

Daniel Wachter

Das Baugewerbe kurz zusammengefasst

Die erste Berührung mit der Branche

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Allgemeines	4
Begriffe aus der Baustoffkunde	5
Bauberufe	13
Bauzeichnerbegriffe.....	16
Die verschiedenen Gattungen des Bauingenieurs.....	20
Konstruktiver Ingenieurbau.....	23
Wie kann ein Hochhaus stehen?	24
Verschiedene Brückenarten	28
Verschiedene Brücken	32
Die Statik	38
Geotechnik und Tiefbau.....	46
Der Tunnelbau	47
Schächte und Leitungen	53
Raum- und Verkehrsplanung	56
Raumplanung und Siedlungspolitik	57
Verkehrsplanung	65
Anmerkungen zum Werk	67
Quellen	67

Vorwort

Als Vorbereitung auf mein vorgesehenes Studium als Bauingenieur an der ETH Zürich absolvierte ich ein einjähriges Praktikum im Ingenieurbüro André Rotzetter in Schwyz, um mich mit den Begebenheiten und der Umgebung in diesem Gewerbe vertraut zu machen. Während dieses Praktikums lernte ich eine Menge und habe alle Fachwörter, alle Theorie, alle Vorgänge, die ich kennenlernte, zusammengefasst und sie nun zu Papier gebracht.

Ich hoffe, dass dieses Werk verständlich und hilfreich ist.

Daniel Wachter

Allgemeines

Begriffe aus der Baustoffkunde

Abbinden

Erstarren von Mörtel oder Beton durch chemische Reaktionen von Wasser und Bindemittel.

Abszisse und Ordinate

Beides sind Begriffe im Bereich des kartesischen Koordinatensystems, das von René Descartes begründet wurde. Während die Abszisse für die x-Achse steht, bedeutet Ordinate die y-Achse. Ursprünglich standen die beiden Begriffe nur für die bestimmten Werte eines Punktes (Abszisse = x-Wert, Ordinate = y-Wert), jedoch hat sich die Bezeichnung für die Koordinatenachsen eingebürgert.

Armierung (auch Bewehrung)

Einlage oder Auflage in Eisenform zur Verstärkung eines Baustoffs (z. B. Beton). Beton alleine hat eine kleine Zugfestigkeit, Stahl dagegen eine grosse. Mithilfe der Bewehrung kann so die goldene Mitte gefunden werden. Im Gegenzug hat Beton eine hohe Druckfestigkeit, während der Stahl hier passen muss.

Beton

Beton entsteht aus der Vermischung von Zement, Sand und Wasser, dazu kommen je nach Anwendung diverse Zusatzstoffe. Zur Erhöhung der Zugfestigkeit wird Beton mit Stahl bewehrt.

Beton besitzt zahlreiche verschiedene Anwendungsarten, so Spritzbeton, der durch eine Spritze aufgetragen wird und aufgrund der Aufprallkraft verdichtet wird

Brüstung

Teil der Aussenwand zwischen Fenster und Bodenplatte, untere Fensterbegrenzung

Comax[®]

Führende Marke bei Anschlussbewehrungen, weiterer Anbieter ist *Ebea*

Dämmen

Einschränkung des Schalls und der Wärme. Eine totale Verhinderung ist nicht möglich. Auf der Baustelle werden diverse Methoden zur Eindämmung verwendet:

- Trittschalldämmung unter Unterlagsböden
- Wärmedämmschicht bei Flachdächern
- Zwischenlage bei Zweischalenmauerwerken

Deckenschlitz

Vertiefung in der Oberkante einer Decke für Einlegungen wie Schwellen, Bodenheizungsrohre und elektrische Vorrichtungen

DIN

Abkürzung für **D**eutsches **I**nstitut für **N**ormung, eines eingetragenen Vereins, welcher diverse Normen in verschiedenen Industriezweigen vorgibt, die international gebräuchlich sind. Bekannteste DIN-Norm ist diejenige der Papierformate, wie beispielsweise A4. Ebenfalls hatte die DIN Normen und Vorgaben im Baubereich festgelegt, so zum Beispiel die Kornrohdichte von Beton und Mörtel. Die Rolle der DIN wird jedoch immer mehr durch internationale Vorgaben wie die Europäischen Normen (EN) oder ISO verdrängt.

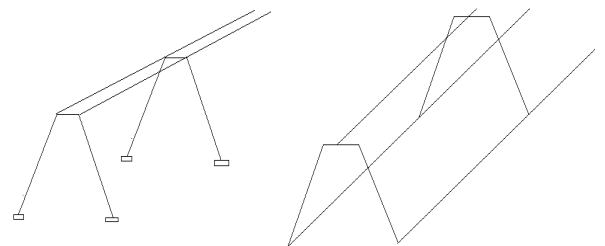
Distanzkörbe

Trapezförmige Eisenvorrichtungen, die zwischen der Schalung und der 3. Lage (Distanzkörbe mit Fuss) beziehungsweise zwischen der 2. und der 3. Lage (Distanzkörbe ohne Fuss – beispielsweise Bodenplatte) in der Bewehrung eingesetzt werden.

Die Höhe ist folgendermassen zu berechnen:

Deckendicke – Überdeckung – Eisen (Zulagen beachten). Da sie von der produzierenden Stahlbaufirma nur in Zehnerpackungen abgegeben werden, so dass bei der Bestellung auf das nächste Vielfache von zehn aufgerundet werden muss – ergibt die Berechnung 23 notwendige Eisen, so wird auf 30 aufgerundet.

Generell wird in der horizontalen pro Meter ein Stück verwendet, während in den Vertikalen der Abstand 2,50 m beträgt.



Grafik 1: Distanzkörbe mit Fuss (links) und ohne Fuss (rechts)

Durchstanzbewehrung

Stahlpilz, welcher verhindert, dass die deckentragende Säule durch die Decke durchbricht und diese so zum Einsturz bringt. Ein solcher Stahlbolzen schlägt mit rund 1000 Franken zu Buche, sie werden in kreisrunder Form angelegten Reihen zu je drei Stück pro Reihe eingesetzt.



Grafik 2: Stahlpilz der Durchstanzbewehrung

Fuge

Die Fuge ist ein gewollter Abstand zwischen zwei Bauteilen. Aufgefüllt wird sie dann mit Dichtstoffen wie Silikon oder Fugenbändern, um dem Wasser keinen Einlass zu gewähren. Eine Arbeitsfuge beispielsweise wird zwischen zwei Betonieretappen errichtet, so dass die beiden Teile am Ende fest miteinander verbunden sind. Die Dehnfuge ist wegen der Wärmedehnung, aber auch beispielsweise bei Brücken wegen dem Verkehrsaufkommen unumgänglich, dabei gibt es verschiedene Arten, entweder als Widerlager oder als Fahrbahnübergang. Weiters sind Bewegungsfugen auch in Erdbebengebieten gern gesehen, als Beispiel wurde die in Griechenland gelegene Rio-Andirrio-Brücke mit den bisher grössten Dilatationsfugen weltweit ausgestattet, welche die Erschütterungen bei Erdbeben berücksichtigt. So genannte Anschlussfugen sind vor allem im Sanitärbereich zu finden, wo sie beispielsweise den Übergang zwischen Badewanne und Wand beziehungsweise Boden markieren.

Grundriss

Ansicht eines Elementes von oben, Faustregel ist, dass man nach einem Drittel der Gesamthöhe die Vision oder das Gebäude horizontal durchschneidet und dann aus der Vogelperspektive betrachtet.

Isolierung

Sicherung gegen Eindringen und Durchfluss von Elektrizität. Aus Sicherheitsgründen sind diverse Vorkehrungen getroffen worden:

- Isolation beim Stromkabel
- Kunststoffummantelung beim Stecker
- Kunststoffgriffe bei Schraubenzieher

Der Begriff wird auch für die Wärmedämmung verwendet, jedoch findet dort keine Isolation an sich statt, denn der Wärmeaustausch kann nur behindert werden, nicht vollständig verhindert.

Kapillarität

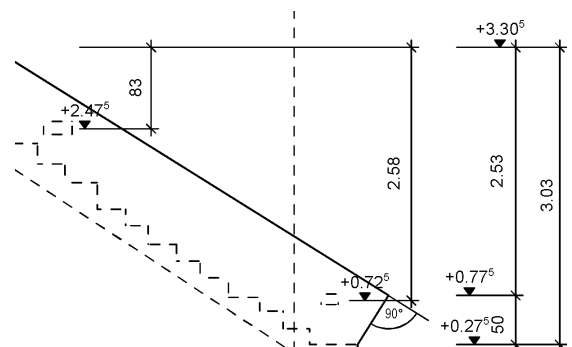
Das Wasser steigt in engen Hohlräumen (Kapillaren) auf, so beispielsweise in einem Baumstamm oder in Backstein oder Beton. Der Beton ist daher nicht frostsicher, denn beim Aggregatzustandswechsel von Wasser zu Eis dehnt sich das Wasser aus, was zu einer Sprengung des Betons führen kann oder zumindest zu einer Rissbildung.

Methoden zur Vermeidung von Kapillarität:

- Porenbildender Zusatz im Beton
- Sperrschicht

Kote

Darstellung von Höhenunterschieden an gewissen Punkten. Im Hochbau wird dabei von einem gesetzten Nullpunkt (z.B. 0.00 = 435 m. ü. M.) aus gerechnet (z.B. Kote 1 = -0.03), während im Tiefbau mit den Höhenangaben gearbeitet werden (z.B. Kote 1 = 434,56 m. ü. M.).



Kriechen

Formänderung als Folge einer Belastung. Beim

Beton ist dies eine seiner Eigenschaften, denn nach einer äusseren Belastung wird durch eine Molekülveränderung der Wasseranteil im Gel, das beim Abbinden entstanden ist, reduziert.

Grafik 3: Darstellung eines Schalungsplans mit Masslinien, Masshilfslinien und Koten

Masslinien

Linien zur Darstellung von Linienabständen zwischen zwei Orientierungspunkten, beispielsweise Ecken einer Mauer. Da die Masslinien in einigem Abstand zu den Orientierungspunkten liegen, werden so genannte Masshilfslinien gezogen, die den Zugang zum Hilfspunkt vereinfachen.

Mörtel

Mörtel ist eine Mischung aus Wasser, Bindemittel und Sand, dazu können je nach Anwendung weitere Zusatzstoffe hinzukommen. Dabei wird zwischen Frischmörtel, der sofort anwendbar ist und meistens auf der Baustelle hergestellt wird, und dem vorwiegend in der Fabrik produzierten Trockenmörtel unterschieden, dem zunächst noch Wasser zugefügt werden muss, damit er verarbeitbar wird. Der Mörtel verbindet nach dem Abbinden steinhart Baustoffe miteinander, oder haftet auf dem solchen.

Porosität

Hohlraum eines Baustoffes, je poröser das Material, desto grösser das Wärmedämmvermögen, gleichzeitig aber auch instabiler, da mehr Hohlräume vorhanden sind.

Quellen

Volumenvergrößerung, Verlängerung des Materials, beispielsweise bei Wasseraufnahme. Bei Beton muss die Fähigkeit des Quellens sehr klein sein, denn bei Frost würden bei Volumenvergrößerungen Risse oder gar die Sprengung drohen.

Raumbeständigkeit

Eigenschaft eines Stoffes, bei äusseren Einflüssen das Volumen nicht stark zu verändern und das Gefüge nicht zu lockern. Jedes Bindemittel mineralischen Ursprungs muss eine Raumbeständigkeit aufweisen.

Schalung

Form aus Tannen- oder Fichtenholzbrettern (meistens 24 bis 27 Millimeter dick), in die der Beton eingefüllt wird. Bei undichten Schalungen läuft man Gefahr, dass Kienester (poröser Beton, da der Sand fehlt) entstehen können. Bei Gefälle und Steigungen muss auf der Oberseite eine weitere Schalung angebracht werden, die sogenannte Negativ- oder Konterschaltung; ansonsten würde der Frischbeton aus der Schalung fließen. Die Schalung wird meistens nach dem Erstarren des Betons entfernt.

Schnitt

Zerschneidung der Vision oder des Gebäudes in vertikaler Richtung, die Betrachtungsstellen sind jeweils im Grundriss vermerkt. Der Schnitt dient der schematischen Darstellung von Elementen, die im Grundriss gar nicht oder nur schwer erkennbar wären. Beim Bewehrungsplan ist es ratsam, die Eisen nach Möglichkeiten im Schnitt einzuzeichnen, bevor sie dann im Grundriss verlegt werden.

Schwelle

Zwischenstück zwischen Türe und Bodenplatte, vom Auge meist mit einer halbrunden Überdeckung erkennbar. Untere Türbegrenzung.

Schwinden

Volumenverkleinerung, Verkürzung des Materials. Der Beton schwindet, weil das nicht für die chemische Reaktion des Abbindens verwendete restliche Wasser verdunstet und der Beton somit austrocknet. Ebenfalls sind beim Schwinden Risse möglich, wenn sich der Beton beim Austrocknen nicht verformen kann.

Sperren (auch Abdichten)

Verunmöglichung des Durchdringens von Wasser und Feuchtigkeit durch einen bestimmten Stoff. Um diese Verunmöglichung zu gewährleisten, werden einige Vorkehrungen getroffen:

- Dachpappenschicht unter aufgehendem Mauerwerk
- Dampfsperre
- Dachhaut

Spundwand

Mittel zur Sicherung von Baugruben, die trapezförmigen Elemente sind als Nut und Feder miteinander verbunden, so dass sie seitlichen horizontalen Kräften trotzen können.

Stoss

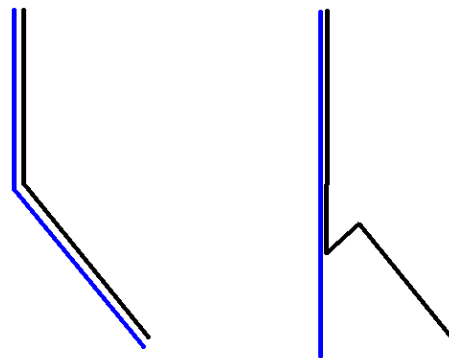
Da Bewehrungsseisen in den meisten Fällen nur eine Länge von maximal 10 Metern aufweisen, müssen bei längeren Betonabschnitten Verlängerungen eingebaut werden. Diese Verlängerung kann jedoch nicht unmittelbar ans Ende des anderen Eisens angebracht werden, sondern die beiden Bewehrungsseisen müssen einen gemeinsamen Übergangsabschnitt besitzen, der *Stoss* genannt wird. Offiziell gilt die Faustregel, dass die Länge dieses Übergangs genau dem Sechzigfachen des Eisendurchmessers entspricht, sollten die Eisen am Stoss keine Haken besitzen. Sollten sie Haken besitzen, so würde die Stosslänge 40 Mal der Durchmesser umfassen.

Sturz

Tragende obere Fenster- oder Türbegrenzung, eigentlich Gegenstück von Schwelle beziehungsweise Brüstung. Er dient dazu, den Druck des oben liegenden Mauerwerks auf die seitlich des Fensters befindlichen Mauern zu verteilen.

Wassernase

Die Wassernase, auch als *Tropfkante* oder *Tropfleiste* bekannt, ist eine Vorrichtung, die das Abfließen von Wasser nach Niederschlägen entlang einer Wand verhindert. Sie liegt an der Unterseite von hervorstehenden Mauerkronen oder Fensterbänken, und sorgt so dafür, dass das Wasser senkrecht abfließt.



Grafik 4: Wasserablauf ohne Wassernase (links) und mit Wassernase (rechts)

Wärmedehnung

Bei Erwärmung dehnen sich die Stoffe aus, bei Abkühlung ziehen sich die Stoffe zusammen.

