

Constructieleer

niveau: mbo bouwkunde, beginnend hbo-student r2020



arie van kwijk
architect & docent bouwkunde

berekening ligger op 2 steunpunten met q -lasten en puntlasten

Voorwoord

Beste student.

Het berekenen én tekenen van een balk op reactiekrachten, dwars- en normaalkrachten met momenten is een tijdrovende som! We kunnen vaak maar een per les behandelen.

Met deze PowerPoint gaan we samen, stap voor stap, in jouw eigen tempo een liggerberekening maken. Als je even het spoor bijster bent, kan je zelfs een stapje terug! Je doorloopt alle fases van de berekeningen en tekeningen van de D-, M- en N-lijnen.

Hopelijk draagt deze PowerPoint bij aan voor jou het begrijpelijk maken van deze opgaven.

Ik wens jou veel succes!

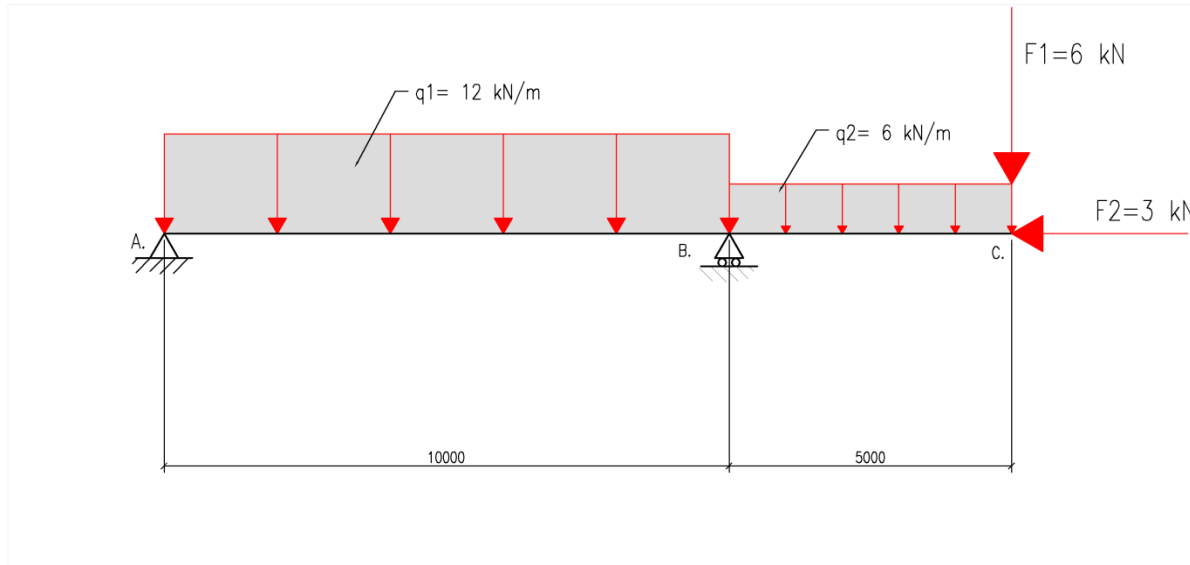
Arie van Kuijk docent Sterkteleer

Deze PowerPoint is met de grootste nauwkeurigheid voor je gemaakt.

Mocht je opmerkingen of vragen hebben, dan zie ik ze graag per mail op:

avankuijk@gmail.com

berekening ligger op 2 steunpunten met q-last & puntlasten



Berekening van reactiekrachten, dwarskrachten, normaalkrachten en momenten van de ligger hiernaast.

NB op de tekeningen staan de maten in millimeters!

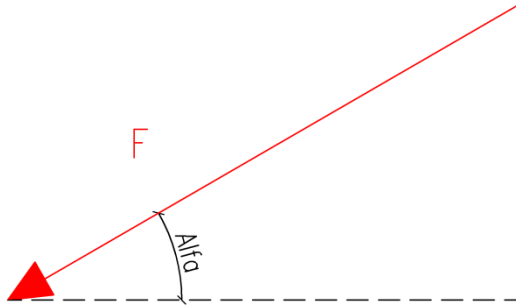
Stappenplan voor berekening

1. Ontleed eventuele schuine krachten op de ligger in horizontale & verticale krachten
2. Teken de aannames van alle reactiekrachten. Dús ook de horizontale reactiekrachten
3. Bereken en maatvoer de resultanten van de q-lasten.
4. Bereken de reactiekracht R_B met $\Sigma M_A = 0$
5. Bereken de reactiekracht R_A met $\Sigma M_B = 0$ óf met $\Sigma F_v = 0$
6. Bereken de horizontale reactiekracht R_{AH} met $\Sigma F_h = 0$
7. Teken de dwarskrachtenlijn.
8. Bereken de locatie van het nulpunt / de nulpunten van de dwarskrachtenlijn.
9. Bereken het moment op de locaties, waar de dwarskracht door de nullijn gaat.
10. Bereken de overige momenten & teken de momentenlijn
11. Teken de Normaalkrachtenlijn

Het is verstandig om iedere liggerberekening volgens een vast stappenplan te doen.

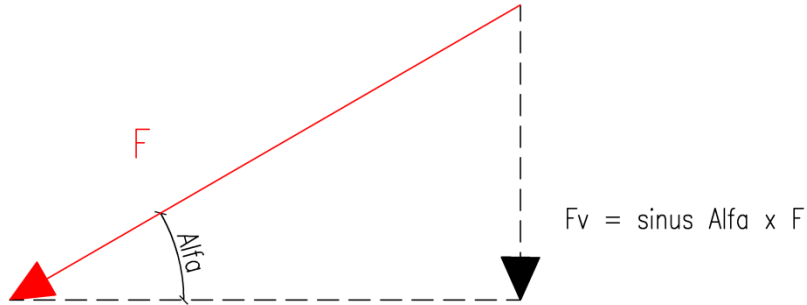
Dan werk je preciezer en is de kans op fouten minder groot.

STAP 1: ontleden van eventuele schuine krachten in horizontale en verticale krachten



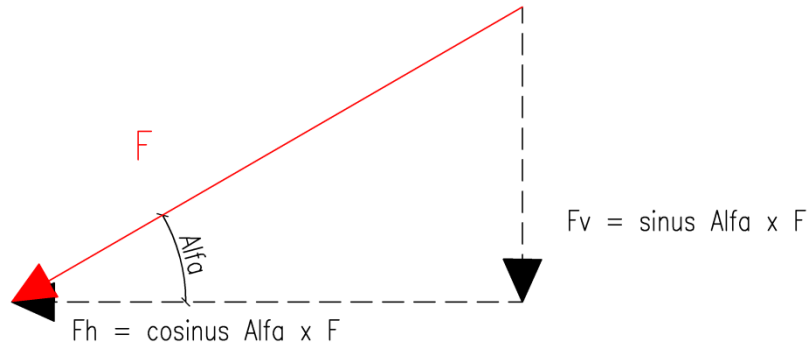
Schuine krachten, die op de ligger komen, moeten we ontleden in horizontale en verticale krachten.

STAP 1: ontleden van eventuele schuine krachten in horizontale en verticale krachten



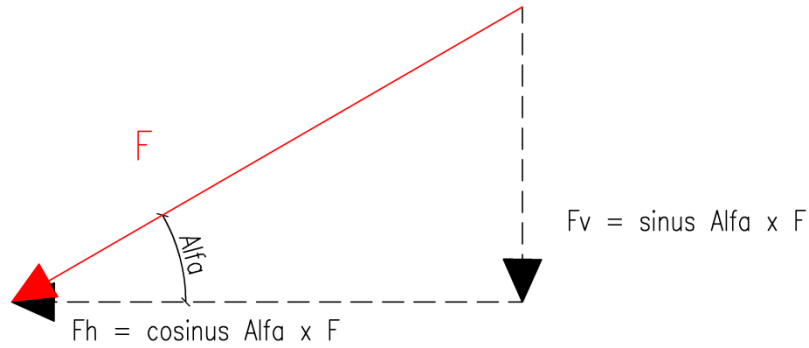
Schuine krachten, die op de ligger komen, moeten we ontleden in horizontale en verticale krachten.

STAP 1: ontleden van eventuele schuine krachten in horizontale en verticale krachten



Schuine krachten, die op de ligger komen, moeten we ontleden in horizontale en verticale krachten.

STAP 1: ontleden van eventuele schuine krachten in horizontale en verticale krachten



Er zijn in deze ligger geen schuine krachten.
Dus niet van toepassing!

Schuine krachten, die op de ligger komen, moeten we ontleden in horizontale en verticale krachten.

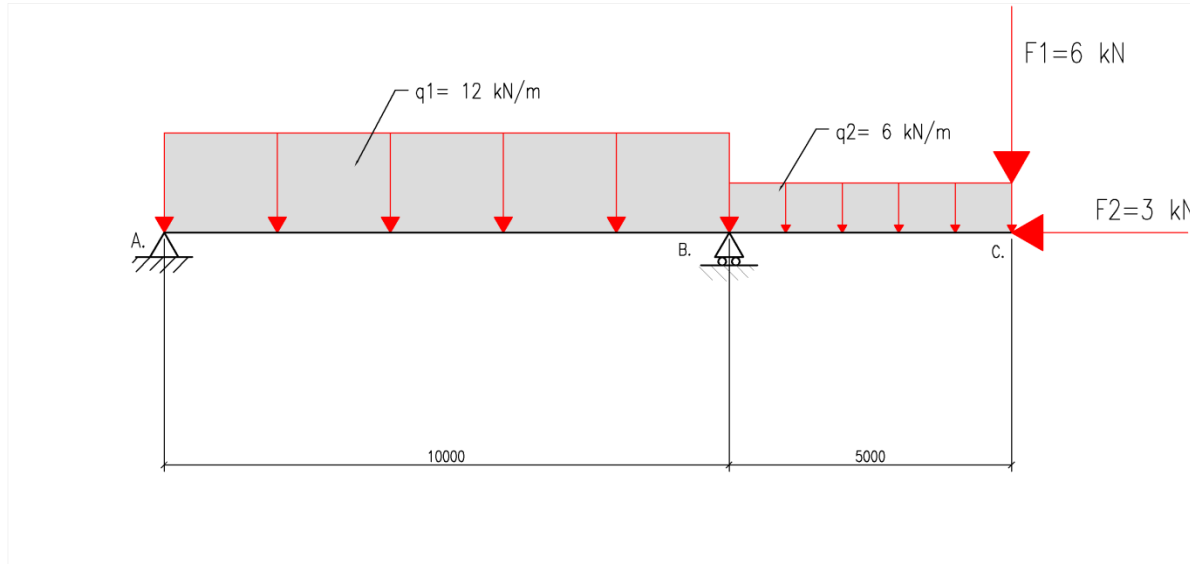
STAP 2: aannames van de reactiekrachten

We tekenen bij de opleggingen A en B de pijltjes van de verticale én horizontale reactiekrachten, zoals wij denken dat ze zullen lopen.

STAP 2

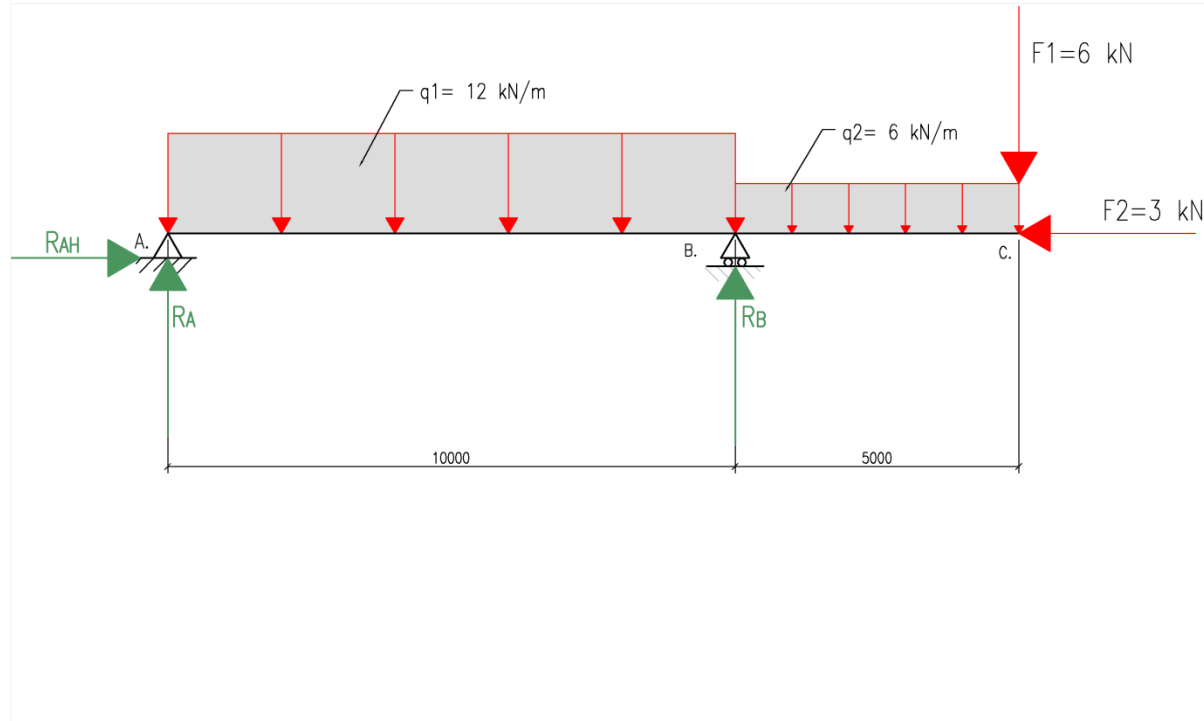
aannames van de
reactiekrachten

We tekenen bij de
opleggingen A en B de
pijlen van de verticale
én horizontale
reactiekrachten, zoals
wij denken dat ze
zullen lopen.



STAP 2

aannames van de
reactiekrachten



In dit geval nemen we
aan: 2x verticale
reactiekrachten
omhoog: RA en RB en
1x horizontale
reactiekracht RAH

n.b. Mocht een van
onze aannames fout
zijn, dan zien we dat
straks in de uitkomst als
een negatief getal.

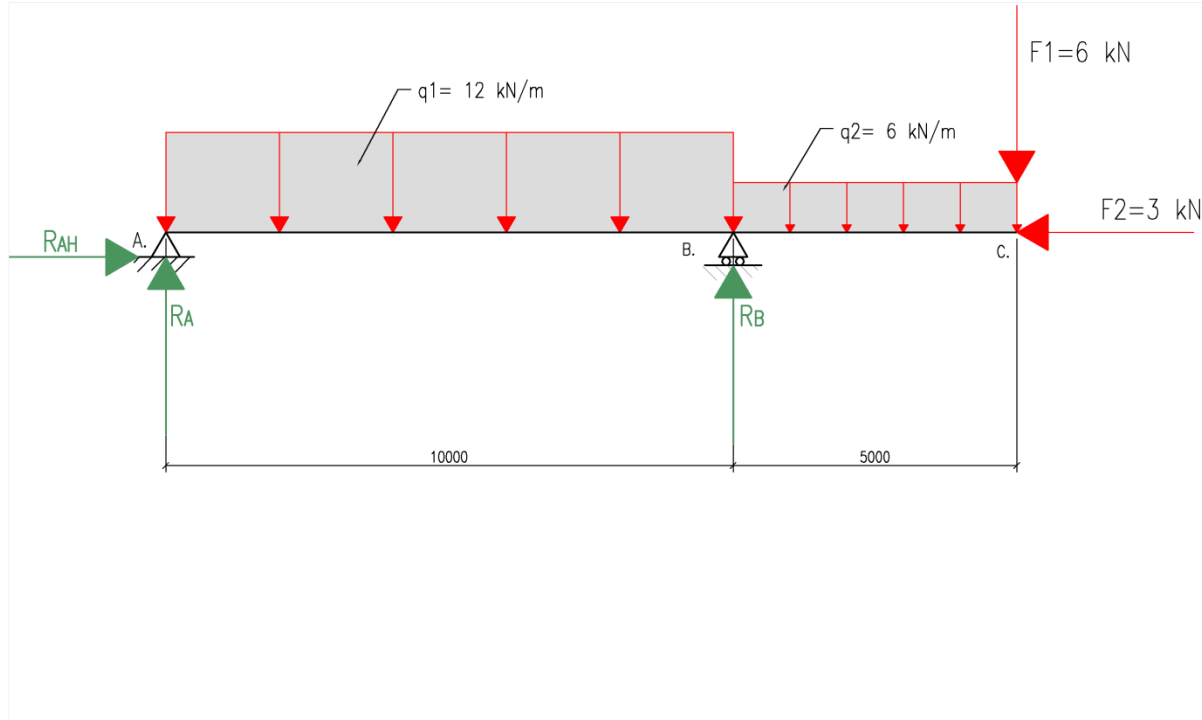
STAP 3: bereken en maatvoer de resultanten van de q-lasten

Het totale gewicht van een q-last kunnen we in de berekening van de reactiekrachten laten vertegenwoordigen door een resultante die door het zwaartepunt (in dit geval het midden) van de q-last gaat.

