

# SPOLER (DC)

- Princippet (magnetiske felter)
- Induktion og selvinduktion
- Induktans (selvinduktionskoefficient)



**KELD DÝRMOSE**



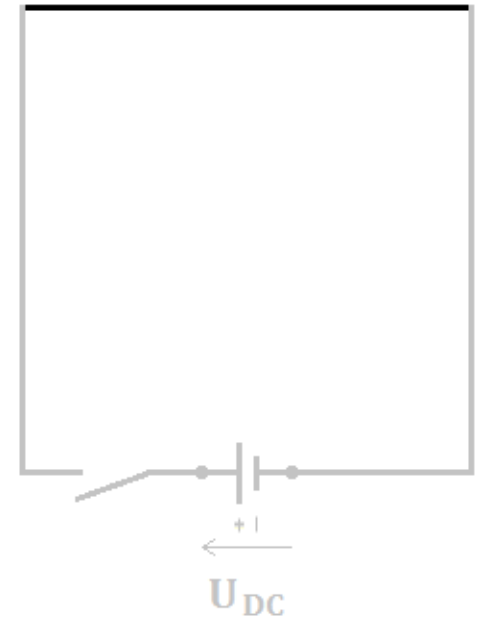
**AAMS**

Aarhus Maskinmesterskole  
Aarhus School of Marine and Technical Engineering

# DC spolen

## Princippet

Hvis vi betragter kredsskemaet her til højre, og fokuserer på delen med sort stregfarve, så kunne vi antage at der i kredsen vil løbe en strøm af en passende stationær (I ændrer sig ikke) størrelse, når vi slutter kontakten.

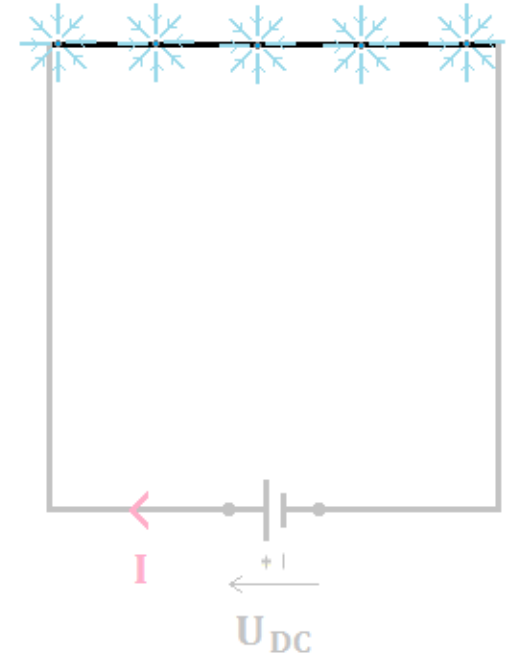


# DC spolen

## Princippet

Hvis vi betragter kredsskemaet her til højre, og fokuserer på delen med sort stregfarve, så kunne vi antage at der i kredsen vil løbe en strøm af en passende stationær ( $I$  ændrer sig ikke) størrelse, når vi slutter kontakten.

Når der løber en strøm i et kredsløb, må det elektriske felt i ethvert punkt i rummet omkring lederen hele tiden ændre sig.

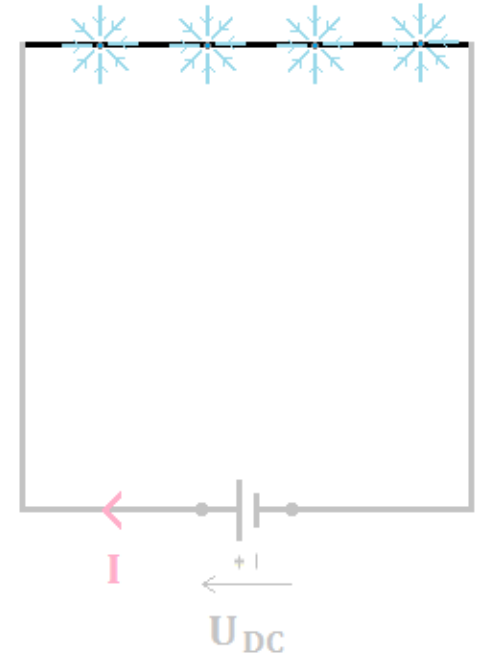


# DC spolen

## Princippet

Hvis vi betragter kredsskemaet her til højre, og fokuserer på delen med sort stregfarve, så kunne vi antage at der i kredsen vil løbe en strøm af en passende stationær (I ændrer sig ikke) størrelse, når vi slutter kontakten.

Når der løber en strøm i et kredsløb, må det elektriske felt i ethvert punkt i rummet omkring lederen hele tiden ændre sig.

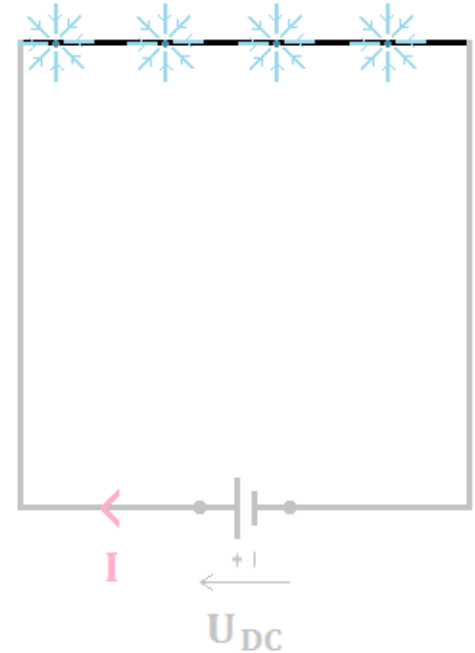


# DC spolen

## Princippet

Hvis vi betragter kredsskemaet her til højre, og fokuserer på delen med sort stregfarve, så kunne vi antage at der i kredsen vil løbe en strøm af en passende stationær (I ændrer sig ikke) størrelse, når vi slutter kontakten.

Når der løber en strøm i et kredsløb, må det elektriske felt i ethvert punkt i rummet omkring lederen hele tiden ændre sig.



# DC spolen

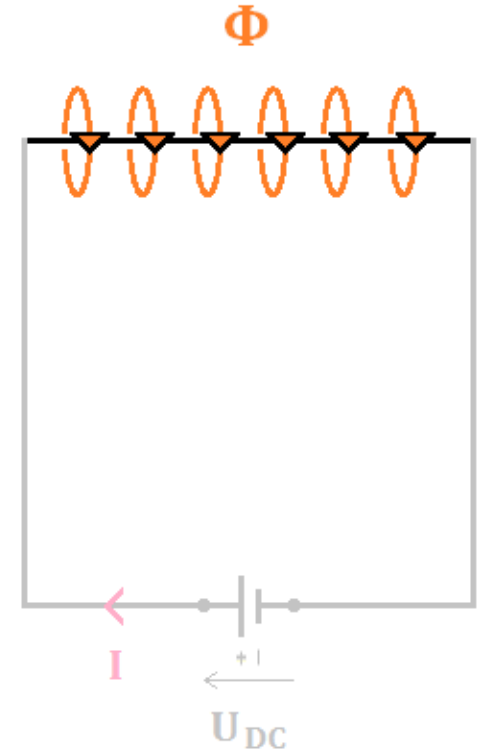
## Princippet

Hvis vi betragter kredsskemaet her til højre, og fokuserer på delen med sort stregfarve, så kunne vi antage at der i kredsen vil løbe en strøm af en passende stationær (I ændrer sig ikke) størrelse, når vi slutter kontakten.