Daher werden auf dem Bau diverse Einrichtungen verwendet, um dem entgegenzuwirken:

- Dilatationsfugen (Bewegungsfuge) – beispielsweise bei einer Brücke wegen der Wärmeausdehnung
- elastische Materialien wie Kitt
- Bodenfliesen

Zement

Zement ist im eigentlichen Sinne kein Baustoff, sondern er ist ein viel verwendetes Bindemittel am Bau. Die Aufarbeitung von Zement geschieht in einem Brennofen, wenn die fein gemahlenen Ausgangsstoffe gebrannt und geschmolzen werden. Meistens wird Zement aus Kalkstein, Ton, Kreide oder Mergel gewonnen, berühmteste Sorte ist der Portlandzement.

Bauberufe

Architekt

Architekten planen Bauwerke, **konstruieren** sie, leiten die Erstellung und wirken bei Erhaltung, Veränderung oder Umnutzung von Gebäuden mit. Zudem kann eine spezifische Ausbildung in punkto Innenbereich absolviert werden.

Bauführer

Bauführer sind im Hoch- und Tiefbau für die **termin- und fachgerechte Leitung** von Baustellen zuständig. Konkret beinhaltet ihre Aufgabe die Arbeitsvorbereitung, Baustelleninstallation, Baustellenorganisation, Vertretung der Bauunternehmung sowie Administration vor Ort.

Bauherr

Der Bauherr ist der verantwortliche **Auftraggeber** bei der Durchführung von Bauvorhaben, wirtschaftlich und in rechtlicher Hinsicht dafür verantwortlich. Als Bauherr gilt, wer im eigenen Namen oder für eigene oder fremde Rechnung Bauvorhaben vorbereitet oder ausführt oder vorbereiten oder ausführen lässt. Er kann sowohl eine natürliche Person als auch eine juristische Person sein. Kurzum: Ein Bauherr ist derjenige, der sein Grundstück bebauen will.

Bauingenieur

Bauingenieure **planen, konstruieren** und realisieren Bauwerke des Hoch- und Tiefbaus. Sie sind auch für Umbauten, Sanierungen, und Instandhaltungsarbeiten an bestehenden Bauten zuständig. Im konstruktiven Hochbau sind sie vor allem für die Berechnung von Stützmauern, Fundamenten und sonstigen Betonmauern zuständig, während sie im Tiefbau auch den für den Strassenbau notwendigen Aushub ermitteln.

Bauleiter

Die Bauleiter der spezifischen Fachrichtung Hochbau sind in Architektur- und Ingenieurbüros für die Realisierung von Bauprojekten zuständig. Sie **organisieren, koordinieren** und **kontrollieren** die Arbeiten der im Bauvorhaben involvierten Unternehmen und wachen über das Budget und die Termine und sind zudem zuständig, dass der Bau die erforderliche Qualität besitzt.

Die Bauleiter der spezifischen Fachrichtung Tiefbau haben dieselbe Funktion inne, sind jedoch in Ingenieur- und Planungsbüros angestellt.

Trotz ihrer Bürotätigkeit sind sie fast täglich auf der Baustelle unterwegs und arbeiten unter immensem Zeitdruck.

Baumeister

Baumeister **leiten ein Bauunternehmen** oder besitzen in einem solchen eine Führungsfunktion. Sie planen und organisieren Bauarbeiten in technischer, kaufmännischer und personeller Hinsicht.

Eisenleger

Die Eisenleger ist ein auf das **Verlegen von Armierungseisen** spezialisierter Bauarbeiter. Er trägt die Verantwortung für das richtige Verlegen der Bewehrung bei Decken, Bodenplatten, Wänden oder Pfeilern. Nachdem aus Holztafeln oder Schalelementen eine Schalung oder Giessform für den Beton erstellt wurde fügen sie die Bewehrung ein: Einlagen aus Stahlstäben oder –netzen, die dem Beton die notwendige Zugfestigkeit und somit Stabilität geben.

Geomatiker

Geomatiker **vermessen Grundstücke**, Gebäude und ganze Landstriche. Die erhobenen Daten setzen sie am Computer in **Pläne**, Karten und Dokumente um.

Gipser

Gipser, auch *Stuckateure*, sind sowohl im Innen-, als auch im Aussenbereich tätig. Sie verputzen Wände und stellen Gipswände her. Ein wichtiger Bestandteil ihrer Arbeit ist die Installation von Wärmedämmeinrichtungen.

Maurer

Maurer arbeiten im Hoch- und Tiefbau, wo sie Gebäude, Brücken und ähnliches erstellen. Sie **bauen Mauerwerk** aus Backstein, Naturstein und Beton. Zudem montieren sie Gerüste, tragen den Verputz auf und verlegen Kanalisationsrohre.

Polier

Poliere **führen auf der Baustelle ein Team**. Sie sind verantwortlich für die termin- und fachgerechte Ausführung der Arbeiten, sowie für Aufgaben punkto Arbeitsvorbereitung, Bauplatzorganisation und Administration vor Ort.

Schaler

Schaler sind in der Lage, einfache oder komplexe **Schalungsarbeiten** im Hoch- und Tiefbau auszuführen. Sie erstellen aus Holzbrettern oder Schalelementen eine Schalung, die als Giessform für den Beton dient.

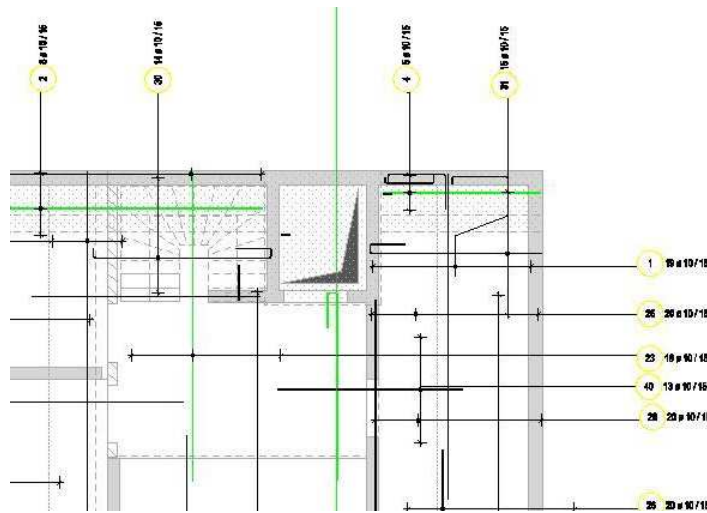
Zeichner

Zeichner **zeichnen Pläne** nach Vorgaben von Fachpersonen der Raum- und Bauplanung. Je nach Fachrichtung sind sie spezialisiert auf Architektur, Ingenieurbau (Hoch- und Tiefbau), Innenarchitektur, Landschaftsarchitektur oder Raumplanung.

Bauzeichnerbegriffe

Bewehrungsplan und Eisenliste

Meistens gemeinsam mit dem Schalungsplan wird auch der Bewehrungsplan erstellt,



Zeichnung 1: Beispiel eines Bewehrungsplans

da dieser auf ersterem basiert. Der Bewehrungsplan stellt die Bewehrungs- oder Armierungseisen im Stahlbeton dar. Meistens wird pro Verteilregion eines der Eisen massstabs- und formgetreu angegeben, mit einem Vermerk auf Position, Durchmesser,

genaue Stückanzahl und Abstand zwischen den

jeweiligen Eisen. Bei der Berechnung der Eisenanzahl ist eine beidseitige Überdeckung von mindestens drei Zentimetern (Stichwort Feuerfestigkeit) mit einzubeziehen.

Auf dem Bewehrungsplan werden insgesamt vier Lagen dargestellt, je zwei pro Richtung (Nord-Süd beziehungsweise Ost-West). Anhand des Bewehrungsplans wird vom Ingenieurbüro eine Eisenliste erstellt, die wiederum als Bestellung für den produzierenden Stahlkonzern gilt.

CAD-Programm

Computer Aided Design, steht für die in der Architektur-, Ingenieur- und Planerbranche verwendete Software, mit der die Bauteile, Leitungen, etc. gezeichnet werden. Berühmte Beispiele sind *Allplan* und *Cadwork*, die sich beinahe als Standard in der Branche etabliert haben. Als Standardformat hat sich DXF eingebürgert, das mit nahezu allen Angeboten und Anwendungen kompatibel ist.

Die Darstellungen sind stets zweidimensional gehalten, jedoch können die meisten CAD-Programme das Objekt auch dreidimensional visualisieren.

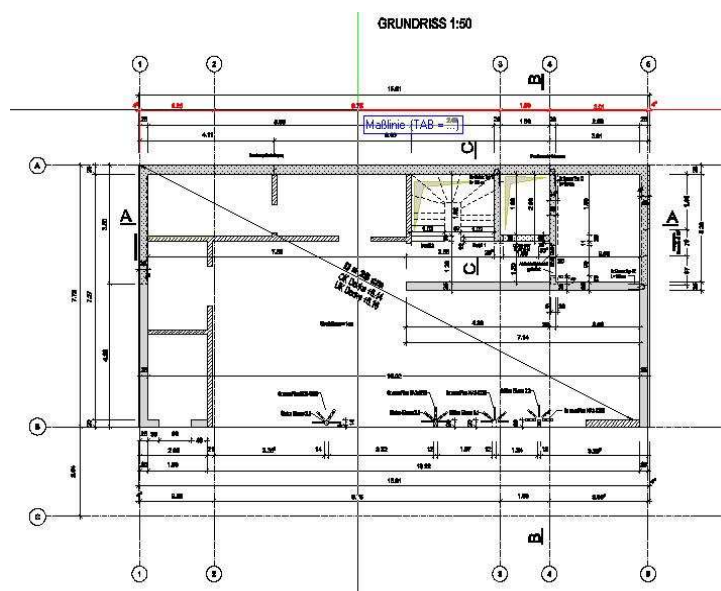
Quer-, Längen- und Normalprofil

Die drei Begriffe kommen vor allem im Strassenbau zum Zug.

Das Querprofil ist ein massstabsgetreuer Querschnitt eines Bauteils, während das Längenprofil einen Längsschnitt darstellt. Beide dienen dazu, den Aufbau des Bauteils zu zeigen. Im Gegensatz zum massstabsgetreuen Querprofil können beim Längenprofil die Höhenunterschiede übertrieben dargestellt werden. Das Normalprofil wiederum dient als Grundlage und zeigt alle erforderlichen Eigenschaften.

Schalungsplan

Der Schalungsplan stellt detailgetreu das Bauwerk massstabsgetreu dar. Anhand



Zeichnung 2: Beispiel eines Schalungsplan

des Schalungsplans wird die Schalung aus Holzbrettern erstellt, in die dann der flüssige Beton aufgefüllt wird. Sichtbare Bauteilkanten werden mit einer dickeren Linie dargestellt, während unsichtbare, versteckte Kanten gestrichelt dargestellt werden. Meistens werden Schalungen für den Grundriss (ca. ein Drittel der Raumhöhe über dem Boden wird der Schnitt gemacht),

Deckenuntersicht oder Seitenansichten gemacht, dazu werden an im Grundriss definierten Regionen Schnitte gemacht, um die Darstellung beispielsweise eines Türsturzes oder Brüstungen darzustellen.

Signalisations- und Markierungsplan



Zeichnung 1: Beispiel eines Signalisations- und Markierungsplans

Bei einer Strassensanierung oder einem Strassenneubau wird nebst den diversen Profil-, Situations- und Zukunftsplänen auch ein Signalisations- und Markierungsplan erstellt. Dieser zeigt exakt die Signalisation und Markierung der betroffenen Strasse. Der Plan basiert wie die detailgetreuen

Projektpläne auf dem Grundbuchplan, zudem sind meistens auch Kilometrierungen, Liegenschaftsgrenzen, Kandelaber und Bäume vermerkt. Meistens wird auch die Optimierung des Langsamverkehrs berücksichtigt.

Um den zu bebauenden Abschnitt klar einzugrenzen, ist einerseits der Einsatz eines Perimeters Usus, andererseits können die Signale und Markierungen innerhalb des Perimeters farblich von denjenigen ausserhalb unterschieden werden – beispielsweise durch eine rote Schilderbeschriftung.

Theodolit

Der Theodolit ist ein Winkelmessgerät, das für Messungen sowohl in horizontaler, als auch in vertikaler Richtung taugt. Dazu wird er senkrecht über einem bestimmten Punkt aufgestellt. Das Gegenstück ist ein reflektierendes Prisma, das ebenfalls lotrecht über dem zu bemessenden Punkt aufgerichtet wird. Zur Sicherstellung der Vertikalen sind so genannte Libellen in den Theodolit und ins Prisma eingebaut, ähnlich wie bei einer Wasserwaage wird ein Luftbläschen innerhalb eines Ringes durch Ausrichtung des Gegenstandes gebracht. Beim Gerät wird der gemessene Winkel in der Einheit *Gon* angegeben, wobei 1 *Gon* 0.9° entspricht – sprich der Vollkreis beträgt 400 *Gon*.

Unterschied Zeichner-Konstrukteur

Der Konstrukteur entwirft anhand der Rechnungsangaben des Ingenieurs ein Projekt, es gibt Ingenieure, die selbst als Konstrukteure tätig sind. Der Zeichner verarbeitet dann die Entwürfe zu einem Plan.

Die verschiedenen Gattungen des Bauingenieurs

Konstruktiver Ingenieurbau

Dieser Begriff ist ein sehr weitläufiger, denn er umfasst nicht nur Häuser an sich, sondern auch weit interessantere Bauwerke wie Brücken, Hallen, Kirchen oder Masten.

Kern des konstruktiven Ingenieurbaus bildet die Statik, aber auch die Festigkeitslehre ist wesentlicher Teil dieses Bereichs. Zu den Aufgaben des in diesem Gebiet tätigen Ingenieurs zählt auch die Konstruktion von Tragwerken.

Den konstruktiven Ingenieuren lastet eine grosse Verantwortung auf den Schultern, da beispielsweise Brücken oder Hallen bei Fehlplanung ein erhebliches Sicherheitsrisiko darstellt. Er haftet vollumfänglich und kann je nach Rechtslage mit einer Freiheitsstrafe von bis zu drei Jahren belegt werden. Beispiele über solche Fehlplanungen gibt es zahlreiche, von Halleneinstürzen in Uster/ZH und Bad Reichenhall/D bis hin zur Anekdote des Usterner Altersheims, wo die Galerie des dritten Stockwerks auf diejenige des zweiten stürzte, weil nur etwa die Hälfte der erforderlichen Bewehrungseisen eingesetzt wurde. Zwar sind die Generalunternehmer berüchtigt, auf das eine oder andere Eisen aus Kostengründen zu verzichten, andererseits hätte dem Ingenieur der Fehler bei der Bewehrungsabnahme ins Auge stechen müssen.

Wasser und Umwelt

Ebenfalls beliebt sind Ingenieure im Bereich des Wasserbaus. Ohne Ingenieure wären die künstlichen Palmen- und Erdteilinseln vor der Küste Dubais niemals verwirklicht worden. Aber auch der Bau von Staumauern fällt in dieses Gebiet, auch hier nimmt der Ingenieur eine grosse Verantwortung auf sich. Können die Staumauern den Wassermassen des Stausees standhalten? Eine gute Frage, wenn nein, dann hat man ein klitzekleines Problem.

Verkehrswege

Ein sehr vielfältiges Gebiet, in dieses nicht nur der Strassen- oder Eisenbahnbau fällt, sondern auch die Verkehrsplanung. Entspricht die vorgesehene Strasse den Normen und den Verkehrsströmen? Ist an diesem Knoten ein Kreisel sinnvoller als eine Lichtsignalanlage? Diese und viele weitere Fragen beschäftigen die Ingenieure in diesem Bereich.

