

Bögen und Gewölbe

Wie man den Himmel hält

Tretet ein!

**Baut mit
mittelalterlichen
Hilfsmitteln
verschiedene Bö-
genarten.**

**Lernt die Tricks
der Bauleute ken-
nen, um Bögen zum
Halten zu bringen.**

LISA
Kulturelle Lernorte



Der Unfall von Nivone



Aus dem Buch der Wunder der Kirche von Ninove um 1170

Als aber der Bogen, der Chor¹ und Sanktuarium² trennt, vor dem die Lampen hängen, von den Mauern vollendet worden war, stiegen zwei Kanoniker³ der Priester Alard, Bruder des Priors⁴, und der andere ein Diakon⁵ namens Reiner, hinauf, um die Stützen der Hölzer unter dem Bogen wegzunehmen. Nachdem eine große Menge Hölzer heruntergenommen war, folgte auch die gewaltige Masse der Steine des ganzen Bogens, und beide Brüder⁶ stürzten aus der Höhe herab. Von diesem Getöse erschüttert, liefen die übrigen Brüder zusammen und wollten wenigstens die zerbrochenen Glieder ihrer geliebten Brüder zusammensammeln. Und als sie zu dem zusammengestürzten Haufen von Hölzern und Steinen kamen fanden sie die, die sie für tot geglaubt hatten, lebend vor.

1. Raum, in dem der Altar steht
2. Hier ist die Sakristei gemeint, der Aufbewahrungsort für Kirchengeräte
3. Geistliche
4. der Oberste (Klostervorsteher)
5. der Helfer
6. Mönche

Was wollte der Schreiber uns mitteilen?

Und was erfährt ein Bauforscher von heute?



- das betroffene Bauteil ist _____;
- der _____ wurde auf _____ gebaut;
- die Geistlichen stiegen hinauf, als _____
- der Einsturz erfolgte, _____

Wie kann das passieren?



Nun, das kann viele Ursachen haben: Vielleicht war der **Stich** zu niedrig, vielleicht waren die **Lagerfugen** ausgerichtet. Es kann auch sein, dass **Scheitel** falsch belastet oder die **Kämpfer** zu schwach waren oder ein **Rücken** falsch geschnitten war. Vielleicht war auch die Laibung **verletzt**.



