

Kroppar och strukturer

Eden project
Nicholas Grimshaw

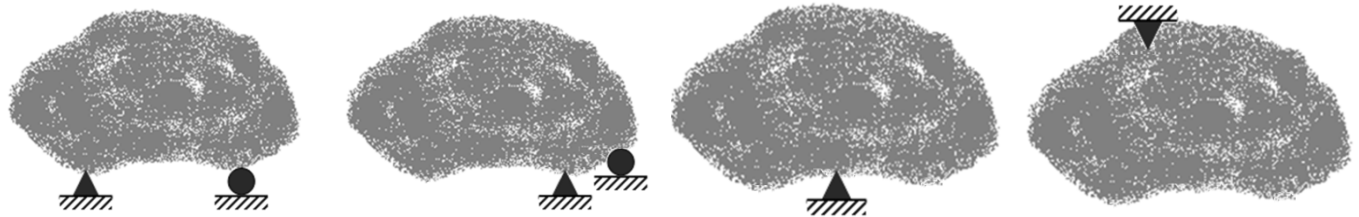


STRUKTURERS GRAMMATIK

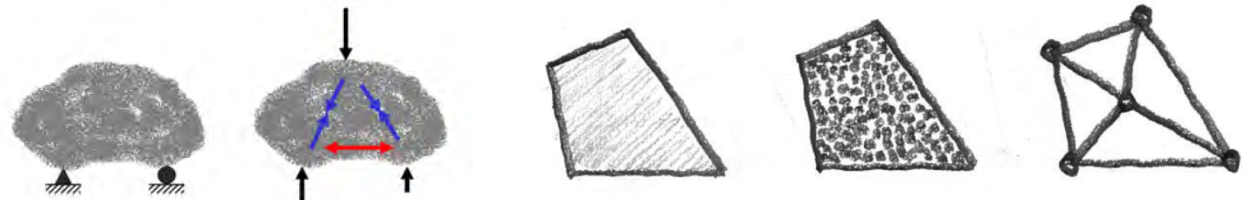
MÄNNISKA
gravitationen
som livsmiljö



MATERIELL
KROPP
balans
stabilitet
rörelse



STRUKTUR
topologi
inre stabilitet
kraftmönster
effektivitet



Kroppar och strukturer handlar om

Rummets och kroppars dimensioner

Representationer från 3D till 2D och 1D

Kroppars yttre och inre stabilitet

**Arkitekters och ingenjörers
begrepp och typer**

Seminarier och Lärobok i konstruktion

✓ Publicerad

✎ Redigera



Gruppseminarier

Kursen innehåller sju teman med tillhörande seminarier. Seminarierna äger rum på fredagar under två timmar mellan 13 och 17. Grupperna avgör själva tid och plats. Grupper och seminarieledare bestämmer själva om ny tid då angiven tid krockar med byggdag eller om annat oförutsett hinder. Varje tema behandlas på följande sätt:

- Inledande föreläsning och presentation av uppgifter
- Eget arbete i grupper om 2-3 personer.
- Seminarium med *obligatorisk närvaro* där grupperna redovisar det egna arbetet
- Vid påföljande seminarium bokför seminarieledaren att uppgifterna är genomförda samt snyggt och prydligt redovisade. En välskriven redovisning för hand är OK.

Uppgift

Uppgiften i kursmomentet *Byggteknik och byggande* är att bygga fysiska modeller. Varje modell växer successivt fram under elva schemalagda BYGGDAGAR. Grupper bestående av åtta till nio studenter (en ritsal) bygger en modell tillsammans i en stafett där varje student har en BYGGDAG. Tiden för färdigställandet av modellen beror på hur snabb gruppen är och i anslutning till de sista byggdagarna så kommer hela gruppen att få ta ansvar för färdigställandet av gruppens modell och inlämningen av processdagboken.

Byggandet äger rum på Ljussgården utanför Snickeriet. Varje BYGGDAG klockan 13.15 samlas gruppen till ett Zoom-möte där byggande student kort redovisar sin dag. Hela byggprocessen dokumenteras i en processdagbok för varje modell. Varje byggdags arbete dokumenteras av den byggande studenten i form av ett dagboksblad. Alla tidigare dagboksblad lämnas sedan vidare till nästa student. Den samlade processdagboken lämnas in fredagen den 12/3 och examineras fredagen den 19/3 genom att varje student redovisar sitt bidrag från processdagboken samt lyssnar till de andra som arbetat med samma modell. På så sätt knyts byggdagarnas delar samman till en helhet.

För att schemamässigt möjliggöra det praktiska byggandet kommer kollisioner att ske med andra kursmoment. Grupperna löser detta själva i samråd med respektive grupps handledare.

Målen för uppgiften är att:

- ge kunskaper om en enkel byggnads stomme och klimatskal.
- ge träning i att läsa enkla byggnadsritningar.
- ge erfarenhet av en fysiskt modellbyggande som speglar en verklig byggprocess: organisationen av arbetet, ritningsläsning och ritningsförståelse, material- och verktygshantering, oväntade problem som kan uppstå i byggprocessen, etc.
- ge tillfälle till reflexion över hur studentprojektets ambitioner kring helhet och detaljutformning endast kan uppnås genom noggrannhet och ansvar i den praktiska genomförandet.

Genomförande

Den aktuella byggnaderna är studentprojekt hämtade från den frivilliga kursen *Från idé till färdig byggnad*, 12hp. Ritningsunderlag till projekten finns tillgängliga på följande länkar med lösenordet AFT077:

Projekt_friggebod_1: [Projekt_Friggebod_1.pdf](#)

Projekt_friggebod_2: [Projekt_Friggebod_2.pdf](#)

Byggandet i skala 1:10 sker på Ljussgården utanför A-verkstan.

Varje byggdag inleds med en säkerhetsgenomgång samt en genomgång av dagens arbete kopplat till de instruktioner som ritningsunderlaget (planer, sektioner och detaljer) utgör. Förbered byggdagen genom att studera ritningsunderlaget.

Processdagbok

Varje student dokumenterar sin byggdag och sammanfattar den i text och bilder som ett bidrag till den gemensamma processdagboken. För processdagboken gäller följande:

- Varje dagboksblad är en pdf-fil med formatet "liggande A3" så att alla bidrag kan bindas samman till en sammanhängande presentation.
- Varje dagboksblad avslutas med en kort reflexion över byggdagens egna arbetsprocess.
- Varje student lämnar enskilt in sitt dagboksblad i CANVAS i nära anslutning till sin byggdag.
- När modellen är färdigställd binds alla dagboksblad ihop till en sammanhållen dagbok som lämnas in i CANVAS senast fredag den 12/3.
- En första sida läggs till som visar ritsal samt för- och efternamn på alla som aktivt bidragit till färdigställandet av den fysiska modellen.

Inlämning

Varje student lämnar in sitt dagboksblad nedan och i nära anslutning till byggdagens genomförande.
Hela ritsalens samlade dagbok lämnas senast den 12/3 in av en gruppmedlem under uppgiften *Byggteknik och byggande - processdagbok*

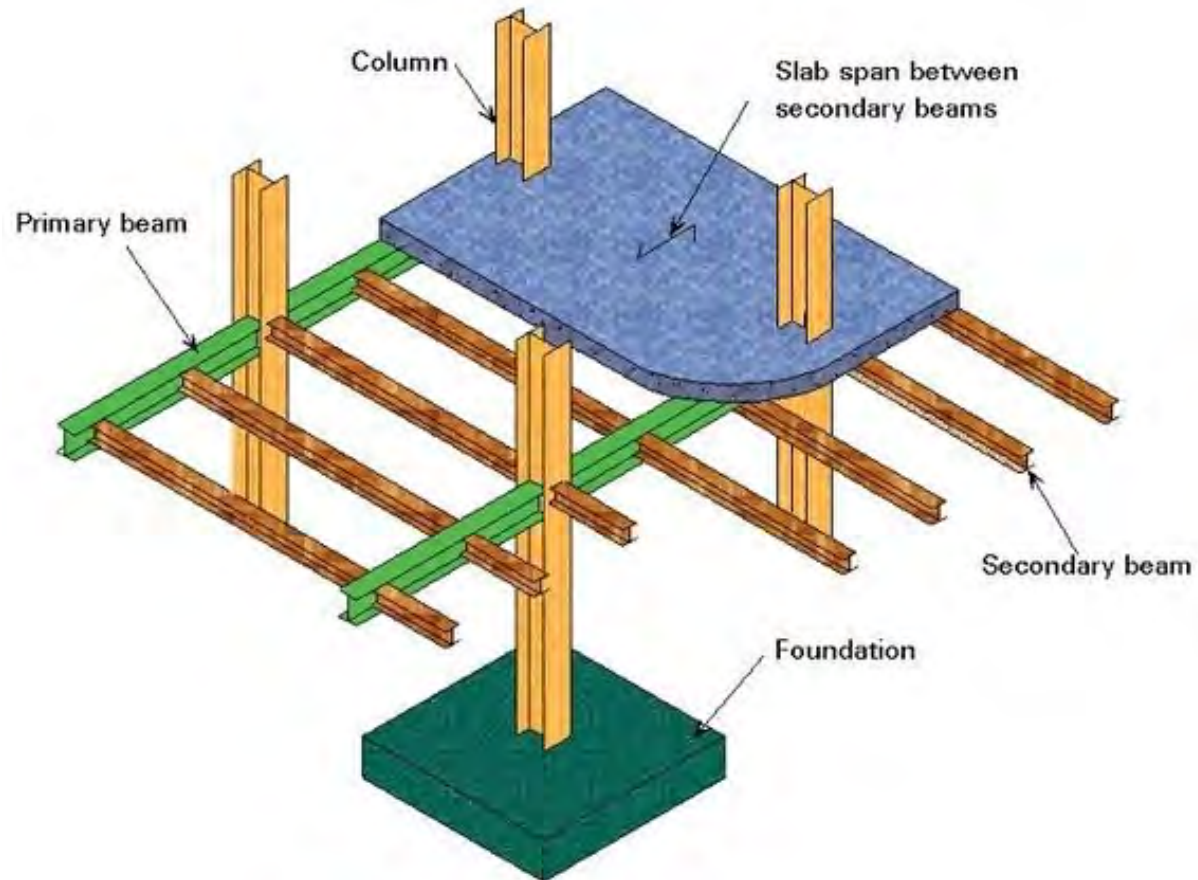
... och om förra veckan

”Byggnaden som bärande system”

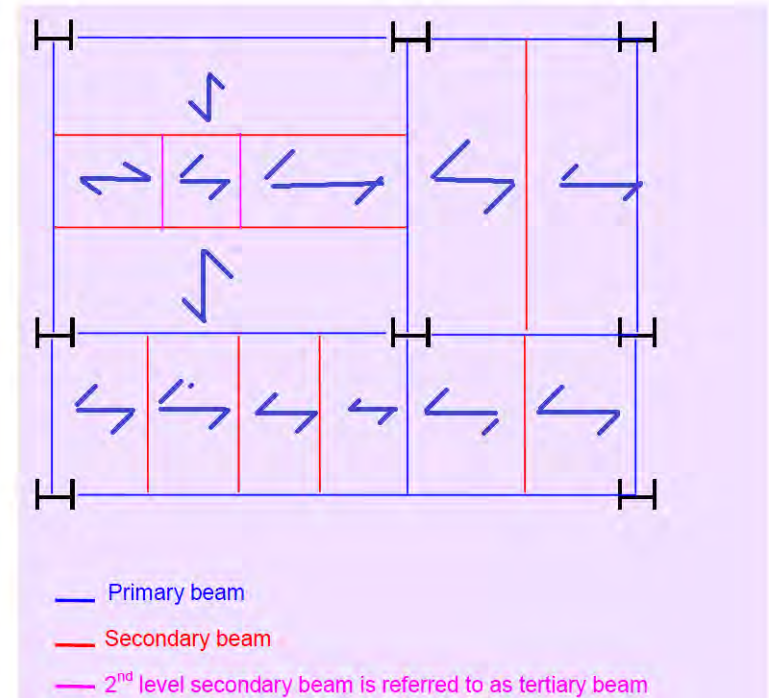
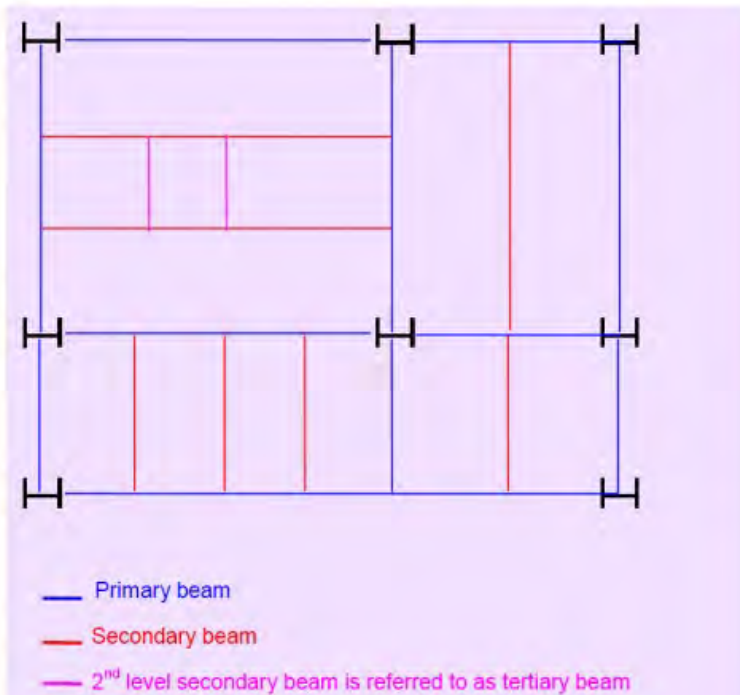
Hur många googlade på:
primary beam
secondary beam
horizontally stabilizing wall

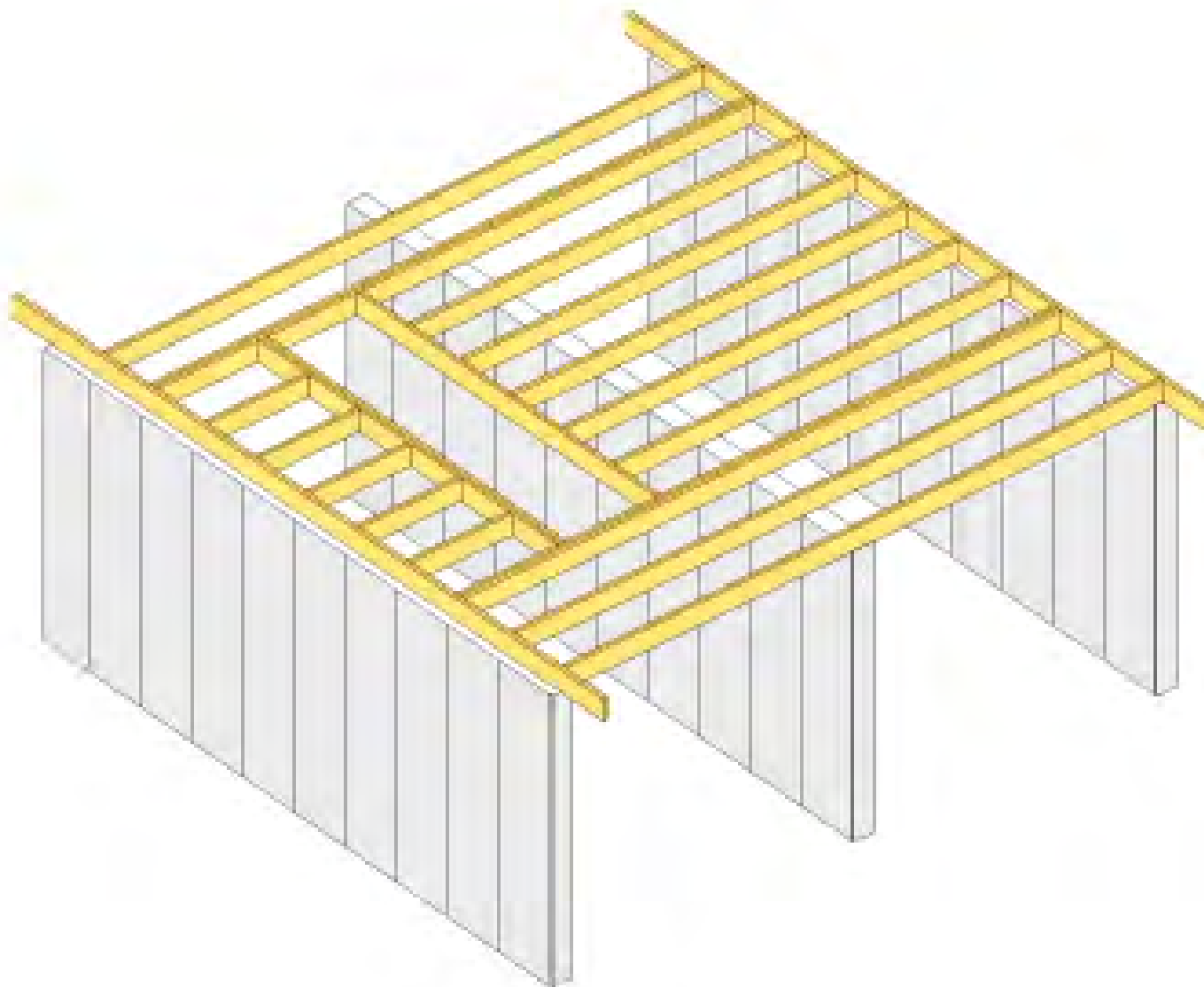
...

Bilder



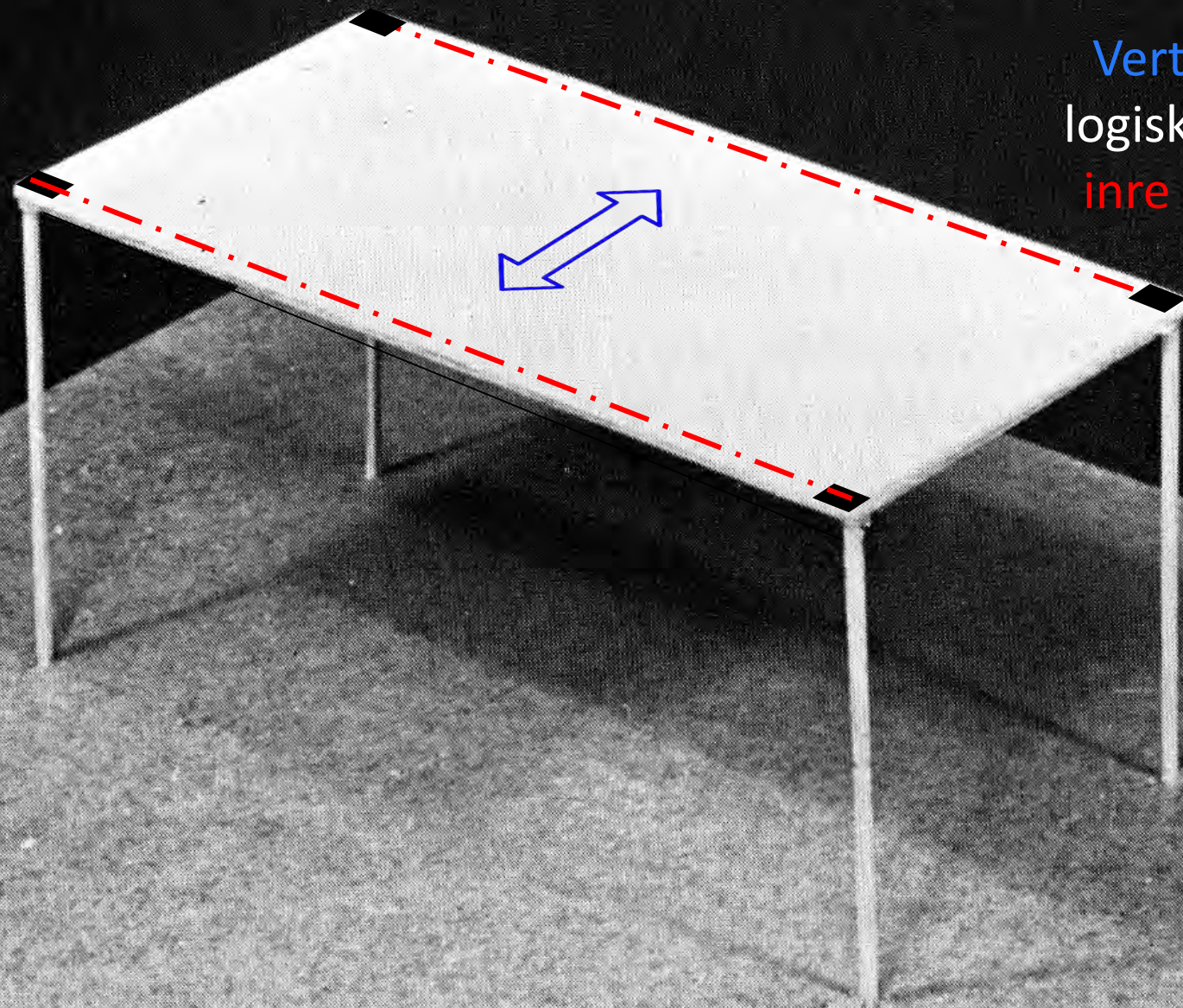
Symboler



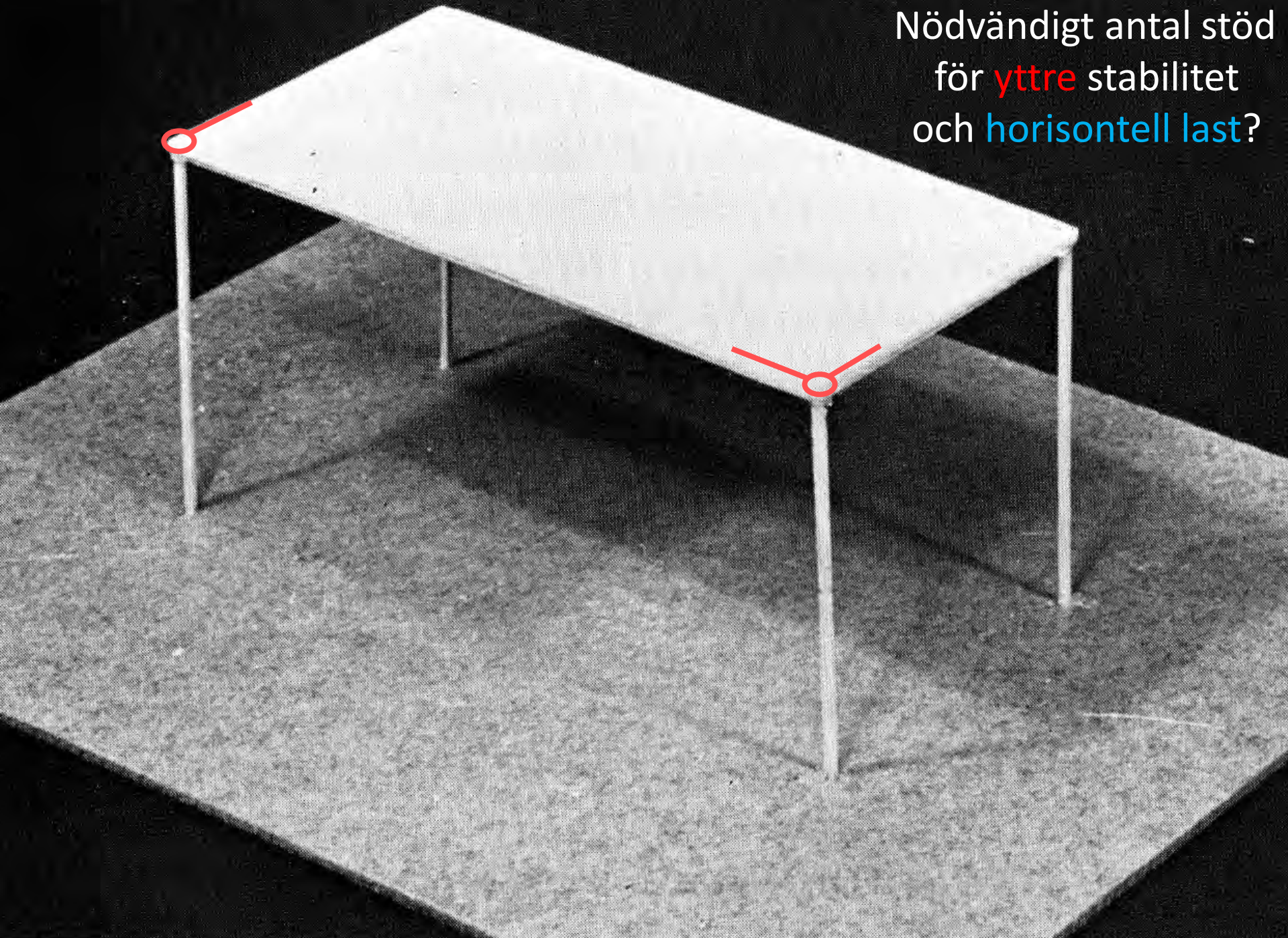




Vertikal last
logiskt ordnad
inre struktur

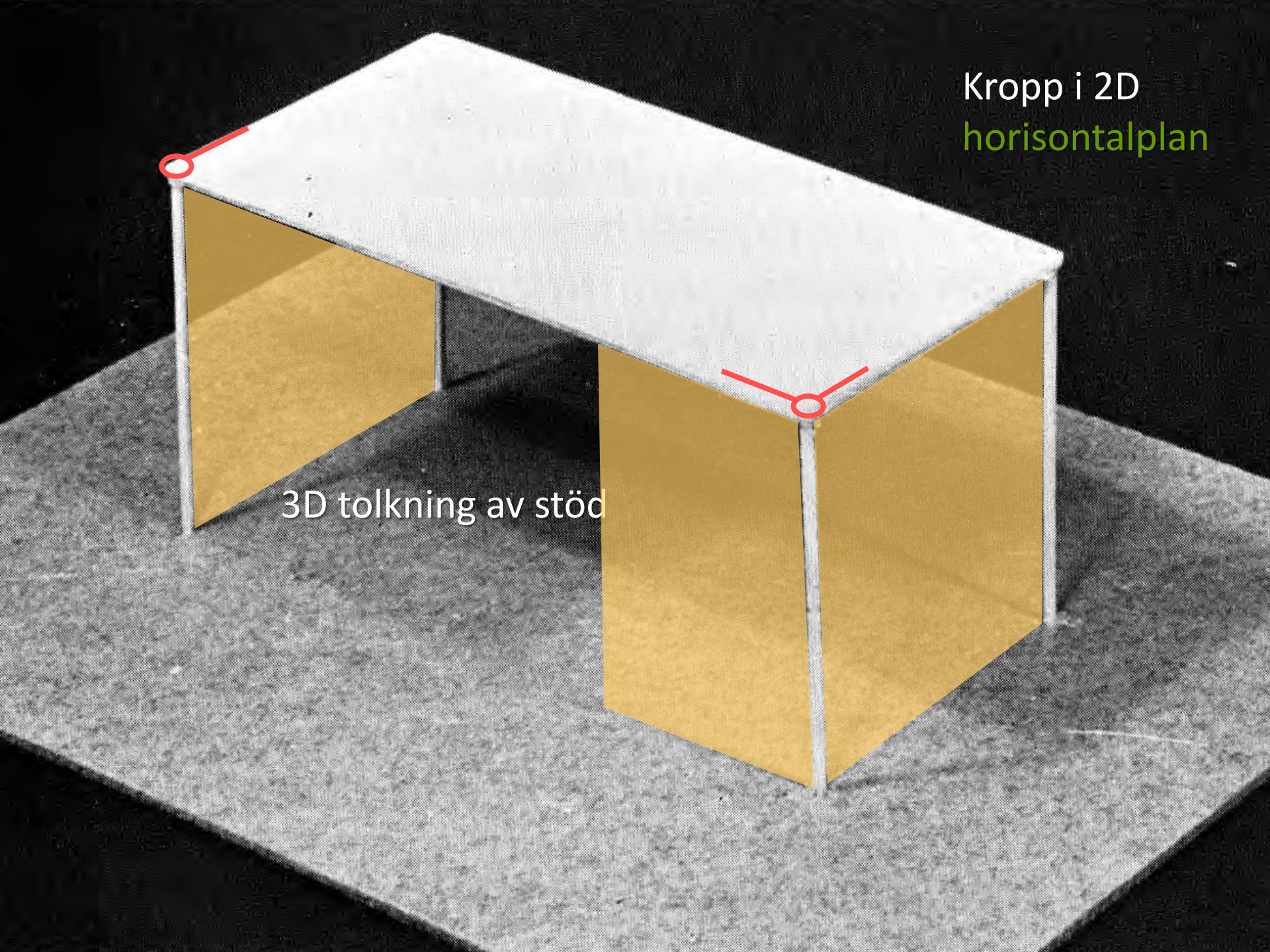


Nödvändigt antal stöd
för **yttre** stabilitet
och **horisontell last**?