Was den Strassen- und Eisenbahnbau anbelangt, so ist der Ingenieur in verschiedenen Bereichen gefordert, nicht nur bei der Strasse an sich (Fahrbahnbreiten, Trottoirbreiten), sondern muss auch beispielsweise die dazugehörigen Werkleitungen von Kanalisation, Telekommunikationsunternehmen (Swisscom, Sunrise), Kabelnetzbetreibern (Cablecom, Steiner), berücksichtigen, dazu Grundstücksgrenzen

Geotechnik

Das vierte grosse Gebiet des Bauingenieurwesens beinhaltet den Bergbau, den Fels- und den Tunnelbau. Insbesondere letzteres sorgt auch ausserhalb der Branche für Aufsehen. Gross war das Interesse, als am 15. Oktober vergangenen Jahres der Durchschlag in der Oströhre des Gotthard-Basistunnels gefeiert wurde. Doch kaum einem war die Arbeit der Mineure, aber auch der Ingenieure hinter dieser Tat bewusst. Allerdings haben diese heute äusserst moderne Instrumente für die Genauigkeit zur Verfügung, anders als die Tunnelbauer alter Stunde, die beispielsweise am Gotthard-Scheiteltunnel oder am Mont-Cenis-Tunnel gearbeitet haben. Trotz einfachen Mitteln hatten sie nur zentimeterkleine Abweichungen gegenüber dem Vortrieb auf der anderen Seite.

Wie wird man Ingenieur?

In der Schweiz gibt es zwei Wege, das Diplom zum Bauingenieur zu erlangen:

Eine Möglichkeit ist der Besuch der Eidgenössisch-Technischen Hochschule (ETH) in Zürich, oder deren welsches Pendant EPFL in Lausanne. Nach der einjährigen Grundausbildung, bestehend aus Mathematik, Biologie oder Informatik, folgt die spezifische Grundausbildung als Bauingenieur. Nach drei Jahren wird das Bachelor-Diplom erlangt, woraufhin man zur zweijährigen Fortsetzung namens Master-Studiengang antreten kann. Hier muss der Student als Vertiefung seiner gewünschten Fachrichtung aus sechs verfügbaren Modulen zwei auswählen. Das Studium der ETH steht ausschliesslich Absolventen einer Eidgenössischen Matura ohne notwendige Praxiserfahrung zu.

Der zweite Weg ist das Studium an einer der diversen Fachhochschulen der Schweiz. Auch hier dauert das Bachelor-Studium drei Jahre, für den Master sind noch zwei weitere anzuhängen. Im Gegensatz zur ETH ist das Studium an der FH eher praxisorientierter. Für den FH-Studiengang sind Absolventen einer Berufsmatura (mit Vorteil einer abgeschlossenen Lehre als Bauzeichner oder Maurer) zugelassen, gymnasiale Maturanden müssen zuerst ein einjähriges Praktikum in der Branche absolvieren.

Konstruktiver Ingenieurbau

Wie kann ein Hochhaus stehen?

Seit der drastischen Bevölkerungszunahme im 19. Jahrhundert sind Hochhäuser eine begehrte Bauform. Ein zwanzigstöckiges Haus kann zwar dieselbe Grundfläche wie ein Gebäude mit drei Stockwerken haben, jedoch viel mehr Menschen "unterbringen". In letzter Zeit hat ein Streben in die Höhe begonnen, jeder will den Wettbewerb mit dem höchsten Gebäude der Welt gewinnen. Zurzeit an der Spitze der Rangliste steht das Burj Khalifa mit einer Höhe von 828 Metern.

Wieso ein Hochhaus?

Bei Hochhäusern steht im Vergleich zu niedrigen Bauten bei gleicher Grundfläche eine höhere Nutzfläche zur Verfügung. Sei es in Wohnungen, wo meistens in Satellitenstädten vor den Toren einer Grossstadt möglichst viele Leute auf einem begrenzten Bereich zusammengepfercht werden, oder im Stadtzentrum, um möglichst viel Bürofläche an einem Ort zu bieten. Lustigerweise wird der Mietermix oft so gewählt, um alle Branchen in einem einzelnen Hochhaus zu haben.

In der Schweiz gelten allgemein Bauten ab 25 Metern als Hochhäuser, in China erst solche über 100 Meter.

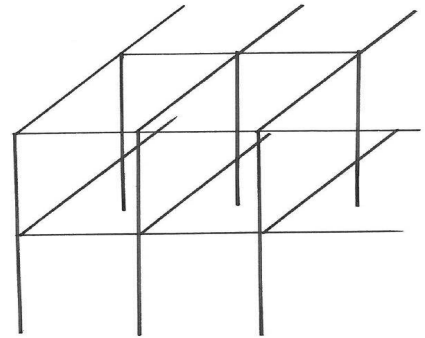
Das Streben nach dem höchsten Gebäude der Welt hat allerdings kaum mehr was mit Raumkonzentration zu tun, sondern eher mit Macht. Seit je her steht ein Wolkenkratzer als Symbol der Macht, so strahlt eine Skyline Dominanz aus. Nicht umsonst wurden bei den Anschlägen am 11. September mit den beiden Türmen des damaligen World Trade Centers die höchsten Gebäude New Yorks als Ziel verwendet.

Das Burj Khalifa ist typisch für den Machthunger der Arabischen Emirate, mit 828 Metern überragte es den bisherigen Rekordhalter (Antennenspitze nicht eingerechnet), das Taipei 101 in Taiwan um satte 320 Meter Höhe. Speziell bei diesem Bau ist auch, dass die Endhöhe nicht bekannt war bzw. geheim gehalten wurde. Klar war nur, dass dieser Bau das welthöchste Gebäude werden soll und auch in Rekordbauzeit errichtet wurde. Das höchste nutzbare Geschoss im Burj Khalifa befindet sich so in "nur" 584 Metern Höhe.

Früher standen Jahrzehnte zwischen den Höhenrekorden, heute überschlagen sich die Rekorde.

Die Skelettbauweise

Mit zunehmender Höhe war es statisch gesehen unmöglich, dass Hochhäuser nur von ihrem Mauerwerk getragen werden, weil die Mauern sonst viel zu dick geworden wären und wertvolle Flächen somit verloren gingen. Deshalb wurde der Skelettbau entwickelt, bei dem Elemente aus Holz, Stahl, oder Stahlbeton eine Tragwerkstruktur analog zum menschlichen Skelett

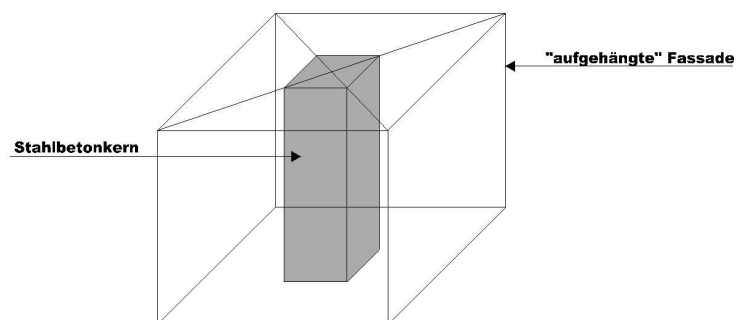


Zeichnung 2: Schema des Skelettbaus

bilden. Hier können die Kräfte so in mehrere Richtungen geleitet werden. Anfangs war die Fassade zwar auch noch tragend, heute aber wird sie "eingehängt" und hat deshalb keine Bürde mehr in Form von Kräften zu tragen.

Der Kern in der Mitte

Heute sind die meisten Wolkenkratzer und Hochhäuser nach folgendem Muster gebaut: In der Mitte befindet sich ein Kern aus Stahlbeton, in dem auch Einrichtungen wie Aufzüge oder Versorgungsleitungen eingebaut sind. Er macht etwa die Hälfte der Stockwerkfläche aus. Um den Kern herum ist die Nutzfläche mit Büros, Wohnungen, etc. angeordnet, ehe die Fassade, die meistens aus Glas mit Stahlstützen besteht, das Gebäude abschliesst. Die Kernbauweise ist die heute am meisten verwendete Variante der Skelettbauweise.



Zeichnung 3: Schematische Aufzeichnung des Stahlbetonkerns (Übertriebene Darstellung, nicht massstabsgetreu!)

Die höchsten Gebäude

Das welthöchste Gebäude ist wie eingangs erwähnt das Burj Khalifa in Dubai, das 828 Meter in die Höhe ragt. Obwohl das Gebäude sehr schlank und dünn – und deshalb zerbrechlich – wirkt, besitzt es am Boden mehrere in Y-Form angelegte Fundamente, der Sockel hat eine Grösse von mehreren Häuserblocks.

In Europa steht der Capital City Moscow Tower, gelegen in der russischen Hauptstadt Moskau, an der Spitze. Die Höhe des Gebäudes misst 301,6 Meter. Auch das zweit- und das drittplatzierte Gebäude liegen in der Zarenmetropole, insgesamt sind sieben der zwölf höchsten Gebäude Europas dort zu finden. 2012 wird mit dem 332 Meter hohen Mercury City Tower das neu höchste Gebäude Europas eröffnet. Es liegt in – wie kann es anders sein – in Moskau.

In der Schweiz hat im Jahr 2011 der Prime Tower bei der Hardbrücke in Zürich mit einer Höhe von 126 Metern den Basler Messturm als höchstes Gebäude der Schweiz abgelöst, nachdem dieser seit 2003 mit 105 Metern diesen Titel innehatte. Das von Herzog & De Meuron geplante Roche-Hochhaus wird mit 175 Metern Höhe bei seiner Fertigstellung 2015 den Titel als grösstes Gebäude der Schweiz wieder ans Rheinknie zurückholen.

Wohlgemerkt gelten Fernsehtürme nicht als Gebäude, sondern als Bauwerke. Das höchste Bauwerk der Schweiz ist die Grand Dixence-Staumauer mit einer Höhe von 285 Metern.

Warum eine verschachtelte Bauweise?

Selten sind Hochhäuser quaderförmige Gebilde ohne Abwechslung in der Fassade. Meistens sind die Bauten bei zunehmender Höhe in abstufender Form verschachtelt, wie im nebenstehenden Bild, dass die beiden *Pan Peninsula*-Appartementwolkenkratzer im Londoner Stadtteil Canary Wharf zeigt.

Diese Bauweise wurde in den USA entwickelt, um den Schattenwurf auf die Strassenschluchten zu reduzieren. Heute dient es vor allem statischen Zwecken, es ist nicht gerade vorteilhaft, in den oberen Stockwerken einen flächenmässig grösseren Grundriss zu erstellen als in den unteren. Oftmals werden die durch die Abstufung freiwerdenden Flächen für Grünflächen oder Freizeitanlagen genutzt.



Maximale Höhe eines Wolkenkratzers?

Mit den aktuellen Materialien wie Stahl oder Stahlbeton sind Bauten mit einer maximalen Höhe von 1500 bis 2000 Meter möglich. Darüber wäre eine sinnvolle Nutzung kaum mehr möglich, denn der Wolkenkratzer würde primär nur sich selber tragen, zusätzliches Gewicht in Form von Mobiliar wäre kaum noch unterzubringen. Die Hoffnung liegt dabei auf der Erstellung künstlicher Stoffe, die bei gleicher Stabilität ein geringeres Gewicht als Stahlbeton aufweisen können.

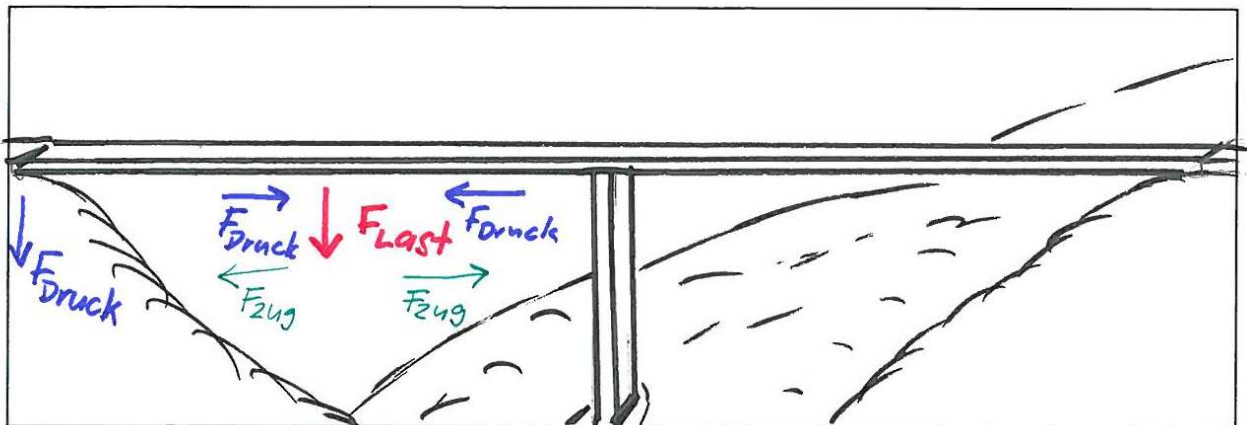
In Dubai ist mit dem Nakheel Tower ein Gebäude in Bau, das bei einer Etagenanzahl von über 200 eine Höhe von über einem Kilometer erreichen soll. Der Beginn der Bauarbeiten fand 2008 statt, doch wegen der Finanzkrise wurden die Arbeiten bis auf weiteres auf Eis gelegt, ob es fertig gestellt wird, steht in den Sternen.

Verschiedene Brückenarten

Seit je her werden mit Brücken Hindernisse überwunden. Über die Jahrhunderte hinweg konnten immer grössere Entfernungen überbrückt werden, doch damit war auch eine Variation der Brücke nötig. Auch die über die Zeit neu entstandenen Fortbewegungsmittel führten auch Entwicklungen in punkto Stabilität mit sich.

Balkenbrücke

Der wohl einfachste Brückentyp, der wohl am meisten verwirklicht wurde. Zwischen den an Ufern, Talrändern, etc. errichteten Auflagern wird ein Balken gelegt, um eine direkte Verbindung zu schaffen. Druck- und Zugkräfte wirken dabei in entgegengesetzte Richtungen. Zudem sind Druckkräfte in vertikaler Richtung notwendig, damit die Auflager nicht abheben. Mit zunehmender Balkenlänge werden die Kräfte jedoch grösser, so dass man nicht unendlich lange Balkenbrücken bauen kann. Hier wird die Hilfe von Stützpfählern nötig. Waren Balkenbrücken früher aus Holz oder Steinblöcken, wird heute oftmals Stahl- oder Spannbeton dafür verwendet.

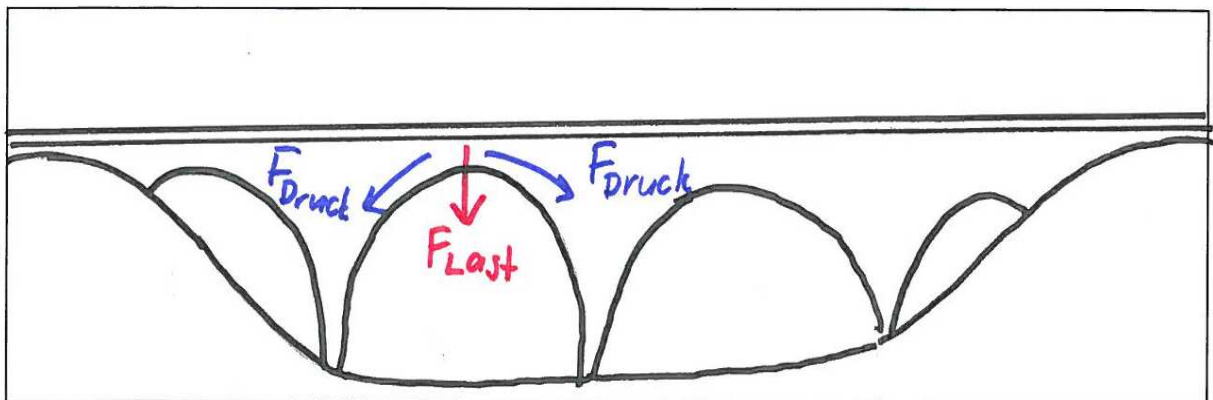


Balkenbrücken sind vor allem im Autobahnbereich viel verwendet worden, um tiefe Täler und Schluchten zu überwinden. Berühmte Autobahnbrücken in Balkenform, die teilweise als Spannbetonbrücken errichtet wurden, sind der Biaschina-Viadukt der Gotthardautobahn A2 auf Gemeindegebiet von Giornico/TI und die Europabrücke der Brennerautobahn bei Innsbruck/A.