Når der løber en strøm i et kredsløb, må det elektriske felt i ethvert punkt i rummet omkring lederen hele tiden ændre sig.

Og når det elektriske felt ændrer sig – svarende til at der løber en strøm i lederen – så opstår der et magnetisk felt omkring lederen.

Stort phi er symbol for magnetisk flux (felt)

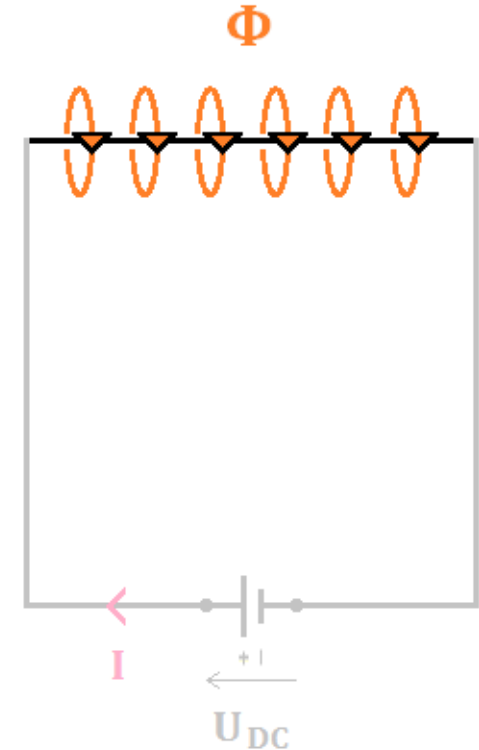


# DC spolen

## Princippet

Dette felt har en retning som vist, hvilket kan huskes vha. af ”proptrækkerreglen”. Forestil dig at du skruer en proptrækker ind i lederen i strømmens retning, og feltet vil da have retningen du drejer/rotere proptrækkeren i.

Stort phi er symbol for magnetisk flux (felt)



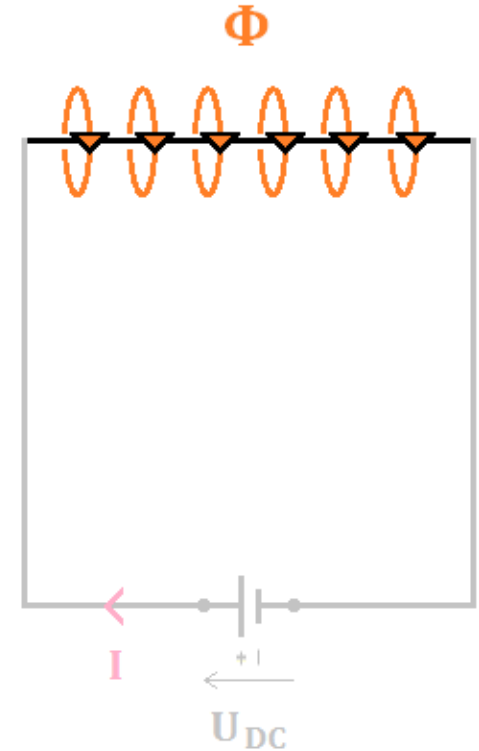
# DC spolen

## Princippet

Dette felt har en retning som vist, hvilket kan huskes vha. af "proptrækkerreglen". Forestil dig at du skruer en proptrækker ind i lederen i strømmens retning, og feltet vil da have retning du drejer/rottere proptrækkeren i.

Hvis strømmen i kredsen stiger, stiger feltet tilsvarende (og omvendt).

Stort phi er symbol for magnetisk flux (felt)

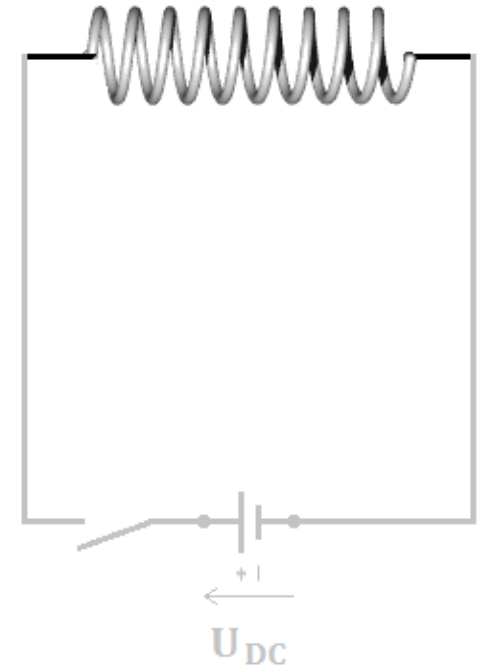




# DC spolen

## Princippet

Hvis vi nu vikledede en del af dette lederstykke op som vist her til højre, så har man en spole.

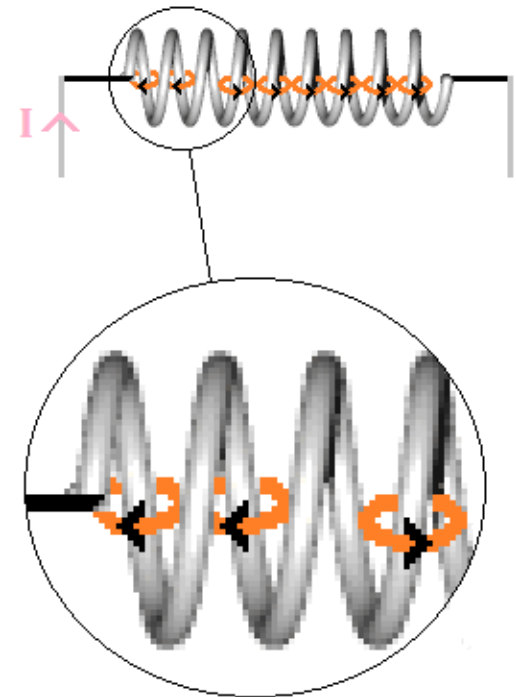


# DC spolen

## Princippet

Hvis vi nu vikledede en del af dette lederstykke op som vist her til højre, så har man en spole.

Det magnetiske felt dannes omkring alle strømførende ledere, og altså også omkring hver enkelt vikling i det lederstykker vi har viklet til en spole.