Kropp i 2D
horizontalplan

3D tolkning av stöd



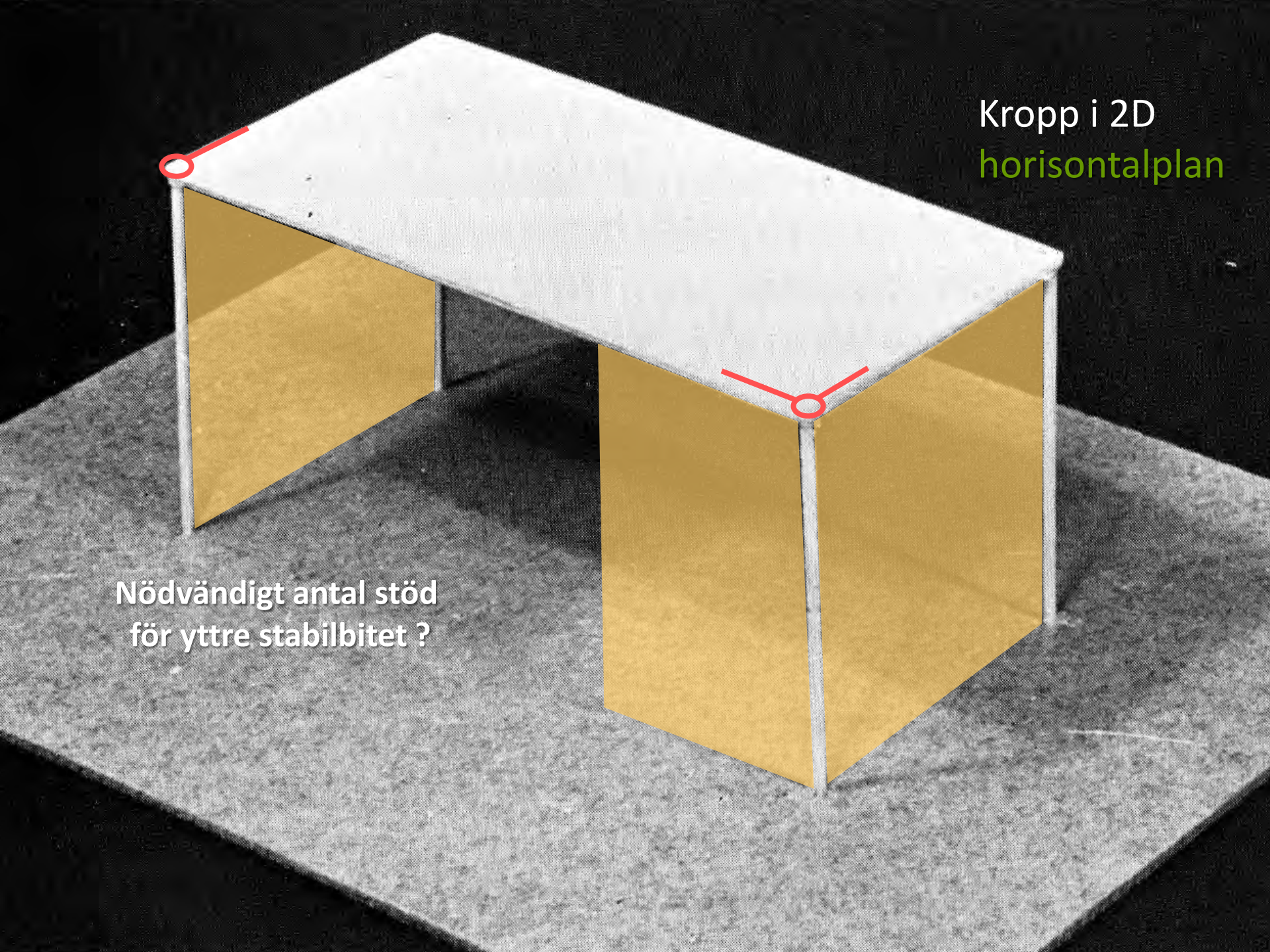
Kropp i 2D
horisontalplan

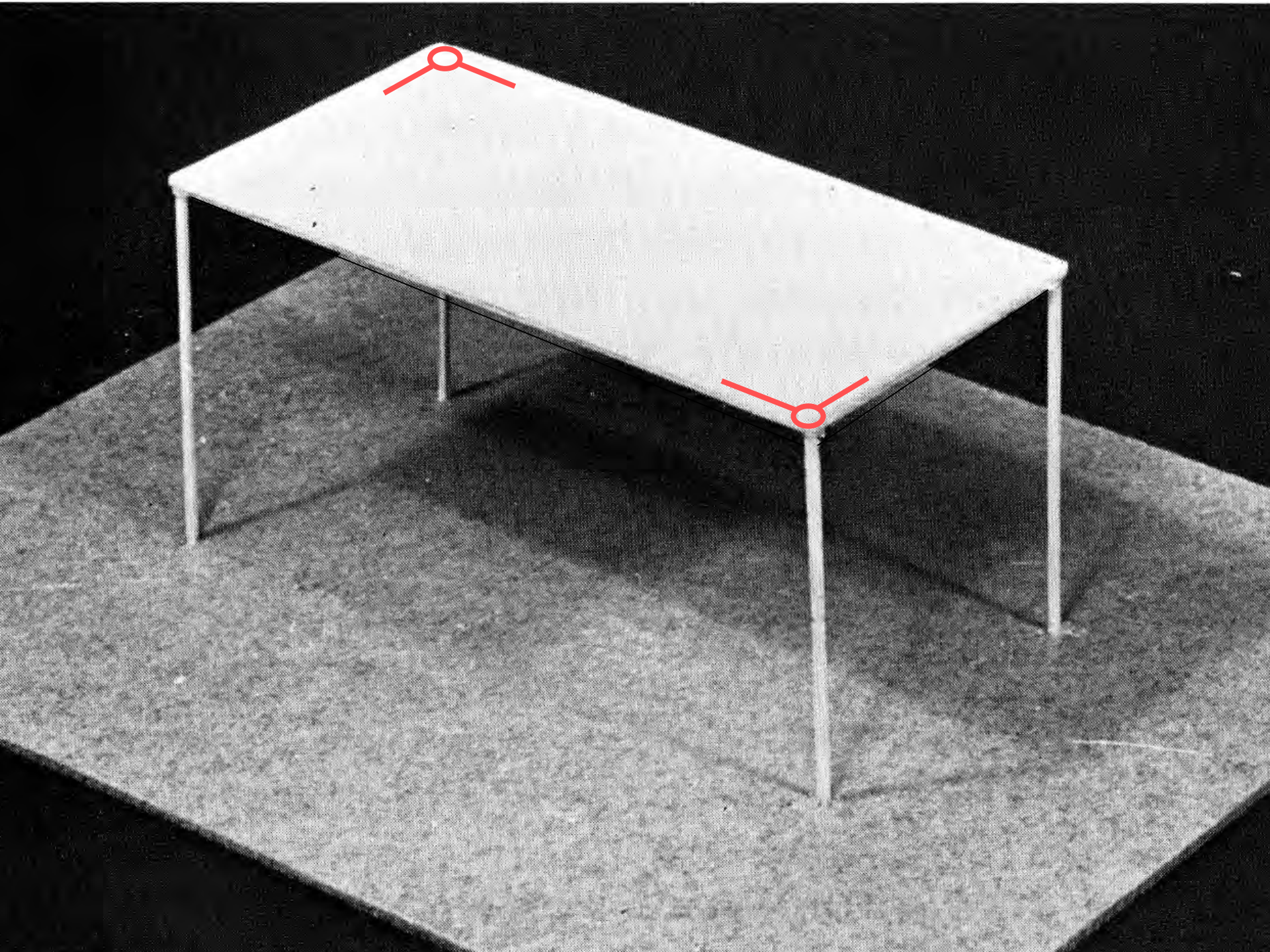
3D tolkning av stöd



Kropp i 2D
horisontalplan

Nödvändigt antal stöd
för yttre stabilbitet ?



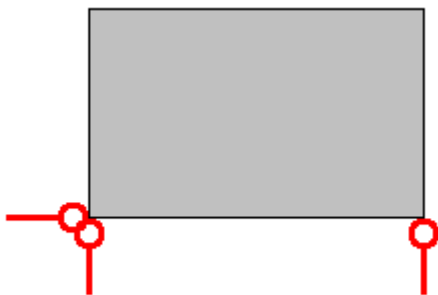


Kropp i 2D

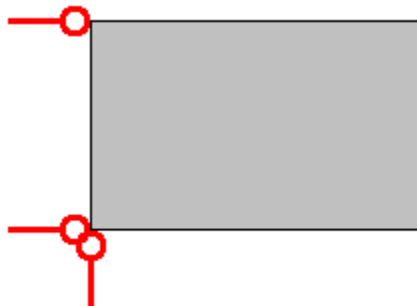
yttre stabilitet



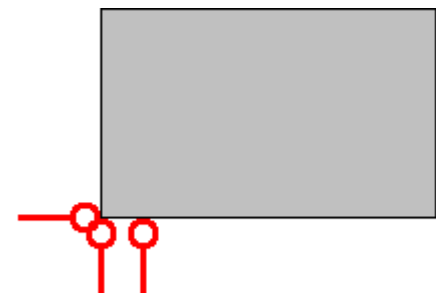
För stabilitet behövs minst **tre låsta frihetsgrader**
två vinkelräta riktningar och en rotation



Stabiliserande
ytterväggar



Stabiliserande
ytterväggar

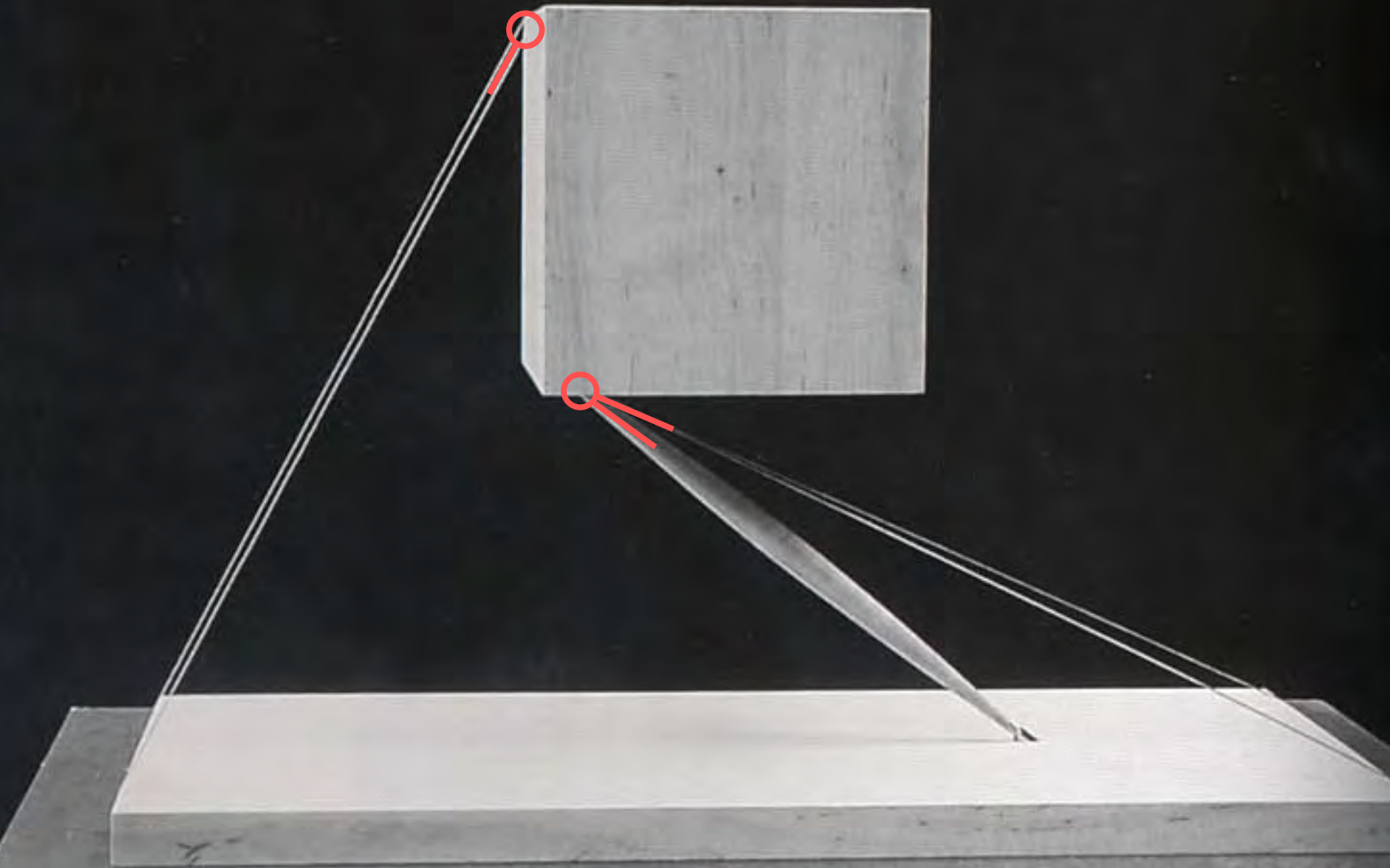


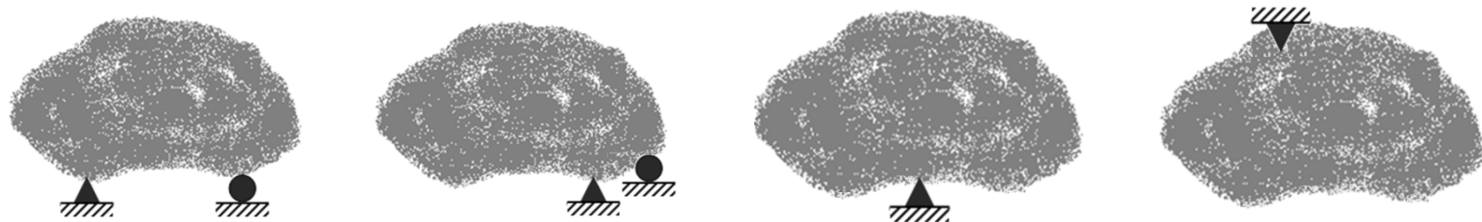
Stabiliserande
trapphus

Kropp i 2D
vertikalplan

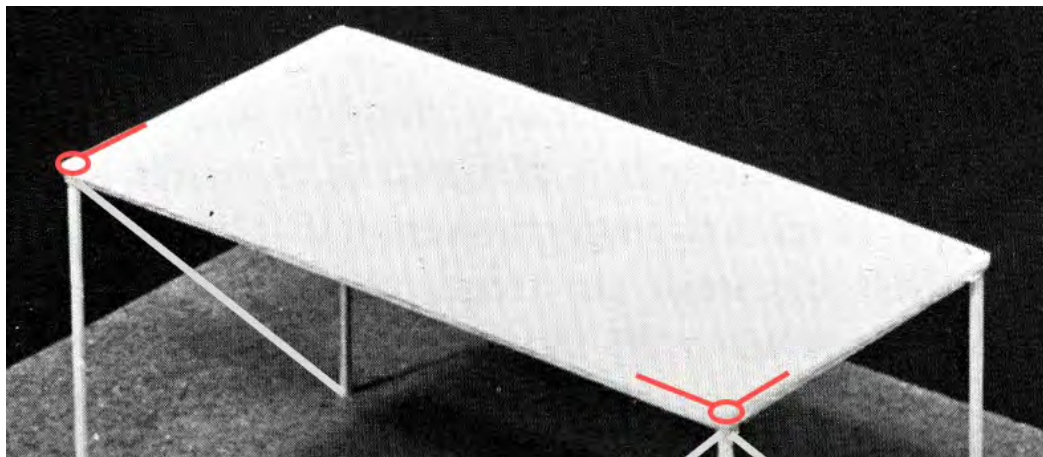
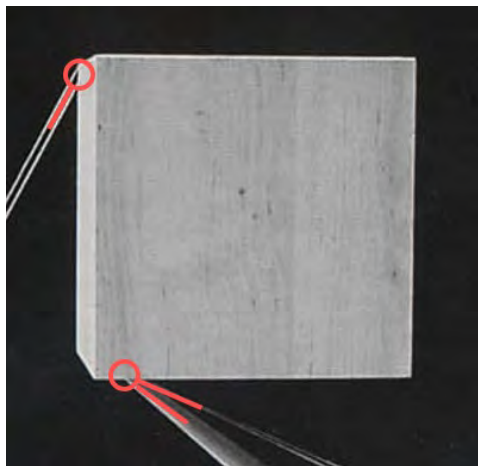


Nödvändigt antal stöd för yttre stabilitet ?



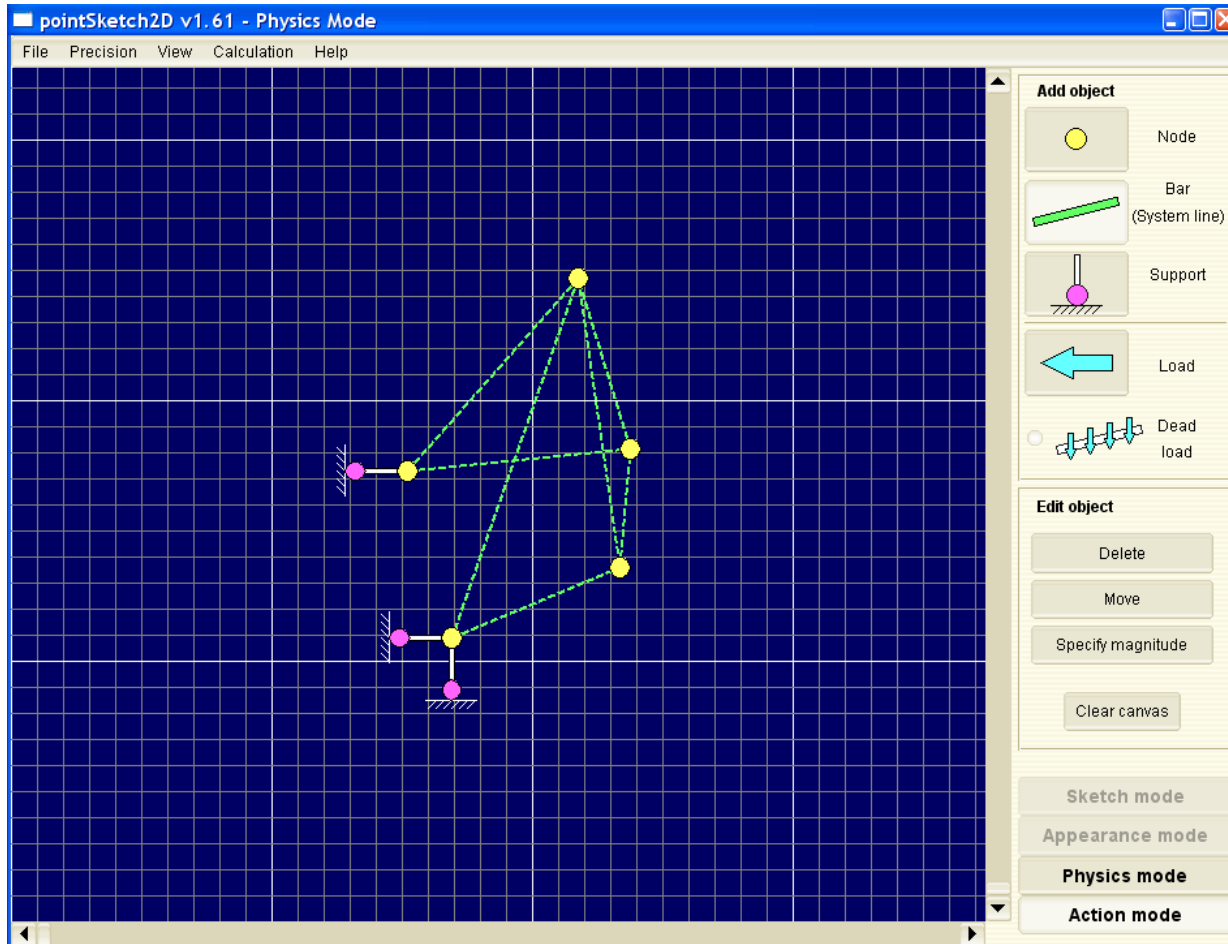


2D kroppar kan läsas
i ett **vertikalplan** och i ett **horisontalplan** ...



... och göras **yttre stabila** genom **yttre stöd**

Arbetsverktyget pointSketch

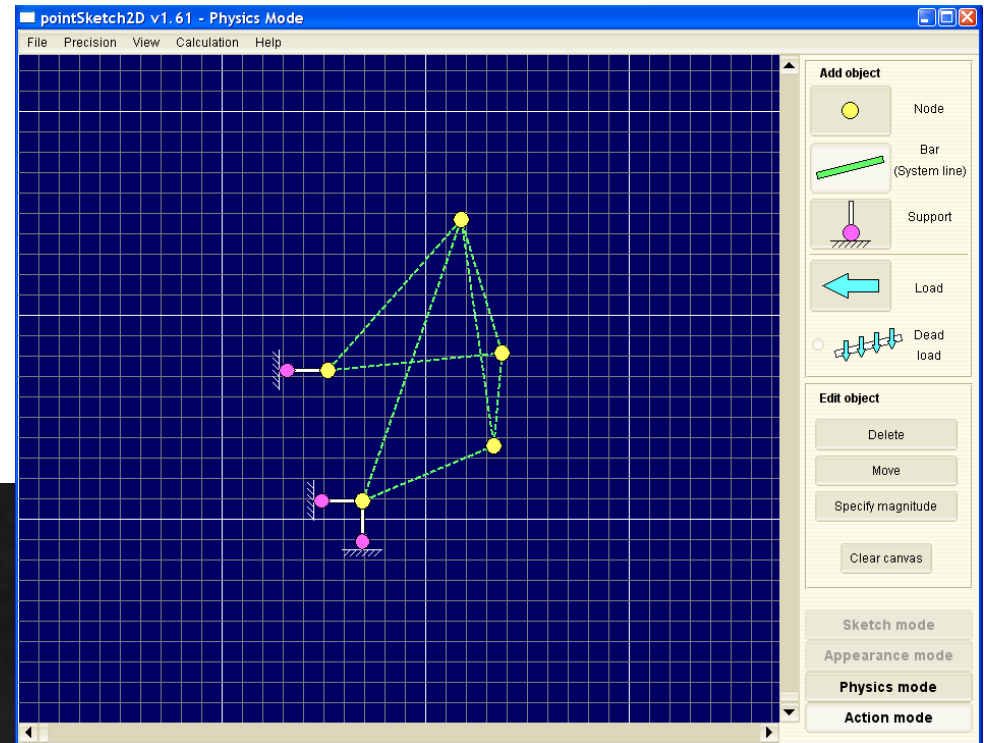
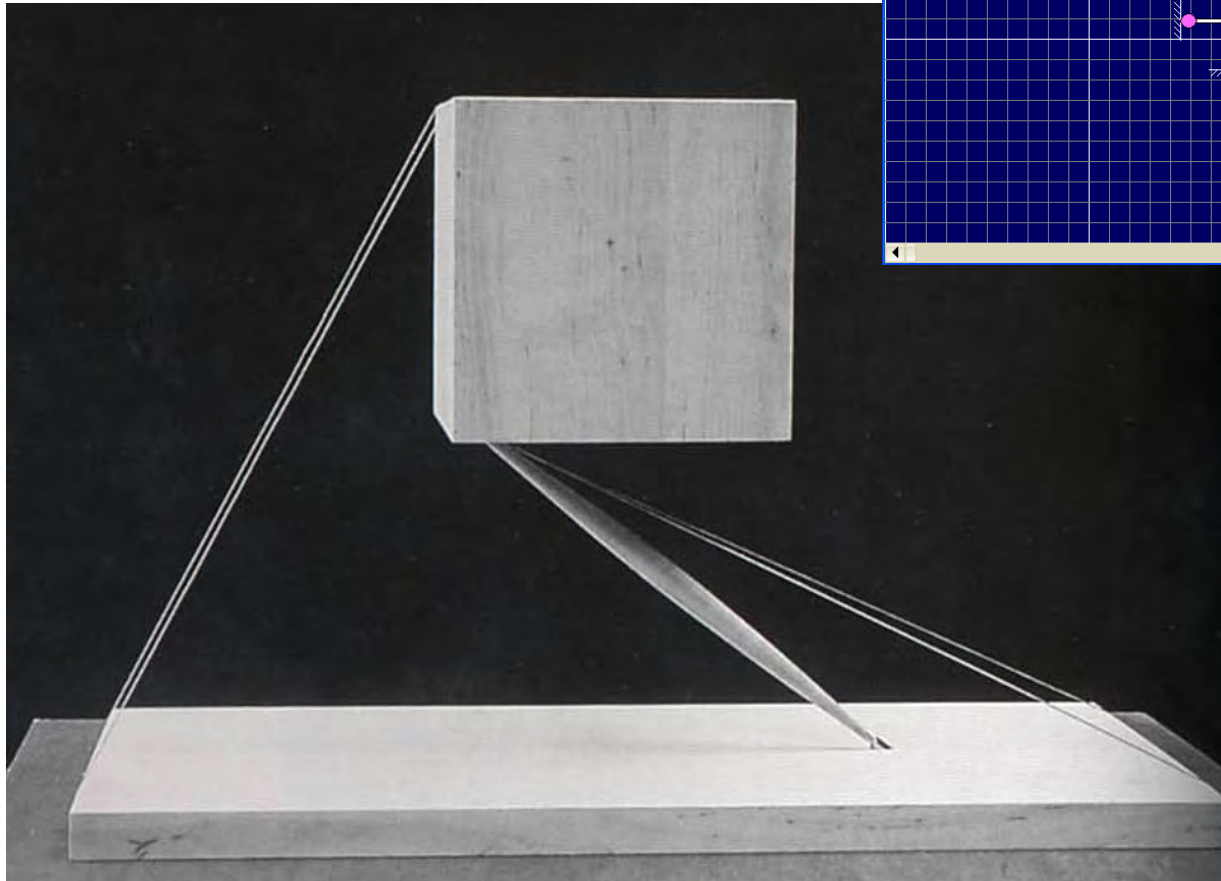