Bogenbrücke

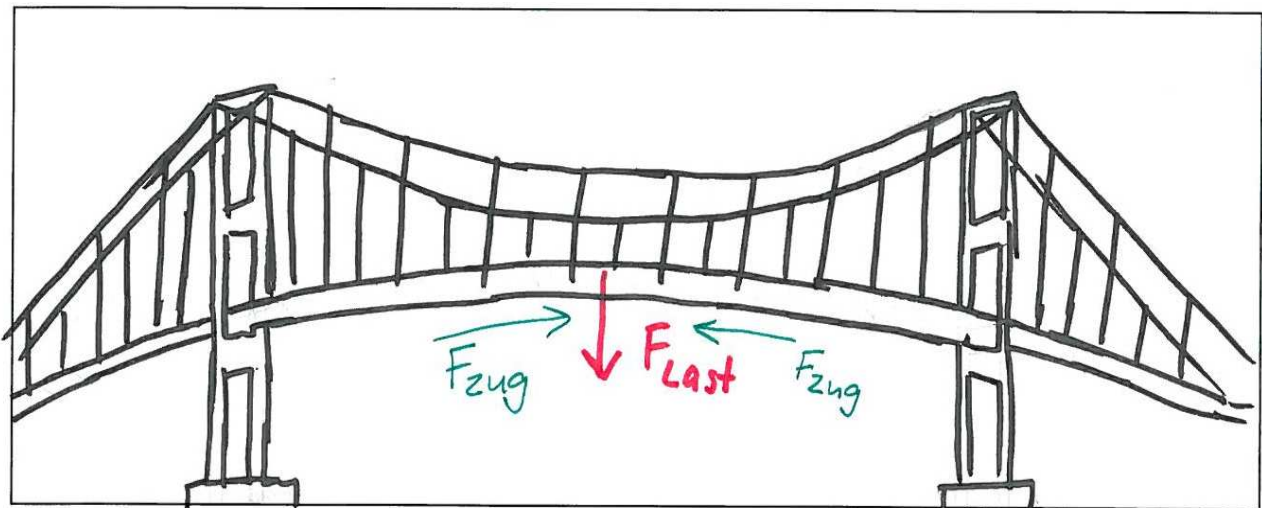
Schon zu Römerzeiten erfreute sich der Bogen grosser Beliebtheit. Statisch gesehen hält die unterste Steinreihe die oberen, weil aufgrund der Druckkräfte die Steine nicht herausfallen können. Zahlreiche Eisenbahnviadukte in den Alpen wurden nach dem Bogenbrückenprinzip errichtet. Um die horizontalen Kräfte am Festland aufzuhalten, müssen bei Bogenbrücken Widerlager gebaut werden. Früher waren die Bogenbrücken beliebt, weil mit dem Fehlen von Zugkräften Materialien wie Grant oder Sandstein verwendet werden konnten, die eine hohe Lebensdauer aufweisen. Man achte sich, wie viele antike Bogenbrücken oder Aquädukte heute noch erhalten sind.

Bei der Bogenbrücke wird die von der Fahrbahn auf die Brücke wirkende Lastkraft dem Bogen entlang in zwei Druckkräfte aufgeteilt.



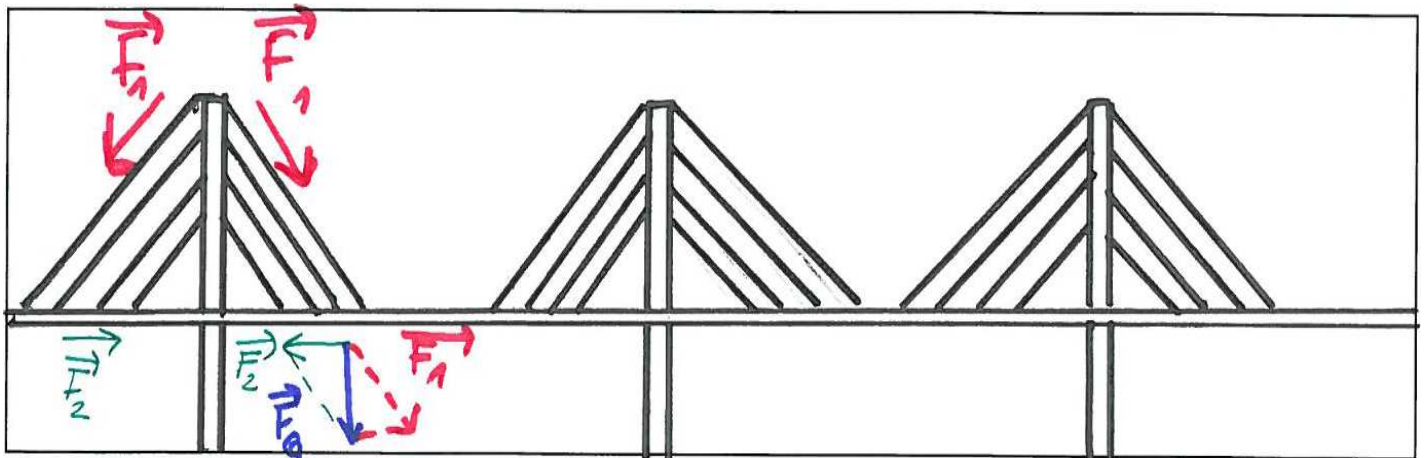
Hängebrücke

Schon die Chinesen bauten mithilfe von Pflanzenfasern oder Ketten Hängebrücken, heute sind aus statischen Gründen eher Stahlkabel anzutreffen. Berühmt sind vor allem die Hängebrücken in den USA, der Schweizer Bauingenieur Othmar H. Ammann überwand mit seiner *George Washington Bridge* zwischen New York City und New Jersey erstmals die Grenze von einem Kilometer Spannweite, was die Brückengeschichte markant veränderte. Utopische Brückenschläge wie beispielsweise eine Tejoquerung in Lissabon wurden plötzlich Realität. Natürliche Grenzen wie der Bosphorus konnten mithilfe von ihnen überwunden werden. Der Kastenträger mit der Fahrbahn hängt an Tragseilen, die wiederum an Stahlseilen angebracht sind, die an den Pylonen befestigt und am Festland verankert sind. Jedoch sind sie schwingungsanfällig, so dass es bei gewissen Verhältnissen zu Einstürzen kommen kann, wie die Tahoma Narrows Bridge in den USA oder im November 2011 in Indonesien. Die geplante Hängebrücke über die Strasse von Messina (Verbindung Sizilien-Kalabrien) sollte eine Spannweite von 3000 Metern aufweisen. Der Entwurf stammt vom Schweizer Bauingenieur Christian Menn.



Schrägseilbrücke

Diesem relativ jungen Brückentyp wurde anfangs Skepsis entgegen gebracht, doch heute ist er aufgrund ästhetischen und wirtschaftlichen Gründen einer der beliebtesten Brückentypen, vor allem bei grösseren Längen. Im Gegensatz zu Hängebrücken ist der Lastkörper (mit der Fahrbahn) direkt mit Seilen am Pylon befestigt. Die Pylone sind etwa doppelt so hoch als bei Hängebrücken. Ebenfalls sind weniger Verankerungen an Land nötig, es gibt sogar Schrägkabelbrücken (Alamillobrücke Sevilla) die keine Rückverankerung besitzen. Weil sie weniger schwingungsanfällig sind, können sie besser für Eisenbahnbrücken verwendet werden als Hängebrücken.



Verschiedene Brücken

Brücken dienen der Menschheit, Hindernisse zu überwinden. Egal ob natürliche wie Flüsse, Seen und Schluchten, oder auch künstliche Hindernisse wie Autobahnen oder Eisenbahnlinien.

Leider steht meistens eher der wirtschaftliche Aspekt im Vordergrund, das heisst, der Bau muss möglichst wenig Kostenaufwand verursachen. Als Folge davon geht nicht selten der künstliche Aspekt unglücklicherweise verloren, nichtsdestotrotz gibt es in aller Welt zahlreiche Kunstwerke in Brückenform.

Ingenieure und Architekten

Beim Brückenbau spielt der Ingenieur eine grosse Rolle, trotzdem sind auch Architekten beim Bau einer Brücke engagiert. Dies ist ein Überbleibsel aus früherer Zeit, als Baumeister wie Leonardo da Vinci oder Michelangelo das Projekt selber entwarfen, selbst berechneten und auch die Bauphase selbst begleiteten.

Heute werden statische Aufgaben vom Ingenieur ausgeführt, der Architekt wiederum versucht, innerhalb der Ingenieurvorgaben in Sachen Gestaltung Einfluss auf den Brückenbau zu nehmen. Ein gutes Beispiel ist der Viaduc de Millau, bei dem der englische Stararchitekt Sir Norman Foster seinen Namen für das Projekt hergab, die Hauptarbeit aber von den Ingenieuren ausgeführt wurde. Fosters Anteil lässt sich auf die Form der Pylone und Pfeiler reduzieren.

Anbei einige der beeindruckendsten Brücken Europas:

Viaduc de Millau

Diese mautpflichtige Schrägseilbrücke wurde als letztes Teilstück der französischen A75 zwischen Clermont-Ferrand und Béziers/Montpellier am 14. Dezember 2004 dem Verkehr übergeben. Zuvor mussten die Automobilisten das Nadelöhr durch die Stadt Millau passieren, was in Staus mit bis zu 50 Kilometern Länge resultierte. Mit der Brücke wurde auch die Distanz gekürzt, denn Millau liegt auf dem Boden des Tals, während die Brücke dieses in einer Höhe von 270 Metern quert und sie so zu einer der höchsten Brücken der Welt macht. Die Pylone haben eine Höhe von 343 Metern und überragen beispielsweise den Eiffelturm um 19 Meter. Als verantwortlicher Ingenieur zeigte sich Michel Virlogeux verantwortlich, auf dessen Konto beispielsweise die Pont du Normandie in Le Havre oder die Ponte Vasco da Gama in

Lissabon gehen. Die 2460 Meter lange Brücke beinhaltet sieben Pylone, deswegen ist die Spannweite zwischen den jeweiligen Pylonen mit 342 Metern vergleichsweise gering.

Ponte 25 de Abril

Lange Zeit war für die portugiesische Hauptstadt Lissabon die Lage am Mündungstrichter des Tejo eher ein Fluch als ein Segen. Weil die schmalste Stelle noch 2 Kilometer mass, war lange Zeit an eine Verbindung mit dem Südufer des Stroms nicht zu denken. Nicht nur die Breite des Flusses war ein Problem, sondern auch die Tiefe, die beispielsweise eine Gründung eines Mittelpfeilers verunmöglichte. So wäre eine Spannweite von mindestens einem Kilometer nötig gewesen, um das Hindernis zu überwinden. So verschwanden die Gedanken wieder aus den Hinterköpfen. Erst als es der Schweizer Bauingenieur Othmar Ammann fertig gebracht hatte, mit der George Washington Bridge 1931 erstmals eine Brücke zu konstruieren, deren Spannweite die 1000 Metern überschritt, kamen die Überlegungen wieder auf. Aber aus Kostengründen schien die Idee weiterhin unrealistisch. Erst in den 1950er-Jahren wurde sie aufgrund des ansteigenden Autoverkehrs fast unumgänglich, so dass 1952 ein Wettbewerb ausgeschrieben wurde. Die Brücke sollte an seiner schmalsten Stelle zwischen dem Lissabonner Stadtteil Alcântara und der gegenüberliegenden Stadt Almada führen. Den Zuschlag erhielt der bekannte US-amerikanische Brückenbauer David B. Steinman, ein Weggefährte und späterer Konkurrent Ammanns. Weil Steinman aber kurz nach der Vergabe verstarb, geht die Brücke eigentlich auf das Konto seines Kollegen Ray Boynton. Anfänglich war geplant, nebst einer Autobahn auch Schienenverkehr in Form der Lissabonner Straßenbahn in einem separaten Deck über die Brücke führen zu lassen. Aufgrund von Kostengründen sollte das Bahndeck nur vorbereitet werden. Mit einer Spannweite von 1013 Metern war die Brücke bei ihrer Fertigstellung 1966 die längste Hängebrücke Europas, sieben Meter dahinter folgte die zeitgleich errichtete und deswegen auch als Zwillingenbrücke bezeichnete Forth Road Bridge. Anfänglich wurde sie nach dem damals herrschenden Diktator Antonio de Oliveira Salazar *Ponte Salazar* genannt, erhielt den heutigen Namen dann in Anlehnung an das Datum der Nelkenrevolution vom 25. April 1974, bei der Salazars (der feiste Diktator starb 1970, als sein Liegestuhl zusammenkrachte) Nachfolger Marcello Caetano ohne Blutvergiessen gestürzt wurde. In den Jahren 1996 bis 1999 wurde der Fahrbahnkörper um zwei

Spuren erweitert, während im unteren Deck Eisenbahngleise eingebaut wurden, und so erstmals Züge aus Südportugal und der Algarve Lissabon erreichen konnten. Jedoch sind aus statischen Gründen trotz Doppelspur keine Zugskreuzungen auf der Brücke erlaubt. Zurzeit wird sie von Regionalzügen der Privatbahn Fertagus und Fernverkehrszügen der staatlichen CP befahren. Bisher war für die Passagiere ein zeitraubender Umweg mit der Fähre vom Terreiro do Paço nach Barreiro notwendig. Wegen der Brückenerweiterung war die Montage zweier zusätzlicher Tragseile vonnöten.

Ponte Vasco da Gama

Nachdem seit 1966 die Ponte 25 de Abril den Tejo an seiner schmalsten Stelle in Lissabon quert, hat das Verkehrsaufkommen im Individualverkehr die Brücke an den Rand ihrer Kapazitätsgrenzen gebracht, trotz Ausbau auf sechs Spuren. Da kam es gerade gelegen, dass Lissabon den Zuschlag für die Weltausstellung 1998 erhielt. Als Abschluss des EXPO-Geländes im Norden der Stadt soll die Brücke – ausserhalb der Stadtgrenzen aber – den Autobahnring bei Moscavide mit dem gegenüberliegenden Alcochete verbinden, um gleichzeitig auch eine Umfahrung Lissabons zu ermöglichen. Als Standort wurde diesmal die breiteste Stelle gewählt – das rund 17 Kilometer breite *Mar da Palha*, zu Deutsch *Strohmeer*.

Als Typ wurde eine Schrägseilbrücke mit Schiffahrtsrinne auf der Lissabonner Seite ausgewählt, die anschliessend in eine Balkenbrücke über den grössten Teil des Strohmeers gen Alcochete übergeht. Als leitender Berater wurde der französische Brückenbauingenieur Michel Virlogeux eingesetzt, der dem leitenden Ingenieur Armando Rito zur Seite stand. Die rechtzeitig zur Weltausstellung vollendete Brücke wurde zu Ehren des portugiesischen Seefahrers Vasco da Gama *Ponte Vasco da Gama* getauft. Mit einer zusammenhängenden Länge von 17,2 Kilometern (Schrägseil- und Balkenbrücke) ist sie heute noch die längste Brücke der Welt.

