

Kroppar och strukturer

Eden project
Nicholas Grimshaw



Seminarier och Lärobok i konstruktion

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 hindrar. 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.

Lärobok i konstruktion

Efter avslutad kurs ställs alla seminarieredovisningar samman till en *Lärobok i Konstruktion*. Formatet är liggande A3 så att det passar in och kan läggas till projektportföljen. Inlämning sker digitalt:

- *Digital inlämning* via CANVAS senast torsdag 17 mars klockan 16.00. Handskriven lärobok scannas.
- Arbetet ska ha en *framsida* som innehåller bild, rubrik (valfri), författare och årtal.
- Därefter ska en *innehållsförteckning* följa.
- Arbetet ska ha en *sista sida* med en kort reflektion över det egna lärandet.
- Texten ska ha en rimligt enhetlig och professionell layout.
- Omfattningen ska vara 12-16 A3-sidor inklusive redovisning av broprovningen (se nedan).
- Under vecka 11 ska en preliminär version av läroboken finnas tillgänglig för handledarna som då ges möjlighet att gå igenom och kommentera denna.

Redovisning av broprovning

En A3-sida i läroboken ska ägnas åt broprovningen. Här ska dels den egna bron, dels en valfri annan bro analyseras. Analysen ska innehålla tre delar:

- Långsidans kraftmönster (tryck och drag).
- Långsidans kraftmönster (bara tryck) och diskussion kring instabilitet.
- Kortsidans kraftmönster (tryck räcker) och diskussion kring instabilitet.
- Ovensidans kraftmönster (tryck räcker) och diskussion kring instabilitet.

För årets lärobok räcker det om det på någon plats i läroboken finns en diskussion kring vad som kan hända när det är tryck i en konstruktionsdel, dvs det som broövningen avser att uppmärksamma.

Inlämning av läroboken och examination av momentet Konstruktionslära

Inlämning av *Lärobok i konstruktion* senast torsdag 17 mars klockan 16.00.

Examinationen sker genom aktivt deltagande på gruppseminarierna samt en i CANVAS inlämnad och godkänd *Lärobok i konstruktion*.

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.

Lärobok i konstruktion

Efter avslutad kurs ställs alla seminarieredovisningar samman till en *Lärobok i Konstruktion*. Formatet är liggande A3 så att det passar in och kan läggas till projektportföljen. Inlämning sker digitalt:

- *Digital inlämning* via CANVAS senast torsdag 17 mars klockan 16.00. Handskriven lärobok scannas.
- Arbetet ska ha en *framsida* som innehåller bild, rubrik (valfri), författare och årtal.
- Därefter ska en *innehållsförteckning* följa.
- Arbetet ska ha en *sista sida* med en kort reflektion över det egna lärandet.
- Texten ska ha en rimligt enhetlig och professionell layout.
- Omfattningen ska vara 12-16 A3-sidor inklusive redovisning av broprovningen (se nedan).
- Under vecka 11 ska en preliminär version av läroboken finnas tillgänglig för handledarna som då ges möjlighet att gå igenom och kommentera denna.

Seminarier och Lärobok i konstruktion

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 hindrar. 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.

Lärobok i konstruktion

Efter avslutad kurs ställs alla seminarieredovisningar samman till en *Lärobok i Konstruktion*. Formatet är liggande A3 så att det passar in och kan läggas till projektportföljen. Inlämning sker digitalt:

- *Digital inlämning* via CANVAS senast torsdag 17 mars klockan 16.00. Handskriven lärobok scannas.
- Arbetet ska ha en *framsida* som innehåller bild, rubrik (valfri), författare och årtal.
- Därefter ska en *innehållsförteckning* följa.
- Arbetet ska ha en *sista sida* med en kort reflektion över det egna lärandet.
- Texten ska ha en rimligt enhetlig och professionell layout.
- Omfattningen ska vara 12-16 A3-sidor inklusive redovisning av broprovningen (se nedan).
- Under vecka 11 ska en preliminär version av läroboken finnas tillgänglig för handledarna som då ges möjlighet att gå igenom och kommentera denna.

Redovisning av broprovning

En A3-sida i läroboken ska ägnas åt broprovningen. Här ska dels den egna bron, dels en valfri annan bro analyseras. Analysen ska innehålla tre delar:

- Långsidans kraftmönster (tryck och drag).
- Långsidans kraftmönster (bara tryck) och diskussion kring instabilitet.
- Kortsidans kraftmönster (tryck räcker) och diskussion kring instabilitet.
- Ovensidans kraftmönster (tryck räcker) och diskussion kring instabilitet.

För årets lärobok räcker det om det på någon plats i läroboken finns en diskussion kring vad som kan hända när det är tryck i en konstruktionsdel, dvs det som broövningen avser att uppmärksamma.

Inlämning av läroboken och examination av momentet Konstruktionslära

Inlämning av *Lärobok i konstruktion* senast torsdag 17 mars klockan 16.00.

Examinationen sker genom aktivt deltagande på gruppseminarierna samt en i CANVAS inlämnad och godkänd *Lärobok i konstruktion*.

Om Läroboken ... och några goda exempel

KONSTRUKTION



Förnamn Efternamn
Förnamn Efternamn

Innehållsförteckning

1. Byggnaden som bärande system 5

Vertikala laster

Horisontella laster

Verkliga exempel

2. Balans, struktur och rörelse 7

Yttre stöd

Inre stöd

Systemlinje och Tvärsnitt

Ingenjörssymboler

Skivors inre och yttre stabilitet

Mekanisk, statisk och statiskt obestämd

3. Gravitationens verkan 9

Jämvikt

Stödyta

Verkliga exempel

4. Krafter 11

Moment

Jämvikt i 2 dimensioner

5. Linan, bågen och fackverket 13

Fackverk - grundbegrepp

Takstolen

6. Balken och Ramen 16

Hur de fungerar

Typer

Moment- och tvärkraftsdiagram

Fritt upplagd balk

Konsolbalk

Inre krafter och deformationer hos en kontinuerlig balk

Stång- och balkverkans styvhet

7. Pelaren och skivan 21

Inspänningförhållanden hos en pelare

Styvhet

Inflexionspunkt och knäckningslängd

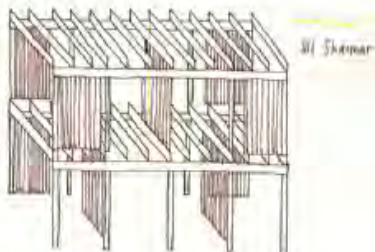
Skivor

Avslutande reflektion

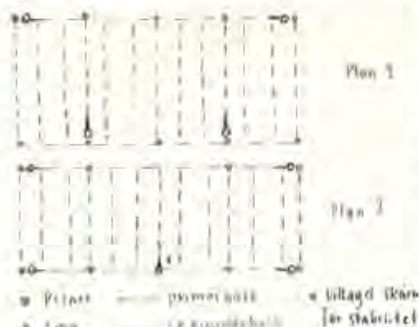
1. Byggnaden som bärande system

Vertikala laster

Vertikala laster som kan påverka en byggnad är till exempel snö, inredningar, människor och byggnadens egen tyngd. En byggnads bärande system för vertikala laster kan beskrivas med hjälp av en systemritning.



3D-strukturen ovan avbildas med en systemritning enligt nedan.



Fyrkanter symboliserar pelare (som bär underifrån genom tryck) och prickar symboliserar linor (som bär ovanifrån genom drag). Prickstreckade linjer symboliserar primärbalkar, det vill säga balkar som är direkt bundna av pelare eller linor. Sekundärbalkar är streckade och bärs av primärbalkar. Tertiärbalkar (vilka ej finns i detta system) bärs av sekundärbalkar och symboliseras av streckade linjer med kortare strecklängd.

Vid dimensionering av balkar är det viktigt att ha i åtanke vilken längd de ska bära över, det vill säga vilken spännvidd de har. En tumregel

är att balkens höjd ska vara minst $1/20$ av längden den spänner över. I det tidigare exemplet ska primärbalkarna ha något högre höjd än sekundärbalkarna, eftersom primärbalkarna har en längre spännvidd.

Horisontella laster

Horisontella laster som påverkar en byggnad kan vara vind, kollisioner, jordbävningar. För att bära horisontella laster används andra element, till exempel skivor, skärmar eller ramar.

Principen för att bära horisontell last är att lasten tas emot av en vertikal struktur (t.ex. skärm), vilken för lasten ned till en horisontell struktur (balk), som i sin tur tar lasten till marken (pelare).

Det är viktigt att den horisontellt bärande strukturen är låst i minst tre punkter för att det bärande system ska fungera.

Horisontella laster kan resultera i deformation genom torsion och förskjutning i sidled. Torsion förhindras genom att använda två vertikala stöd med utsträckning vinkelrätt mot varandra. Förskjutning i sidled förhindras genom att använda två vertikala stöd med utsträckning parallellt med varandra.

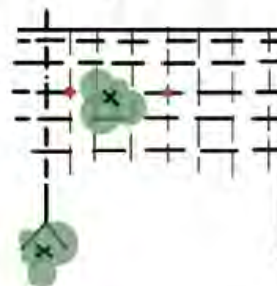
I det tidigare exemplet adderades en extra skärm på det övre planet vinkelrätt mot de övriga för att få skydd mot torsion.

Verkliga exempel

Nordiska paviljongen, Sverre Fehn, 1962



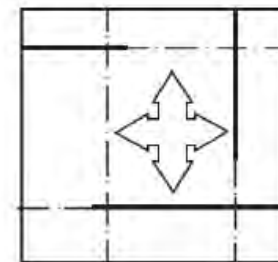
Kunsthauz Bregenz, Peter Zumthor, 1997



Ritningen ovan visar en systemritning av Sverre Fehns Nordiska Paviljong. Väggarna överst och längst till höger utgör det bärande vertikala systemet som bär upp primärbalkarna. Ovanpå primärbalkarna vilar sekundärbalkarna. En av primärbalkarna i mitten av byggnaden har kapats för att göra plats för en trädstam. Denna primärbalk bärs upp av sekundärbalkarna ovanför den (i de röda punkterna), vilket kallas avvaxling.

Strukturen bär horisontell last med hjälp av de två väggarna som skyddar mot torsionsdeformation, och en den y-formade pelaren som skyddar mot deformation i sidled.

Ovan till höger är systemritningen för Kunsthauz Bregenz. Även här utgör väggarna det vertikalt bärande systemet, och på dessa vilar primärbalkarna. Pilarna symboliserar den högsta ordningen av bärande element, i detta fall troligtvis en armerad betongskiva.



Konstruktionen i Kunsthauz Bregenz bär horisontell last med de tre skärmväggarna, två parallella väggar (mot förskjutning i sidled) och två vinkelräta väggar (mot torsion).

Styrka – täcker kursen väl och är genomarbetad

Svaghet – tar inte ett eget grepp för att bearbeta kursinnehållet

Exempel på egna grepp under åren:

- Berättelse om ett byggnadsverk och dess delar
- Utgångspunkt i uppgifterna
”Nå upp, spänna över, nå ut” (avsnitt 7)
- Berättelse kring Engels typer (avsnitt 5-7)

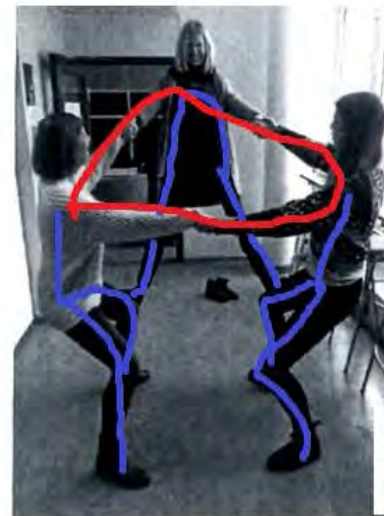
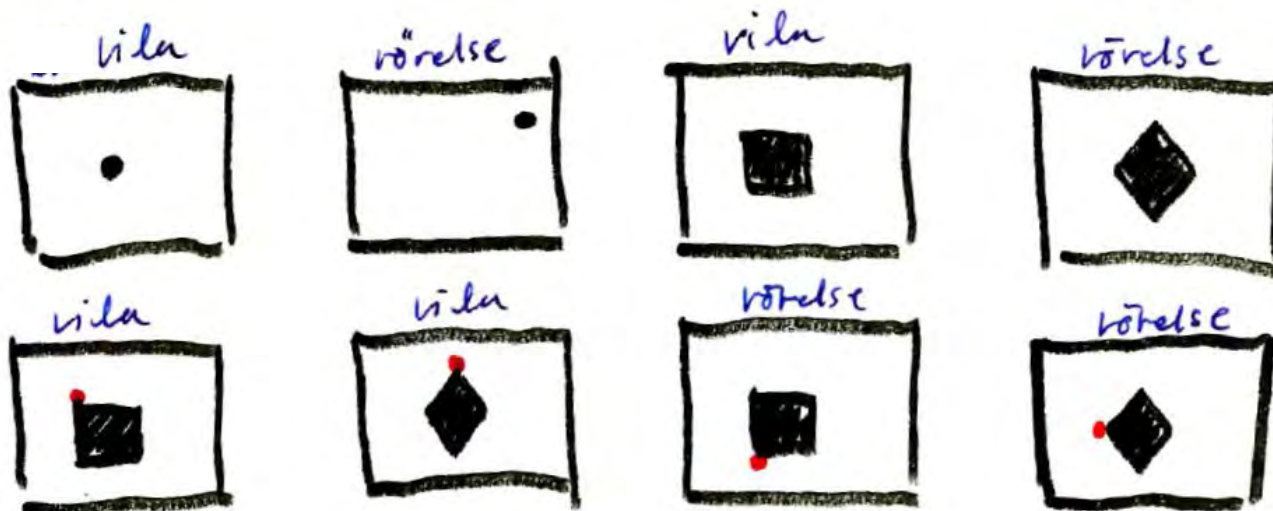
Innehållsförteckning

Kraftbegrepp	3
en mobil	
tyngdpunktens vertikala läge	
en undersökning	
kroppar	
Kraftbegrepp igen	4
vektorer, komponenter, resultanter	
moment	
krafter i linor	
valv och bågar	
bärande system	5
horisontella laster	
vertikala laster	
stabilitet i rymder	
PointSketch	
yttre och inre stabilitet i 2D	
topologi	
Arkitektoniska element och strukturer	6
balk	
platta	7
skiva	
stång	
lackverk	8
lina	
båge	
ram	
Styvhet och knäckning	9
knäckningslängd	
deformationer	10

Konstruktioner för punktlast	11
5A	
5B	
En reflektion över det egna lärandet	12

Styrka – mycket bra exempel,
tydliga beskrivningar och skisser

Svaghet – få redovisningar av eget utforskande
få egna reflexioner



Bilderna visar kroppar i vila dvs. tryck drag är lika stora. Detta ger ett tillstånd i jämvikt.

Styrka – eksempel på eget utforskande

Möjlig svaghet – mer av egen reflexion

Kroppar och strukturer

Eden project
Nicholas Grimshaw

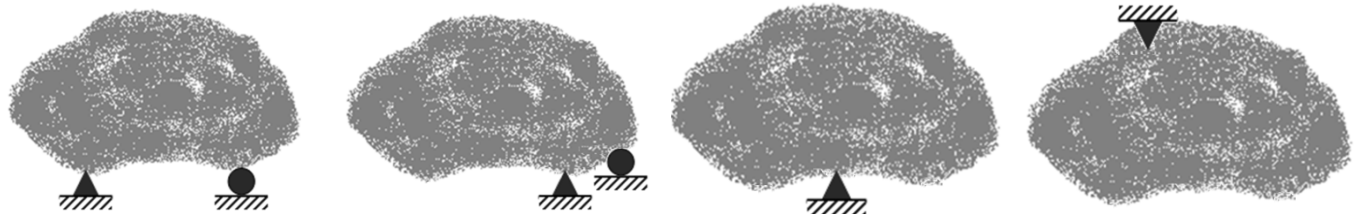


STRUKTURERS GRAMMATIK

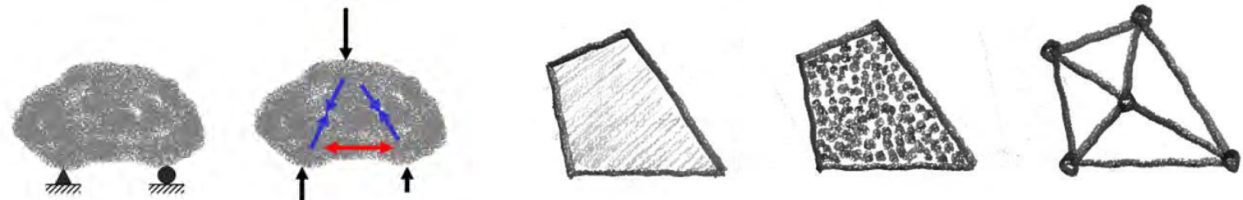
MÄNNISKA
gravitationen
som livsmiljö



MATERIELL
KROPP
balans
stabilitet
rörelse



STRUKTUR
topologi
inre stabilitet
kraftmönster
effektivitet



Kroppar och strukturer handlar om

Rummets och kroppars dimensioner

Representationer - 3D, 2D, 1D och 0D

Kroppars yttre och inre stabilitet

Symboler och begrepp

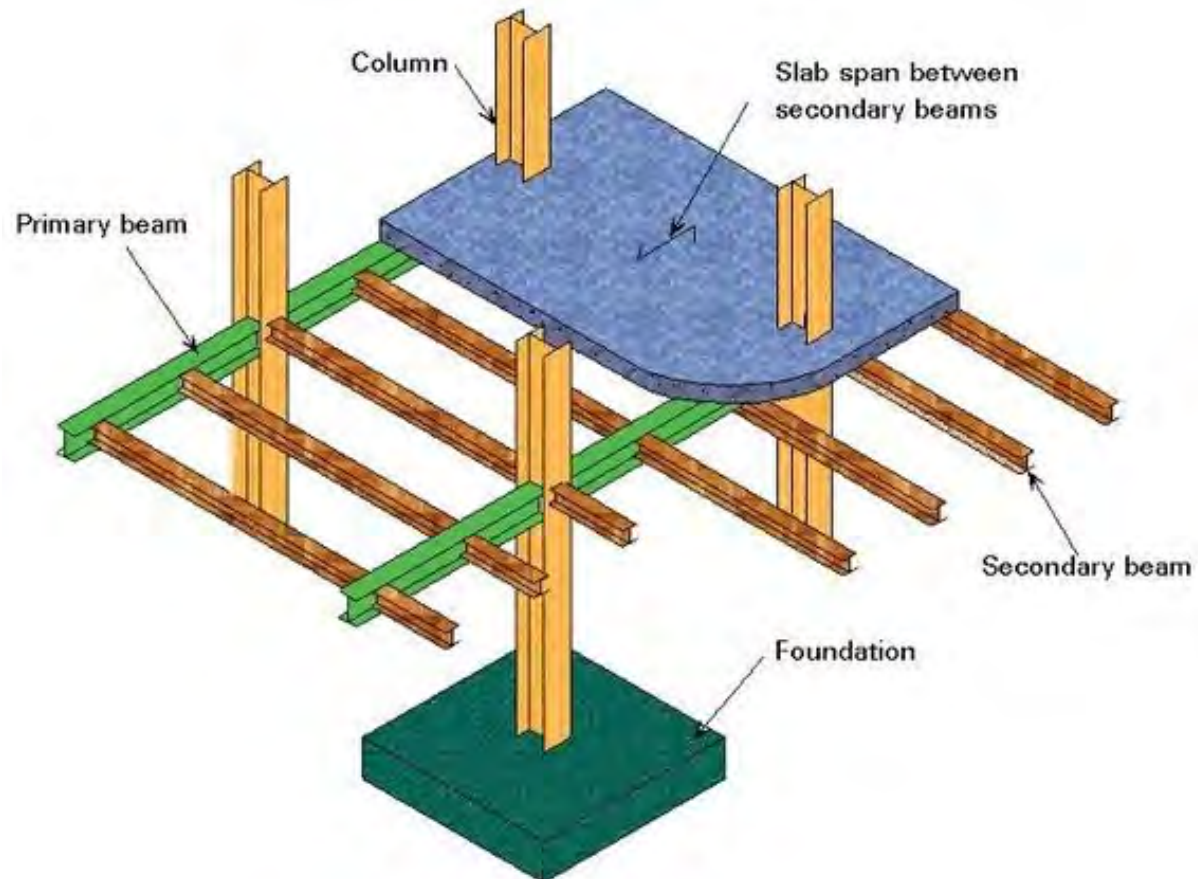
... men först en länkt tillbaka till förra veckan

”Byggnaden som bärande system”

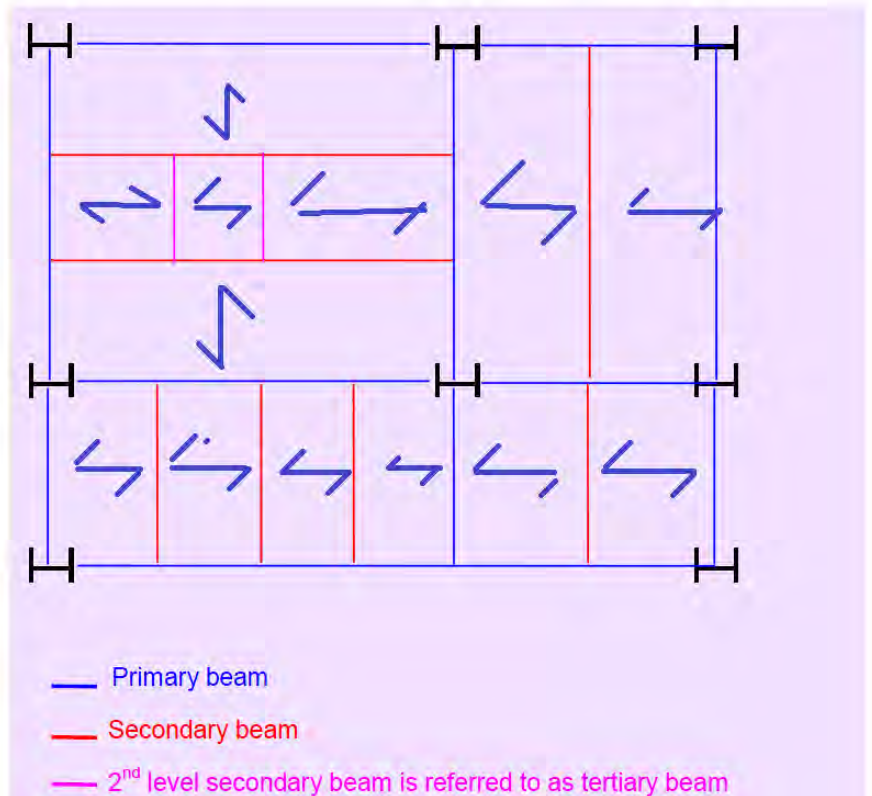
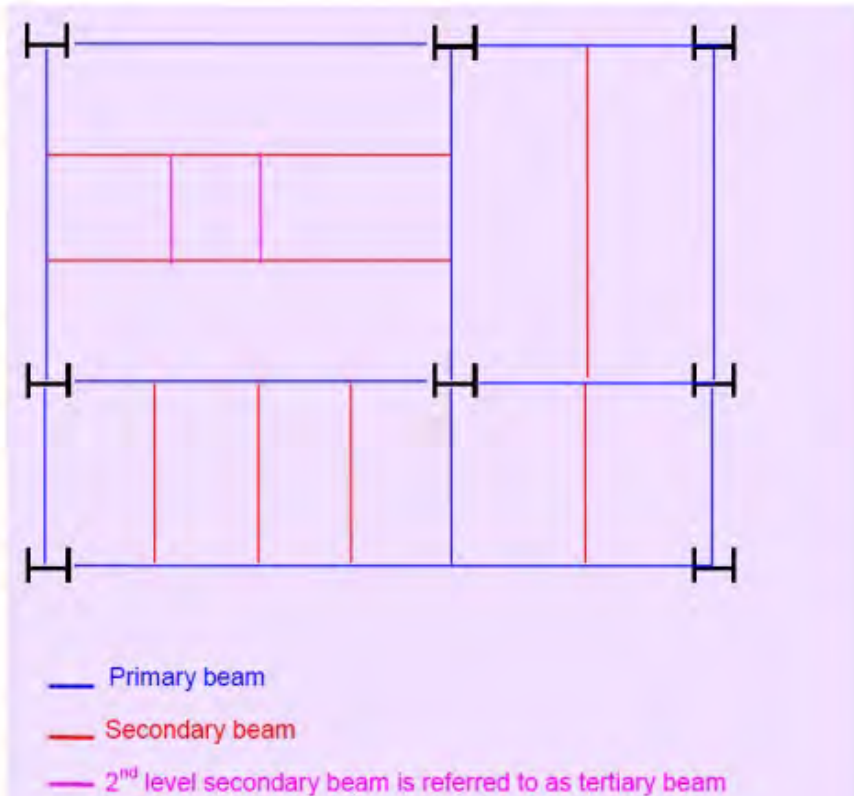
Hur många googlade på:
primary beam
secondary beam
horizontally stabilizing wall

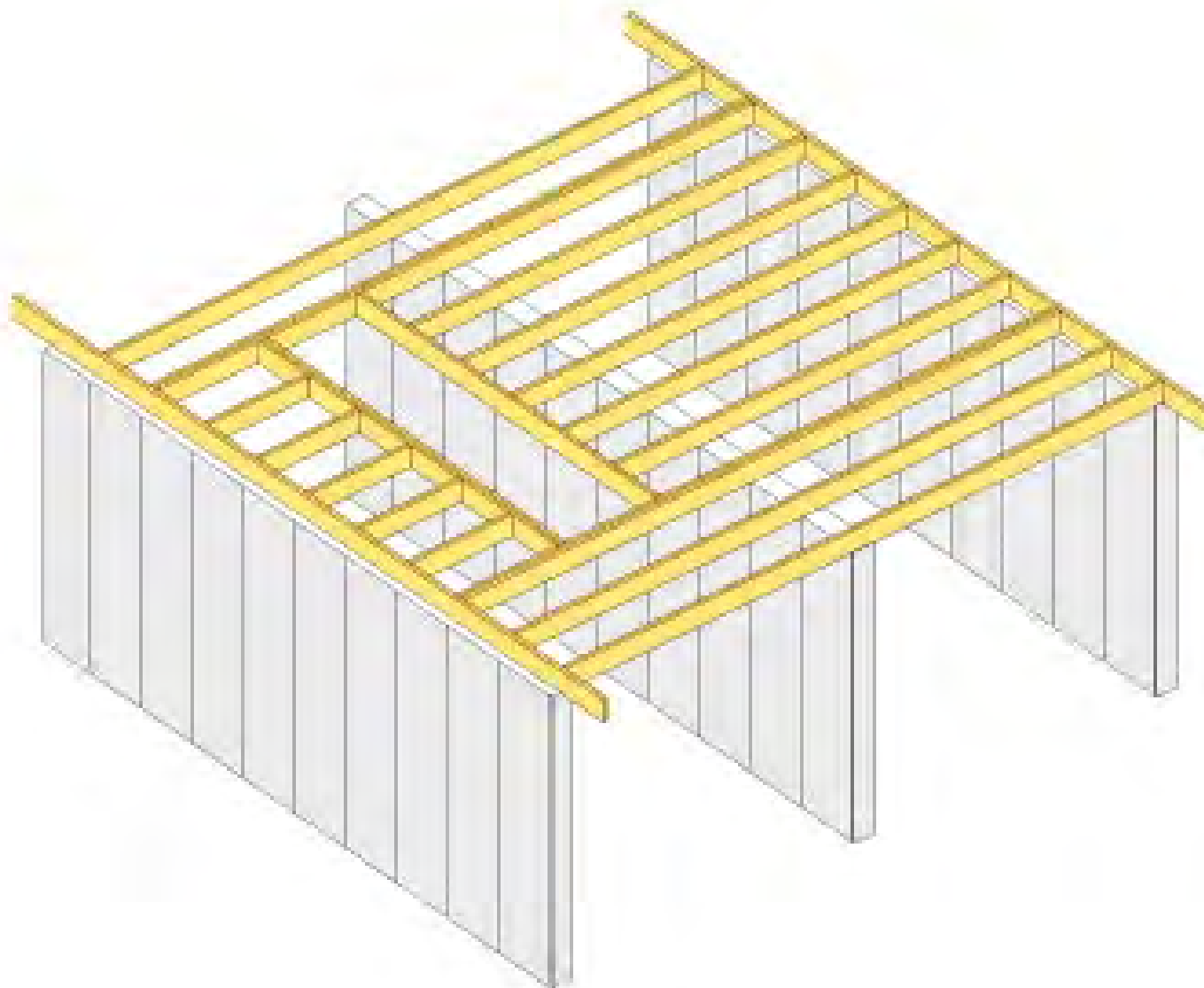
...