**Kroppars
verkningsätt**
yttre stabilitet
rörelsemönster
kraftbalanser

**Strukturers
verkningsätt**
inre stabilitet
kraftmönster
tryck/drag

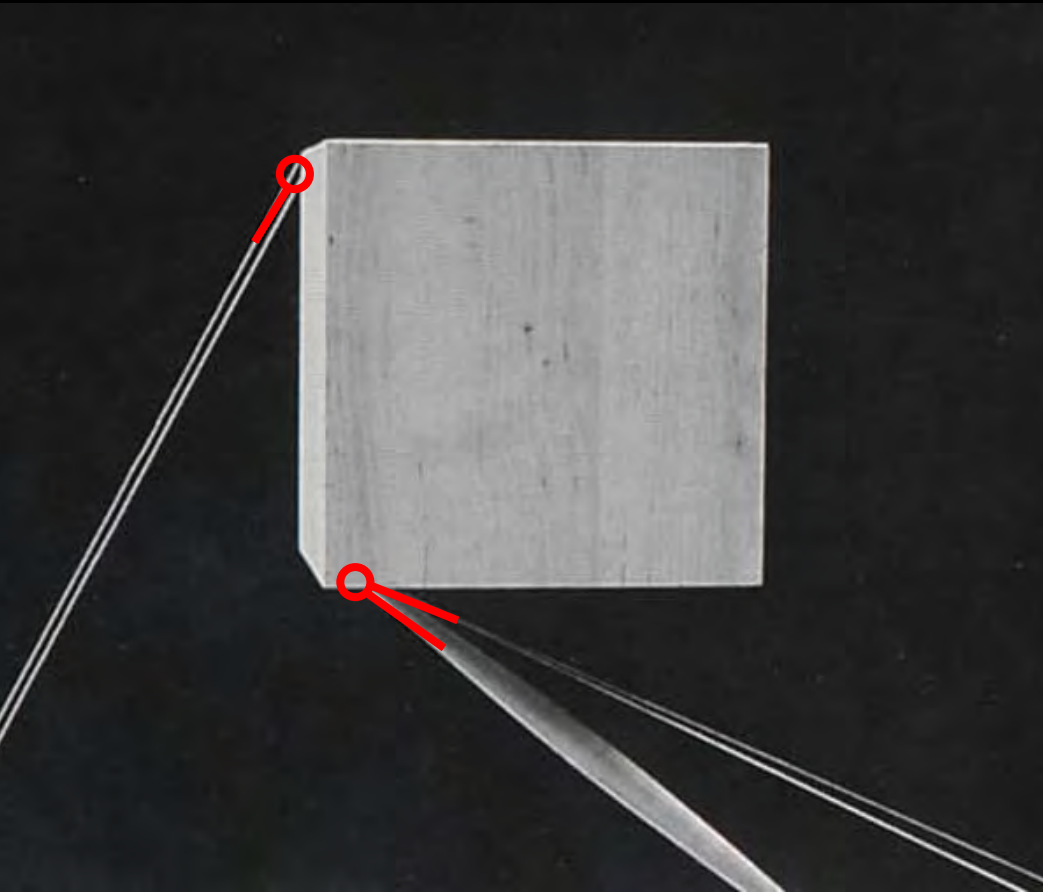
För alla konstruktionstyper och former i 2D utom linkonstruktioner

<https://www.chalmers.se/sv/institutioner/ace/arkitekturskolan/utbildningen/pointSketch2D/Sidor/default.aspx>



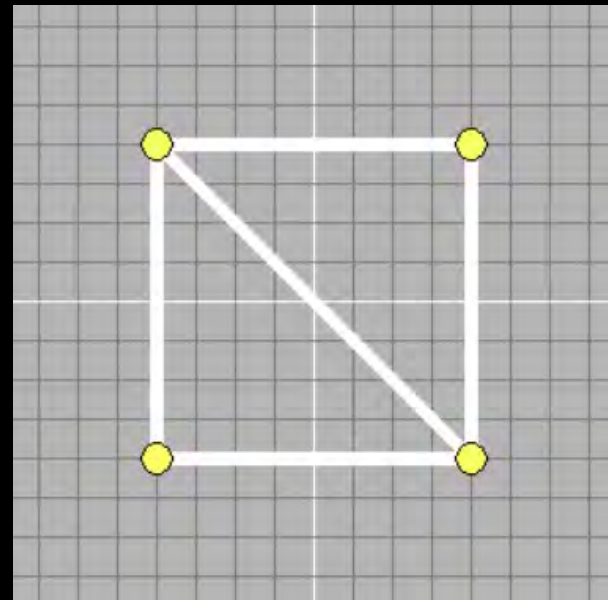
YTTRE STABILITET

tillräckligt med
yttre stöd

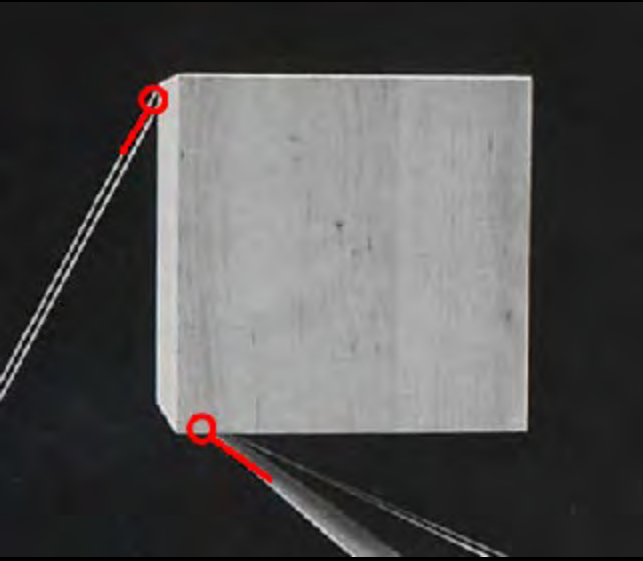


INRE STABILITET

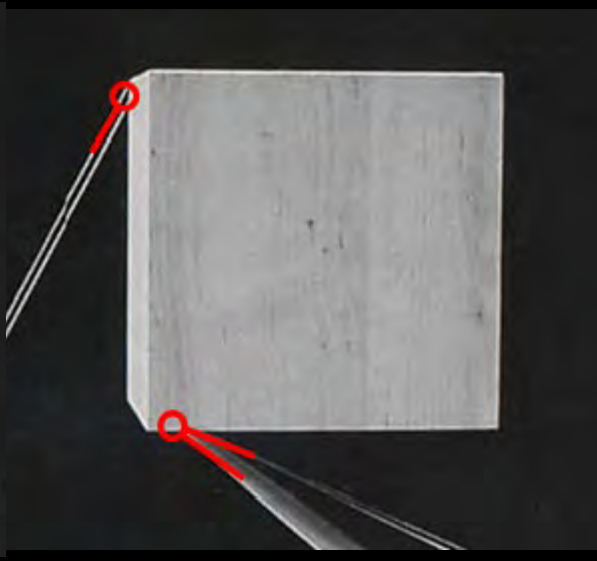
tillräckligt antal inre element
klokt kopplade till varandra



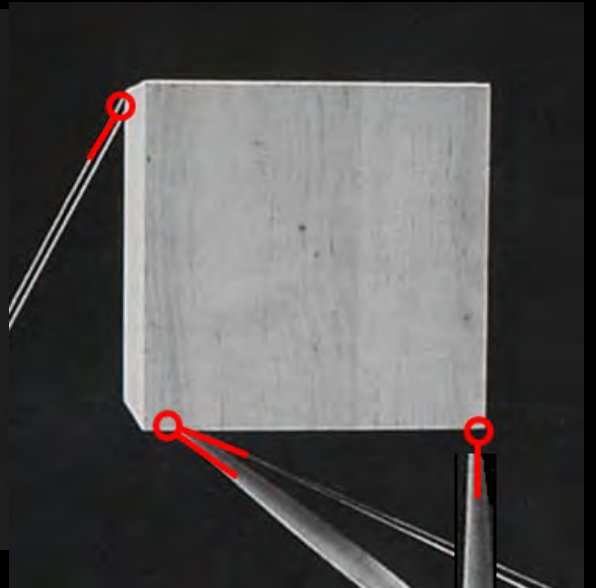
YTTRE STABILITET



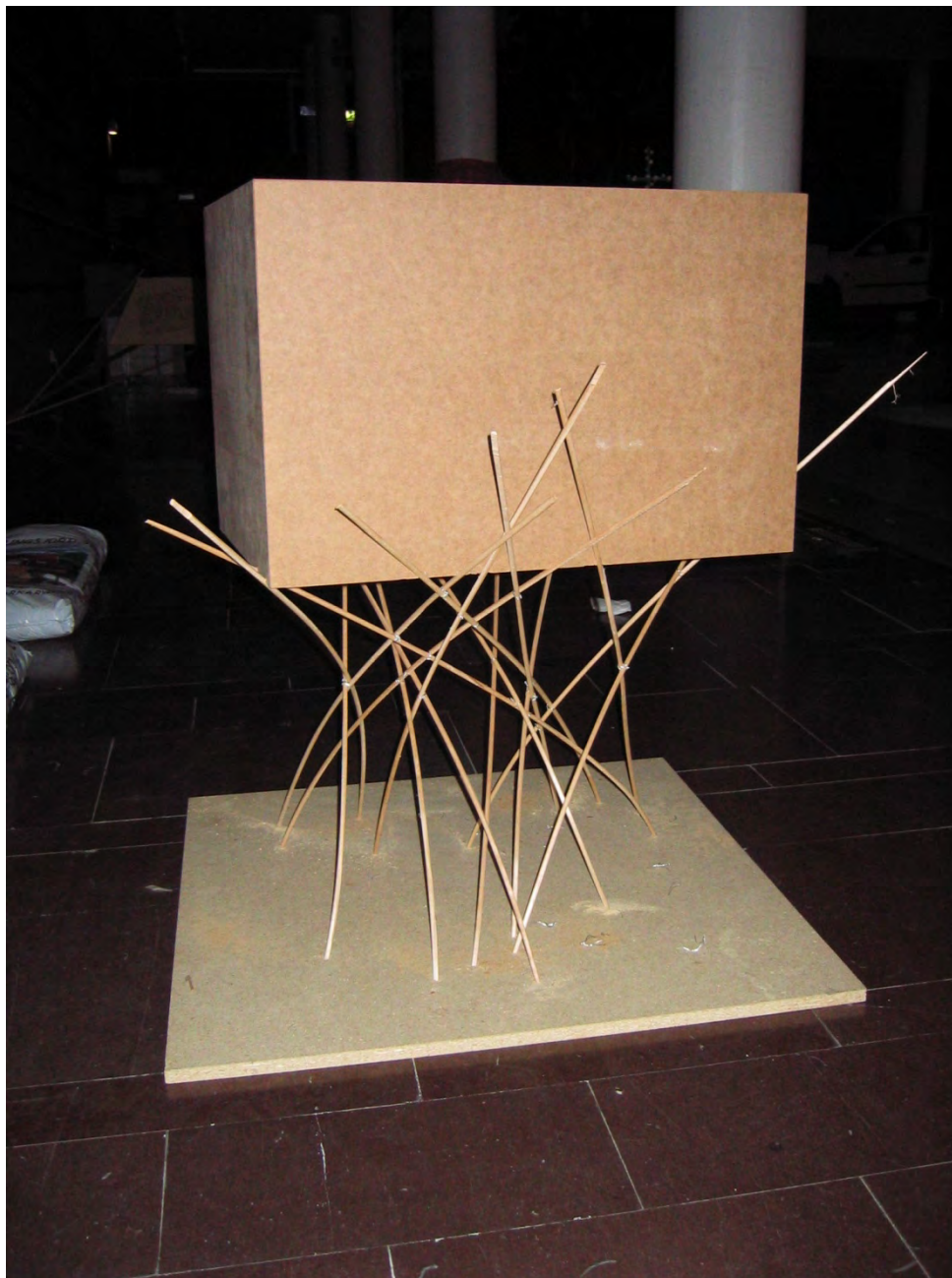
Meknism



Statiskt bestämd



Statiskt obestämd



Fler stöd
än nödvändigt
för yttre stabilitet

Kroppen är
yttre stabil
och
yttre statiskt obestämd



För få stöd
för yttre stabilitet

ger rörelse

-

en *yttre mekanism*

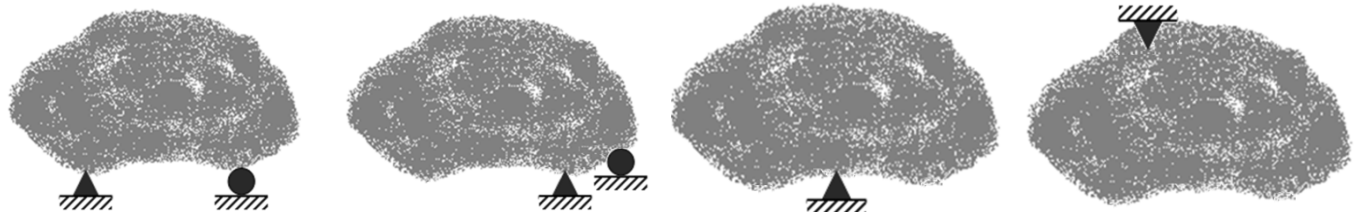
storefront for art and architecture, new york, 1993
steven holl & vito acconti

STRUKTURERS GRAMMATIK

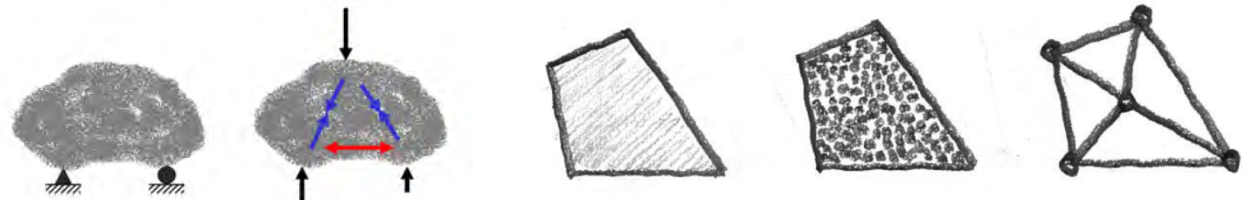
MÄNNISKA
gravitationen
som livsmiljö

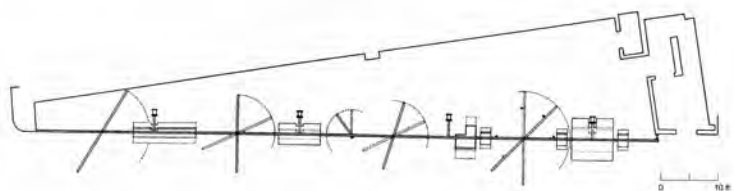


MATERIELL
KROPP
balans
stabilitet
rörelse

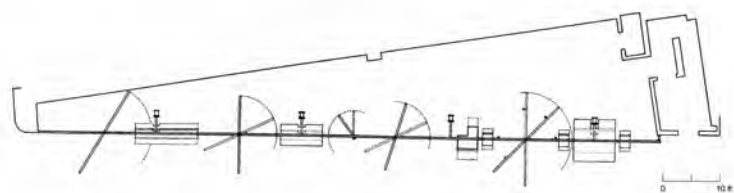


STRUKTUR
topologi
inre stabilitet
kraftmönster
effektivitet



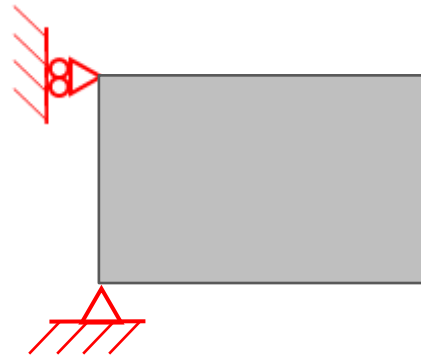
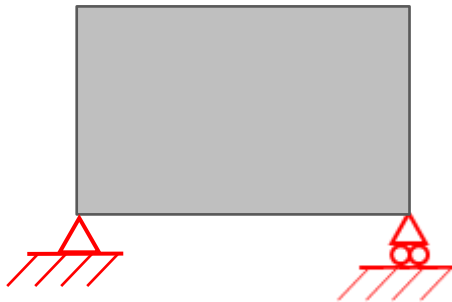
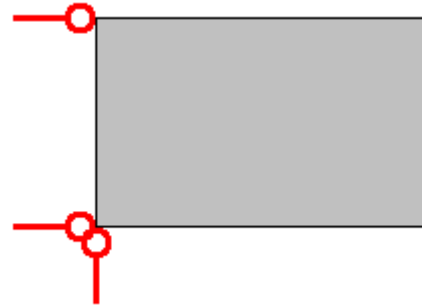
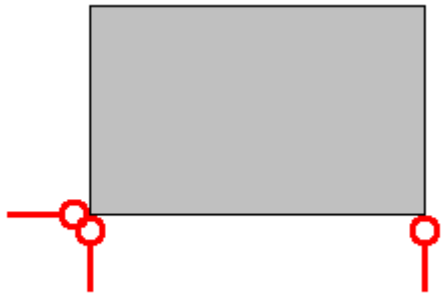


"The interactive dynamic of the gallery argued for an inside-out facade, which addresses insular art and turns it out to the public street."

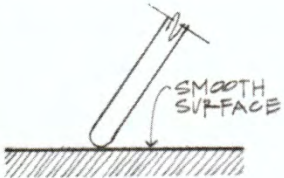
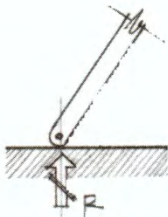
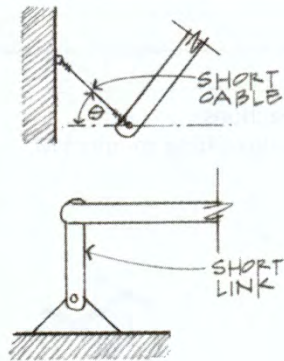
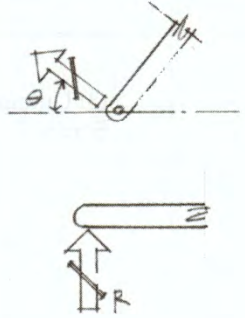


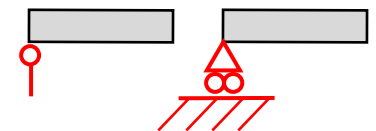
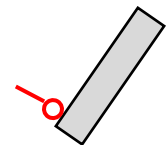
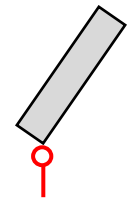


Vanliga ingenjörssymboler för stöd



Den enklaste formen av stöd – en låst rörelsefrihetsgrad

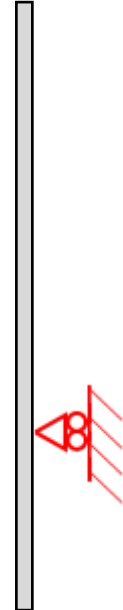
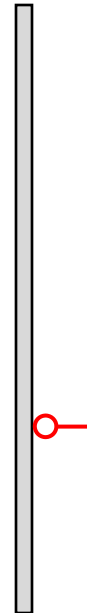
Idealized Symbol	Reactions	Number of Unknowns
		(1) Reaction is perpendicular to the surface at the point of contact.
		(1) The reaction force acts in the direction of the cable or link.



Rullager



Mortensrud kirke
Oslo
Jan Olav Jensen

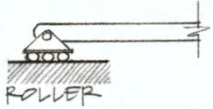
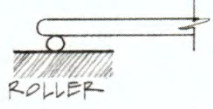
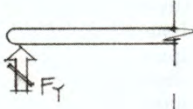
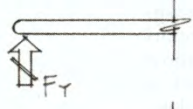
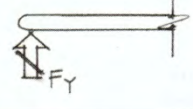


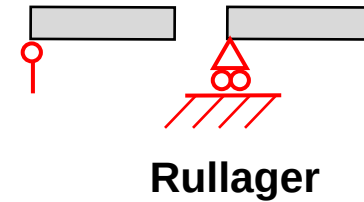


Vierendeelbridge
Lanaken

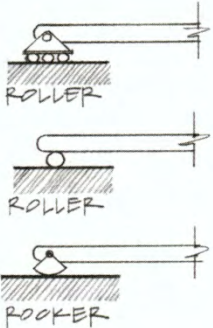
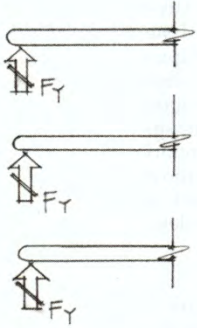
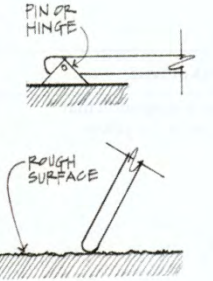
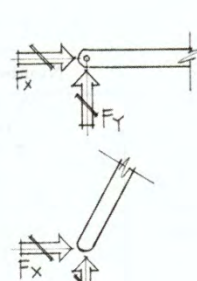
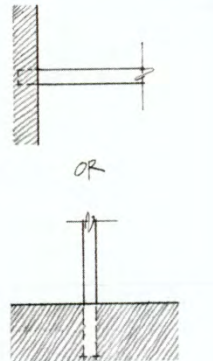
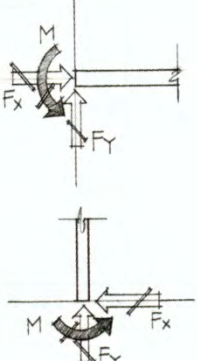


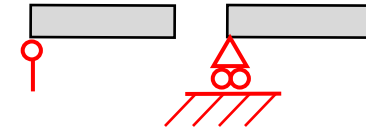
En låst frihetsgrad – fler eksempel

Idealized Symbol	Reactions	Number of Unknowns
  	  	(1) Reaction is perpendicular to the supporting surface.



Fler typer av stöd

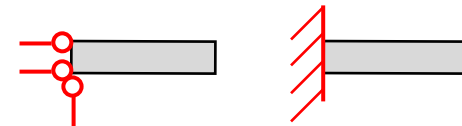
Idealized Symbol	Reactions	Number of Unknowns
 ROLLER ROLLER ROLLER	 F_y F_y F_y	(1) Reaction is perpendicular to the supporting surface.
 PIN OR HINGE ROUGH SURFACE	 F_x F_y F_x F_y	(2) Unknown reactions. F_x and F_y.
 OR	 M F_x F_y M F_x F_y	(3) Unknown reactions. Forces F_x, F_y, and resisting moment M.



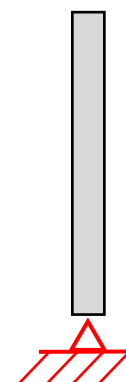
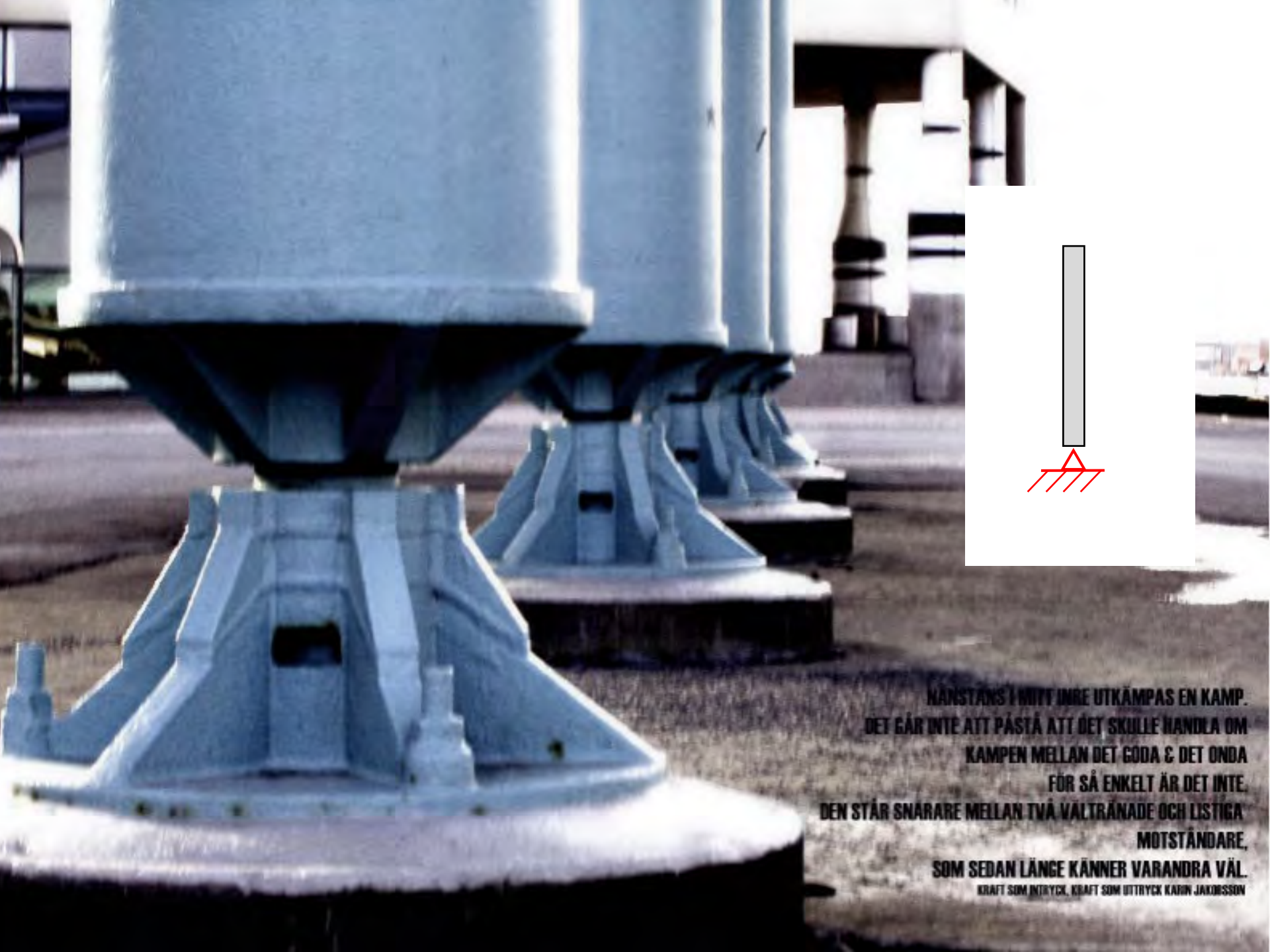
Rullager



Fixlager



Fast inspänning



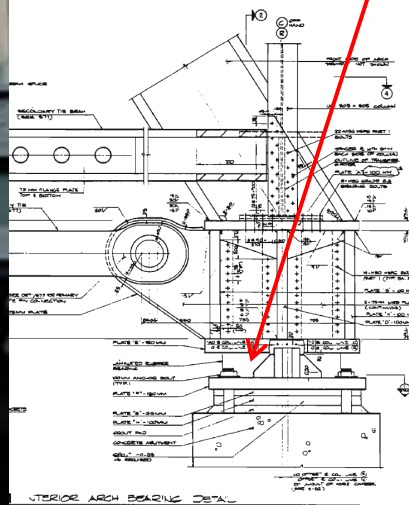
NANSTANS I HJUTT INRE UTKÄMPAS EN KAMP.
DET GÅR INTE ATT PÅSTÅ ATT DET SKULLE HANDLA OM
KAMPEN MELLAN DET GODA & DET ONDA
FÖR SÅ ENKELT ÄR DET INTE.
DEN STÅR SNARARE MELLAN TVÅ VALTRÄNADE OCH LISTIGA
MOTSTÅNDARE,
SOM SEDAN LÄNGE KÄNNER VARANDRA VÄL.
KRAFT SOM INTRYCK, KRAFT SOM UTTRYCK KARIN JAKOBSSON



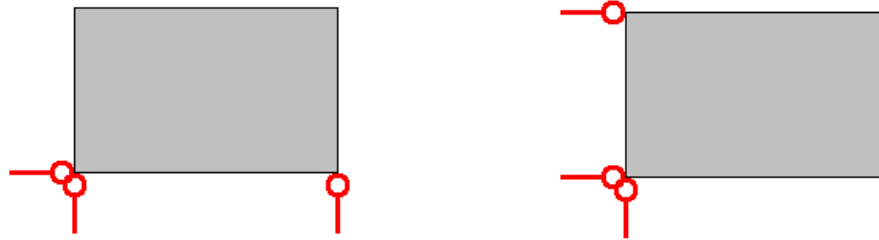
Broadgate Exchange House
London
SOM



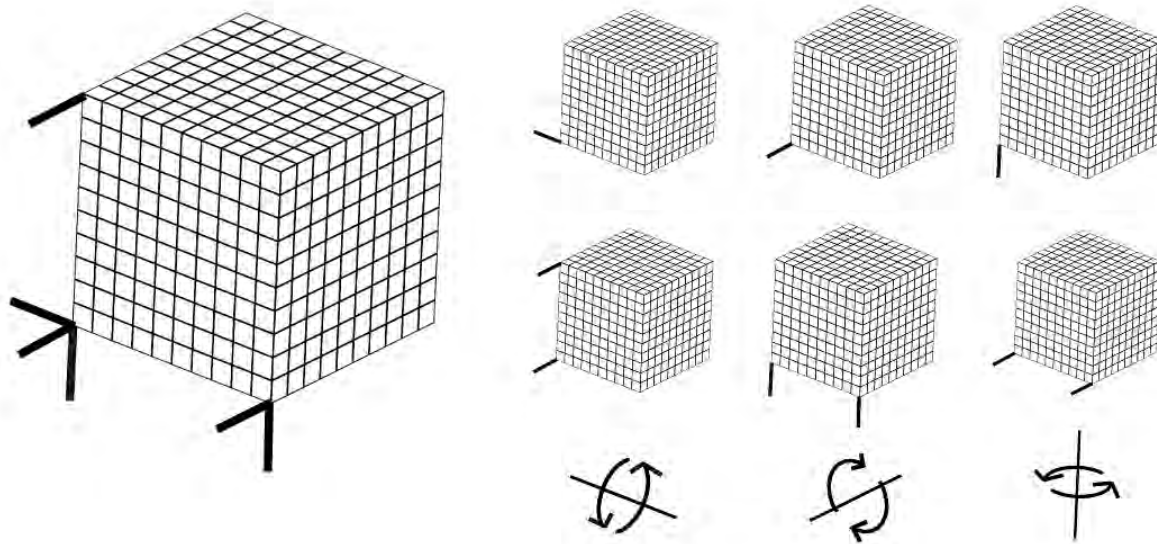
Laminat gummi



2D kropp – yttre stabilitet

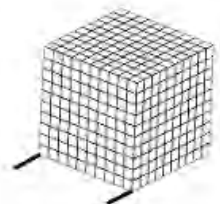
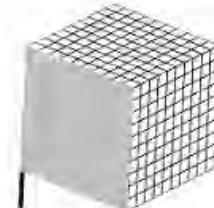
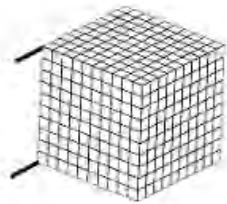
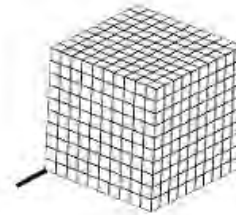
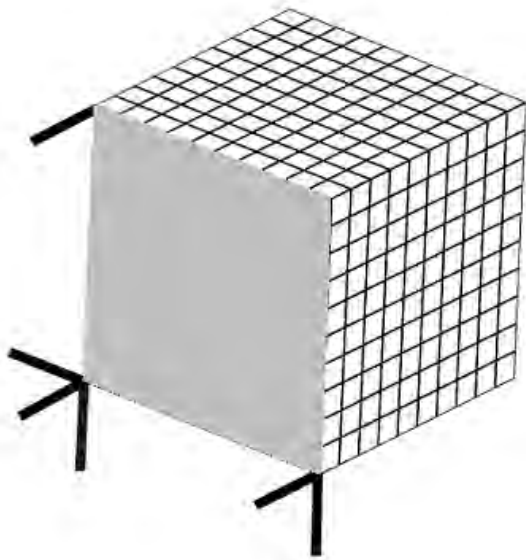


3D kropp – yttre stabilitet

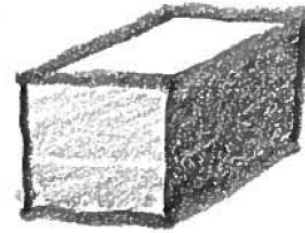


minst **sex låsta rörelser** behövs
i tre riktningar och för tre rotationer

2D-projektioner av 3D



1. Kroppars dimensioner - punkter, linjer, ytor och 3D kroppar och deras yttre stöd



Betrakta en 0-dimensionell punkt, en 1-dimensionell linje, en 2-dimensionell yta och en 3-dimensionell kropp.