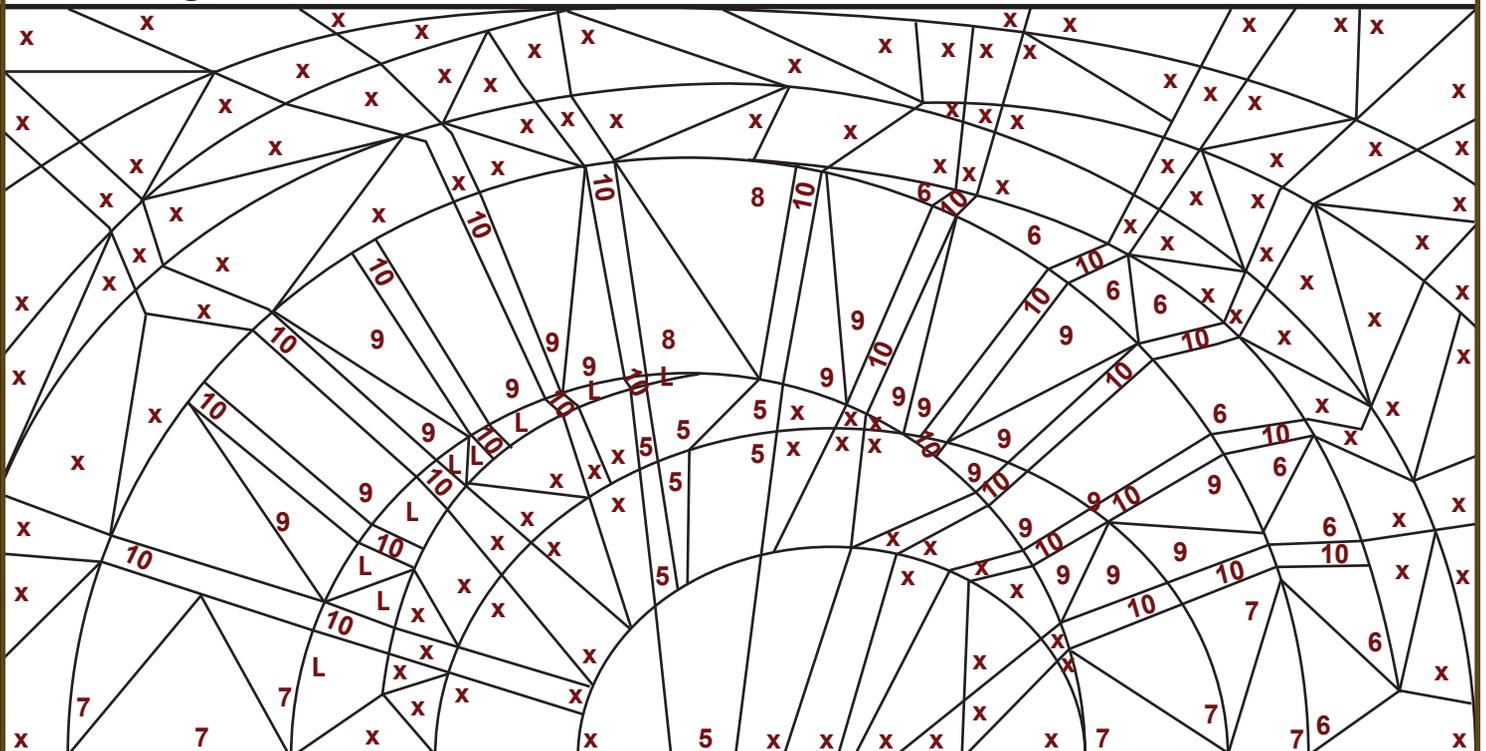
Professor Bela Stbar

Hmmm...Lauter komische Wörter. Ich male ein wenig. Vielleicht kapiere ich dann, welche Teile des Bauwerkes gemeint sind. Also... die Zahl in den Feldern entspricht der Anzahl der Buchstaben der Wörter.....



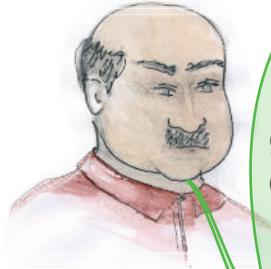
Male die Flächen, wie im oberen Text farbig vorgegeben, aus.

Für das „x“ wähle dunkelblau, für das „L“, die Laibung, schwarz.





Kann man das richtig berechnen?



Professor Bela Stbar

Na klar. Der Bogenschub ergibt sich aus der Belastung des Bogens, multipliziert mit der Bogenlänge zum Quadrat und dividiert durch das Achtfache der Stichhöhe. Das ist...

Ja. Nur dass die Meister im Mittelalter sich diese Mühe nicht machten! Die wussten, dass sich jeder Bogen anders verhält, je nach Form, verwendetem Stein, Mörtel und der Lage des Bogens. Sie folgten ihrer Erfahrung. Erst 1675 kam ein englischer Gelehrter auf die verblüffende Idee, den Bogenkräften mit einer Kette auf die Spur zu kommen.



Vincent Este Dick

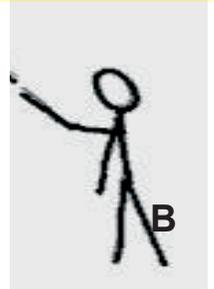
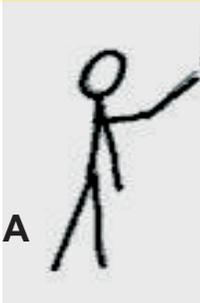
Zu fünft könnt ihr das mit 3 Federkraftmessern und einem Seil selbst einmal probieren:

Die Lösung der Aufgaben verrät euch die ideale Bogenform.

Schritt 1:

Schüler A und B befestigen die Seilenden an ihren Federkraftmessern und stellen sich so auf, dass das Seil in der Mitte etwa 50 cm über dem Boden hängt. Achtet darauf, dass sich die Federkraftmesser nicht verkanten.

Zeichnet das Seil ein! Achtet auf die exakte Form.