STAP 3

bereken en maatvoer de resultanten van de q-lasten

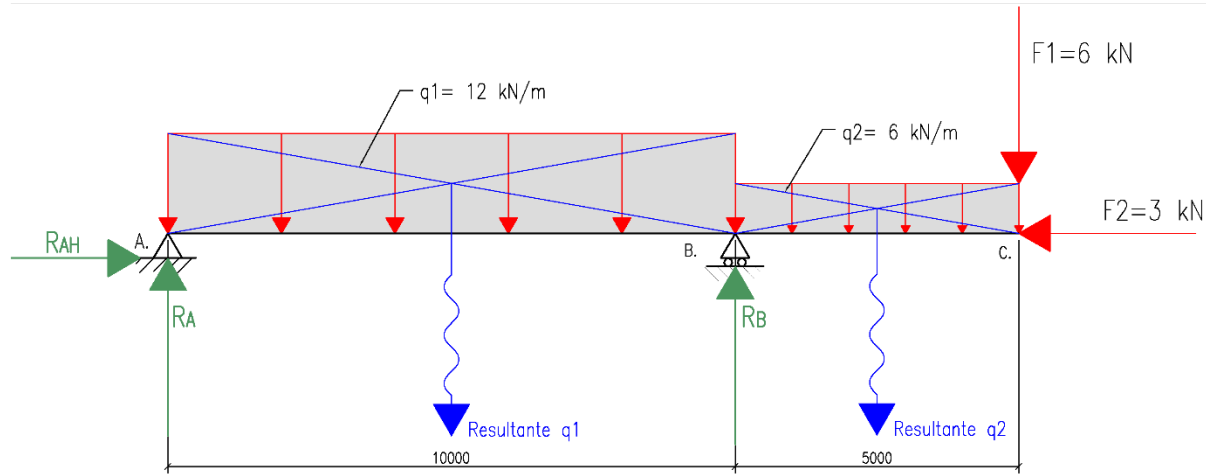
De resultante van een q-last is “de waarde van de q-last x de lengte van de q-last”



STAP 3

bereken en maatvoer de resultanten van de q-lasten

De resultante van een q-last is “de waarde van de q-last x de lengte van de q-last”



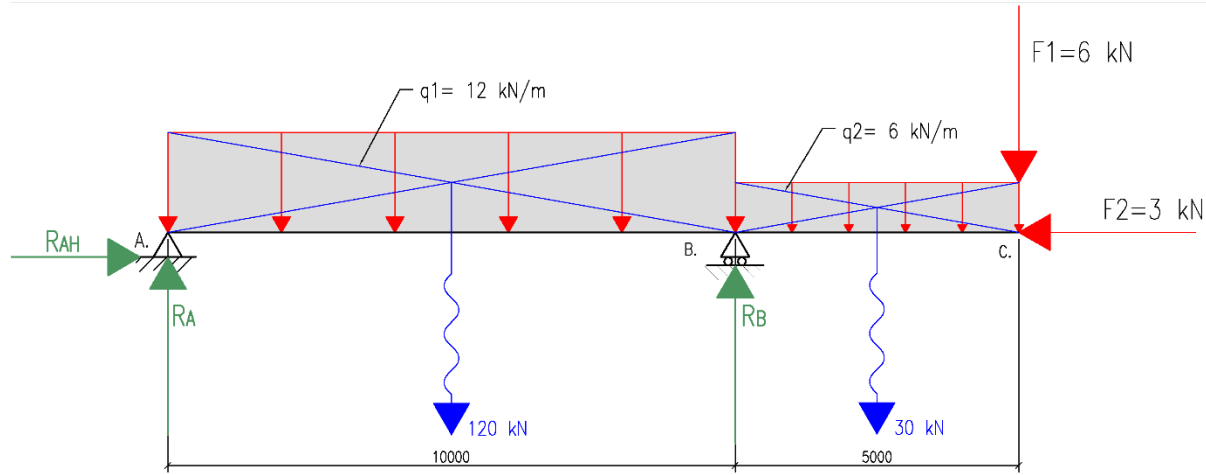
$$\text{Resultante } q_1 = 12 \text{ kN/m} \times 10 \text{ m} = 120 \text{ kN}$$

$$\text{Resultante } q_2 = 6 \text{ kN/m} \times 5 \text{ m} = 30 \text{ kN}$$

STAP 3

bereken en maatvoer de resultanten van de q-lasten

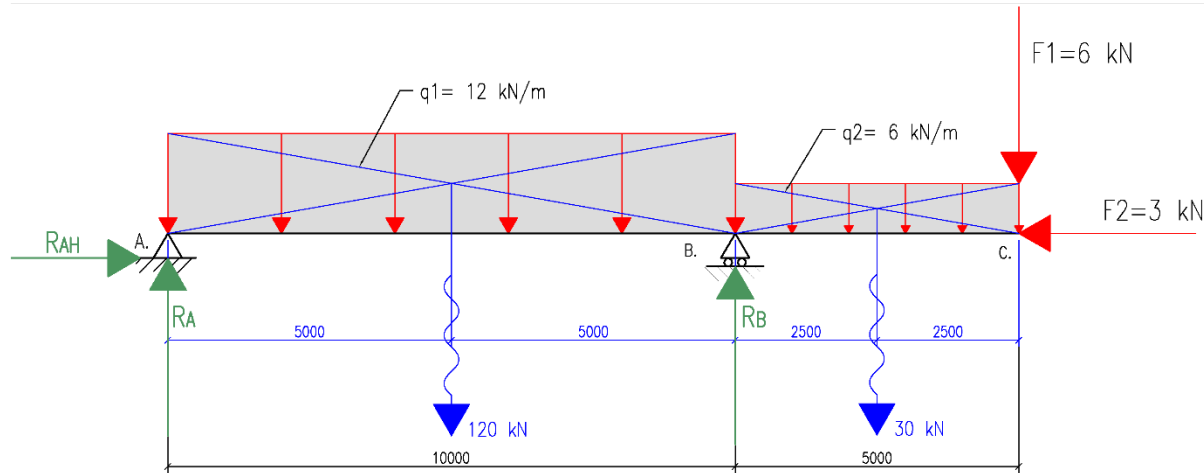
De resultanten zitten in het zwaartepunt (c.q. midden) van de q-lasten. We maatvoeren de resultanten apart. Zo voorkomen we eventuele fouten tijdens de berekeningen.



STAP 3

bereken en maatvoer de resultanten van de q-lasten

De resultanten zitten in het zwaartepunt (c.q. midden) van de q-lasten. We maatvoeren de resultanten apart. Zo voorkomen we eventuele fouten tijdens de berekeningen.



STAP 4: bereken RB m.b.v. $\sum MA=0$

We berekenen in alle momenten van krachten, resultanten én reactiekrachten op de ligger vanuit oplegging A. Hierbij is met de klok mee plus en tegen de klok in negatief!



STAP 4: bereken RB m.b.v. $\sum MA=0$

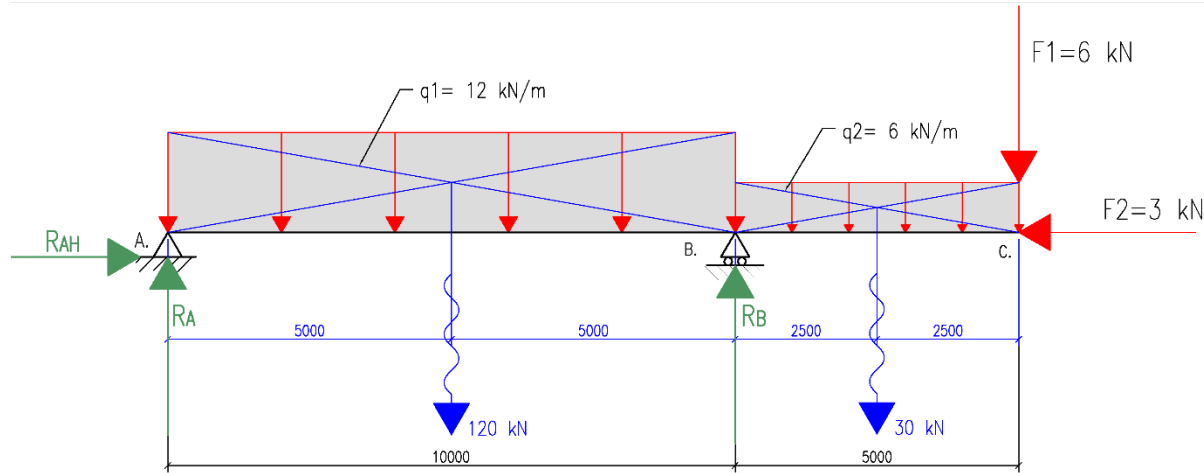
We berekenen in alle momenten van krachten, resultanten én reactiekrachten op de ligger vanuit oplegging A. Hierbij is met de klok mee plus en tegen de klok in negatief!



STAP 4

bereken R_B m.b.v. $\Sigma M_A=0$

We berekenen in alle momenten van krachten, resultanten én reactiekrachten op de ligger vanuit oplegging A. Hierbij is met de klok mee plus en tegen de klok in negatief!



$$\Sigma M_A=0$$

$$+120\text{kN} \times 5\text{m} - R_B \times 10\text{m} + 30\text{kN} \times 12,5\text{m} + 6\text{kN} \times 15\text{m} = 0$$

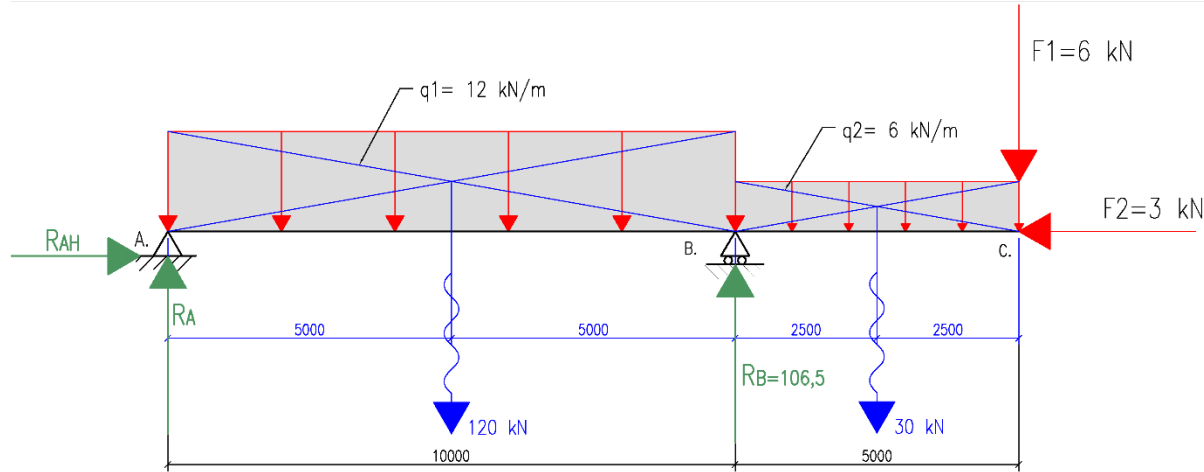
$$+600\text{kNm} - R_B \times 10\text{m} + 375\text{kNm} + 90\text{ kNm} = 0$$

$$+1065\text{kNm} - R_B \times 10\text{m} = 0 \rightarrow R_B = \frac{+1065\text{ kNm}}{10\text{m}} = \mathbf{106,5\text{ kN} \uparrow}$$

STAP 4

bereken R_B m.b.v. $\Sigma M_A=0$

We berekenen in alle momenten van krachten, resultanten én reactiekrachten op de ligger vanuit oplegging A. Hierbij is met de klok mee plus en tegen de klok in negatief!



$$\Sigma M_A=0$$

$$+120\text{kN} \times 5\text{m} - R_B \times 10\text{m} + 30\text{kN} \times 12,5\text{m} + 6\text{kN} \times 15\text{m} = 0$$

$$+600\text{kNm} - R_B \times 10\text{m} + 375\text{kNm} + 90\text{ kNm} = 0$$

$$+1065\text{kNm} - R_B \times 10\text{m} = 0 \rightarrow R_B = \frac{+1065\text{ kNm}}{10\text{m}} = \mathbf{106,5\text{ kN} \uparrow}$$

STAP 5 & 5a bereken RA

m.b.v. 5: $\sum M_B = 0$ óf 5A: $\sum F_v = 0$

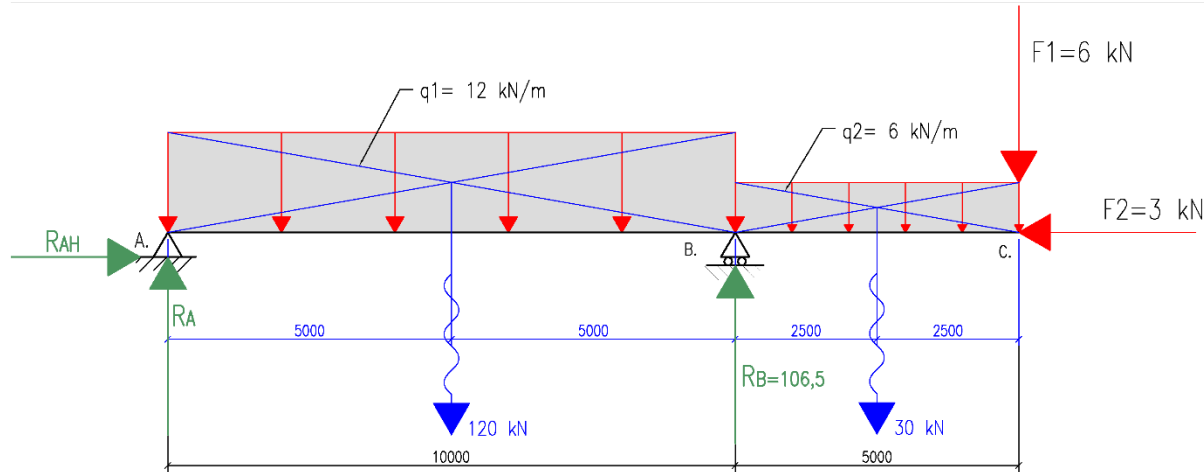
Na het uitrekenen van de eerste reactiekracht, kan je RA op 2 manieren uitrekenen.

Je kunt ook de tweede methode (5A) gebruiken om je eerdere berekening te controleren.

STAP 5

bereken R_A m.b.v. $\Sigma M_B=0$

We berekenen nu alle momenten van krachten, resultanten én reactiekrachten op de ligger vanuit oplegging B. Hierbij is weer met de klok mee plus en tegen de klok in negatief!



$$\Sigma M_B=0$$

$$+R_A \times 10\text{m} - 120\text{kN} \times 5\text{m} + 30\text{kN} \times 2,5\text{m} + 6\text{kN} \times 5\text{m} = 0$$

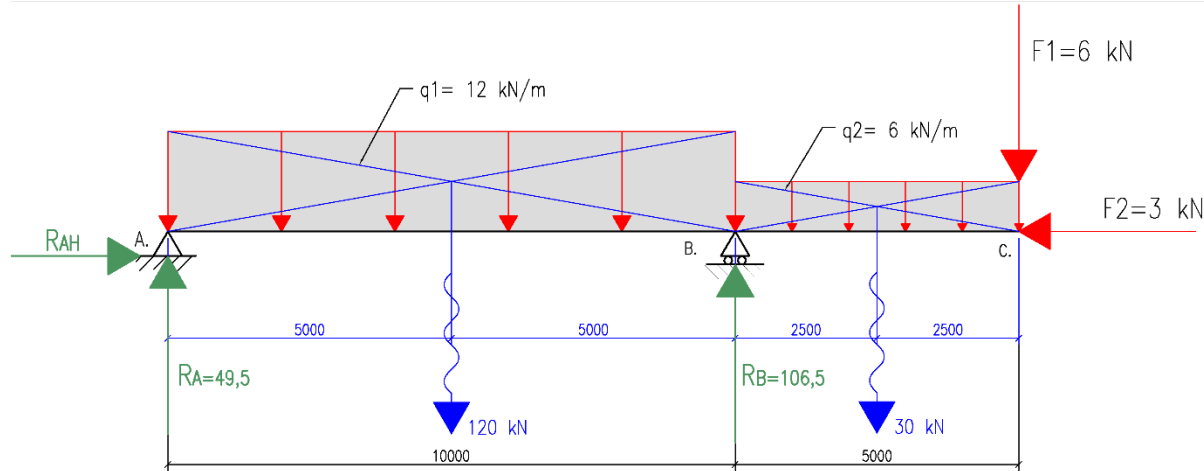
$$+R_A \times 10\text{m} - 600\text{kNm} + 75\text{kNm} + 30\text{kNm} = 0$$

$$+R_A \times 10\text{m} - 495\text{kNm} = 0 \rightarrow R_A = \frac{+495\text{kNm}}{10\text{m}} = \mathbf{49,5\text{ kN} \uparrow}$$

STAP 5

bereken R_A m.b.v. $\Sigma M_B=0$

We berekenen nu alle momenten van krachten, resultanten én reactiekrachten op de ligger vanuit oplegging B. Hierbij is weer met de klok mee plus en tegen de klok in negatief!



$$\Sigma M_B=0$$

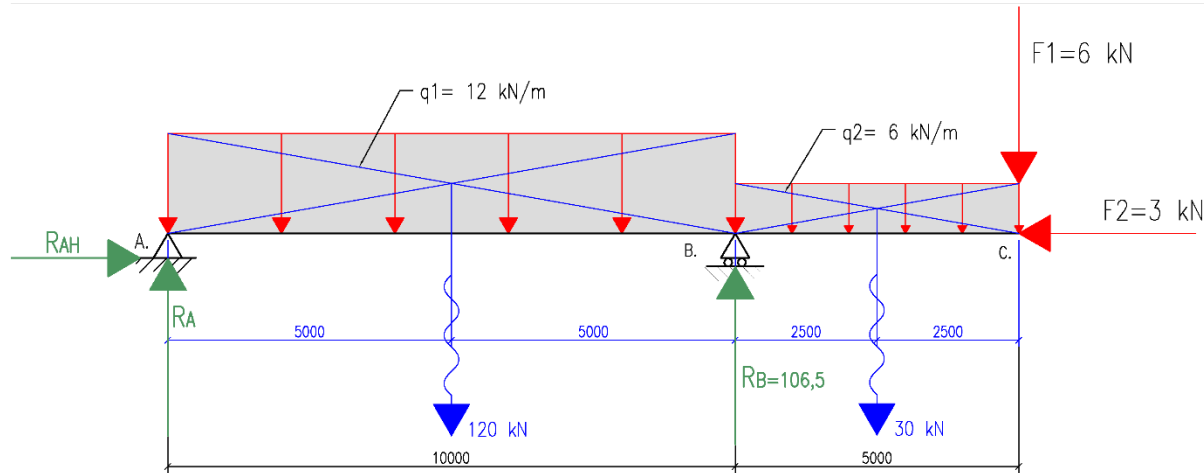
$$+R_A \times 10\text{m} - 120\text{kN} \times 5\text{m} + 30\text{kN} \times 2,5\text{m} + 6\text{kN} \times 5\text{m} = 0$$

$$+R_A \times 10\text{m} - 600\text{kNm} + 75\text{kNm} + 30\text{kNm} = 0$$

$$+R_A \times 10\text{m} - 495\text{kNm} = 0 \rightarrow R_A = \frac{+495\text{kNm}}{10\text{m}} = \mathbf{49,5\text{ kN} \uparrow}$$

STAP 5A

bereken R_A m.b.v. $\Sigma F_V=0$



$$\Sigma F_V=0$$

$$+R_A - 120\text{kN} + 106,5\text{kN} - 30\text{kN} - 6\text{kN} = 0$$

$$+R_A - 49,5\text{kNm} = 0$$

$$R_A = \mathbf{49,5\text{ kN} \uparrow}$$

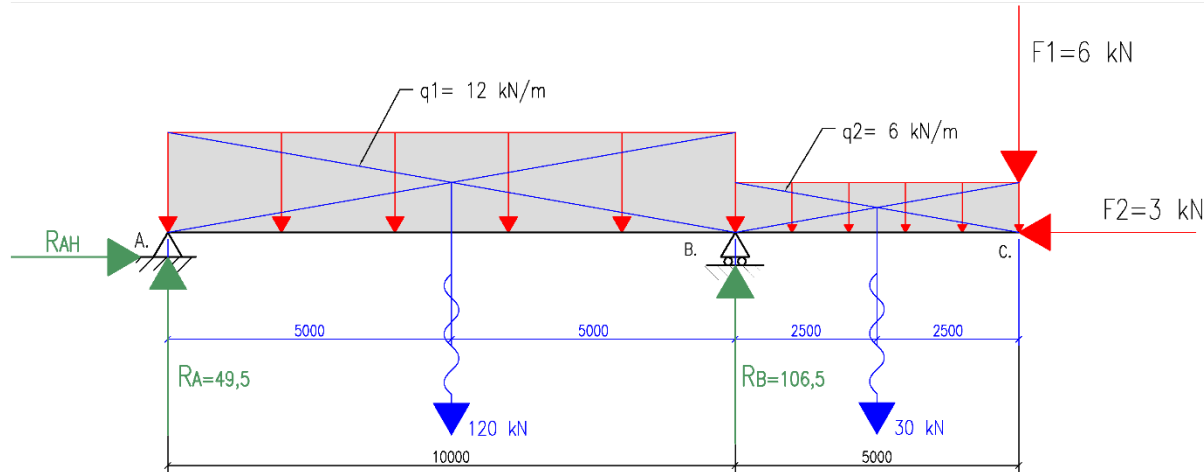
Als je R_B eenmaal uitgerekend hebt, kan je R_A ook op een andere manier uitrekenen. De som van alle verticale krachten opgeteld moet "nul" zijn ofwel $\Sigma F_V=0$. Let op: krachten omhoog zijn positief en krachten omlaag in negatief!