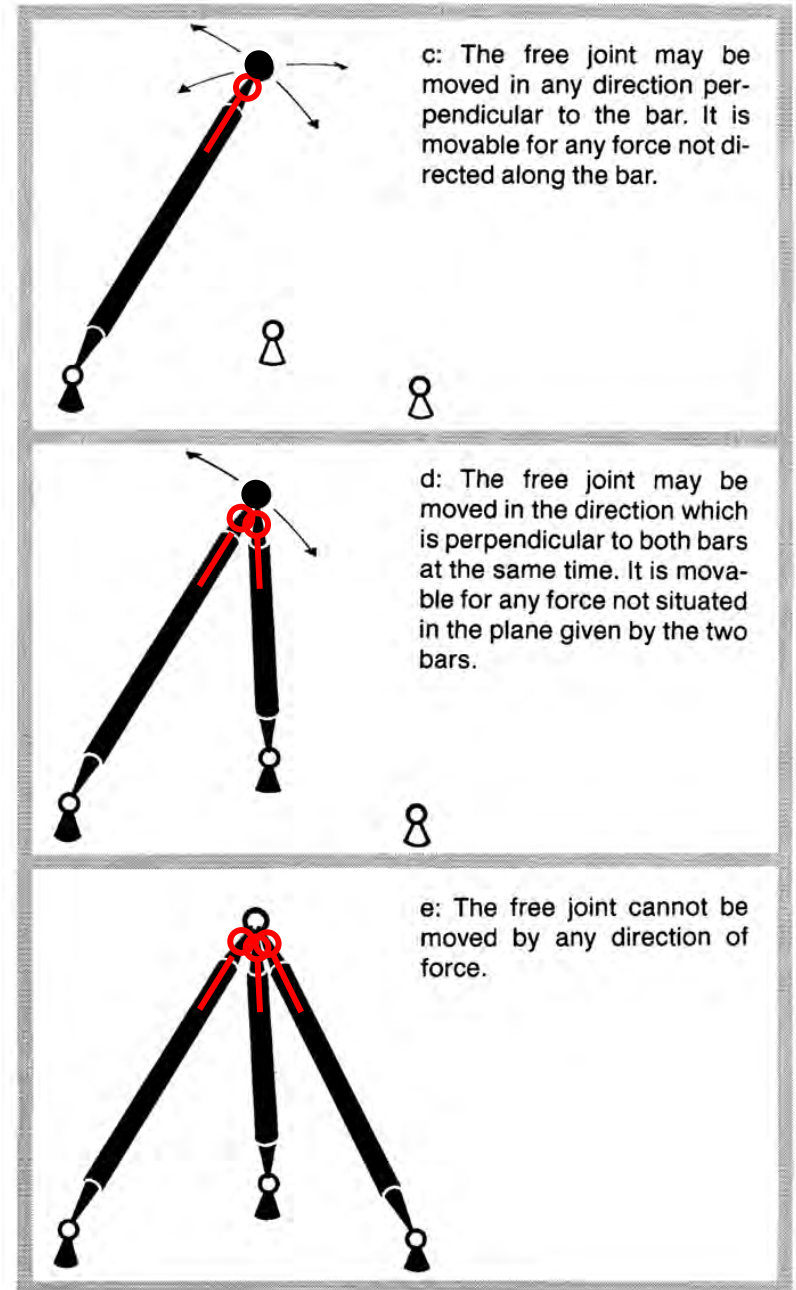
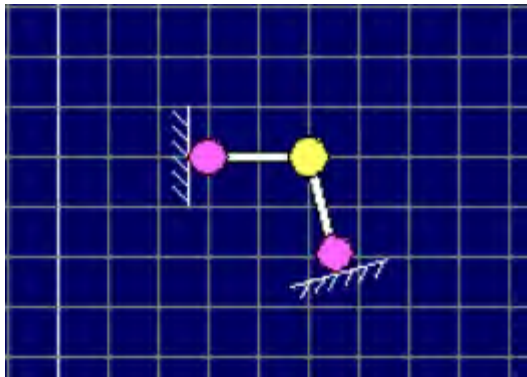
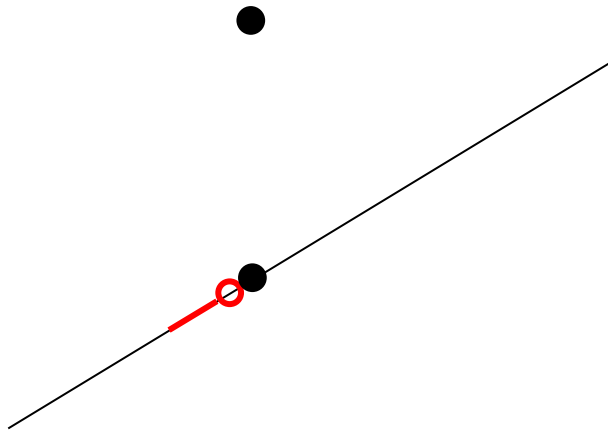
Hur många yttre stöd (nycklar) behövs minst för att en punkt, en linje, en yta och en 3D kropp ska vara yttre stabil i en 3D rymd?

pointSketch arbetar i ett 2D plan.

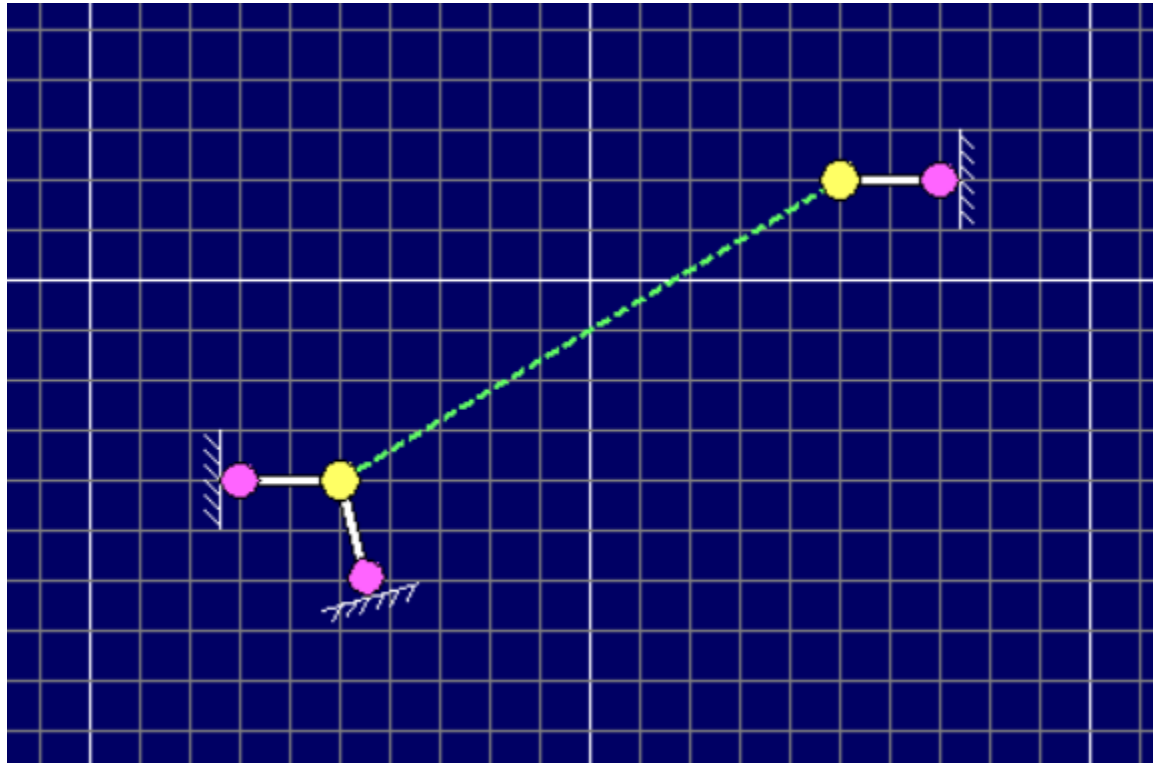
Hur många yttre stöd (nycklar) behövs minst för att motsvarande "kroppar" ska vara yttre stabila här?

Pröva!

Kroppar (här 0D) i olika rumsliga dimensioner



1D kropp i 2D rum

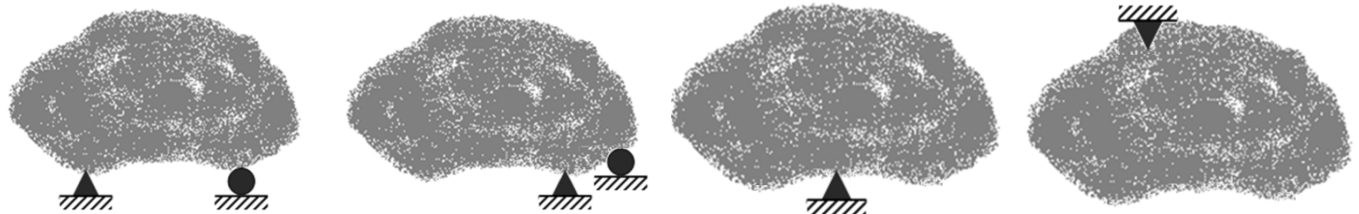


STRUKTURERS GRAMMATIK

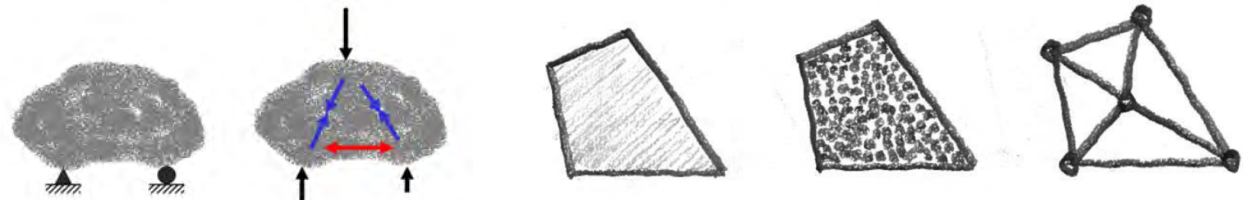
MÄNNISKA
gravitationen
som livsmiljö



MATERIELL
KROPP
balans
stabilitet
rörelse

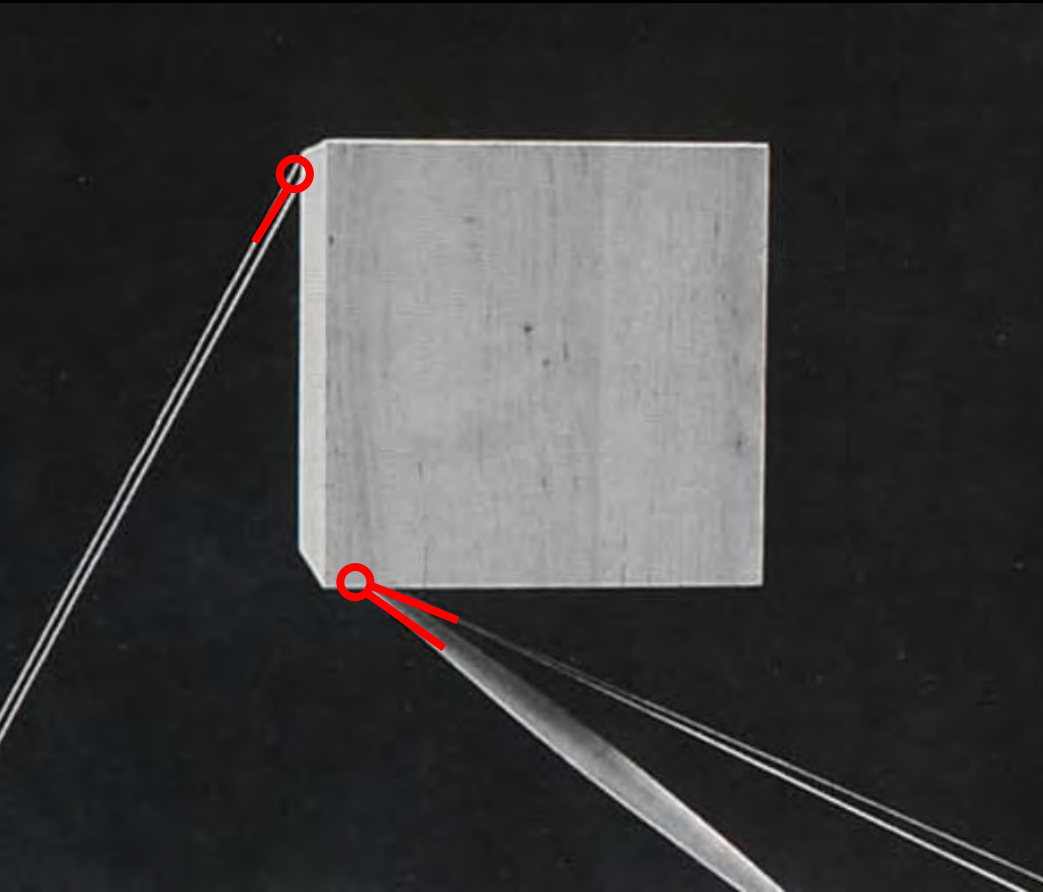


STRUKTUR
topologi
inre stabilitet
kraftmönster
effektivitet



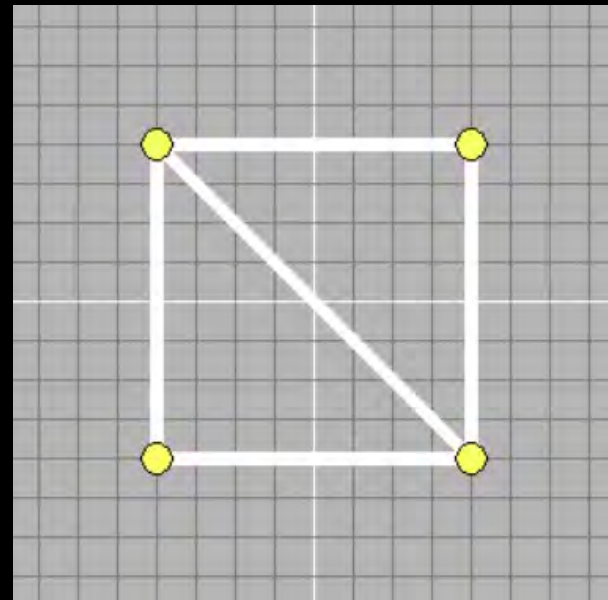
YTTRE STABILITET

tillräckligt med
yttre stöd

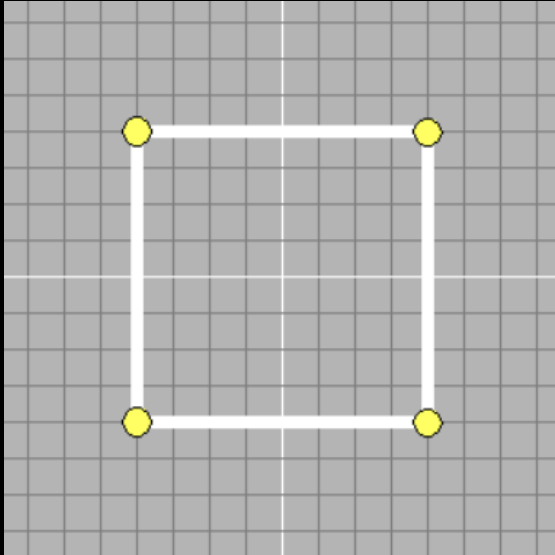


INRE STABILITET

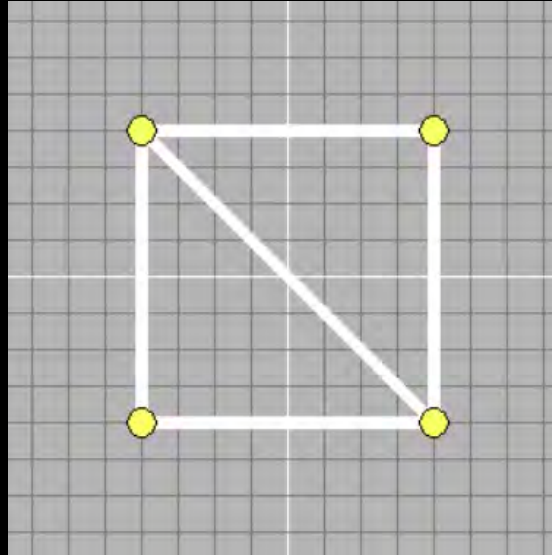
tillräckligt antal inre element
klokt kopplade till varandra



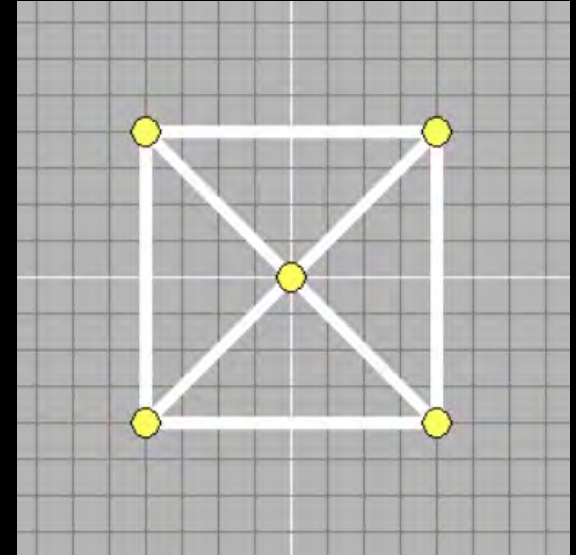
INRE STABILITET



Meknism



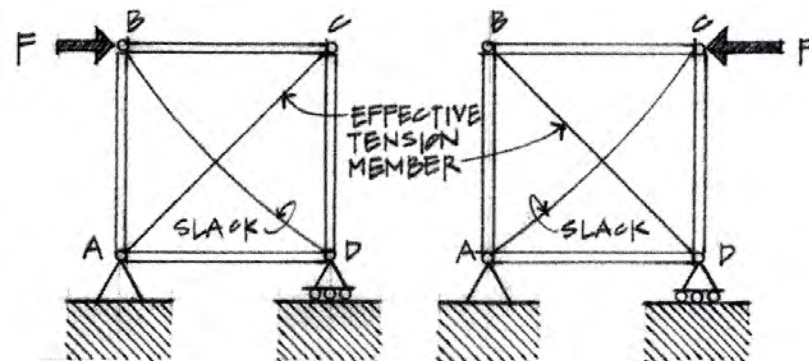
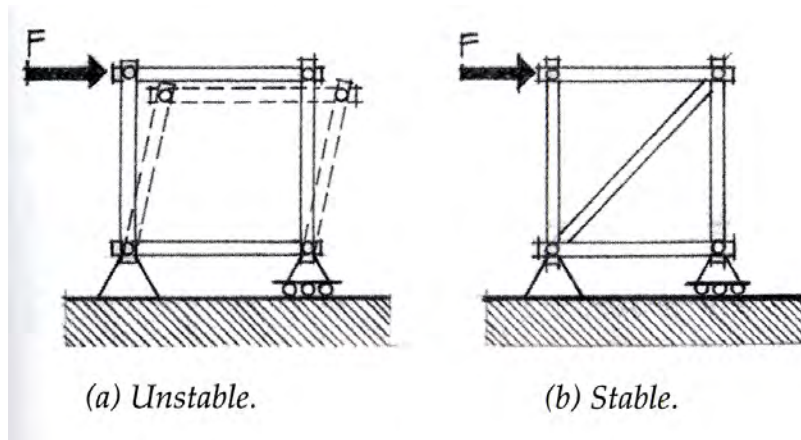
Statiskt bestämd



Statiskt obestämd

Begreppen inre mekanism och inre stabilitet

Inre mekanism!



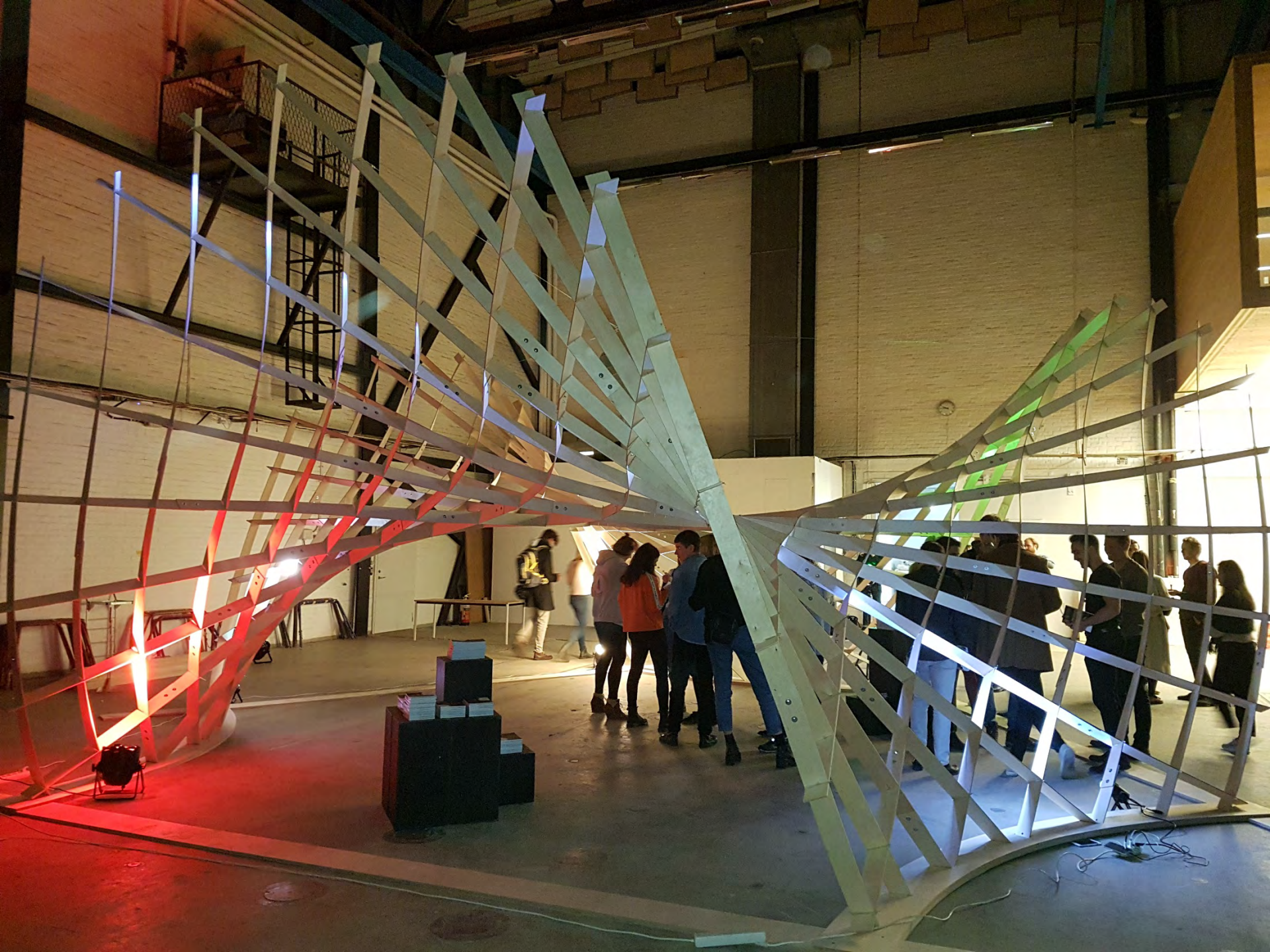




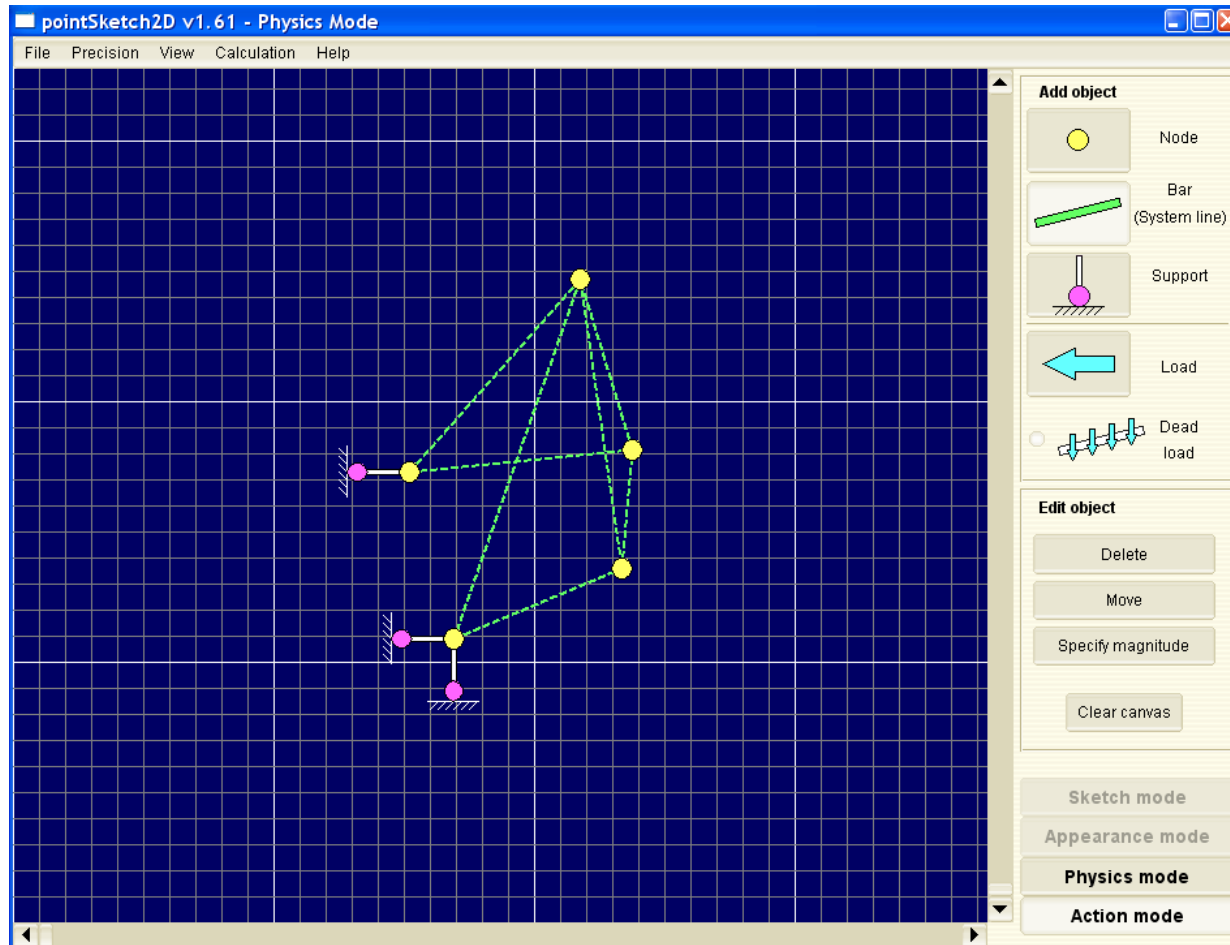
Jämför med Universeums gångbroar!