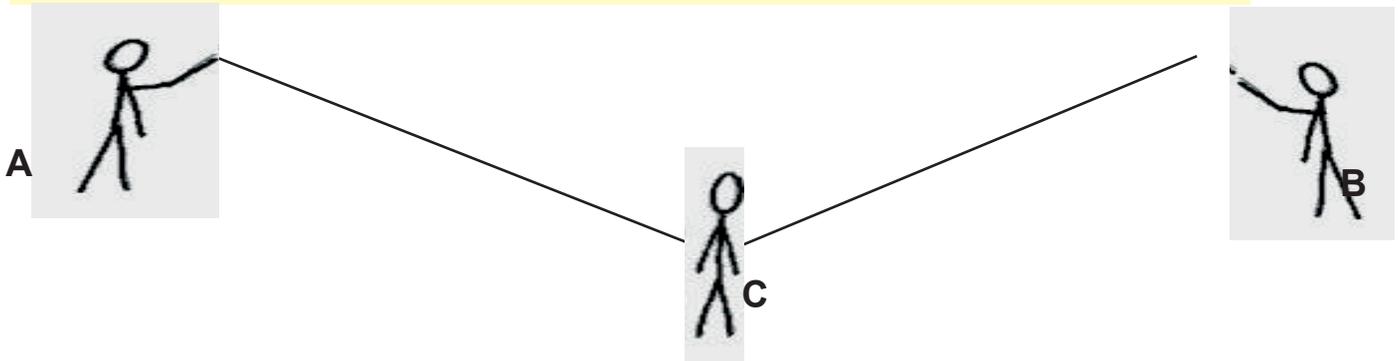


Das Seil ist nun ein umgedrehter Bogen. Welcher Stein im Bogen wird durch die Hände der beiden Schüler ersetzt?

el	der Scheitel- oder Schlussstein
ka	der Kämpfer
kreis	der Keilstein

Schritt 2:

Schüler C zieht in der Mitte das Seil mit dem Federkraftmesser nach unten. Er zieht mit einer Kraft von 2 N. Lest bei A und B ab, wie groß die Zugkraft nun ist. Zeichnet die Kräfte als Kräfteparallelogramm ein.

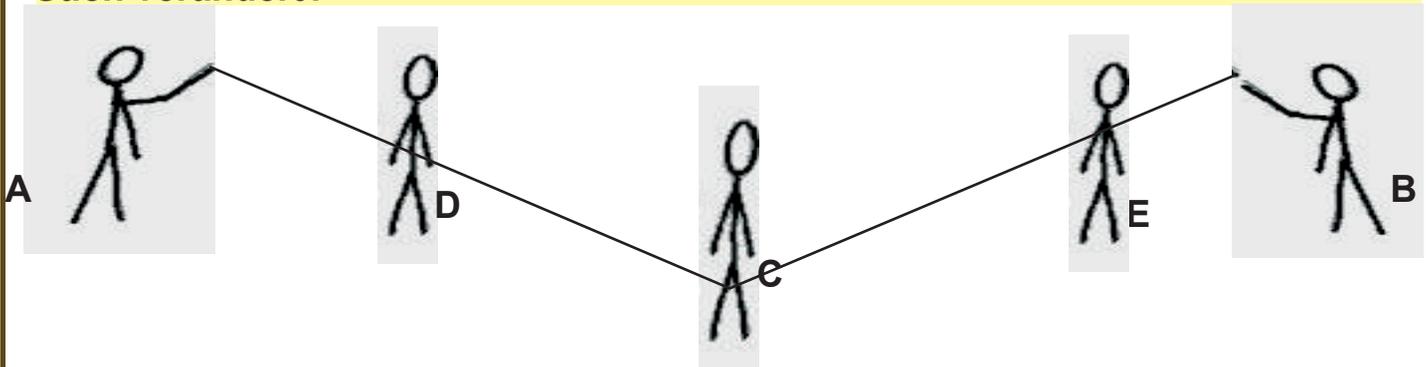


Stellt man sich das Seil als Bogen vor, würde C nicht ziehen, sondern drücken, und zwar

te	auf den Scheitel- oder Schlussstein
lip	auf den Kämpfer
seg	auf den Keilstein

Schritt 3:

Schüler D und E ziehen zwischen A und C sowie C und B das Seil nach unten. Hat sich die Kraftwirkung verändert? Zeichnet die Pfeile ein. Wie hat sich der Stich verändert?



Stellt man sich das Seil als Bogen vor, belasten D und E

noi	den Rücken
ment	die Laibung
se	den Scheitel

Der Stich wird

ar	größer
de	kleiner

Die ideale Bogenform nennt man

(Kettenlinie)

Ein so geformter Bogen ist stabil.



Übrigens...

beschäftigte sich auch der berühmte katalanische Architekt Gaudi intensiv mit den Kraftlinien in Bögen und ihren Verformungen. So entstanden seine phantastischen Formen.



Welche Kräfte wirken am Bogen?



Solche Bögen habe ich aber noch nie gesehen. Wie halten dann die anderen, die runden, spitzen oder Segmentbögen?

Das hat man ausprobiert. Bögen wurden schon in der Antike gebaut. Was stehen blieb, war stabil und konnte nachgeahmt werden. Was sich bewährt hatte, wurde zur Regel.