Mittlerweile operieren sowohl die Ponte 25 de Abril als auch die Ponte Vasco da Gama an ihren Kapazitätsgrenzen, so dass in Zusammenhang mit dem Bau einer Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Madrid und Lissabon/Porto und der geplanten Errichtung eines neuen Flughafens in Alcochete an einer dritten Tejobrücke (Terceira Travessia do Tejo) zwischen dem Lissabonner Stadtteil Chelas und der am Südufer gelegenen Stadt Barreiro geplant wird. Ähnlich wie die Ponte Vasco da Gama sollte sie ein Mix aus Schrägseilbrücke (am Lissabonner Ufer) und Balkenbrücke

cken darstellen, jedoch mit insgesamt drei Schifffahrtsrinnen, um den Zugang zu den Häfen am östlichen Tejoufer nicht zu gefährden. Anfänglich sollte die Brücke, die gegenüber einer Tunnellösung der Vorzug erhalten hatte, zusammen mit der Bahnstrecke 2013 in Betrieb gehen, aufgrund des prekären Finanzhaushalts Portugals ist das Projekt aber wie der Flughafen bis auf weiteres auf Eis gelegt worden, obwohl sich die portugiesische Regierung immer wieder Hintertürchen offen lässt, um die Projekte weiterhin voranzutreiben.

Puente del Alamillo

Für 1992 wurde Sevilla als Austragungsort der Weltausstellung auserkoren. Für die Stadt sollten Infrastrukturbauten her, die auch optisch Eindruck verschaffen.

Zurzeit gibt es nur wenige Menschen, die analog zu den Baumeistern vergangener Zeit sowohl als Ingenieur als auch als Architekt tätig sind. Einer von diesen ist Santiago Calatrava, der in seiner Geburtsstadt Valencia das Architekturdiplom erlangte und anschliessend an der ETH Zürich Bauingenieur studierte. Calatrava erhielt von der Stadt Sevilla den Auftrag, das Ausstellungsgelände auf der Halbinsel Cartuja zu erschliessen. Ihm schwebten über den Guadalquivir und dessen Seitenarm Meandro de San Jerónimo zwei sich in Sichtweite spiegelverkehrt gegenüberliegende Schrägseilbrücken mit geneigtem Pylon vor. Die imaginären Fortsetzungen der Pylone sollten sich eigentlich im Himmel zu einem Dreieck vereinen, was als Tor zum spanischen Norden dienen sollte. Finanziellen Gründen wegen verzichtete Andalusien aber auf die Brücke über den Guadalquivir, so wurde nur diejenige über den San Jerónimo-Mäander fertig gestellt. Der 142 Meter hohe, um 58° nach hinten geneigte Pylon hält die 250 Meter lange Fahrbahn an 13 Seilpaaren. Interessant ist, dass sich die Fahrbahn und das Eigengewicht des betongefüllten Pylons im Gleichgewicht halten, so dass keine Rückverankerung notwendig ist. Wird die Brücke stark belastet, richtet sich der Pylon ein wenig auf – er sieht aus, als würde er gleich umfallen. Die Alamillo-Brücke war die erste in dieser Bauweise, einige Jahre später hat Calatrava das Kunststück mit der Sundial Bridge in den USA wiederholen können. Nach fünfjähriger Bauzeit konnte die Brücke aus Stahl und Spannbeton eröffnet werden.

Öresundbrücke

Die dänische Hauptstadt Kopenhagen und die schwedische Grossstadt Malmö liegen zwar nur 16 Kilometer auseinander, doch diese Distanz hat es in sich: Es gilt nämlich eine Wasserstrasse der Ostsee zu überwinden, den sogenannten Öresund. Doch die Metropolregion um die beiden Städte würde bei einer besseren Verbindung – zuvor nur Fähre und Flugzeug – eine starke Wirtschaftsregion Skandinaviens ausmachen. Aus diesem Grund war es relativ schnell klar, dass eine angestrebte feste Verbindung zwischen Skandinavien und Kontinentaleuropa zwischen diesen beiden Städten entstehen soll. Nebst einer Autobahn sollen auch Gleise für Fern- und Regionalverkehr entstehen. Weil der geplante Anfang der Querung in unmittelbarer Nähe des Kopenhagener Flughafens Kastrup vorgesehen war, verlaufen die ersten 3,7 Kilometer der Querung in einem Tunnel. Beim Wechsellpunkt Tunnel/Brücke wurde eine vier Kilometer lange Insel künstlich errichtet. Danach folgt eine vier Kilometer messende Balkenbrücke, die zur eigentlichen Öresundbrücke, eine Schrägseilbrücke mit Schiffahrtsdurchlass und 490 Metern Spannweite, führt, ehe wieder eine Vorlandbrücke die Anbindung an Malmö herstellt. Die Pylone der Hauptbrücke messen 203,5 Meter Höhe und sind in H-Form errichtet worden. Die Tragseile sind eher untypisch für Schrägseilbrücken in Harfenform angelegt worden, das heisst, es wird nicht eine Konzentration in einem Punkt angestrebt. Die Baukosten von zwei Milliarden Euro werden durch Mautabgaben kompensiert, eine einfache Fahrt mit PKW kostet umgerechnet etwa 50 Franken. Der Eisenbahnbetrieb wird mit S-Bahn- und InterCity-Verkehr abgewickelt, zudem fahren alle Züge der Öresundverbindung auf ihrem Weg von der Brücke zum Kopenhagener Hauptbahnhof auch den Flughafen Kastrup an. Fast zeitgleich mit der Öresundbrücke wurde die innerdänische Storebaelt-Brücke über den Grossen Belt gebaut, um das auf einer Insel gelegene Kopenhagen mit dem dänischen Festland auf Jütland zu verbinden. Um eine weitere Reduktion der Distanzen und der Fahrzeiten zu ermöglichen, ist seit Jahren eine Fehmarnbeltbrücke zwischen Deutschland und Dänemark in Diskussion.

Firth of Forth Railroad Bridge

Als die Eisenbahnen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Grossbritannien zum Siegeszug ansetzen, gab es auch Pläne, die schottischen Highlands an bereits bestehende Bahnstrecken in Edinburgh anzuschliessen. Jedoch standen den Eisenbahngesellschaften zwei natürliche Hindernisse in Form von Meeresarmen im Weg: Der *Firth of Tay* und der *Firth of Forth*. Der Ingenieur Sir Thomas Bouch erhielt den Auftrag, beide Brücken zu errichten. Er sah Hängebrücken vor. Diejenige über den *Tay* wurde 1877 eröffnet und Bouch sah vor, über den *Forth* eine ähnliche zu bauen. Dummerweise stürzte die Tay-Brücke während eines Sturms im Dezember 1879 ein und riss 75 Menschen in den Tod. Bouch verlor umgehend den Auftrag für die Forth Bridge, seine Entwürfe wurden von Sir John Fowler und Sir Benjamin Baker überarbeitet. Anstelle einer Hängebrücke wurde jetzt eine Auslegerbrücke geplant, die drei grossen Rauten sollen bei Fahrgästen Sicherheit ausstrahlen. Nach siebenjähriger Bauzeit konnte sie 1889 dem Verkehr übergeben werden. Angeblich diente sie Gustave Eiffel als Inspiration für den Eiffelturm. Heute dient sie vornehmlich dem Verkehr zwischen Edinburgh und Dundee beziehungsweise Aberdeen.

☞ Weitere Informationen zur Forth Railroad Bridge und auch zur benachbarten Forth Road Bridge sind hier zu finden: <http://caboruivo.ch/?p=195>

Die Statik

Ein wichtiger Teil des konstruktiven Ingenieurbaus bildet die Statik. Diesen Problemen begegnet der Ingenieur in zahlreichen seiner Fällen: Egal, ob er eine Brücke plant, oder sich mit der Decke eines Gebäudes beschäftigt, die Kräfte müssen stets ideal verteilt sein – inklusive den auf die Brücke oder die Decke wirkenden Lastkräfte – ansonsten droht der Einsturz.

Das Hebelgesetz

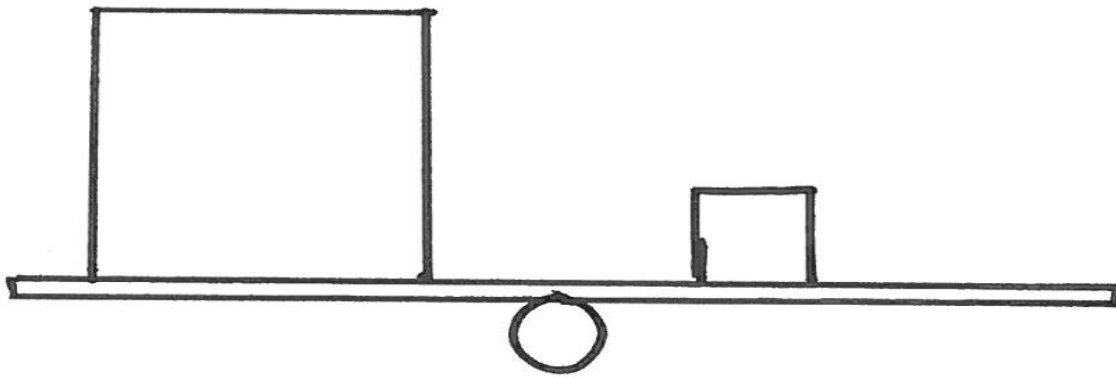
Wichtigster Bestandteil der Statik ist das Hebelgesetz, das zeigt, wie Kräfte beidseits eines Schwerpunktes angelegt werden müssen, damit alles im Gleichgewicht bleibt. Beim Gleichgewicht gibt es drei verschiedene Arten:

- **Stabiles Gleichgewicht:** Körper bewegt sich nach einer kleinen Auslenkung von selbst wieder in die Ausgangsposition – z. B. Kugel in einer U-förmigen Schale.
→ Der Schwerpunkt erhöht sich
- **Instabiles Gleichgewicht:** Körper bewegt sich nach einer kleinen Auslenkung von selbst weiter weg von der Ausgangsposition – z. B. der Mensch beim Balancieren, oder eine Kugel auf einem Hügel
→ Der Schwerpunkt senkt sich
- **Indifferentes Gleichgewicht:** Körper bleibt auch nach einer kleinen Auslenkung im Gleichgewicht – z.B. Kugel auf einer horizontalen Ebene
→ Der Schwerpunkt bleibt auf derselben Höhe

Körper ohne Gleichgewicht fallen schon beim Hinstellen um, so beispielsweise ein Bleistift im spitzen Einfallswinkel.

Hängt man einen Körper im Schwerpunkt auf, so verharrt er im Gleichgewicht.

Jetzt kommt das Hebelgesetz zum Zug. Auf einer 40 Meter langen Wippe, die sich in der Mitte an einem Holzpflöck dreht, werden zwei Gegenstände unterschiedlicher Massen gelegt.



Skizze 1: Wippe mit zwei Massen (übertriebene Darstellung)

Schaut man sich jedoch diese Skizze an, so erkennt man, dass die Wippe keinesfalls im Gleichgewicht stehen wird, da die linke Masse viel schwerer als die rechte ist. Der Fakt, dass jetzt die linke Masse eine geringere Dichte (zum Beispiel eine Kiste Federn) haben kann als die rechte, sei mal dahingestellt. Es geht hier nur darum, eine gute Veranschaulichung zu finden.

Möchte man jedoch das Gleichgewicht erreichen, so ist der leichtere Körper zu verschieben, und zwar in Richtung Wippenrand. Denn es gilt folgende Verhältnisformel:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{F_2}{F_1}, \quad r_1 \text{ und } r_2 \text{ sind die Abstände, während } F_1 \text{ und } F_2 \text{ die Kräfte darstellen}$$

Konkret gesagt: Das Abstandsverhältnis ist umgekehrt proportional zum Kräfteverhältnis. Diese Aussage wird auch gerne als **Goldene Regel der Mechanik** bezeichnet: *Der Weg ist umgekehrt proportional zur Kraft.*

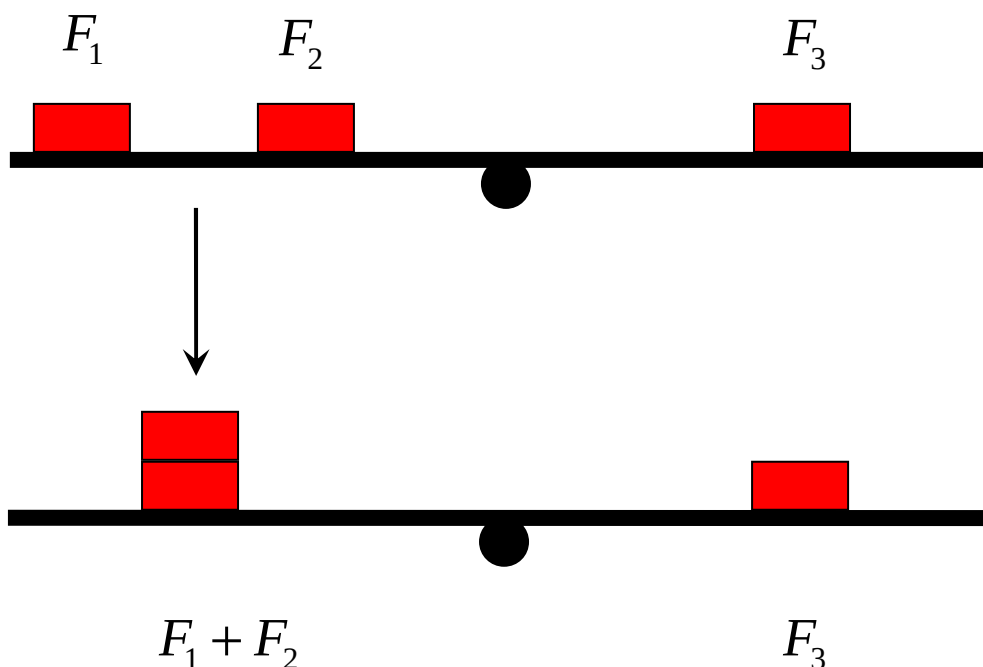
Durch Umformungen erhält man die Ausgangsgleichung für das Hebelgesetz:

$$\begin{aligned} \frac{r_1}{r_2} &= \frac{F_2}{F_1} \quad | \cdot r_2 \\ r_1 &= r_2 \cdot \frac{F_2}{F_1} \quad | \cdot F_1 \\ \underline{\underline{r_1 \cdot F_1 &= r_2 \cdot F_2}} \end{aligned}$$

Die Gleichung $r_1 \cdot F_1 = r_2 \cdot F_2$ (In Worten: *Kraftarm • Kraft = Lastarm • Last*) dient als Ausgangslage für alle Rechnungen in Bezug auf das Hebelgesetz.

Mehrere Belastungen auf einer Hebelseite – was nun?

Sollten auf einer Hebelseite mehrere Belastungen auftreten, so ist es notwendig, das Verfahren zunächst für diese eine Seite vorzunehmen. Für die Bestimmung des virtuellen Schwerpunkts soll dabei die umgekehrte Proportionalität zum Zuge kommen. Beträgt beispielsweise der Abstand zwischen diesen beiden Massen zehn Zentimeter und ist eine der beiden Massen dreifach so gross wie die andere, so kann der Schwerpunkt auf diese Weise ermittelt werden. So wird auf dem virtuellen Schwerpunkt die Masse auf dieser einen Seite an einem Punkt reduziert, so dass dann mit der eigentlichen Rechnung fortgefahren werden kann.



Grafik 5: Konzentration zweier Massen auf einer Hebelseite an einem Punkt

→ Auszuführende Rechnung: $r_{1+2} \cdot (F_1 + F_2) = r_3 \cdot F_3$

Beispielsrechnung

Ich nehme jetzt mal eine Beispielrechnung vor:

Bei der Skizze auf Seite 39 beträgt die linke Masse (m_1) 10 Kilogramm, während die rechte (m_2) deren zwei auf die Waage bringt. m_1 ist drei Meter vom Schwerpunkt (Wippenmitte) entfernt, wo muss ich also m_2 hinlegen, um die Wippe im Gleichgewicht zu halten?

Zunächst rechne ich die Massen (Einheit Kilogramm, kg) in Gewichte (Einheit *Newton*, N) um. Das geschieht mithilfe der Fallbeschleunigung $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$:

Zunächst ist die grössere Masse m_1 an der Reihe:

$$F_1 = m_1 \cdot g = 10 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 98.1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

Zu Ehren des englischen Physikers Sir Isaac Newton (1643–1727), dem wir Erkenntnisse aus der Gravitation (Teil deren die Fallbeschleunigung ist) verdanken, wurde die Einheit $\frac{kg \cdot m}{s^2}$ als *Newton* (N) festgelegt.