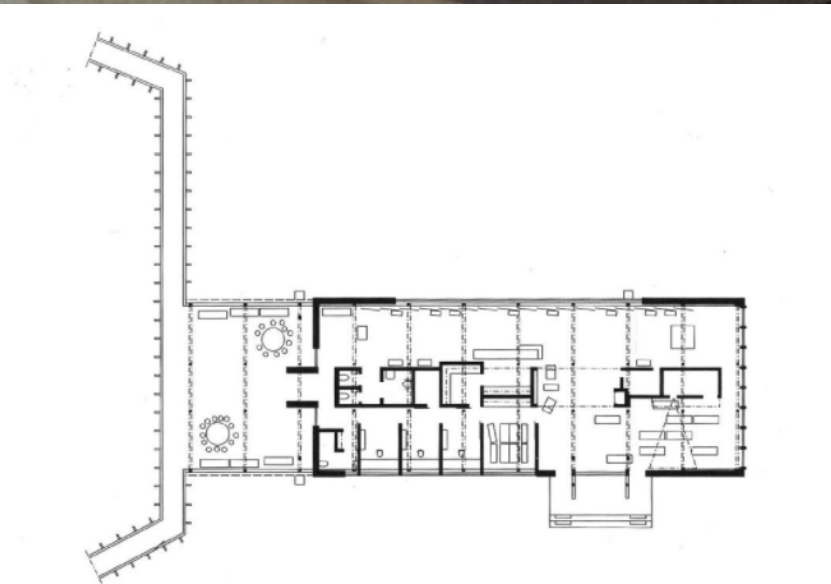
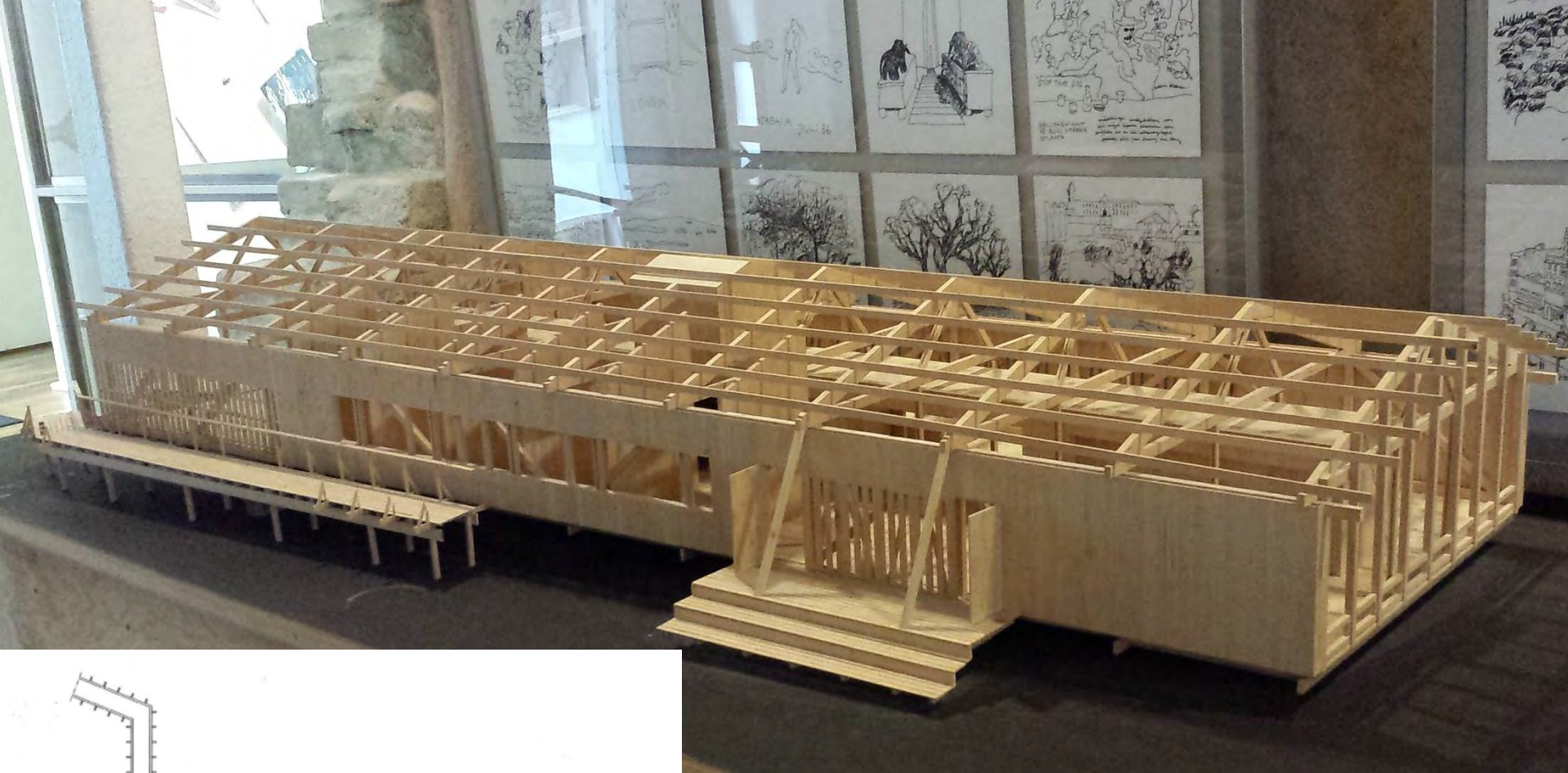
Bilder



Symboler

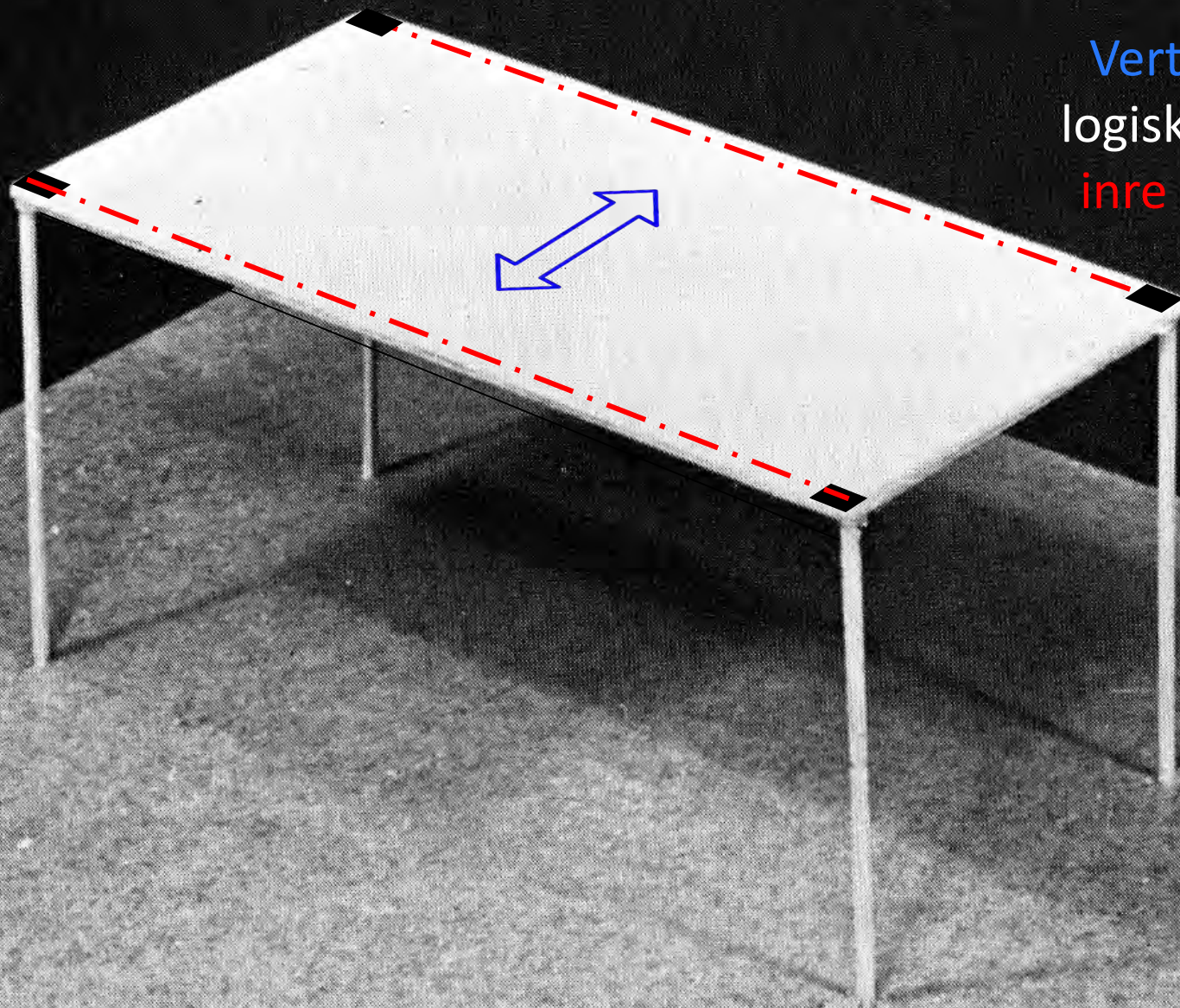




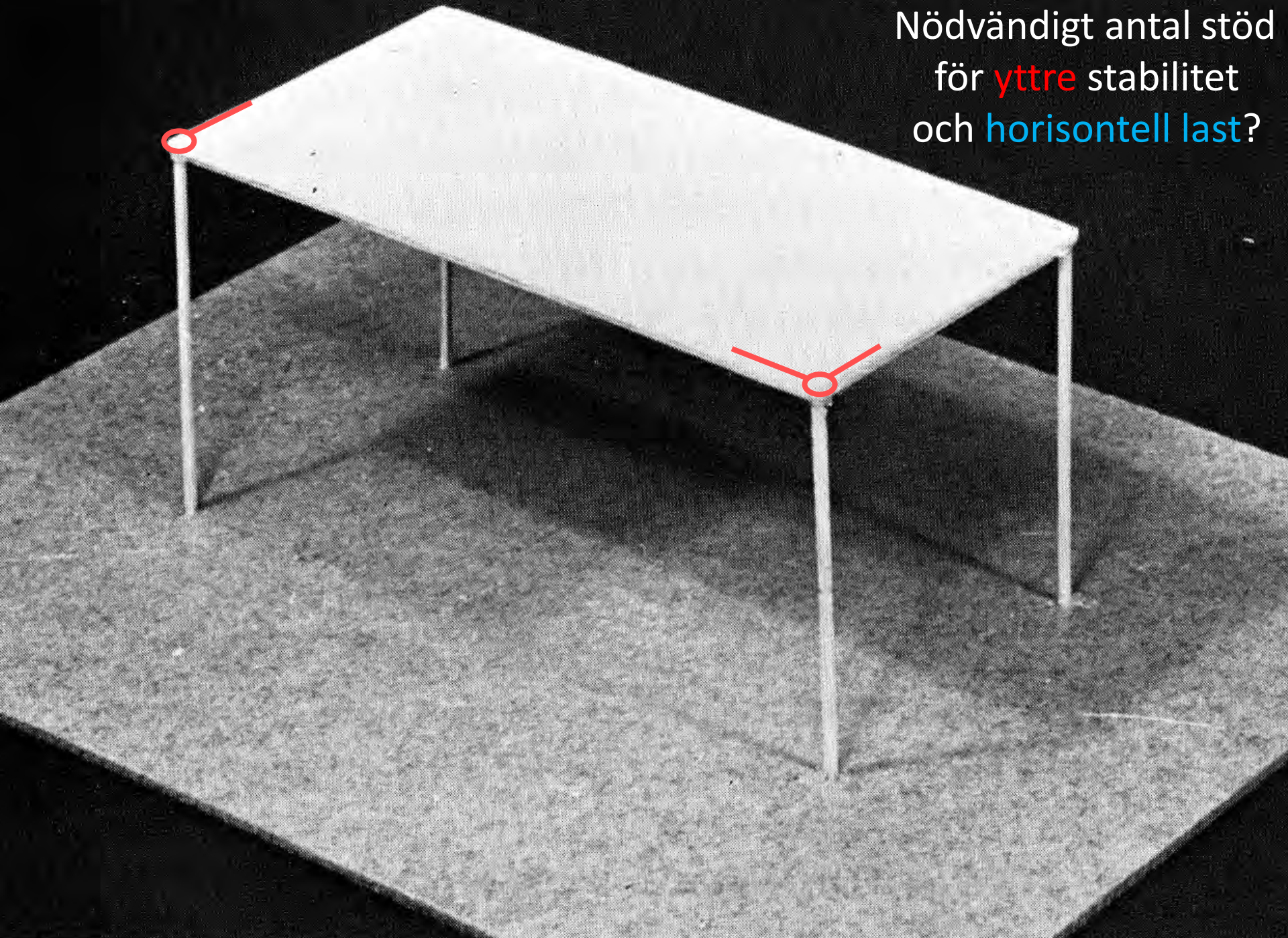




Vertikal last
logiskt ordnad
inre struktur

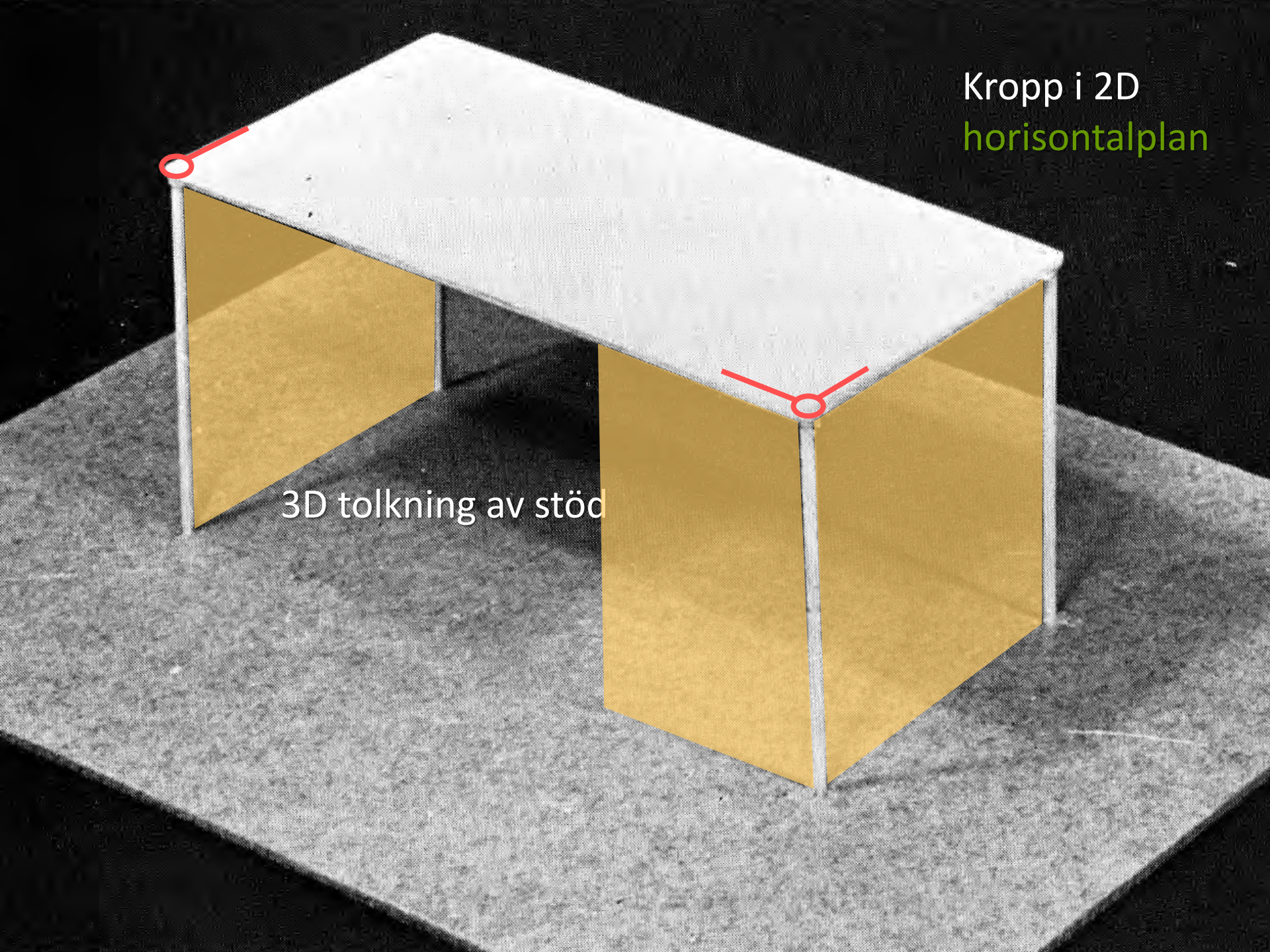


Nödvändigt antal stöd
för **yttre** stabilitet
och **horisontell last**?



Kropp i 2D
horizontalplan

3D tolkning av stöd



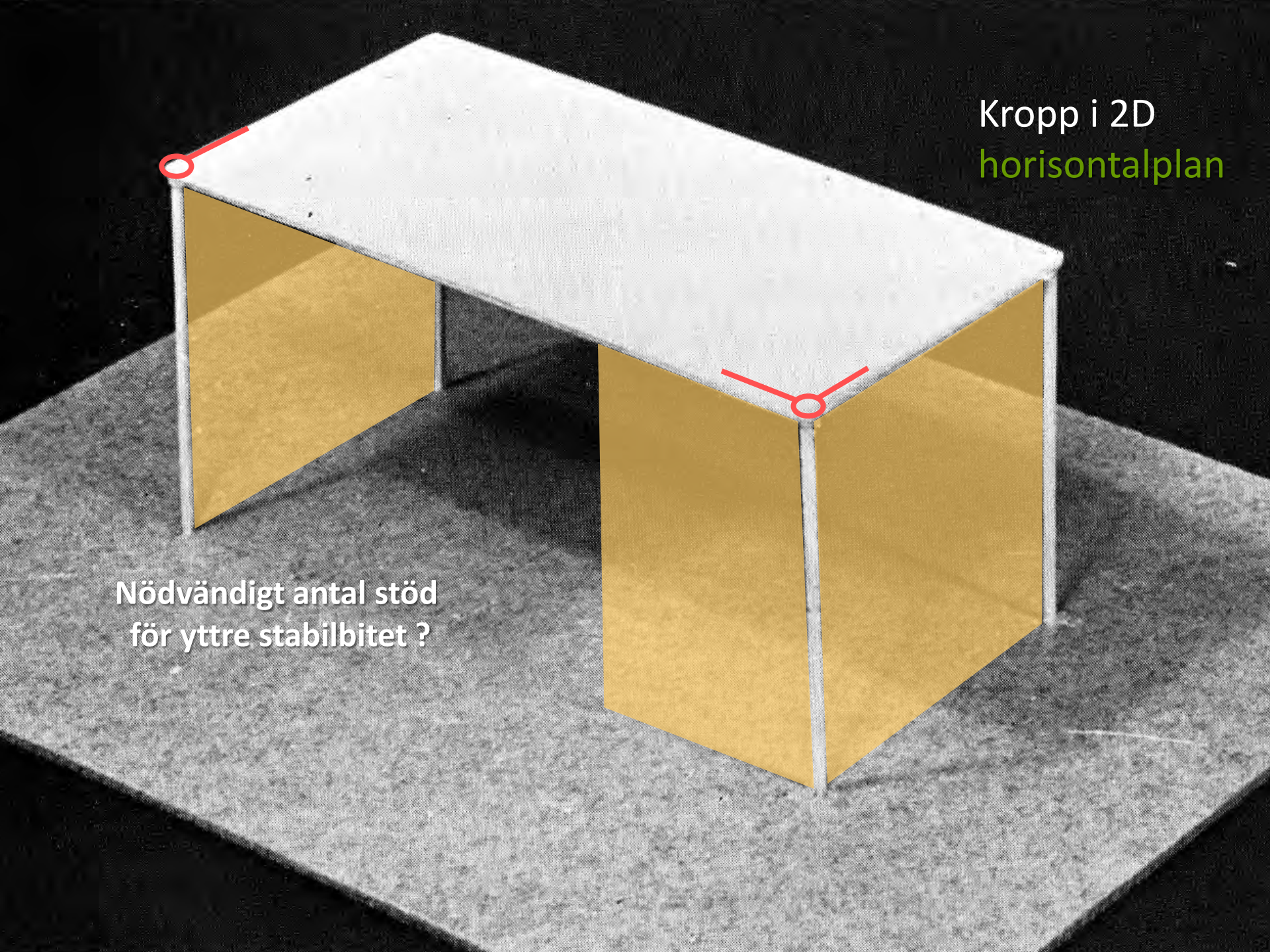
Kropp i 2D
horisontalplan

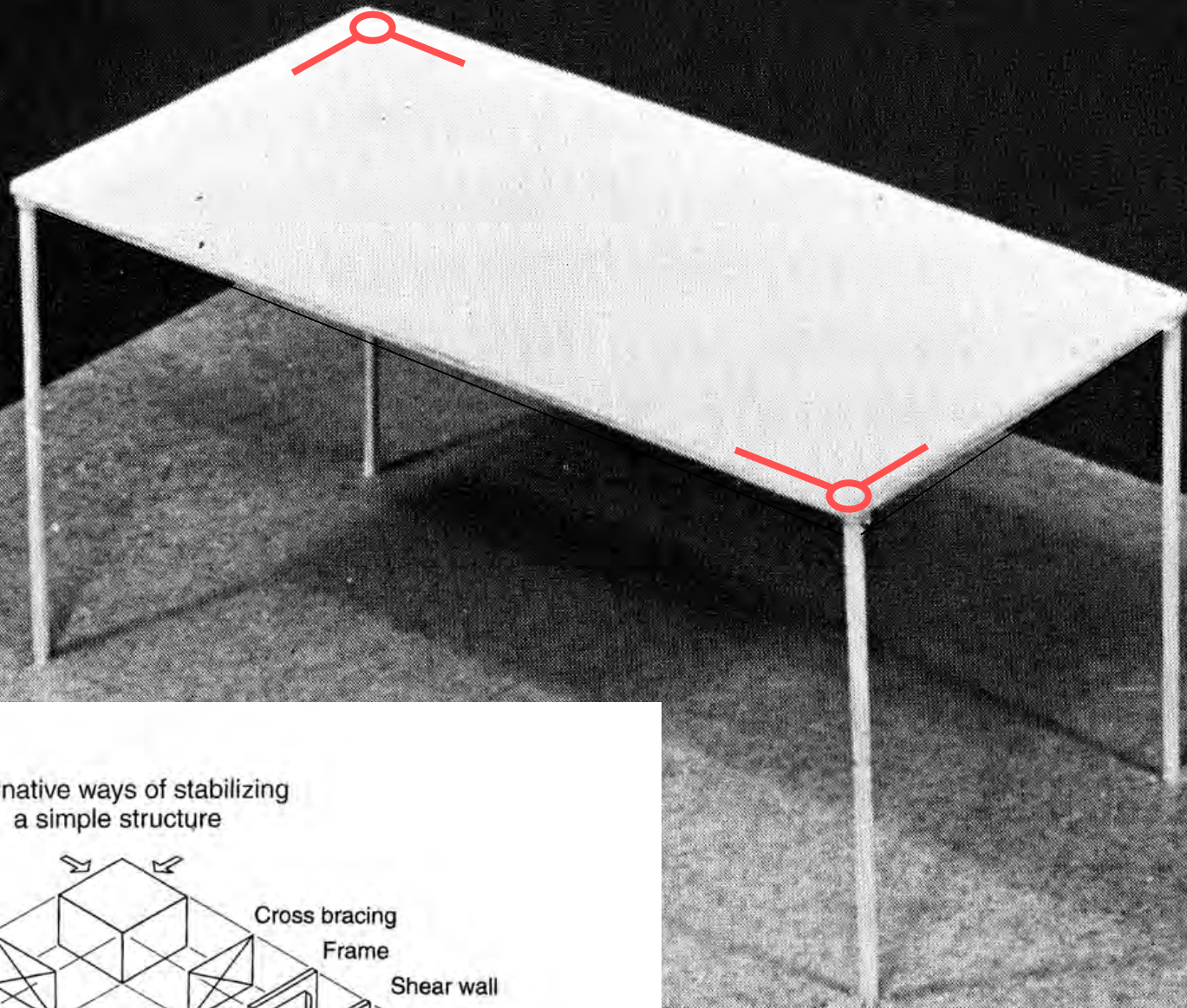
3D tolkning av stöd



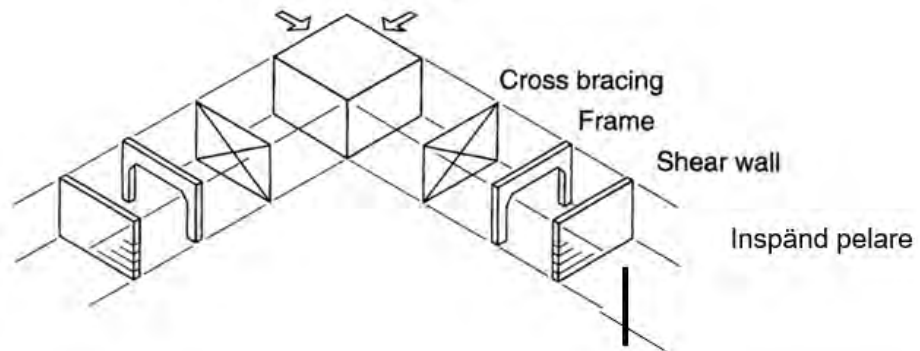
Kropp i 2D
horisontalplan

Nödvändigt antal stöd
för yttre stabilbitet ?





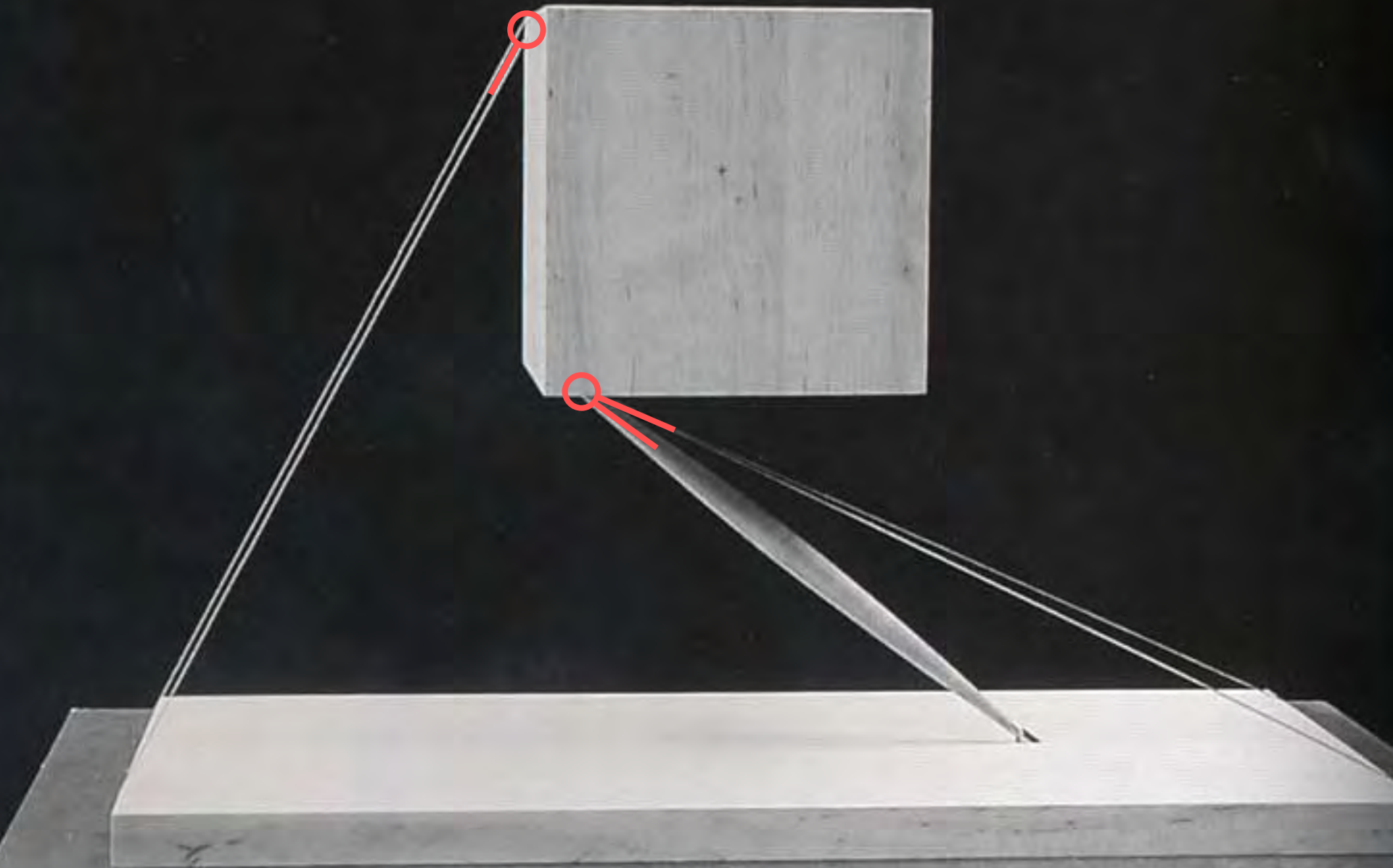
Alternative ways of stabilizing
a simple structure



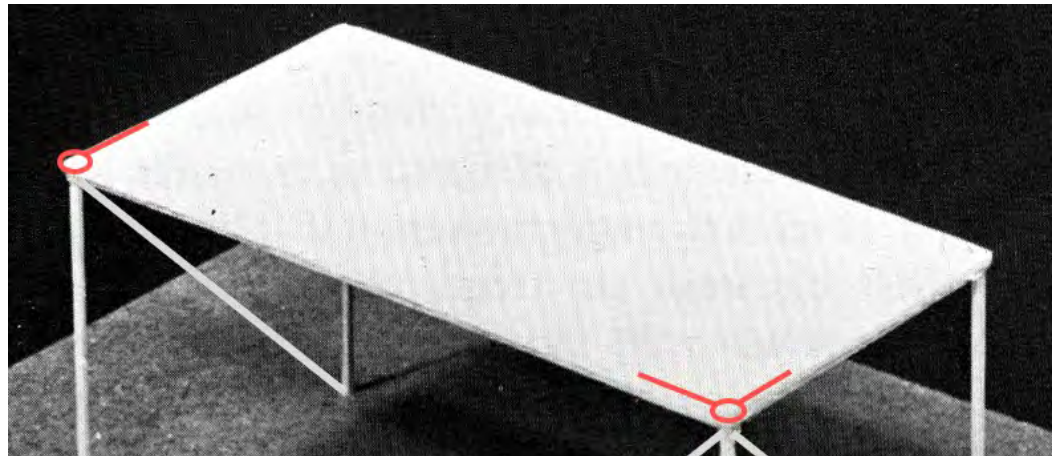
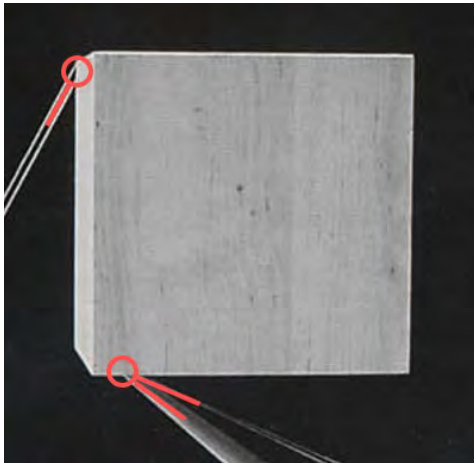
Kropp i 2D
vertikalplan



Nödvändigt antal stöd för yttre stabilitet ?