# DC spolen

## Princippet

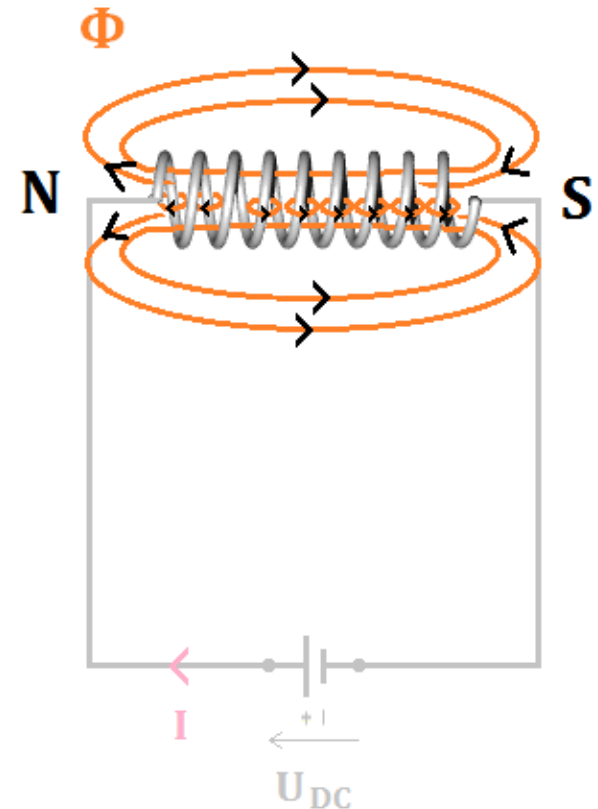
Hvis vi nu vikledede en del af dette lederstykke op som vist her til højre, så har man en spole.

Det magnetiske felt dannes omkring alle strømførende ledere, og altså også omkring hver enkelt vikling i det lederstykker vi har viklet til en spole.

Alt efter hvordan spolen er udført, vil disse magnetfelter samle sig i et eller andet omfang, og danne fælles felt for spolen som helhed – man skal lægge mærke til, at feltretningen inde i spolen for alle dele af lederstykket er den samme!

(gælder også udenfor spolen – blot modsat retning)

Dette felt er vedtaget til at have en retning fra nord til syd (feltlinjer skal betragtes som ubrudte!)

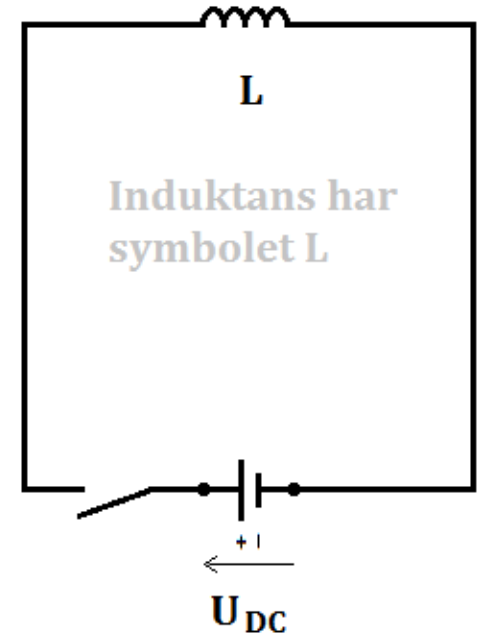


# DC spolen

## Kredsskema og ækvivalent skema

### Kredsskema

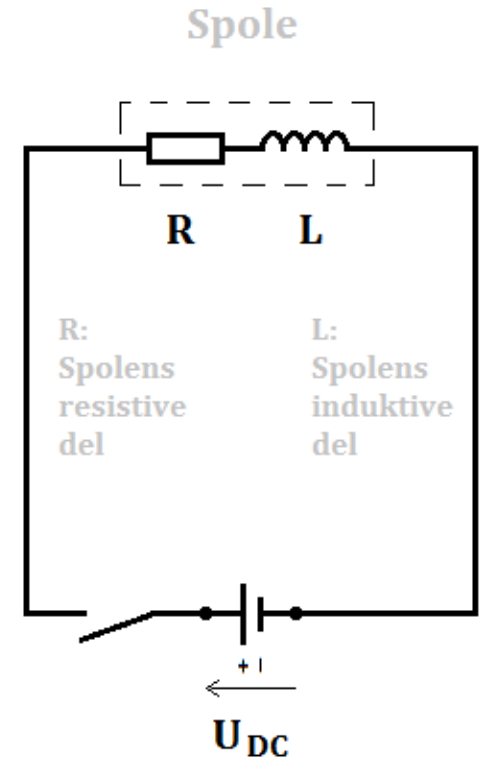
Spolens symbol  
i et kredsskema



# DC spolen

## Kredsskema og ækvivalent skema

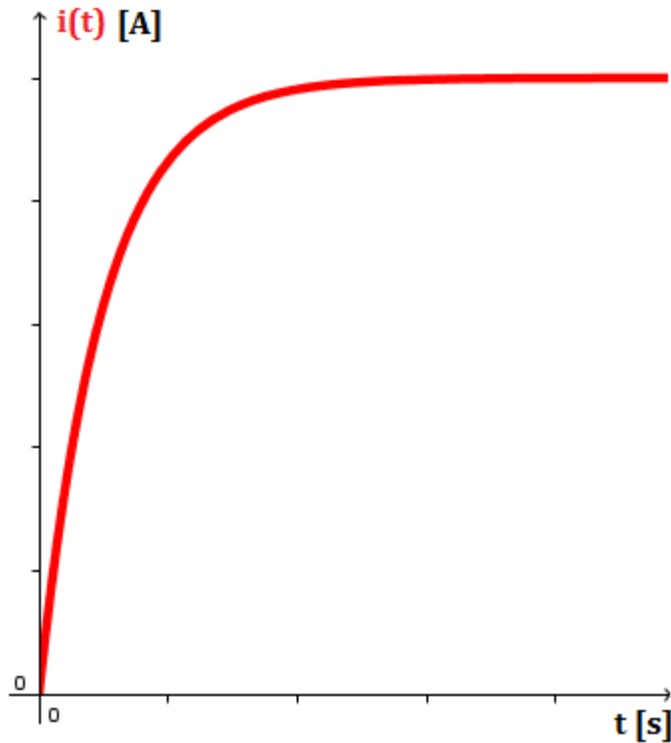
### Ækvivalent skema



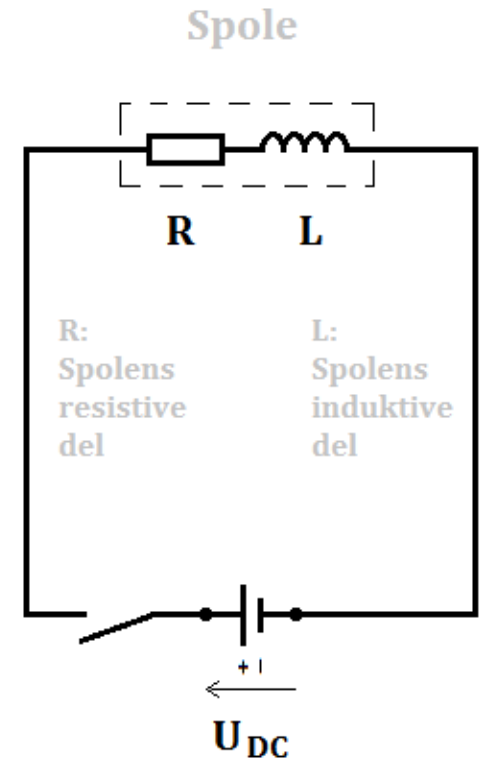
# DC spolen

## Indledning til induktionsbegreberne

Hvis vi nu sluttede kontakten i kredsen, kunne vi forvente at se et strømforløb omtrent som dette:



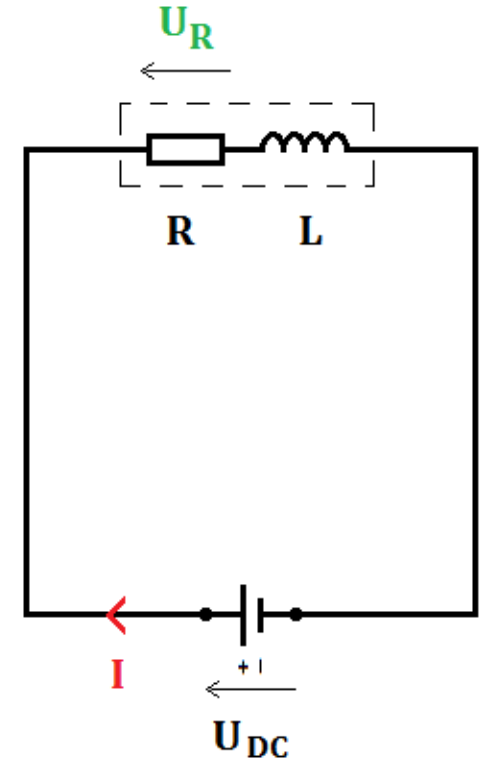
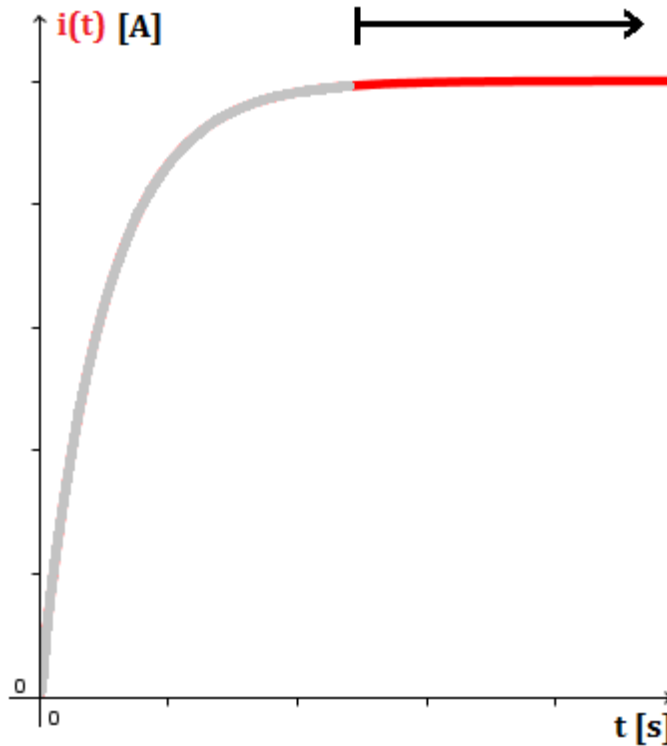
## Ækvivalent skema



# DC spolen

## Indledning til induktionsbegreberne

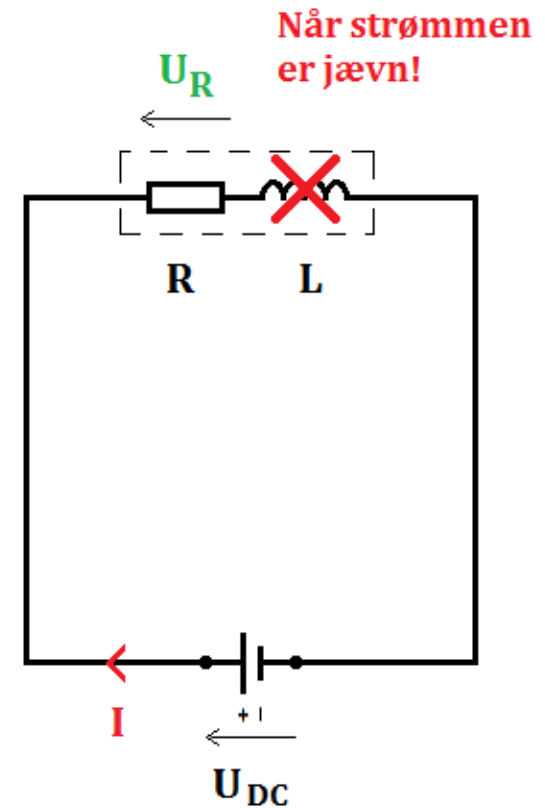
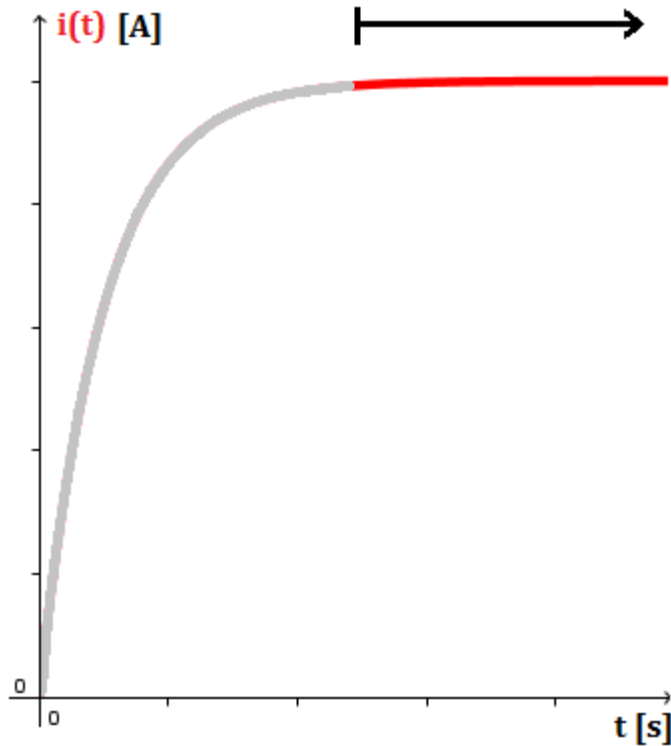
Hvis vi starter bagfra, og ser på kredsen når strømmen er blevet jævn, så vil hele spændingen ligge over resistiv del:



# DC spolen

## Indledning til induktionsbegreberne

Det skyldes at en induktans kun har indflydelse noget når strømmen ændrer sig – derfor kan vi her se bort fra  $L$ !