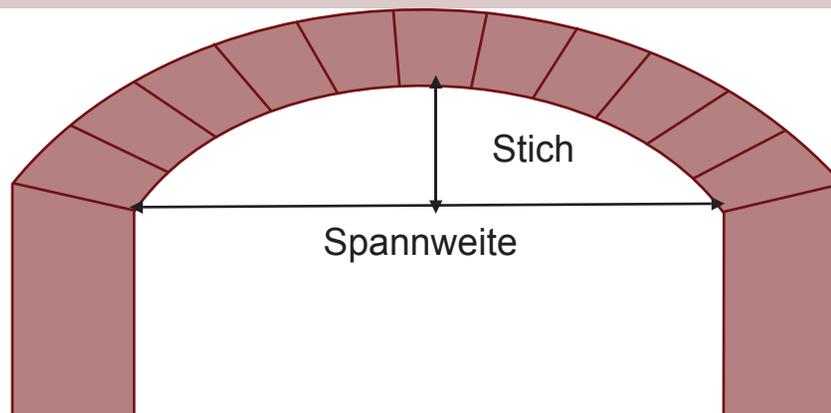


Vincent Este Dick

1. Je niedriger der Stich im Verhältnis zur Spannweite des Bogens, desto größer die

SCH waagrecht wirkende Kraft am Kämpfer (er muss außen verstärkt werden)

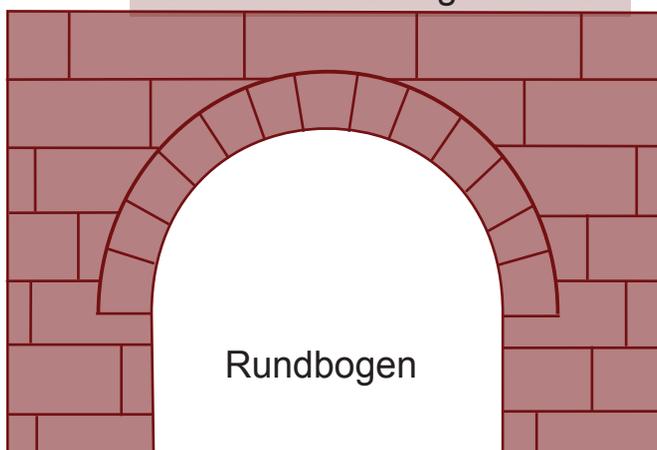
TEN senkrecht wirkende Kraft am Kämpfer (er muss innen verstärkt werden)



2. Der Fugenverlauf ist nicht beliebig. Die Fugen werden ausgerichtet zum Mittelpunkt

TRAG der Kämpferlinie
BO des Bogenkreises

Heute können wir das erklären: Die Fugen werden jeweils senkrecht zur Kraftlinie angelegt.



Rundbogen



Spitzbogen



3. Mörtel sichert den Bogen, denn

LAS er erleichtert das Zusammenfügen der Steine

UB er erhöht die Reibung zwischen den Steinen, so dass sie nicht abrutschen



Versuch:

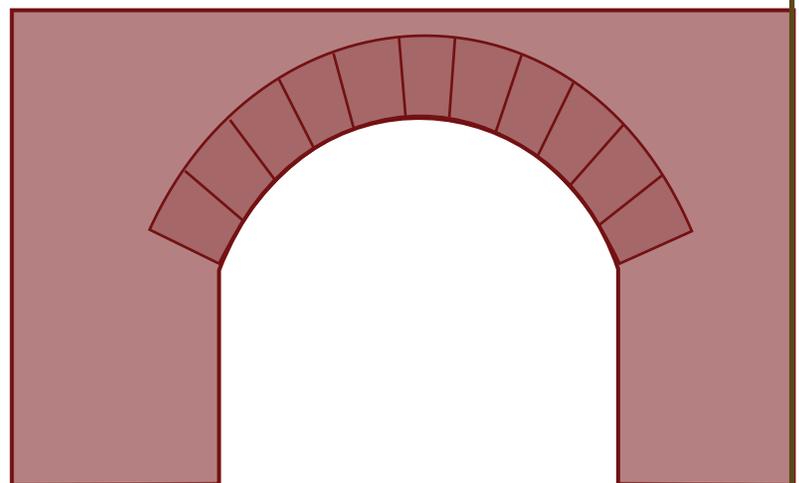
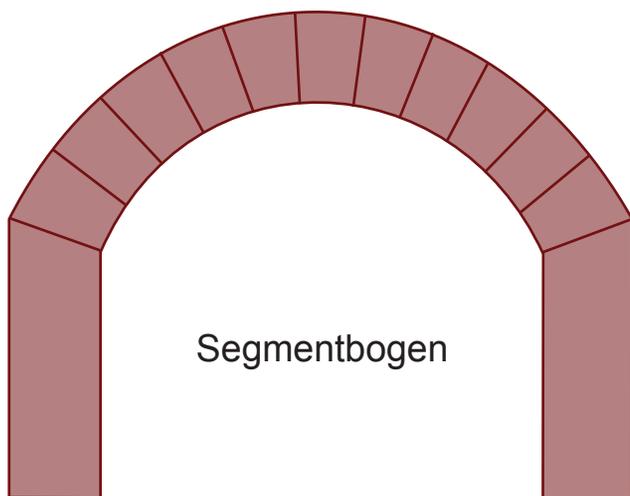
Lege zwei Holzbausteine aufeinander in deine Hand. Drehe die Hand langsam um.