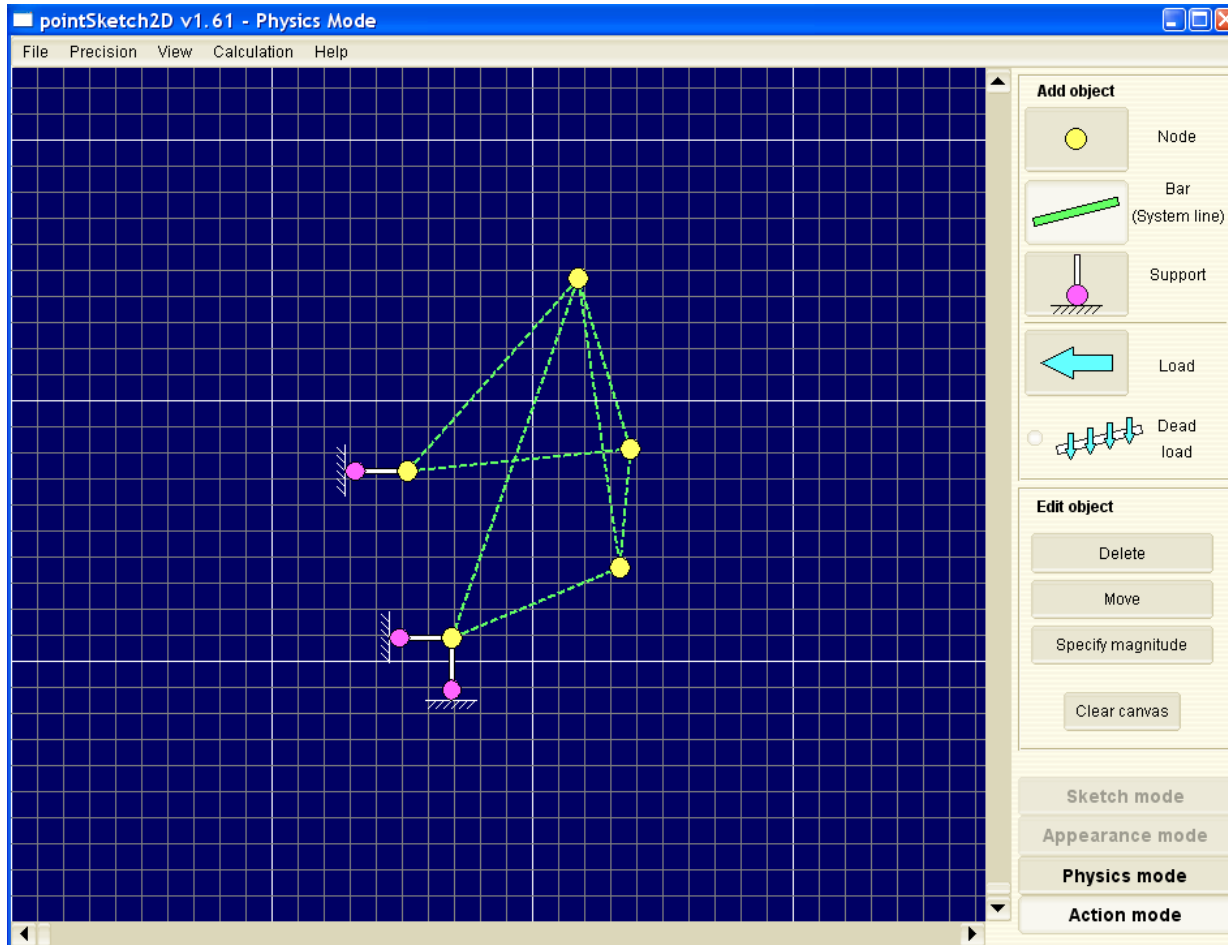


2D kroppar kan läsas
i ett **vertikalplan** och i ett **horisontalplan** ...



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

Arbetsverktyget pointSketch

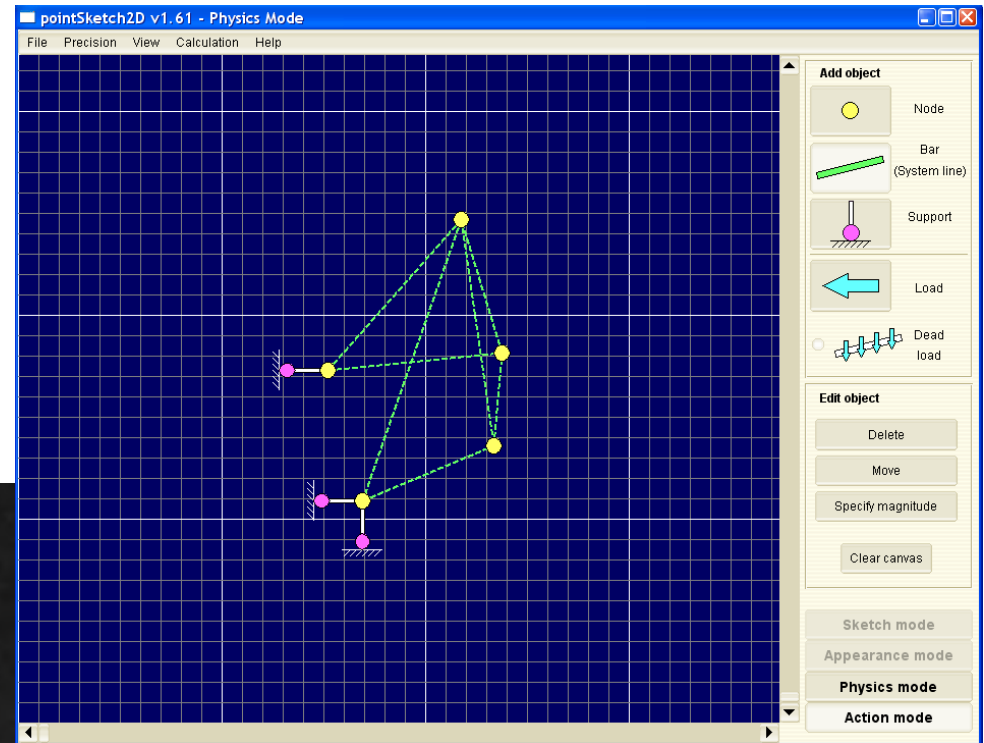
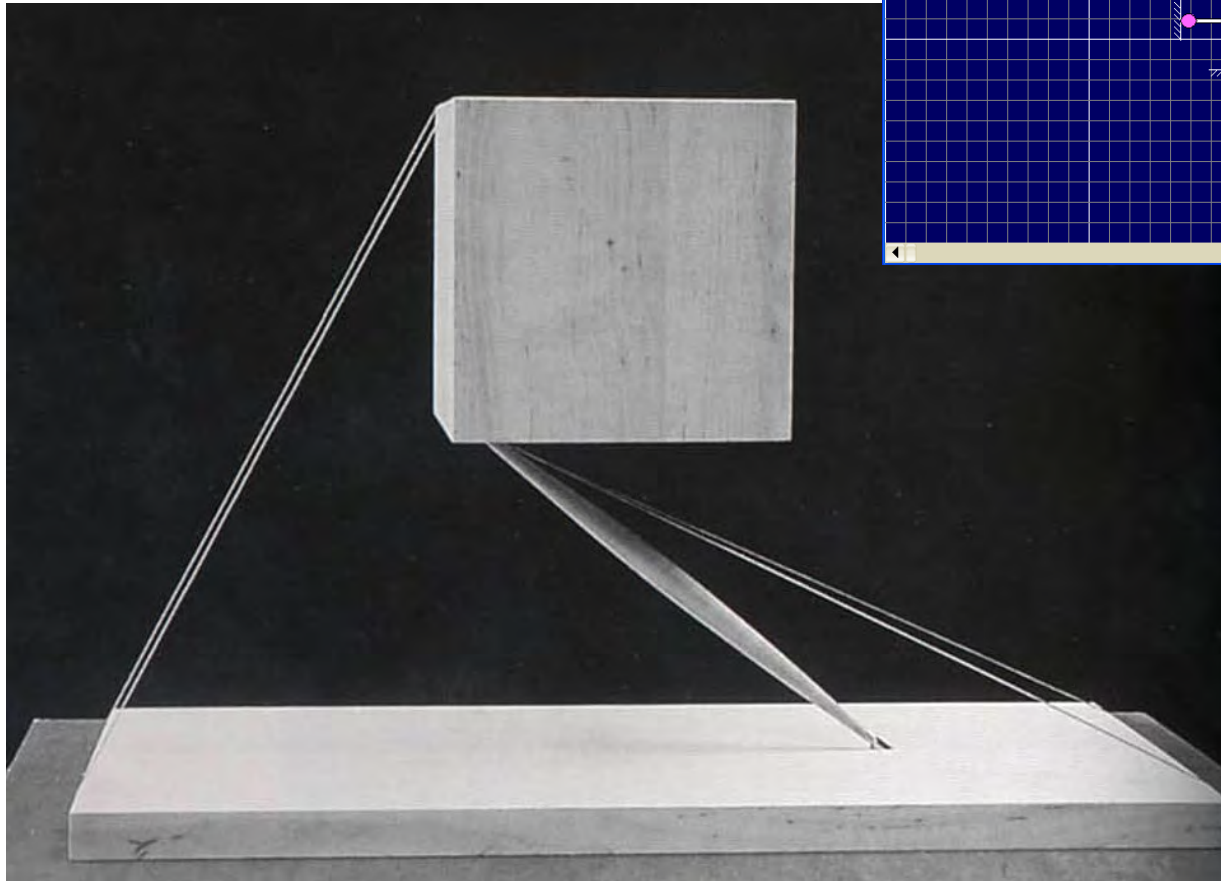


**Kroppars
verkningsätt**
yttre stabilitet
rörelsemönster
kraftbalanser

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

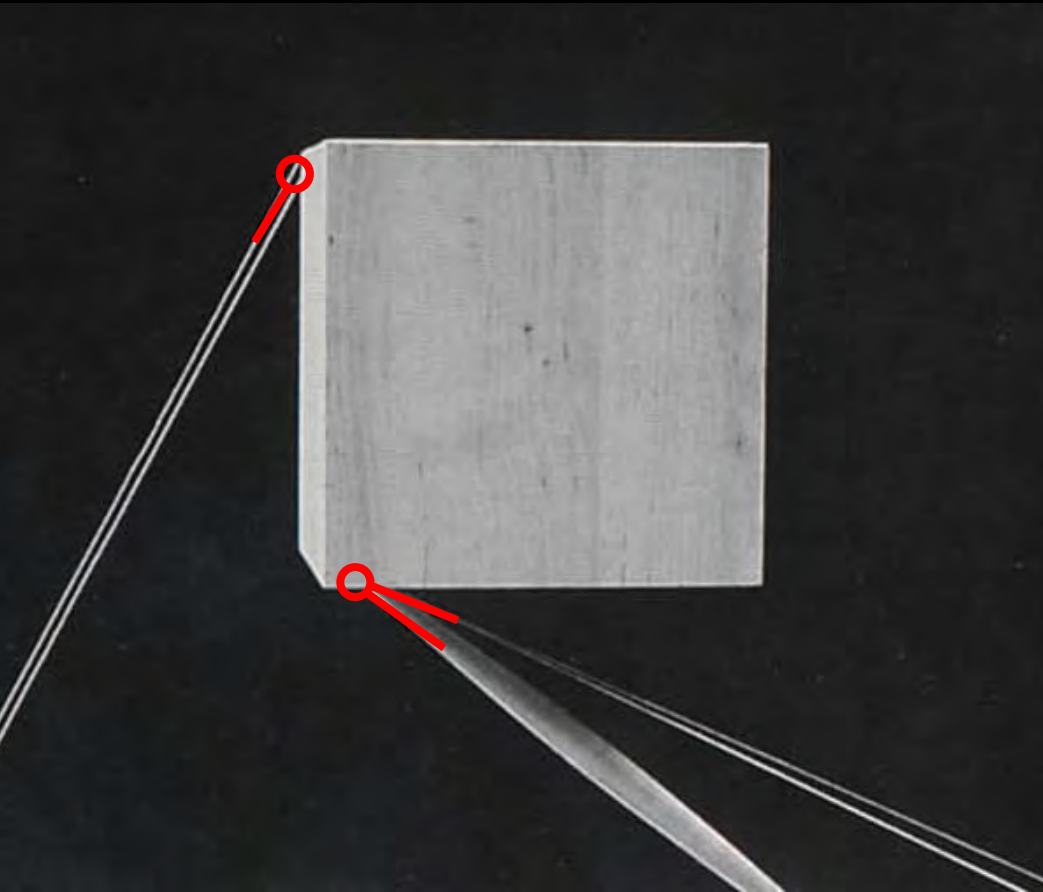
För alla konstruktionstyper och former i 2D utom linkonstruktioner

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



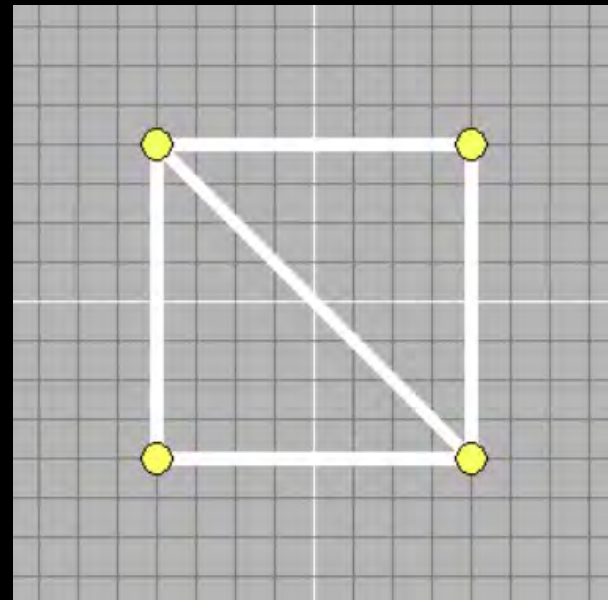
YTTRE STABILITET

tillräckligt med
yttre stöd

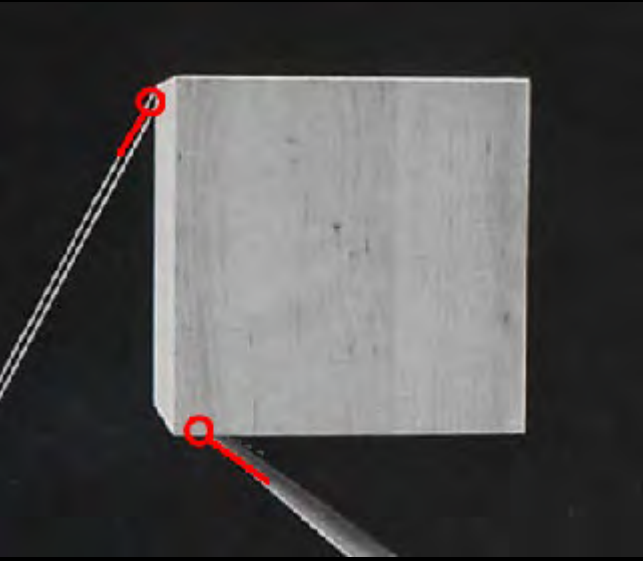


INRE STABILITET

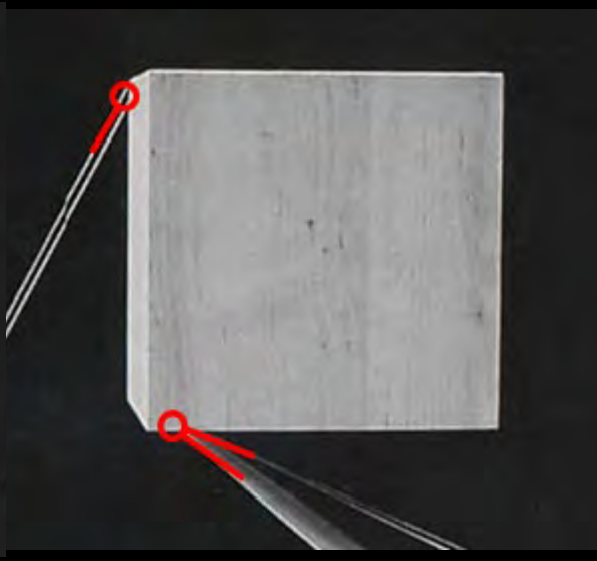
tillräckligt antal inre element
klokt kopplade till varandra



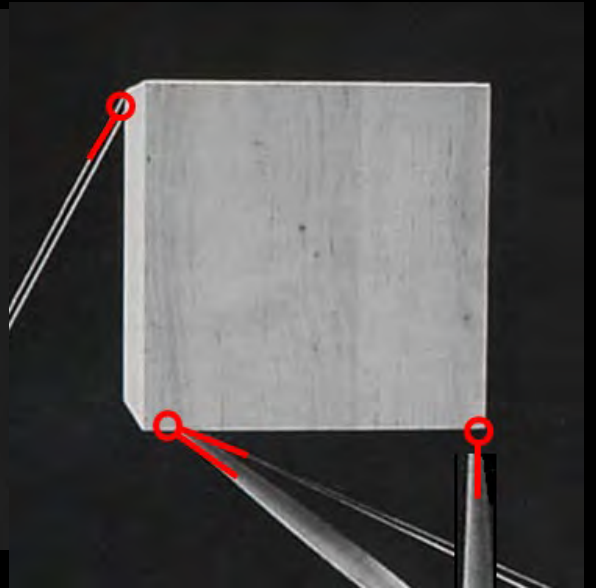
YTTRE STABILITET



Mekanism



Statiskt bestämd



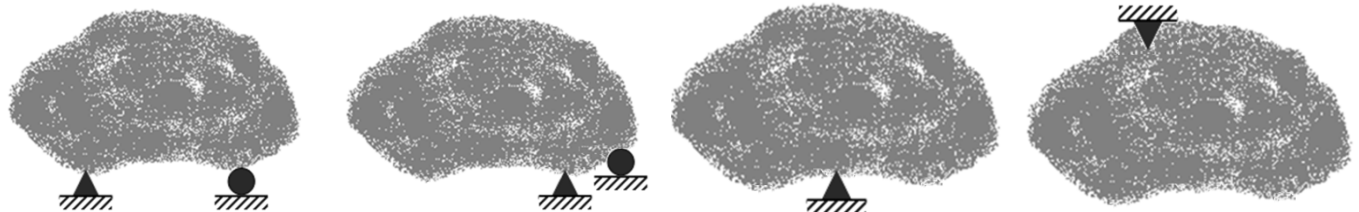
Statiskt obestämd

STRUKTURERS GRAMMATIK

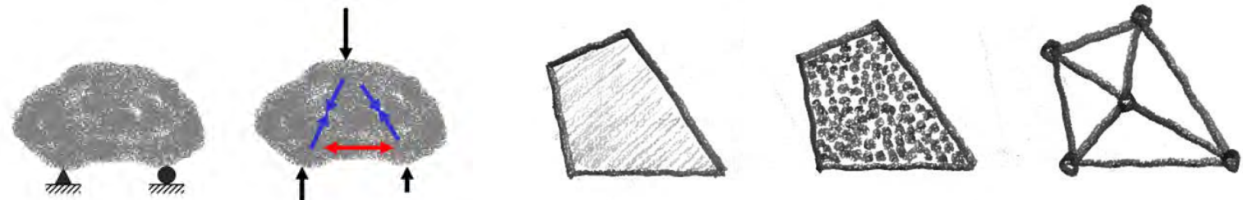
MÄNNISKA
gravitationen
som livsmiljö

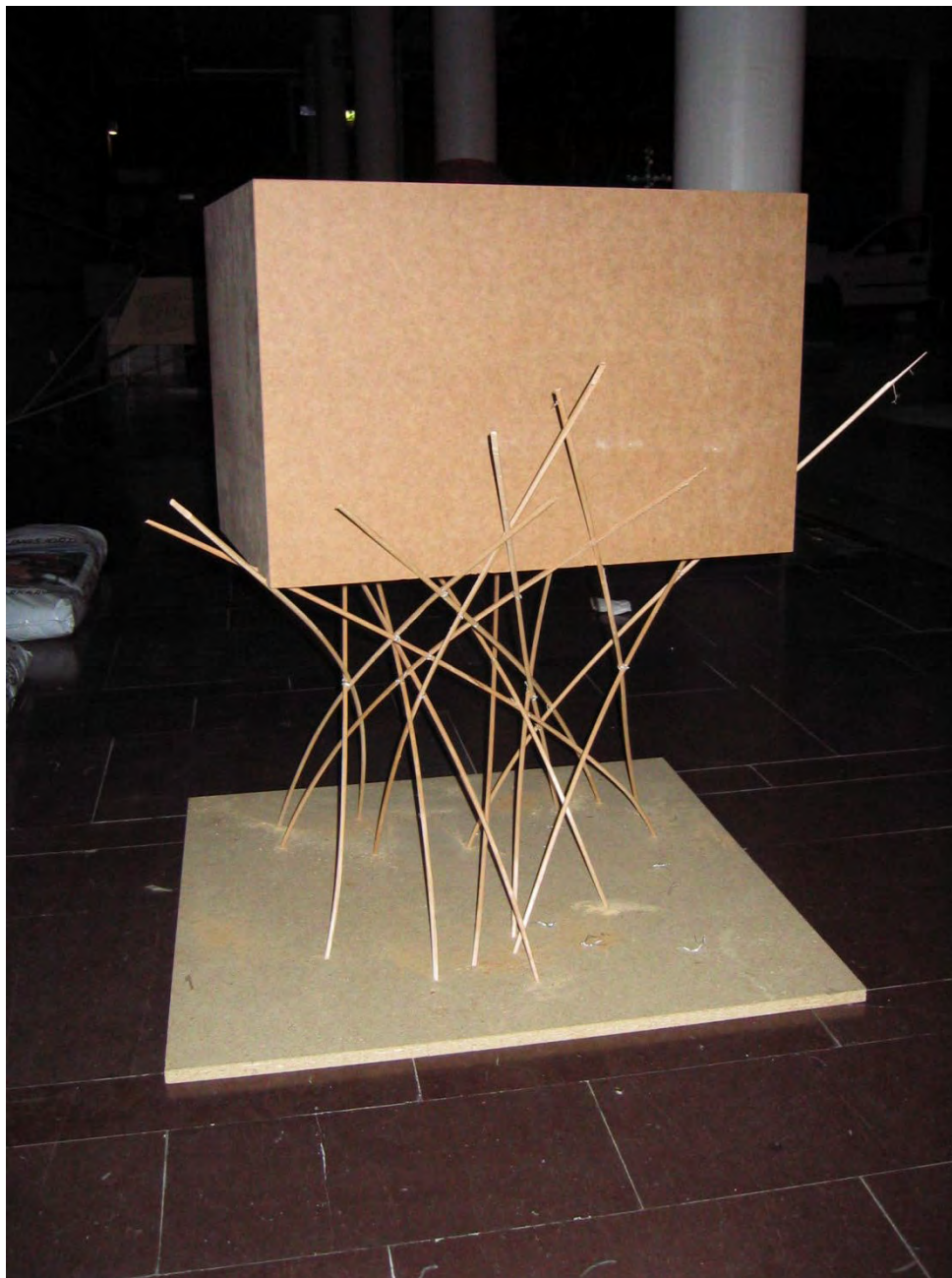


MATERIELL
KROPP
balans
stabilitet
rörelse



STRUKTUR
topologi
inre stabilitet
kraftmönster
effektivitet





Fler stöd
än nödvändigt
för yttre stabilitet

Kroppen är
yttre stabil
och
yttre statiskt obestämd



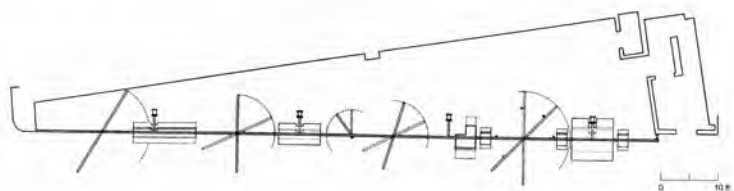
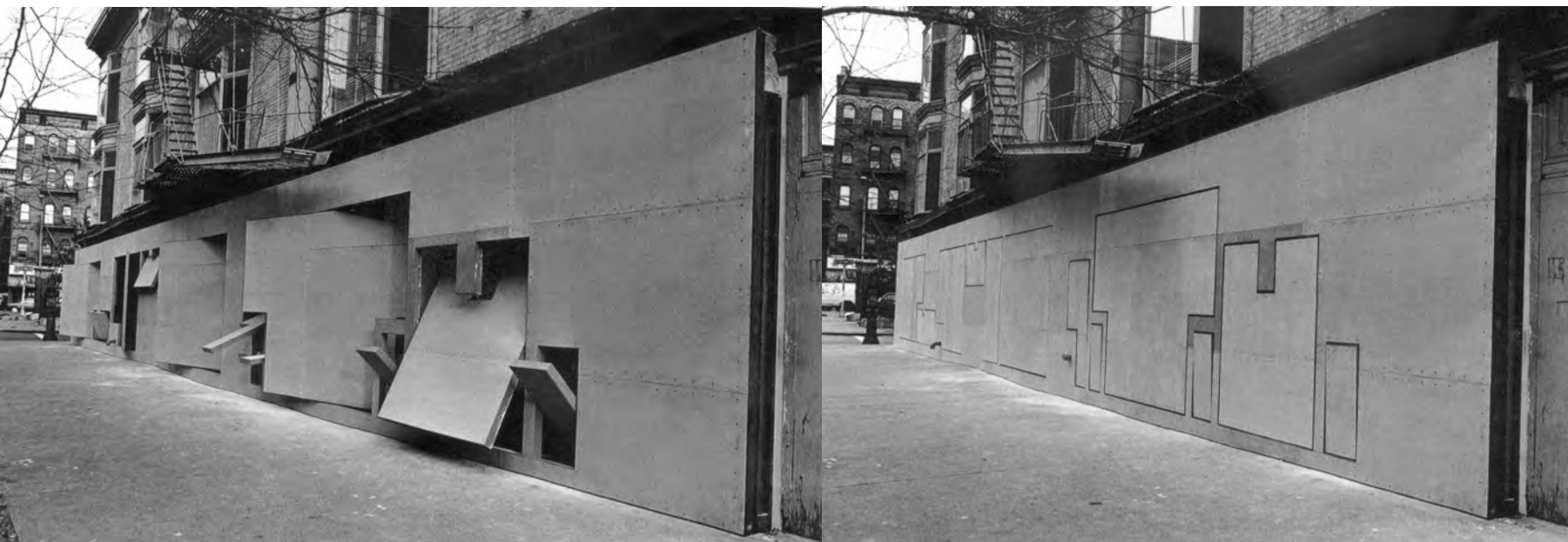
För få stöd
för yttre stabilitet

ger rörelse

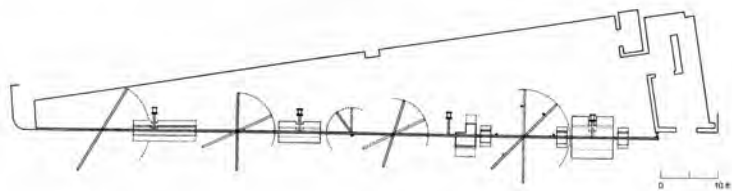
-

en *yttre mekanism*

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

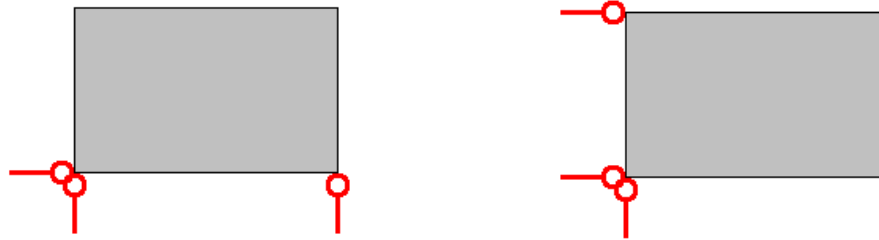


"The interactive dynamic of the gallery argued for an inside-out facade, which addresses insular art and turns it out to the public street."