SIMULATING ERECTION OF ASYMPTOTIC GRIDSHELL
ADIELS, BRANDT, ISAKSSON, NÄSLUND, POULSEN



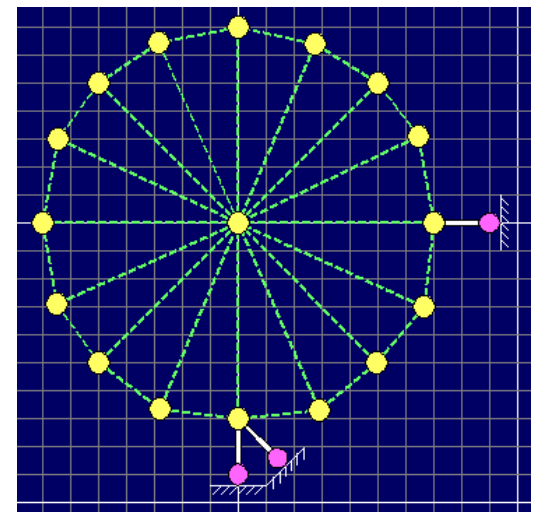
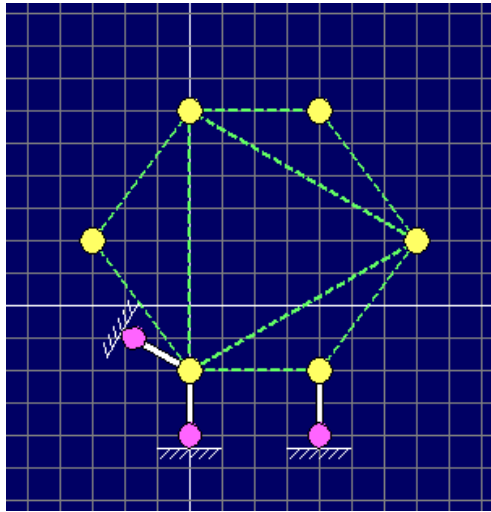
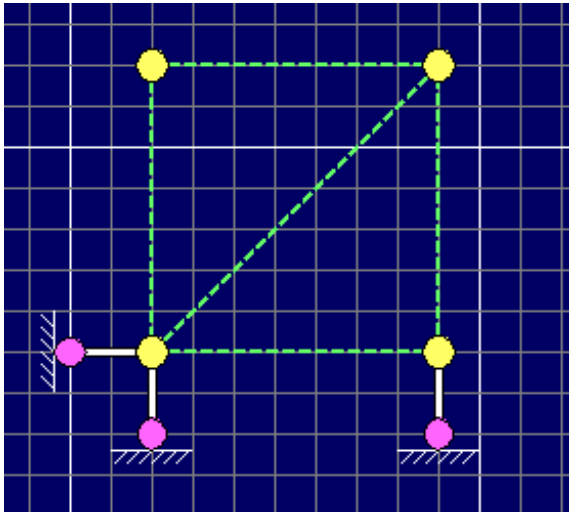
Inre stabilitet kan studeras i pointSketch



**Kroppars
verkningsätt**
yttre stabilitet
rörelsemönster
kraftbalanser

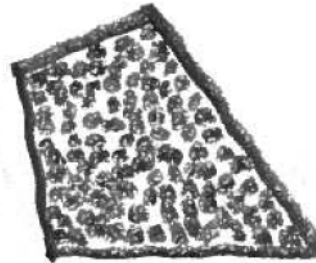
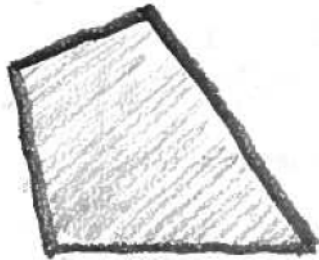
**Strukturers
verkningsätt**
inre stabilitet
kraftmönster
tryck/drag

För alla konstruktionstyper och former i 2D
utom linkonstruktioner



Experiment i pointSketch kring former och strukturers inre stabilitet

2. Två-dimensionella ytor byggda som strukturer - inre och yttre stabilitet

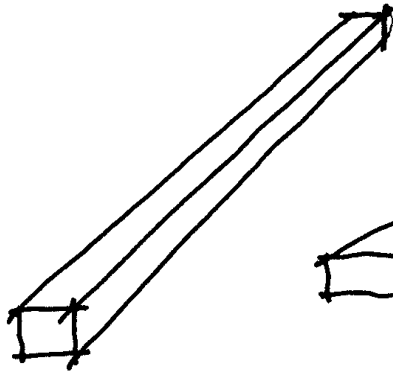


Experimentera i pointSketch och skapa olika *inre stabila* 2D ytor,
t.ex. *kvadrat*, *rektangel*, *pentagon*, *hexagon* och *cirkel*.

Använd så få inre stänger som möjligt
för att respektive kropp ska vara *inre stabil*.

Lägg till tre nycklar för att göra kroppen *yttre stabil*.

Strukturelement sorterade efter kroppens dimensioner ...



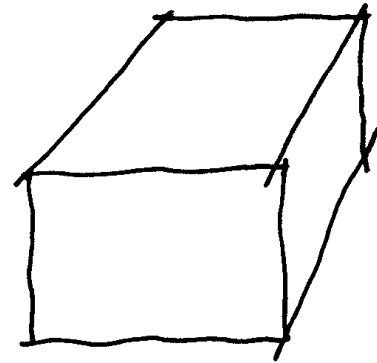
1-dim

Stång
Balk



2-dim

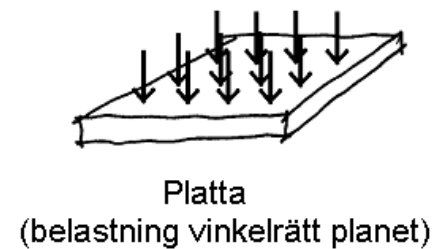
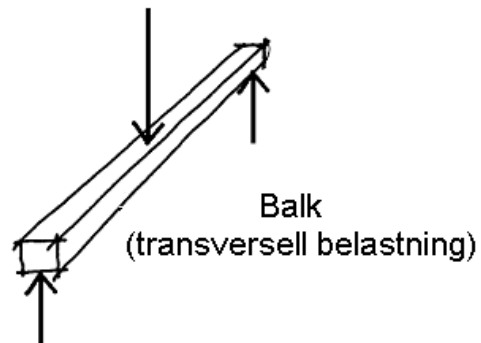
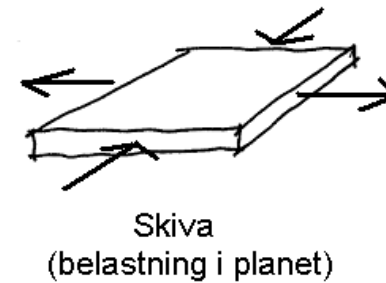
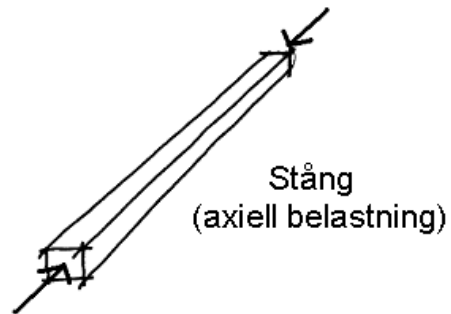
Skiva
Platta



3-dim

Solid

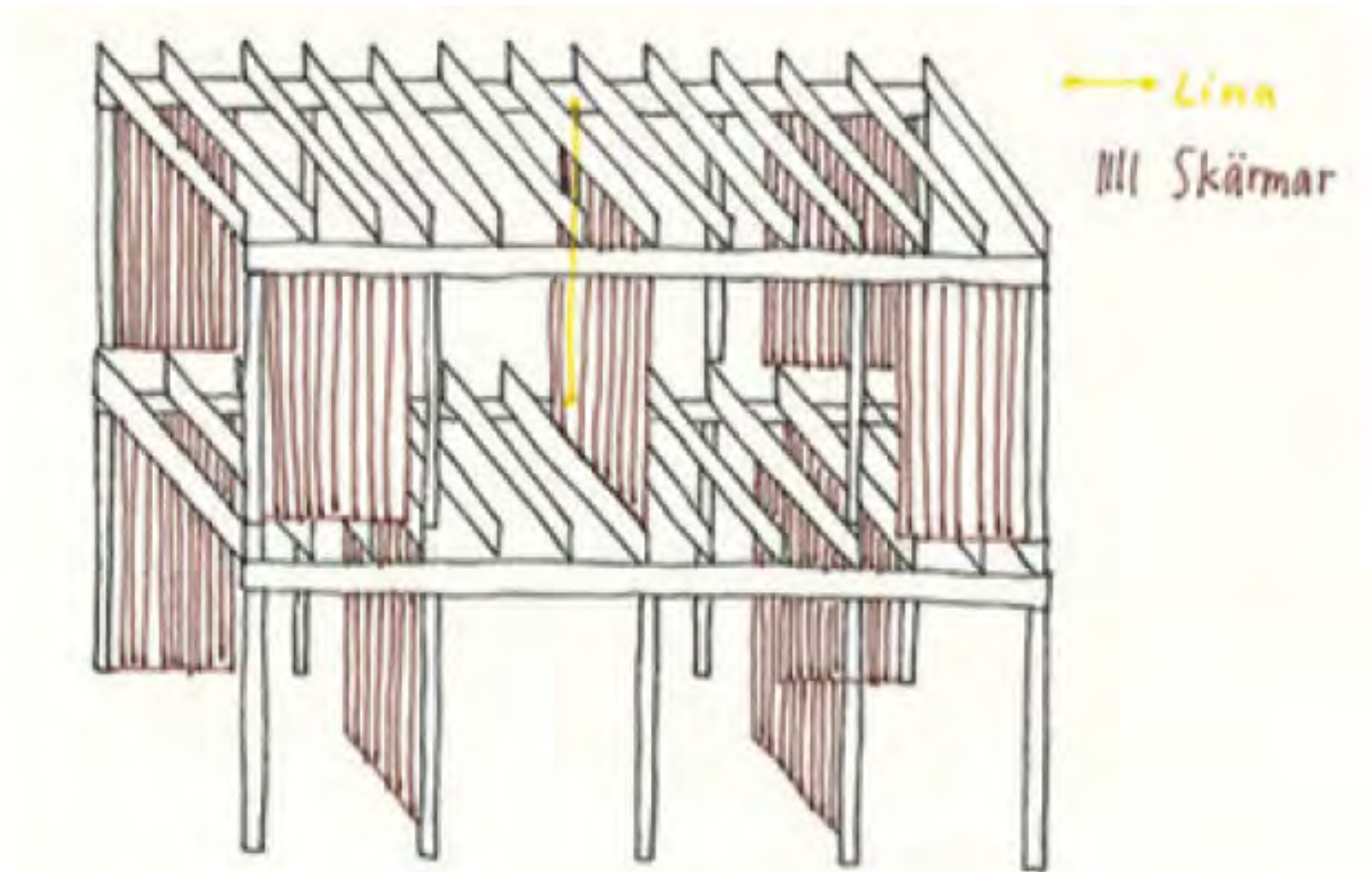
... och hur last är riktad relativt dessa dimensioner

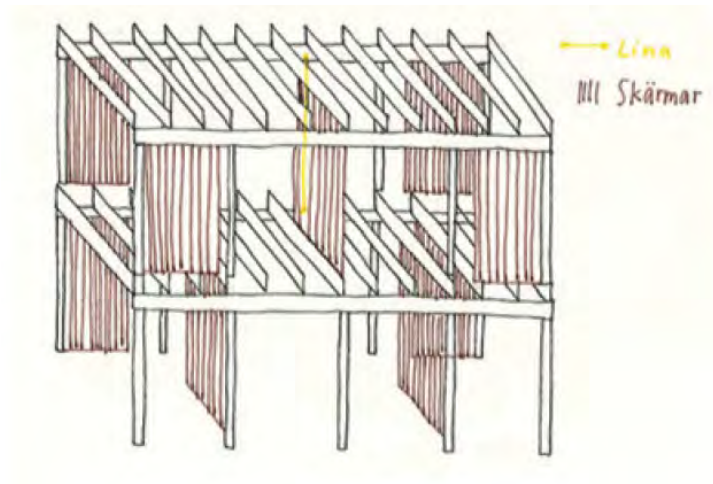


Strukturelement

stänger, balkar, (plattor) och skivor

fyra grundtyper av kroppar som bygger en struktur

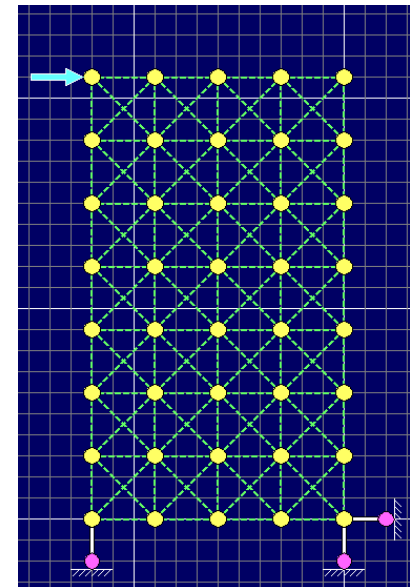
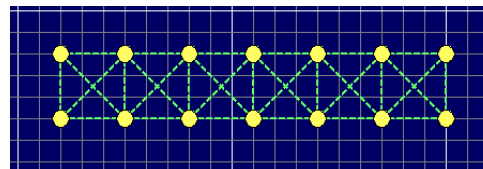
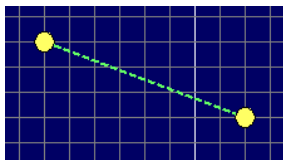
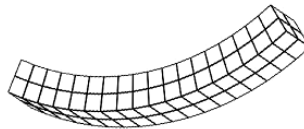
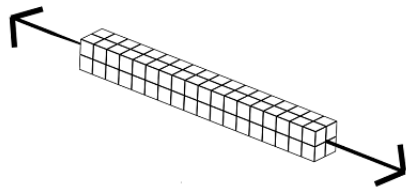




Stång

Balk

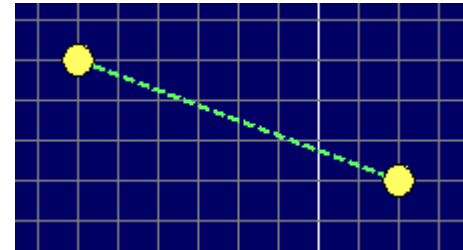
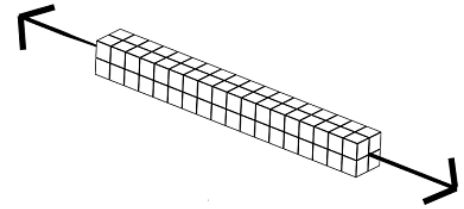
Skiva



Stång

1D strukturelement
verkningsätt **tryck** och **drag**

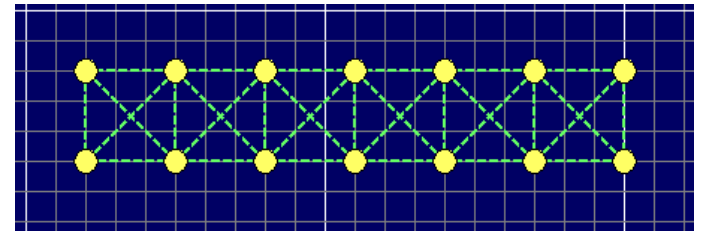
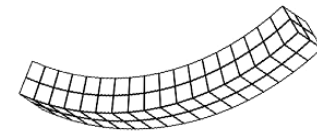
en linje räcker



Balk

1D strukturelement
verkningsätt **böjning**
- en kombination
av **tryck** och **drag**

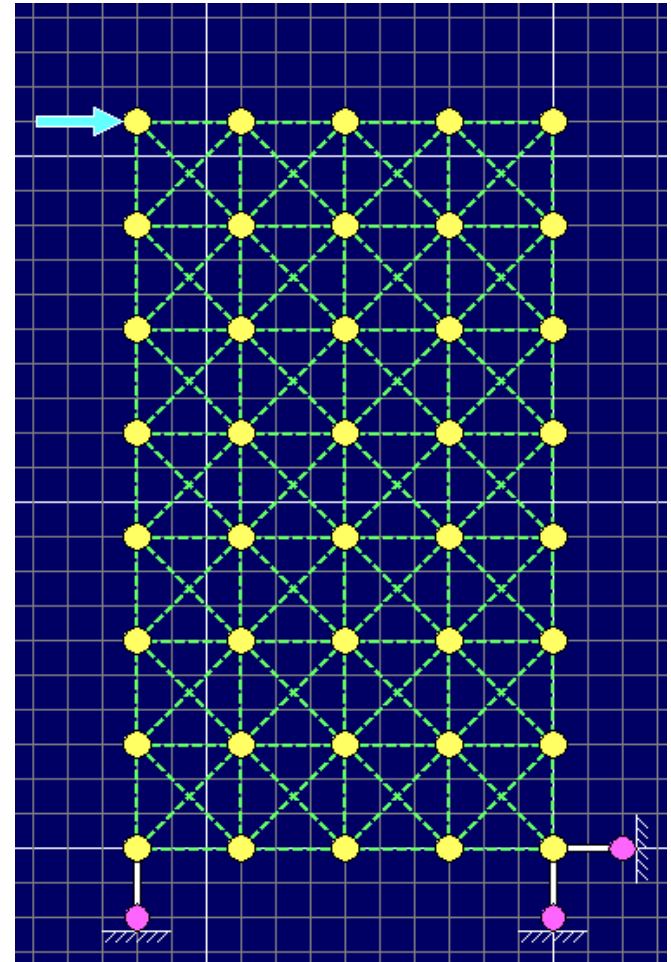
byggs i pointSketch av
kvadrater med kryss



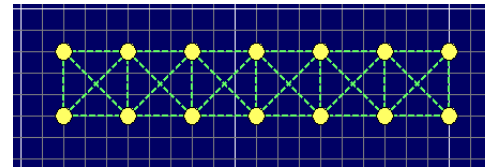
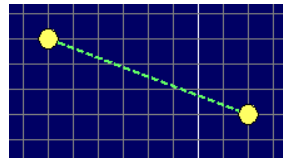
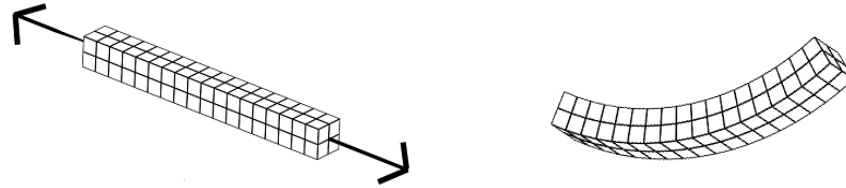
Skiva

2D strukturelement
verkningsätt **tryck** och **drag**

Byggs i pointSketch
av kvadrater
med kryss



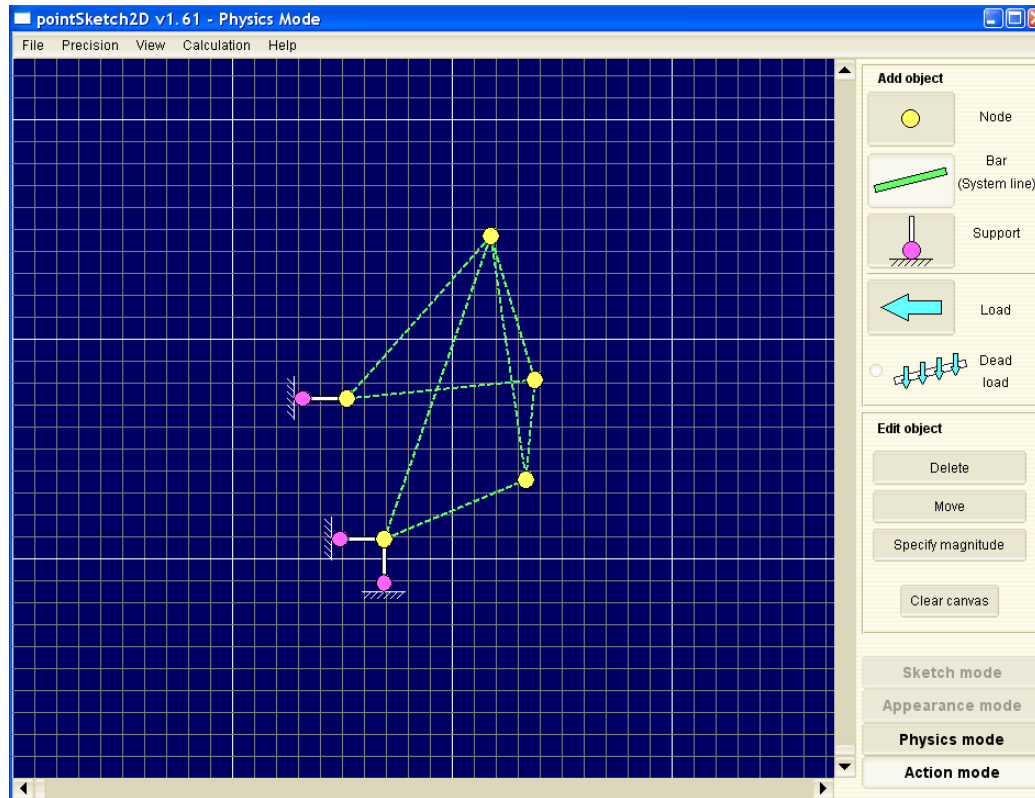
3. Strukturelementen stång och balk



Skapa i pointSketch en **stång**. Gör den yttre stabil med hjälp av tre nycklar. Belasta den så att den blir **tryckt** respektive **dragen**.

Bygg i pointSketch en **balk**. Gör den yttre stabil med hjälp av tre nycklar. Belasta den vinkelrätt sin längsriktning och studera dess inre kraftmönster (**tryck** och **drag**) och dess böjning.

Stänger (strukturelement) sammansatta till en struktur - ett **fackverk**



pointSketch grundelementet är en **stång**
Strukturer uppbyggda av stänger
kallas allmänt för **fackverk**

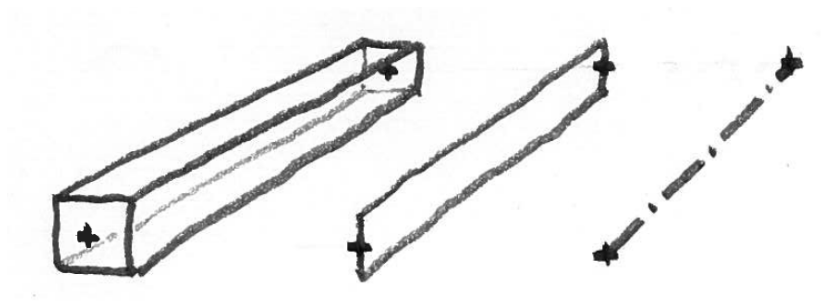
4. Strukturtypen fackverk



Leta efter verkliga fackverk.

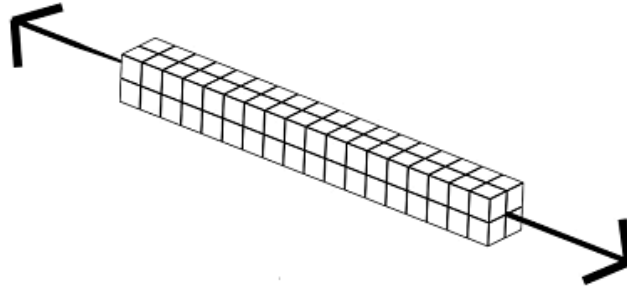
Bygg i pointSketch upp en
2D *representation*
av ett sådant fackverk.