$\uparrow = +$

$\downarrow = -$

STAP 5A

bereken R_A m.b.v. $\Sigma F_V=0$



$$\Sigma F_V=0$$

$$+R_A - 120 \text{ kN} + 106,5 \text{ kN} - 30 \text{ kN} - 6 \text{ kN} = 0$$

$$+R_A - 49,5 \text{ kN} = 0$$

$$R_A = 49,5 \text{ kN} \uparrow$$

Als je R_B eenmaal uitgerekend hebt, kan je R_A ook op een andere manier uitrekenen. De som van alle verticale krachten opgeteld moet "nul" zijn ofwel $\Sigma F_V=0$. Let op: krachten omhoog zijn positief en krachten omlaag in negatief!

$\uparrow = +$

$\downarrow = -$

STAP 6

bereken RAH m.b.v. $\Sigma F_H = 0$

Ook de som van alle horizontale krachten moet opgeteld “nul” zijn ofwel $\Sigma F_h = 0$ Let op: krachten naar rechts zijn positief en krachten naar links in negatief!

→ +

← -

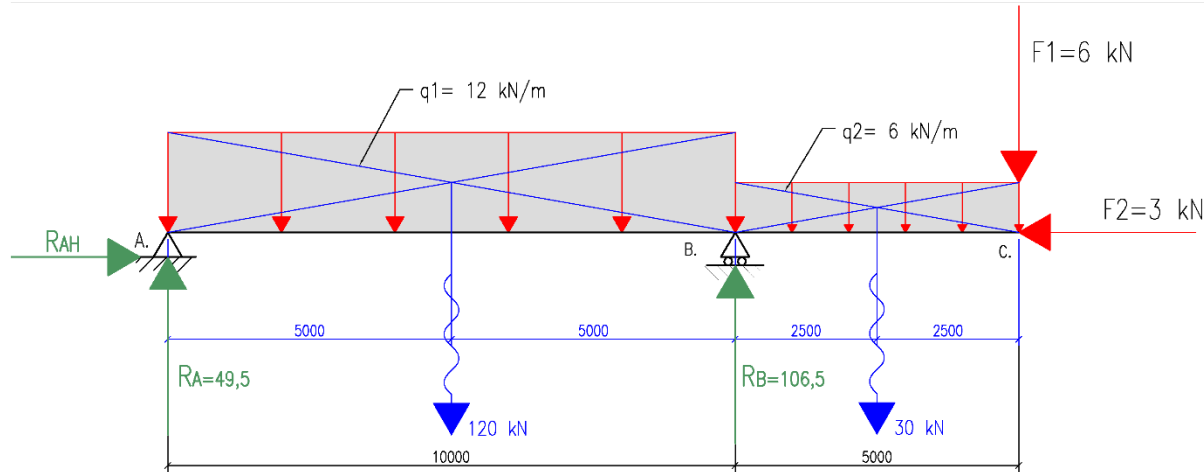
STAP 6

bereken R_{AH} m.b.v.
 $\Sigma F_H=0$

Ook de som van alle horizontale krachten moet opgeteld "nul" zijn ofwel $\Sigma F_h=0$. Let op: krachten naar rechts zijn positief en krachten naar links zijn negatief!

→ +

← -



$$\Sigma F_H=0$$

$$+R_{AH} - 3 \text{ kN} = 0$$

$$R_{AH} = +3 \text{ kN} \rightarrow$$

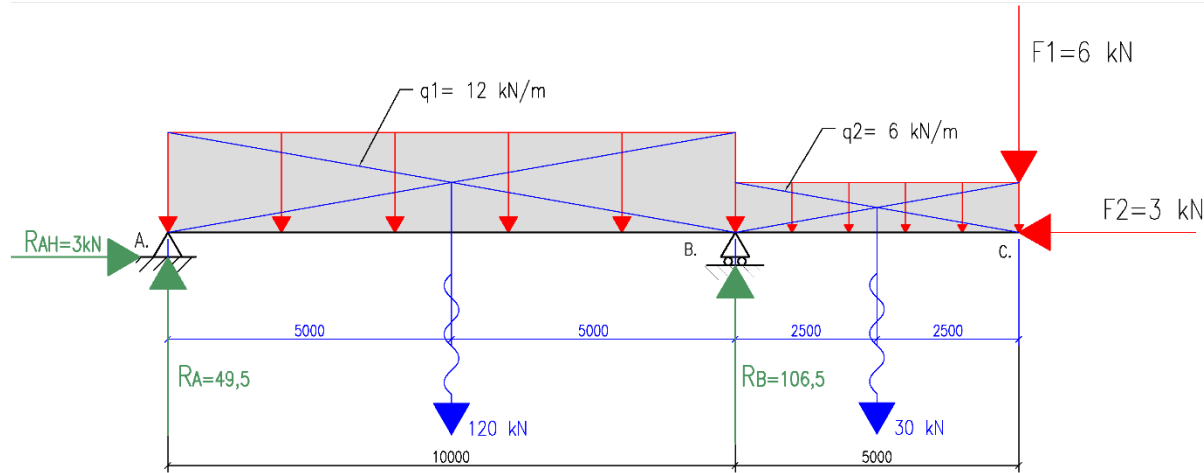
STAP 6

bereken R_{AH} m.b.v.
 $\Sigma F_H = 0$

Ook de som van alle horizontale krachten moet opgeteld "nul" zijn ofwel $\Sigma F_h = 0$. Let op: krachten naar rechts zijn positief en krachten naar links zijn negatief!

→ +

← -



$$\Sigma F_H = 0$$

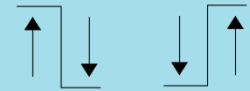
$$+R_{AH} - 3 \text{ kN} = 0$$

$$R_{AH} = +3 \text{ kN} \rightarrow$$

STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

De dwarskrachtenlijn zegt iets over de krachten loodrecht op de overspanning van de ligger.



(zgn fietspdalen)

Met de dwarskrachtenlijn kunnen we ook bepalen waar het maximale moment is. (zie stap 8)

STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

De dwarskrachtenlijn is het uitzetten een soort krachtenveelhoek. Je begint op nul en als je je berekening goed hebt gemaakt eindig je ook op nul.





STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

We beginnen links van de ligger met het uitzetten van RA (49,5kN↑)



STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

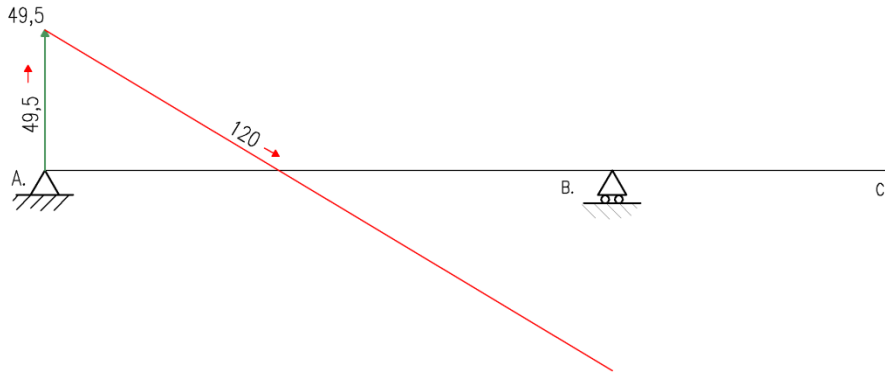
We beginnen links van de ligger met het uitzetten van RA (49,5kN↑)



STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

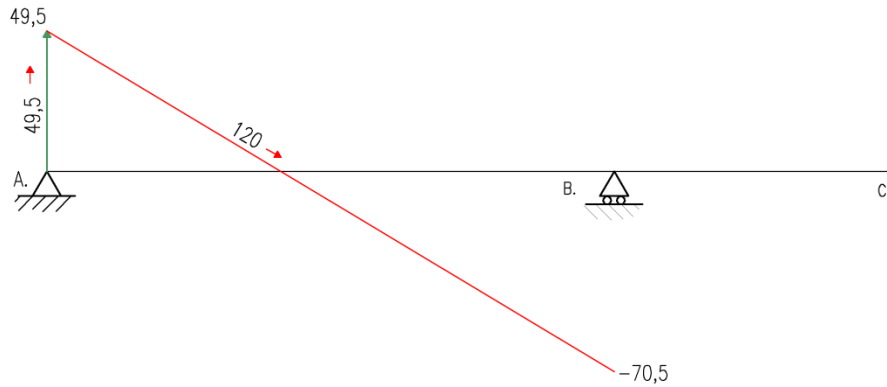
Tussen A en B wordt de dwarskracht van 49,5 kN door de q-last per strekkende meter vermindert met 12 kN. De q-last is 10 meter dus de totale vermindering door de q-last is $10\text{m} \times 12\text{kN/m} = 120\text{ kN}$



STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

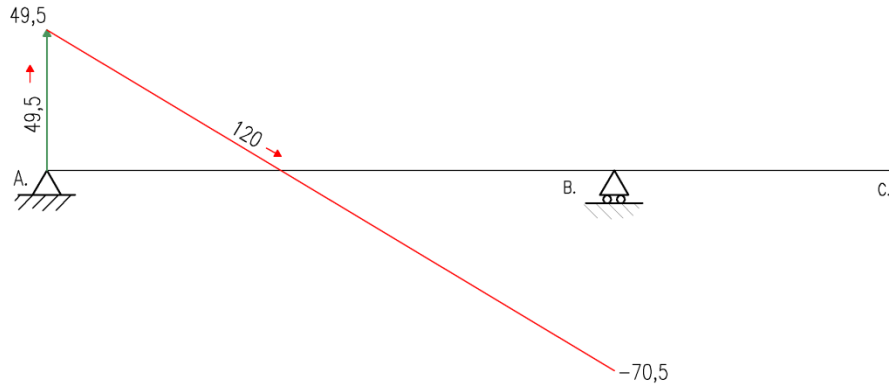
Tussen A en B wordt de dwarskracht van 49,5 kN door de q-last per strekkende meter vermindert met 12 kN. De q-last is 10 meter dus de totale vermindering door de q-last is $10\text{m} \times 12\text{kN/m} = 120\text{ kN}$



STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

Tussen A en B wordt de dwarskracht van 49,5 kN door de q-last per strekkende meter vermindert met 12 kN. De q-last is 10 meter dus de totale vermindering door de q-last is $10\text{m} \times 12\text{kN/m} = 120\text{ kN}$



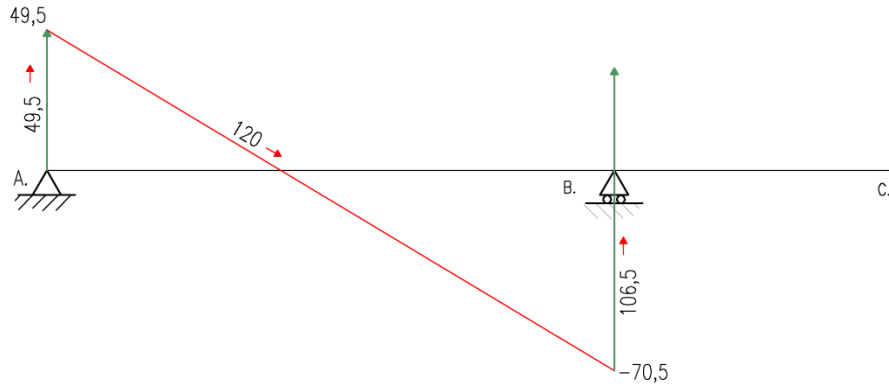
STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

Bij punt B gaat de dwarskrachtenlijn omhoog t.g.v. de reactiekracht RB (106,5kN↑)

STAP 7

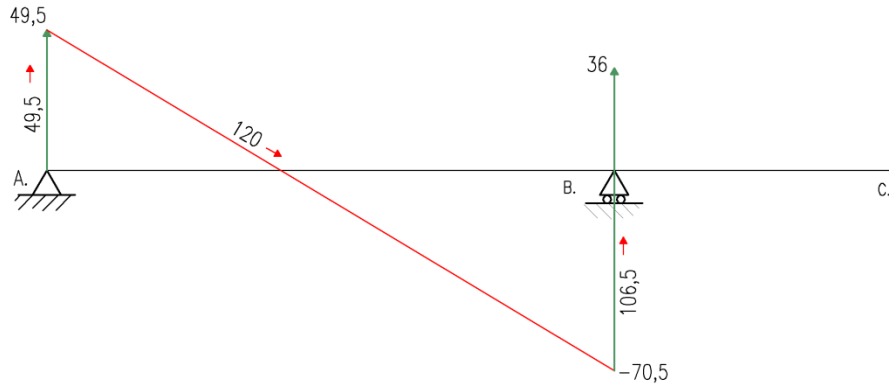
Dwarskrachtenlijn tekenen



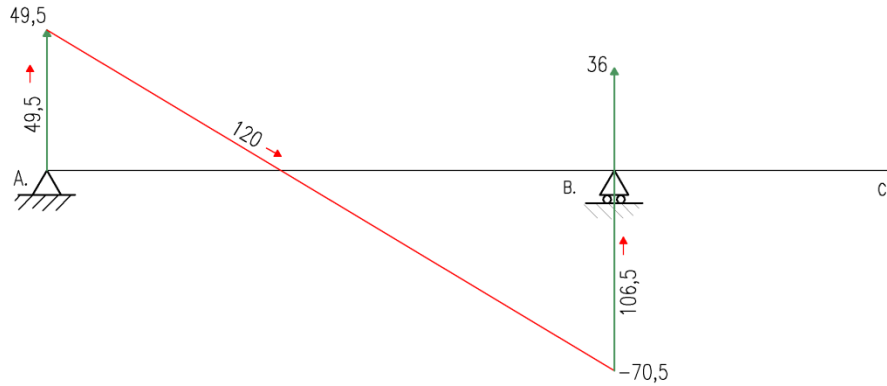
Bij punt B gaat de dwarskrachtenlijn omhoog t.g.v. de reactiekracht RB (106,5kN↑)

STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen



Bij punt B gaat de dwarskrachtenlijn omhoog t.g.v. de reactiekracht RB (106,5kN↑)



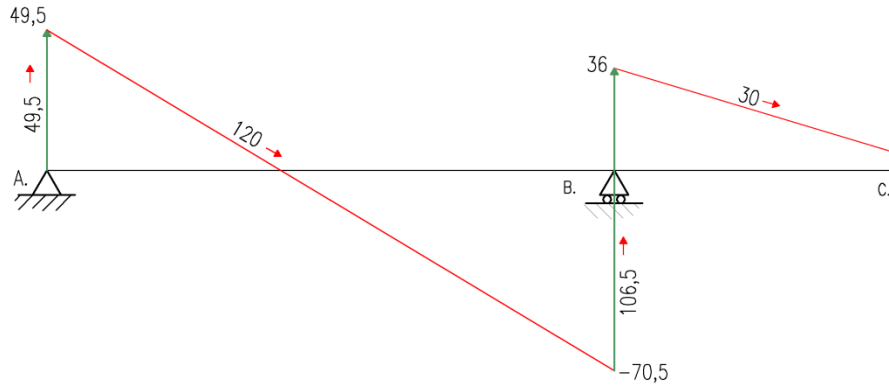
STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

Tussen B en C wordt de dwarskracht verminderd met $6\text{ kN} \downarrow$ per strekkende meter door de q -last. De lengte v/d q -last is 5 meter. De totale vermindering is dus $5\text{ m} \times 6\text{ kN/m} = 30\text{ kN} \downarrow$