Dieselbe Rechnung nehme ich nun auch für m_2 vor:

$$F_2 = m_2 \cdot g = 2 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 19.62 \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

☞ **HINWEIS:** Überschlagsmässig kann für die Fallbeschleunigung auch die Zahl 10 genommen werden, um die Rechnung zu vereinfachen (und auch grössere Kräfte als Sicherheitspolster zu erhalten), um jedoch ganz sicher zu gehen, werde ich die Rechnung mit der genauen Zahl durchführen, die aber je nach Lage auf der Erdoberfläche variieren kann.

Nun habe ich die beiden Kräfte F_1 und F_2 , sowie den Abstand zwischen F_1 und dem Schwerpunkt, genannt r_1 . Gesucht ist jedoch r_2 .

Bekannte Grössen:

- o $F_1 = 98.1 \text{ N}$
- o $F_2 = 19.62 \text{ N}$
- o $r_1 = 3 \text{ m}$

Gesuchte Grössen:

- o r_2

Ansatz:

Basierend auf der Gleichung $r_1 \cdot F_1 = r_2 \cdot F_2$ kann ich nun das Ergebnis herausfinden:

Ich löse zunächst nach der Variable r_2 auf:

$$r_1 \cdot F_1 = r_2 \cdot F_2 \quad | : F_2$$
$$r_2 = \frac{F_1 \cdot r_1}{F_2}$$

Lösung:

Durch Einsetzen der bekannten Grössen gelange ich nun zum Resultat:

$$r_2 = \frac{98.1 \text{ N} \cdot 3 \text{ m}}{19.62 \text{ N}} = \underline{\underline{15 \text{ m}}}$$

Also muss die kleinere Masse m_2 15 Meter vom Schwerpunkt entfernt auf die Wippe gelegt werden, damit sich diese im Gleichgewicht befindet.

☞ **HINWEIS:** In diesem Falle (wenn ein Abstand eruiert wird) ist es übrigens unwichtig, ob für g jetzt 9.81 oder 10 gewählt wurde, denn die Fallbeschleunigung liesse sich hier ohnehin wegkürzen, so dass man eigentlich nur mit den Massen rechnet:

$$\text{Dasselbe Ergebnis: } r_2 = \frac{100 \text{ N} \cdot 3 \text{ m}}{20 \text{ N}} = \underline{\underline{15 \text{ m}}}$$

$$g \text{ kann weggekürzt werden: } r_2 = \frac{m_1 \cdot g \cdot h}{m_2 \cdot g} = \frac{m_1 \cdot h}{m_2}$$

Die Voraussetzung hier, dass es reibungslos abläuft, ist, dass sich der Körper im statischen Gleichgewicht befindet: Das heisst, er vollzieht weder eine Bewegung in eine Richtung (Translation), noch dreht er sich (Rotation).

Also muss hier das resultierende Drehmoment null ergeben.

Rechnungshinweis:



Sollte beim Hebel die Gesamtlänge des Balkens, Stabs, etc. angegeben sein, so ist stets die Hälfte dieses Betrags zu nehmen, da sich dessen Schwerpunkt in der Mitte befindet.



Beispiel:

- gegebene Balkenlänge: 20 m
- in der Rechnung zu verwendender Abstand $r_1 = 10 \text{ m}$

Drehmoment

Das Drehmoment löst die Drehung um die eigene Achse aus. Je nach Richtung wird es mit Vorzeichen versehen. Dreht sich der Körper im Gegenuhrzeigersinn (linksdrehend), so ist das Drehmoment positiv, in der Gegenrichtung (Uhrzeigersinn → rechtsdrehend) negativ.

Das Drehmoment wird aus der Multiplikation der Kraft mit dem Weg gebildet:

$M = F \cdot r$ – wie man sieht, just die Gleichung, die im Hebelgesetz verwendet wird.

Damit der Hebel auch im stabilen Gleichgewicht ist, also sich nicht dreht, muss ja

M_{res} bekanntlich null sein, eine Voraussetzung, dass im Falle des Hebels M_1 und

M_2 gleichgesetzt werden können:

$$M_{res} = M_1 + M_2 = 0$$

$$M_1 = -M_2$$

Aufmerksame haben jetzt sicherlich bemerkt, dass hier im Gegensatz zum Hebelgesetz vor den Variablen unterschiedliche Vorzeichen auftauchen.

Wie ist das zu verstehen?

Dass bei der Berechnung anhand des Hebels dieselben Vorzeichen ($M_1 = M_2$) auftauchen, ist deshalb zu erklären, dass beidseits des Schwerpunkts die Kräfte in dieselbe Richtung wirken, also eine entgegengesetzte Drehrichtung und deshalb auch verschiedene Vorzeichen aufweisen. Kräfte, die in die gleiche Richtung führen, haben nur dieselbe Drehrichtung, wenn sie sich auf derselben Seite des Schwerpunkts befinden.

Im Falle für das Drehmoment ergibt sich aufgrund der verschiedenen Vorzeichen:

$$M_{res} = M_1 + (-M_2) = 0 \quad \leftarrow \text{weil der Hebel im statischen Gleichgewicht ist, also auch nicht rotiert}$$

$$M_{res} = M_1 - M_2 = 0$$

$$\Rightarrow M_1 - M_2 = 0 \quad | +M_2$$

$$M_1 = M_2$$

Daraus folgt mit $M_1 = F_1 \cdot r_1$ und $M_2 = F_2 \cdot r_2$:

$r_1 \cdot F_1 = r_2 \cdot F_2$ (Aufgrund des Distributivgesetzes können die beiden Faktoren vertauscht werden)

Noch mehr Interesse?

Für weiterführende Theorie und Aufgaben verweise ich hier auf das Leitprogramm *Einführung in die Statik* für Mittelschüler. Dieses Skript ist kostenlos auf *educETH*, dem Bildungsportal der ETH Zürich, zum Herunterladen erhältlich:

☞ http://www.educ.ethz.ch/unt/um/phy/me/statik/leitprogramm_physik_statik.pdf

Geotechnik und Tiefbau

Der Tunnelbau

Tunnel gibt es in verschiedenen Ausführungen. Strassentunnels, Bahntunnels, aber auch Be- und Entwässerungstunnels als Kanalisationsvorrichtung.

Auch in der Bauphase gibt es verschiedene Varianten...

Wieso ein Tunnel?

Tunnels dienen wie Brücken zur Querung eines Hindernisses, im Gegensatz zu diesen überspannen sie es nicht, sondern unterqueren oder durchqueren es. Meistens werden Berge durchbohrt (Gotthard, Lötschberg, Simplon), aber auch Meerengen und Kanäle, wenn die Gründung einer Brücke den geologischen und finanziellen Umständen wegen nicht möglich ist (Eurotunnel, Seikantunnel). Auch bei kleineren Hindernissen wie Hügel oder Findlingen wird vielfach die Tunnelvariante gewählt, da sie kostengünstiger zu verwirklichen ist als eine Sprengung für die Fahrbahn.

Anbei die am meisten auftauchenden Tunnelformen samt ihren Superlativen:

Strassentunnels

Egal ob Autobahnen, Hauptstrassen oder Säumerpfade, sie alle haben den Dienst eines Transportwegs. Dass hier insbesondere in Gebirgen Hindernisse auftreten, versteht sich von selbst. Strassentunnels erfreuen sich vor allem bei neueren Strassen grosser Beliebtheit, können so auch andere Hindernisse wie bestehende Stadtteile unterfahren werden, zudem wird noch die Bevölkerung vom Lärm entlastet. Längere Tunnels entstanden erst im Zuge des Autobahnbaus, weil Kraftwagen eine grössere Steigung zurücklegen können als beispielsweise Eisenbahnen. Verglichen mit Bahntunnels müssen sie einen grösseren Querschnitt aufweisen, damit die Eckkantenhöhen der Norm entsprechen. Aus diesem Grund wird meist nicht pro Spur eine Röhre verwendet, sondern pro Fahrbahn. Aufgrund grossen Gefahrenpotenzials (brennbare Lastgüter) müssen Tunnels ab einer Länge von einem Kilometer mit parallel verlaufendem Sicherheitsstollen ausgestattet oder nachgerüstet werden. Auch in punkto Verkehrsdosierung können Unfälle wie in den Röhren am Mont-Blanc, Tauern und Gotthard vermieden werden. Lange Zeit war der rund 17 Kilometer lange Gotthard-Strassentunnel zwischen den A2-Anschlüssen Göschenen/UR und Airolo/TI der weltweit längste seiner Art, heute hat dieser Status der *Lærdalstunnel* an der Strassenverbindung Oslo-Bergen in Norwegen inne. Der *Seelisbergtunnel* der Schweizer Nord-Süd-Autobahn A2, zwischen Seedorf/UR und Beckenried/NW am Vierwaldstättersee gelegen, war lange Zeit längster zweiröhriger Tunnel der Welt, hat dieses Attribut allerdings an den *Zhongnanshan-Tunnel* in China verloren.

Bahntunnels

Eisenbahntunnels wurden schon seit Beginn der Alpenbahnen zur Querung des Massivs verwendet. Vor allem frühere Tunnel sind als ingenieurtechnische Meisterwerke zu bezeichnen, da die Mineure nicht mit dem heutigen Standard an Messinstrumenten ausgerüstet waren, nichtsdestotrotz betrugen die vertikalen und horizontalen Abweichungen nur gerade wenige Zentimeter. Damit der Scheiteltunnel überhaupt erreicht werden konnte, musste die Bahnstrecke an Höhe gewinnen. Weil Schienenfahrzeuge Steigungen aber nur im begrenzten Masse bewältigen können, mussten Kehren geschaffen werden, um an Höhe zu gewinnen. In den meisten Fällen wurden sie in den Bergen als Kehr- oder Spiraltunnels angelegt. Berühmt für solche Tunnels ist beispielsweise die Gotthardbahn, aber auch die Simplon-, Matter-

horn-Gotthard- oder Berninabahn weisen beeindruckende Kehrtunnels auf. Bei einem Drehwinkel bis 270° spricht man von Kehrtunnels, solche mit höherem Winkel werden als Spiraltunnels bezeichnet.

In der heutigen Zeit ist der Fokus vermehrt auf Basistunnels gelegt, welche die Fahrzeit gegenüber Gebirgsbahnen markant beschleunigen und zudem eine höhere Last beziehungsweise eine geringere Vorspannkraft erlauben, da weniger Steigungen zu bewältigen sind. Auch im Alpenraum ist mit dem Lötschberg-Basistunnel bereits ein Teil der *Neuen Eisenbahn Alpentransversale* (NEAT) in Betrieb gegangen, weitere sollen mit den Basistunnels am Gotthard und am Ceneri folgen. Die Schweiz stellte bereits mehrere Male mit dem Gotthard- und dem Simplontunnel den längsten Bahntunnel der Erde. Heute befindet sich der längste Bahntunnel (und auch der längste Tunnel der Welt, der nicht ein Entwässerungssystem bildet) mit dem Seikan-Tunnel, der eine Länge von knapp 54 Kilometern aufweist, in Japan, gefolgt vom 50 Kilometer messenden Eurotunnel unter dem Ärmelkanal zwischen Calais-Fréthun/FRA und Folkestone/GB. Der zurzeit längste Bahntunnel der Schweiz, der Lötschberg-Basistunnel, schafft es mit einer Länge von 34 Kilometern immerhin auf Platz 3 der Rangliste. Ab 2016 wird die Schweiz mit dem 57 Kilometer langen Gotthard-Basistunnel wieder den weltlängsten Tunnel stellen, aber vermutlich nicht allzu lange, denn der in Bau befindliche Brennerbasistunnel zwischen Österreich und Italien wird zwar alleine "nur" 55 Kilometer messen, aber weil die bereits bestehende Bahnumfahrung Innsbrucks auch dazuzählt, wird dieser Tunnel mit einer Länge von 64 Kilometern der längste werden. Sollte aber der Gotthardtunnel wie geplant mit der Variante *NEAT Berg lang* und dem Axentunnel zu einem 70 Kilometer langen, durchgehenden Tunnel von Bodio/TI nach Ingenbohl/SZ verbunden werden, könnte dieser die Spitzenposition zurückerobern.

Auch an der Mont-Cenis-Strecke zwischen dem französischen Lyon und dem italienischen Turin ist ein Basistunnel geplant, der durch einen Viadukt in zwei einzelne Tunnels (52 km und 12 km) geteilt ist. Das Projekt wird von Anwohnern und Naturschützern jedoch stark bekämpft und deshalb heftig umstritten. Bekämpft wird vor allem auch die Tatsache, dass das zu durchbohrende Gestein stark asbest- und uranhaltig ist.

Wasserungstunnel

Wasserungstunnel dienen zur Be- und Entwässerung von Gebieten, sie bilden vielfach ein [Kanalisationsnetz](#). Inoffiziell sind sie an der Rangliste der weltlängsten Tunnel an der Spitze anzutreffen – so umfasst der längste dieser Röhren, der finnische *Päijänne-Tunnel*, der die Hauptstadt Helsinki mit Wasser versorgt, eine Länge von 120 Kilometer.

Probleme beim (Bahn-)Tunnelbau

Vor allem bei den Bahntunnels früherer Zeit gab es Probleme wegen der damals noch verkehrenden Dampfzüge. Der ohnehin schon geringe Sauerstoffgehalt in der Röhre wurde durch die ausgestossenen Abgase noch tiefer, und der Kohlenstoff wurde unvollständig verbrannt – statt Kohlendioxid entstand das hochgiftige Kohlenmonoxid.

Heute bereiten vor allem die hohen Temperaturen im Tunnelinnern grosse Sorgen, denn es ist nicht sicher, ob die Technik (bei den Bahntunnels allen voran das Zugssicherheitssystem ETCS) diesen standhalten kann.

In der Gegenwart ist durch die Hochgeschwindigkeitszüge ein höherer Druck anzutreffen, aus diesem Grund werden Tunnel für hohe Geschwindigkeiten stets mit mehreren Röhren ausgeführt, so dass eine Röhre nur noch ein Gleis umfasst. Wie bei den Strassentunnels sind bei längeren Bahntunnels neueren Jahrgangs Sicherheitsstollen anzutreffen, alte Röhren werden jedoch nicht mehr nachgerüstet.

Fragen und Antworten:

☞ Was ist der Unterschied zwischen einem Scheitel- und einem Basistunnel?

Der Scheiteltunnel ist direkt unter dem Pass oder dem Berg angelegt, während der Basistunnel das gesamte Massiv unterquert. Somit ist eine höhere Geschwindigkeit möglich, da nicht zuerst noch der Berg erklommen werden muss

☞ Was war der erste Tunnel im Alpenraum?

Der Chilchbergtunnel in der Schöllenen Schlucht zwischen Göschenen/UR und Andermatt/UR, er entstand zu Beginn des 18. Jahrhunderts (1708), nachdem die den Berg umführende Holzbrücke immer wieder von der tosenden Schöllenenreuss mitgerissen wurde. Seine Länge betrug 64 Meter. Der Tunnel erhielt den Übernamen Urnerloch – nicht zu verwechseln mit dem gleichnamigen Durchstich an der Axenstrasse. Heute ist das Urnerloch in eine gemeinsame Lawinen- und Steinschlaggalerie von Schöllenenbahn und der neuen Passstrasse aufgegangen.

☞ Warum sind die meisten Tunnelröhren in Kurvenform angelegt?