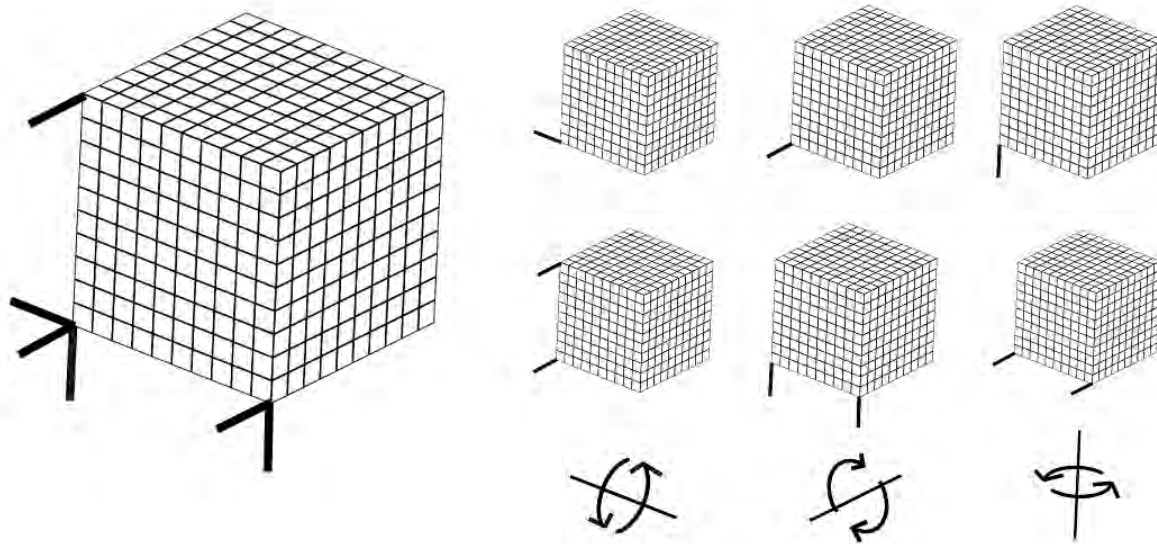




2D kropp – yttre stabilitet

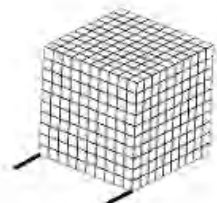
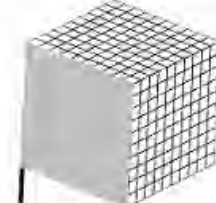
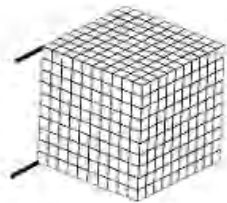
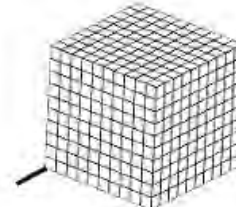
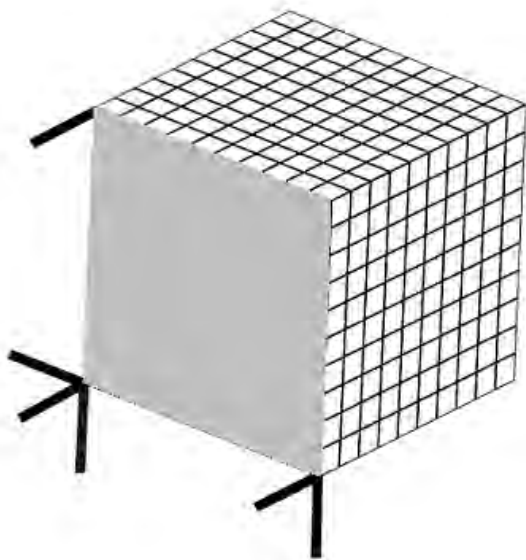


3D kropp – yttre stabilitet

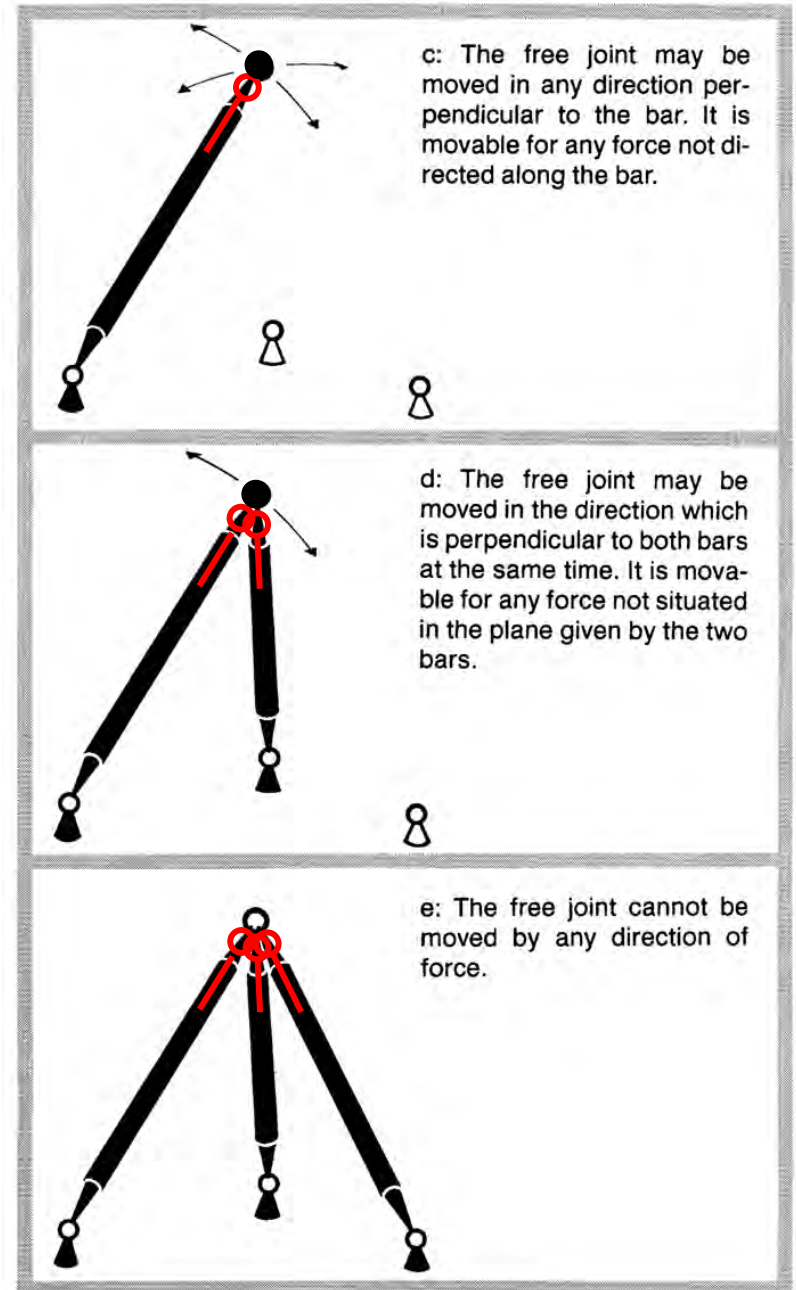
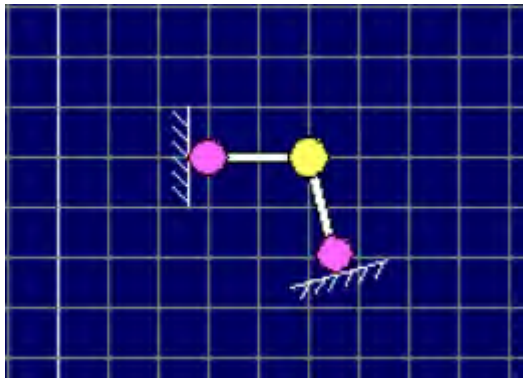
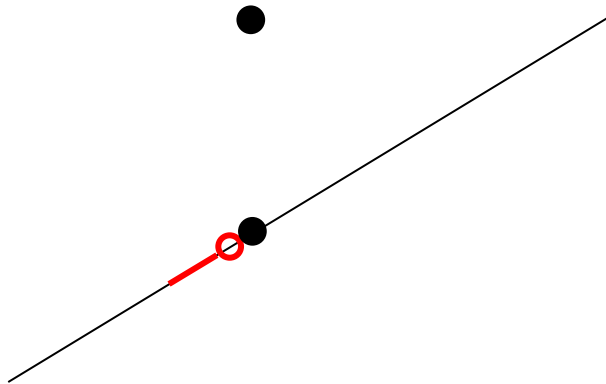


minst **sex låsta rörelser** behövs
i tre riktningar och för tre rotationer

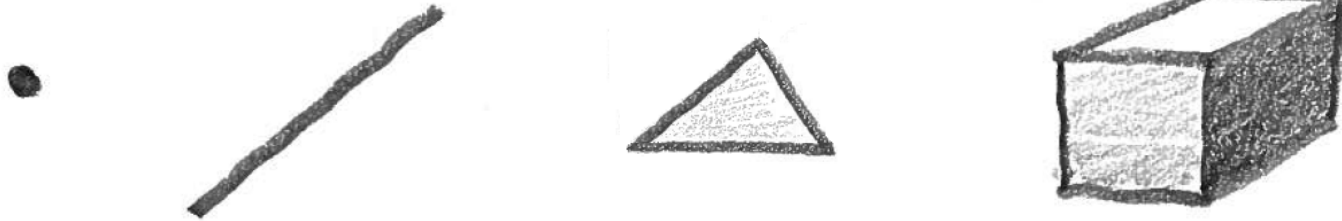
2D-projektioner av 3D



OD kropp - en punkt olika rumsliga dimensioner antal stöd för yttre stabilitet



1. Kroppars dimensioner, olika rum och villkor för yttre stabilitet



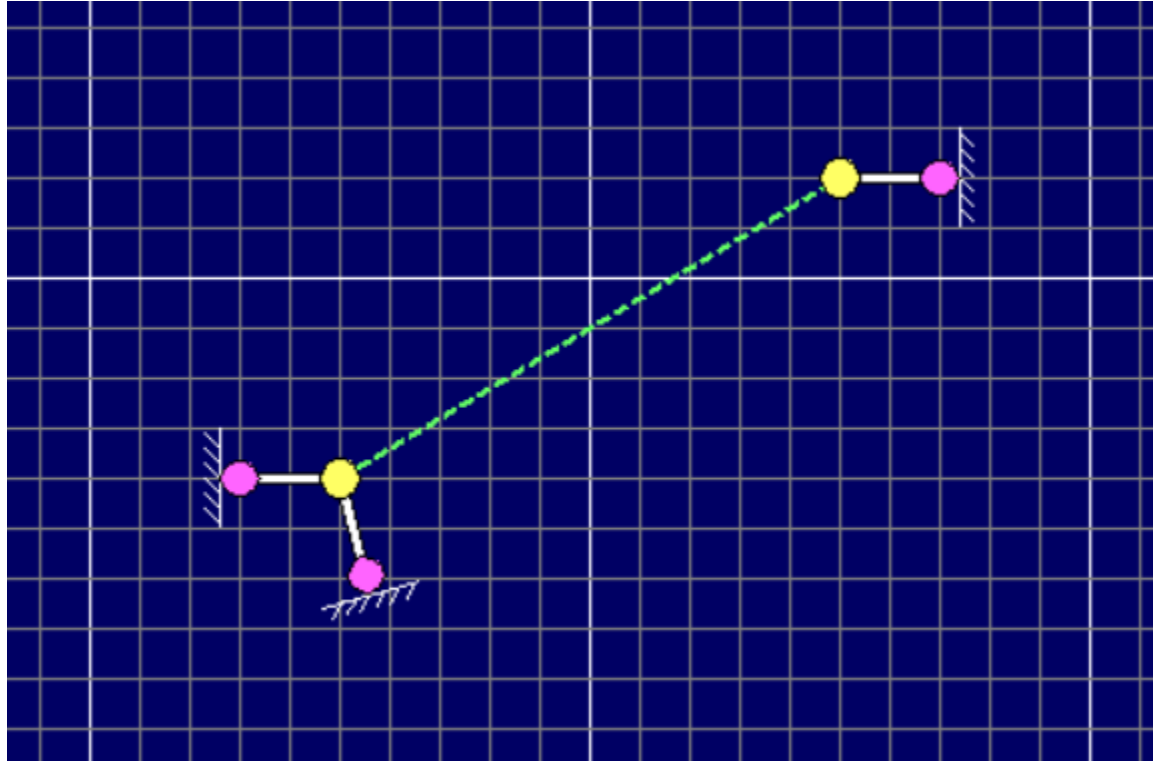
Betrakta en 0-dimensionell **punkt**, en 1-dimensionell **linje**, en 2-dimensionell **yta** och en 3-dimensionell **kropp**.

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**?

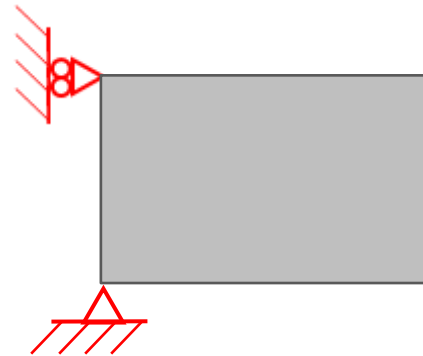
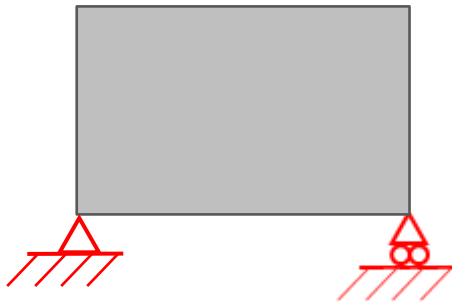
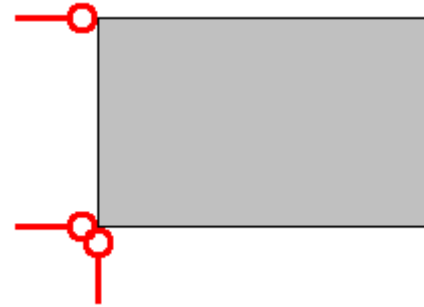
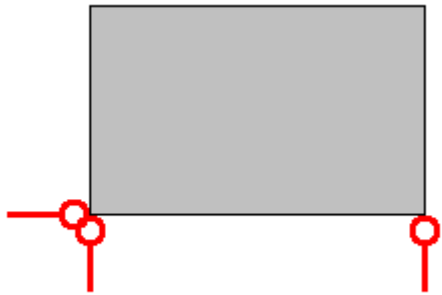
pointSketch arbetar i ett **2D plan**.

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

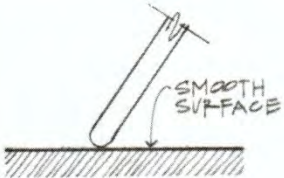
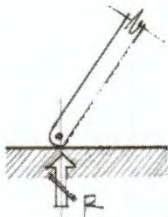
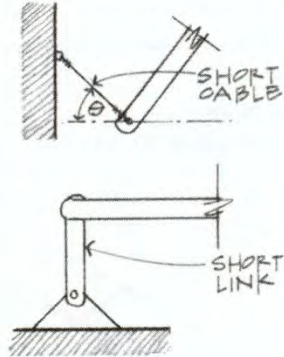
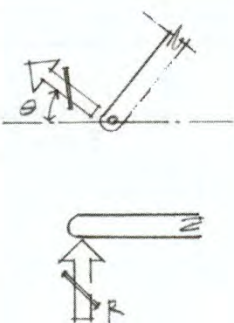
1D kropp i 2D rum

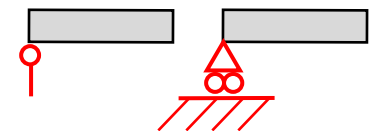
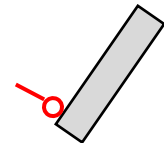
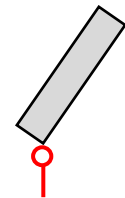


Vanliga ingenjörssymboler för stöd



Den enklaste formen av stöd – en låst rörelsefrihetsgrad

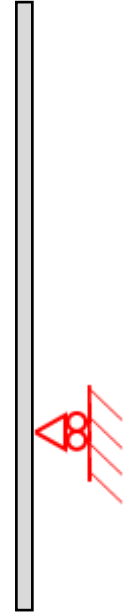
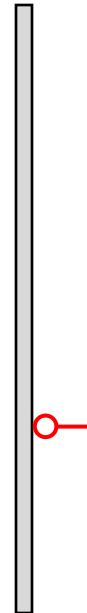
Idealized Symbol	Reactions	Number of Unknowns
		(1) Reaction is perpendicular to the surface at the point of contact.
		(1) The reaction force acts in the direction of the cable or link.



Rullager

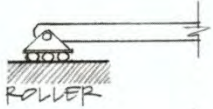
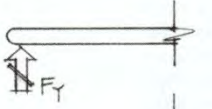
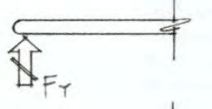


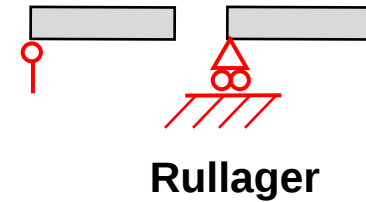
Mortensrud kirke
Oslo
Jan Olav Jensen



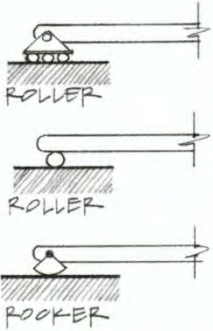
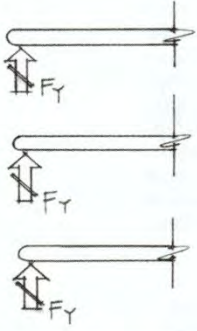
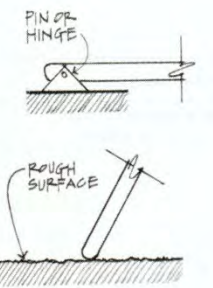
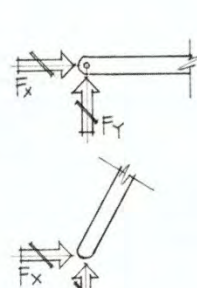
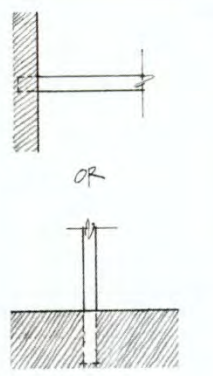
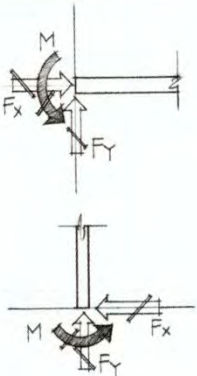


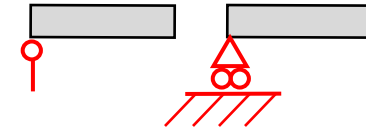
En låst frihetsgrad – fler eksempel

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



Fler typer av stöd

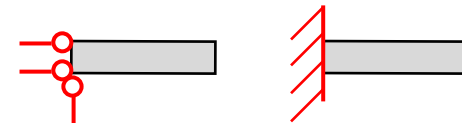
Idealized Symbol	Reactions	Number of Unknowns
 ROLLER ROLLER ROLLER	 F_y F_y F_y	(1) Reaction is perpendicular to the supporting surface.
 PIN OR HINGE ROUGH SURFACE	 F_x F_y F_x F_y	(2) Unknown reactions. F_x and F_y.
 OR	 M F_x F_y M F_x F_y	(3) Unknown reactions. Forces F_x, F_y, and resisting moment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



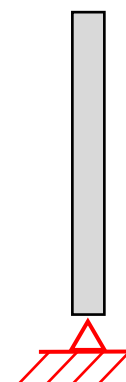
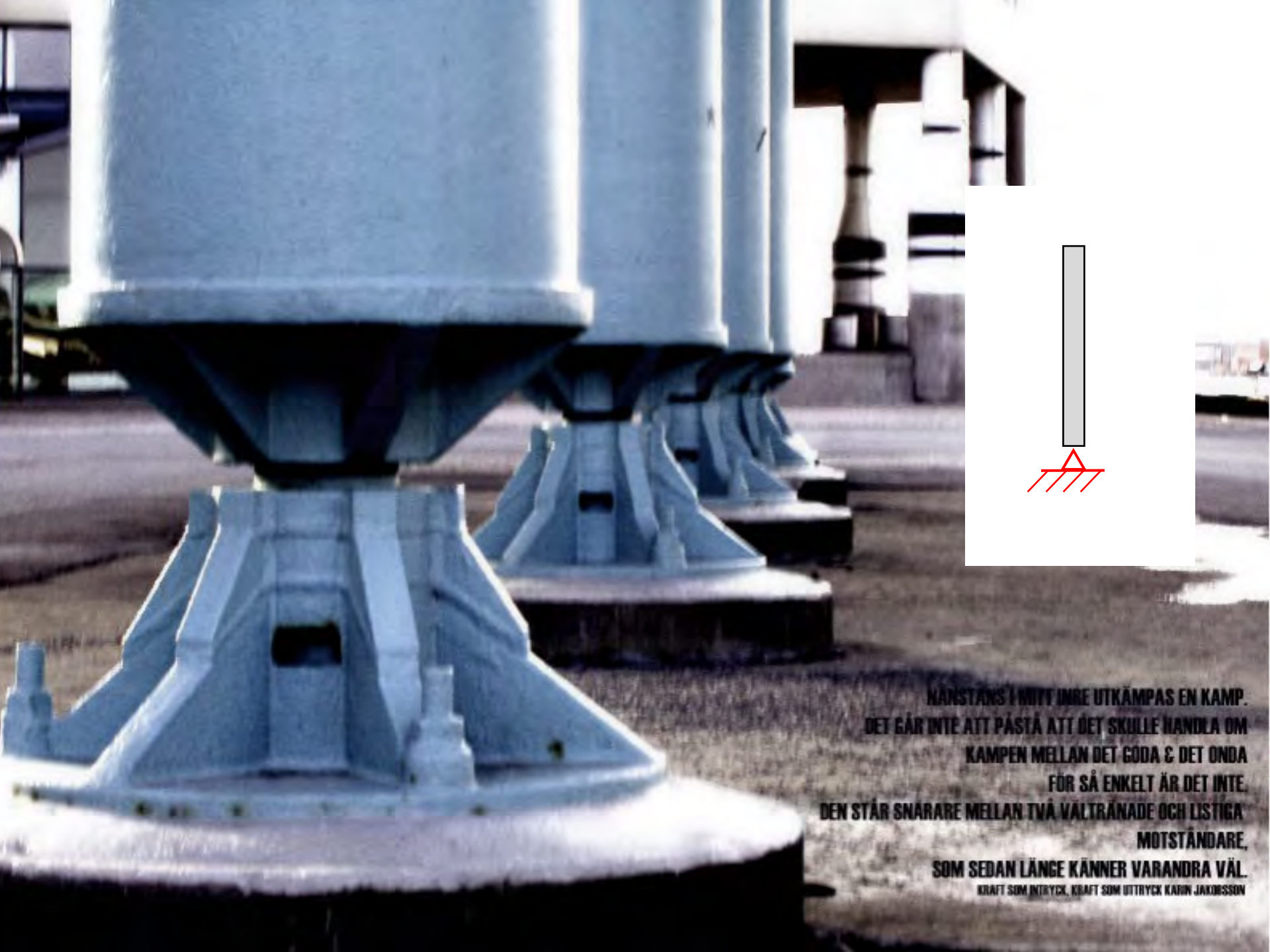
Rullager



Fixlager



Fast inspänning



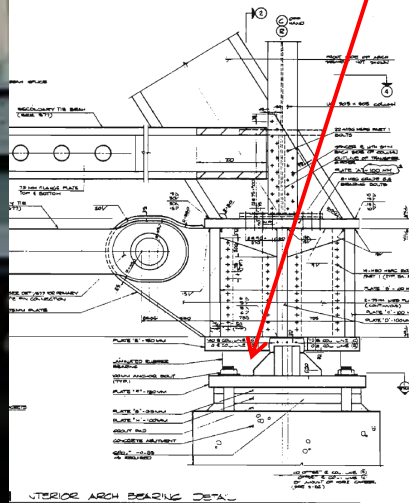
HANSTANS I HJITT INRE UTKÄMPAS EN KAMP.
DET GÅR INTE ATT PÅSTÅ ATT DET SKULLE HANDLA OM
KAMPEN MELLAN DET GODA & DET ONDA
FÖR SÅ ENKELT ÄR DET INTE.
DEN STÅR SNARARE MELLAN TVÅ VALTRÄNADE OCH LISTIGA
MOTSTÅNDARE,
SOM SEDAN LÄNGE KÄNNER VARANDRA VÄL.
KRAFT SOM INTRYCK, KRAFT SOM UTTRYCK KARIN JAKOBSSON



Broadgate Exchange House
London
SOM



Laminat gummi

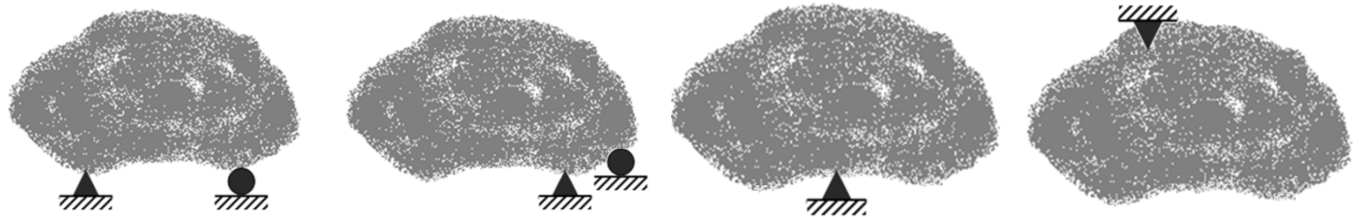


STRUKTURERS GRAMMATIK

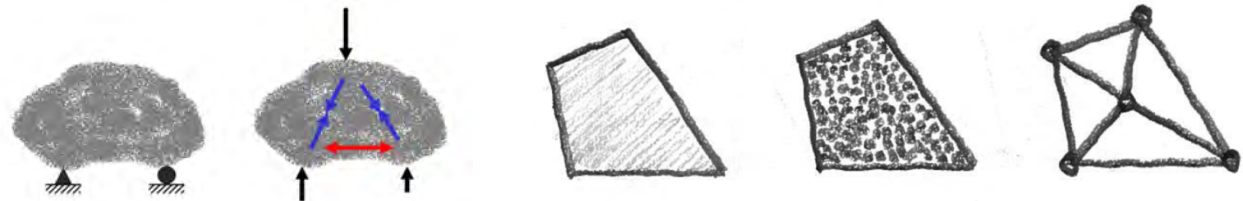
MÄNNISKA
gravitationen
som livsmiljö



MATERIELL
KROPP
balans
stabilitet
rörelse

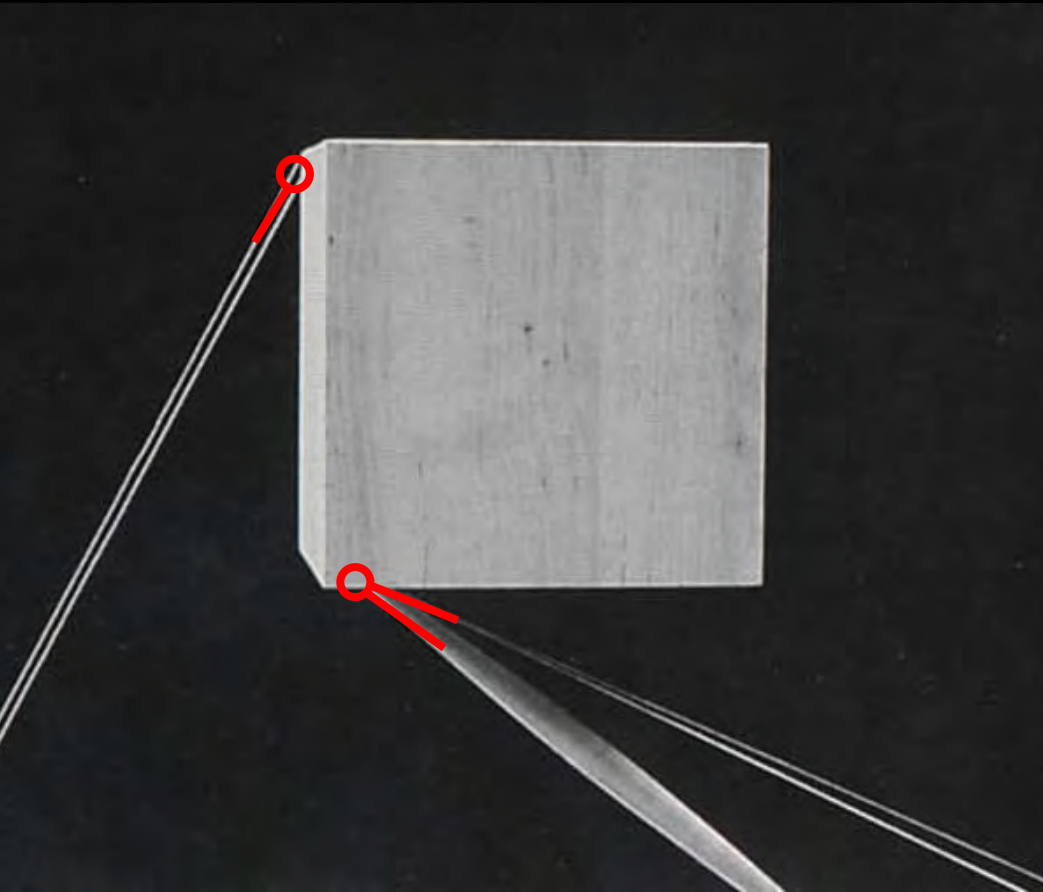


STRUKTUR
topologi
inre stabilitet
kraftmönster
effektivitet



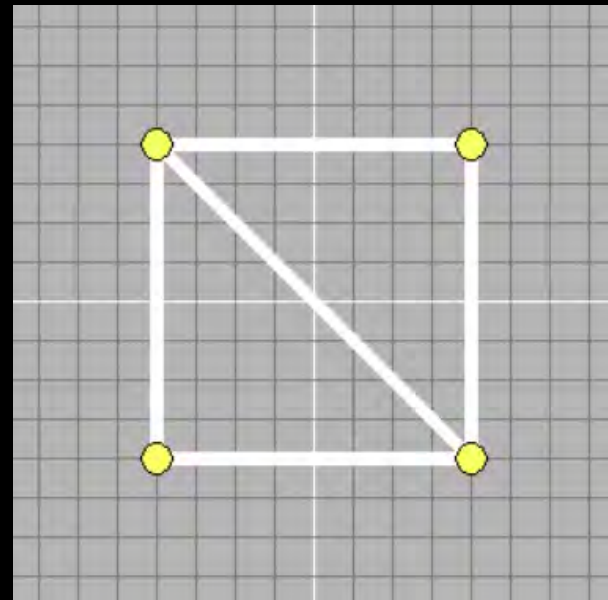
YTTRE STABILITET

tillräckligt med
yttre stöd

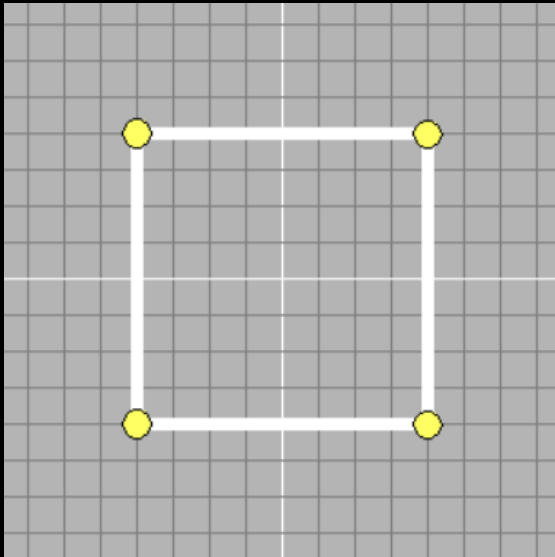


INRE STABILITET

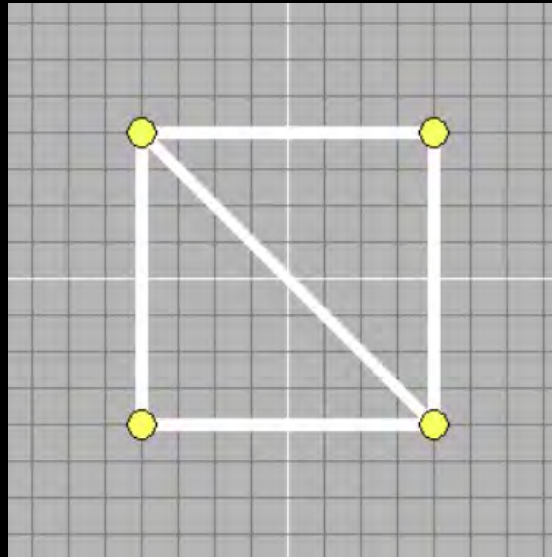
tillräckligt antal inre element
klokt kopplade till varandra