STAP 7

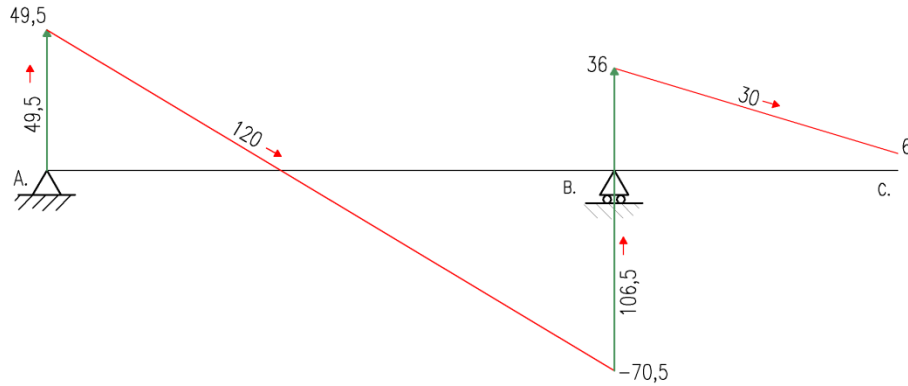
Dwarskrachtenlijn tekenen



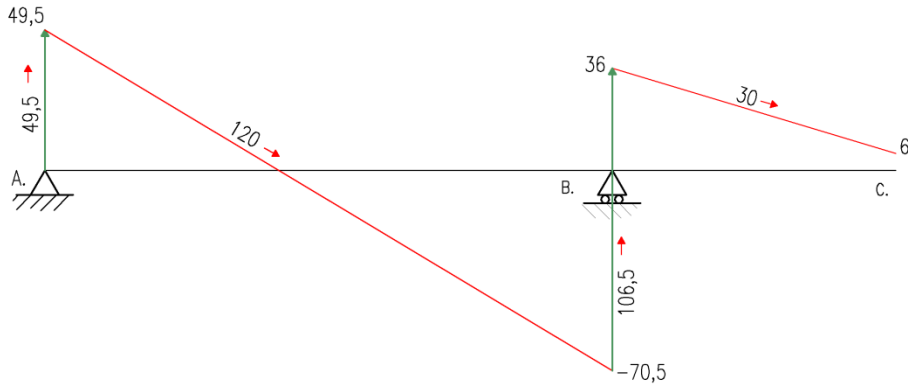
Tussen B en C wordt de dwarskracht verminderd met $6\text{ kN} \downarrow$ per strekkende meter door de q -last. De lengte v/d q -last is 5 meter. De totale vermindering is dus $5\text{ m} \times 6\text{ kN/m} = 30\text{ kN} \downarrow$

STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen



Tussen B en C wordt de dwarskracht verminderd met $6\text{ kN} \downarrow$ per strekkende meter door de q -last. De lengte v/d q -last is 5 meter. De totale vermindering is dus $5\text{ m} \times 6\text{ kN/m} = 30\text{ kN} \downarrow$

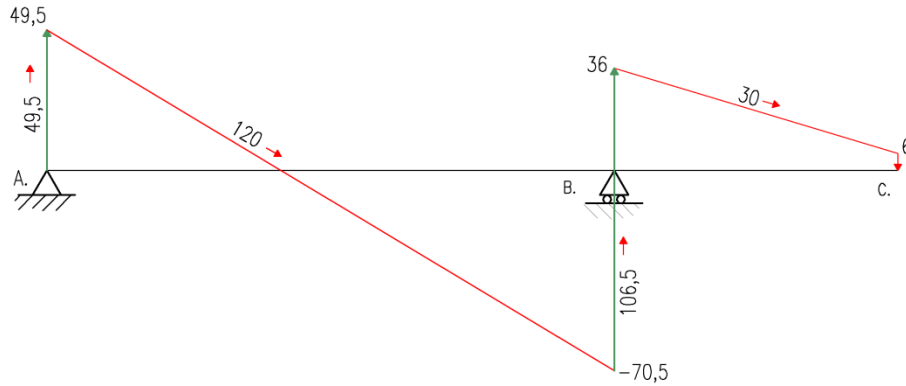


STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

Op punt C zit de puntlast F_1 (6 kN \downarrow)
Deze vermindert de dwarskracht uiteindelijk tot nul.

Let op! Bij een goede berekening begint en eindigt de dwarskrachtenlijn altijd op nul!

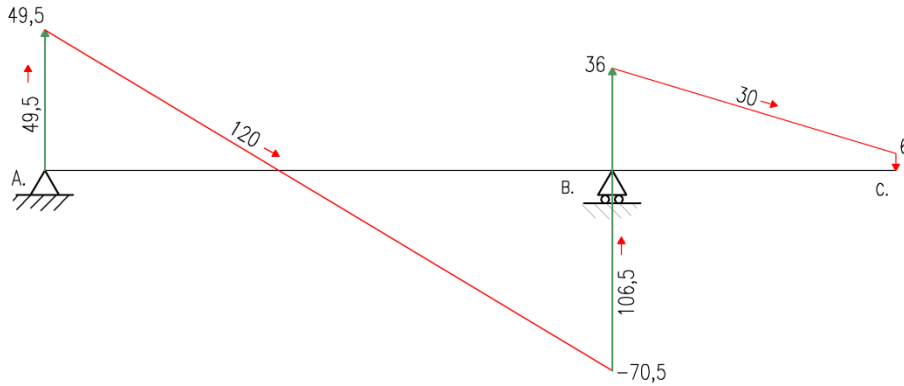


STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

Op punt C zit de puntlast F_1 (6 kN \downarrow)
Deze vermindert de dwarskracht uiteindelijk tot nul.

Let op! Bij een goede berekening begint en eindigt de dwarskrachtenlijn altijd op nul!

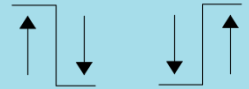


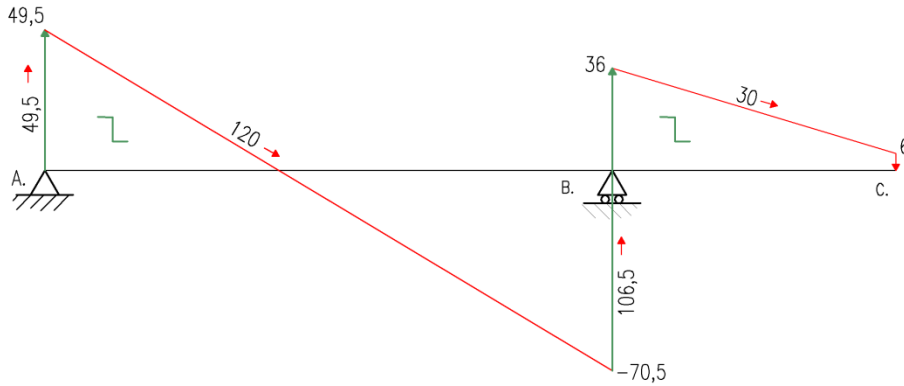
STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

Als laatste moeten we in de dwarskrachtgrafiek aangeven, wat positief (boven de lijn) is en welke negatief (onder de lijn).

Dat doen we met de symbolen, die we in de les ook wel de “fietspedalen” noemen.





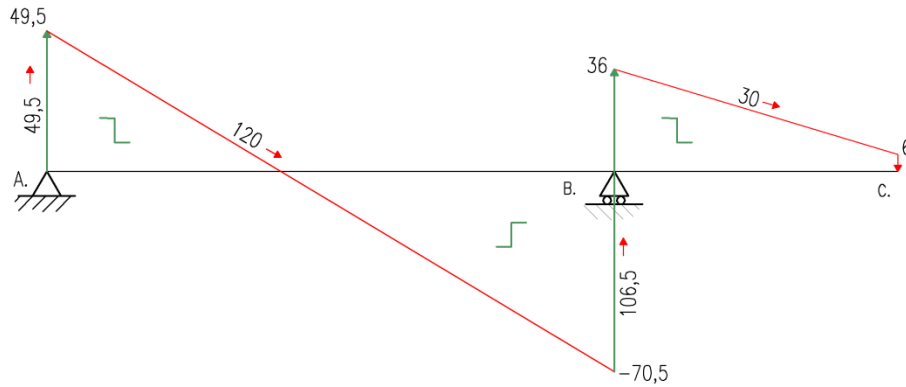
STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

Als laatste moeten we in de dwarskrachtgrafiek aangeven, wat positief (boven de lijn) is en welke negatief (onder de lijn).

Dat doen we met de symbolen, die we in de les ook wel de “fietspedalen” noemen.

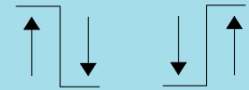




STAP 7

Dwarskrachtenlijn tekenen

...En klaar is onze
dwarskrachtenlijn!

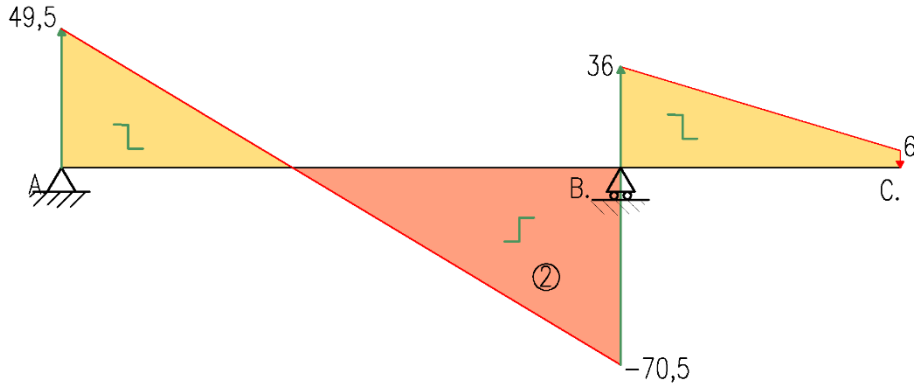


STAP 8

Nulpuntberekening Dwarskrachtenlijn

Op de plaats waar de dwarskrachtenlijn de nullijn passeert is een maximaal moment. Op deze plaatsen wordt de ligger het meest belast op buigspanning.

Om dit moment uit te kunnen rekenen, moeten we de plaats exact kennen.



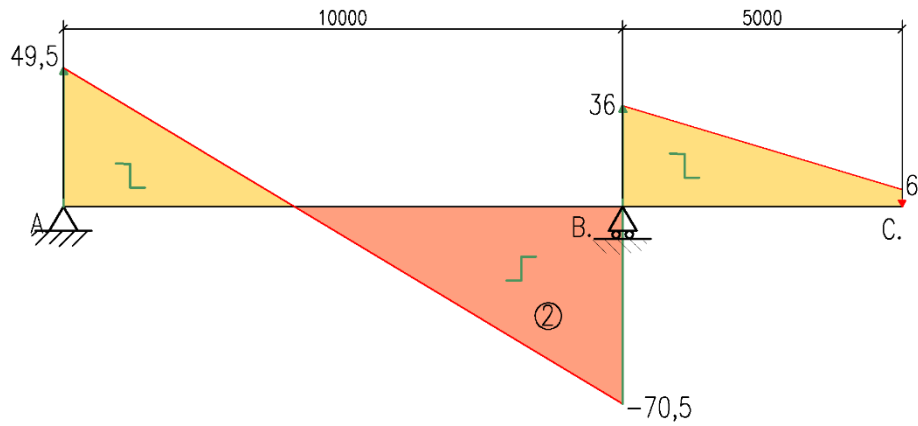
STAP 8

Nulpuntberekening
Dwarskrachtenlijn

Tussen A en B raakt de dwarskrachtenlijn de nullijn.

Op dat nulpunt is een maximaal moment van het veld tussen A en B.

We gaan uitrekenen, waar precies het nulpunt ligt, gemeten vanaf punt B

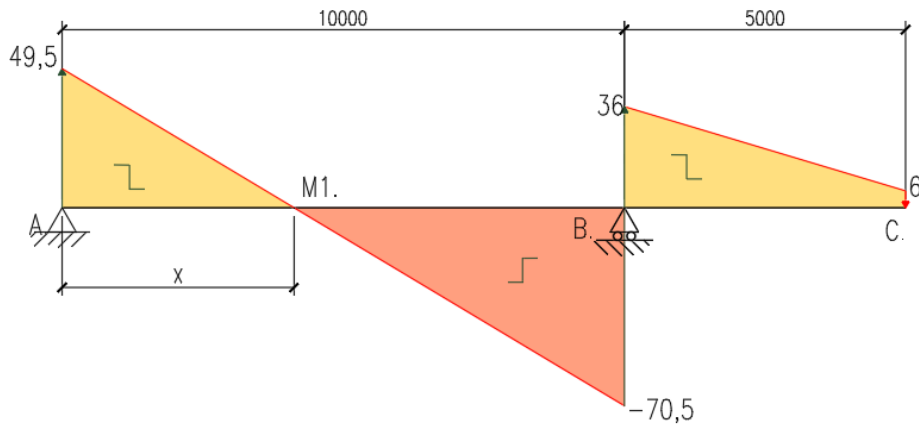


STAP 8

Nulpuntberekening
Dwarskrachtenlijn

De dwarskrachtenlijn
bestaat uit een aantal
driehoeken.

Begin met maatvoeren
met de maten die je al
weet.



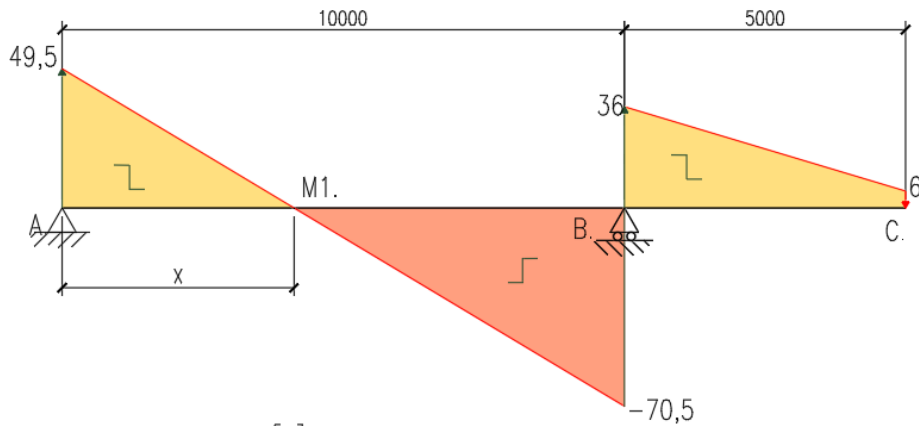
STAP 8

Nulpuntberekening
Dwarskrachtenlijn

De plaats waar de dwarskrachtenlijn de nullijn doorsnijdt noemen we punt M1

We noemen de onbekende maat tussen M1 en B voorlopig "X"

De driehoek tussen M1 en B noemen we driehoek 2.



bepaling afstand [X] nulpunt t.o.v. A:

$$X = D_a / q\text{-last}$$

$$X = 49,5 \text{ kN} : 12 \text{ kN/m}' = 4,125 \text{ m}'$$

STAP 8

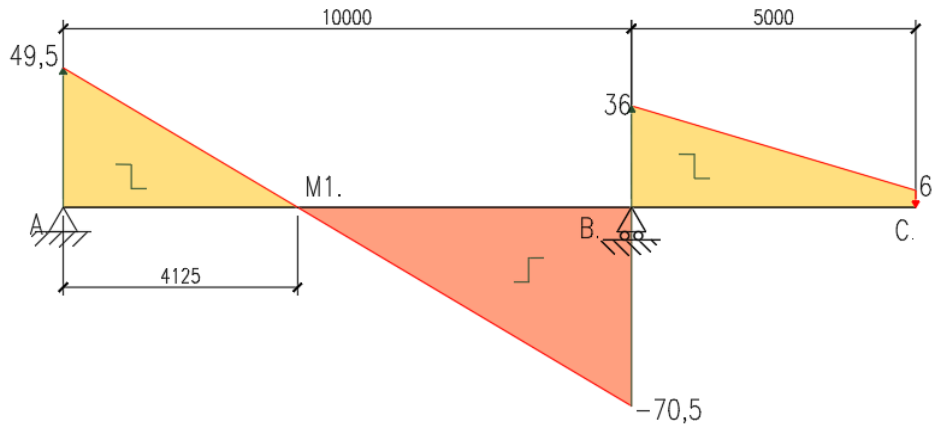
Nulpuntberekening
Dwarskrachtenlijn

Op punt A is de dwarskracht +49,5kN

Door de q-Last wordt de dwarskracht rechts van A per meter 12 kN minder.

Het nulpunt van de D-lijn t.o.v. punt A is dan:

$$49,5 \text{ kN} : 12 \text{ kN/m}' = 4,125 \text{ m}'$$



STAP 8

Nulpuntberekening
Dwarskrachtenlijn

Op punt A is de dwarskracht +49,5kN

Door de q-Last wordt de dwarskracht rechts van A per meter 12 kN minder.

Het nulpunt van de D-lijn t.o.v. punt A is dan:

$$49,5 \text{ kN} : 12 \text{ kN/m} =$$

$$4,125 \text{ m}$$

STAP 9 Berekening van het moment op de locaties, waar de dwarskracht door de nullijn gaat.

Dat gebeurt op 2 plaatsen: M1 en B.

In stap 9A rekenen we M1 uit en in stap 9B het moment in B

Even ter herinnering:

Momenten die met de klok mee draaien zijn positief



momenten die tegen de klok in gaan negatief!

