe der drei Gleichgewichtsbedingungen für eine Ebene werden die unbekanntes Auflagerkräfte stets positiv nach den unten angegebenen Vorzeichenregeln angesetzt. Negative Rechenergebnisse bedeuten, dass die Auflagerkräfte in entgegengesetzter Richtung wirken.

Vor der Anwendung der 3. Gleichgewichtsbedingung muss eine beliebige Drehachse gewählt werden. Meist ist das ein Lager, weil dann dessen Kräfte kein Drehmoment mehr haben.



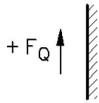
#### Vorzeichenregel für Biegemomente



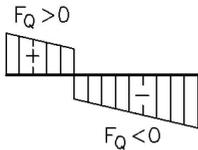
Die Vorzeichenregel für Biegemomente unterscheidet sich von der für Drehmomente. Die im linken Bild angegebene Regel basiert auf einer wissenschaftlichen Vorzeichenregel und ist zu Gunsten besserer Handhabbarkeit anschaulich dargestellt. Danach erzeugen alle Kräfte, die bezüglich eines Schnittes nach „oben“ biegen, positive Biegemomente und umgekehrt. Zu beachten ist, dass entweder die Kräfte rechts oder links vom Schnitt in die Rechnung eingehen. Es ergibt sich für beide Seiten das gleiche Biegemoment.

Positive Biegemomente werden unterhalb und negative oberhalb des Biegeträgers gezeichnet. Die Biegemomentenfläche ist damit immer auf der Seite, wo die Zugfaser des Biegeträgers liegt.

### Vorzeichenregel für Querkräfte



Die Vorzeichenregel für Querkräfte ist identisch mit der für die zweite Gleichgewichtsbedingung, wenn die Querkraft links vom Schnitt berechnet wird.



Positive Querkräfte werden oberhalb des Trägers und negative unterhalb des Trägers gezeichnet.

### Vorzeichenregel für Längskräfte

Längskräfte in einem Träger sind positiv, wenn sie Zugspannungen hervorrufen und negativ, wenn sie Druckspannungen hervorrufen.

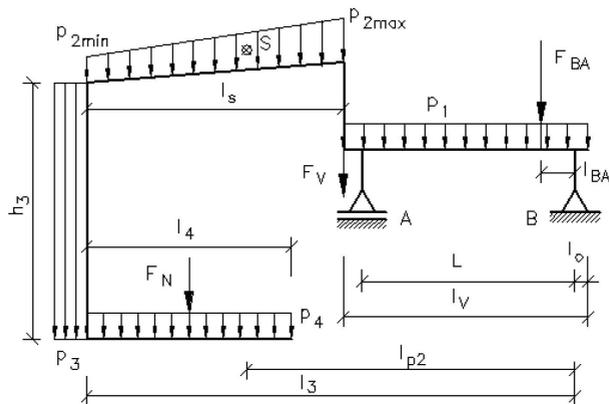
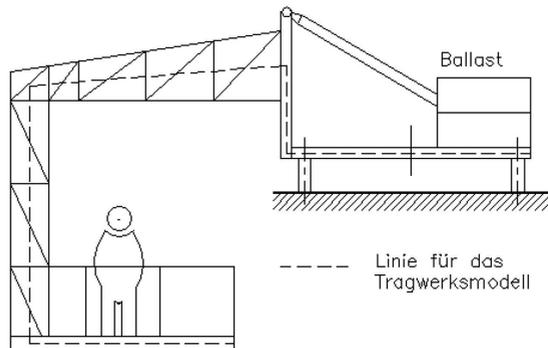
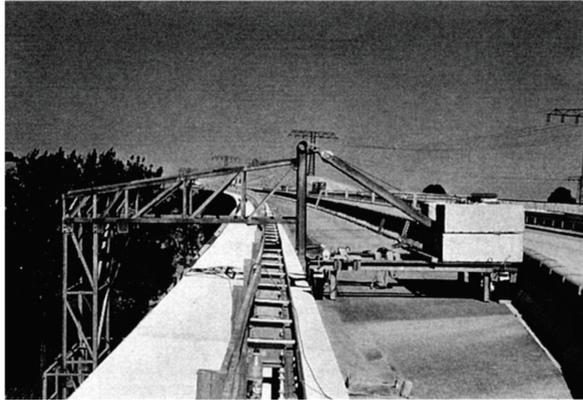
## 1.3 Entwicklung eines Tragwerksmodells