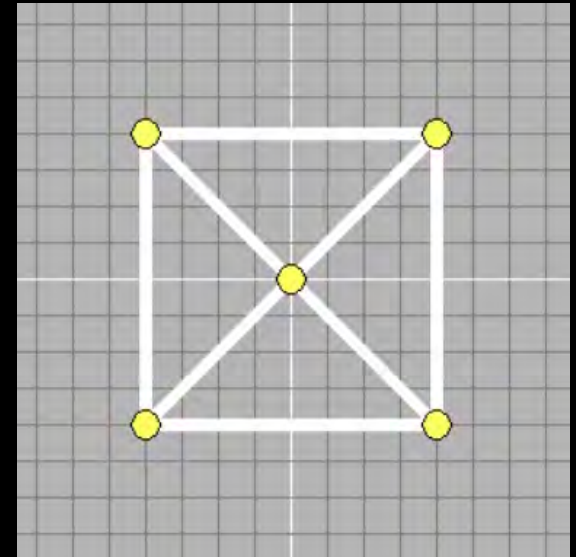
INRE STABILITET



Mekanism



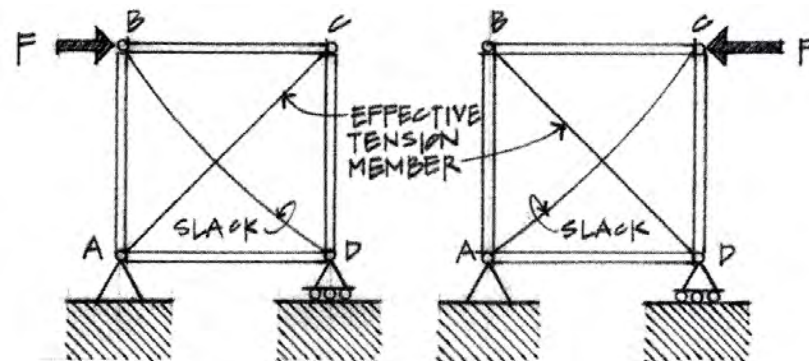
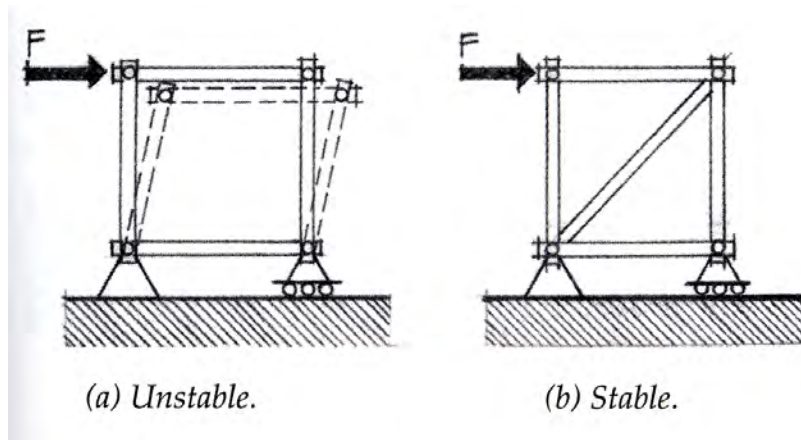
Statiskt bestämd



Statiskt obestämd

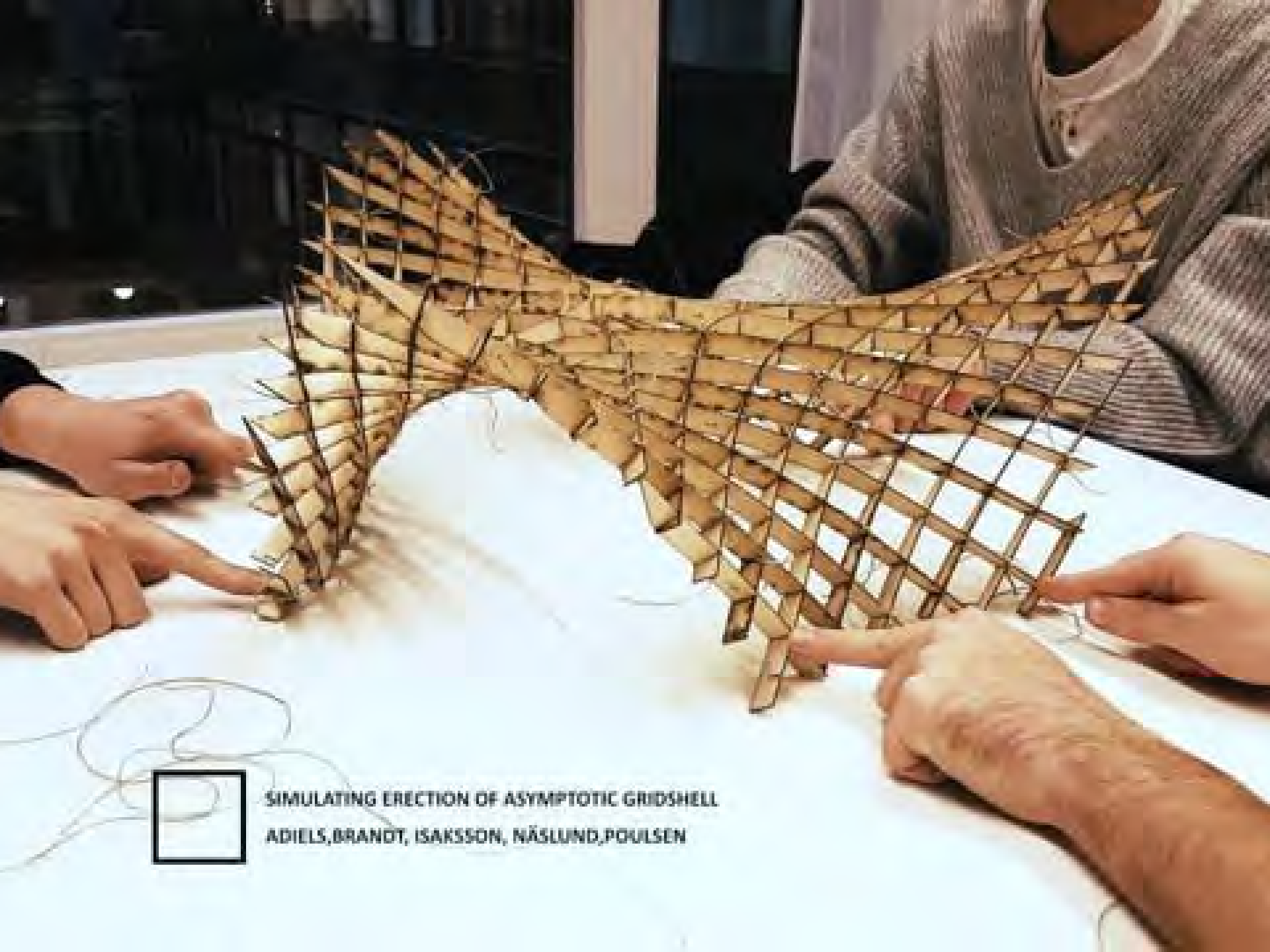
Begreppen inre mekanism och inre stabilitet

Inre mekanism!





Jämför med Universeums gångbroar!

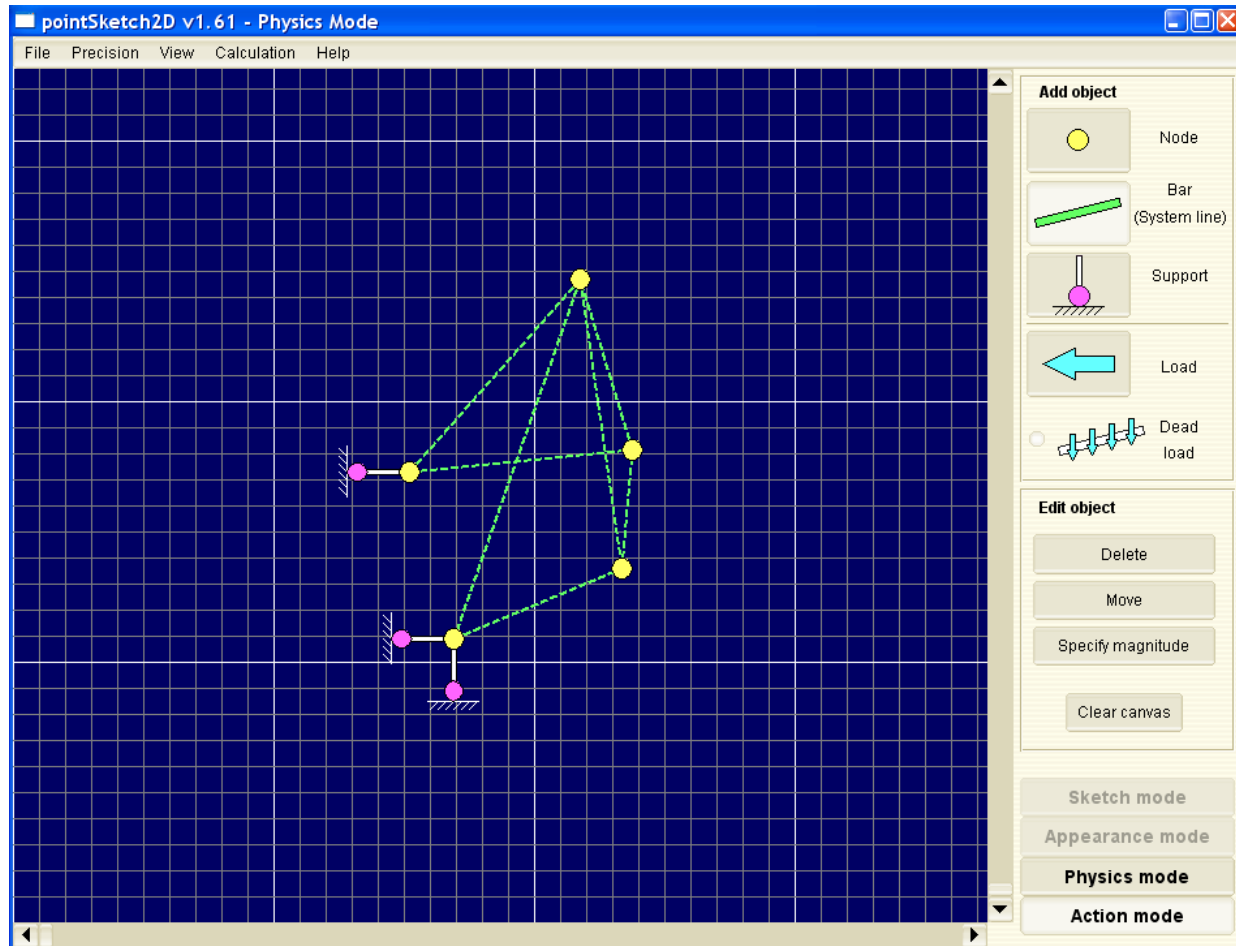


SIMULATING ERECTION OF ASYMPTOTIC GRIDSHELL
ADIELS, BRANDT, ISAKSSON, NÄSLUND, POULSEN





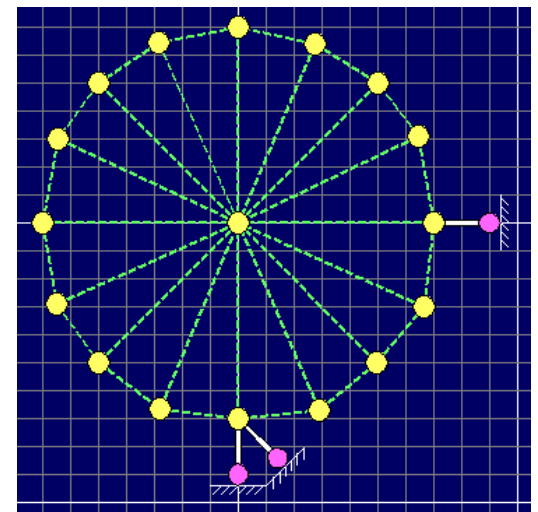
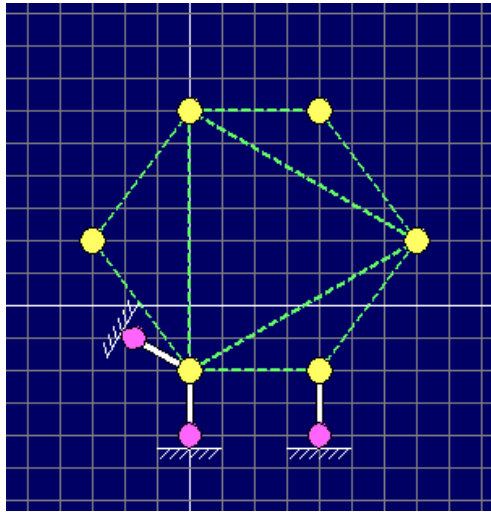
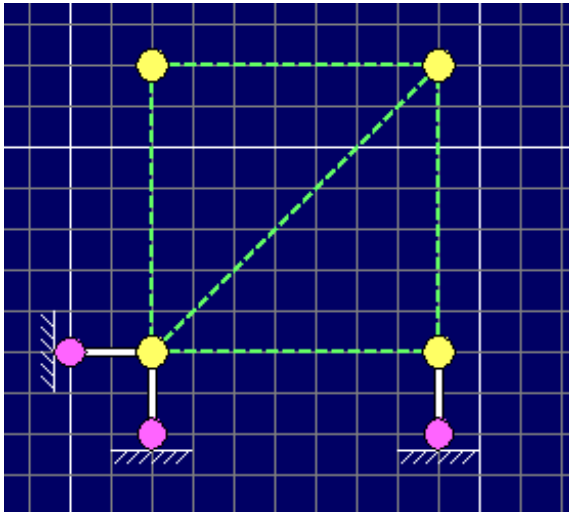
Inre stabilitet kan studeras i pointSketch



**Kroppars
verkningsätt**
yttre stabilitet
rörelsemönster
kraftbalanser

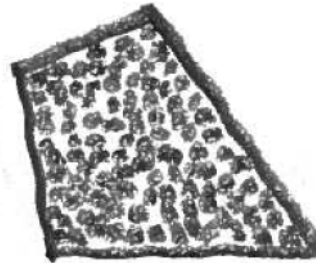
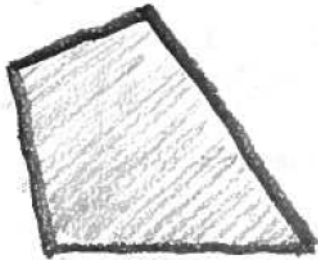
**Strukturers
verkningsätt**
inre stabilitet
kraftmönster
tryck/drag

För alla konstruktionstyper och former i 2D
utom linkonstruktioner



Experiment i pointSketch kring former och strukturers inre stabilitet

2. Två-dimensionella strukturer - inre och yttre stabilitet



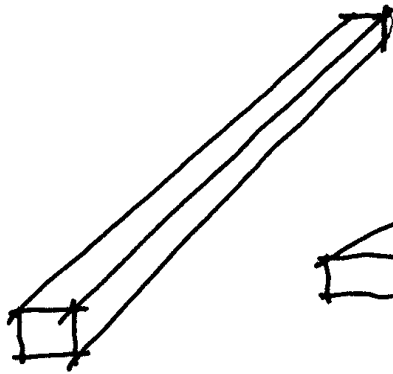
Experimentera i pointSketch och skapa olika *inre stabila* 2D strukturer, t.ex. *kvadrat*, *rektangel*, *pentagon*, *hexagon* och *cirkel*.

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 ...



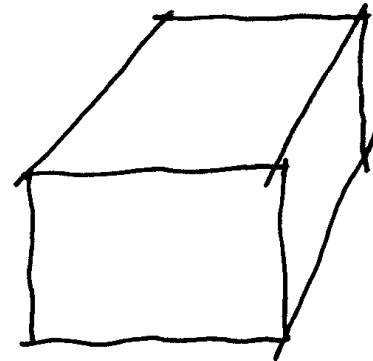
1-dim

Stång
Balk



2-dim

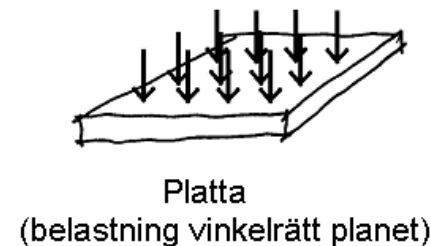
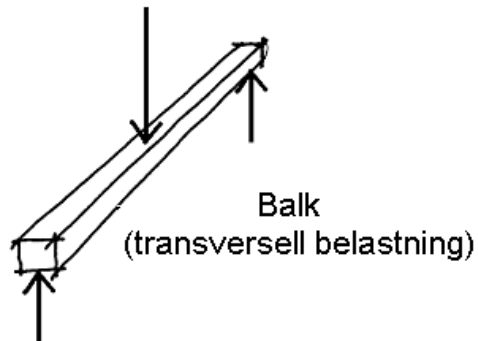
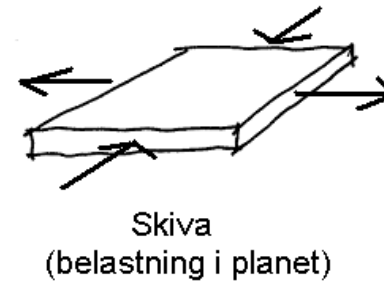
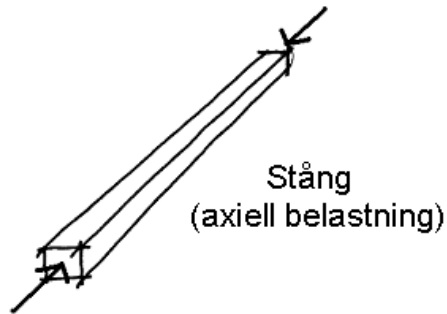
Skiva
Platta



3-dim

Solid

... och hur last är riktad relativt dessa dimensioner

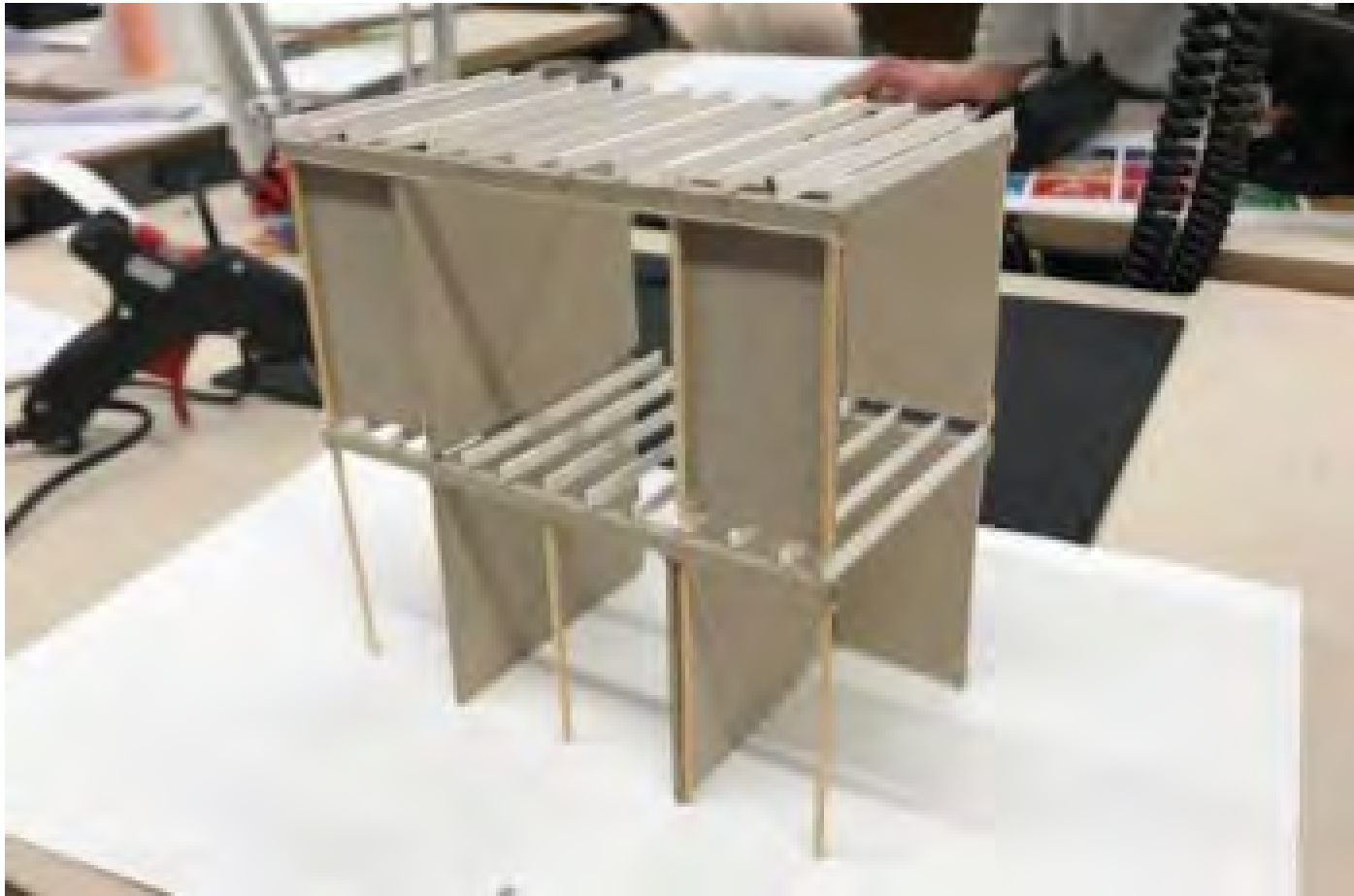


STÅNG BALK SKIVA PLATTA

Strukturelement

stänger, balkar, skivor och plattor

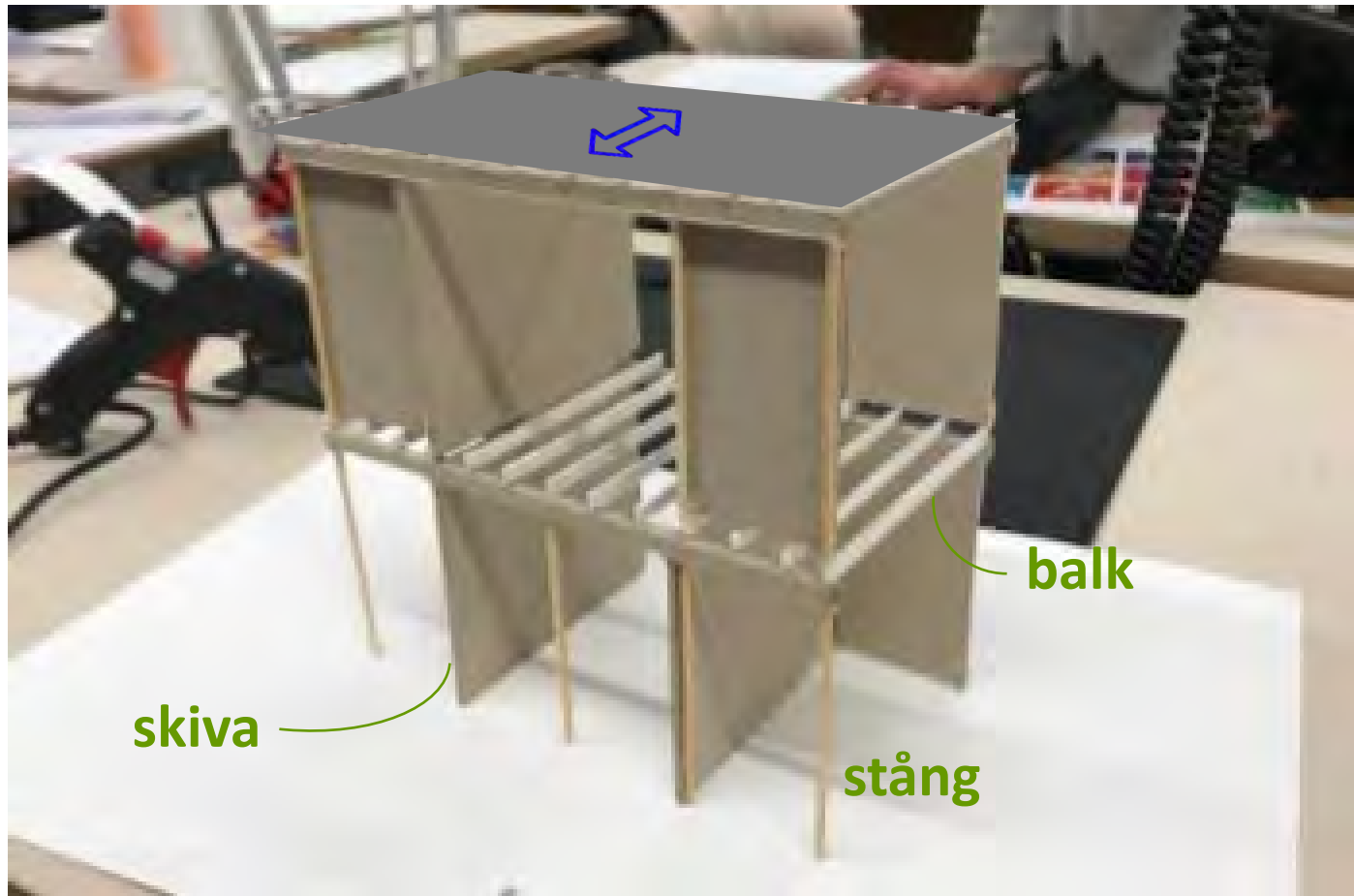
fyra grundtyper av kroppar som bygger en struktur



Strukturelement

stänger, balkar, skivor och plattor

fyra grundtyper av kroppar som bygger en struktur

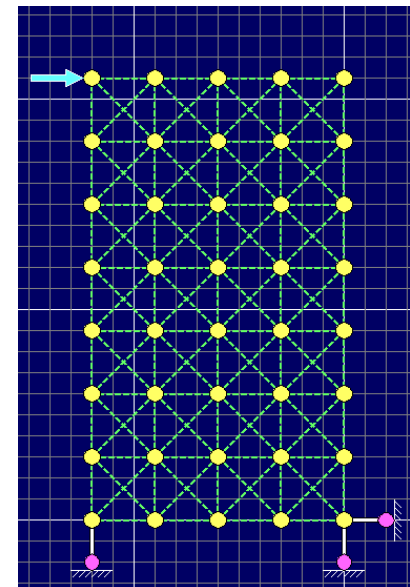
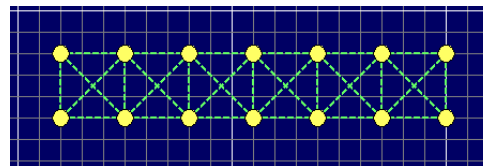
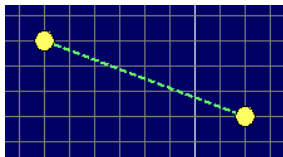
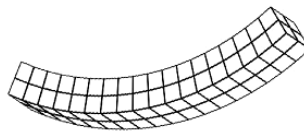
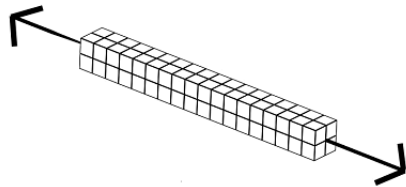