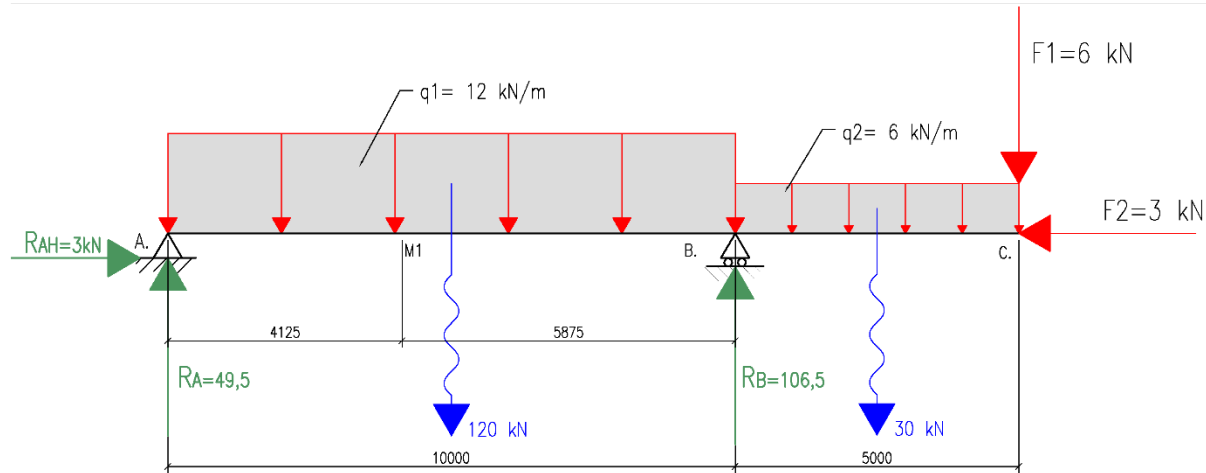


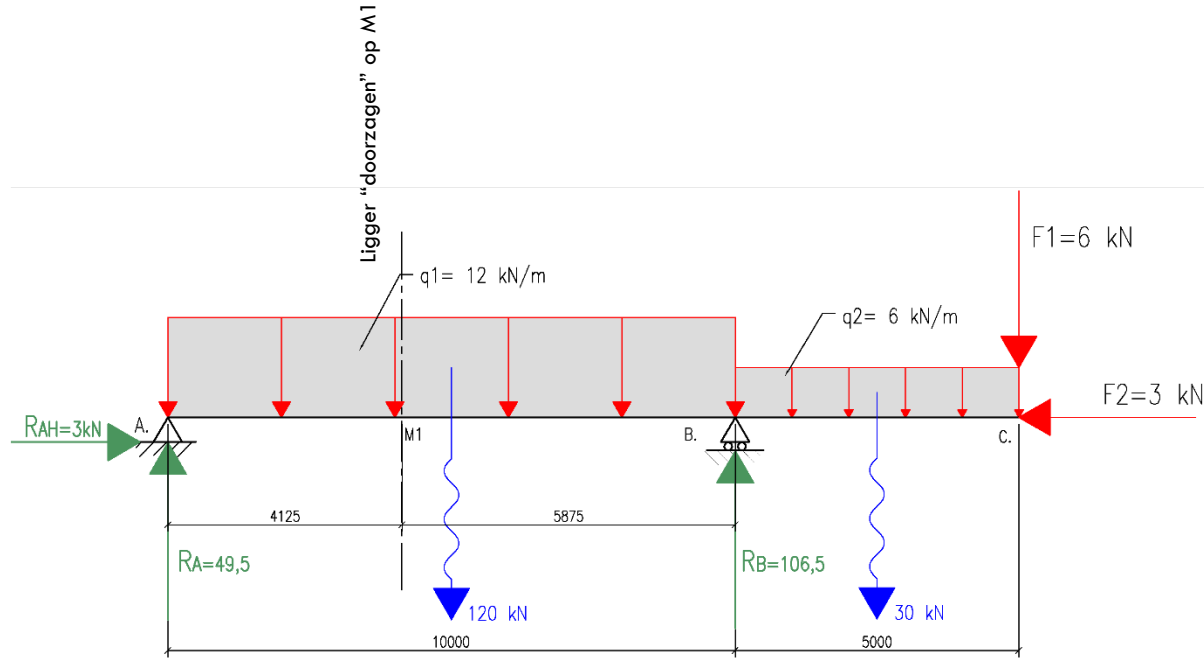
STAP 9A

Berekening van het moment op M1

We weten nu precies waar M1 ligt.

We gaan hem maatvoeren in de liggertekening



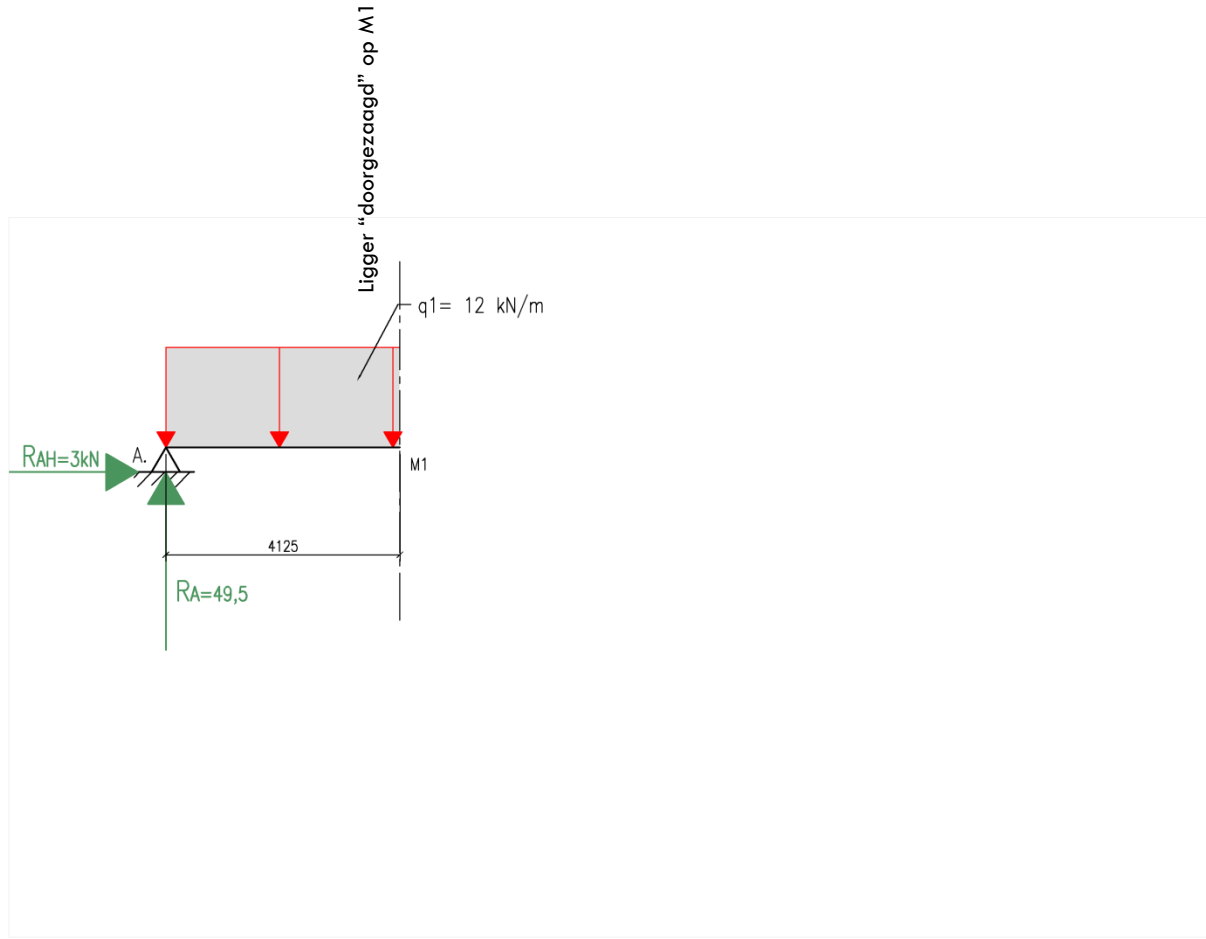


STAP 9A

Berekening van het moment op M1

Om het moment in M1 uit te rekenen, kiezen we voor de linkerkant (M1 links). Deze is namelijk het gemakkelijkst te berekenen.

Hiervoor “zagen we de ligger precies op M1 door”



STAP 9A

Berekening van het moment op M1

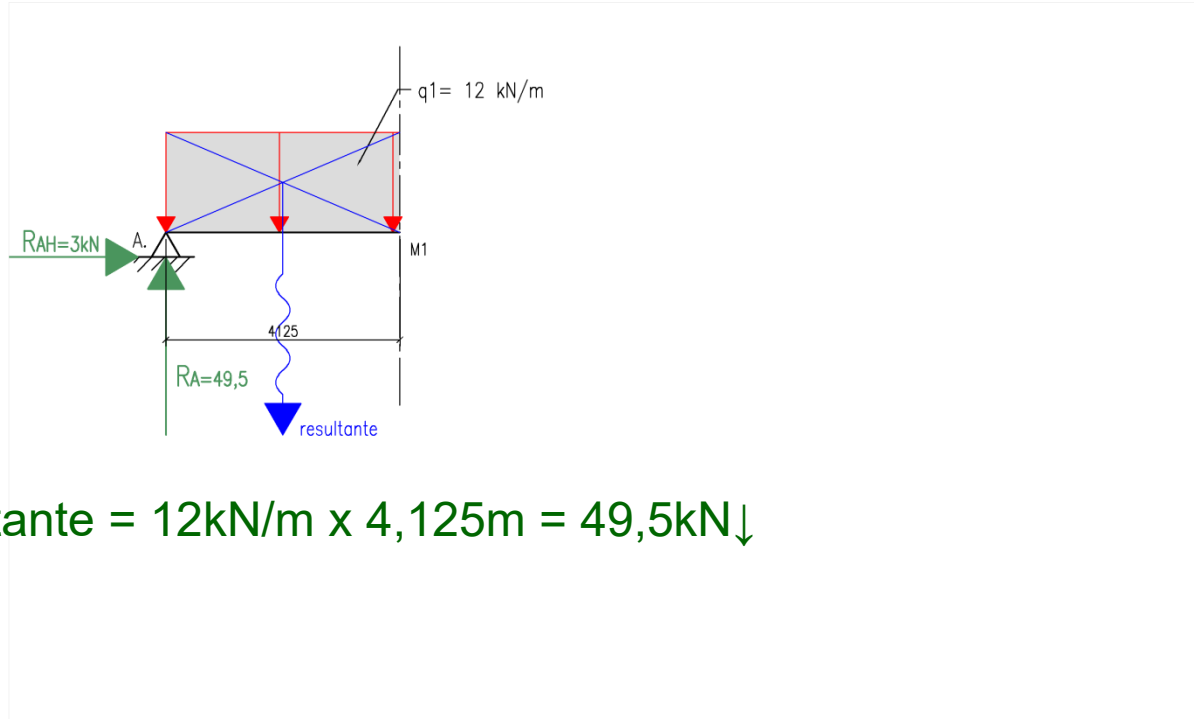
Nu tekenen we de linkermoot van de ligger vanaf punt M1 en voorziet het van maatvoering.

STAP 9A

Berekening van het moment op M1

De q-last is korter en heeft dus een lagere resultante.

Je weet nog wel, dat de waarde van de resultante = waarde van de q-last x de lengte van de q-last.



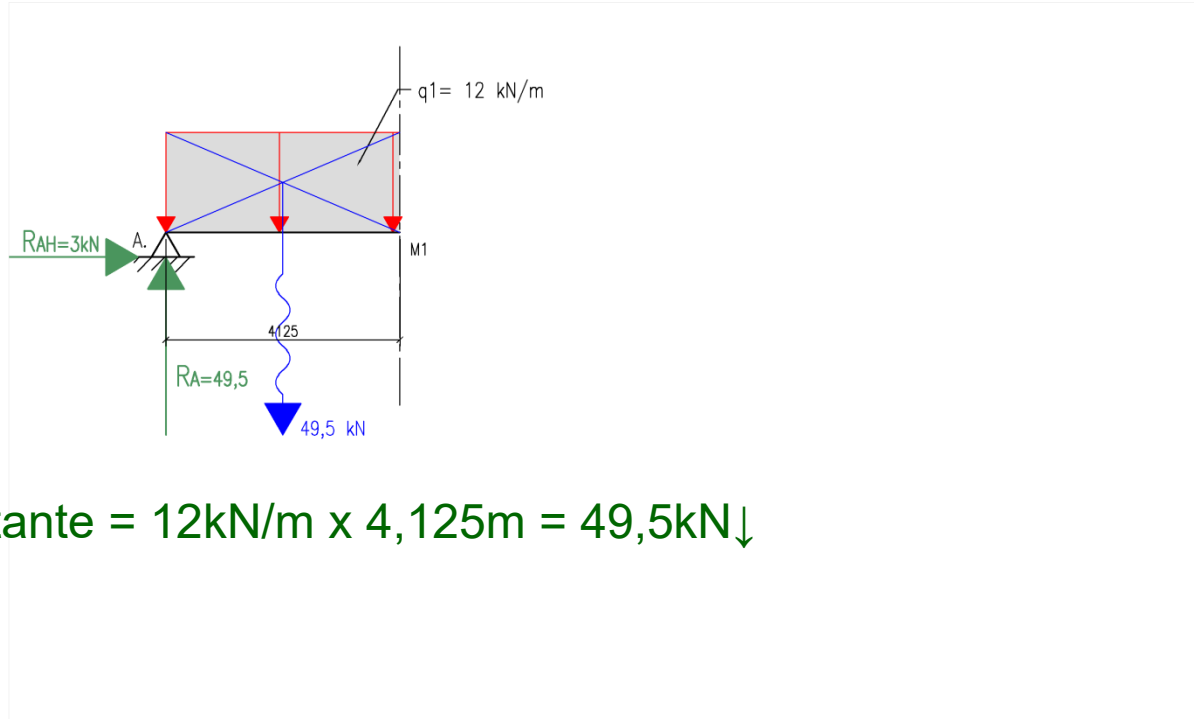
$$\text{Resultante} = 12 \text{ kN/m} \times 4,125 \text{ m} = 49,5 \text{ kN} \downarrow$$

STAP 9A

Berekening van het moment op M1

De q-last is korter en heeft dus een lagere resultante.

Je weet nog wel, dat de waarde van de resultante = waarde van de q-last x de lengte van de q-last.

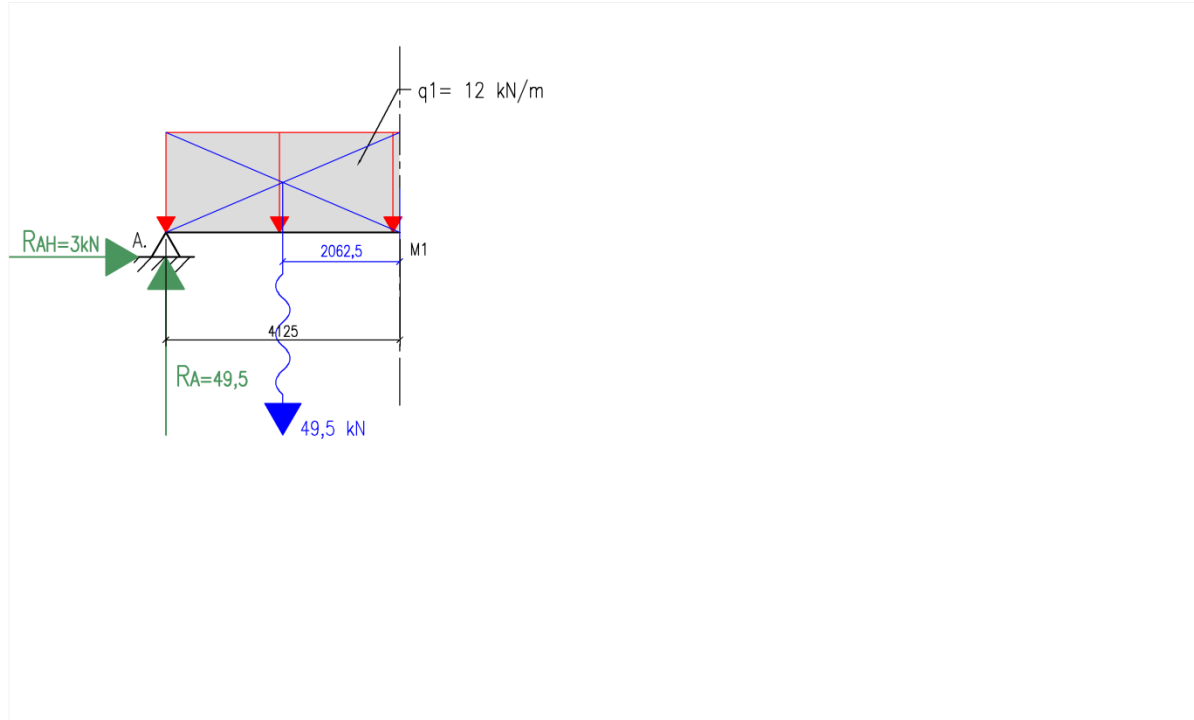


$$\text{Resultante} = 12 \text{ kN/m} \times 4,125 \text{ m} = 49,5 \text{ kN} \downarrow$$

STAP 9A

Berekening van het moment op M1

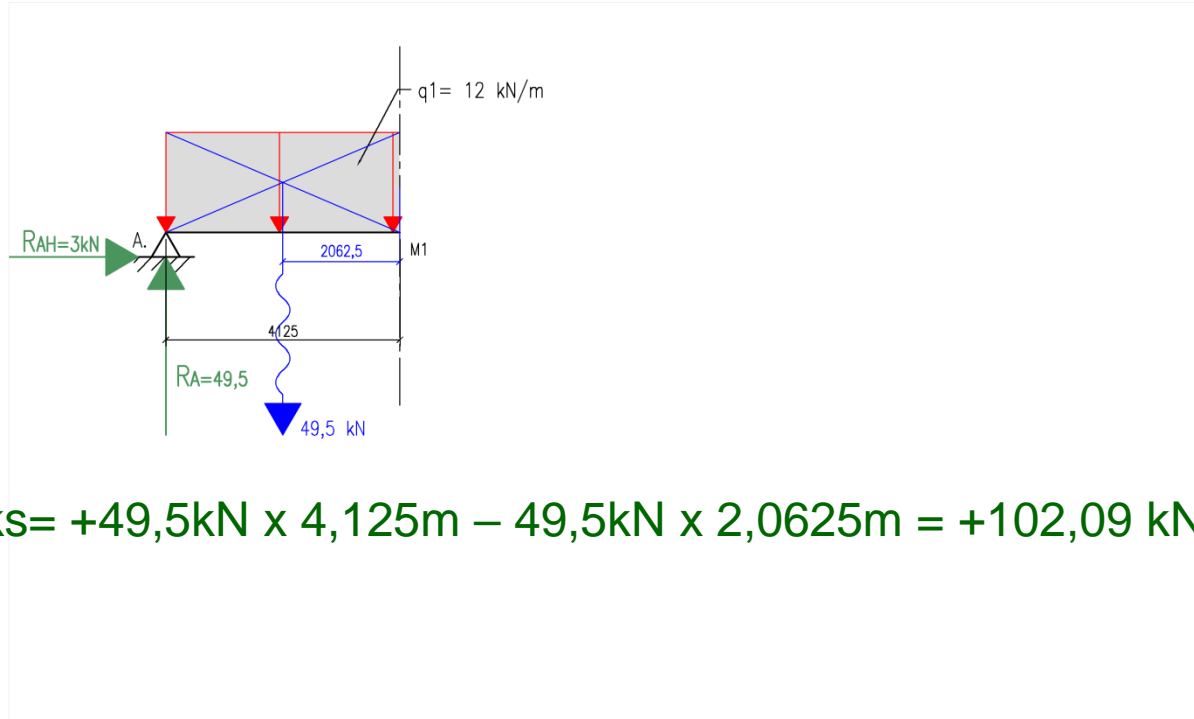
Vervolgens gaan we de resultante van de q-last maatvoeren