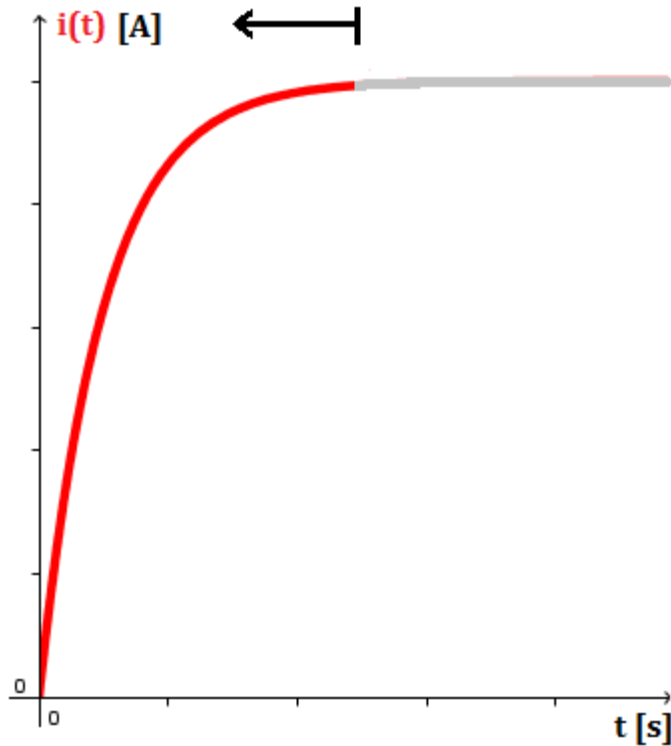




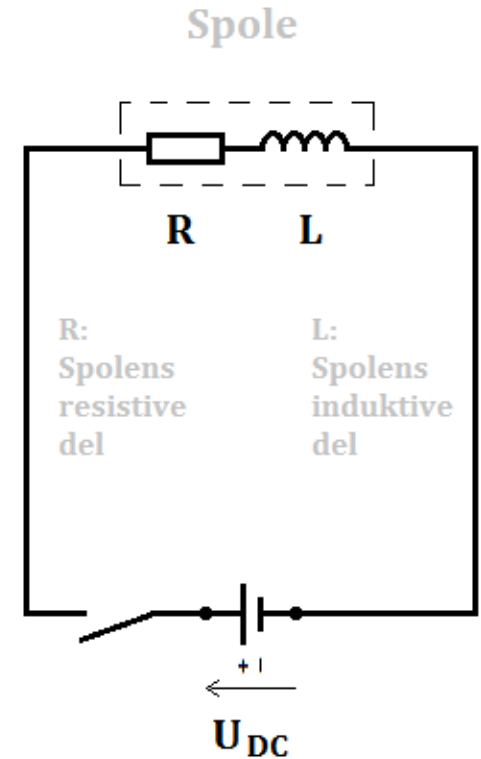
# DC spolen

## Induktion og selvinduktion

Lad os nu se nærmere på startforløbet, og begreberne Induktion og selvinduktion.



## Ækvivalent skema

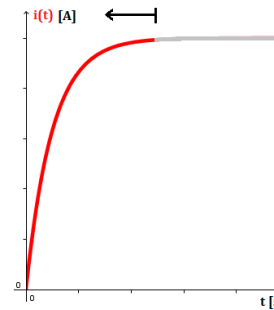
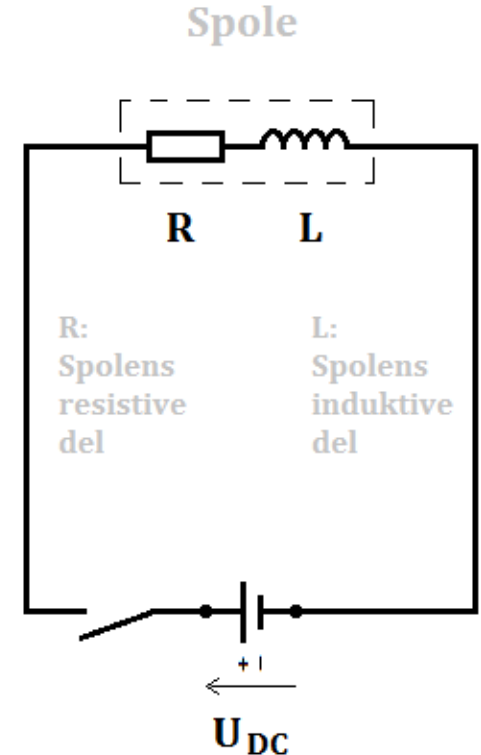


# DC spolen

## Induktion og selvinduktion

Når en leder (spole) udsættes for et varierende magnetfelt, induceres der i lederen en elektromotorisk kraft, med en retning der forsøger at modvirke feltændringen.

### Ækvivalent skema



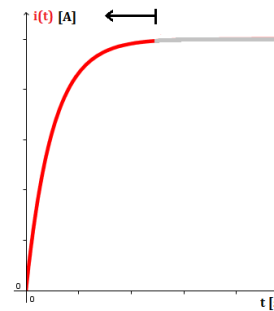
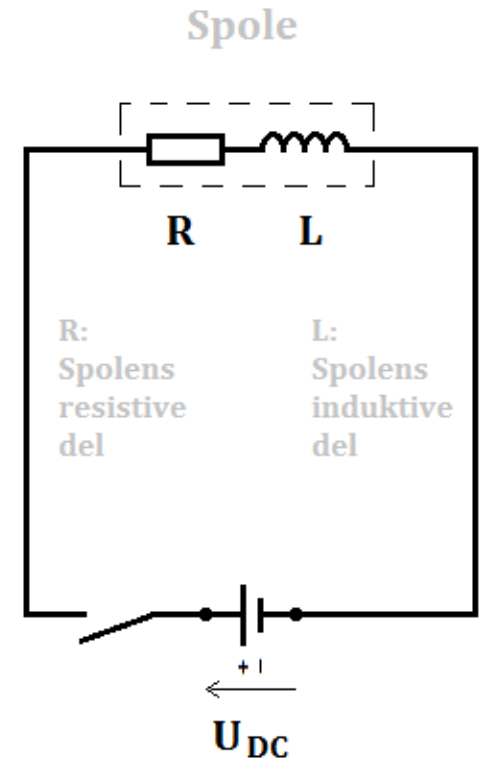
# DC spolen

## Induktion og selvinduktion

Når en leder (spole) udsættes for et varierende magnetfelt, induceres der i lederen en elektromotorisk kraft, med en retning der forsøger at modvirke feltændringen.

Hvis det varierende magnetfelt skyldes noget for kredsen udefrakommende, kaldes fænomenet **induktion**.