Representationer av en 3D kropp och mer om olika balktyper

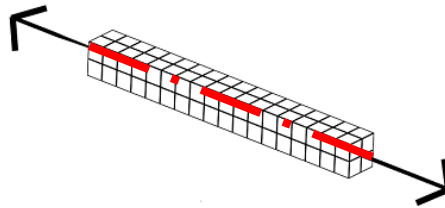
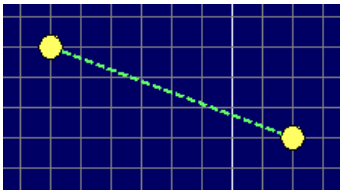


3D kropp som 2D yta och som 1D *systemlinje*

Tryck och drag (stångverkan)

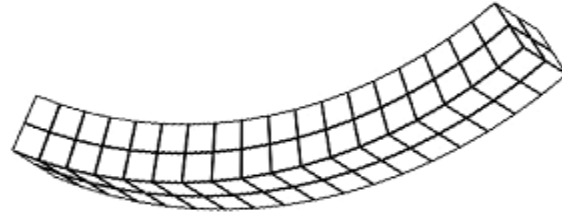


3D

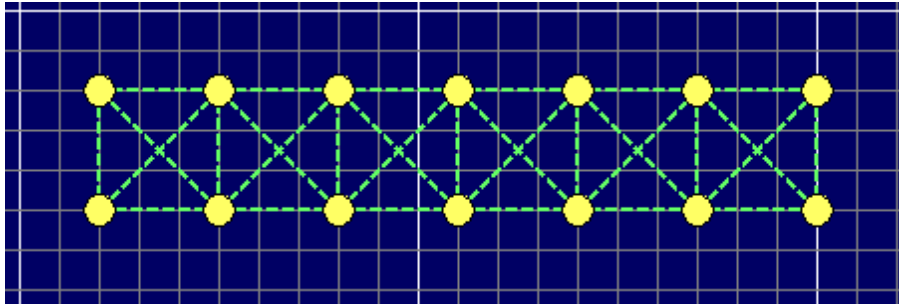


1D representation
systemlinje

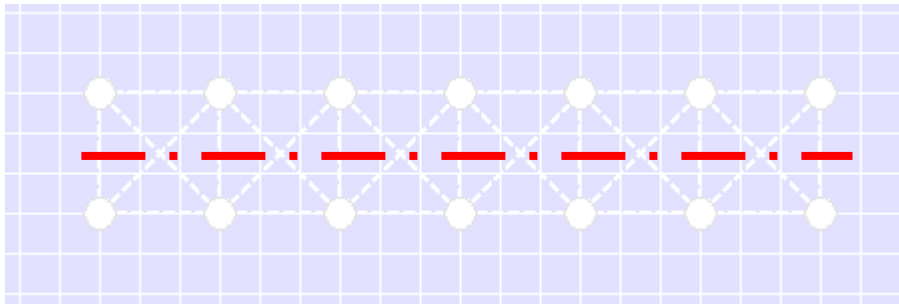
Böjning (balkverkan)



3D



2D representation

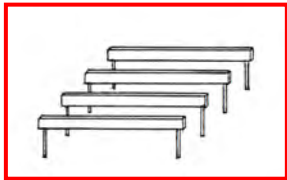


1D representation
systemlinje

Olika balktyper

3.1 Balken-Systeme / Beam systems

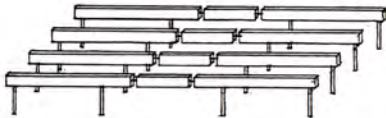
Einfeldbalken
One-bay beam



Durchlaufbalken
Continuous beam



Gelenkbalken
Pin-jointed beam



Kragbalken
Cantilever beam



Fritt upplagd balk

Kontinuerlig balk

Gerber-balk

Konsolbalk

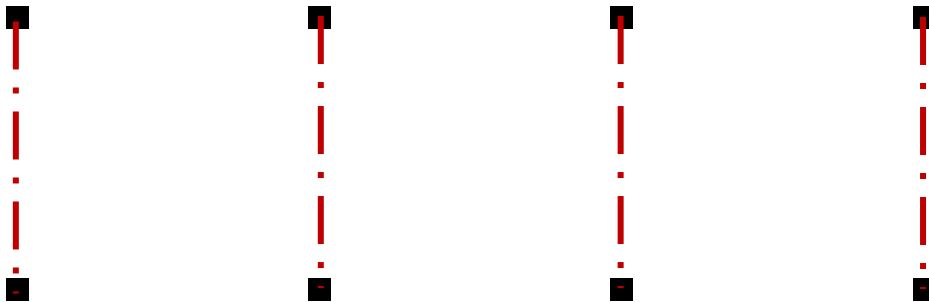


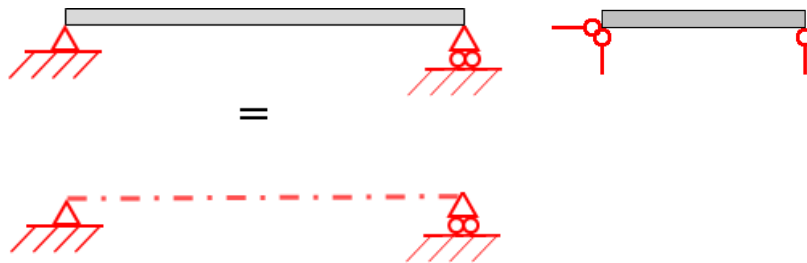
Strukturens logiska
ordning:

■ Vertikala stöd

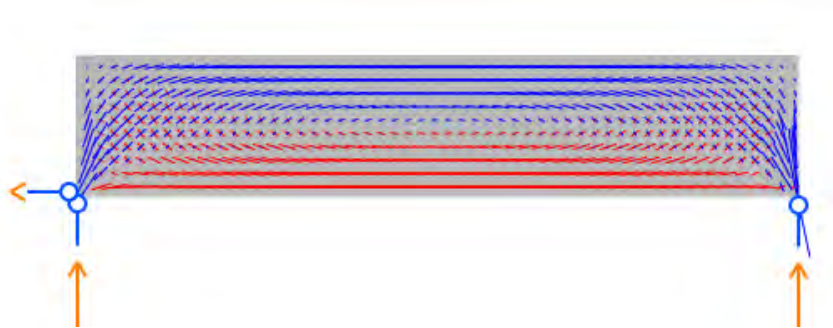
— . — Primärbalkar

"systemlinje"
representerar
balken

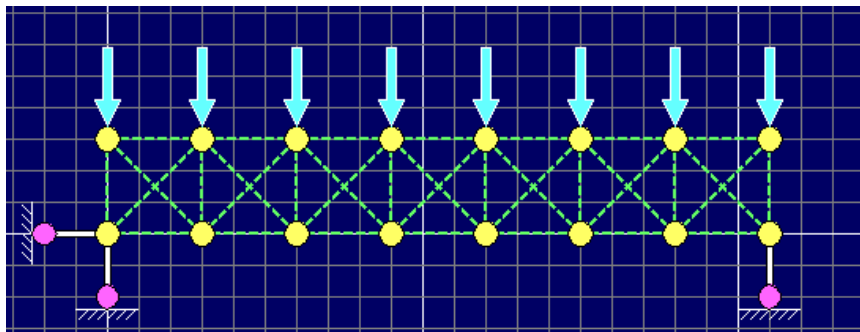




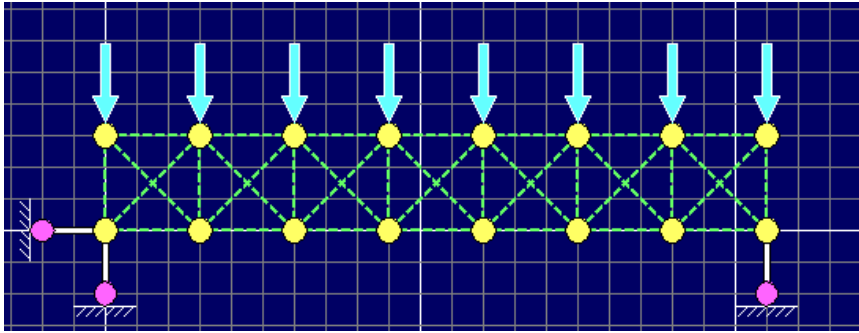
1D systemlinje



2D skiva

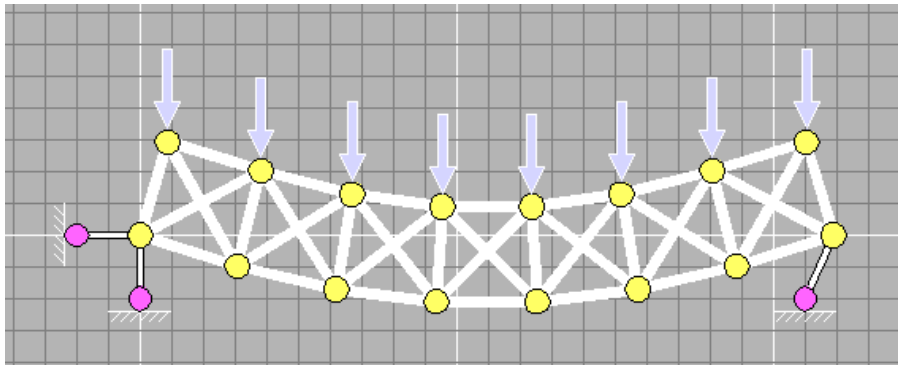
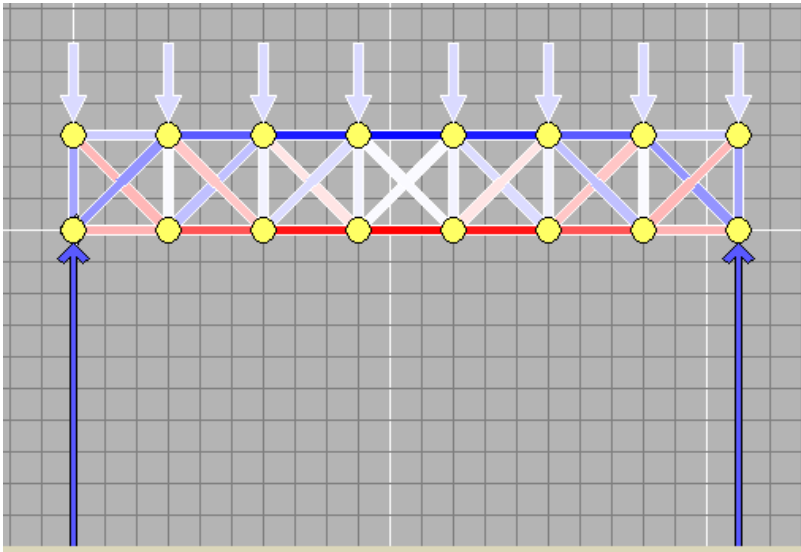


**2D fackverk
(fackverksbalk)**



Fritt upplagd balk i pointSketch

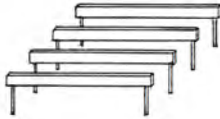
(fackverksbalk)



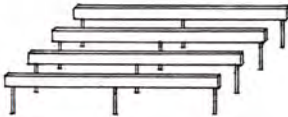
Olika balktyper

3.1 Balken-Systeme / Beam systems

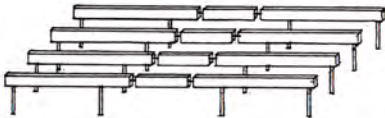
Einfeldbalken
One-bay beam



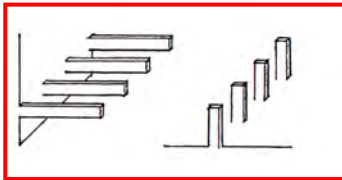
Durchlaufbalken
Continuous beam



Orelenkbalken
Pin-jointed beam



Kragbalken
Cantilever beam

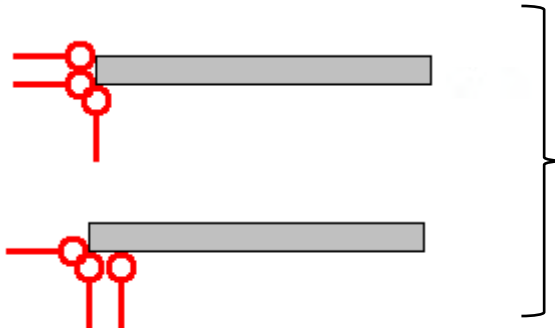


Fritt upplagd balk

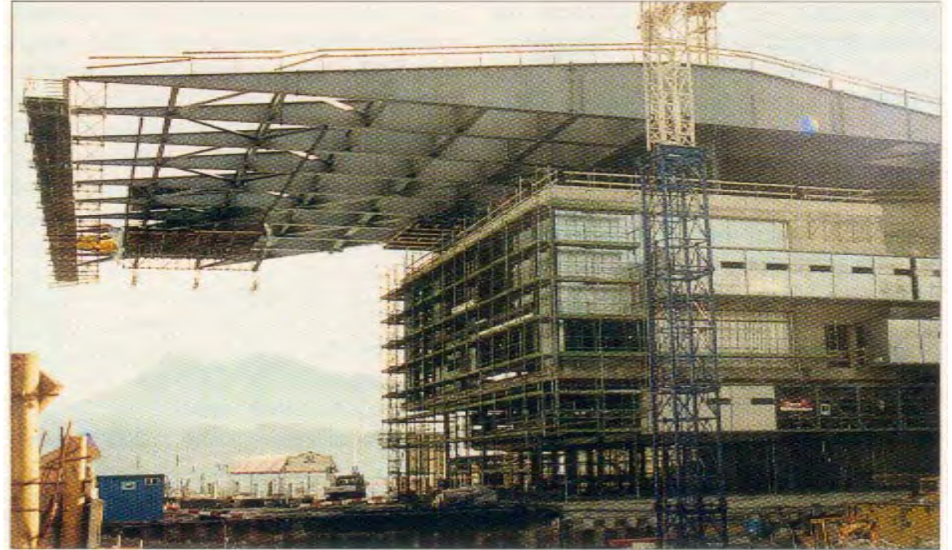
Kontinuerlig balk

Gerber-balk

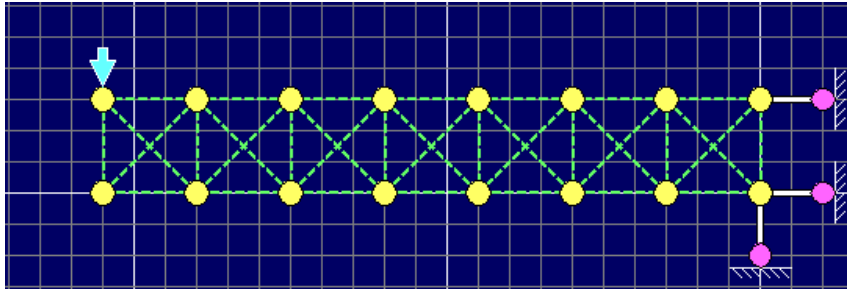
Konsolbalk



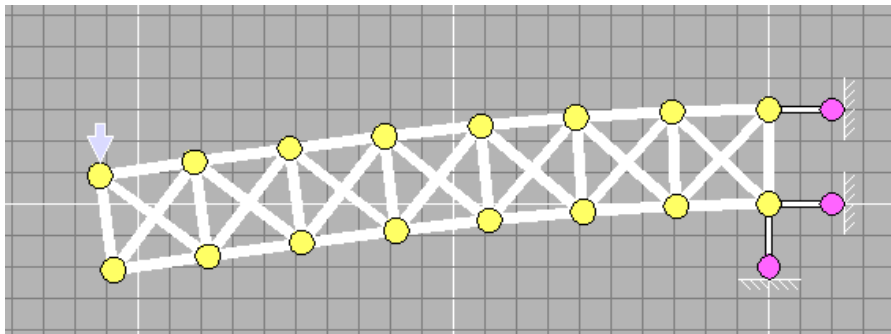
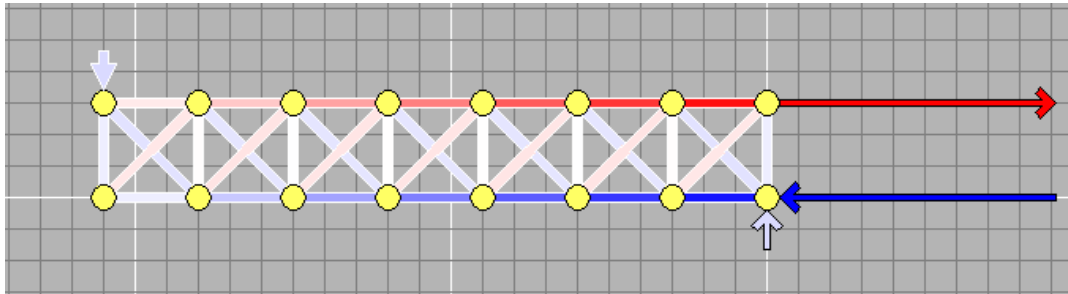
Konsolbalk



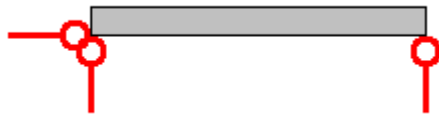
Jean Nouvel
Kongressbyggnad Luzern



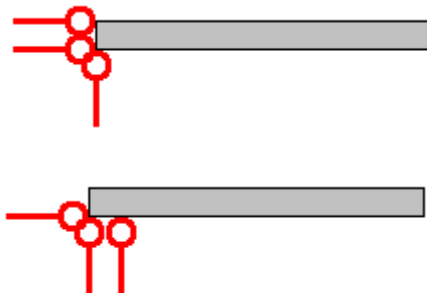
Konsolbalk i pointSketch



Balkars yttre stöd med ingenjörssymboler

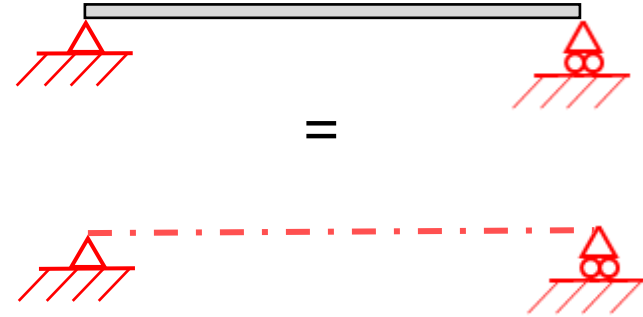
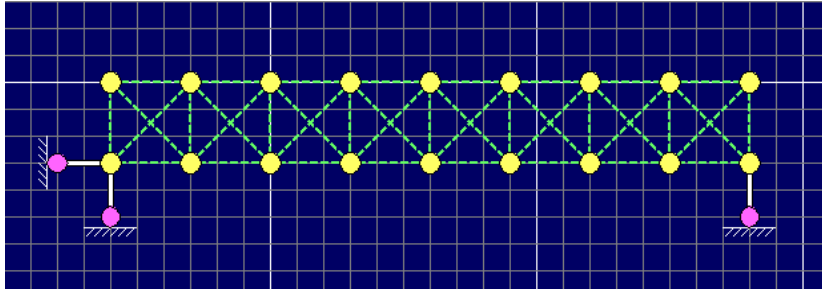


Fritt upplagd balk



Konsolbalk

5. Systemlinjen och ingenjörssymbolerna



Överst till höger visas en typisk ingenjörsskiss av en fritt upplagd balk.
Under den visas ingenjörens beräkningsmodell.

Bygg i pointSketch upp en 2D representation av en balk.

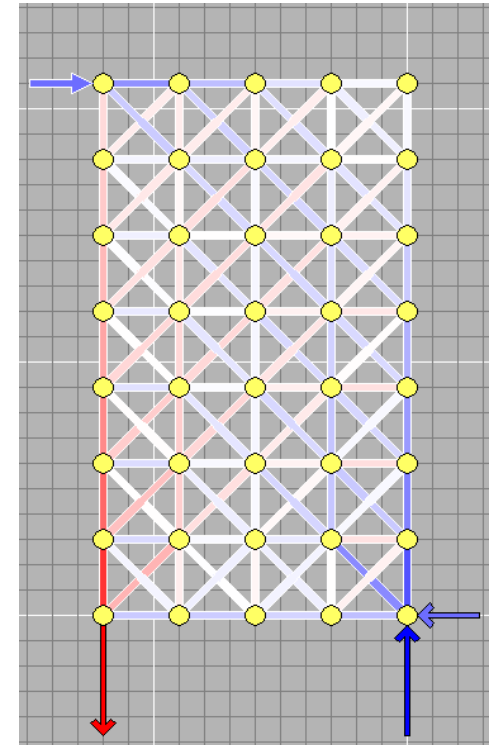
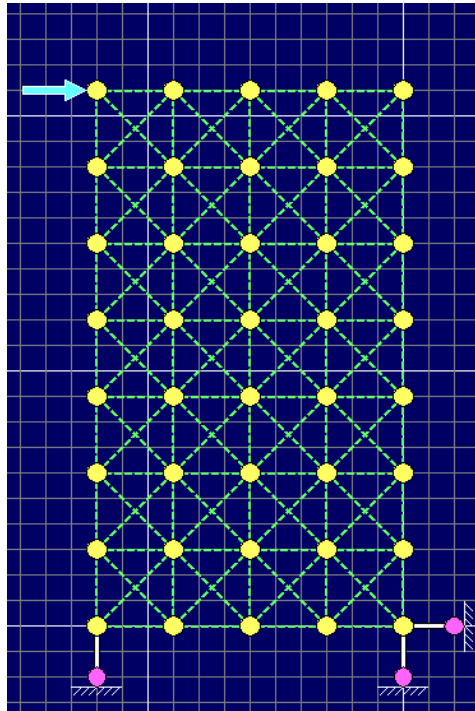
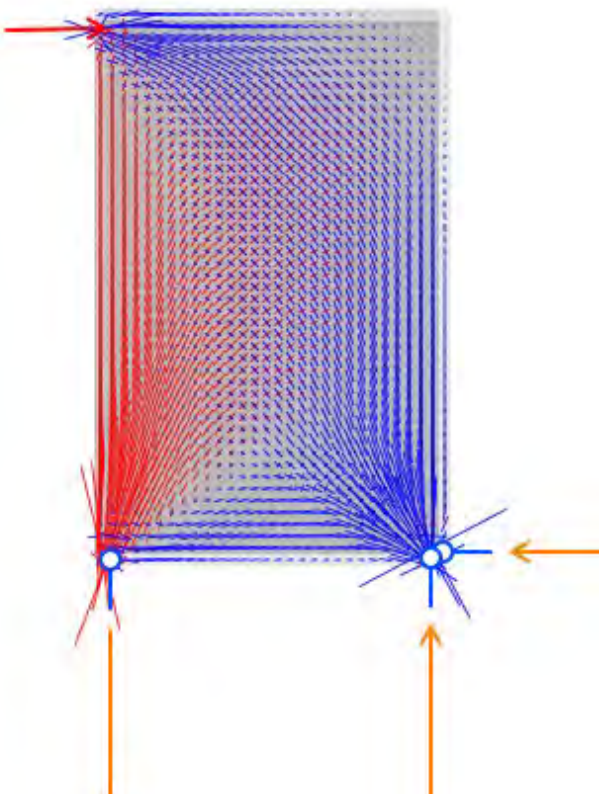
Skapa därefter sju olika balktyper genom att för denna balk välja olika kombinationer av nycklar (i olika riktningar och i olika lägen).

Visa för samma sju balktyper hur dessa beskrivs i en ingenjörsskiss (motsvarande figuren överst till höger).

Namnge balktyperna där det går.

Skivor

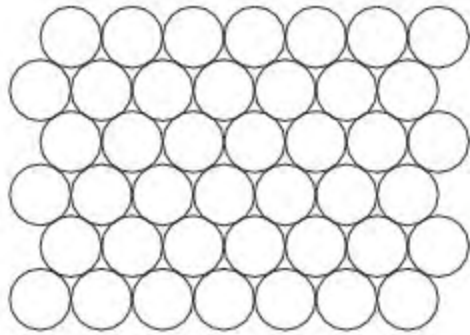
2D strukturelement
verkningsätt **tryck** och **drag**



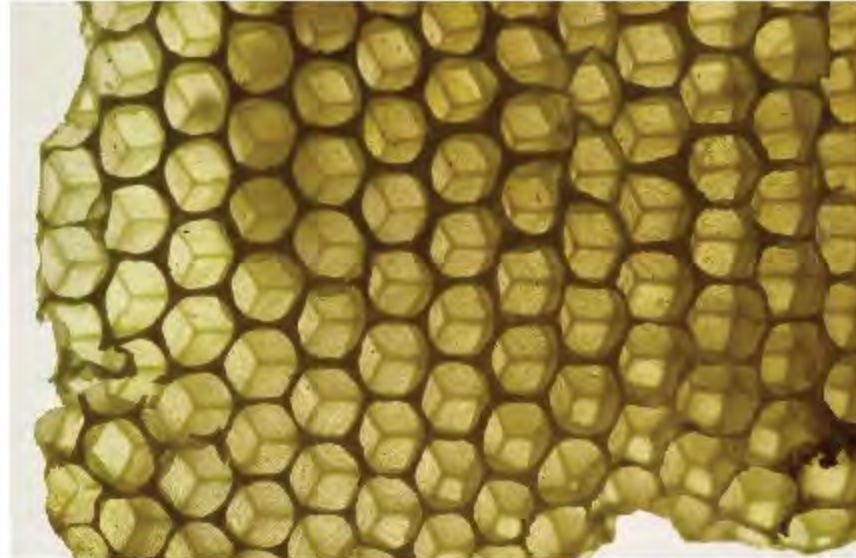
CIRCLE PACKING



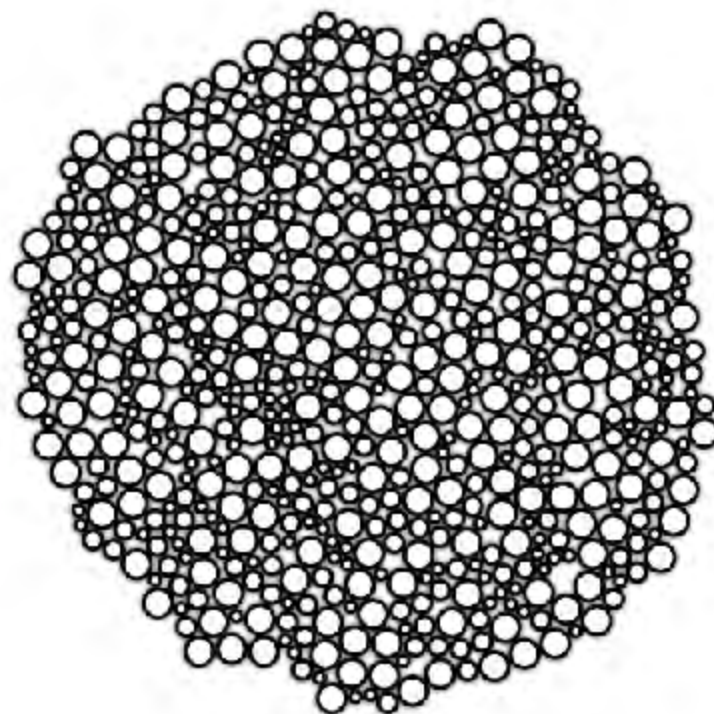
Our concept started out with a very simple idea – to fill a box with circles. The purposes was to examine whether one could use this chaotic pattern of circles to create a supporting structure.