Das Tragwerksmodell (auch statisches System) ist die Idealisierung eines technischen Gebildes, um Kräfte, Momente, Verformungen usw. berechnen zu können. Bauelemente werden zu Punkten, Linien oder Flächen reduziert und symbolisch dargestellt. Dabei sind die Längenmaße (z. B. Stützweiten, Knicklängen und Höhen) nicht immer identisch mit den wahren Längen der Bauelemente (z. B. der Deckenträger oder Sparren). Die Kräfte werden entlang ihrer Kraftwirkungslinien, die meist mit System- oder Schwerelinien übereinstimmen, verschoben und häufig punktförmig eingetragen. Eine Lagerstelle wird ebenfalls durch ein Symbol ersetzt.

Die Festlegung eines Tragwerksmodells ist fast immer mit Vereinfachungen und Näherungen verbunden. Deshalb können durch unterschiedliche Abstraktionen Abweichungen zwischen verschiedenen Berechnungen auftreten.

Am Beispiel der Aufgabe 14 soll dargestellt werden, wie ein Tragwerksmodell entsteht (s. folgende Seite). Die obere Fotografie und eine weitere in der Aufgabenstellung zeigen einen Montagewagen beim Bau einer Autobahnbrücke. Dieses **reale technische Gebilde** ist auch durch eine Konstruktionszeichnung, einen Architektenentwurf oder ein Funktionsmodell ersetzbar, was sinngemäß für alle anderen gezeigten praktischen Beispiele gilt.

Aus diesen Bildern kann eine **Strukturskizze** entwickelt werden, die nur bei umfangreichen technischen Gebilden notwendig ist. Das mittlere Bild zeigt diese Skizze, bei der bereits viele Einzelheiten, die keinen Einfluss auf das Tragwerksmodell selbst haben, entfallen sind.



Die weitere Vereinfachung der Strukturskizze ergibt schließlich das Tragwerksmodell als Abstraktion des technischen Gebildes (unteres Bild der vorherigen Seite). Auflagerkräfte, Querkräfte, Biegemomente, die Standsicherheit u. a. sind damit berechenbar.

Die eingezeichneten Einzellasten sowie die gleichmäßigen und die ungleichmäßigen Streckenlasten quer und längs zum Träger muss der Bearbeiter aus detaillierten Konstruktionsunterlagen entnehmen oder eigenständig ermitteln.

Für das Bauwesen selbst und für viele naheliegende technische Bereiche enthält DIN EN 1991-1-1 Rechenwerte zu:

- Einwirkungen auf Tragwerke
- Nutzlasten
- Windlasten
- Schneelasten
- Temperatureinwirkungen
- Brückenbauten

und eine Reihe anderer Bereiche.

Mit diesen Rechenwerten lassen sich alle in der vorliegenden Aufgabensammlung benötigten Lasten festlegen.

Erwähnt werden soll, dass auch in **Strukturskizzen** Lasten eingetragen werden können, um damit weitere Berechnungen durchzuführen. Das ist z. B. bei Standsicherheits- und Schwerpunktberechnungen zweckmäßig.

## 1.4 Erforderliche Voraussetzungen für die Lösung der Aufgaben

### Wissensvoraussetzungen

Der Bearbeiter muss auf elementare Kenntnisse der Mathematik, zu den Baukonstruktionen, zum Bauzeichnen und in der Baustoffkunde zurückgreifen können. Des Weiteren sollte er die Grundlagen der Statik und Festigkeitslehre beherrschen, insbesondere die Lösungsalgorithmen für die zeichnerische oder rechnerische Ermittlung von:

- Gleichgewichtskräften im zentralen und allgemeinen ebenen Kraftsystem
- charakteristischen und Bemessungswerten von Einwirkungen (z. B. Eigenlasten, Wasserlasten, Nutzlasten, Windlasten, Schnee- und Eislasten)
- Querschnittskennwerten (z. B. Flächen, Schwerpunkte, Flächenmomente 2. Grades, Widerstandsmomente)
- Belastungskennwerten (z. B. Längskräfte, Querkräfte, Biege- und Torsionsmomente und deren zeichnerische Darstellung)

- Normal- und Tangentialspannungen
- charakteristischen und Bemessungswerten von Widerstandsgrößen (z. B. Festigkeiten, charakteristischen Steifigkeiten).