### Ækvivalent skema



# DC spolen

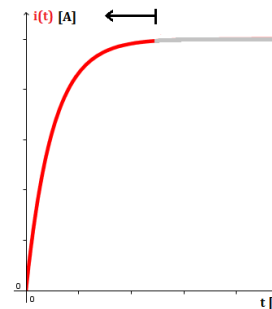
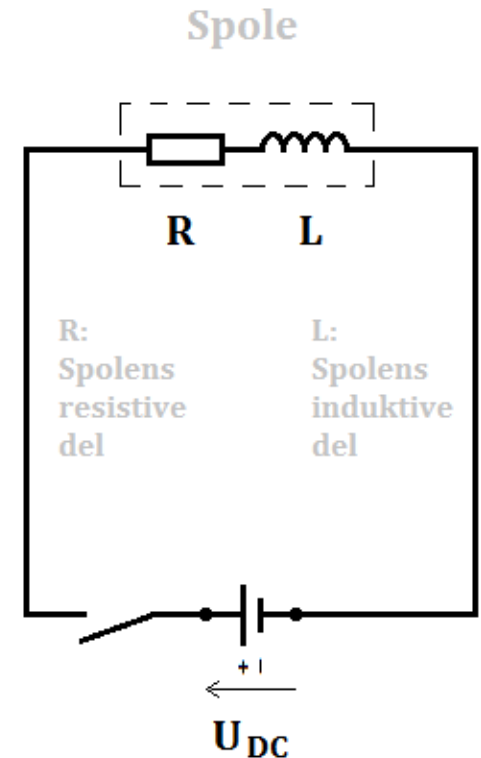
## Induktion og selvinduktion

Når en leder (spole) udsættes for et varierende magnetfelt, induceres der i lederen en elektromotorisk kraft, med en retning der forsøger at modvirke feltændringen.

Hvis det varierende magnetfelt skyldes noget for kredsen udefrakommende, kaldes fænomenet **induktion**.

Og hvis det varierende magnetfelt skyldes at strømmen i kredsen selv ændrer sig, kaldes fænomenet **selvinduktion**.

### Ækvivalent skema



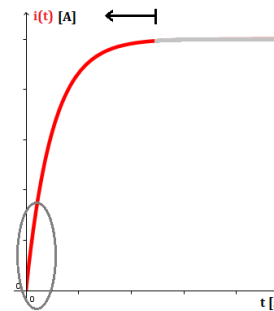
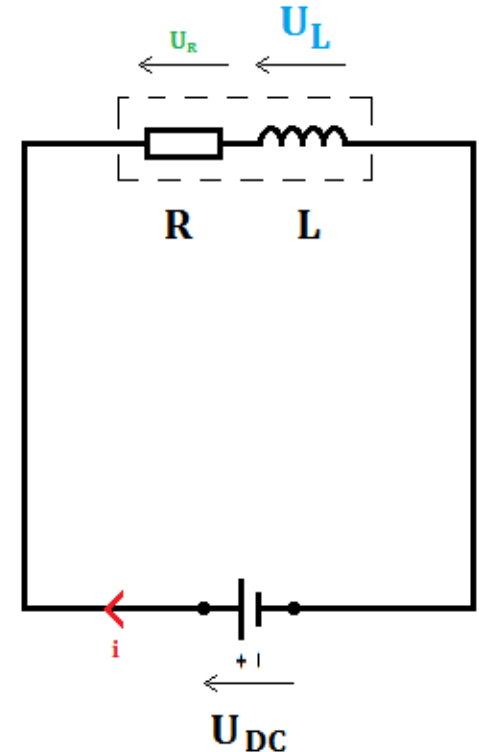
# DC spolen

## Selvinduktion

Når en leder (spole) udsættes for et varierende magnetfelt, induceres der i lederen en elektromotorisk kraft, med en retning der forsøger at modvirke feltændringen.

Hvis strømmen og dermed feltet, som i vores tilfælde, er stigende, vil der altså induceres en elektromotorisk kraft ( $\mathcal{E}$ ) i spolen, som forsøger at bremse strømmen stigning.

I starten vil næsten hele spændingen ligge over L



# DC spolen

## Selvinduktion

Når en leder (spole) udsættes for et varierende magnetfelt, induceres der i lederen en elektromotorisk kraft, med en retning der forsøger at modvirke feltændringen.

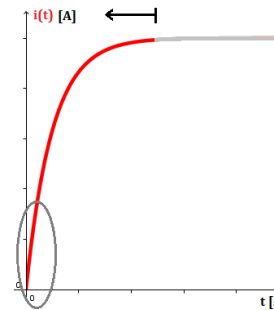
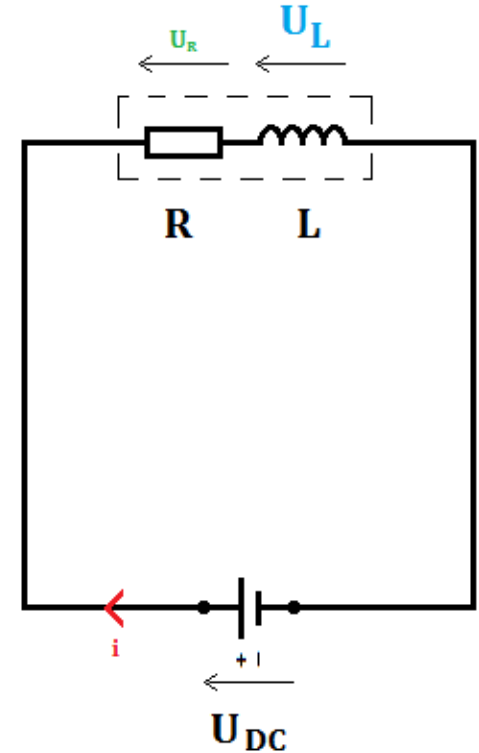
Hvis strømmen og dermed feltet, som i vores tilfælde, er stigende, vil der altså induceres en elektromotorisk kraft ( $e$ ) i spolen, som forsøger at bremse strømmen stigning.

Sammenhængen beskrives ved **Lenz' lov**:

$$e_s = - \frac{d\Phi}{dt} \cdot N \quad (N \text{ er spolens vindingstal})$$

(her vist som selvinduktion)

I starten vil næsten hele spændingen ligge over L



# DC spolen

## Selvinduktion

Når en leder (spole) udsættes for et varierende magnetfelt, induceres der i lederen en elektromotorisk kraft, med en retning der forsøger at modvirke feltændringen.