Lege nun ein nasses Löschpapier zwischen die Steine. Versuche es erneut.

4. Die Lage eines Bogens sichert seine Standfestigkeit. Welcher Bogen hält besser?

WERKS

GEN



Prüfe mit einem Faden den Verlauf der Schubkräfte bis zum Boden.

Die gefährlichste Kraft im Bogen ist der

2.

4.

1.

3.

7-

Übrigens ...

verwendeten die Baumeister auch viele Tricks und Kniffe. Du kannst sie entdecken, wenn du den Naumburger Dom besuchst.

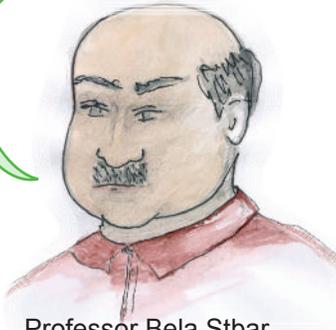


Von rund zu spitz

Dann haben die bestimmt auch irgendwann angefangen, spitze Bögen zu bauen, weil die besser gehalten haben.

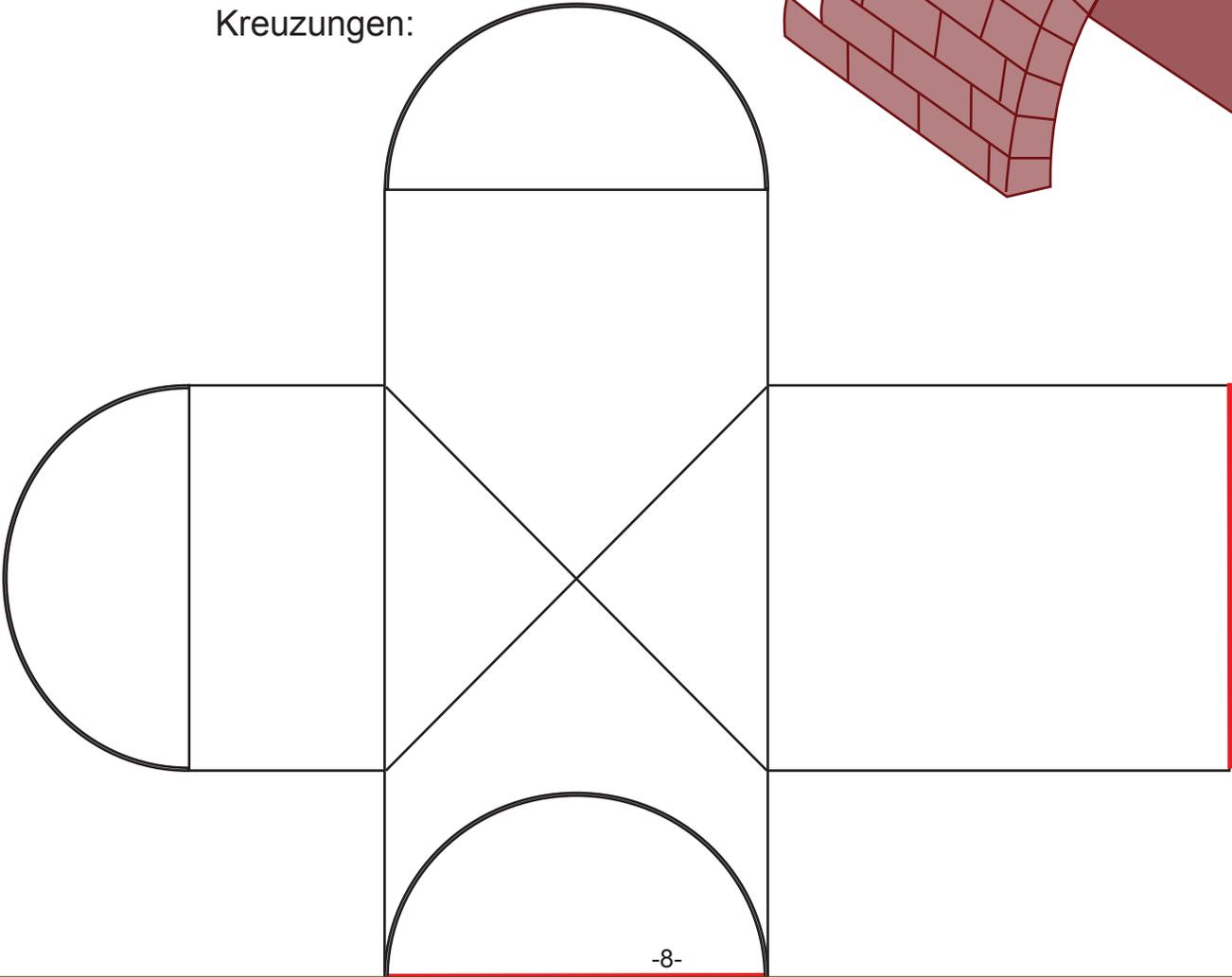
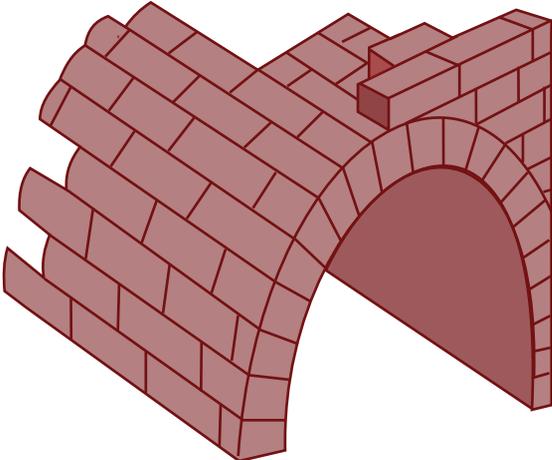


