



OM LYN

Og bl.a. transienter i elektronik

Hvordan genereres ødelæggende spændinger i elektronik

Flere af påstandene i det følgende er ikke nødvendigvis korrekte, men er et udtryk for, hvordan jeg lige nu forsøger at opfatte virkeligheden.

Noget er sakset fra nettet, noget er egne tekster.

Materialet er **meget foreløbigt**. Mangler stadig en del redigering og struktur. Derfor modtages rettelser og forslag meget gerne. 😊



http://www.alhof.com/cataloghi/cat_p011_f202.pdf



Her følger forskellige betragtninger om lyn, lynnedslag, og om kraftige udladninger i atmosfæren.

En elektrisk udladning i luft vil starte hvis den elektriske feltstyrke overstiger den såkaldte gennemslagsfeltstyrke, som i atmosfærisk luft ved normal lufttryk er 3 [MV / m] eller 3-4 kilovolt/cm. ¹

Udladningen skyldes, at tilfældige elektroner fra naturlig ionisering af luften, bliver accelereret i feltet, og ved tilstrækkelig høje hastigheder, forårsaget af feltstyrker, højere end gennemslagsfeltsstyrken, vil elektronerne stød-ionisere andre luftmolekyler og således skabe flere ioner som bærere af udladningsstrømmen.²

The term lightning flash is used to describe the entire discharge, which takes on the order of 0.2 seconds. But a flash is usually made up of several shorter discharges which last less than a milli-second and which repeat rapidly enough that the eye cannot resolve the multiple events.

There are roughly 2000 thunderstorms in progress around the world at any one time, producing about 30 to 100 cloud-to-ground flashes each second or about five million flashes a day.³

When a lightning current passes through air or a conductor it first rises to a maximum, which is about 25000 A and then falls to zero, both changes taking place in a short period (about 10 and 80 micro seconds respectively).⁴

- A lightning flash is no more than one inch wide.
- The temperature of a lightning flash is 15,000 to 60,000 degrees Fahrenheit. (8,000 to 33,000 C) That's hotter than the surface of the sun (9,000 degrees Fahrenheit - 5,000 C).
- A stroke of lightning moves about 62,000 miles per second--one-third the speed of light.
- A single lightning flash carries an electric current as high as 300,000 amperes. For comparison, electrical wiring in a house carries 20 or 30 amperes.
- What we see as a flash of lightning may actually be three or four different strokes in exactly the same place, one right after another. That's why lightning seems to flicker. ⁵

Satellites looking down at the earth have shown that there are more than 3 million lightning flashes each day around the world. That works out to about 40 flashes each second. This includes flashes within or between clouds as well as the ones that strike the ground. It sounds like a lot, but it's less than scientists used to think there were.⁶

¹ <http://cfs.nrcan.gc.ca/index/lightning-faq/5>

² ESD Electro Static Discharge, Erhvervsskolernes forlag 2003.

³ <http://cfs.nrcan.gc.ca/index/lightning-faq/2>

⁴ <http://www.meteo.slt.lk/light.html>

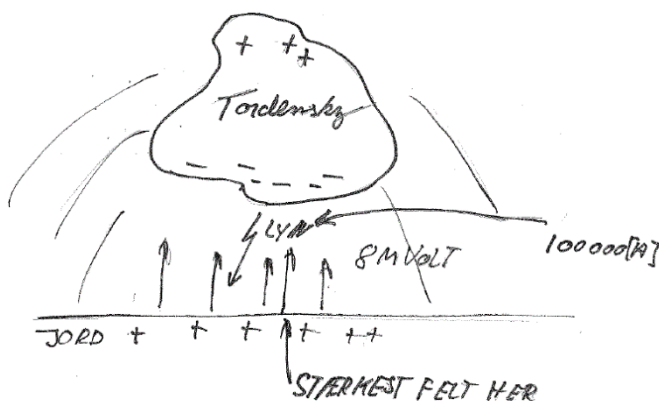
⁵ <http://www.ucar.edu/communications/infopack/lightning/kids.html>

⁶ <http://www.ucar.edu/communications/infopack/lightning/kids.html>

Feltstyrke:

Luften bliver ioniseret og derfor ledende.

Ved gnistudladning sker ioniseringen i en lille tynd kanal – der dannes mellem fx to ledere – eller sky og jord - sky og sky, og udladningen bliver hurtig og koncentreret.



Et lynnedslag.

I dette afsnit overvejes lidt om magnetfelter produceret af et lynnedslag: afsnittet er med her fordi de spændinger, der genereres ved et lynnedslag selv på afstand kan have så store størrelser, at de kan ødelægge elektronik.