STAP 9A

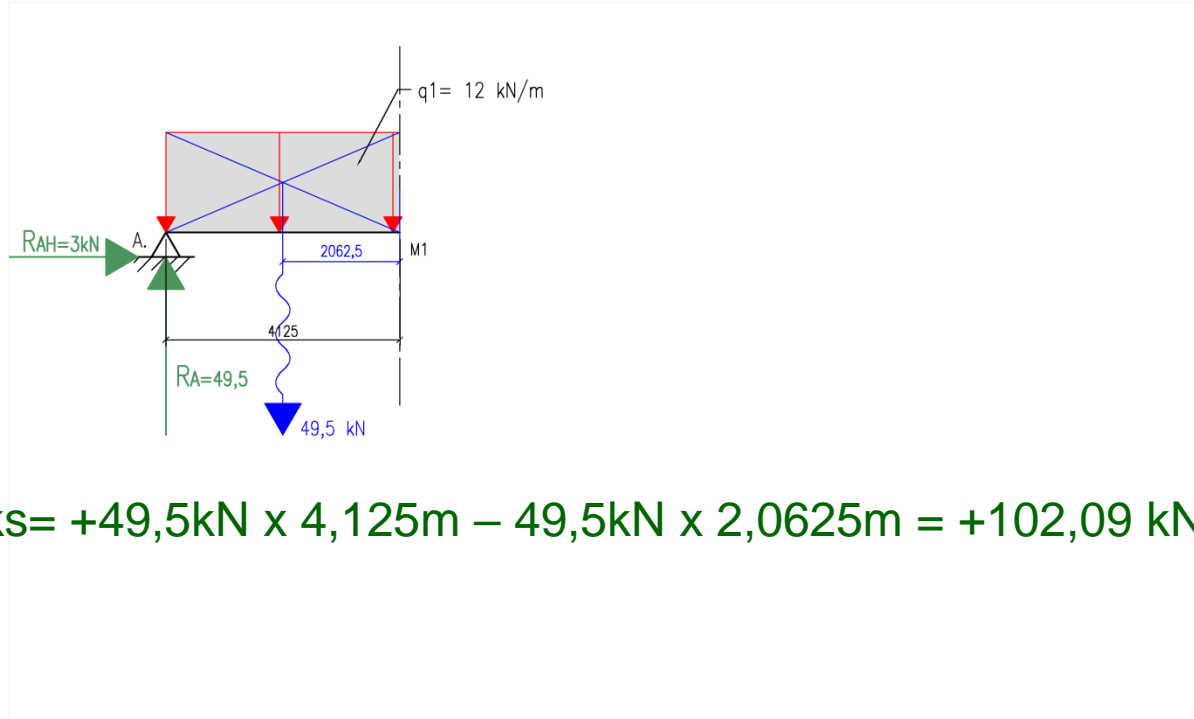
Berekening van het moment op M1

Nu alle gegevens zijn ingevuld kunnen we M1 links berekenen.



STAP 9A

Berekening van het moment op M1



M1links is een positief moment. Ofwel, ten aanzien van M1 draait deze met de klok mee.

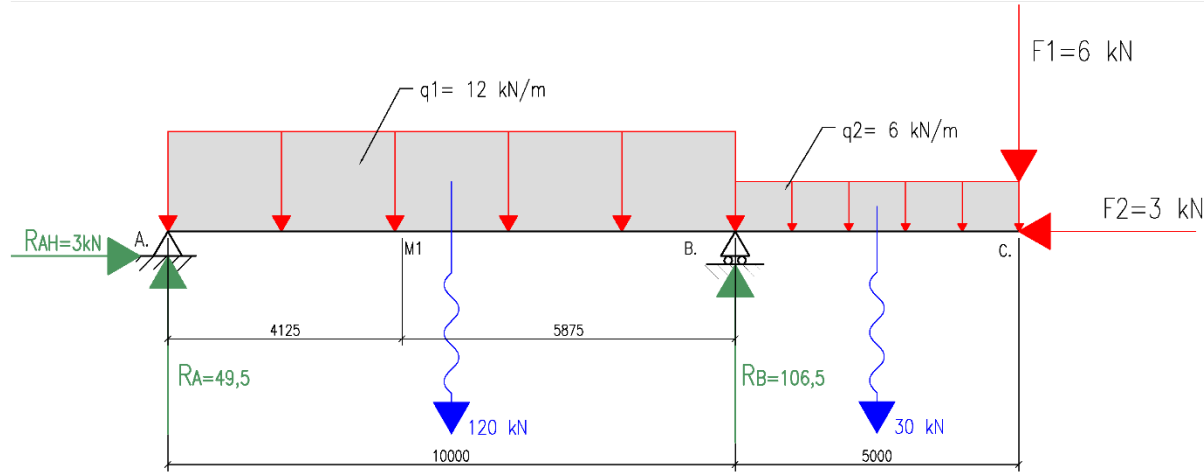
Dat betekent dat er een bolling ontstaat aan de onderzijde van de ligger. Dit noemen we in de les een "Smiley"



STAP 9B

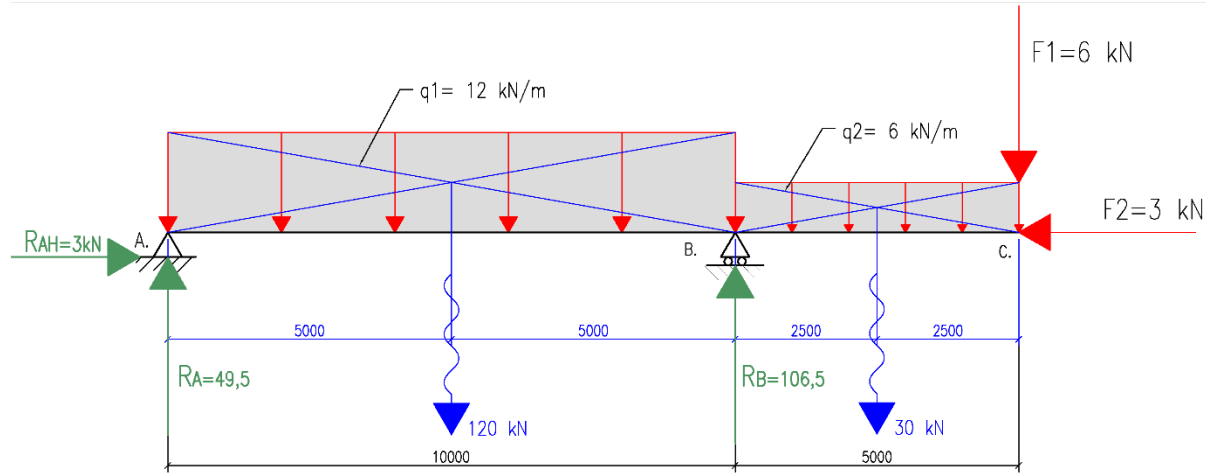
Berekening van het moment op punt B

Voor het berekenen van het moment op punt B kiezen we Brechts. Dat is het gemakkelijkste uit te rekenen.



STAP 9B

Berekening van het moment op punt B

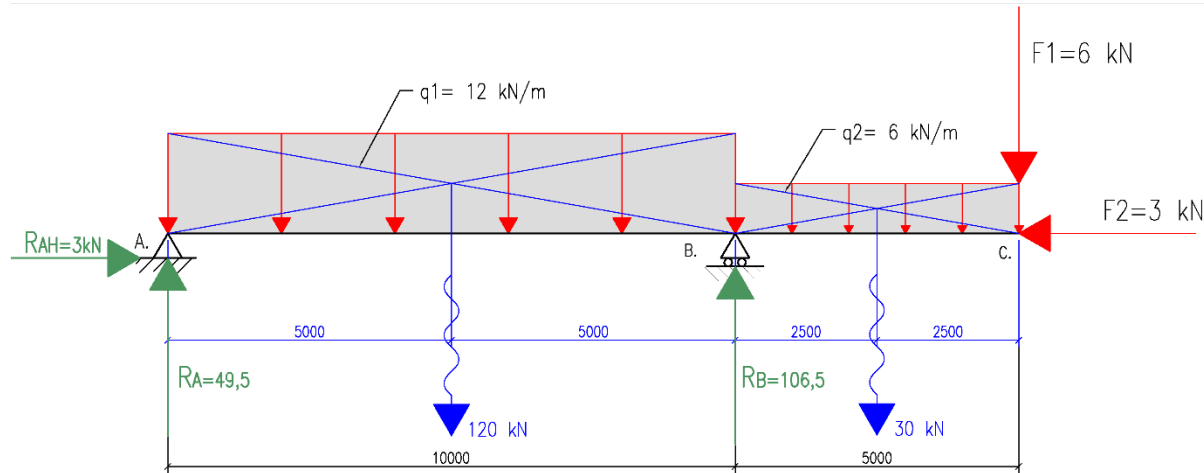


$$M_{\text{Brechts}} = + 30 \text{ kN} \times 2,5 \text{ m} + 6 \text{ kN} \times 5 \text{ m} = +105 \text{ kNm}$$



STAP 9B

Berekening van het moment op punt B



$$M_{\text{Brechts}} = + 30\text{kN} \times 2,5\text{m} + 6\text{ kN} \times 5\text{m} = +105\text{kNm}$$

Het moment M_{Brechts} is positief. Ofwel het gaat met de klok mee. Dit geeft hier een bolling aan de bovenzijde van de ligger.

Dit noemen we in de les een “Grimmey”



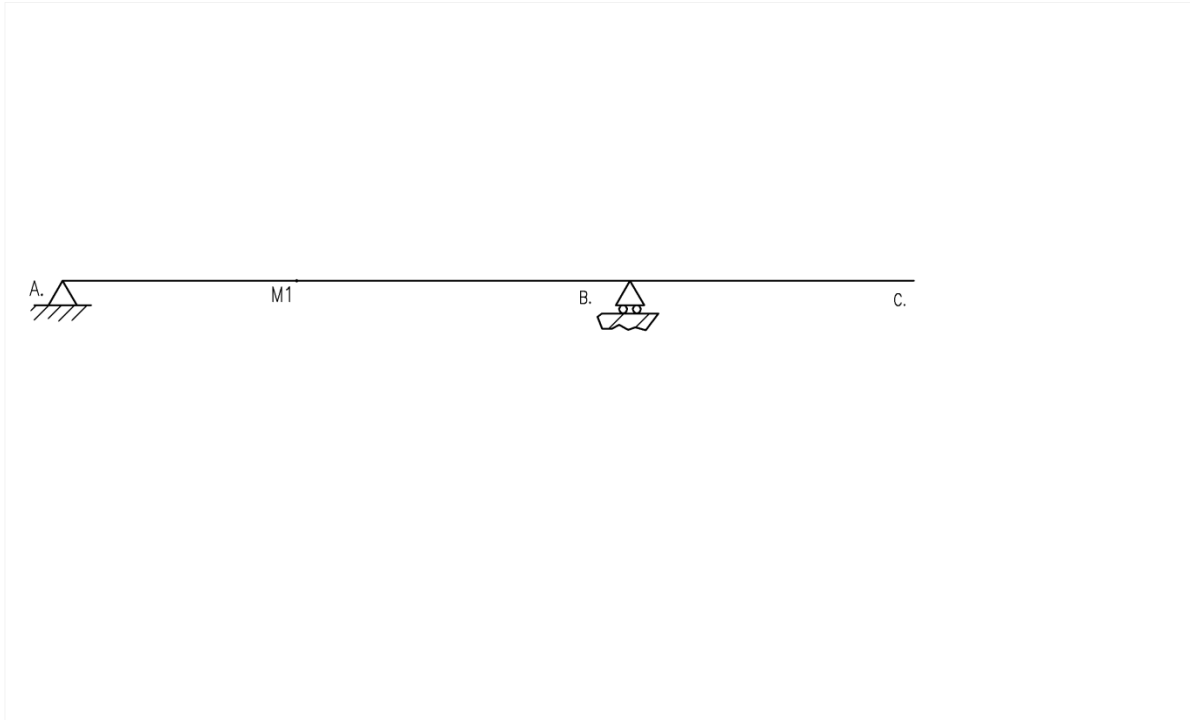
STAP 10 bereken de eventuele overige momenten en teken de momentenlijn

STAP 10

tekenen momentenlijn

Teken eerst de ligger op schaal met de punten A, M1, B en C

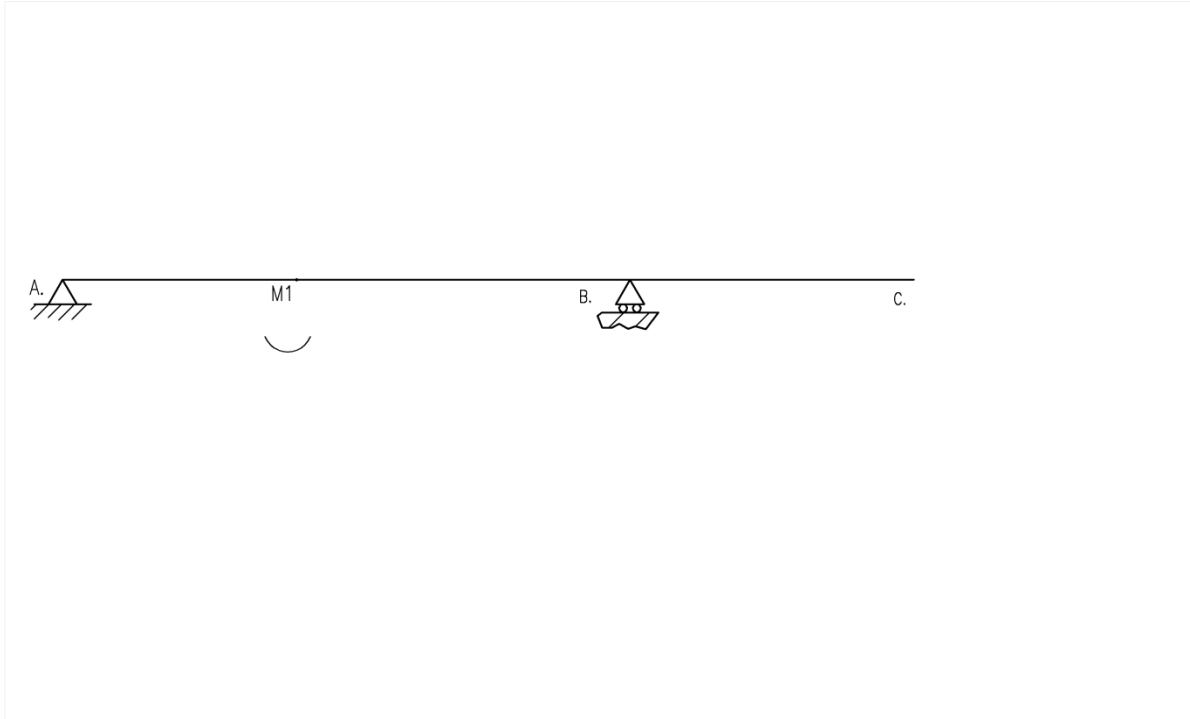
De momenten op punt A en C zijn uiteraard nul!



STAP 10

tekenen momentenlijn

Alle momenten onder de nullijn hebben een bolling aan de onderzijde van de ligger. Wij noemen deze in de les “Smileys”