Hexagonal packing

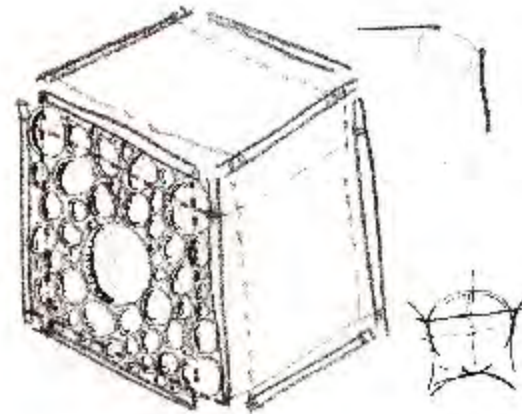
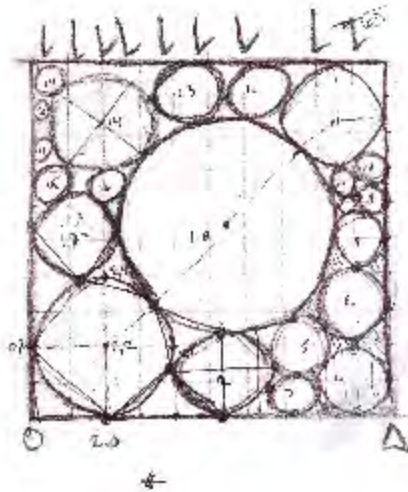


Honeycomb

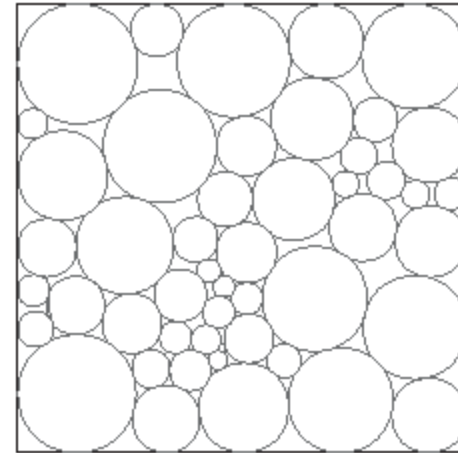
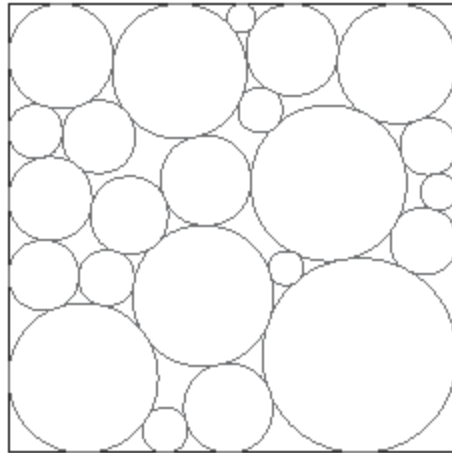


A natural
circle packing
arrangement
with air
bubbles
under ice

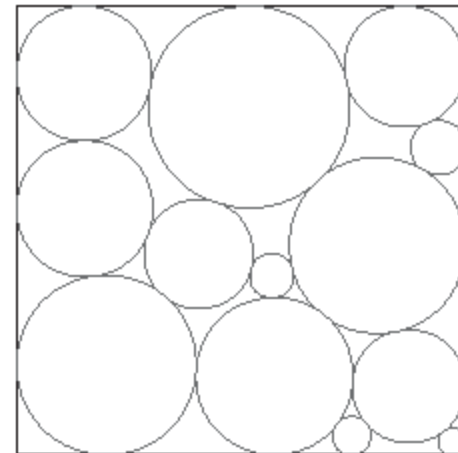
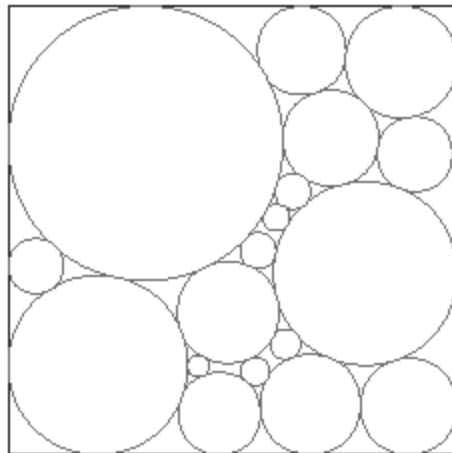


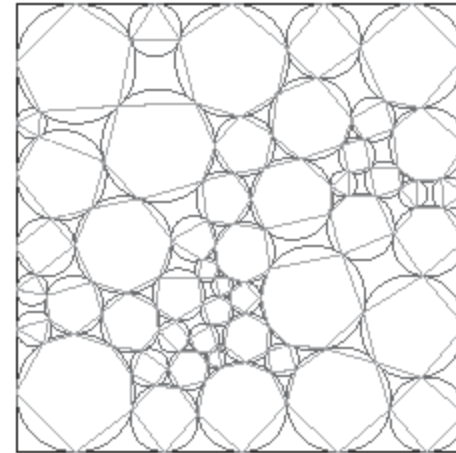
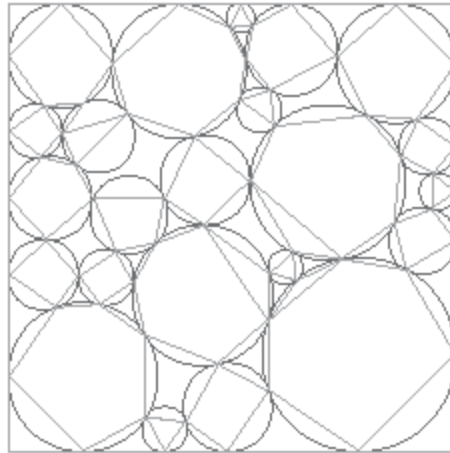


The first sketches, and the first encounter
with the mathematical difficulties

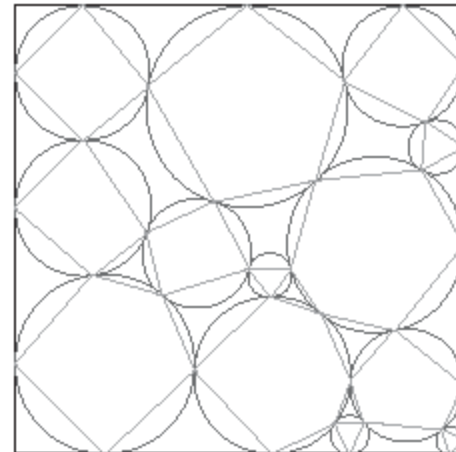
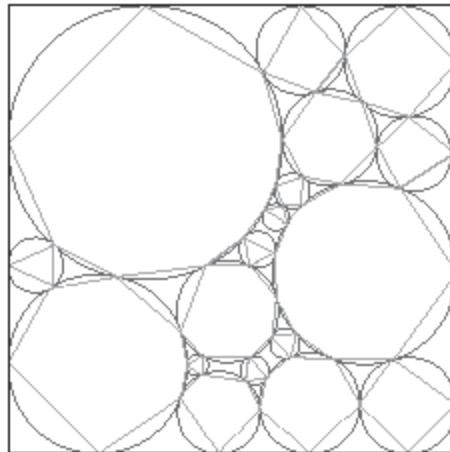


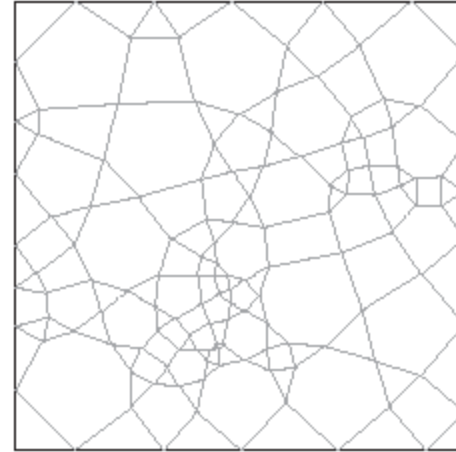
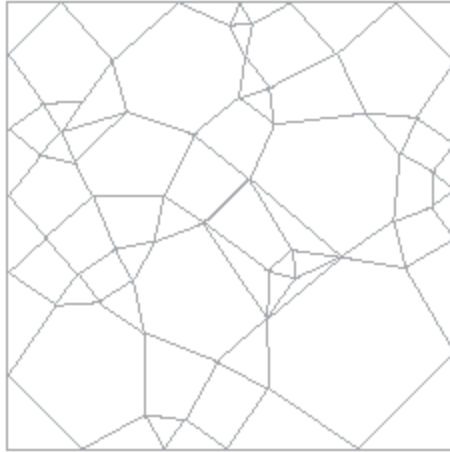
Four different circle arrangements,
of varying complexity



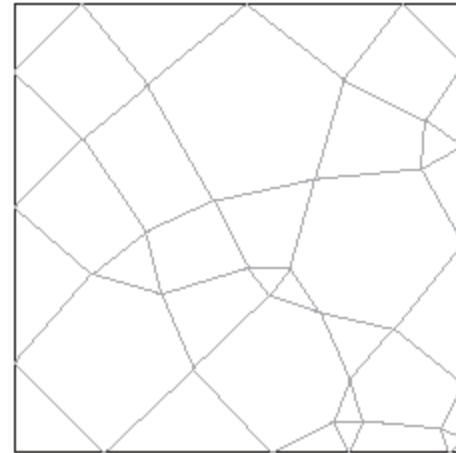
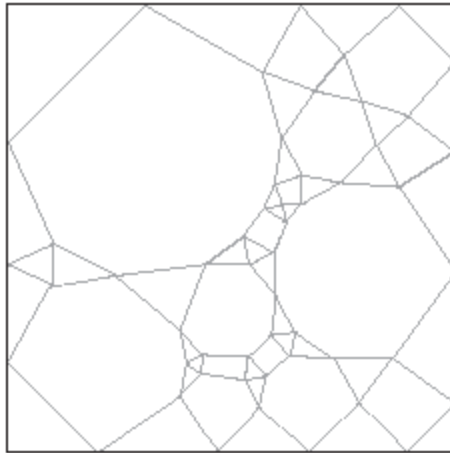


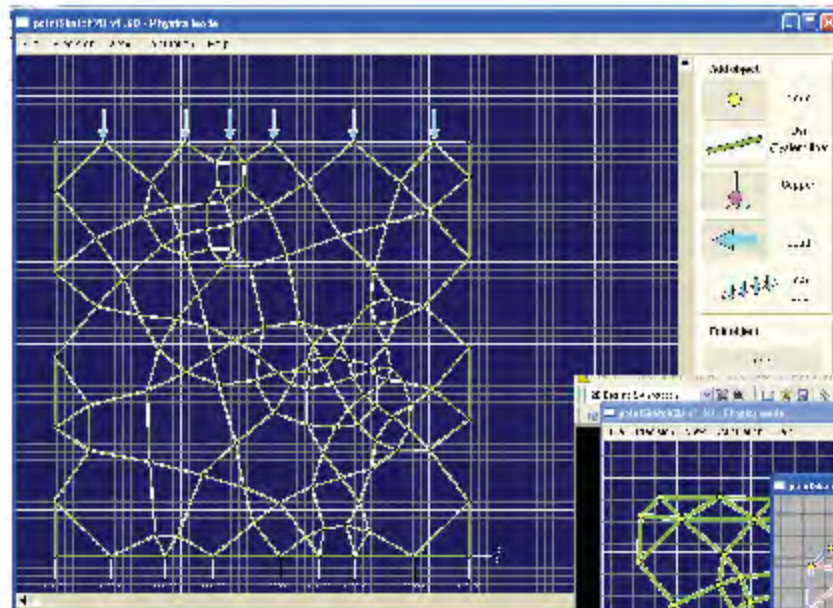
Circles with their tangent points
connected creating polygons



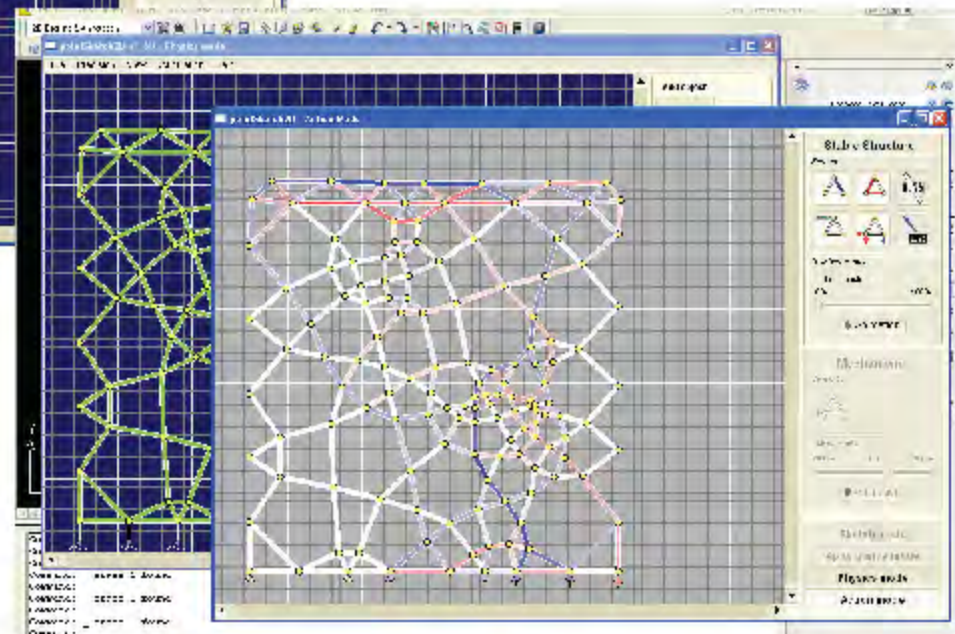


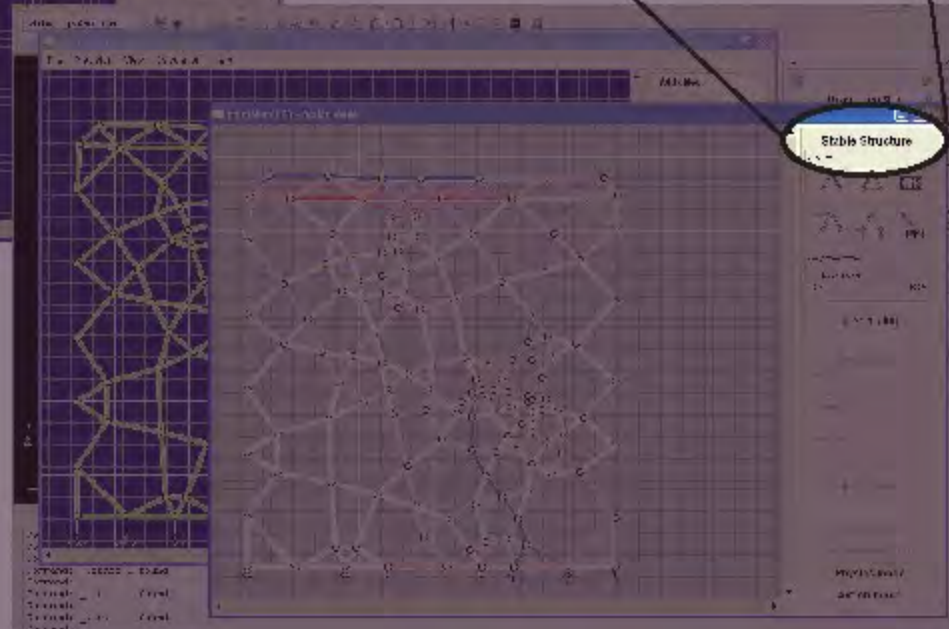
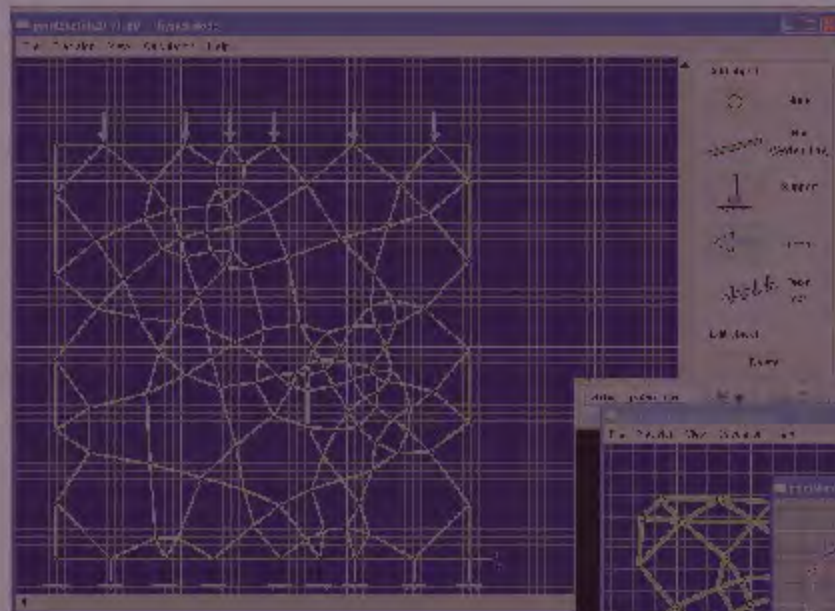
Showing only the polygons

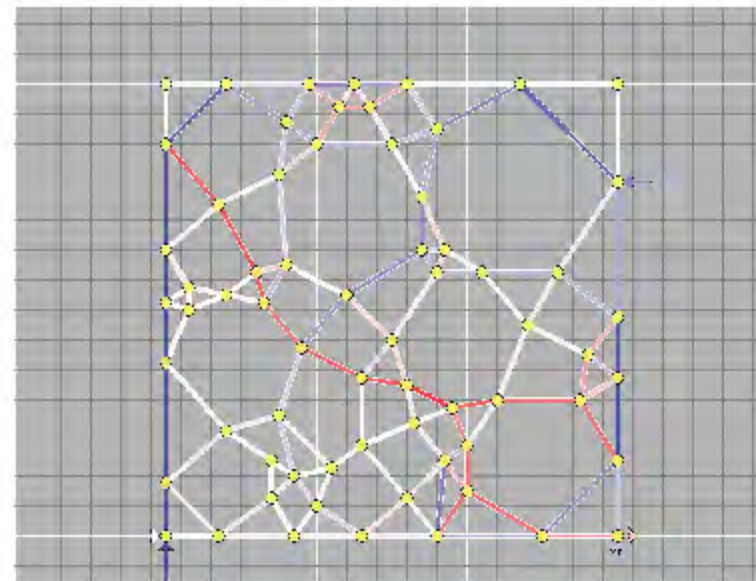
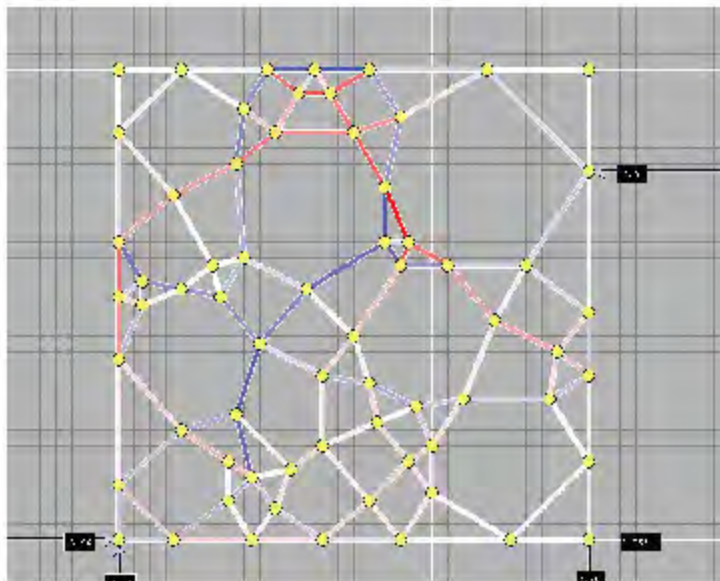
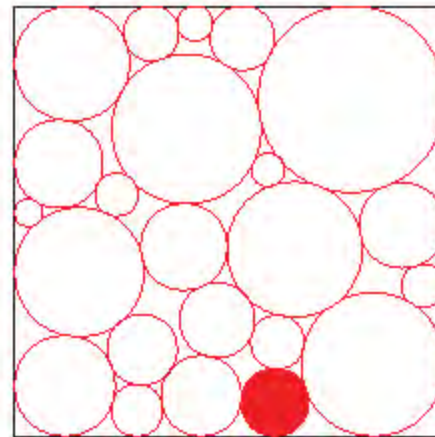
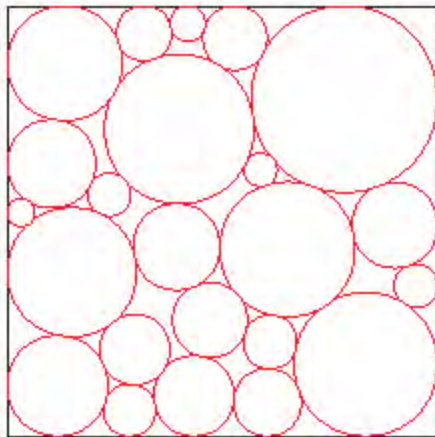


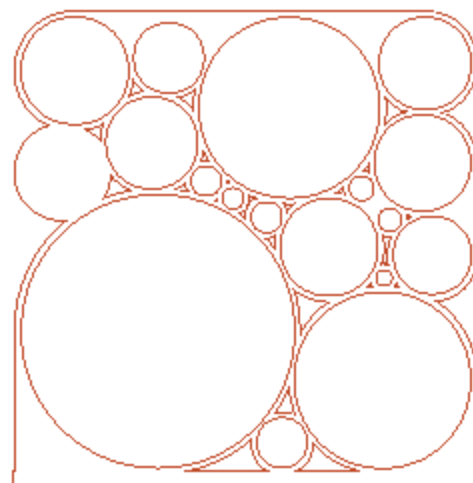
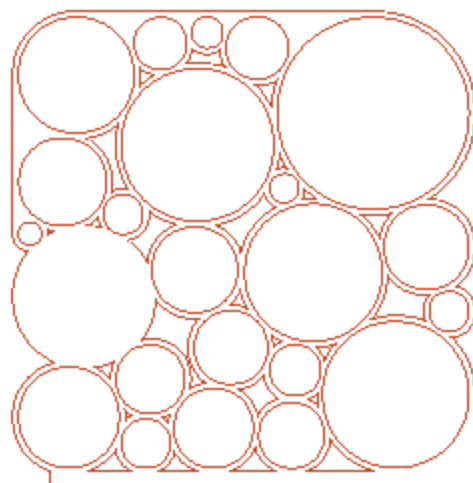


Stability tests in PointSketch

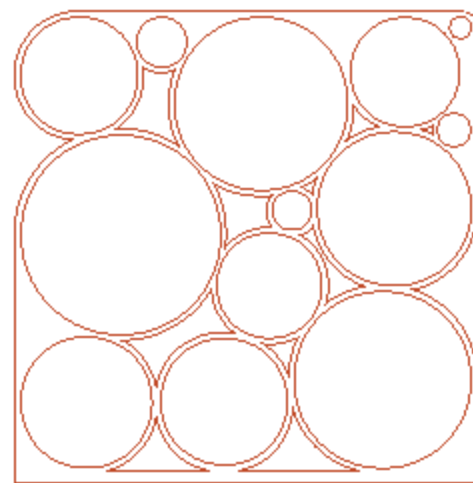
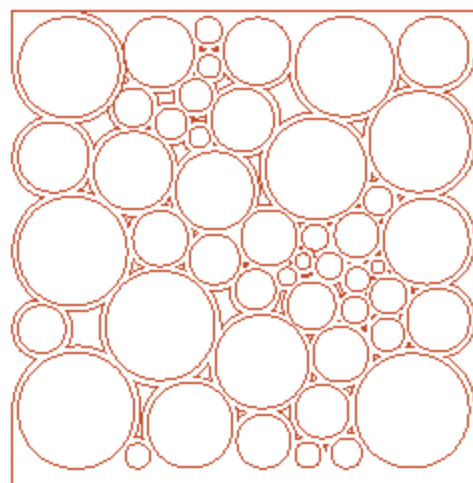


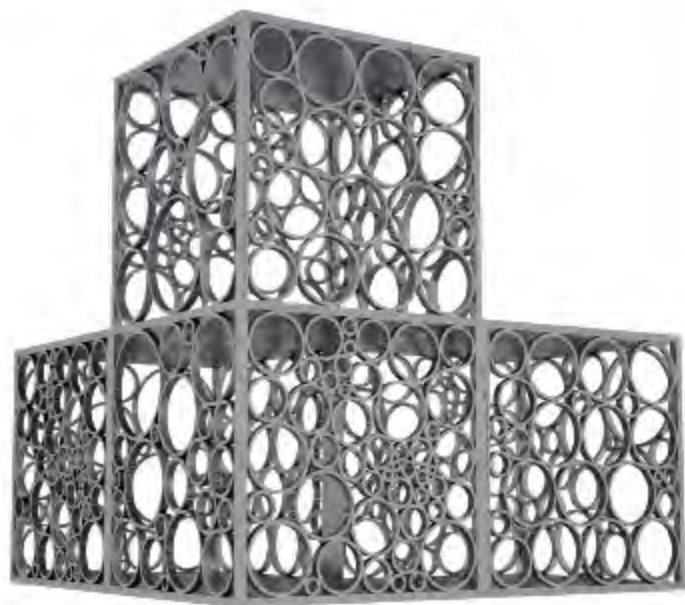




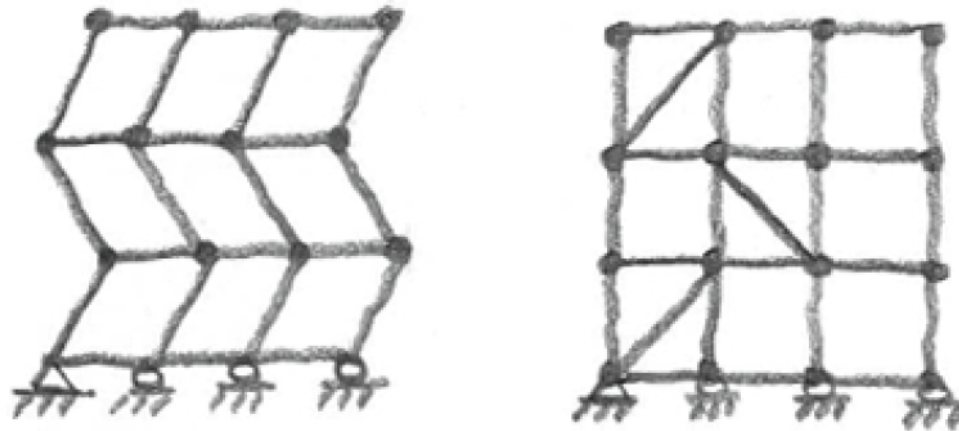


The circles freed from the bounding box. Unnecessary parts of the vertical edges has been removed.





6. Skivors inre och yttre stabilitet

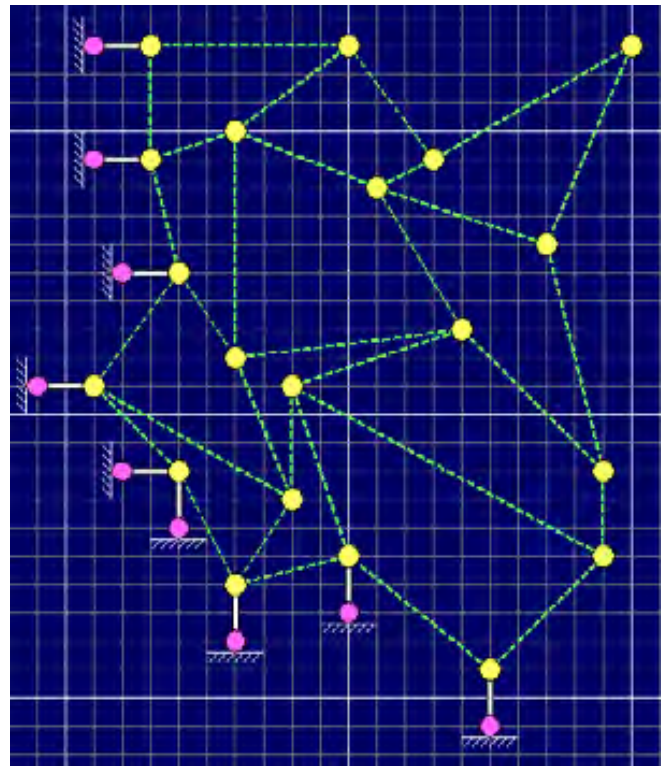
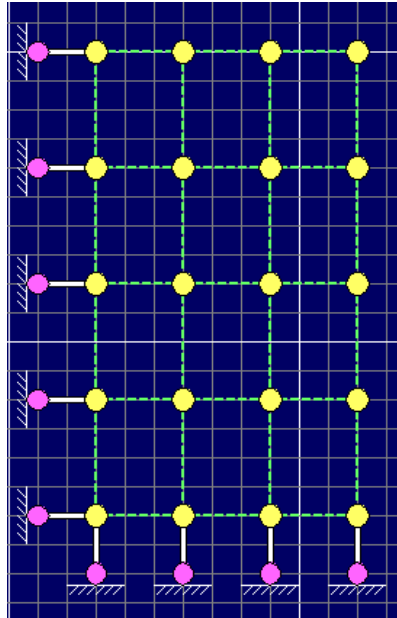


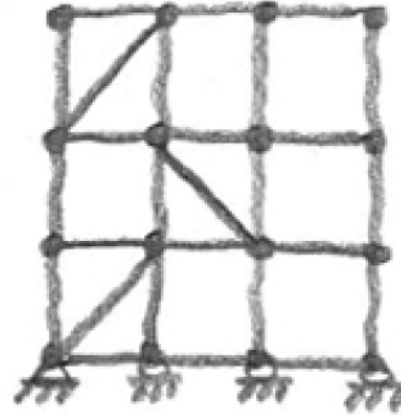
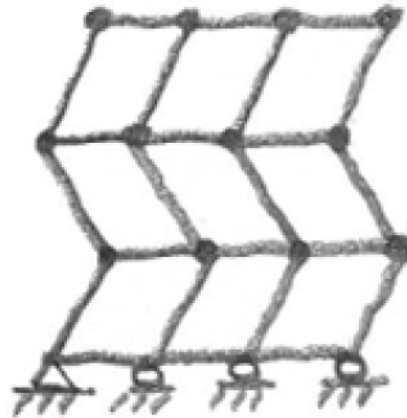
Bygg i pointSketch upp modeller av en 2D skiva
med tre nycklar som yttre stöd.

Bygg en rektangulär skiva med $H/L = 4/3$ och med 4 x 3 fack.
(i figuren är $H/L = 3/3$ med 3 x 3 fack och fem nycklar)

Undersök genom att ta bort diagonaler hur många diagonaler
som minst måste vara kvar för att skivan ska vara inre stabil

Begreppet topologi





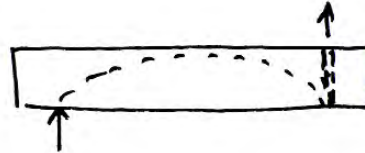
För den precis stabila skivan fortsätt att ta bort diagonaler, men kompensera genom att lägga till yttre stöd (nycklar).

Hur många yttre stöd behövs om samtliga diagonaler tas bort?

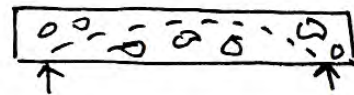
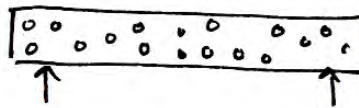
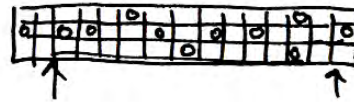
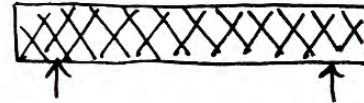
Utgå från en inre och yttre stabil skiva och pröva att fritt flytta skivans nodpunkter (använd MOVE i pointSketch). Konstatera att skivans stabilitet inte påverkas så länge skivans topologi är oförändrad. Vad betyder begreppet *topologi*?