Stång

Balk

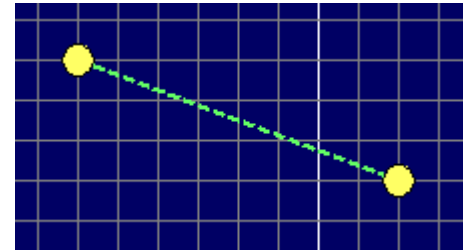
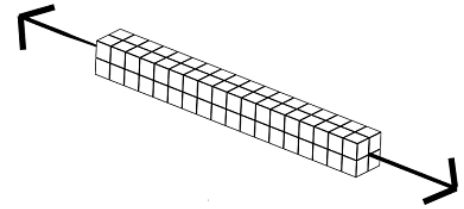
Skiva



Stång

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

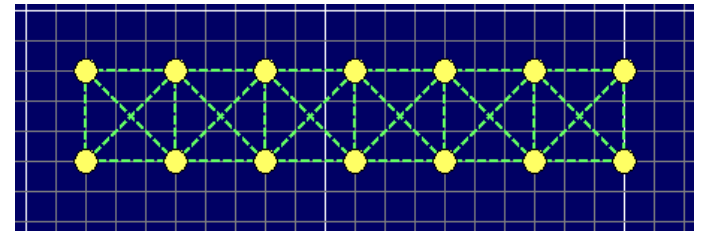
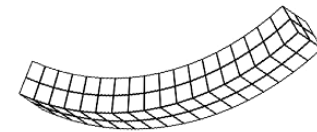
en linje räcker



Balk

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

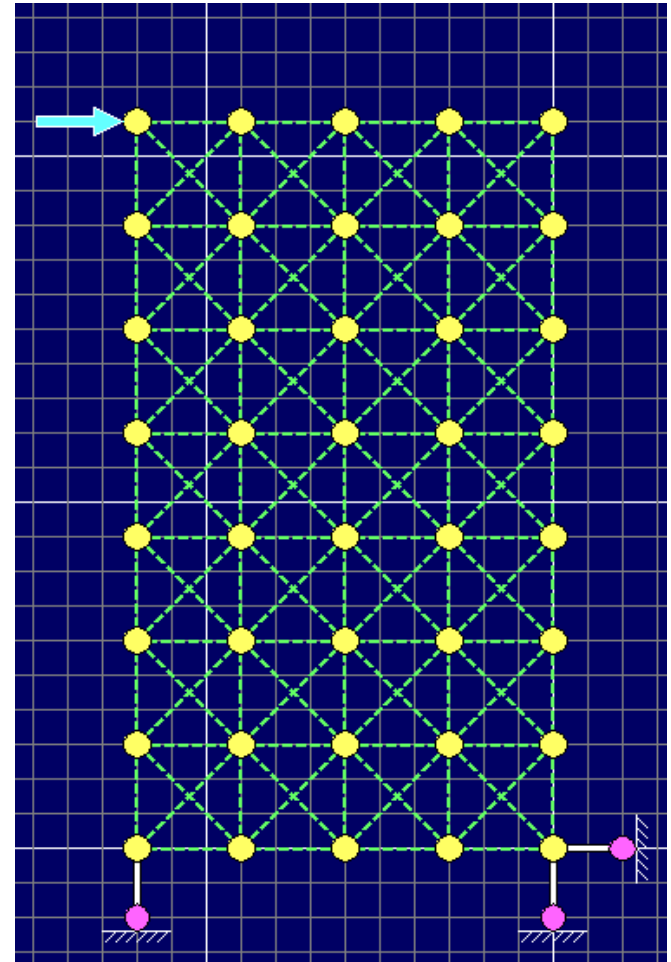
byggs i pointSketch av
kvadrater med kryss



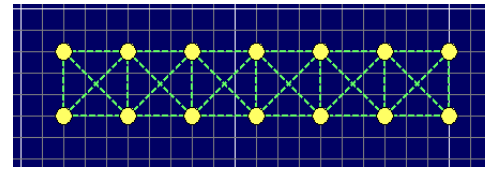
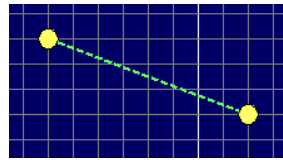
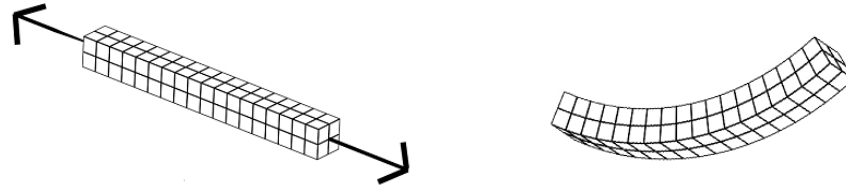
Skiva

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

Byggs i pointSketch
av kvadrater
med kryss



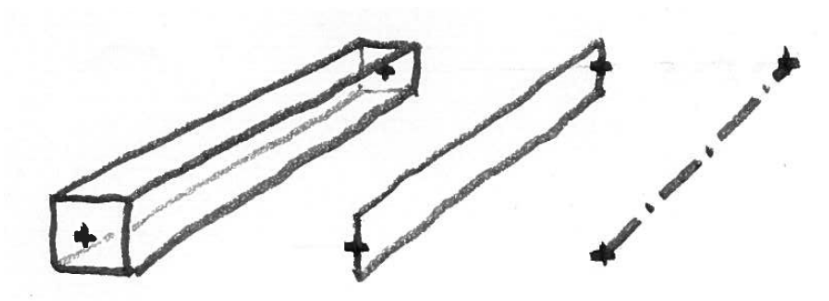
3. Strukturelementen stång och balk



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*.

Representationen av en 3D kropp



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

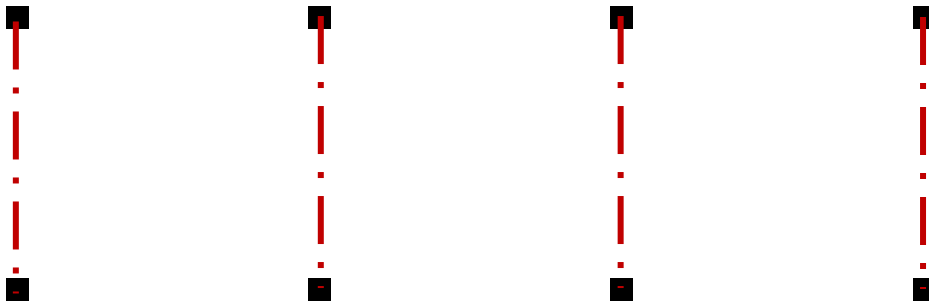


Strukturens logiska
ordning:

■ Vertikala stöd

— . — Primärbalkar

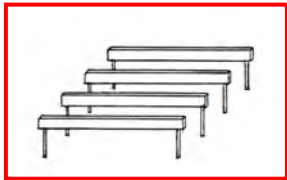
"systemlinje"
representerar
balken



Olika balktyper

3.1 Balken-Systeme / Beam systems

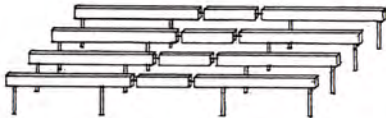
Einfeldbalken
One-bay beam



Durchlaufbalken
Continuous beam



Gelenkbalken
Pin-jointed beam



Kragbalken
Cantilever beam



Fritt upplagd balk

Kontinuerlig balk

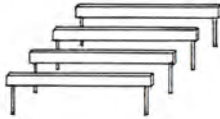
Gerber-balk

Konsolbalk

Olika balktyper

3.1 Balken-Systeme / Beam systems

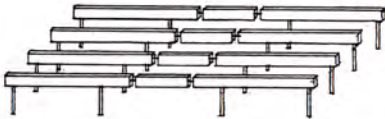
Einfeldbalken
One-bay beam



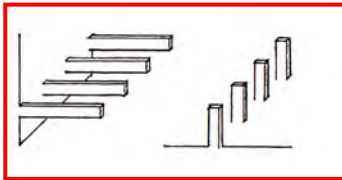
Durchlaufbalken
Continuous beam



Orelenkbalken
Pin-jointed beam



Kragbalken
Cantilever beam

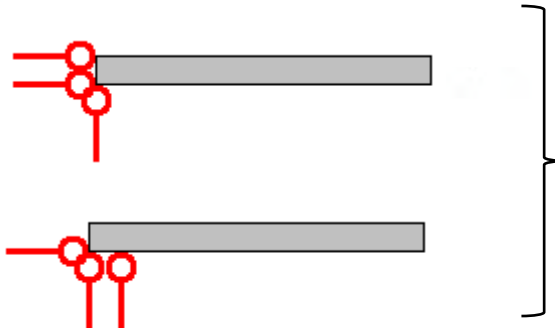


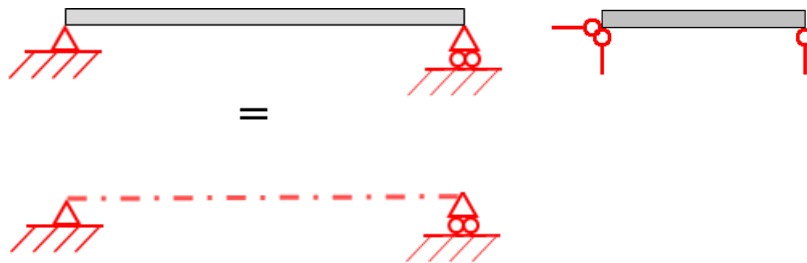
Fritt upplagd balk

Kontinuerlig balk

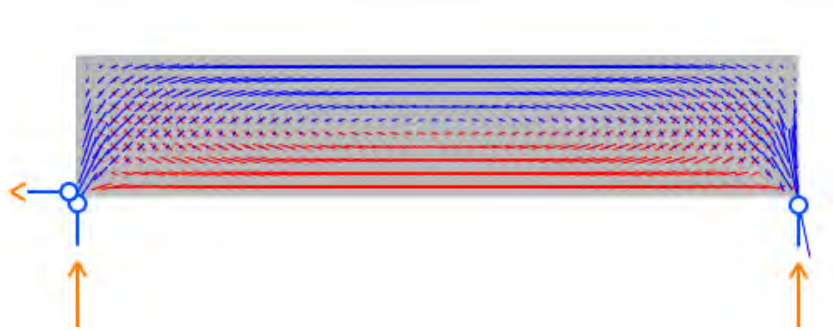
Gerber-balk

Konsolbalk

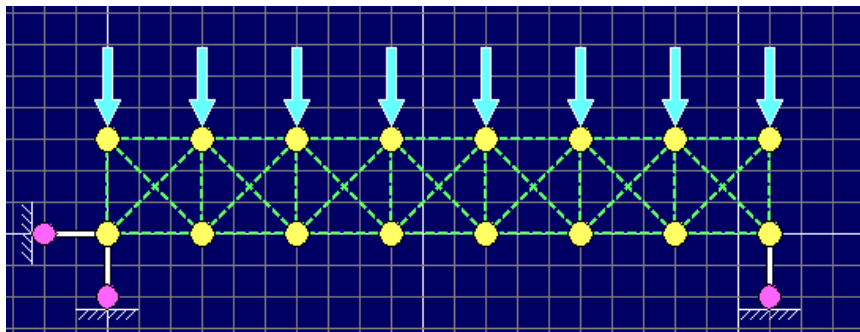




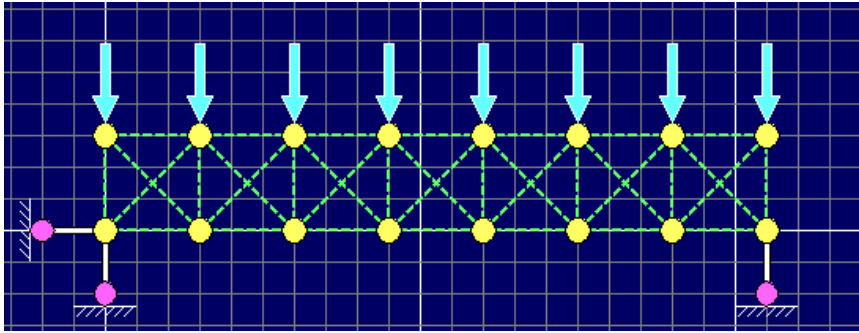
**1D representation
systemlinje**



**2D representation
skiva**

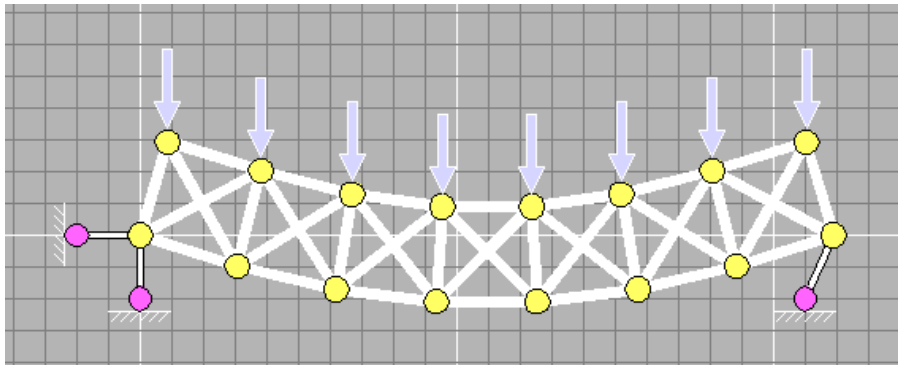
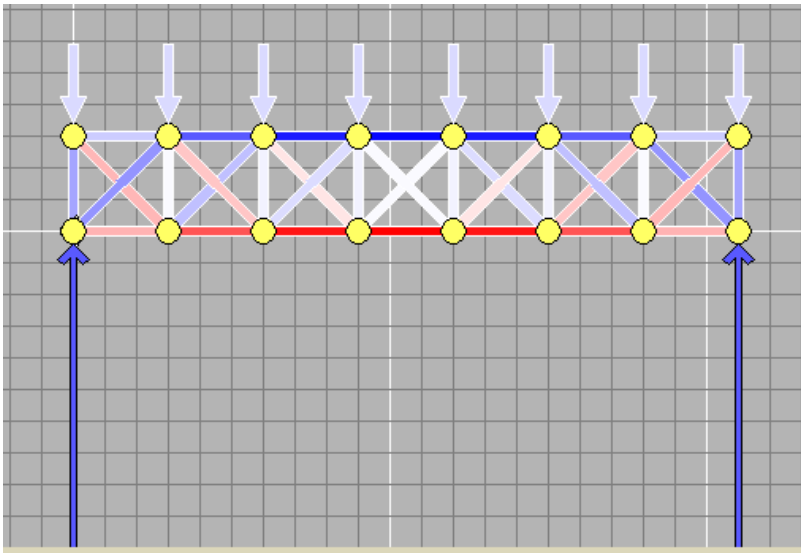


**2D representation
fackverk
(fackverksbalk)**

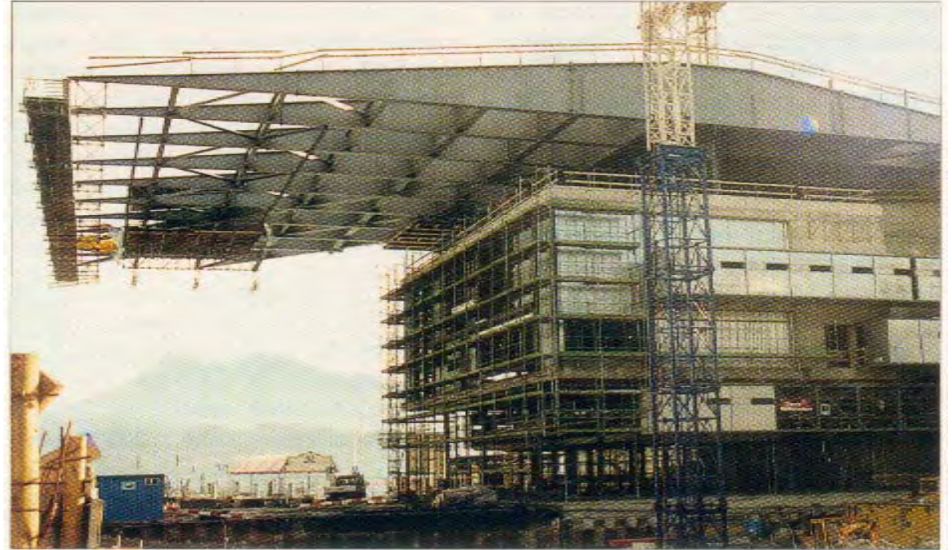


Fritt upplagd balk i pointSketch

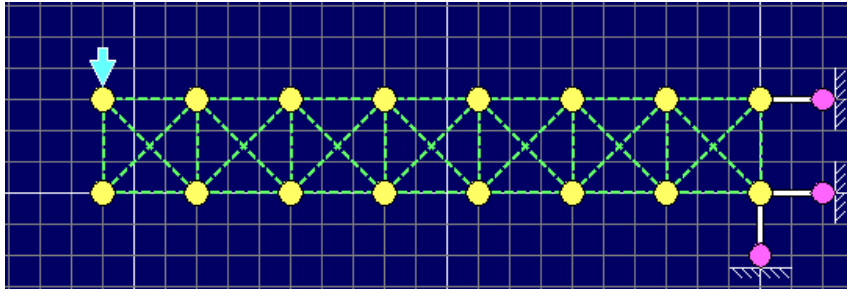
(fackverksbalk)



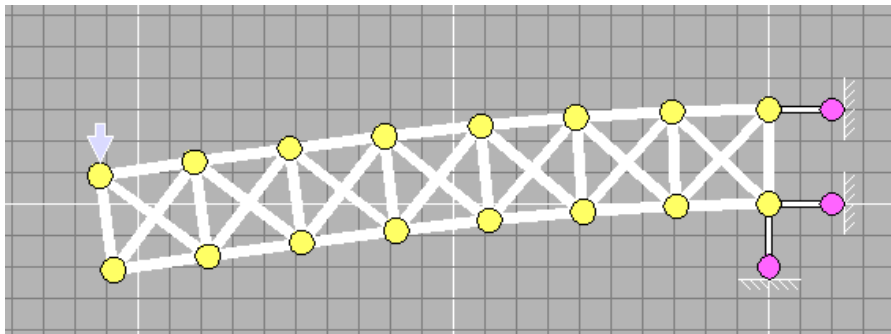
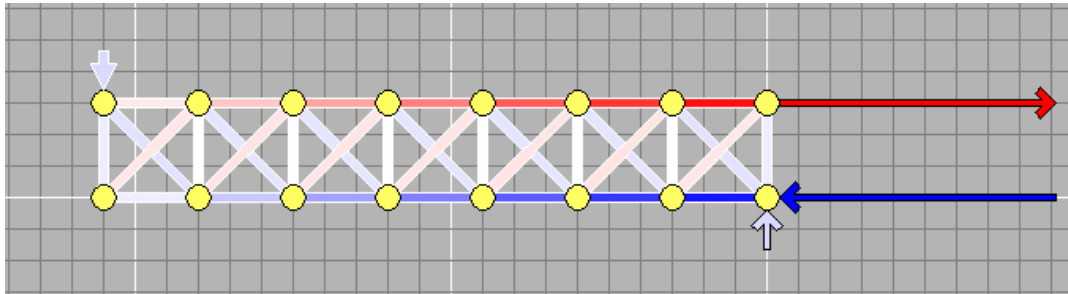
Konsolbalk



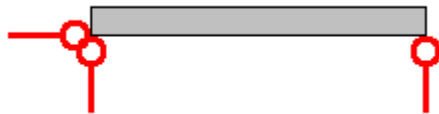
Jean Nouvel
Kongressbyggnad Luzern



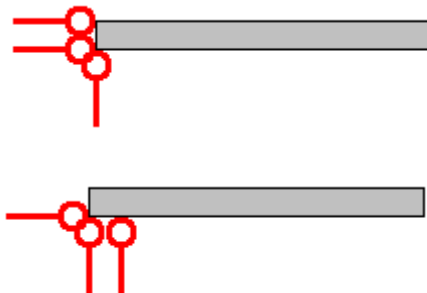
Konsolbalk i pointSketch



Balkars yttre stöd med ingenjörssymboler

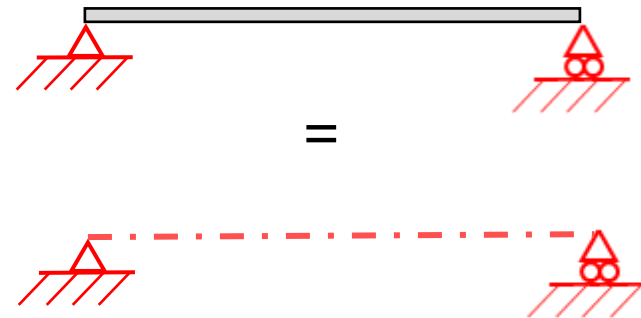
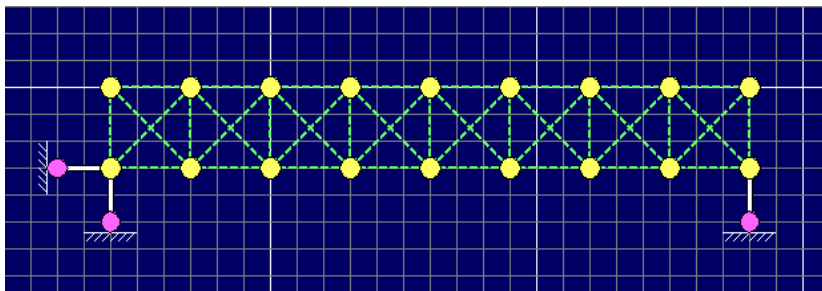


Fritt upplagd balk



Konsolbalk

4. Systemlinjen och ingenjörssymbolerna



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

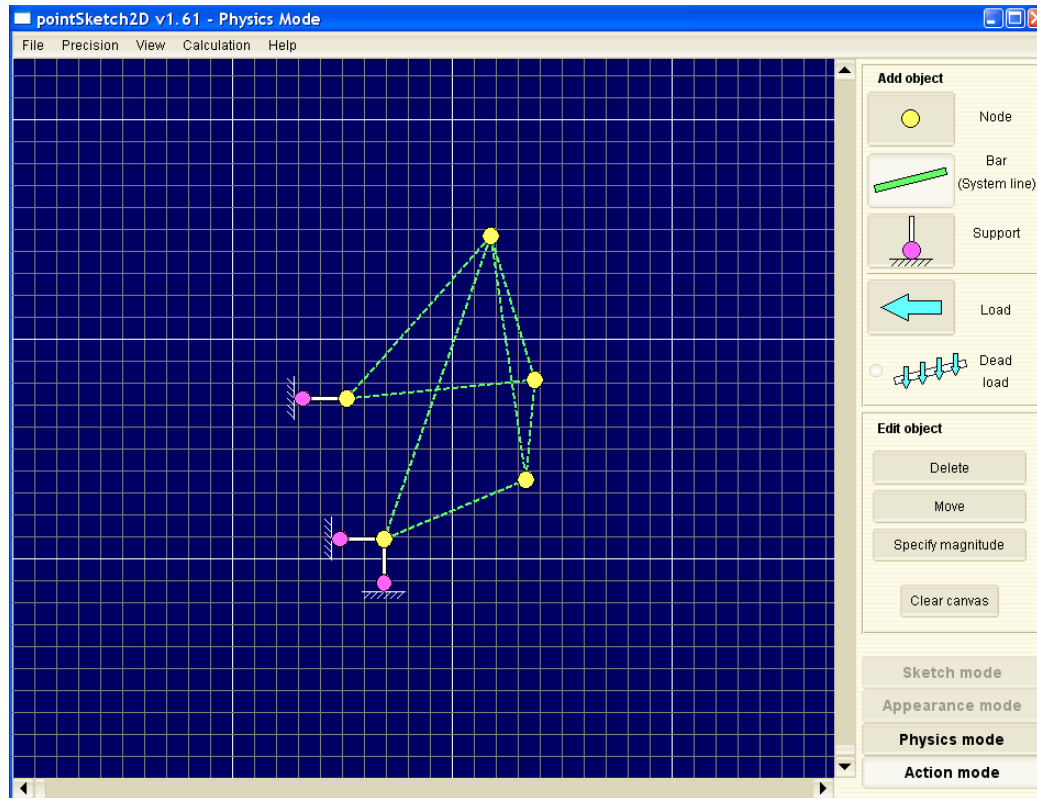
Bygg i pointSketch upp en 2D representation av en balk.

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.

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



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

5. Strukturtypen fackverk

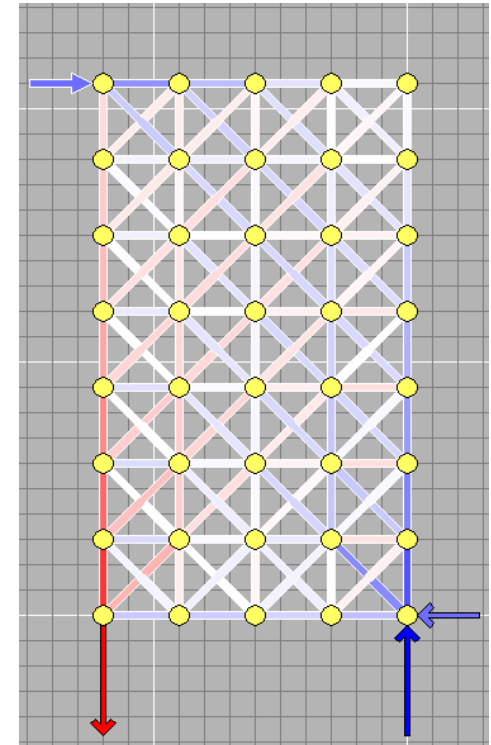
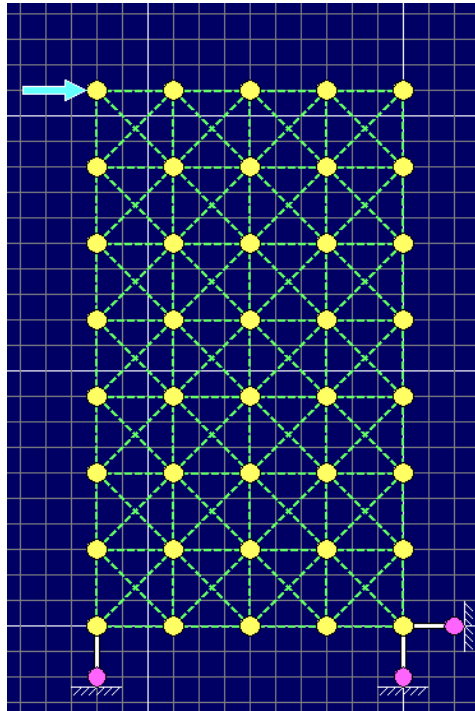
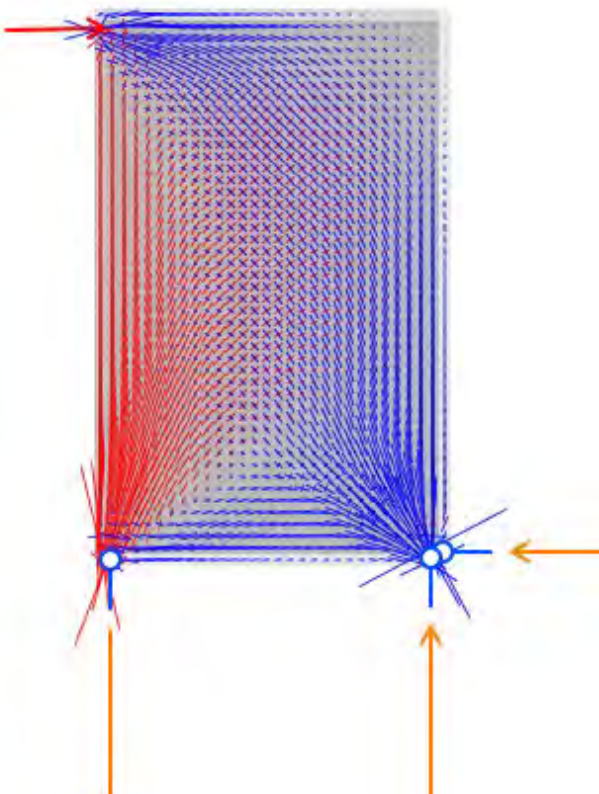


Leta efter verkliga fackverk.