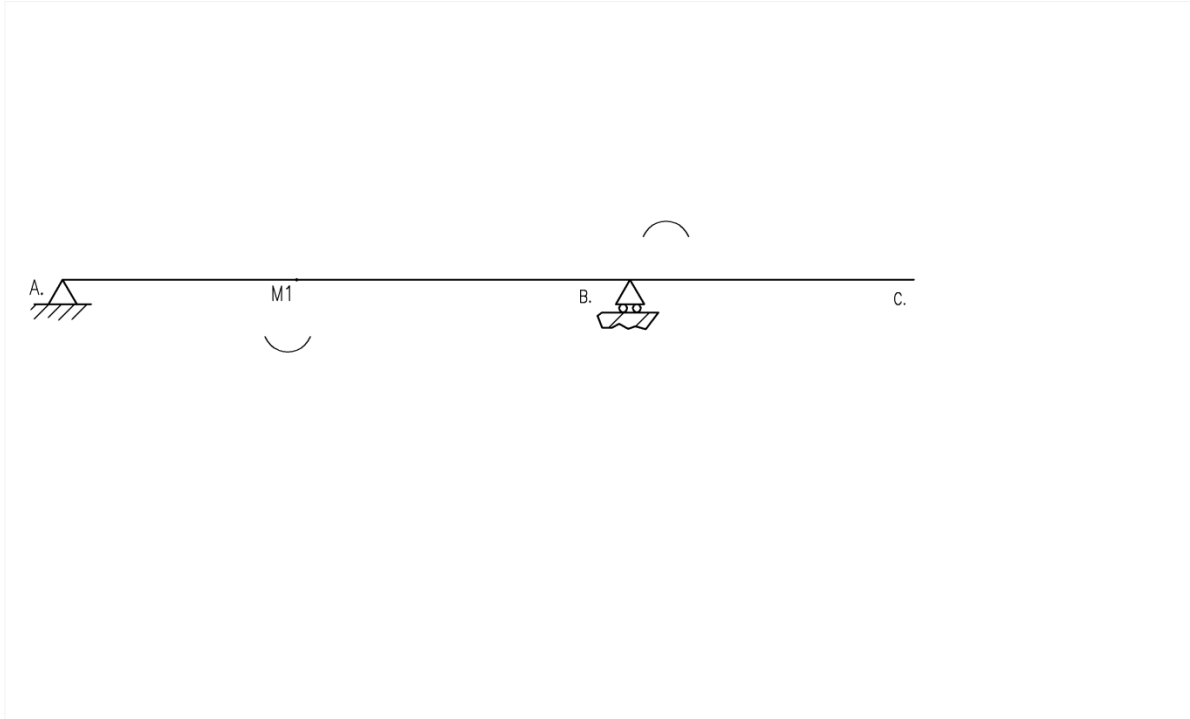


Sterkteleer: liggerberekening met q-lasten met D-, M- en N-lijnen

STAP 10

tekenen momentenlijn

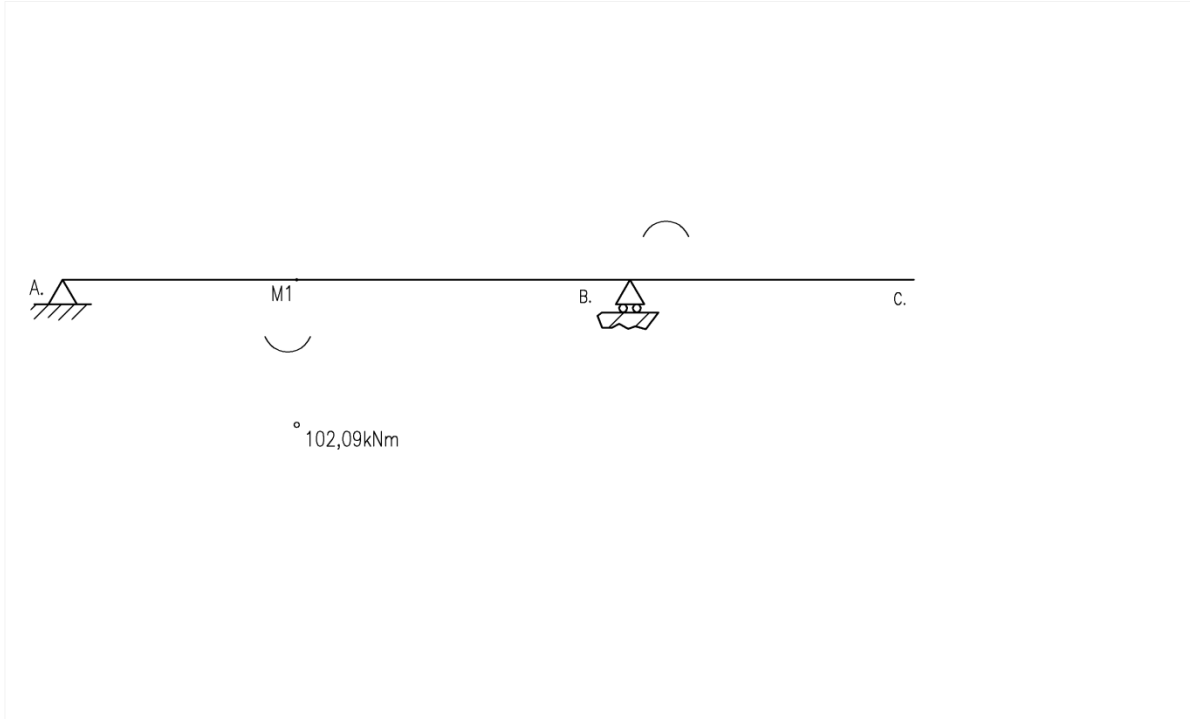
Alle momenten boven de nullijn hebben een bolling aan de bovenzijde van de ligger. Wij noemen deze in de les “Grimmeys”



STAP 10

tekenen momentenlijn

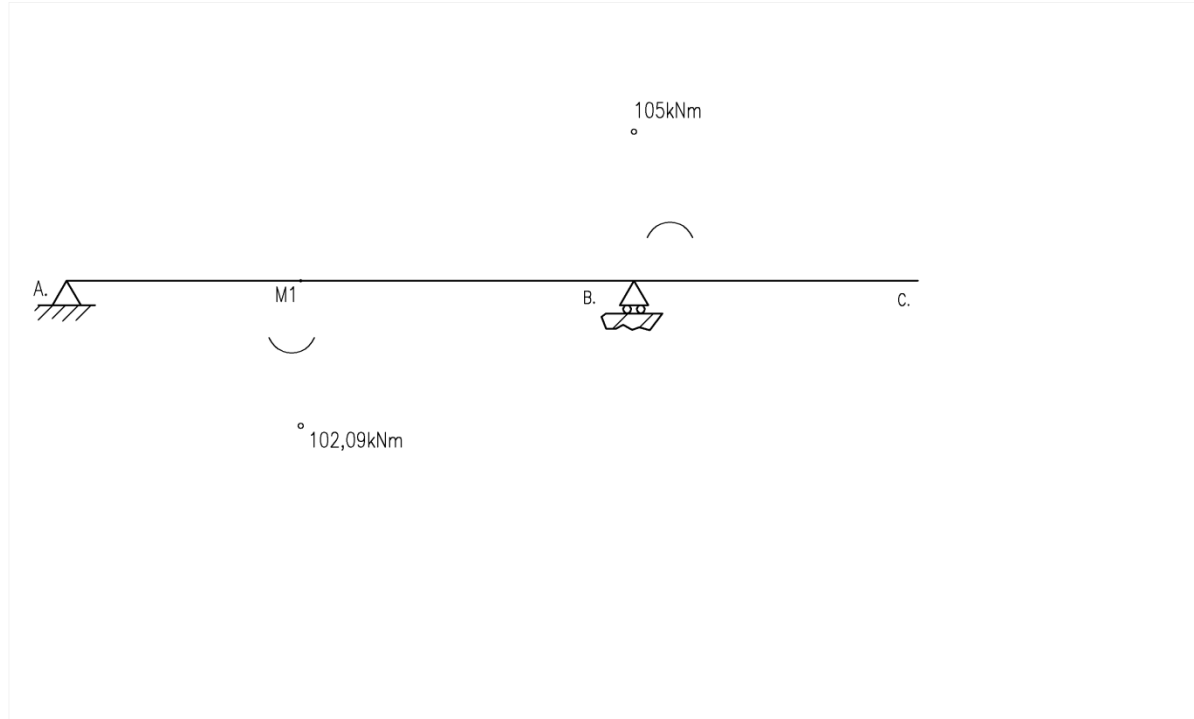
We tekenen op schaal het moment van $M1$. Dit is $102,09 \text{ kNm}$ en is een "smiley" We tekenen hem dus aan de onderzijde van de nullijn.



STAP 10

tekenen momentenlijn

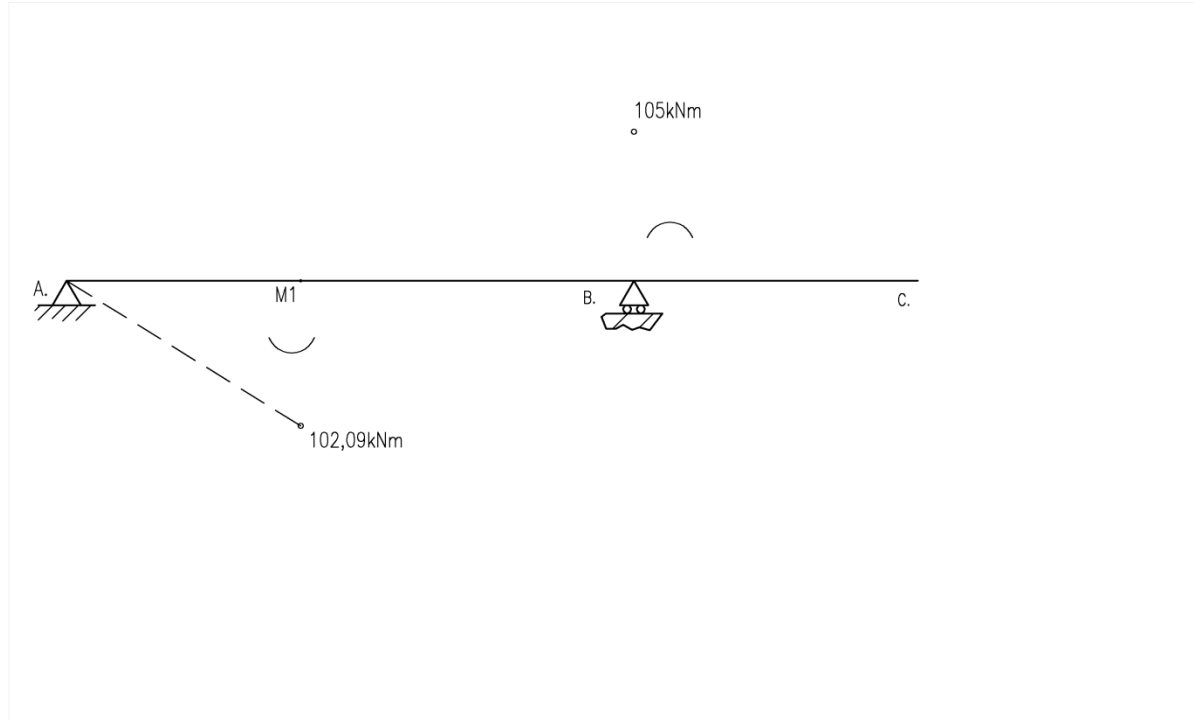
Vervolgens tekenen we op schaal het moment van B. Dit is 105 kN en is een "Grimmey" We tekenen hem dus aan de bovenzijde van de nullijn.



STAP 10

tekenen momentenlijn

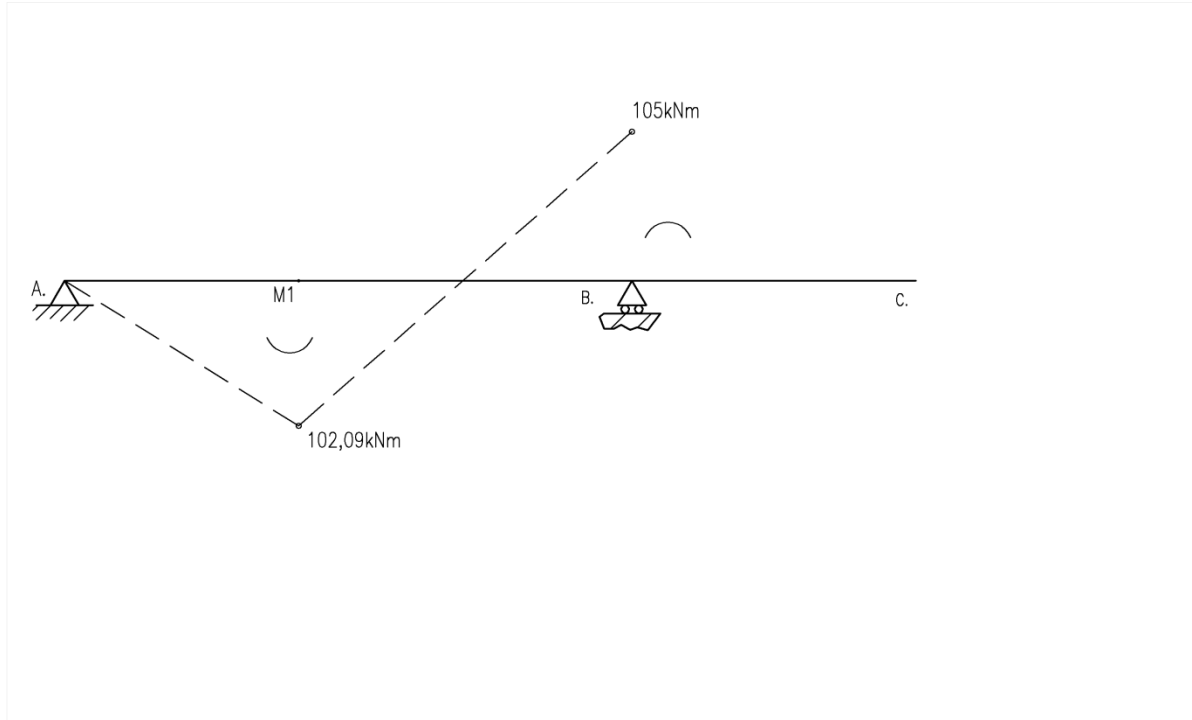
Daarna trekken we
hulplijnen tussen de
bekende momenten



STAP 10

tekenen momentenlijn

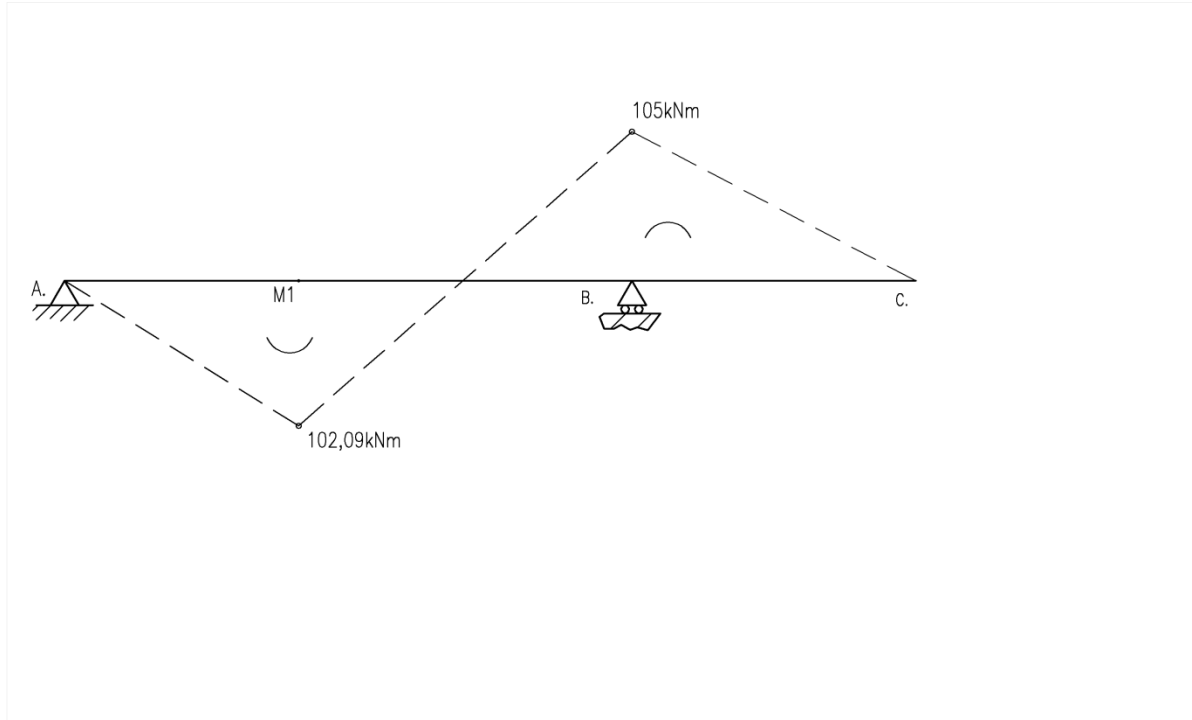
Daarna trekken we
hulplijnen tussen de
bekende momenten



STAP 10

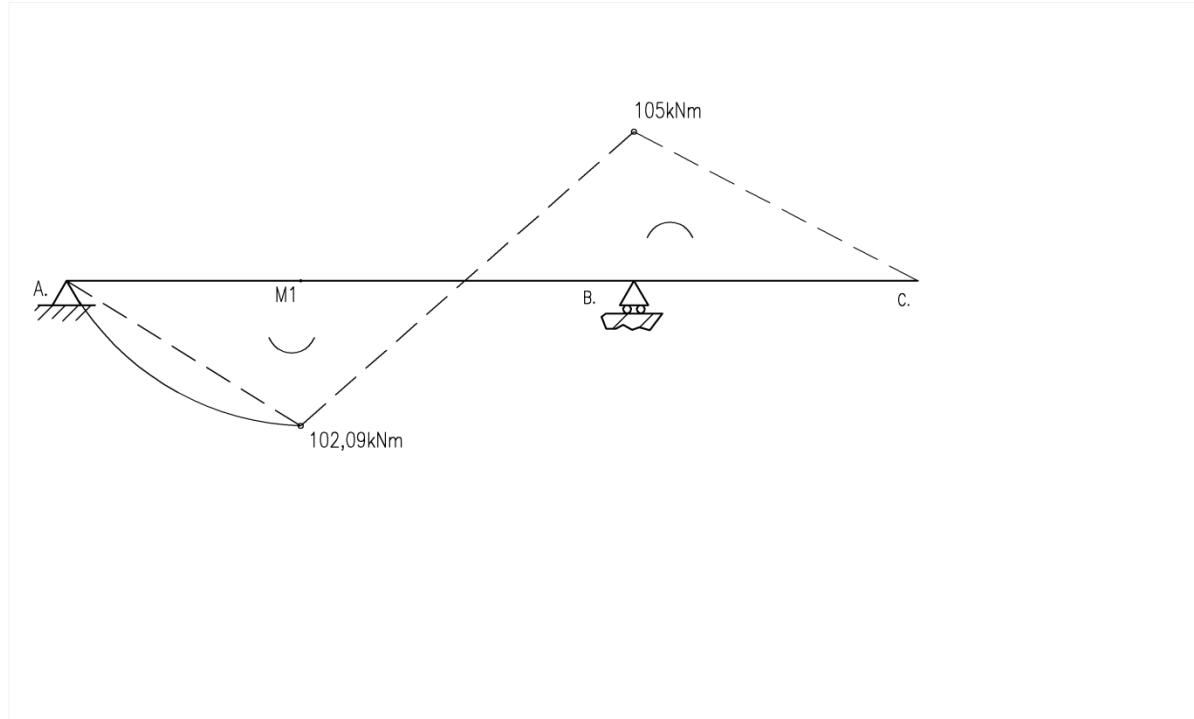
tekenen momentenlijn

Daarna trekken we
hulplijnen tussen de
bekende momenten



STAP 10

tekenen momentenlijn



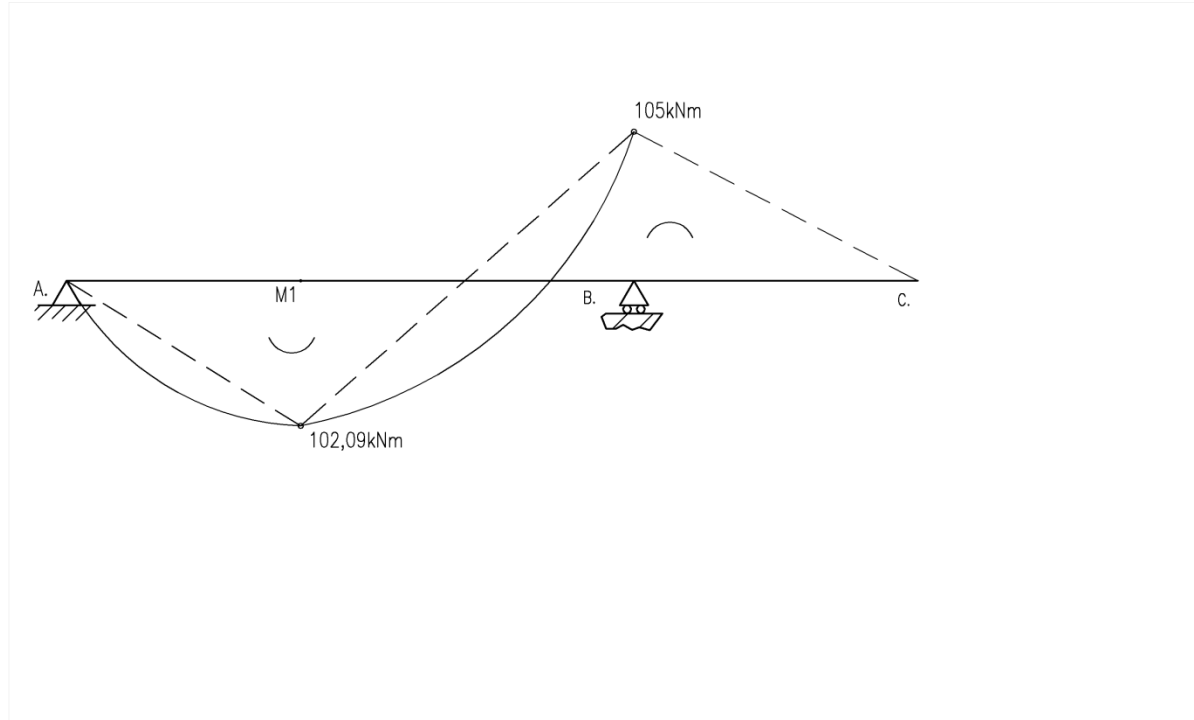
De q -last is omlaag gericht. Dat houdt in dat de momentenlijn een kromming krijgt die doorhangt “omlaag”

Vanuit de hulpijnen trekken we deze “doorhangende” momentenlijnen.