The roof and floor spanned 11 metres onto longitudinal wall beams. These beams in turn had two supports, and cantilevered beyond them at each end. Though thin in section the depth of these walls gave adequate stiffness and the gable ends of the box could be kept open if needed. On the wall beams, lines of principal stress were marked so that holes could be cut out without complications to the structural action.

Keep it simple – that was the aim.



A grid was plotted on the wall elevation to allow a random solution. Rem speculated that small porthole-like windows scattered throughout the elevation would look terrific. We floated small circles, like soap bubble experiments, through the elevation as we tried various punctuations – low level portholes for the client in a wheelchair, and high level vista points for the others.



Views were calculated and prescribed.

A beautiful drawing, like a wind rose, took shape in OMA's office.

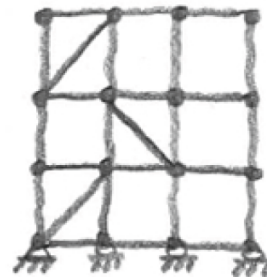
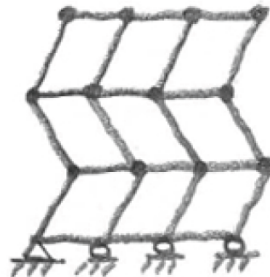
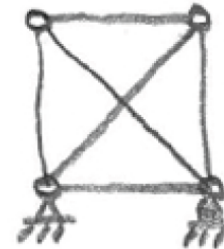
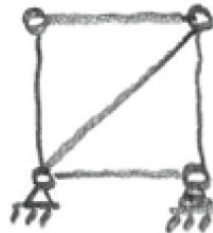
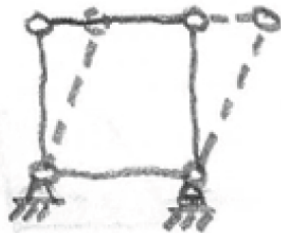
The design, we thought, was progressing well. The shape, size and configuration were solved, the materiality agreed: we were into the 'Avant Projet Détaillé' stage of design, prior to tender.

Mer om begreppet stabilitet

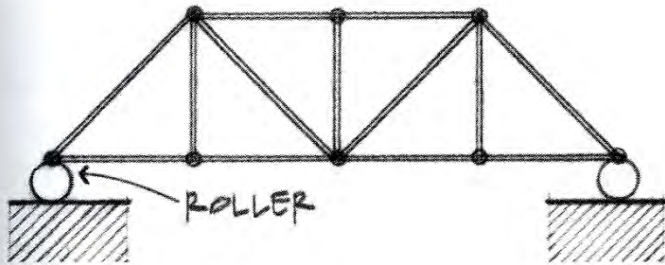
mekanism

statiskt bestämd struktur

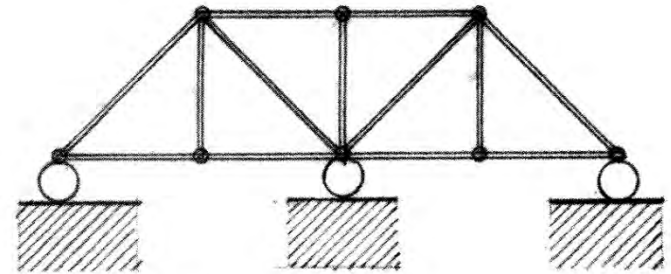
statiskt obestämd struktur



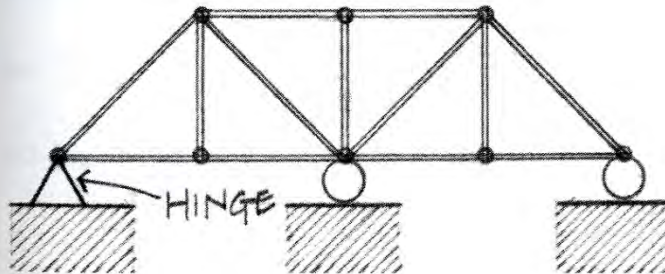
Yttre stabilitet



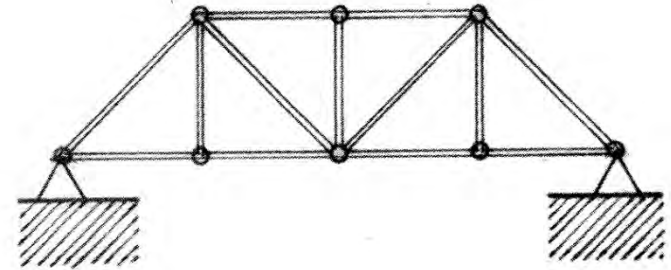
(a) Unstable (horizontally).



(b) Unstable (horizontally).

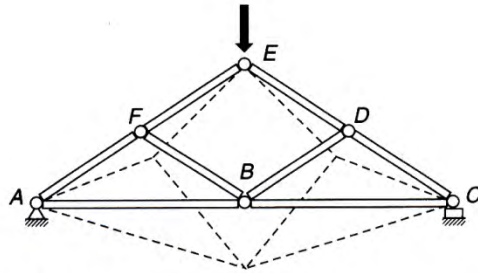


(c) Indeterminate (vertically).

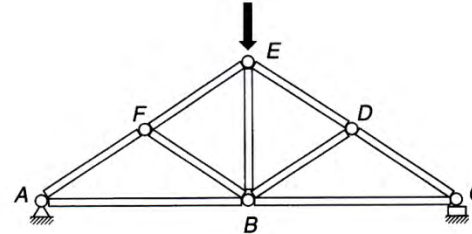


(d) Indeterminate (horizontally).

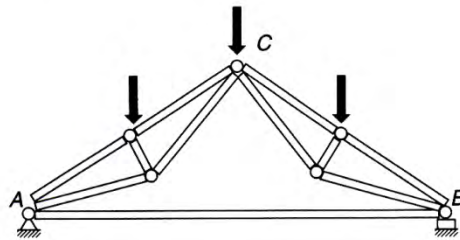
Inre stabilitet



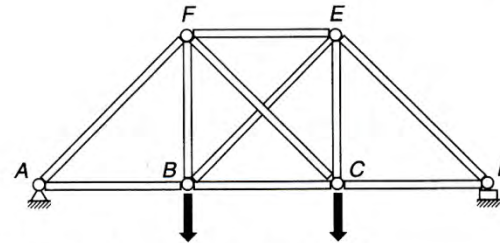
(a) Unstable truss: the nontriangulated central area of the truss will greatly distort under an applied loading, which will lead to a collapse of the entire truss.



(b) Stable truss: the bar pattern is fully triangulated.



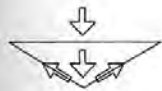
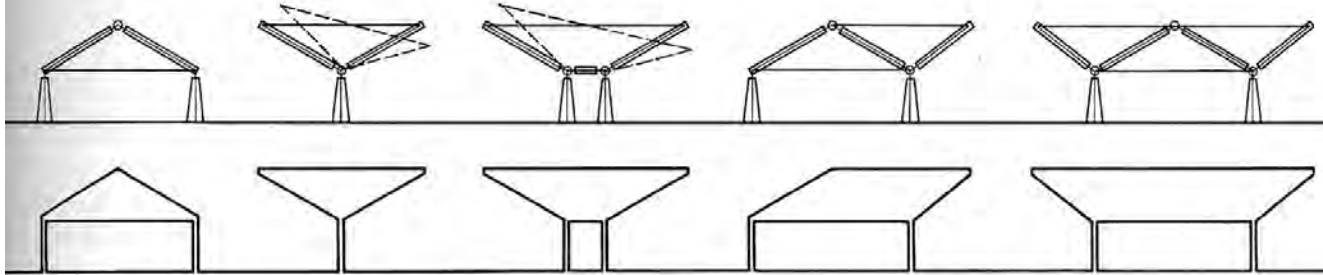
(c) Nontriangular bar pattern that is still stable.



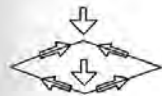
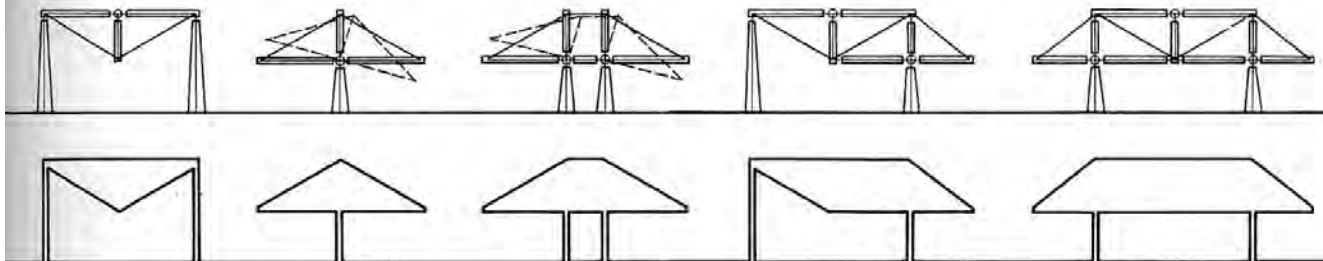
(d) Stable truss with more than the minimum number of bars necessary for stability.



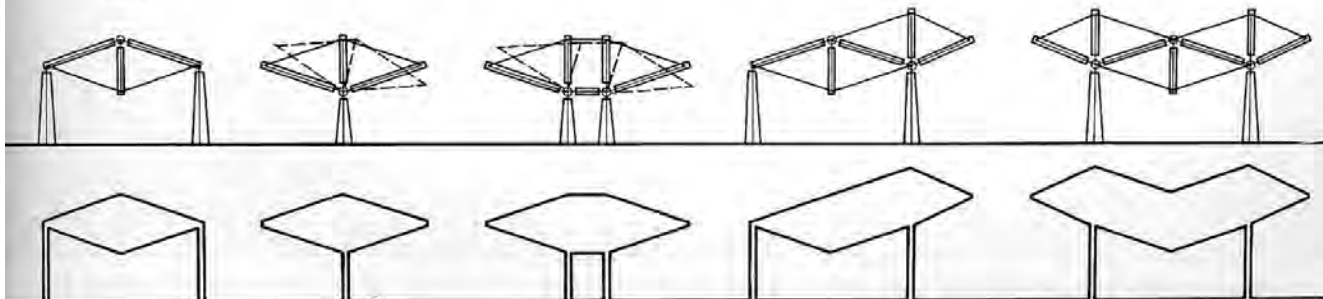
Vektorenwirkung durch Druckwinkel
vector action through compression angle



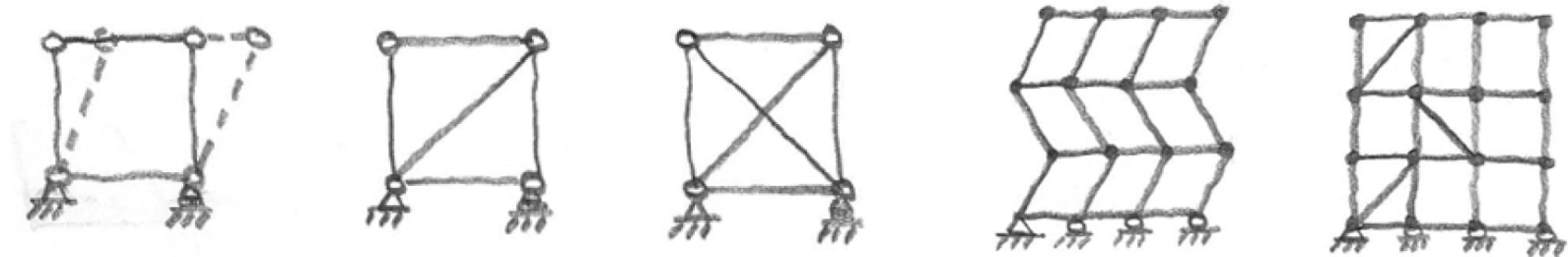
Vektorenwirkung durch Zugwinkel
vector action through tension angle



Vektorenwirkung durch Zug- und Druckwinkel
vector action through combined tension and compression angle

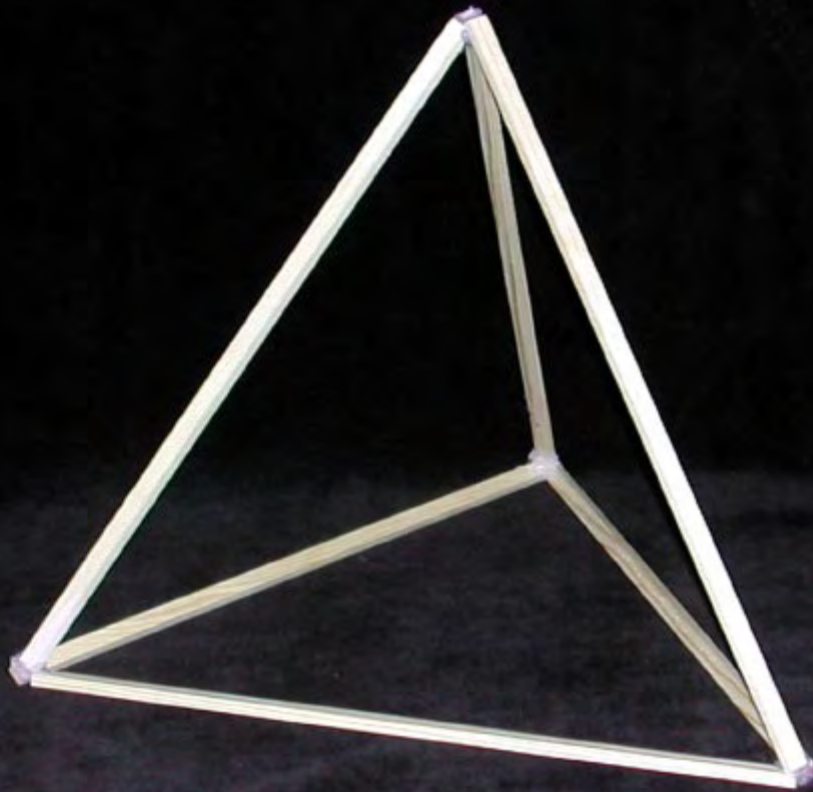


7. Begreppen mekanism, statiskt bestämd struktur och statiskt obestämd struktur



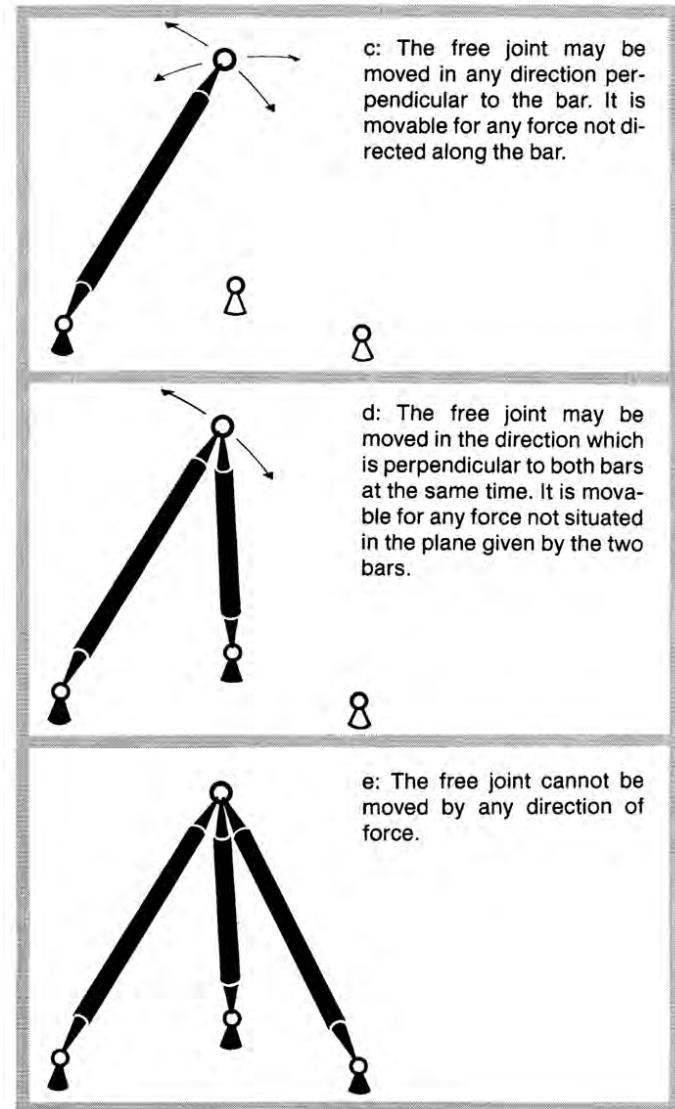
Bygg i pointSketch
en skiva som är en mekanism,
en skiva som är statiskt bestämd och
en skiva som är statiskt obestämd.

Tre-dimensionella strukturer

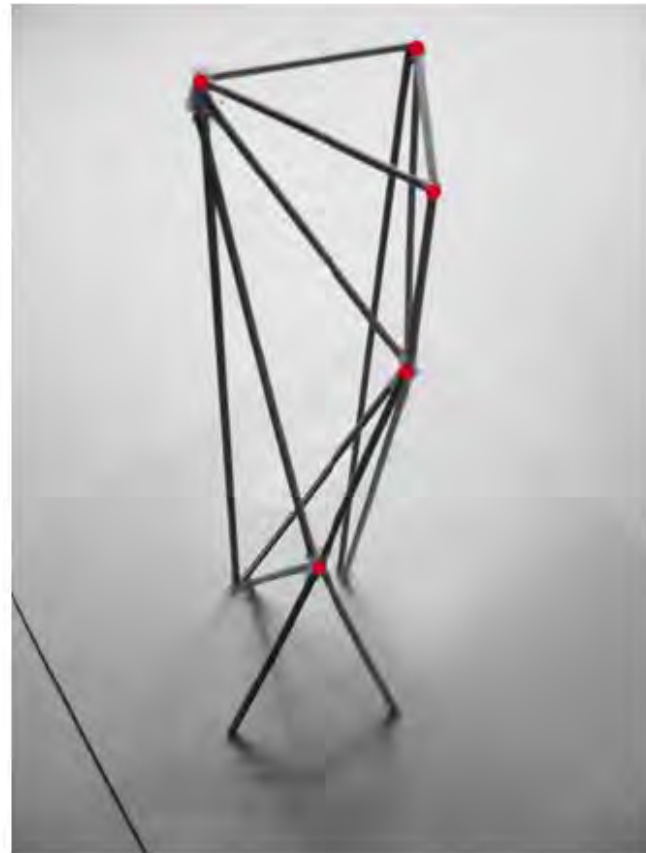


Fästa punkter i rymden

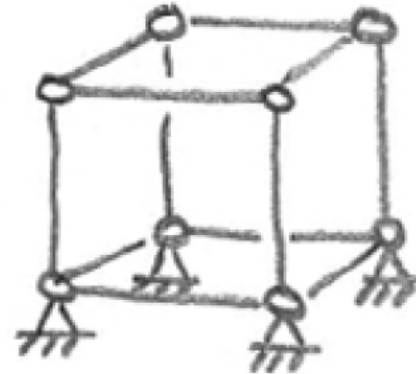
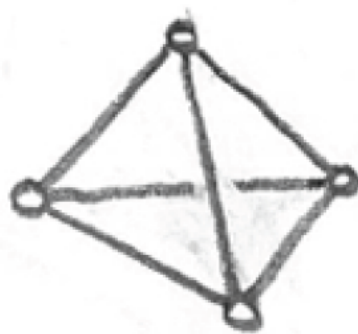
Princip för att bygga
stabila strukturer
(3D fackverk)
med fria former



Bärande system som är stabilt med stångverkan för godtycklig last



8. Tre-dimensionella strukturer

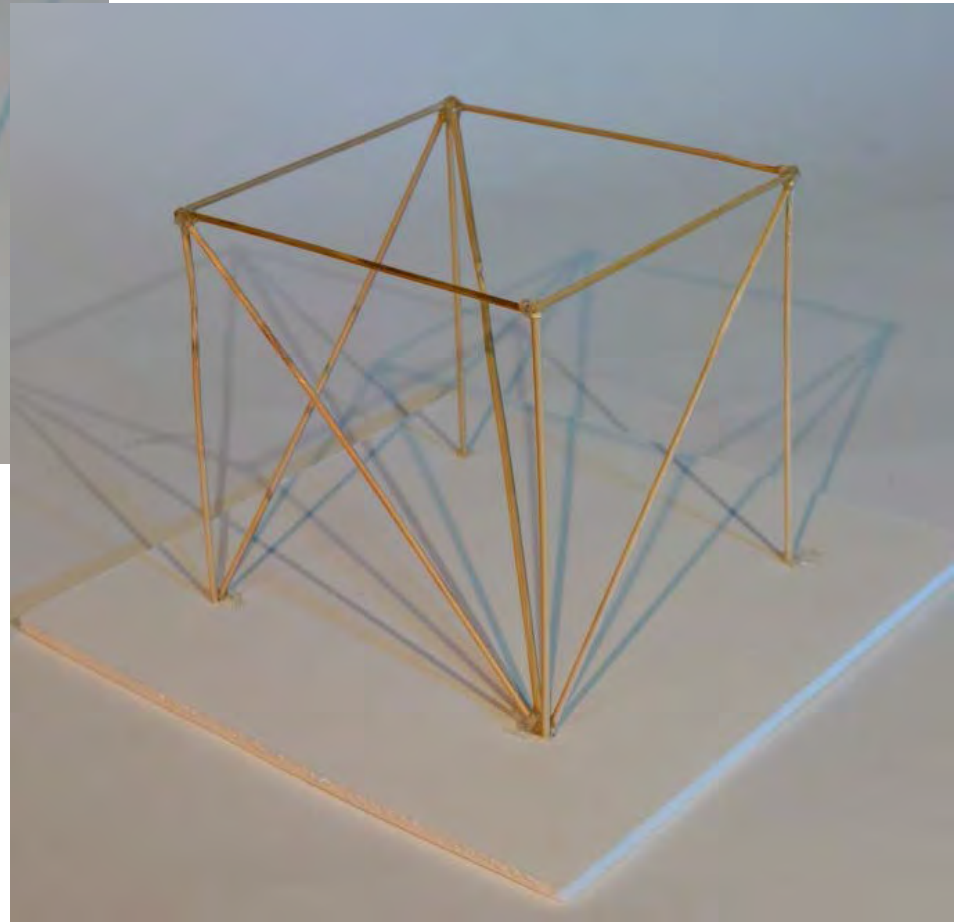
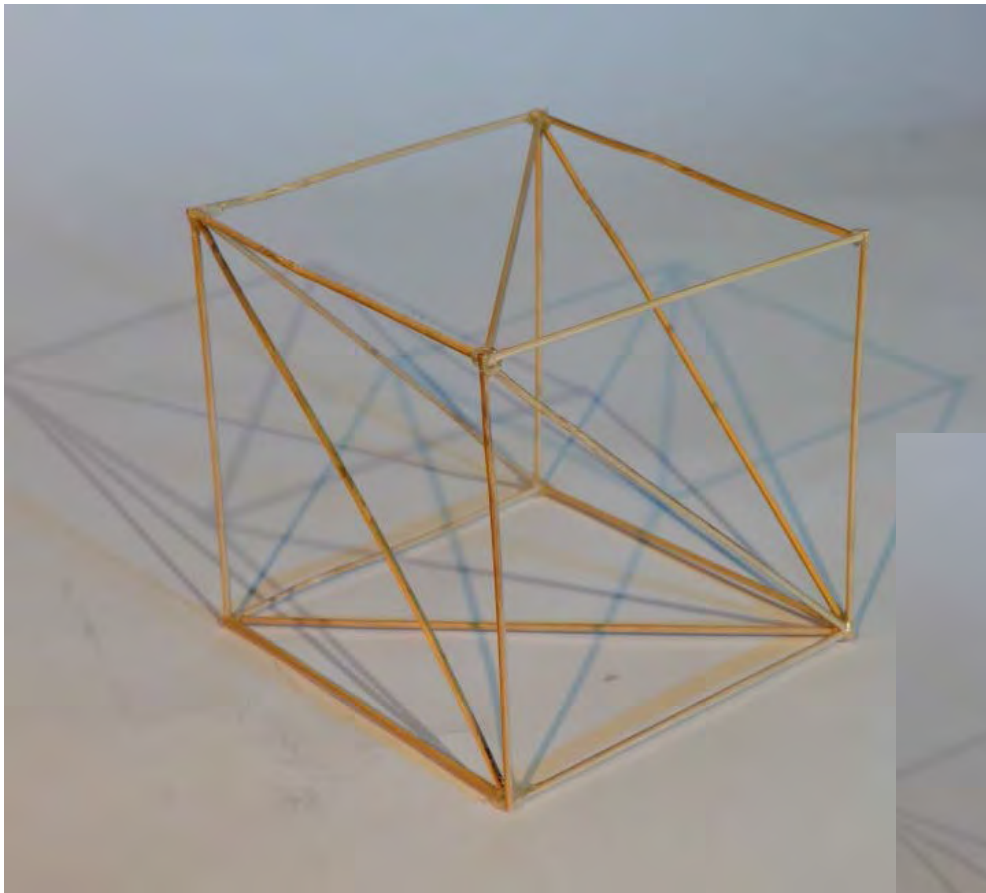


Bygg två kuber med hjälp av grillpinnar (cirka 15 cm långa) och limpistol (så lite lim som möjligt i noden):

En kub som är **inre stabil** utan yttre stöd

En kub som har en sida fixerad mot en styv platta (1 cm trä eller MDF) och som byggs med hjälp av principen
”**Fästa punkter i rymden**”

Diskutera skillnaderna i behov av ”diagonaler”



Seminarium 2

Kroppar och strukturer

Rummets och kroppars dimensioner

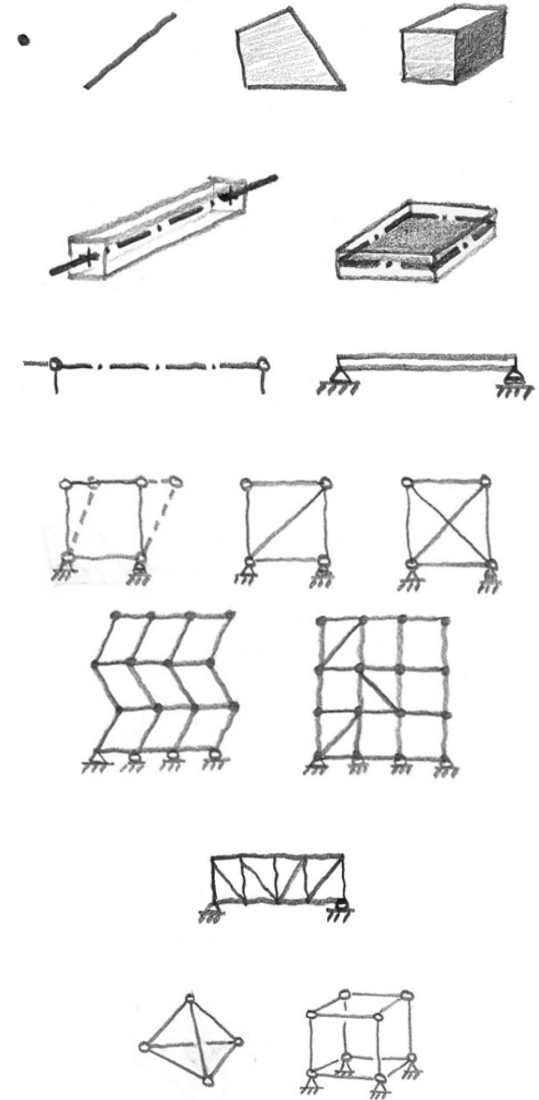
Representationer från 3D till 2D och 1D

Kroppars yttre och inre stabilitet

**Arkitekters och ingenjörers
begrepp och typer**

Övningarna handlar om begrepp och symboler

- Olika *dimensioner* – *punkter, linjer, ytor och kroppar* – *yttre stöd*
- Linjer och ytor som 1D och 2D *representationer* av 3D kroppar – *systemlinje, systemyta*
- *Symboler för yttre stöd*
- Att bygga 2D ytor som strukturer – *inre och yttre stabilitet*. Begreppen *mekanism*, *statiskt bestämd* struktur och *statiskt obestämd* struktur
- Begrepp för strukturer – *stång, balk, skiva, fackverk*
- 2D och 3D strukturer



Kroppar och strukturer

Eden project
Nicholas Grimshaw