Auf dem Weg zum Ziel sind mehrere Gesteinsschichten zu durchbohren, die unterschiedliche Schwierigkeiten beinhalten, als besonders heimtückisch ist so die Piora-Mulde beim Gotthard-Basistunnel zu bezeichnen, die unter anderem dafür gesorgt hat, dass sich der Bau um fünf Jahre verlängerte. Mit der Kurvenform werden solche unsicheren Zonen umgangen. Beim Lötschberg-Scheiteltunnel war zuerst eine Gerade geplant, nachdem aber während des Baus die Röhre einstürzte, wurde der Verlauf auf die heutige S-Form geändert. Von den damals verschütteten Mineuren konnte nur einer (tot) geborgen werden, die Leichen der anderen befinden sich heute noch im Berg.

☞ Was versteht man unter der Bezeichnung *Mineure*?

Früher vor allem im militärischen Gebiet gebräuchlich, wird die Bezeichnung heutzutage vor allem in romanischsprachigen Ländern zivil für Bergleute verwendet. In der Schweiz werden vor allem die Bauarbeiter im Tunnel, die den Vortrieb und die Bohrung (inkl. Sprengung) ausführen, als Mineure bezeichnet. In der Berufsbezeichnung ist das Wort Mine enthalten, was auf den Bergbau zurückzuführen ist.

Schächte und Leitungen

Wie Adern den Mensch durchziehen Leitungen besiedelte Gebiete. Sie stellen die Versorgung der Häuser und Wohnungen mit Wasser und Elektrizität her. Nebenbei sorgen sie auch für eine Entwässerung der Strassen und Plätze. Die verschiedenen Arten bedingen ein grosses Netz von Leitungen, denn Schmutzwasser kann ja nicht in denselben Leitungen wie die Wasserversorgung der Liegenschaften fliessen.

Die verschiedenen Werkleitungstypen:

War die Wasserversorgung von grundwasserarmen Gebieten in antiker Zeit noch mit Aquädukten sichergestellt worden, so übernimmt dies heute ein fein gesponnenes Netz aus Wasserleitungen.

Wasserversorgung: Leitungssystem, das von Wasserreservoirien aus eine ganze Siedlung, ein ganzes Dorf oder eine ganze Stadt mit Wasser versorgt. Meistens werden dazu Rohrleitungen verschiedener Materialien verwendet.

Meteorwasserleitung: Teil der Entwässerungsanlagen von Strassen, wird von Regenwasser durchflossen. Meteorwasserleitungen gehören zusammen mit Schmutzwasserleitungen zur Kanalisation.

Schmutzwasserleitung: Führt die Abwässer der Haushalte und Liegenschaften mit sich zur Abwasserreinigungsanlage (ARA), die das gereinigte Wasser wiederum in Flüsse und Bäche entlässt.

Kabelleitungen:

In Kabelleitungen sind die Kabel der Elektrizitätswerke, Telekommunikationskonzerne (Swisscom), Kabelnetzbetreiber, etc. eingelegt.

Trennung oder Mischung?

In Sachen Abwässer gibt es verschiedene Systeme. Beim Mischsystem werden die Hausabwässer gemeinsam mit dem Meteorwasser und den Industrieabwässer abgeführt. Vielfach werden Meteorwasserleitungen jedoch von den Schmutzwasserleitungen getrennt, da diese statt in ARAs auch in Regenauffangbecken oder direkt in Gewässer geleitet werden können, da ihr Schadstoffgehalt relativ gering ist.

Schächte

Schächte sind Verbindungen von den Leitungen und Rohren zur Aussenwelt. Im deutschen Sprachraum wird der Begriff *Gully* verwendet, im Schweizerdeutschen auch *Dole*. Generell gibt es drei Arten von Schächten.

Schlammsammler

Strömungsfreie Becken, die zur Absetzung von Schlamm und Dreck dienen. Meist ist hier der Abfluss in einen Tauchbogen gehüllt.

Einlaufschacht

Gern gesehen bei der Strassenentwässerung, dient dazu, das Regenwasser in die Meteorwasserleitungen zu führen. Zu erkennen an Eisendeckeln (rund oder rechteckig) die mit Öffnungen versehen sind.



Ein Schlammsammler



Deckel eines Einlaufschachts

Kontrollschacht

Der Kontrollschacht dient dem Zustieg zum Kanalisationssystem, bei grösseren Schachthöhen ist deshalb oftmals eine Leiter angebracht. Oft findet man Kontrollschächte an Richtungsänderungen der Kanäle, wobei der Richtungswinkel maximal 90° betragen darf, da sonst Rückstauungen entstehen können. Gedeckt werden Kontrollschächte mit einem Betondeckel, die mit einem Loch zur Öffnung mit Werkzeug, beispielsweise einem Eispickel, ausgestattet sind.



Ein Kontrollschacht mit Einstieg

Abkürzungen

Sehr gerne werden auch Abkürzungen bei der Zustandsaufnahme verwendet. Die Sohle wird vom tiefsten Punkt des Schachts gebildet.

SS: Schlammsammler

ES: Einlaufschacht

KS: Kontrollschacht

A: Auslauf (Höhe, Durchmesser, Material)

S: Sohle (Tiefe)

E: Einlauf (Höhe, Durchmesser, Material)

T: Tiefe (Distanz Oberkante Deckel – Sohle)

Raum- und Verkehrsplanung

Raumplanung und Siedlungspolitik

Bauland wird über die Jahre hinweg ein kostbares Gut, denn die Zersiedlung in der Schweiz schreitet schnell voran: Pro Sekunde fällt hierzulande ein Quadratmeter Land der unbändigen Bauwut zum Opfer. Kantone und Gemeinden haben von einer Politik möglichst vieler Einwohner auf eine sinnvolle Siedlungspolitik umgesattelt.

Warum Raumplanung wichtig ist

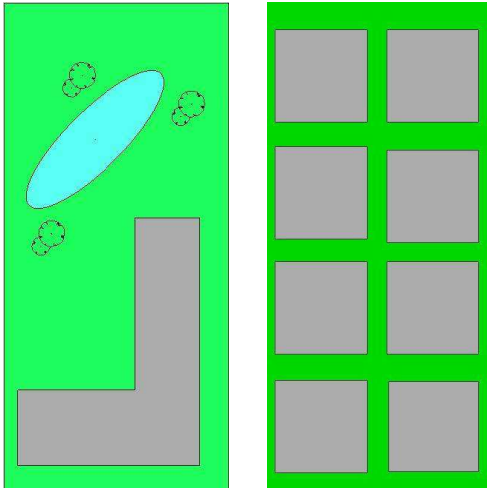
Bei Gemeinden mit viel Zuwachs wird nur noch gebaut, ohne Rücksicht auf Verluste wird der benötigte Wohnraum – oder sogar (zu) viel mehr – geschaffen. Kulturland fällt zum Opfer. Ein berühmtes Beispiel für eine starke Zersiedlung ist das Mittelland, zwischen Zürich und Bern kann kaum noch zwischen Stadt und Land unterschieden werden. Jedes "Dorf" besitzt Hochhäuser und Einkaufszentren. Deshalb wurden Begehren gestartet, dass jede Gemeinde des Landes ihren aktuellen Zonenplan über eine Zeitdauer von 20 Jahren einfrieren soll, so dass keine Landwirtschaftszone in eine Bauzone umgewandelt werden darf.

In meinen Augen ist dies eine falsche Lösung, man soll zwar umzonen, aber mit Bedacht. Hier kommt die Raumplanung zum Zug: Wie viel Wohnraum benötige ich wirklich? Ist es sinnvoll, dieses Kulturland einzuzonen? Gäbe es keine Alternativen?

Auch ist es raumplanerisch gesehen besser, eher an eine Bauzone anzugrenzendes Land einzuzonen, statt irgendwelche wildfremde Hektaren irgendwo in der Pampa zu verbauen, egal, ob jemand herzieht, oder nicht. Ein tragisches Beispiel in dieser Sache ist die Gemeinde Schwyz, wo massiv auf Vorrat gebaut und umgezont wird – gewisse Parzellen sollen gar für bis zu 2000 Menschen Wohnraum bieten. Die Infrastruktur an sich wird jedoch nicht angepasst – zudem stehen etliche Wohnungen leer.

Das Stichwort heisst **Verdichtetes Bauen**

In den letzten Jahren wird der Fokus vermehrt auf verdichtetes Bauen gelegt. Bereits existierende Bauten sollen durch Neubauten mit mehr Wohnungen ersetzt werden. Dies kann bei gleicher Grundfläche unter anderem mit mehr Geschossen erreicht werden. Einfamilienhäuser zu bauen ist in der heutigen Zeit eher tabu, weil so zu viel Land in Anspruch genommen werden muss. Der Bauanteil am betreffenden



Grundstück kann vergrößert werden, so dass mehrere Gebäude realisiert werden können.

Bei Etagenwohnungen kristallisiert sich aber das Problem hervor, dass die Privatsphäre gegenüber einem Einfamilienhaus stark eingeschränkt ist.

Wer in einem Wohnblock aber trotzdem "für sich" sein möchte, dem ist eine Attikawohnung ans Herz gelegt.

Grafik 6: Dasselbe Grundstück mit Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern (Übertriebene Darstellung)

Urbanisierung von Brachland

Zu Zeiten der Industrialisierung wurden an peripheren Lagen und/oder in Bahnhofsnähe unzählige Hektaren an Fabrikanlagen errichtet. Etliche diese Fabriken sind aus wirtschaftlichen Gründen stillgelegt worden, so dass die Anlagen vor sich hin gammeln.

In letzter Zeit kam in zahlreichen Fällen der Trend auf, die Industriebrachen einer neuen Nutzung zuzuführen. Während ein Teil der Anlage abgerissen und durch Neubauten ersetzt wird, können andere Bauten behalten und nach einer Sanierung mit Loftwohnungen versehen oder anderweitig genutzt werden. Beispiele für solche Nutzungen gibt es zuhauf, vom Areal Zürich West mit seinen Hochhäusern über das Winterthurer Sulzer-Areal bis hin zum geplanten *Nova Brunnen*-Projekt auf dem Areal der ehemaligen Holcim-/Hürlimann-Zementfabrik in Brunnen/SZ.

Solche Urbanisierungsmöglichkeit kann auch zur Folge haben, dass Gemeinden nicht mehr Land von Landwirtschafts- in Bauzonen umwandeln müssen, da das benötigte Bauland so bereits vorhanden ist.

Von der Landwirtschafts- zur Bauzone

Bauland wird meist aus landwirtschaftlich genutztem Land zugeführt. Eine Umzonung bestimmen zwar die Stimmberechtigten der Gemeinde, die unmittelbaren Folgen hat jedoch der Landbesitzer an sich zu tragen. Bauland hat zwar ein Vielfaches mehr an Wert, muss jedoch auch massiver besteuert werden. Deshalb ist es besser, das Land schnellstmöglich mit Gebäuden zu übersehen. Nebenbei muss auch die Infrastruktur in Form von Strassen und Leitungen bereitgestellt werden.

Der Besitzer hat zwei Möglichkeiten:

- ☞ Er agiert als Bauherr und lässt sein Land bebauen. Die Wohnungen und Häuser kann er dann einerseits verkaufen, um die Kosten schnell zu begleichen, andererseits aber auch zu vermieten, um die Kosten langsamer zu begleichen, dafür aber ein sicheres Einkommen zu haben wissen.
- ☞ Er teilt sein Land in diverse Grundstücke auf, ehe er die einzelnen Grundstücke als Bauland an Bauwillige veräussert.

Im ersten Fall ist eine einheitliche Überbauung die Konsequenz, beim zweiten eine abwechslungsreiche, da unterschiedliche Bauherren mit unterschiedlichen Architekten und ebenso unterschiedlichen Vorstellungen. Was zwar lustig sein kann, aber auch eine Ausartung möglich ist: Beispiel Kilchmatt Ingenbohl (zwischen Gätzlistrasse, A4 und Schönenbuchstrasse. Hier finden sich rote Würfel nebst Blockhäusern und weiss getünchten Häuschen.

Zersiedelung schreitet weit voran

In der Schweiz wird Übersichtsrechnungen zufolge ein Quadratmeter pro Sekunde verbaut. Auch wenn die Zersiedelung im Mittelland weit stärker voranschreitet als im Voralpen- und Alpenraum, ist auch in Gemeinden jener Lage eine sinnvolle Siedlungspolitik vonnöten. In einigen Fällen wird auf Vorrat gebaut, nur dass sich möglichst viele Einwohner in der Gemeinde niederlassen. Ob sie dann auch kommen, ist eine andere Frage. Des Weiteren muss auch die Infrastruktur den neuen Gegebenheiten angepasst werden.

Infrastruktur wichtiges Gut

Die Infrastruktur ist ein ebenso wichtiges Gut wie die Bebauung an sich. Die Gemeinde muss die passende Infrastruktur bereitstellen, egal ob im betreffenden Gebiet oder der Gemeinde an sich. Mindestens eine Strasse soll die Erschliessung mit dem Individualverkehr ermöglichen. Dazu soll die neue Überbauung auch ans Elektrizitäts- und Werkleitungsnetz angeschlossen werden, um die Versorgung mit Wasser und Strom zu gewährleisten. Des Weiteren sind weitere Infrastrukturmassnahmen im Quartier notwendig: Spielplätze, Grünflächen, Fusswege, je nach Grösse eigene Kindergärten, Läden und einiges mehr.

Im weiteren Horizont soll zudem sichergestellt werden, dass genügend Schulzimmer und -häuser sowie Kindergartenplätze zur Verfügung stehen. Auch im öffentlichen Verkehr soll, wenn möglich, das Quartier mit einer Bushaltestelle bedient werden. Bei grossen Quartieren nahe von Bahnlinien, aber abseits eines Gemeindebahnhofs gelegen, soll zudem die Möglichkeit einer eigenen Bahnhaltestelle in Betracht gezogen werden, so geschehen beim Businessquartier D4 in Root/LU oder beim Retortenstadtteil Augarten im aargauischen Rheinfelden.

Der Gang an die Peripherie

In grossen Städten hat der Trend zum Gang an die Peripherie eingesetzt. Das eigentliche Stadtzentrum hat einen Entlastungspol an der Stadtgrenze oder in angrenzenden Gemeinden erhalten.

Aber auch hier gibt es Differenzen: Weil innerhalb des Pariser Stadtgebietes kaum Hochhäuser möglich sind, wurde nordwestlich als Fortsetzung der Achse Arc de Triomphe du Carrousel–Champs Elysées–Arc de Triomphe auf Gebieten der Städte Nanterre, Courbevoie und Puteaux die 1,6 Quadratkilometer grosse Bürostadt La Défense erstellt, deren Hochhäuser wichtige Abteilungen französischer Firmen umfassen. La Défense an sich gilt als Prestigeobjekt, wer sich dort mit einem eigenen Turm präsentieren kann, kann sich glücklich schätzen.

Ein wenig anders verhält es sich in Eschborn nahe Frankfurt am Main, dass ebenfalls eine beeindruckende Skyline vorweisen kann. Während die Konzerne in der Frankfurter City Präsenz markieren, haben sie weniger wichtige Einheiten nach Eschborn ausgelagert. Bei der Deutschen Börse beispielsweise wurde die gesamte Verwaltung in die Peripherie verlegt, so dass in Eschborn um ein Vielfaches mehr Menschen für das Unternehmen arbeiten als am repräsentativen Börsenplatz Frankfurt.

In Hamburg wiederum wurde der kleinen Innenstadt wegen eine 117 Hektaren grosse City Nord sechs Kilometer nördlich des Zentrums geschaffen, wo 300 Firmen 28'000 Beschäftigte halten. Zuvor gab es Ideen, den Stadtteil St. Georg östlich des Hauptbahnhofs komplett dem Erdboden gleichzumachen, um darauf ein bis zu sechzigstöckiges *Alsterzentrum* zu errichten.

Auch London kann zwei solche Pole aufweisen. Einerseits die rund eine Quadratmeile grosse City mit Hochhäusern wie *30 St Mary Axe*, dem *42 Tower* oder dem *Heron Tower*, andererseits wenige Kilometer östlich die Isle of Dogs mit den Wolkenkratzern rund um den Canada Square, im allgemeinen Sprachgebrauch auch *Canary Wharf* genannt.