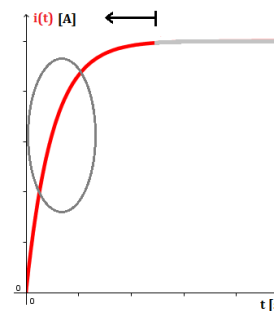
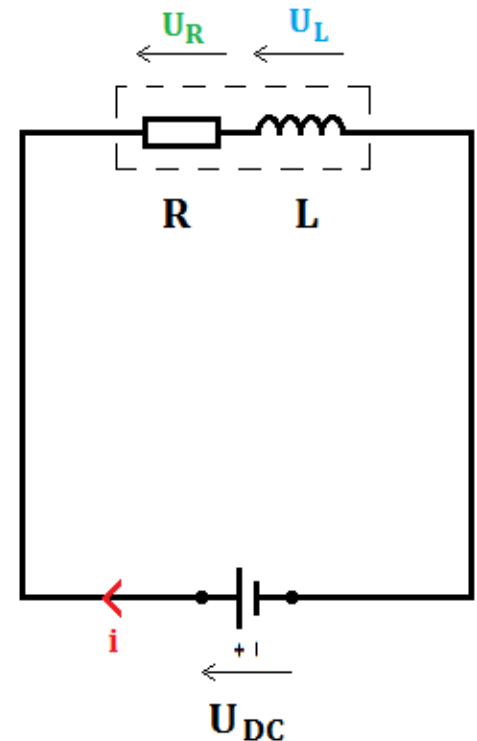
Hvis strømmen og dermed feltet, som i vores tilfælde, er stigende, vil der altså induceres en elektromotorisk kraft ( $e$ ) i spolen, som forsøger at bremse strømmen stigning.

Sammenhængen beskrives ved **Lenz' lov**:

$$e_s = - \frac{d\Phi}{dt} \cdot N$$

Efterhånden som strømmen stiger, falder hældningen på kurven, og dermed falder spændingen over spolen.

Spændingen over L falder, og dermed stiger strøm og spændingen over R



# DC spolen

## Selvinduktion

Når en leder (spole) udsættes for et varierende magnetfelt, induceres der i lederen en elektromotorisk kraft, med en retning der forsøger at modvirke feltændringen.

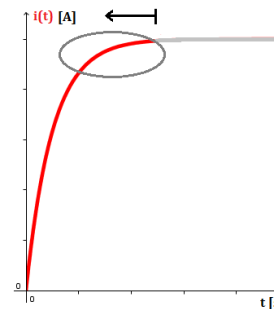
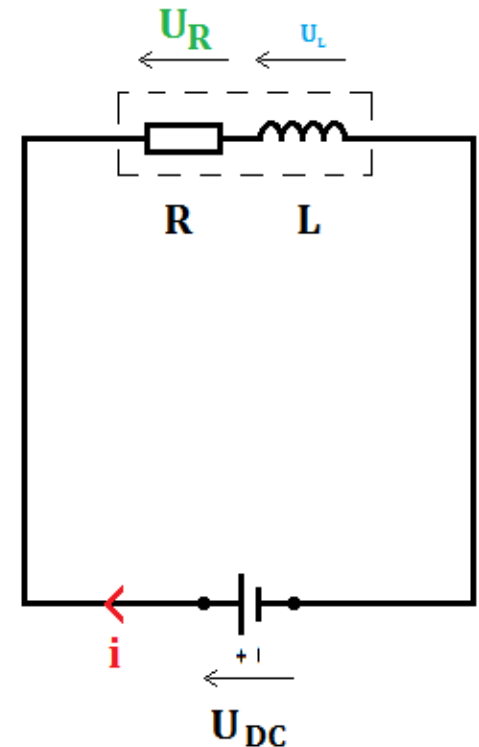
Hvis strømmen og dermed feltet, som i vores tilfælde, er stigende, vil der altså induceres en elektromotorisk kraft ( $e$ ) i spolen, som forsøger at bremse strømmen stigning.

Sammenhængen beskrives ved **Lenz' lov**:

$$e_s = - \frac{d\Phi}{dt} \cdot N$$

Efterhånden som strømmen stiger, falder hældningen på kurven, og dermed falder spændingen over spolen.

Mod slutningen nærmer feltændringen sig 0 og spændingen over L bliver 0 V





# DC spolen

## Selvinduktion

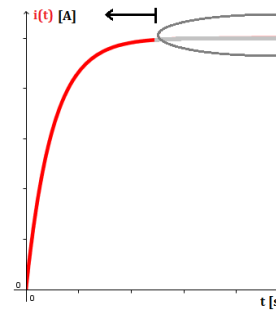
Når en leder (spole) udsættes for et varierende magnetfelt, induceres der i lederen en elektromotorisk kraft, med en retning der forsøger at modvirke feltændringen.

Hvis strømmen og dermed feltet, som i vores tilfælde, er stigende, vil der altså induceres en elektromotorisk kraft ( $e$ ) i spolen, som forsøger at bremse strømmen stigning.

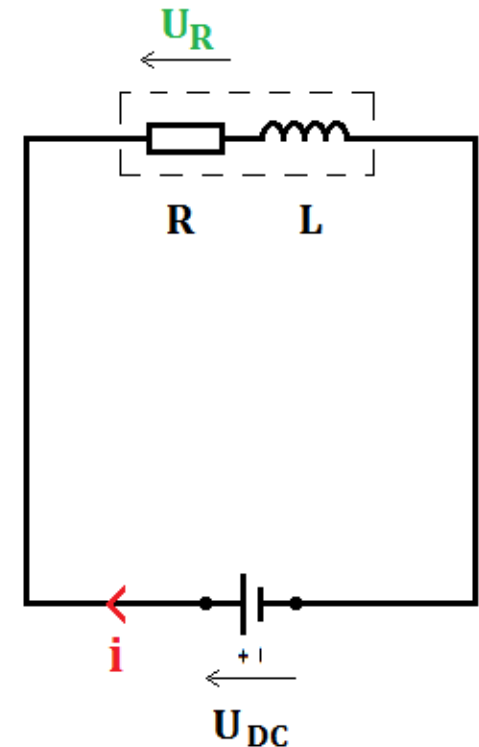
Sammenhængen beskrives ved **Lenz' lov**:

$$e_s = - \frac{d\Phi}{dt} \cdot N$$

Efterhånden som strømmen stiger, falder hældningen på kurven, og dermed falder spændingen over spolen.



Strømmen er nu helt jævn, og spændingen over  $L = 0$  V

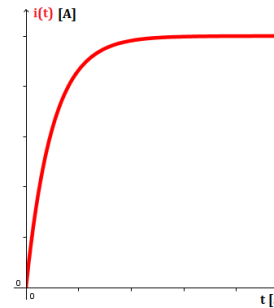
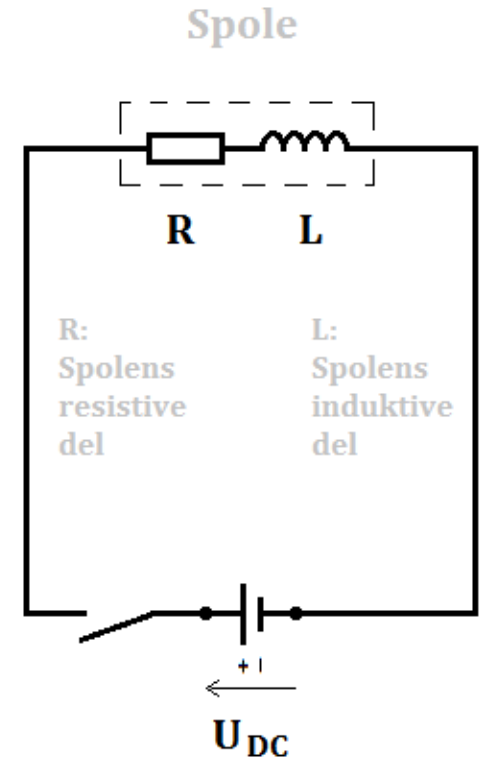