### Technische Voraussetzungen

Neben üblichen Schreib- und Zeichengeräten ist ein wissenschaftlicher Taschenrechner ausreichend.

Die Aufgaben sind jedoch häufig gut geeignet für eine Lösung mit einer allgemeinen Software: Für zeichnerische Lösungen führt ein Konstruktionsprogramm (z. B. AutoCAD) zu schnellen und genauen Ergebnissen. Für rechnerische und zeichnerische Lösungen sollte ein Tabellenkalkulationsprogramm (z. B. EXCEL) verwendet werden.

Kommerzielle Programme für statische Nachweise sind für den Lernenden zunächst nur bedingt geeignet, weil ihm die Grundlagen für die Eingaben und die Interpretation der Ausgaben fehlen.

Wie bereits unter 1.1 erwähnt, basieren statische Berechnungen in Deutschland auf den Eurocodes (kurz EC) – der europäischen Normung. Für die Lösung der Aufgaben sind folgende Normen und ihre jeweiligen Nationalen Anhänge erforderlich:

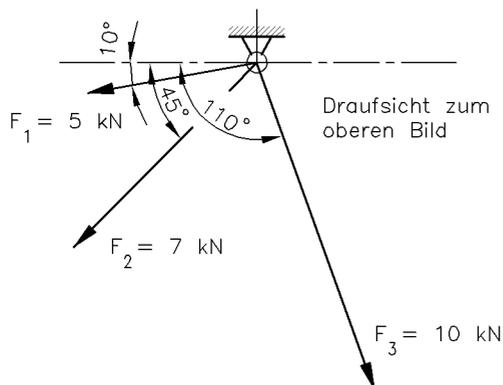
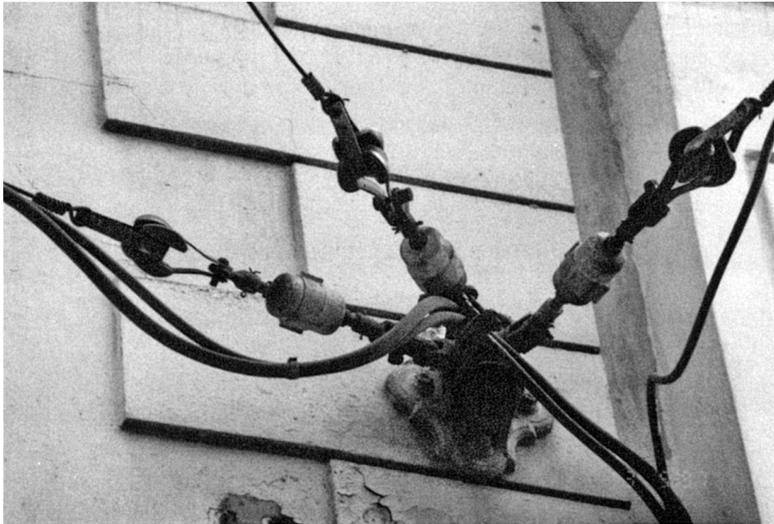
- EC 0** – DIN EN 1990 Grundlagen der Tragwerksplanung
- EC 1** – DIN EN 1991-1-1 Einwirkungen auf Tragwerke
- EC 2** – DIN EN 1992-1-1 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Stahlbetontragwerken
- EC 3** – DIN EN 1993 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
- EC 5** – DIN EN 1995-1-1 Bemessung und Konstruktion von Holzbauten
- EC 6** – DIN EN 1996-1-1 Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten

Darüber hinaus benötigt man eine Reihe von Normen, z. B. für Halbzeuge, Werkstoffe, Abmessungen u. a. Eine Alternative sind **Bautabellen** [z. B. *Schneider*, Klaus-Jürgen; ab 21. Auflage *Albert*, Andrej: *Bautabellen für Ingenieure* (23. Auflage 2018). Köln: Bundesanzeiger Verlag oder *Holschermacher*, Klaus: *Entwurfs- und Berechnungstabellen für Bauingenieure* (8. Auflage 2019). Berlin: Beuth Verlag]. Darin sind alle notwendigen Auszüge und Daten enthalten, weswegen diese Literatur für die hier zu lösenden Aufgaben empfohlen wird.