Gar nicht so verkehrt, aber da die alten Meister noch nicht von der Idealinie ausgingen, entstand diese Mode aus einem anderen Grund:



Professor Bela Stbar

Halbkreis-Tonnengewölbe waren schon in der Antike weit verbreitet. Damals baute man auch schon schon Tonnens-Kreuzungen:



Versuche dich einmal in einer Gewölbekonstruktion.



1. Trage mit dem Zirkel den fehlenden Halbkreisbogen der Tonne über der roten Linie ein.

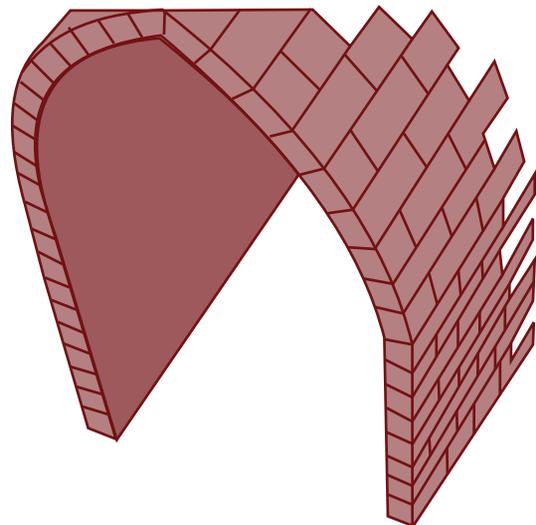
2. Konstruiere nun einen der Bögen über den Diagonalen so, dass die Stichhöhe der Tonne beibehalten wird.

Was musste der Baumeister angesichts der Kräfte in der Tonnenkreuzung beachten?

Knicktonnengewölbe gab es in der Romanik ebenfalls schon.

Ihren Vorteil erkennst Du, wenn Du ein Blatt als Tonne geformt vor dich hinstellst und es anschließend am Scheitel der „Tonne“ leicht falzt und noch einmal aufzustellen versuchst.

Diese Erfahrung wurde übertragen und die Diagonalenspannweite der Tonnenkreuzung als Bogenradius genutzt. So entstanden spitze Gewölbe und damit auch Spitzbögen.



3. Konstruiere diesen Bogen über den Eckpunkten der verbliebenen Diagonale. Wie verändert sich dadurch das Bauwerk?



Gibt es ein typisch gotisches Gewölbe?

Das kann man so sagen. Es ist sicher kein Zufall, dass es gerade im 12. Jahrhundert zu einem solchen Aufbruch in der Bautechnik kam. Denn nie zuvor kamen die Menschen in verschiedenen Teilen Europas so eng zusammen. Was sich in einzelnen Regionen entwickelt hatte, wurde nun verschmolzen.



Vincent Este Dick

Cordoba, Moschee, 10. Jh.

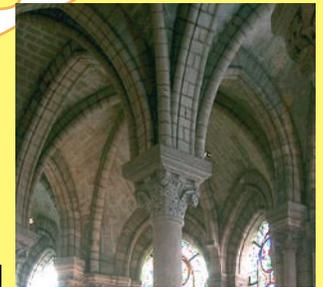
Das Gewölbe besteht aus mehreren Bandrippenkuppeln. Diese aus byzantinischen und orientalischen Elementen entstandene Architektur kam mit den Mauren nach Spanien.