# DC spolen

## Induktans (L)

Lad os afslutningsvist se kortfattet på hvad en spoles induktans (selvinduktionskoefficient) dækker over:

### Ækvivalent skema

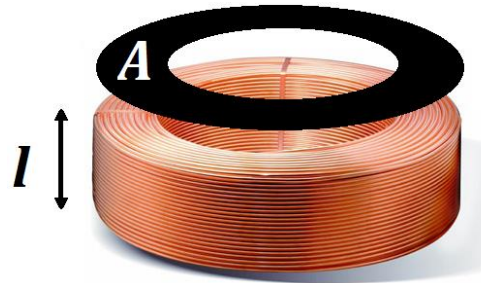


# DC spolen

## Induktans (L)

Lad os afslutningsvist se kortfattet på hvad en spoles induktans (selvinduktionskoefficient) dækker over:

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot A}{l} \quad [H] \quad \textit{Henry}$$



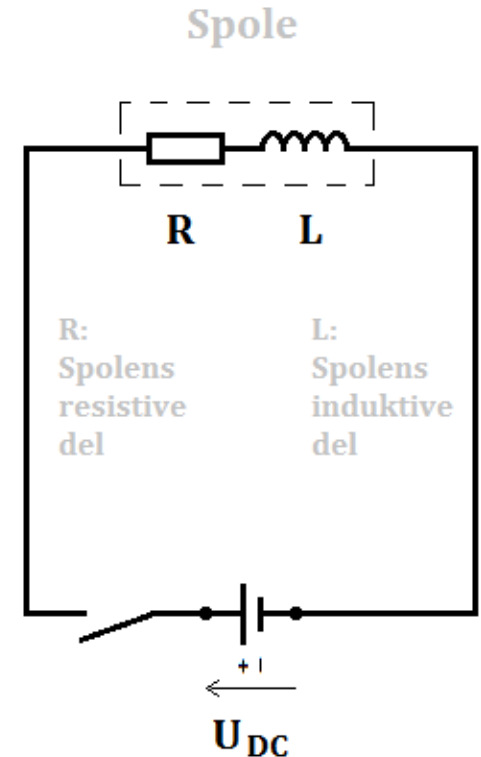
N er viklingstallet

$\mu$  er permeabiliten. Spolens omgivers evne til at lede magnetiske felter.

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

Permeabiliteten i luft og i vakuum ( $\mu_0$ ) er omtrent ens, nemlig:  $4\pi \cdot 10^{-7} [Vs/Am]$

## Ækvivalent skema



Lad os afslutningsvist se kortfattet på hvad en spoles induktans (selvinduktionskoefficient) dækker over:

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot A}{l} \quad [H] \quad \textit{Henry}$$

N er viklingstallet

$\mu$  er permeabiliten. Spolens omgivers evne til at lede magnetiske felter.

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

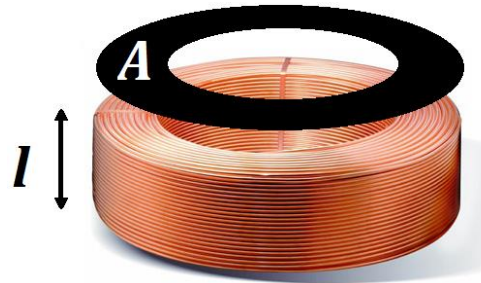
Permeabiliteten i luft og i vakuum ( $\mu_0$ ) er omtrent ens, nemlig:  $4\pi \cdot 10^{-7} [Vs/Am]$

# DC spolen

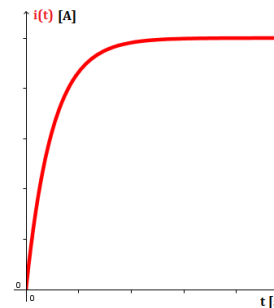
## Induktans (L)

Lad os afslutningsvist se kortfattet på hvad en spoles induktans (selvinduktionskoefficient) dækker over:

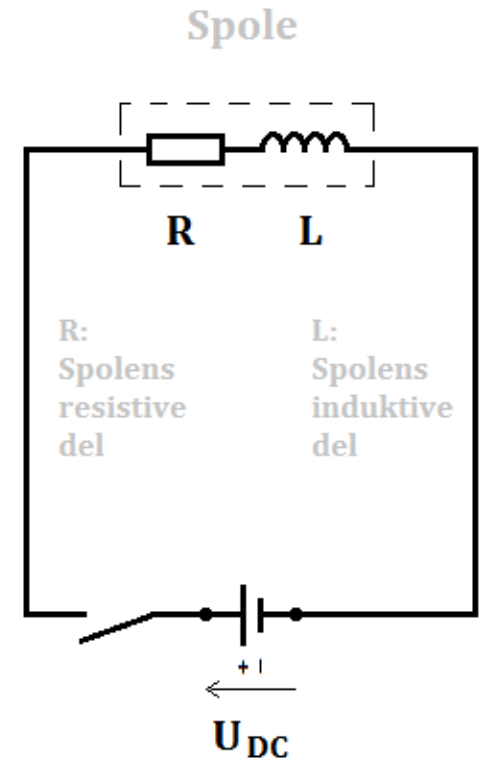
$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot A}{l} \quad [H] \quad \textit{Henry}$$



Det værd at lægge mærke til, at visse materialer har en meget højere permeabilitet end luft, og disse materialer, såsom jern, nikkel og kobolt, er virkelig gode til at lede magnetiske felter – derfor vil man ofte se spoler på jernkerner, hvis man ønsker en kraftig magnetisk virkning af spolen.



## Ækvivalent skema

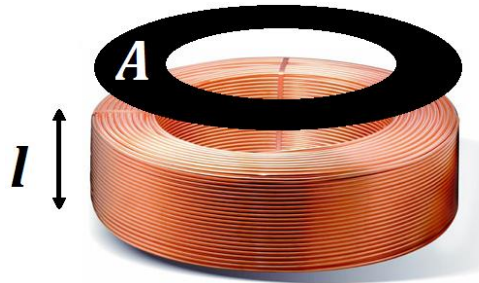


# DC spolen

## Induktans (L)

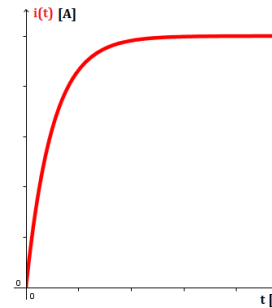
Lad os afslutningsvist se kortfattet på hvad en spoles induktans (selvinduktionskoefficient) dækker over:

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot A}{l} \quad [H] \quad \textit{Henry}$$



Endelig ses måske også, at induktansen for en spole er en fast størrelse, givet at omgivelserne ikke ændres.

Induktanser (L) lægges sammen efter samme princip som resistanser (R)



## Ækvivalent skema