**(Leerseite)**

## 2 Aufgaben zur Statik

### Aufgabe 1



Welche Kraft  $F_G$  muss die Wandbefestigung aufnehmen können, um die drei waagerechten Einzelkräfte im Gleichgewicht zu halten, und unter welchem Winkel  $\alpha_R$  wirkt die Resultierende?

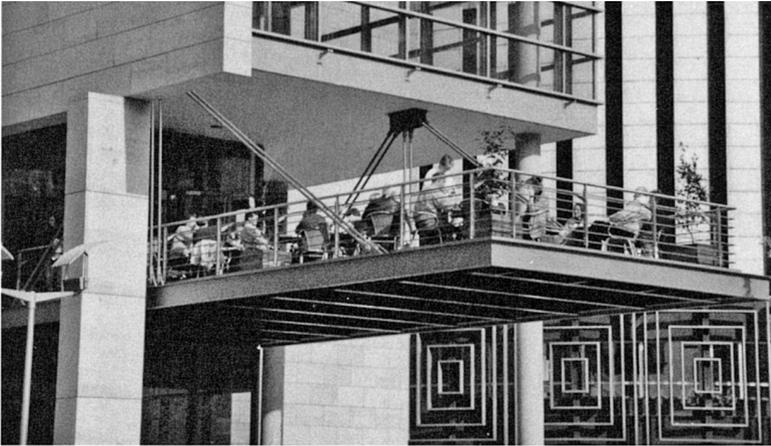
Die Lösung des zentralen Kraftsystems soll zeichnerisch gefunden werden.

#### Ergebnisse:

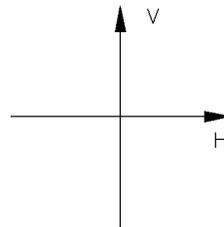
$$F_G = 16,9 \text{ kN}$$

$$\alpha_R = 247,6^\circ$$

## Aufgabe 2



Statische Struktur:



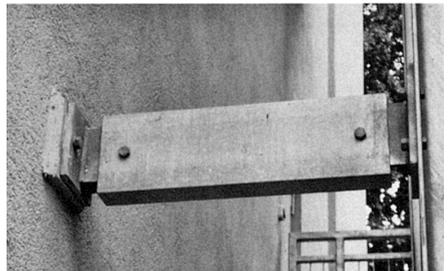
Das Bild zeigt die Aufhängung einer Besucherplattform.

Wie lässt sich das Kraftsystem beschreiben? In das Koordinatensystem (rechts) ist das Tragwerksmodell zu zeichnen.

**Ergebnis:**

s. Lösungsteil Seite 115.

### Aufgabe 3



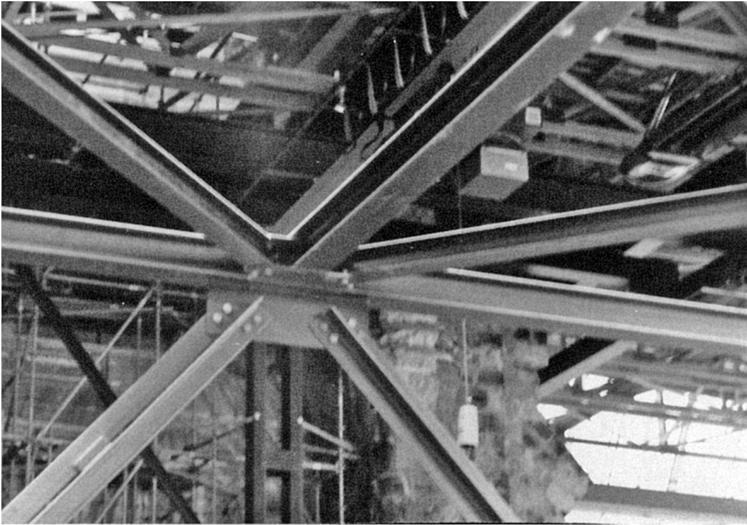
Die Treppenelemente nach Aufgabe 12 bilden mit 4 Säulen einen Turm, der auf vier Einzelfundamenten abgestützt ist. An der Fassade ist der Turm, wie im rechten Bild gezeigt, befestigt.

Welcher Lagerart ist diese Wandbefestigung zuzuordnen?

**Ergebnis:**

s. Lösungsteil Seite 116.