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

Skivor

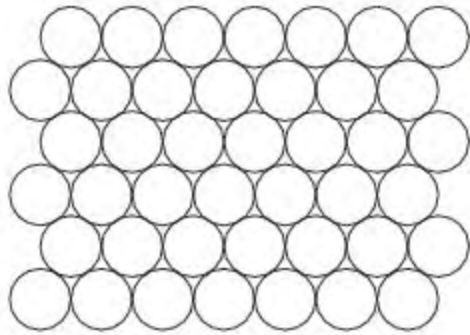
2D strukturelement
verkningsätt **tryck** och **drag**



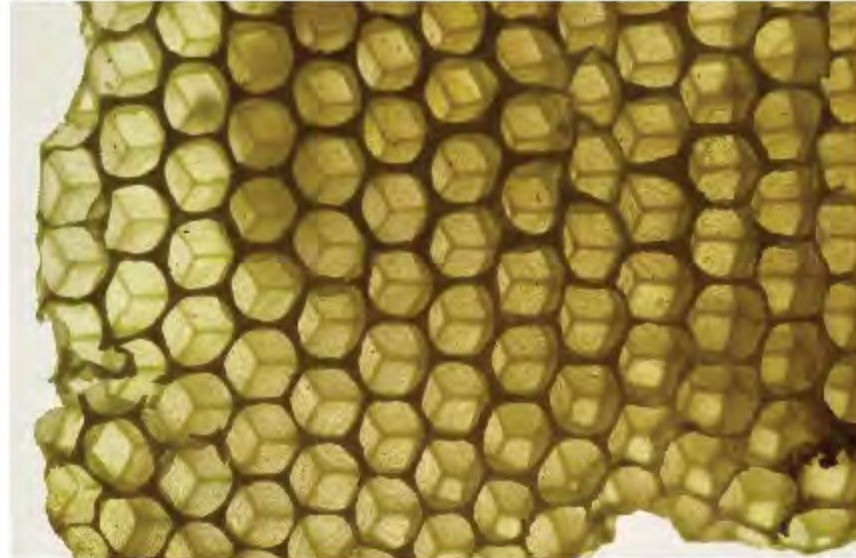
CIRCLE PACKING



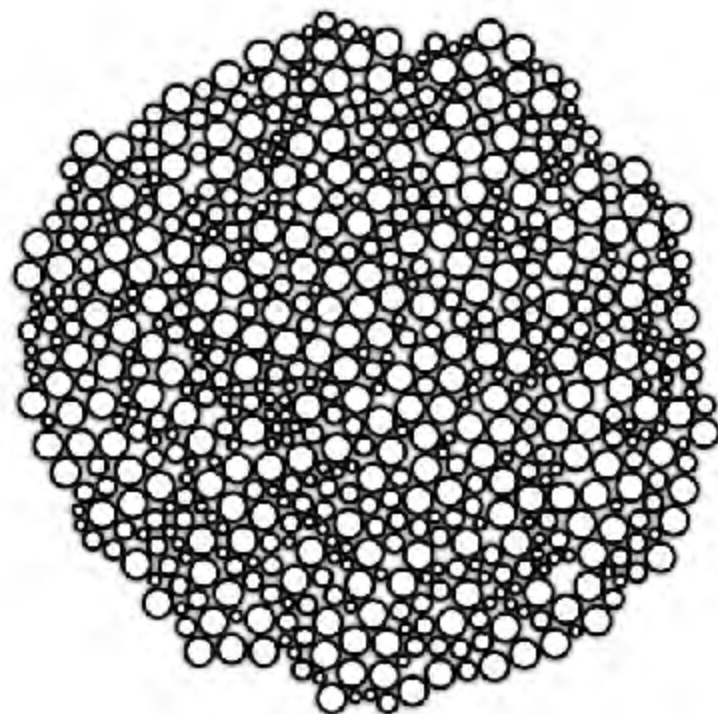
Our concept started out with a very simple idea – to fill a box with circles. The purpose was to examine whether one could use this chaotic pattern of circles to create a supporting structure.



Hexagonal packing

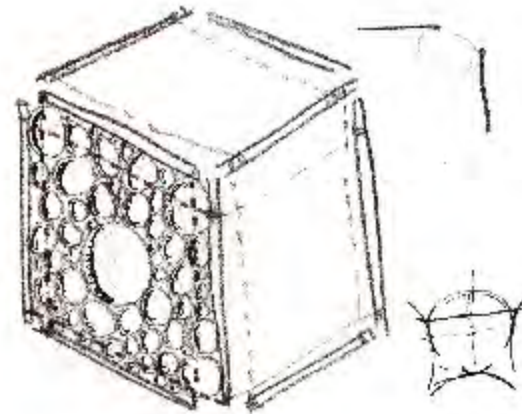
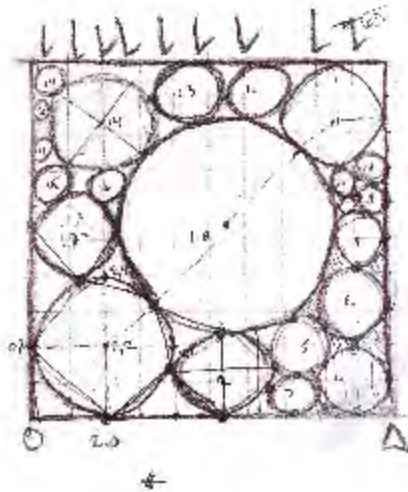


Honeycomb

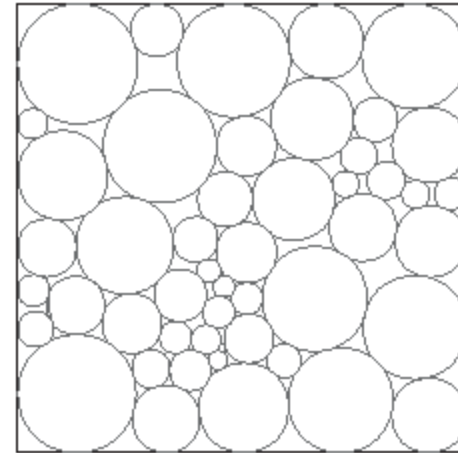
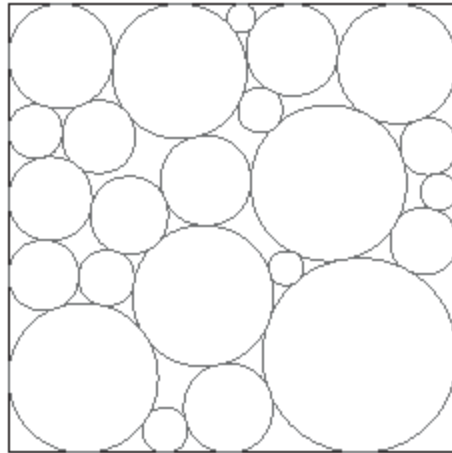


A natural
circle packing
arrangement
with air
bubbles
under ice

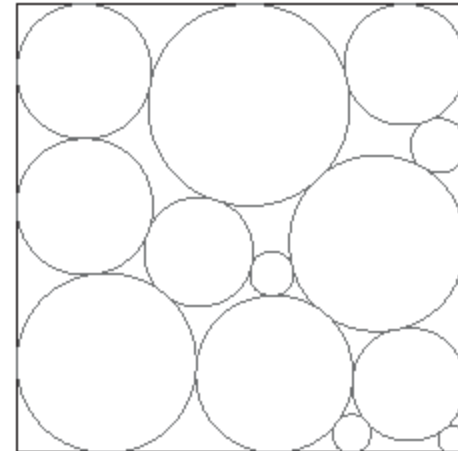
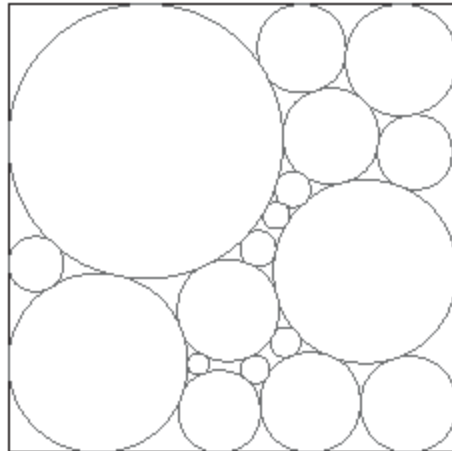


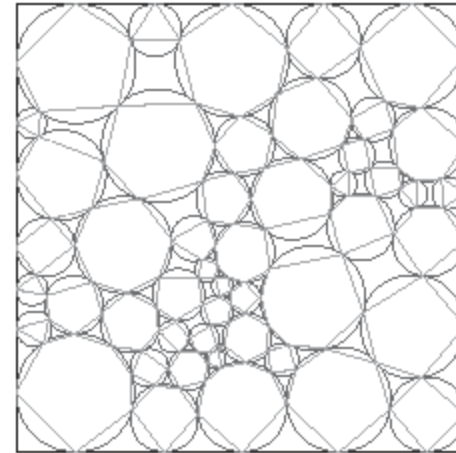
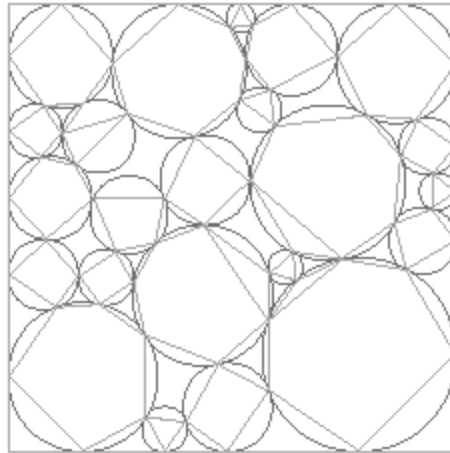


The first sketches, and the first encounter
with the mathematical difficulties

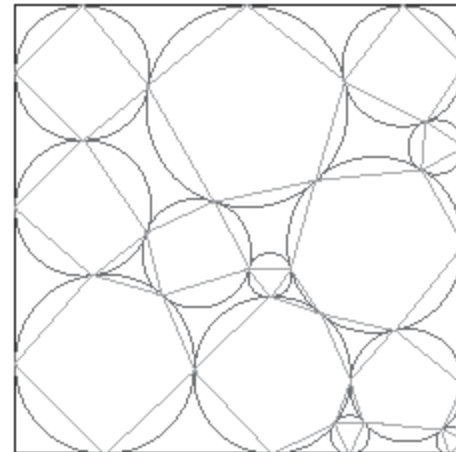
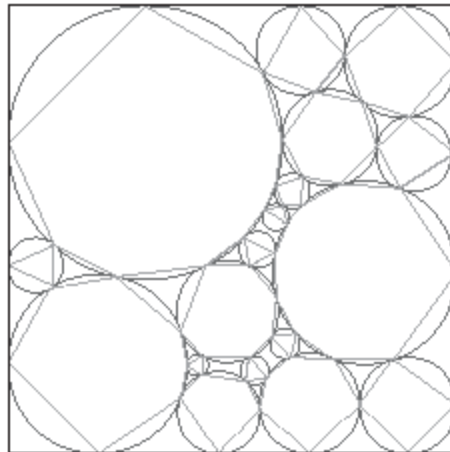


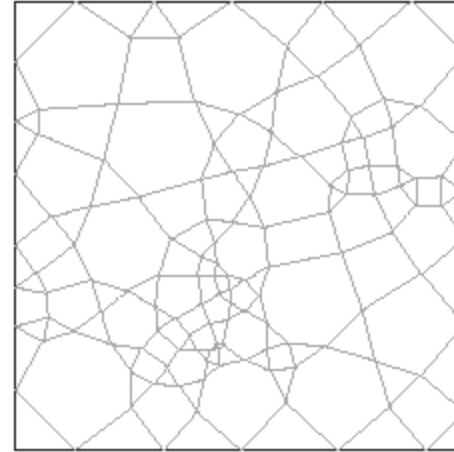
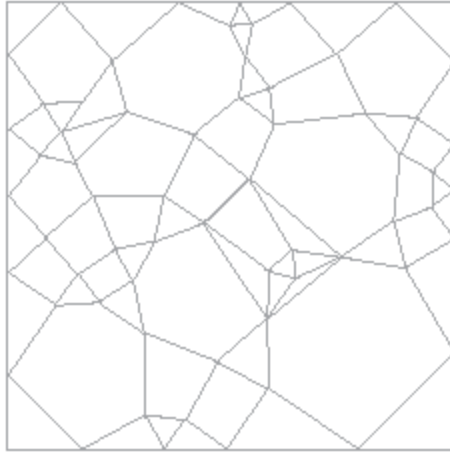
Four different circle arrangements,
of varying complexity



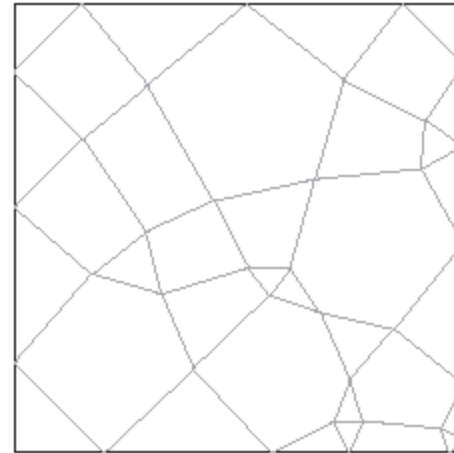
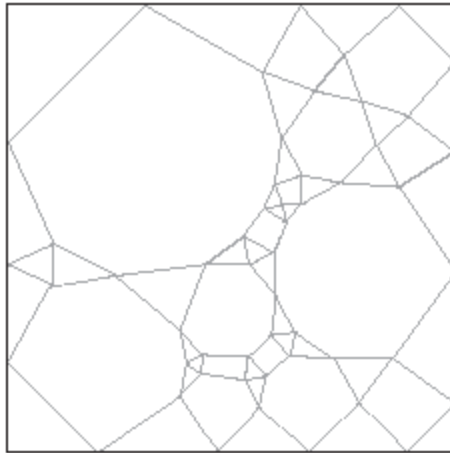


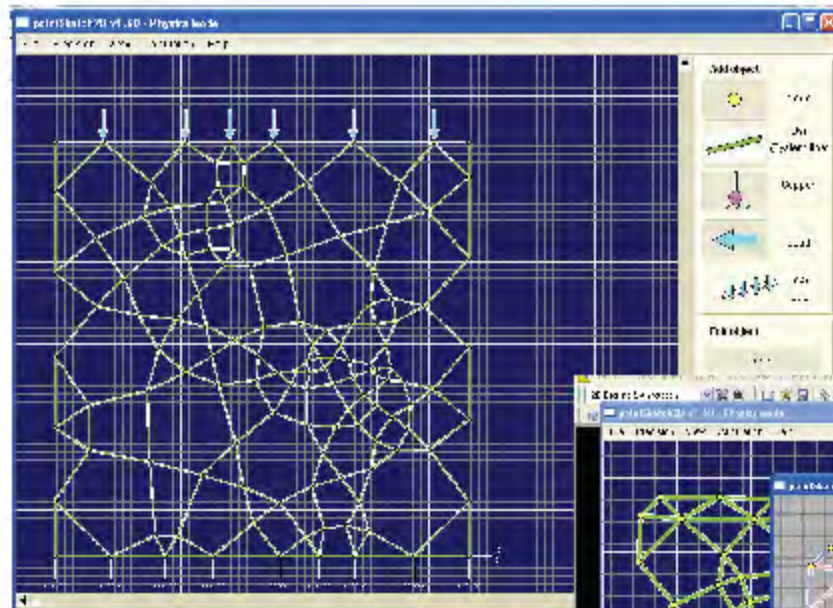
Circles with their tangent points
connected creating polygons



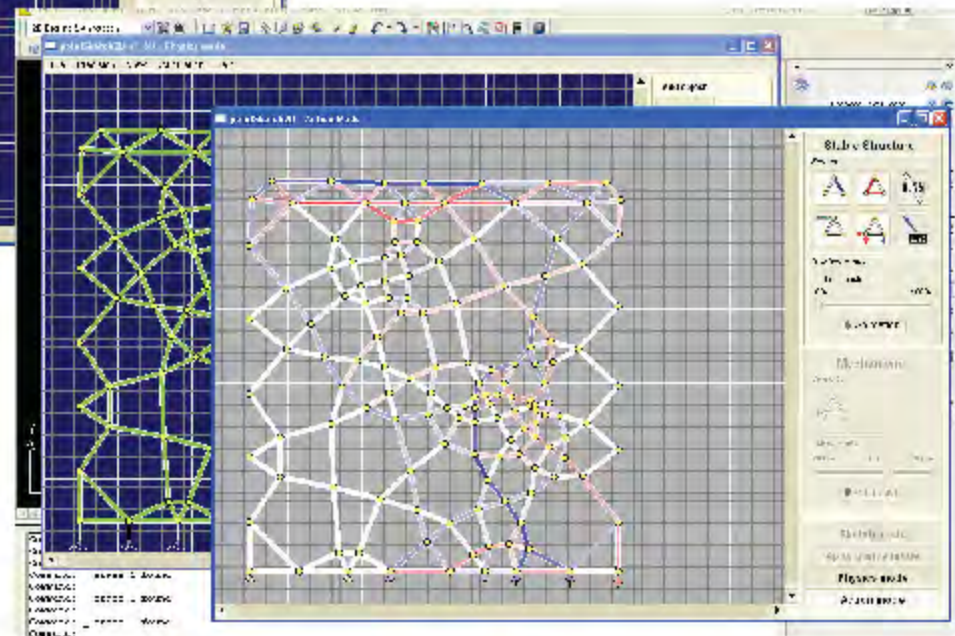


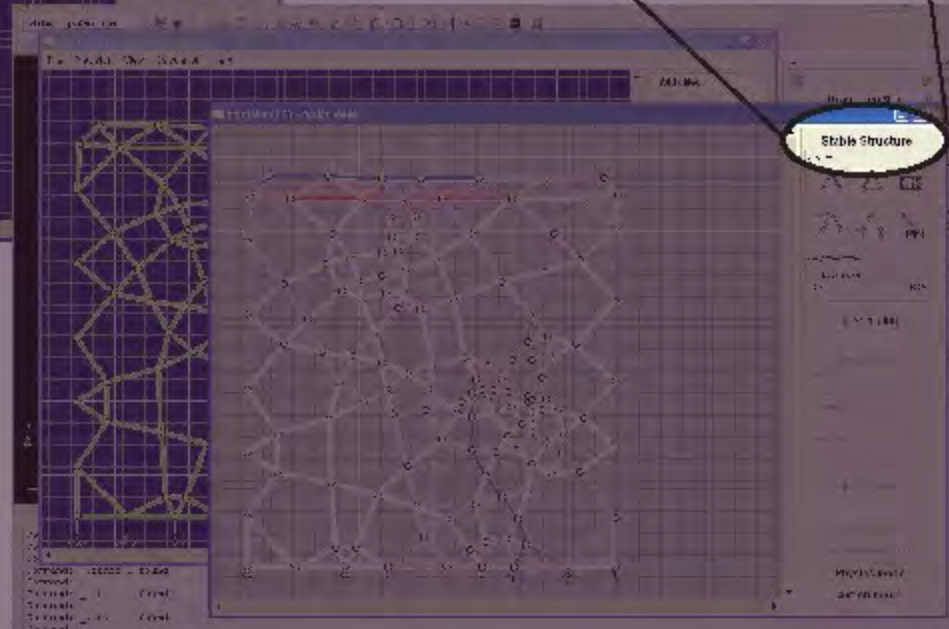
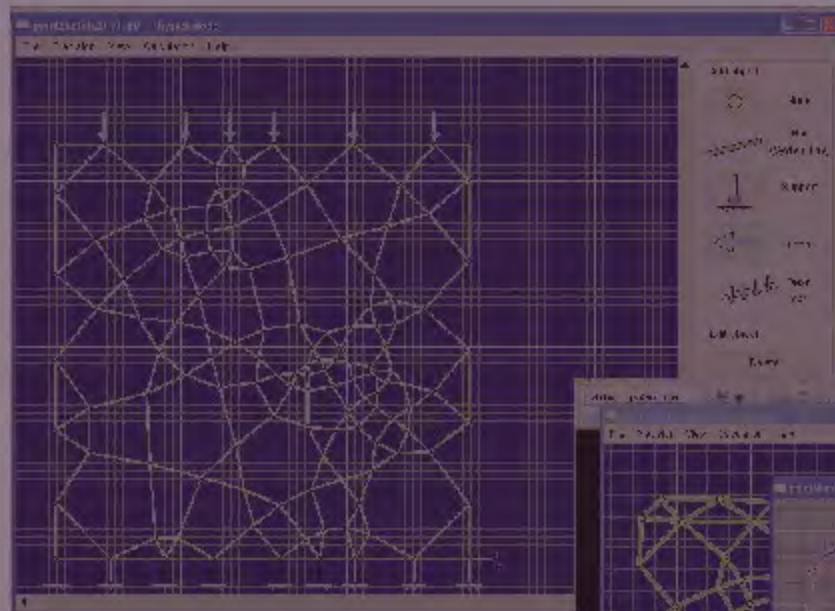
Showing only the polygons

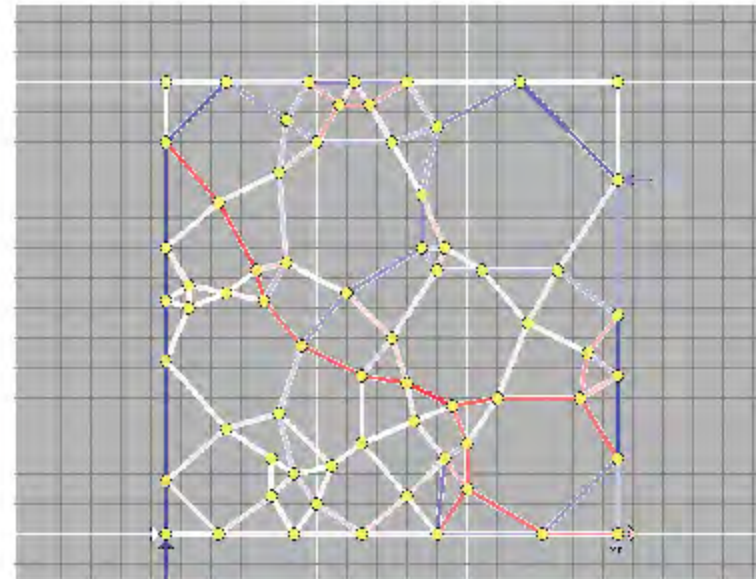
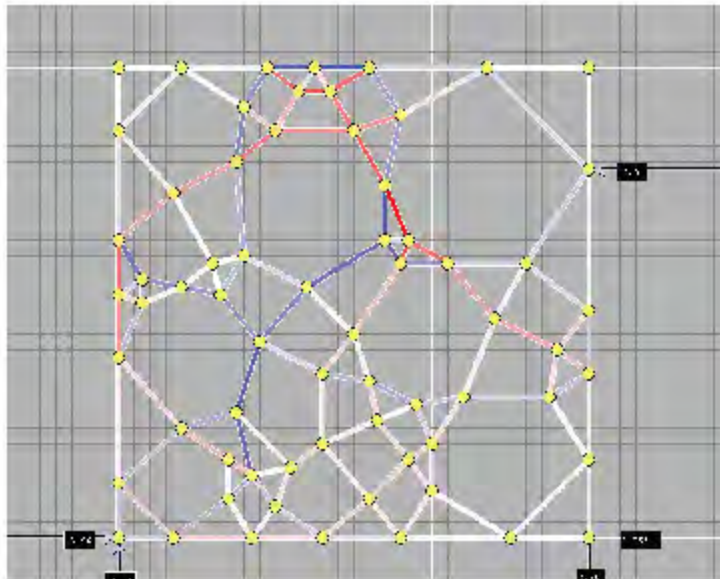
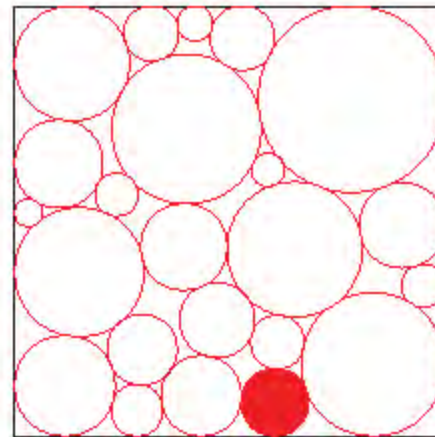
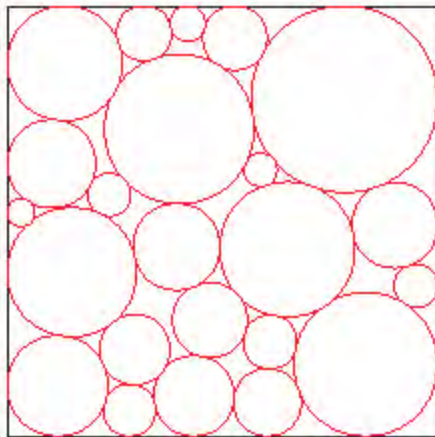


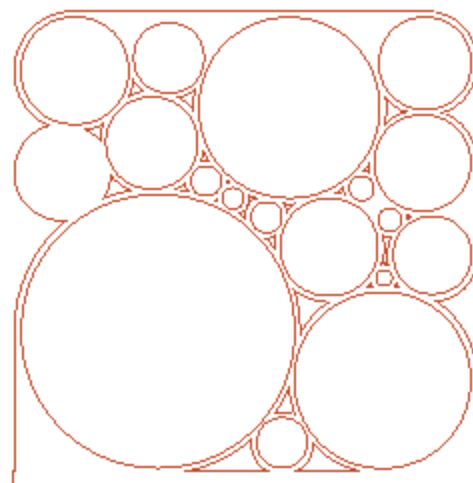
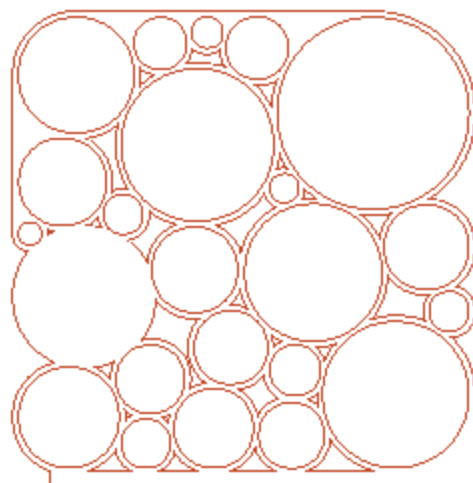


Stability tests in PointSketch

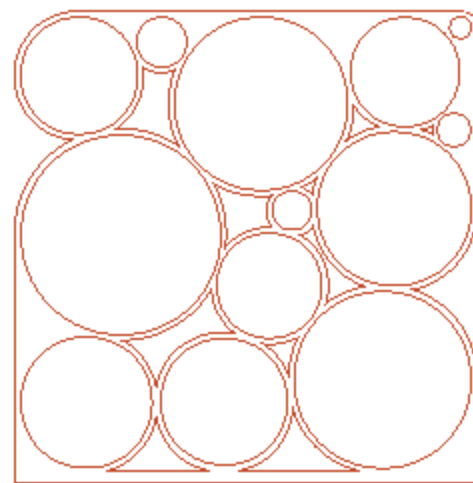
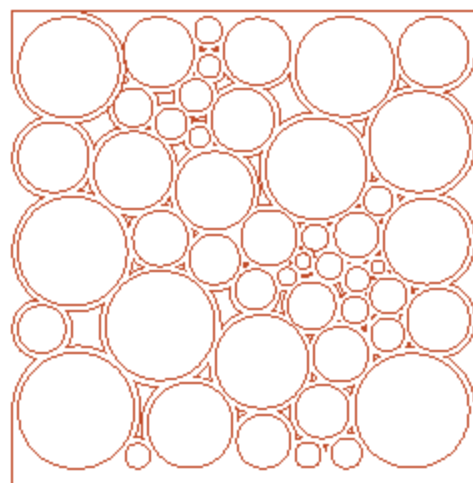


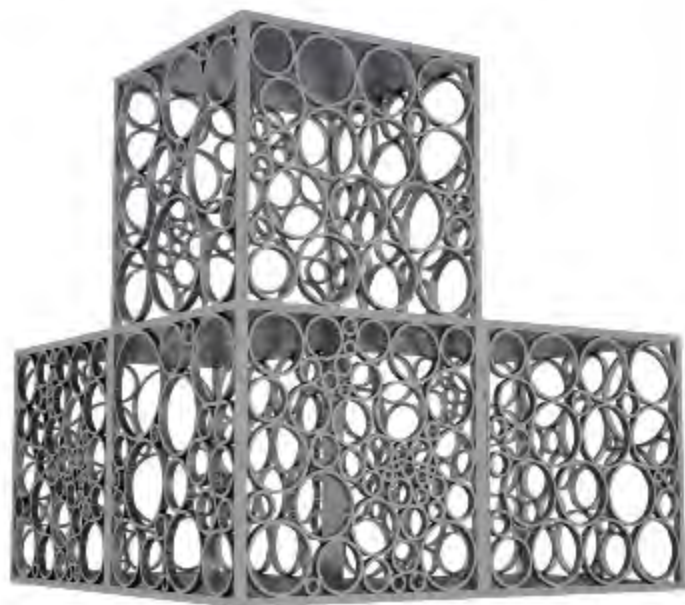




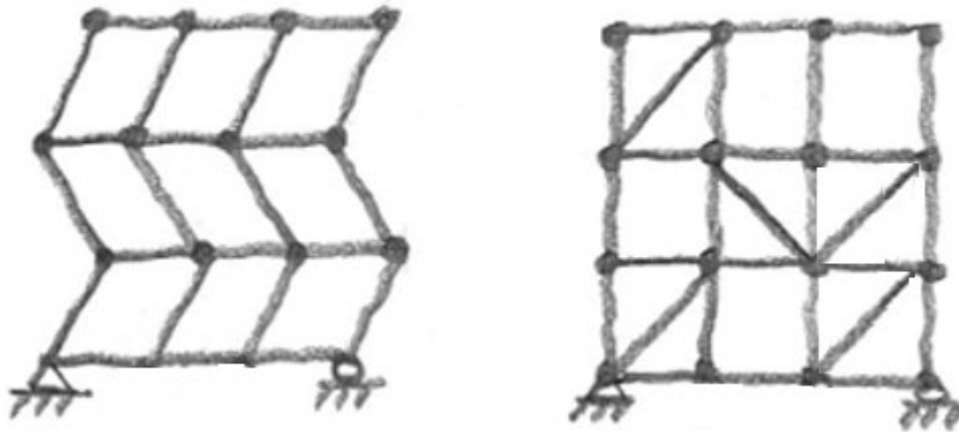


The circles freed from the bounding box. Unnecessary parts of the vertical edges has been removed.