Durham, Kathedrale, um 1100

Die verzierten Wulstrippen sind aus flachen Steinen zusammengesetzt und besitzen einen Abschlussstein.

Die Spitzbögen könnten aus Sizilien übernommen worden sein, das ebenso wie England zu dieser Zeit von den Normannen beherrscht



St. Denis, Abteikirche, 12. Jh.

Ein neuer Baustil mit spitzbogigen Formen setzt sich von hier aus in Europa durch. Seine Gewölbe enthalten Erfahrungen und Schönheitsempfinden eines ganzen Kontinents.



Moissac, Abtei, um 1100

Neben der Gestaltung eines Rippenzentrums im Gewölbe, entstehen in Moissac auch erste spitzbogige Rippengewölbe.



**Speyer, Dom,
11. Jh.**

Die Handelskontakte zwischen den Städten führten zur Übernahme der lombardischen Bandrippen.



**Mailand, S.Ambrogio,
11.Jh.**

Die lombardischen Bandrippengewölbe folgen den römischen Vorläufern. Eine Rippe ist geschlossen, die andere rechts und links angefügt.

**Istanbul,
Hagia Sophia, rö-
mischer Kuppelbau,
6. Jh.**

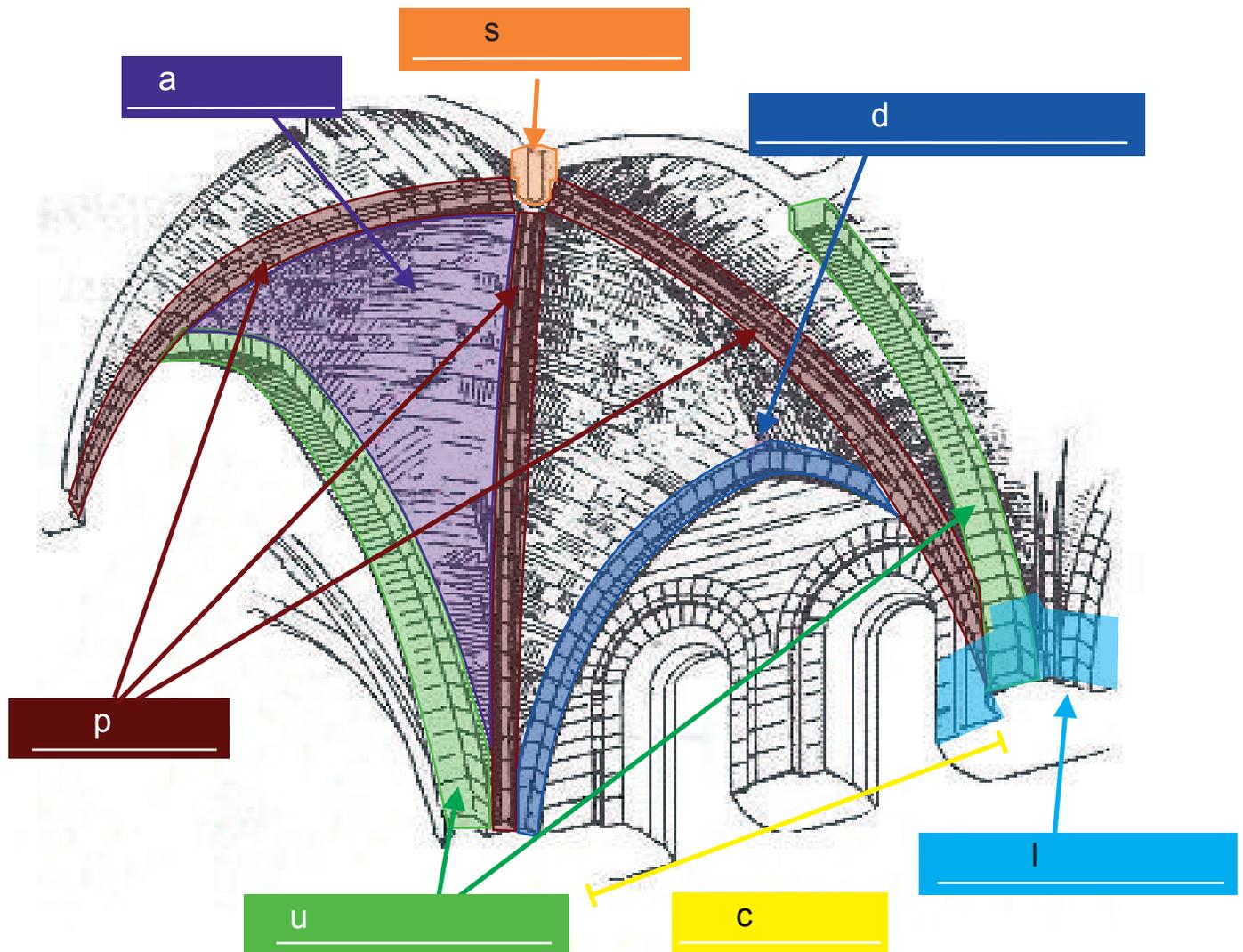
Die eindrucksvolle, mit Spanten unterstützte Kuppel bewunderten die durchreisenden Kreuzfahrer.