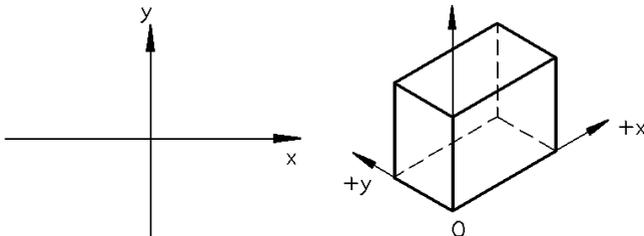
## Aufgabe 4



Das Bild zeigt einen Ausschnitt eines Tragwerkes im Innern der Dresdener Frauenkirche in der Wiederaufbauphase.

Für die 5 Stäbe der **horizontalen** Knotenebene ist eine statische Struktur zu skizzieren.

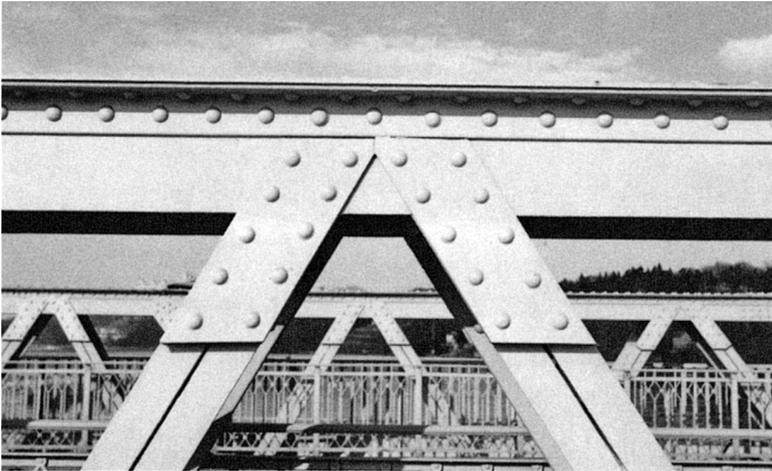
Statische Struktur:



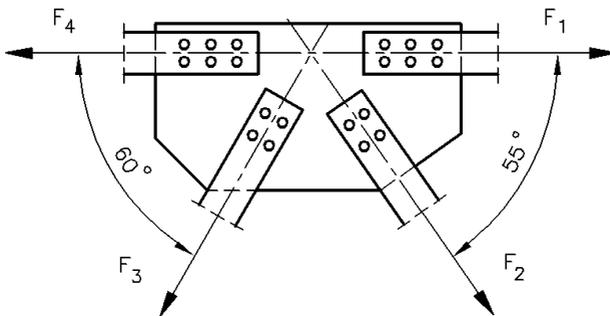
**Ergebnis:**

s. Lösungsteil Seite 116.

## Aufgabe 5



Für das Knotenblech sind die Einzelkräfte  $F_3$  und  $F_4$  zeichnerisch und rechnerisch zu ermitteln. Aus einer vorhergehenden Kraftermittlung ergaben sich  $F_1 = 135 \text{ kN}$  und  $F_2 = 195 \text{ kN}$ . Das folgende Bild zeigt die angenommene Stabanordnung (s. a. Lösung zur Aufgabe 38, Seite 155).

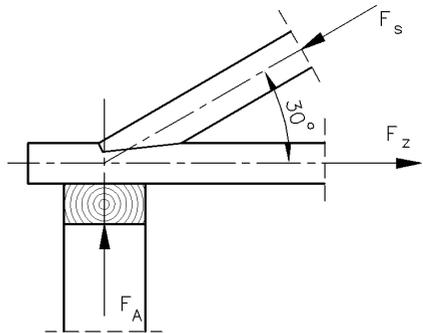


### Ergebnisse:

$F_3 = -184,5 \text{ kN}$  (aus rechnerischer Lösung)

$F_4 = +339,1 \text{ kN}$  (aus rechnerischer Lösung)

## Aufgabe 6



In dem Dachsparren wirkt eine Druckkraft von  $|F_s| = 15 \text{ kN}$ .

Die Zugkraft  $F_z$  im waagerechten Balken und die Auflagerkraft  $F_A$  in der Fußpfette sollen für das zentrale Kraftsystem zeichnerisch ermittelt werden.