Let op: ze mogen nooit groter worden getekend dan de maximale momenten in M1 en B.

STAP 10

tekenen momentenlijn



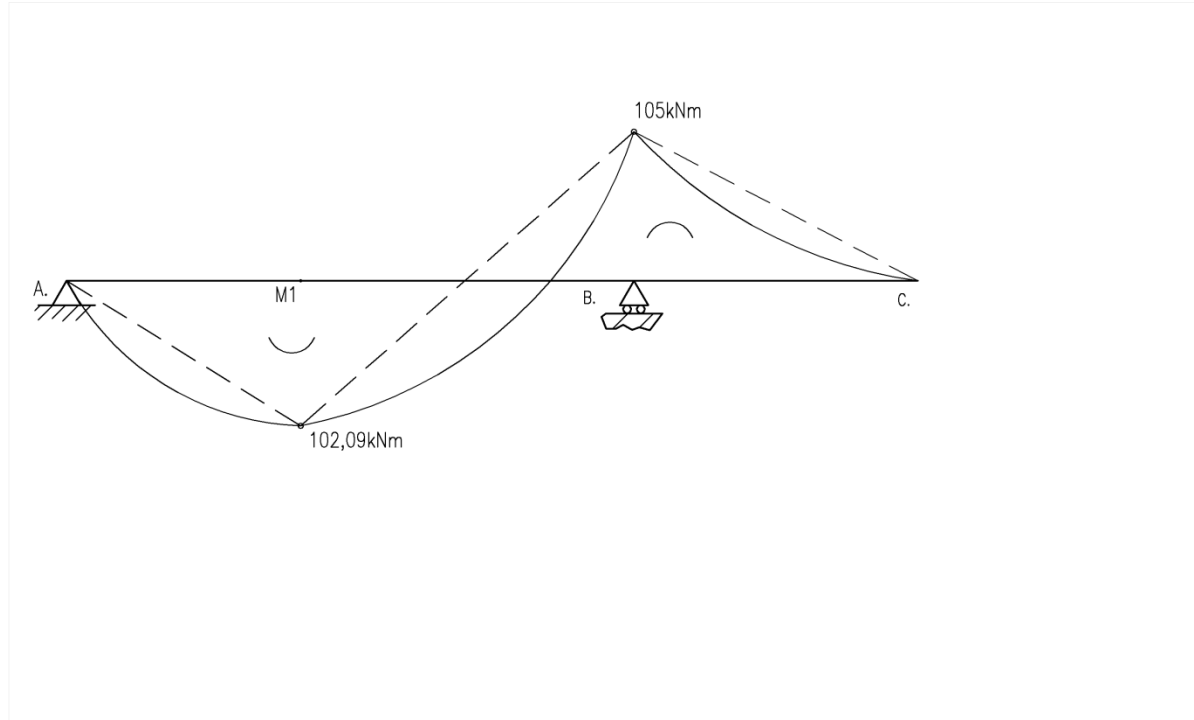
De q -last is omlaag gericht. Dat houdt in dat de momentenlijn een kromming krijgt die doorhangt “omlaag”

Vanuit de hulpijnen trekken we deze “doorhangende” momentenlijnen.

Let op: ze mogen nooit groter worden getekend dan de maximale momenten in M1 en B.

STAP 10

tekenen momentenlijn



De q -last is omlaag gericht. Dat houdt in dat de momentenlijn een kromming krijgt die doorhangt “omlaag”

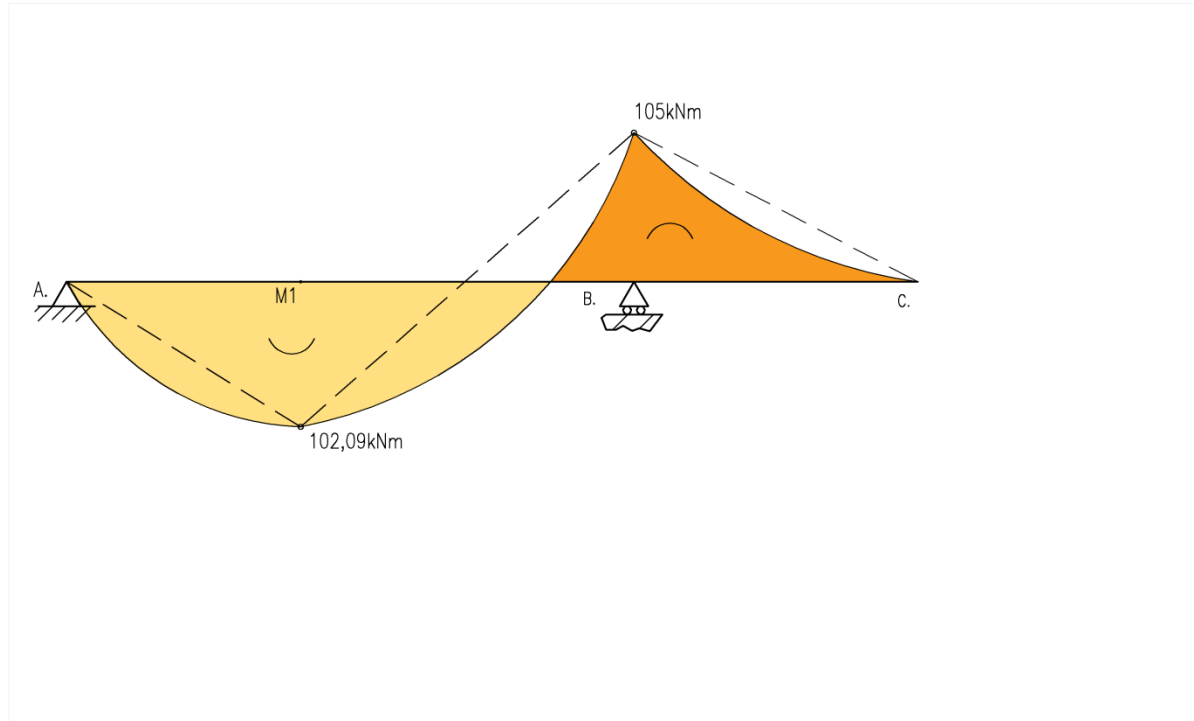
Vanuit de hulpijnen trekken we deze “doorhangende” momentenlijnen.

Let op: ze mogen nooit groter worden getekend dan de maximale momenten in M1 en B.

STAP 10

tekenen momentenlijn

...en klaar is onze
momentenlijn!



Sterkteleer: liggerberekening met q -lasten met D-, M- en N-lijnen

STAP 11 normaalkrachtenlijn

Normaalkrachten zijn krachten, die evenwijdig zijn aan de liggeroverspanning.

Dat kunnen zijn:

Drukkrachten: $\rightarrow| \leftarrow$

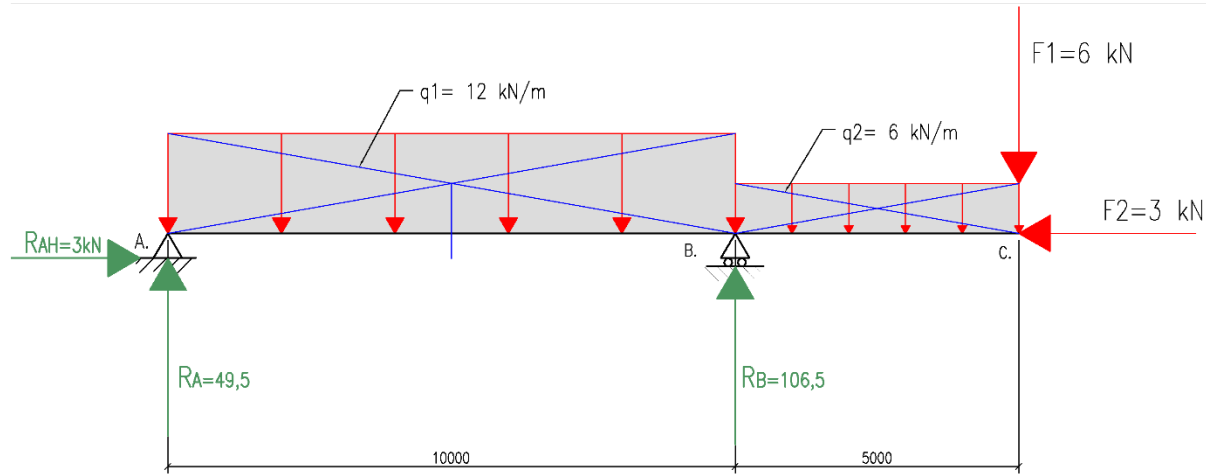
Trekkrachten $\leftarrow| \rightarrow$

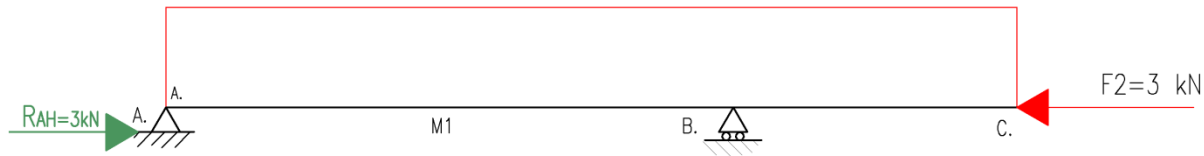
Normaalkrachten worden veroorzaakt door horizontale belastingen op de ligger.

STAP 11

tekenen de
normaalkrachtenlijn

In deze ligger treedt
een normaalkracht op,
veroorzaakt door de
horizontale krachten
F2 en RAH.





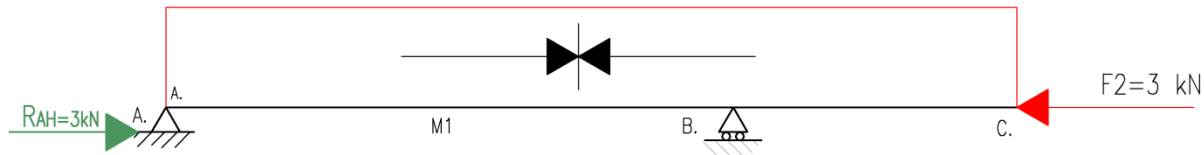
STAP 11

tekenen de
normaalkrachtenlijn

In deze ligger treedt
een normaalkracht op,
veroorzaakt door de
horizontale krachten
 F_2 en RAH .

Beide krachten
drukken op de ligger.

Er is dus sprake van
een drukkracht van
 $3 \text{ kN} \rightarrow | \leftarrow$



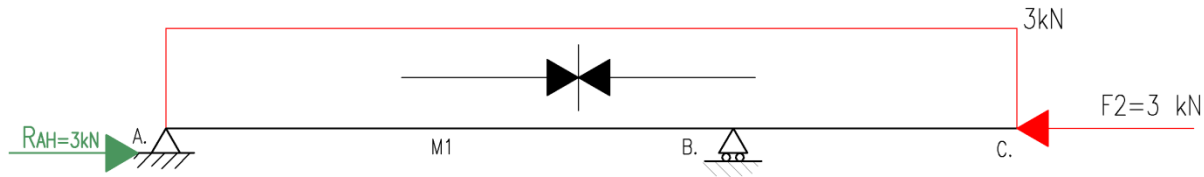
STAP 11

tekenen de
normaalkrachtenlijn

In deze ligger treedt een normaalkracht op, veroorzaakt door de horizontale krachten F_2 en R_{AH} .

Beide krachten drukken op de ligger.

Er is dus sprake van een drukkracht van $3 \text{ kN} \rightarrow | \leftarrow$



STAP 11

tekenen de
normaalkrachtenlijn

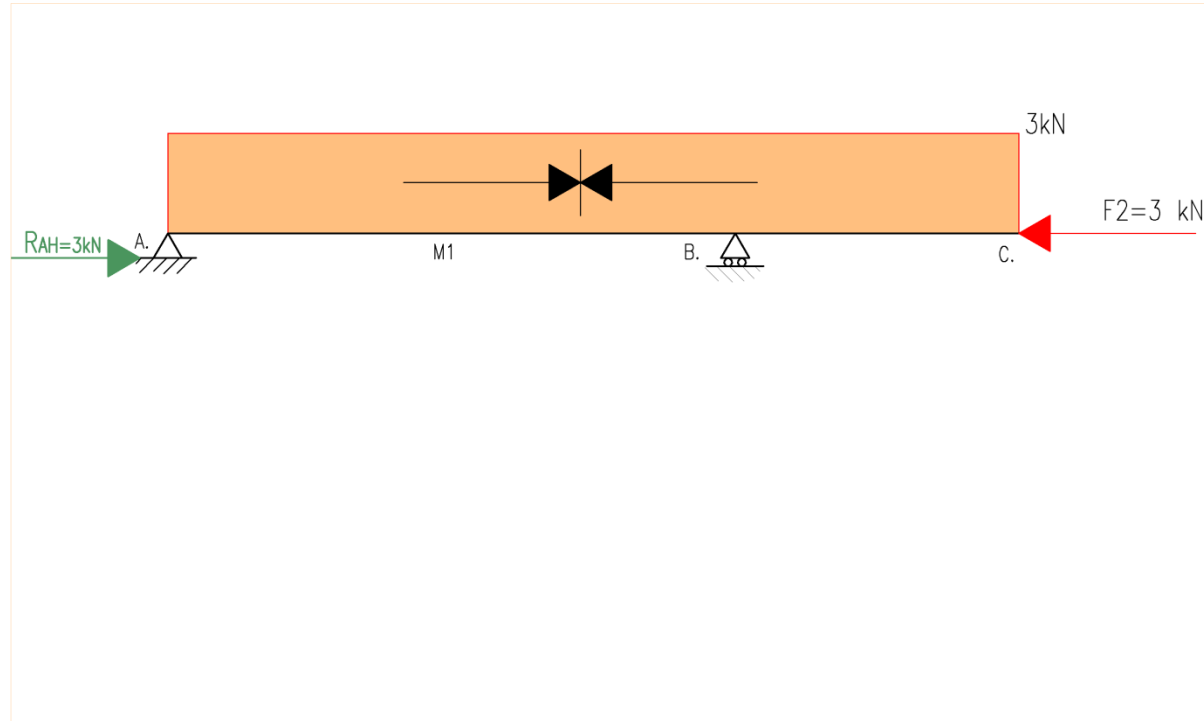
In deze ligger treedt een normaalkracht op, veroorzaakt door de horizontale krachten F_2 en R_{AH} .

Beide krachten drukken op de ligger.

Er is dus sprake van een drukkracht van $3 \text{ kN} \rightarrow | \leftarrow$

STAP 11

tekenen de
normaalkrachtenlijn



In deze ligger treedt een normaalkracht op, veroorzaakt door de horizontale krachten F_2 en R_{AH} .

Beide krachten drukken op de ligger.

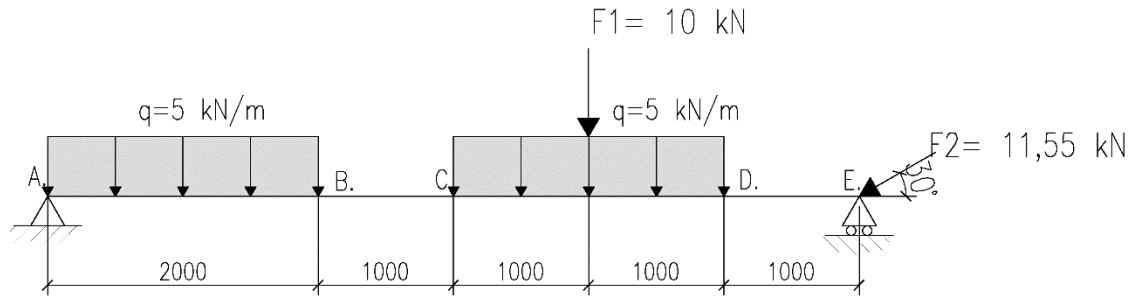
Er is dus sprake van een drukkracht van $3\text{ kN} \rightarrow | \leftarrow$

Einde oefening

Hierna volgt nog een vrijblijvende oefenopdracht voor thuis.



EXTRA VRIJBLIJVENDE OEFENING VOOR THUIS.



Als je zin hebt, dan kan je deze extra oefening maken. Stuur je oplossing met scan&mail naar me toe. Het e-mail adres vind je op de volgende dia.

Ik zal je liggerberekening & -tekening vrijblijvend beoordelen.

Succes!

Einde van de presentatie

Heb je opmerkingen of vragen?
Je kan me op het onderstaand
E-mailadres bereiken.

arie van kuijk
architect & docent bouwkunde

a.v.kuijk@gmail.com