**Typisch für die Gotik ist das
----- - GEWÖLBE**



Woraus besteht ein Kreuzrippengewölbe?



Bis heute entstand eine Vielzahl von Gewölbearten. Sie stellen in der Kathedrale den Himmel dar und wurden deshalb auch sehr sorgfältig gestaltet. In der Wortschlange auf der nächsten Seite sind einige Gewölbearten enthalten. Dazwischen findest du die Bestandteile eines Kreuzrippengewölbe.

Suche sie heraus und beschrifte damit die Zeichnung auf dieser Seite.



Wie werden Gewölbe gebaut?



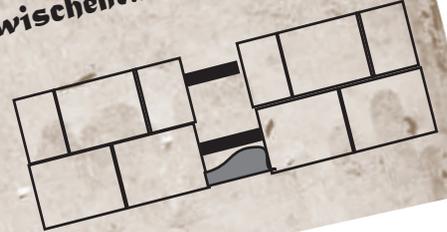
Aus den Skizzen und Notizen der Baumeister des Mittelalters erfährt man manchen Trick, aber kaum etwas über den Bauablauf, denn oft nutzten sie für ihre Notizen lose Blätter!

Mit Hilfe der Abbildung, des Textes auf Seite 1 und ein wenig Überlegung gelingt es dir aber sicher, die Zettelchen richtig zu ordnen.



Schale die Kappen ein, lege Steine auf und vergieße sie mit Mörtel.

Zwischen die zwei Wandmauern lege regelmäßig Metall, bevor du den Zwischenraum ausgießt.



Die Fundamente unter den Stützmauern sollst Du ausreichend breit anlegen. Prüfe den senkrechten Verlauf der Fundamentwände mit dem Lot. Lass bereits Steine für die Wände anfertigen.

Wenn der Mörtel trocken ist, lockere erst die Keile. Nimm dir viel Zeit,Tage, um die Lehren zu entfernen.

Verkeile die Bogenlehren hoch, bevor du die Bögen mauern lässt. Mauere immer von beiden Seiten aufeinander

1552.1
Räume den Bauplatz großzügig frei. Du brauchst Lagerplatz für Bauholz und Steine. Miss be-

1580
Lass das Dach decken, sobald das Gebälk aufgerichtet ist. Behalte genug Holz für die Lehren zurück.

Das Klein-Gedruckte

VEREINIGTE
DOMSTIFTER
zu Merseburg und Naumburg
und des Kollegiatstifts Zeitz



Betreuung
kultureller Lernorte

Im Projekt „Bogen und Gewölbe“ könnt ihr erfahren, wie kunstvolle Bögen und Gewölbe mit einfachen Mitteln geschaffen werden können.

Ihr arbeitet mit Stein, Lehm und Maurerwerkzeug und errichtet einen eigenen Bogen.

Um euch nicht zu verletzen, bekommt ihr **Handschuhe und Schutzkleidung**, die **unbedingt zu tragen** sind. Euer Projektbetreuer und euer Lehrer stehen bereit, um euch zu helfen. Ihre **Anweisungen müssen genau befolgt werden**.

Wenn sich jeder an die Regeln hält, besteht wenig Unfallgefahr. Auszuschließen sind kleine Verletzungen jedoch nicht. Der Veranstalter übernimmt dafür keine Haftung.



Herausgabe und Gestaltung:

Landesinstitut für Schulqualität und
Lehrerbildung Sachsen-Anhalt (LISA)
Arbeitsgruppe Kulturelle Lernorte

LISA 2012

Textnachweis:

Liber miracula Ninovensi santi Cornelii papae 19; zit. nach
Günther Binding/Susanne Linscheid-Burdich: Planen
und Bauen im frühen und hohen Mittelalter, Wissen-
schaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 2002, S.376

Abbildungen:

Hans Peter Schaefer, TripAdvisor, Oliver Bonjoch,
michaelkowalczyk.eu, Carina Kellner