**Ergebnisse:**

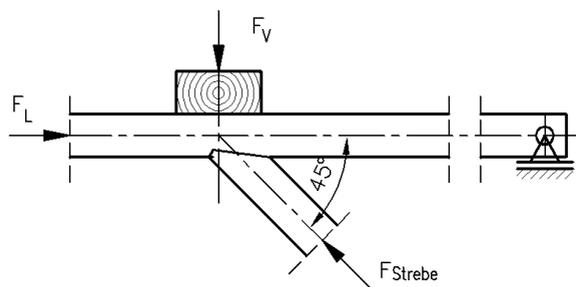
$$F_z = 13,0 \text{ kN} ; F_A = 7,5 \text{ kN}$$

## Aufgabe 7



Der Brückenlängsträger belastet den Knoten, an dem die Strebe eingebunden ist, mit einer Vertikalkraft von  $F_V = 75 \text{ kN}$ .

Zeichnerisch zu ermitteln sind die Strebenkraft  $F_{\text{Strebe}}$  und die dadurch entstehende Längskraft  $F_L$ .



### Ergebnisse:

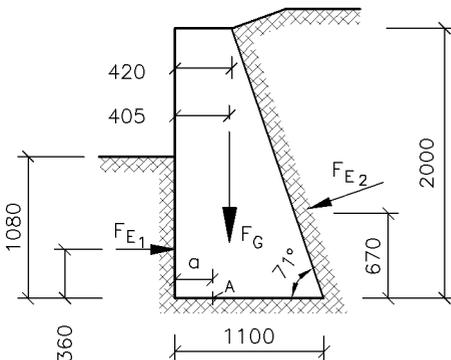
$$|F_{\text{Strebe}}| = 106 \text{ kN} \quad (\text{Druckkraft})$$

$$|F_L| = 75 \text{ kN} \quad (\text{Druckkraft})$$

## Aufgabe 8



Ein 3 Meter langes Stück der abgebildeten Stützmauer hat ein Eigengewicht von 115 kN. Die einwirkenden Erdkräfte betragen 9 kN für die Stelle 1 und 45 kN für die Stelle 2. Gesucht sind die Resultierende  $F_R$ , ihr Winkel  $\alpha_R$  sowie der Durchstoßpunkt A an der Mauersohle.

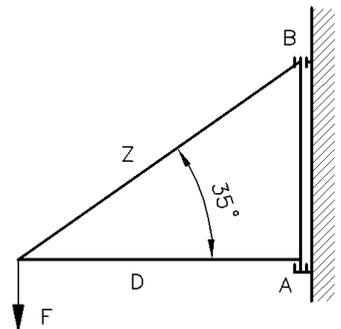


### Anmerkung:

Da es sich um ein allgemeines Kraftsystem handelt, ist die Resultierende durch schrittweise Addition der Einzelkräfte zu ermitteln.

### Ergebnisse:

$$F_R = 134 \text{ kN} ; \quad \alpha_R = 255^\circ ; \quad a = 0,26 \text{ m}$$

**Aufgabe 9**

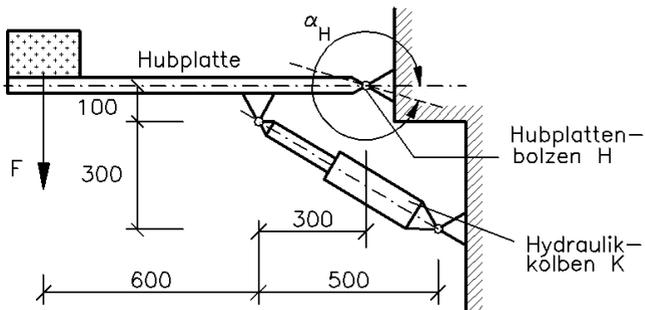
Ein Wandschwenkkran ist für eine Nutzmasse von 500 kg ausgelegt.

Zu ermitteln sind zeichnerisch die Kräfte in Z und in D sowie die Lagerkräfte in A und B. Die Eigenmasse des Kranes soll unberücksichtigt bleiben.