Beide Standorte bilden die wichtigsten Finanz- und Wirtschaftsplätze des Vereinigten Königreichs. Als Verbindung zwischen den beiden Polen wurde die führerlose Stadtbahn *Docklands Light Railway* geschaffen, die in der unter der City gelegenen Bank Station und der am Tower liegenden Station Tower Gateway ihren Ausgangspunkt findet und in Canary Wharf alle rund 150 bis 200 Meter eine Haltestelle aufweisen kann. Hier hatte man Glück, dass man das Wirtschaftszentrum auf dem alten Hafengelände Londons – den Docklands – errichten konnte. Zufahrtsstrassen und Eisenbahnlinien waren bereits vorhanden, wenn auch stillgelegt. So konnte bereits von Beginn an mit den Erschliessungsmöglichkeiten gearbeitet werden. Jedoch hat man bei den Pendlerzahlen eher bescheiden geplant, so dass die praktisch erreichten Zahlen die theoretisch berechneten rasch stark überschritten, so dass nach weiteren Möglichkeiten gesucht werden musste. Die Lösung fand man in der Verlängerung einer bestehenden U-Bahnlinie (*Jubilee Line*), welche 1999 dem Verkehr übergeben werden konnte.

Grosswohnsiedlungen sind out

Definitiv aus der Mode gekommen sind so genannte Grosswohnsiedlungen, die in den 1960er- und 1970er-Jahren an den Rändern der Metropolen aus dem Boden gestampft wurden, um möglichst günstig möglichst viele Menschen zu beherbergen. Obwohl diese Attribute vielfach auf sozialistisch geprägte Metropolen bezogen wird, wurden auch in der westlichen Welt – beispielsweise Hamburg (*Osdorfer Born*), Berlin (*Gropiusstadt, Märkisches Viertel*), Paris (*Banlieues*) – solche Bauten hochgezogen. Oftmals wurden reihenweise Betonwüsten geschaffen, ohne jede Rücksicht auf die Umgebung. Wie beispielsweise rund um Paris wurden diese Grosswohnsiedlungen zu sozialen Brennpunkten, auch weil die Vermögenswerte der wohnhaften Menschen nicht gerade hoch waren und dementsprechend auch die Zukunftsaussichten klein. In der DDR und anderen kommunistisch geprägten Staaten wurden Plattenbauten aufgezogen, möglichst hoch und möglichst schnell gebaut. Auf engstem Raum (maximal zwei Zimmer) lebte die gesamte Familie, vielfach inklusive Grosseltern, Tanten und Onkel. Nicht nur im ehemaligen Ost-Berlin (mit Marzahn und Hohenschönhausen als Paradebeispiele) gibt es solche Relikte aus der Zeit des Kalten Krieges, sondern auch in Leipzig, Halle, Erfurt, Dresden, und noch weiteren Städten. Im Gegensatz zur westlichen Welt, wo die finanziell nicht auf Rosen gebetteten Menschen in Grosswohnsiedlungen lebten, war es in der DDR ein Privileg, in einem Plattenbau Ost-Berlins zu leben. Die freie Wohnortwahl, wie sie für uns normal erscheint, gab es in der DDR nicht. Für die Staatsangestellten war die Wohnung in Ost-Berlin eine Belohnung für tatkräftige Dienste.

Die New Towns und Villes nouvelles

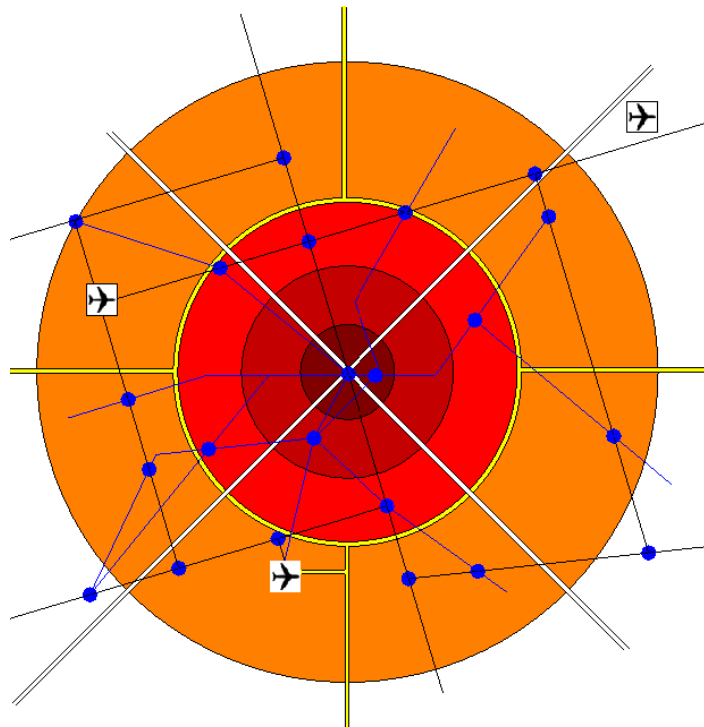
In Frankreich und Grossbritannien hat in den 1960er- und 1970er-Jahren ein Trend eingesetzt, die Hauptstädte Paris und London mit neu aufgebauten Retortenstädten zu entlasten. Auch in den Niederlanden wurden solche Städte durch Landaufschüttungen neu errichtet, die bekannteste von ihnen ist Almere.

In Frankreich beispielsweise sind die Villes Nouvelles bei Beendigung der Bauarbeiten auf eine Einwohnerzahl von 500'000 ausgelegt, was in der Praxis jedoch bei Weitem nicht erreicht wird. Auch bekamen diese Städte oftmals einen beträchtliches Angebot an Infrastruktur auf den Weg, auf dem Stadtgebiet von Marne-la-Vallée befindet sich beispielsweise das Disneyland Paris, drei grosse Einkaufszentren und ein TGV-Bahnhof.

Der Aufbau der Stadt

Im Zentrum der Stadt findet man die Kernstadt (Central Business District CBD – in der nebenstehenden Grafik ganz dunkelrot). Hier sind vorwiegend Büros und Dienstleistungsbetriebe anzutreffen, aber auch Museen und andere innerstädtische Touristenattraktionen. Die höchsten Gebäude der Stadt finden sich hier.

Danach folgt eine gemischte Wohn- und Arbeitszone, die Wohnungen sind in verdichtet errichteten Gebäuden eingerichtet, zudem lassen sich hier viele Dienstleistungsbetriebe



Grafik 7: Der Aufbau einer Stadt nach Daniel Wachter

finden (mitteldunkelrot). Danach folgen Wohnquartiere der Stadt, vielfach auch Einfamilien- oder Reiheneinfamilienhausquartiere (rubinrot). Danach folgen der Autobahnring und gleichzeitig die Stadtgrenze. Danach folgen die Vororte, teilweise in grossflächigen Siedlungen, aber auch mit eigenen Stadtzentren (orangefarben).

Flughäfen können in den Vororten liegen, aber auch ausserhalb der Agglomeration, so beispielsweise in Stockholm, wo die Flughäfen bis zu 100 Kilometer von der Innenstadt entfernt angelegt wurden. Aus Lärmschutz- und Platzgründen sind innenstadtnahe Flughäfen eher die Seltenheit. Die Anbindung der Flughäfen, der Vororte und der Aussenquartiere erfolgt via Autobahn (gelb), Strassen (weiss), Eisenbahn (schwarz) und U-Bahn (blau).

Die Verkehrsströme führen allesamt in die Kernstadt. Mit dem Auto, der U-Bahn und der Eisenbahn lassen sich mit maximal einer Stunde Reisezeit relativ grosse Distanzen überbrücken, zudem hilft der schienengebundene Nahverkehr in den Hauptverkehrszeiten den Verkehr in Lastrichtung zu bewältigen. Würden alle, die Bus, U-Bahn oder Zug fahren, das Auto ebenfalls benützen, wären das Verkehrsaufkommen und als unmittelbare Konsequenz davon die Probleme um ein Vielfaches grösser.

Wie an den blauen Punkten in der Grafik erkennbar, gibt es Knoten des Öffentlichen Verkehrs nicht nur in der Kernstadt, sie können auch in den Randbezirken, der Agglomeration oder gar ausserhalb des Einzugsgebietes liegen. Sie wurden alle errichtet, um die Kernstadt beziehungsweise deren Knotenpunkt zu entlasten, zudem kann bei mehreren Knoten die Reisezeit verkürzt werden, in dem man die Stadt umfährt. Für den nordöstlich der Kernstadt am Autobahnring gelegenen Bahnhof ist der Weg per Bahn zum Westflughafen über den Schienenknoten im rubinroten Stadtrand schneller als via Kernstadt. Im obigen Stadtmodell führt die Eisenbahn durch einen Durchgangsbahnhof, in den meisten Metropolen jedoch handelt es sich um Kopfbahnhöfe, die zwar schritt- und teilweise mit unterirdischen Durchgangsbahnhöfen versehen werden (Zürich HB, München, Stuttgart), aber mit den notwendigen Zugwendezeiten die Reisezeit weiter verlängern.

In Paris oder London existieren keine Zentralbahnhöfe, die Eisenbahnlinien enden in ringförmig angelegten Kopfbahnhöfen, so dass oftmals zwischen ihnen gewechselt werden muss. Um diese Wechselzeiten soweit wie möglich reduzieren, sind die Bahnhöfe ans U-Bahn- oder Schnellbahnnetz angeschlossen.

Konkretes Beispiel anhand der Agglomeration Zürich: Für die Gemeinden des Zürcher Oberlandes, wie Uster, Greifensee, Wetzikon oder Hinwil, ist es beispielsweise sowohl aus zeitlichen als auch aus Gründen der tieferen Hektik am Umsteigeknoten sinnvoller, mit der S-Bahn zum Bahnhof Zürich Oerlikon zu fahren, um dort auf die Züge Richtung Flughafen umzusteigen, statt den Umweg via Hauptbahnhof zu nehmen.

Verkehrsplanung

Ein weit gestreuter Bereich. Egal ob Gutachten zu Tempolimits, Konzepte der Betriebsführungen von Bus und Bahn, Erhebungen des Verkehrsaufkommens oder die Errichtung von Lärmschutzinstallationen entlang von Strasse und Schiene – all diese Arbeiten warten auf einen Verkehrsplaner.

Bus- und Bahnkonzepte

Ein wichtiger Punkt bildet der Bereich des Öffentlichen Verkehrs:

Wie soll die neue

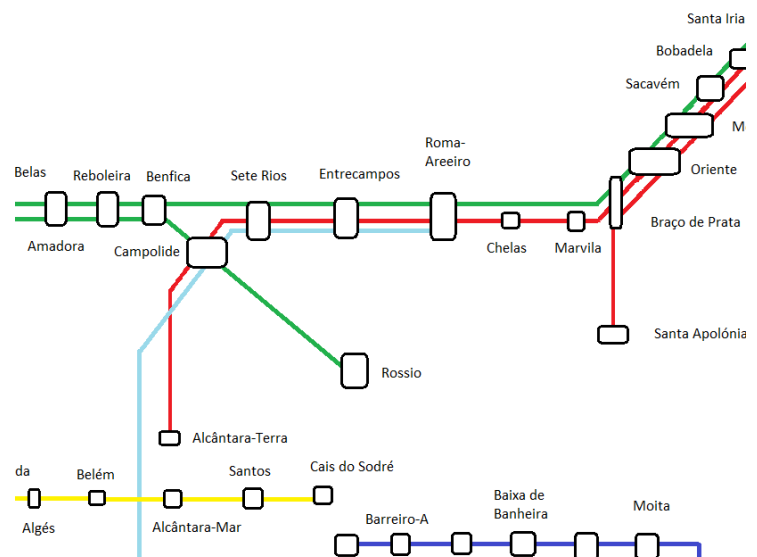
Eisenbahnstrecke ins bisherige Betriebskonzept eingeführt werden? Wie binde ich alle Bushaltestellen eines Netzes optimal an den Betriebsmittelpunkt an? Lohnt es sich, zwei S-Bahnlinien zu einer Durchmesserlinie zu vereinigen? Lässt der aktuelle Ausbaustand der Bahnstrecke eine

Frequenzerhöhung zu? Kann der neue Tiefbahnhof im Rahmen von Stuttgart 21 das geplante Verkehrsaufkommen überhaupt bewältigen?

Alles Fragen, die in diesem Bereich auftauchen, und selbstverständlich von den wirtschaftlichen Gedanken der Kommunen abhängen. Die Nahverkehrskonzepte von Städten und Agglomerationen basieren allesamt auf den Studien der Verkehrsplaner.

Verkehrszählung

In diesem Gebiet werden die Zahlen durchfahrender Fahrzeuge erhoben, aber auch die Durchschnittsgeschwindigkeit aufgezeichnet. Sie dient auch als Vorbereitung zu einem Bauprojekt, damit beispielsweise die Rotphasen der provisorischen Lichtsignalanlage auf das Verkehrsaufkommen abgestimmt werden können.



Grafik 8: Sache von Verkehrsplanern: Netzplan des städtischen Nahverkehrs (im Bild: Vorortzüge der CP und der Fertagus im Grossraum Lissabon)

Lärmschutzmassnahmen

Ebenfalls zur Verkehrsplanung werden zu errichtende Lärmschutzmassnahmen gezählt. Überschreitet der Lärmpegel der Strasse oder der Schiene den Grenzwert, so sind Einrichtungen und Massnahmen notwendig, wie beispielsweise schallsichere Fenster an den Gebäuden. Je nach Gebäudfunktion kann der Grenzwert höher oder tiefer sein – so sind an einem Krankenhaus eher Lärmschutzmassnahmen anzubringen als bei einem gewöhnlichen Wohnhaus.

Temporeduktion

In letzter Zeit hat sich in zahlreichen Dorf- und Stadtkernen die Einführung von Tempo 30-Zonen eingebürgert. Damit diese Reduktion jedoch erfolgreich über die Bühne geht, ist der Verkehrsplaner gefragt. Während der Testphase werden Verkehrserhebungen durchgeführt. Sind mehr als 15% der passierenden Verkehrsteilnehmer schneller als mit 30 Kilometern pro Stunde unterwegs, gilt die Einführung als gescheitert.

Ist die Sicherheit der Fussgänger gewährleistet, denn sie dürfen ja in einer solchen Zone jederzeit die Strasse queren, Zebrastreifen entfallen generell.

Andere Verkehrskonzepte

Auch für den Individualverkehr werden Verkehrskonzepte erstellt. Beispielsweise, ob der bisherige Knoten noch leistungsfähig ist, dass heisst, dass der Zugang von allen Seiten her funktioniert. Auch werden Studien über die Errichtung eines Kreisels oder einer Lichtsignalanlage gemacht, zudem auch weitere Studien über die Führung des Langsamverkehrs. Meistens stehen solche Konzepte im Zuge einer Strassensanierung oder eines Neubaus.

Anmerkungen zum Werk

- ☞ Alle Einträge, Texte, Bilder, etc. sind, sofern nicht anders angegeben, Eigentum von Daniel Wachter und dürfen nur mit ausdrücklicher Zustimmung verwendet werden.
- ☞ © und ™ 2012 Daniel Wachter und Cabo Ruivo Institutes, all rights reserved
- ☞ Für weiterführende und zusätzliche Informationen dienen einige Artikel aus *Cabo Ruivo*, zu finden unter <http://www.caboruivo.ch> – Kategorien *Architektur* und *Ingenieurwesen*

Quellen

- Leitprogramm *Einführung in die Statik*, Haldi Daniel, Zemp Marcel, Vaterlaus Prof. Dr. Andreas, Pils Wolfgang, 15. Juni 2009, educETH und ETH Zürich
- Diverse Artikel von *Cabo Ruivo*, Wachter Daniel, Zeitraum 28. Juli 2011 – 25. Januar 2012, Cabo Ruivo