6. Skivors inre och yttre stabilitet

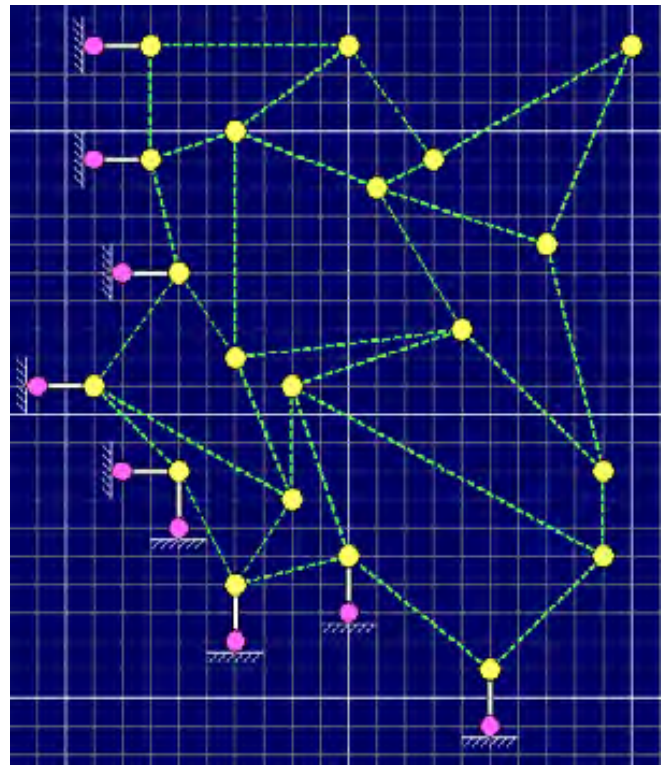
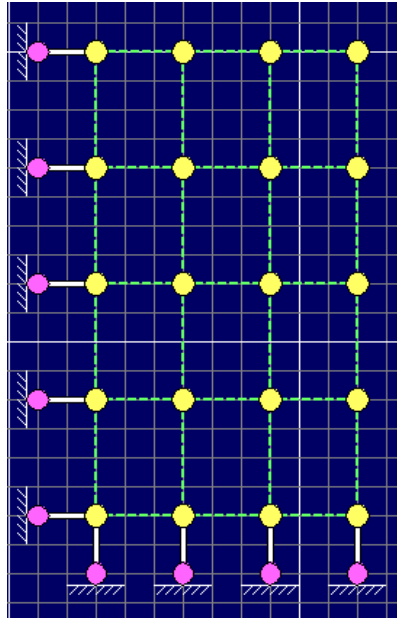


Figuren ovan visar ett fackverk (en skiva) som har 3×3 fack och är **yttre stabil** med hjälp av tre låsta rörelseriktningar (nycklar).

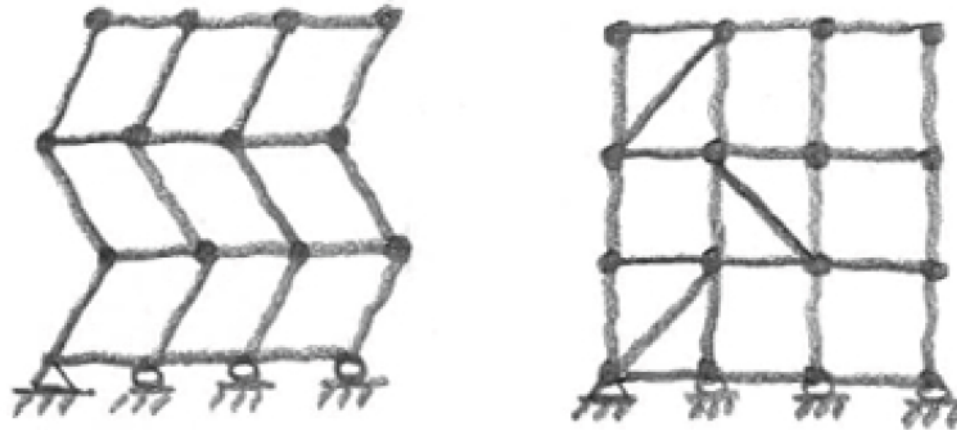
Bygg i pointSketch upp ett motsvarande fackverk med 4×3 fack (4 på höjden och 3 på bredden).

Undersök genom att lägga till och/eller ta bort **diagonaler** hur många diagonaler som minst måste finnas för att skivan ska vara **inre stabil**

Begreppet topologi



6. Variationer på stabilitet och begreppet topologi



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

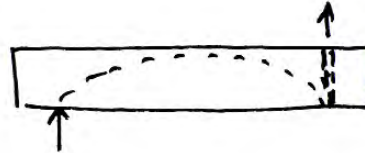
Hur många yttre stöd behövs om samtliga diagonaler tas bort?

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.

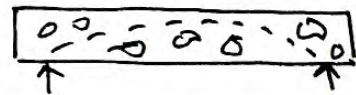
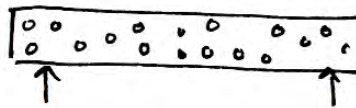
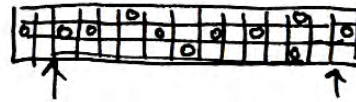
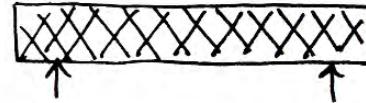
Vad står begreppet *topologi* för?

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.

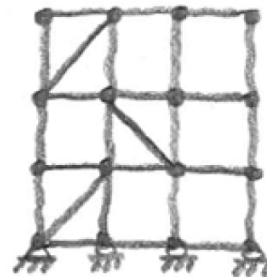
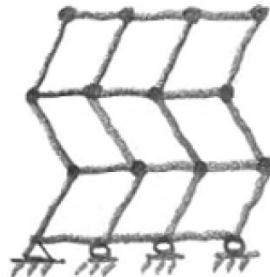
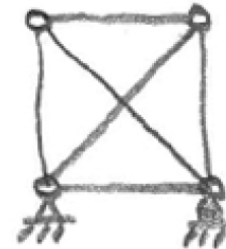
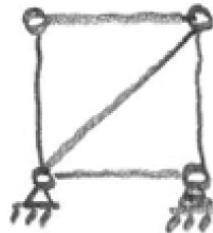
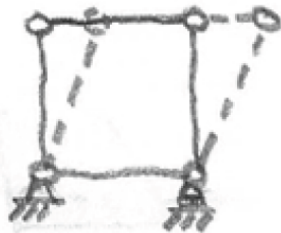
The design, we thought, was progressing well. The shape, size and configuration were solved, the materiality agreed: we were into the 'Avant Projet Détaillé' stage of design, prior to tender.

Mer om begreppet stabilitet

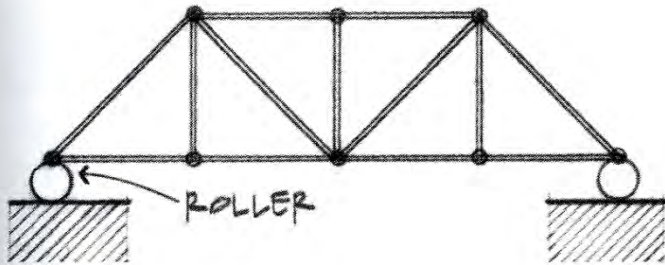
mekanism

statiskt bestämd struktur

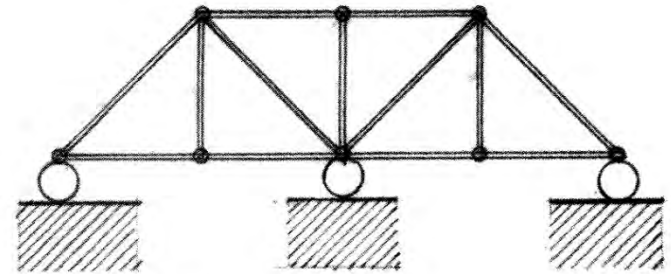
statiskt obestämd struktur



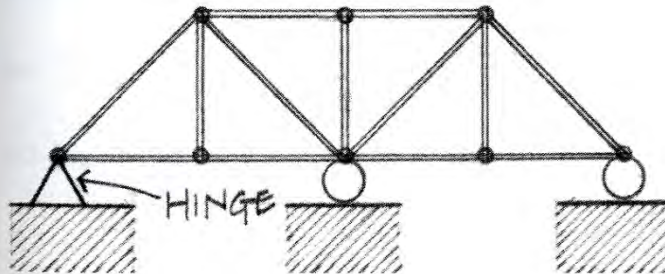
Yttre stabilitet



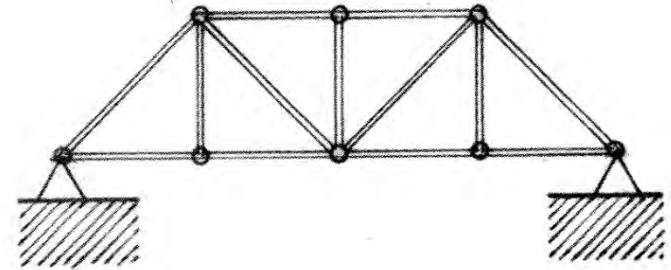
(a) Unstable (horizontally).



(b) Unstable (horizontally).

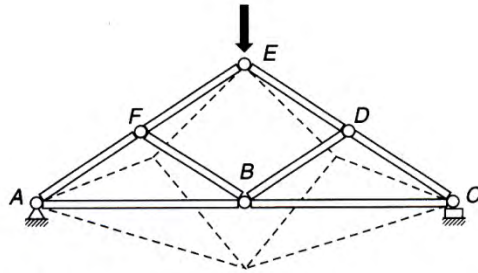


(c) Indeterminate (vertically).

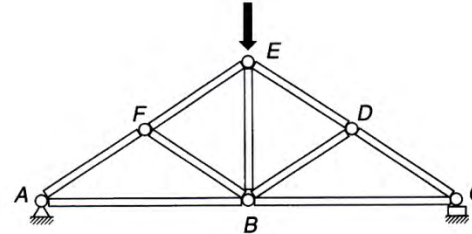


(d) Indeterminate (horizontally).

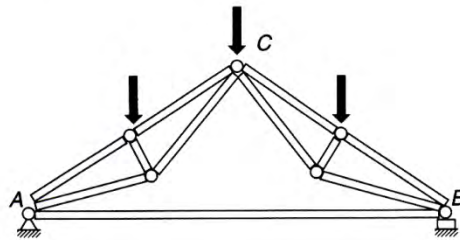
Inre stabilitet



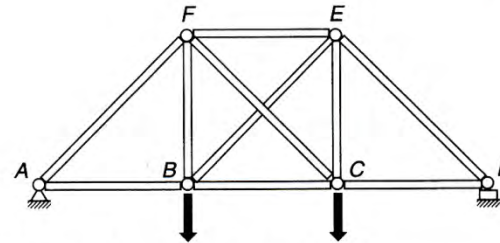
(a) Unstable truss: the nontriangulated central area of the truss will greatly distort under an applied loading, which will lead to a collapse of the entire truss.



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



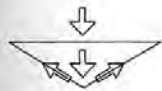
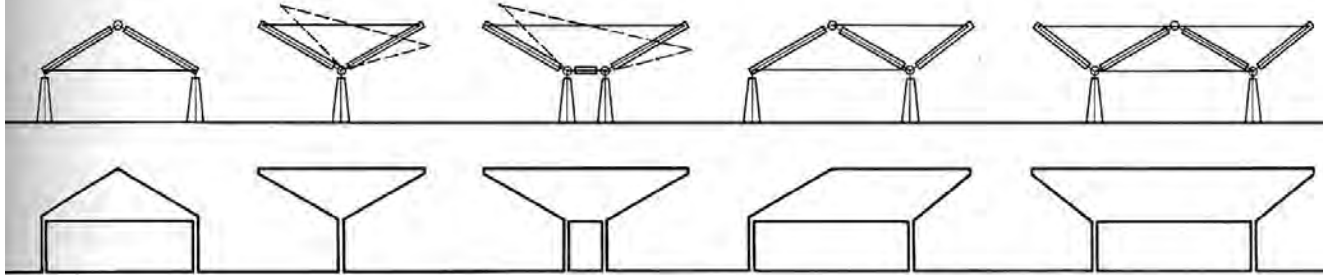
(c) Nontriangular bar pattern that is still stable.



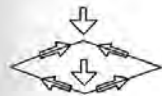
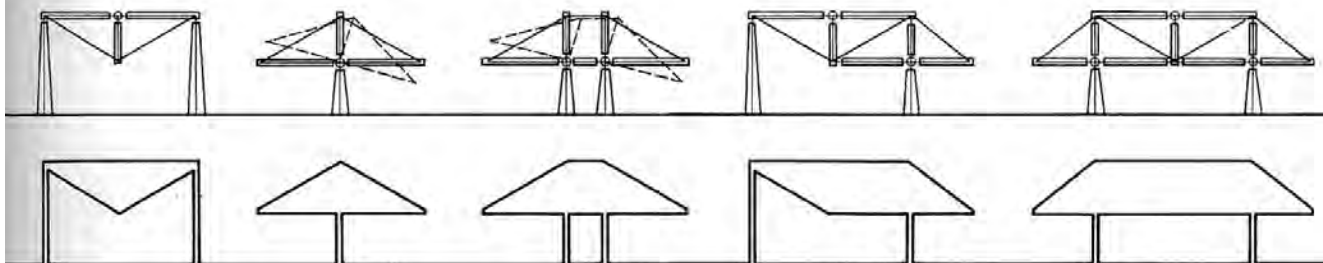
(d) Stable truss with more than the minimum number of bars necessary for stability.



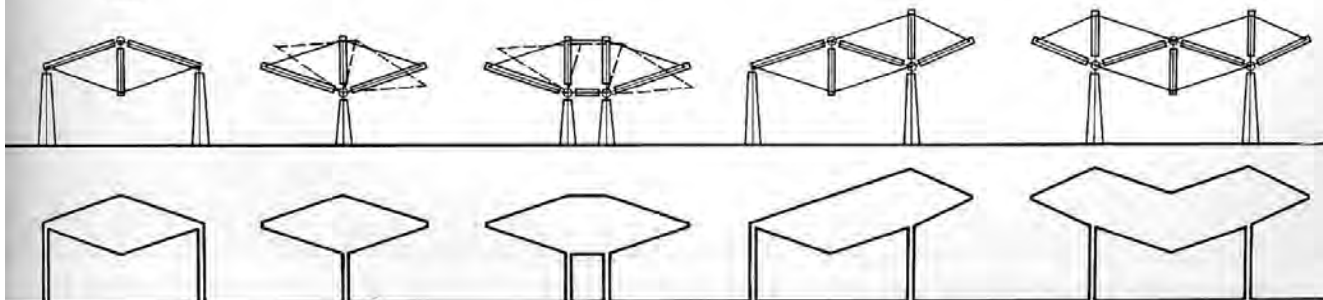
Vektorenwirkung durch Druckwinkel
vector action through compression angle



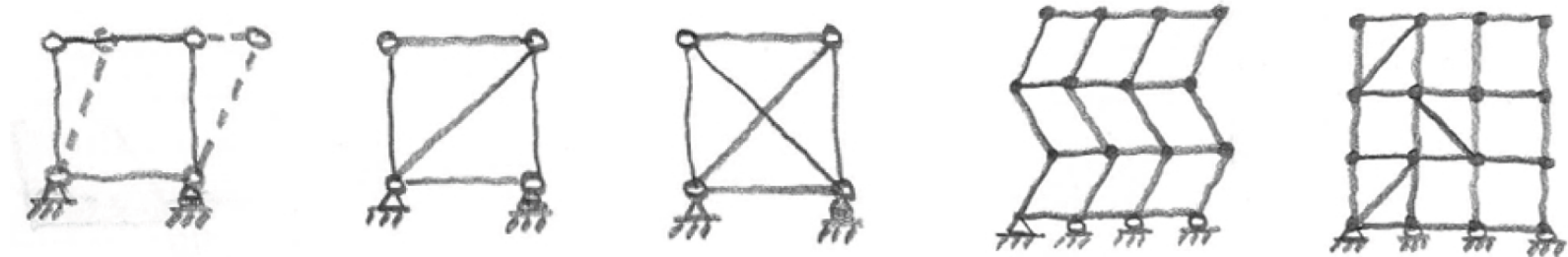
Vektorenwirkung durch Zugwinkel
vector action through tension angle



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

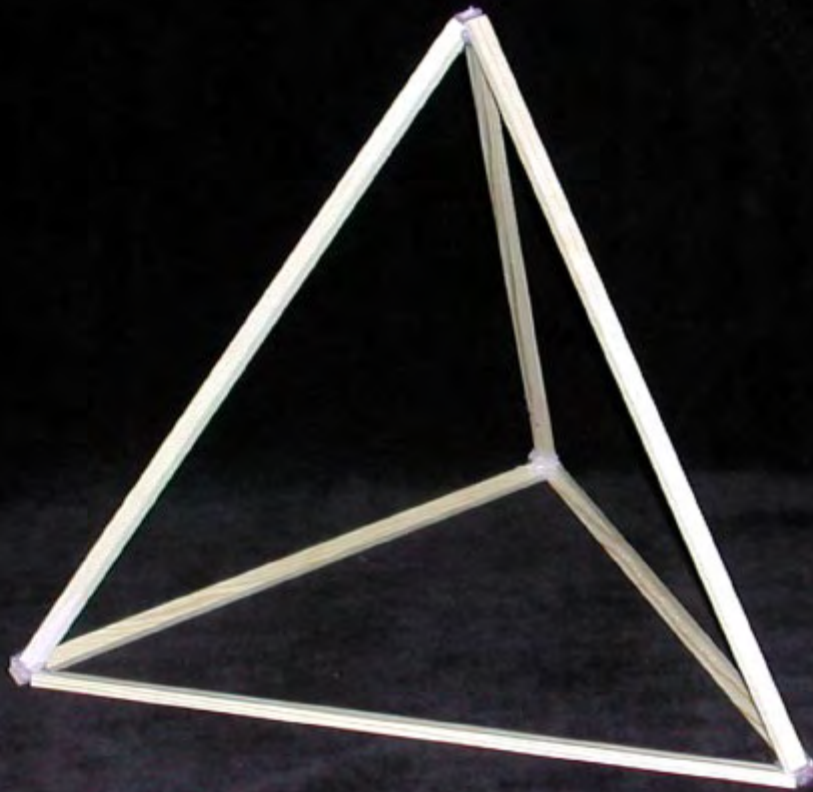


7. Begreppen mekanism, statiskt bestämd struktur och statiskt obestämd struktur



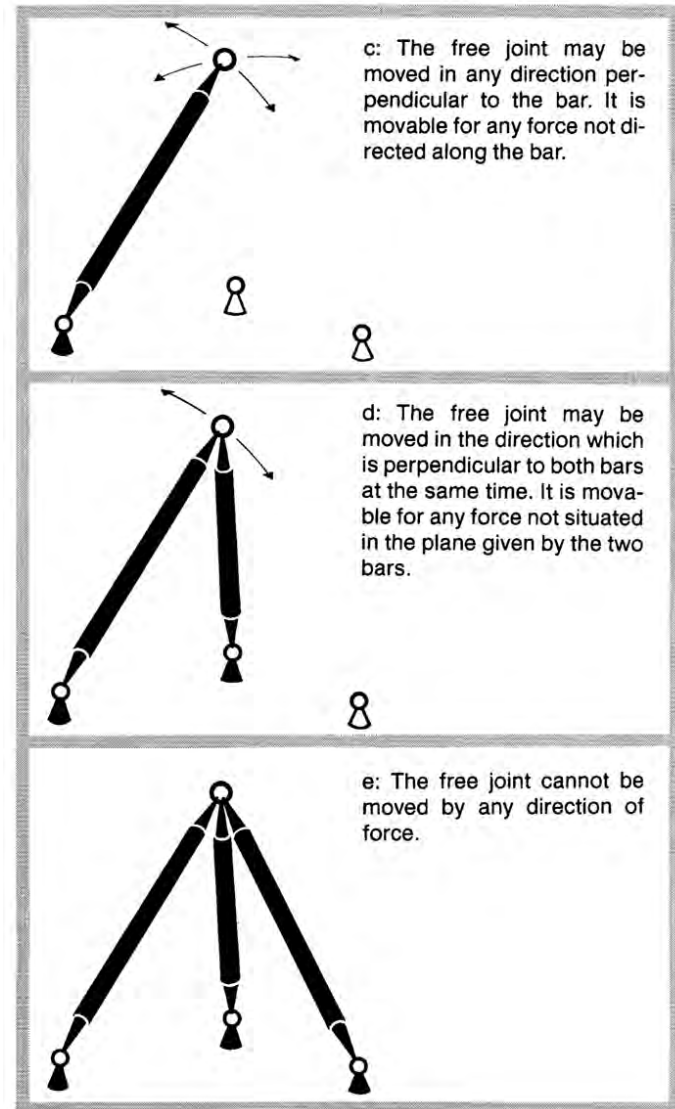
Bygg i pointSketch
en skiva som är en mekanism,
en skiva som är statiskt bestämd och
en skiva som är statiskt obestämd.

Tre-dimensionella strukturer

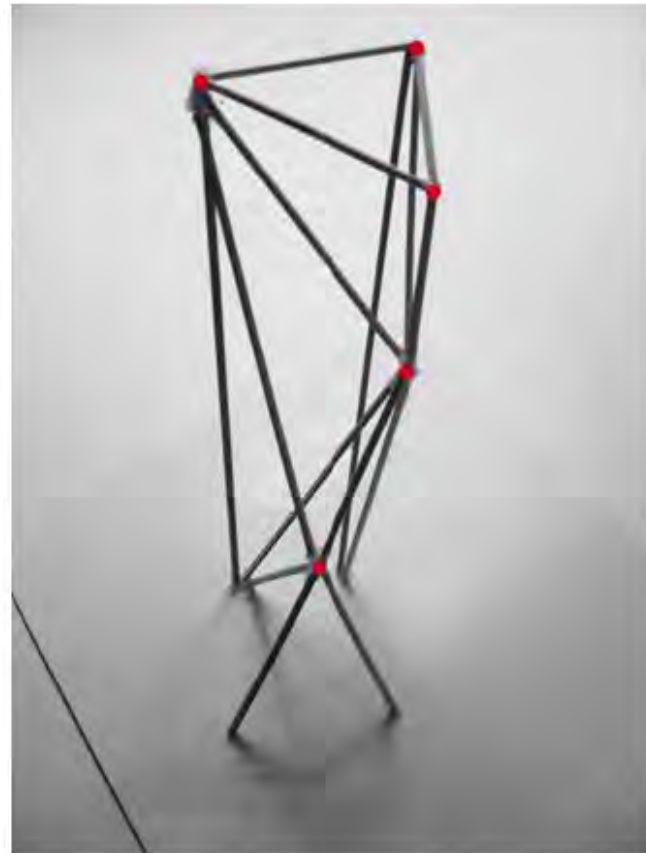


Fästa punkter i rymden

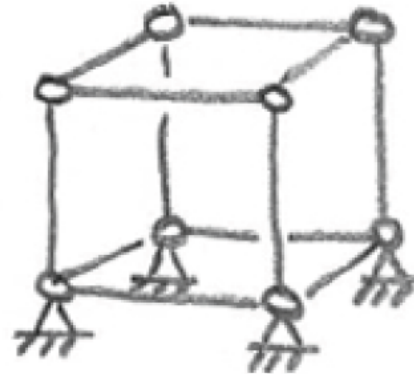
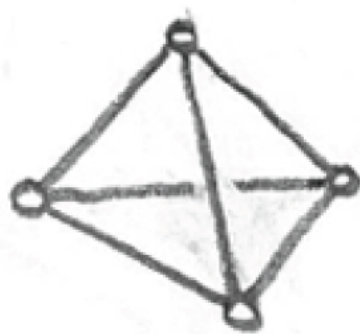
Princip för att bygga
stabila strukturer
(3D fackverk)
med fria former



Bärande system som är stabilt med stångverkan för godtycklig last



8. Tre-dimensionella strukturer

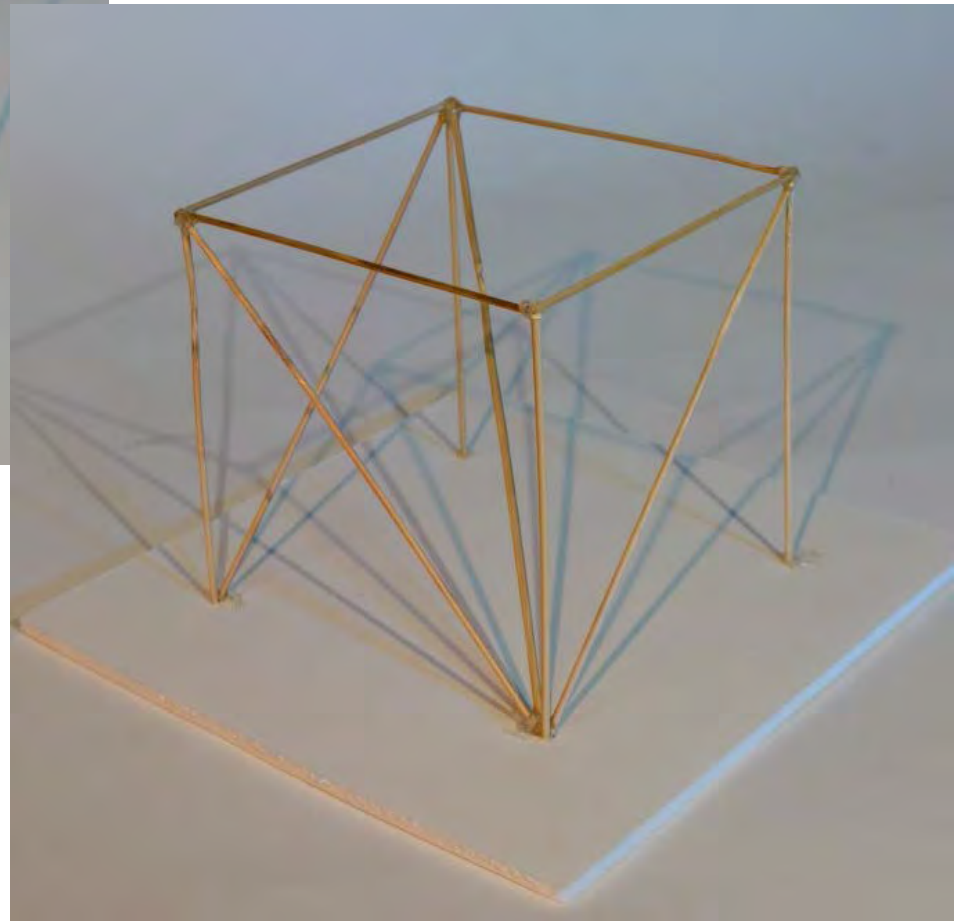
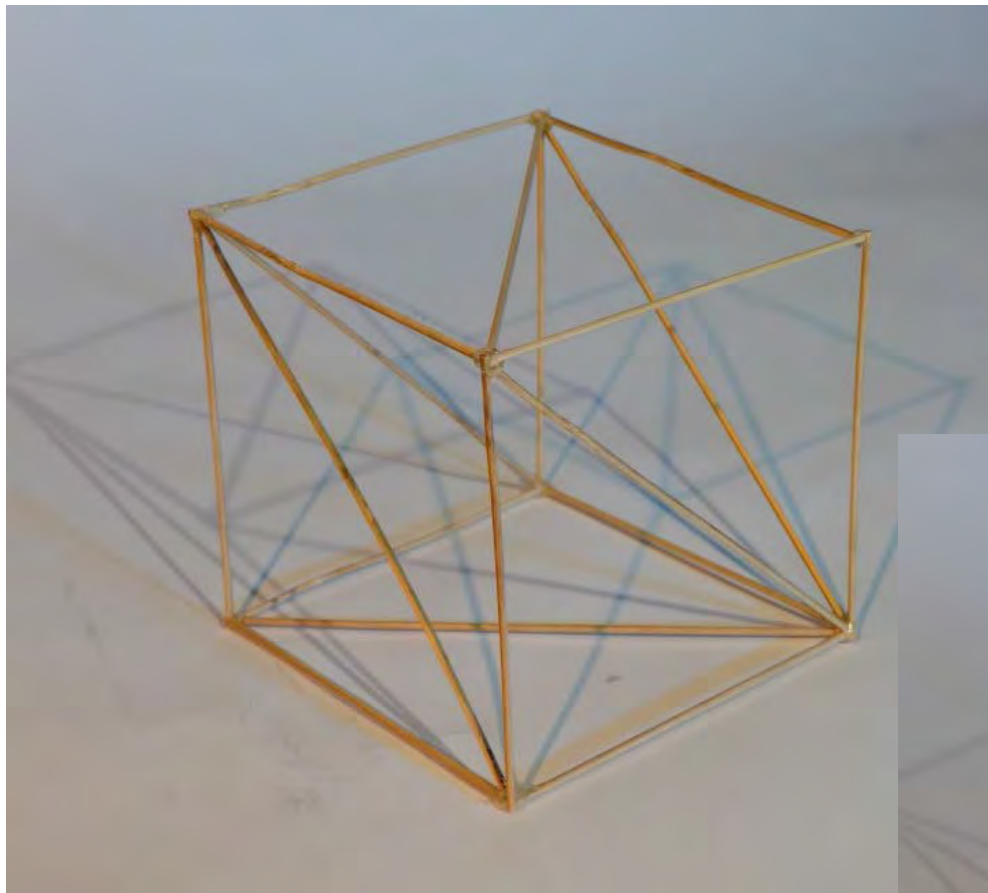


Bygg två kuber med hjälp av grillpinnar (cirka 15 cm långa) och limpistol (så lite lim som möjligt i noden):

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 - 3D, 2D, 1D och 0D

Kroppars yttre och inre stabilitet

Symboler och begrepp

symboler för yttre stöd/upplag

stång, balk, skiva, platta

fackverk – en struktur uppbyggd av stänger (och som kan vara både balk och skiva)

fritt upplagd balk, konsolbalk

inre och yttre stabilitet

mekanism, statiskt bestämd, statiskt obestämd

Kroppar och strukturer

Eden project
Nicholas Grimshaw