**Ergebnisse:**

$$F_Z = 8,6 \text{ kN} ; F_D = 7,0 \text{ kN} ; F_A = 8,6 \text{ kN} ; F_B = 7,0 \text{ kN}$$

## Aufgabe 10



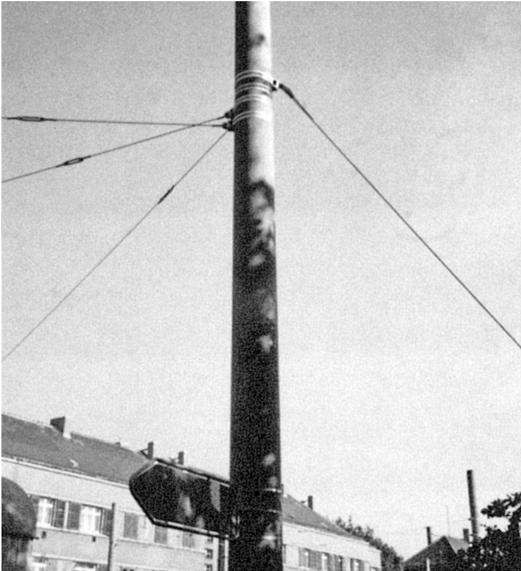
Auf der Hubplatte ruht eine Masse von 1,2 t. Die Eigenmasse der Hubplatte sei darin enthalten.

Zu ermitteln sind zeichnerisch die Kraft  $F_K$  im Hydraulikkolben K und die Kraft  $F_H$  im Hubplattenbolzen H sowie der zugehörige Winkel  $\alpha_H$ .

### Ergebnisse:

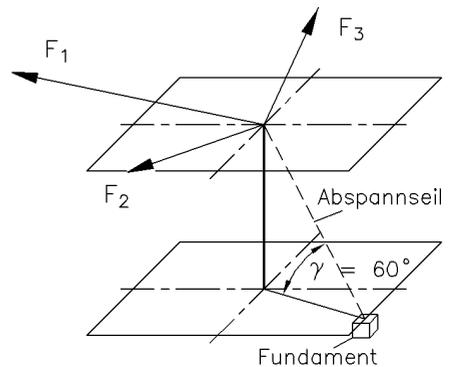
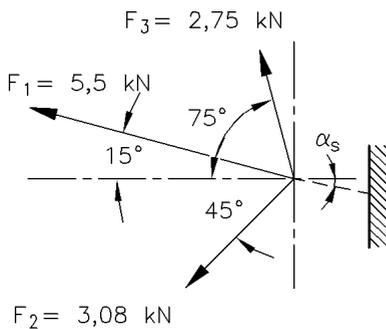
$$F_K = 44,1 \text{ kN} ; \quad F_H = 39,4 \text{ kN} ; \quad \alpha_H = -16,1^\circ = 343,9^\circ$$

## Aufgabe 11



Für den abgebildeten Freileitungsmast sind rechnerisch zu ermitteln:

1. die Gleichgewichtskraft  $F_s$  für die drei Einzelkräfte und der dazugehörige Winkel  $\alpha_s$
2. die Kraft im Abspannseil  $F_{\text{Seil}}$
3. die Fundamentmasse  $m_F$  bei 1,5-facher Sicherheit gegen Heben
4. die Länge des Abspannseiles  $l_{\text{Seil}}$  bei selbst zu wählenden Maßen.



### Ergebnisse:

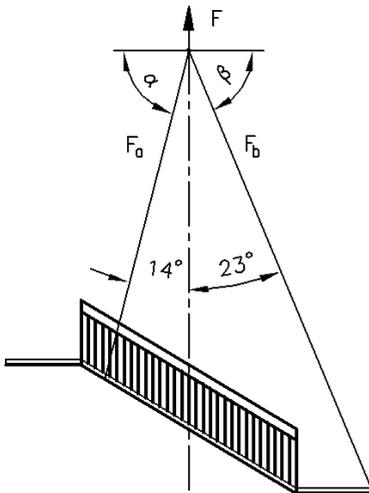
**Zu 1.:**  $F_s = 8,42 \text{ kN}$  ;  $\alpha_s = -13,05^\circ$

**Zu 2.:**  $F_{\text{Seil}} = 16,84 \text{ kN}$

**Zu 3.:**  $m_F = 2,23 \text{ t}$

**Zu 4.:**  $l_{\text{Seil}} = 9,24 \text{ m}$  bei 8 m Masthöhe

## Aufgabe 12



Für das außermittig angeschlagene Treppenelement sind zu ermitteln:

1.  $F_a = f(\alpha, \beta)$  ;  $F_b = f(\alpha, \beta)$
2. die Beträge  $F_a$  und  $F_b$  der beiden Seilkräfte sowie ihre Winkel, gemessen zur positiven  $x$ -Achse.

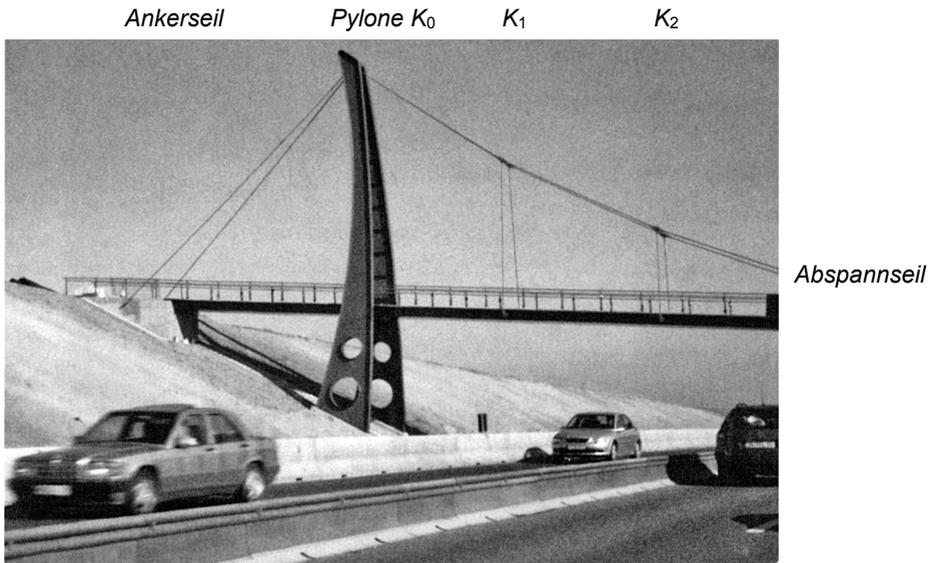
Das Treppenelement hat eine Masse von 850 kg einschließlich Anschlagmittel.

### Ergebnisse:

**Zu 1.:**  $F_a = F/(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \tan \beta)$  ;  $F_b = F/(\sin \beta + \cos \beta \cdot \tan \alpha)$

**Zu 2.:**  $F_a = 5,41 \text{ kN}$  ;  $\alpha' = 256^\circ$  ;  $F_b = 3,35 \text{ kN}$  ;  $\beta' = 293^\circ$

## Aufgabe 13



Das Bild zeigt eine einseitig abgespannte Hängebrücke. Die Belastung in den senkrechten Tragseilen sei  $F_1$  und  $F_2$ . Durch Ausmessen sollen die Winkel des Abspannseiles festgelegt werden. Ferner sollen für die Knoten  $K_1$  und  $K_2$  Kräftecke gezeichnet werden, um daraus die Kraft im Ankerseil (Seil von der Pylone zu dem Brückenkopf) ermitteln zu können.

Es sind die Kräfte  $F_{\text{Ankerseil}}$  und  $F_{\text{Pylone}}$  als Vielfaches von  $F_1$  anzugeben.

### Ergebnisse:

$$F_{\text{Ankerseil}} = 8,2 \cdot F_1 ; \quad F_{\text{Pylone}} = 9,6 \cdot F_1$$

## Aufgabe 14



Das obere Bild zeigt einen Montagewagen beim Bau einer Autobahnbrücke. Der Montagewagen kann in einzelne Baugruppen zerlegt und örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Der kleine Bildausschnitt links lässt eine Montagestellung mit innenliegender Arbeitsbühne erkennen. Der Montagewagen ruht auf 4 Rädern, die eine Verschiebung in Brückenlängsrichtung gestatten. Das Fahrwerk ist samt Aufbau lenk- und feststellbar. Statisches Gleichgewicht wird durch Gegenballast gehalten.

1. Aus den beiden Bildern soll eine Strukturskizze entworfen werden als Grundlage für ein Tragwerksmodell.  
In ihm sollen die einwirkenden Kräfte eingetragen werden. Die einzelnen Baugruppen sind zu Einzellasten, gleichmäßig verteilten Lasten und ungleichmäßig verteilten Lasten zu reduzieren.
2. Für das allgemeine Kraftsystem sind Lösungsansätze für die Ermittlung dieser Kräfte und die Berechnung der Radlasten zusammenzustellen.

### Ergebnisse:

s. Lösungsteil Seite 123.