Et lynnedslag er en pludselig opstået meget stor strøm i en leder. Ikke en metallisk leder, men en lynkanal af ioniseret luft. Og som rundt om andre ledere genereres der et magnetfelt om lederen, når der løber en strøm. Magnetfeltet er proportionalt med strømmen, dvs. der skabes et ret kraftigt magnetfelt, idet strømmen i lynet er flere tusinde Ampere, fx 25000 A.

På afstand vil der i en spole, - eller blot en del af spolen, dvs. en leder, induceres en spænding. Ligesom det jo kendes fra en transformer. Jeg har oplevet under montage af elsystemet på loftet i en nybygning, at der sprang gnister imellem to ikke samlede ledere hver på et par meter under et lynnedslag i nærheden.

The electrical current in a lightning flash varies from stroke to stroke as well as during each stroke. The return-stroke current rises rapidly to an initial peak of tens of thousands of amperes. That initial current pulse may be followed by a current of hundreds of amperes lasting for tens of thousandths of a second. The high return-stroke current rapidly heats the channel to a peak temperature near or above 28,000 °C, increasing the pressure in the channel to ten or more times normal atmospheric pressure. This makes the channel produce the intense light that we see and makes it expand, producing a shock wave that eventually becomes the thunder sound wave we hear in the distance.⁷

⁷ http://www.plasmacoalition.org/plasma_writeups/lightning.pdf



Spænding genereret i en leder af et fjernt lyn-nedslag:

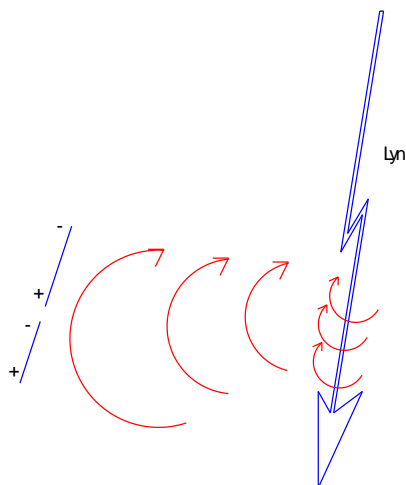
Et lyn transporterer en ladning, dvs. der går en strøm. Omkring en strøm, er der et magnetfelt. Magnetfeltet breder sig ud med lysets hastighed.

Vi ved, at der genereres en spænding i en spole, hvis man ændrer et magnetfelt igennem spolen.

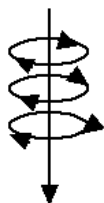
En leder er jo blot en del af en spole, dvs. at det indses, at et ændret magnetfelt også vil generere en spænding i en leder.

En leder er jo blot en del af en spole, dvs. at et ændret magnetfelt vil generere en spænding i lederen.

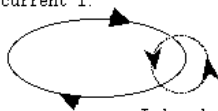
Fra Maxwell's ligninger haves, at et varierende magnetfelt vil generere en spænding, og at en varierende spænding vil generere et magnetfelt.



Magnetic field circulating around the changing current I .



Changing magnetic field from current I .

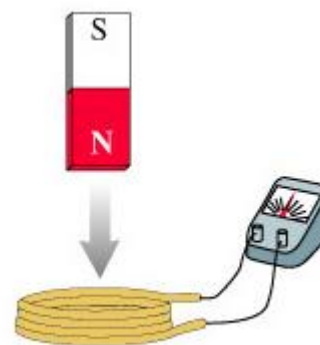


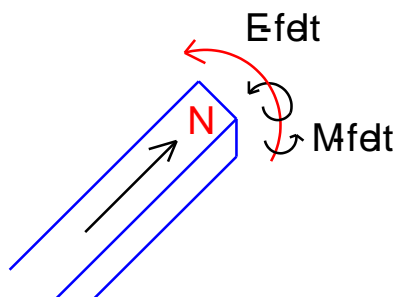
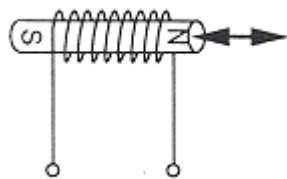
Induced electric field from changing magnetic field.

Dvs. at en spænding vil genereres i luften, hvis der forekommer et varierende magnetfelt.

Befinder der sig en leder i det elektriske felt, vil der opstå spændinger i lederen, og hvis der kan, vil der gå en strøm.

Når en magnet bevæges ind i en spole, vil spolen reagere ved at generere en spænding, der – hvis der kan – får en strøm til at løbe. Strømmen vil have en sådan retning, at magnetfeltet genereret af strømmen, vil modvirke magnetens "tilnærmelse".





Men når en magnet bevæges, ved den jo ikke, at der er en spole i nærheden. Derfor følgende påstand:

Når en magnet bevæges, genereres der i luften et elektrisk felt.

Hvis der i det genererede elektriske felt er en leder, vil der heri opstå en spænding. Og hvis der kan, vil der løbe en strøm.

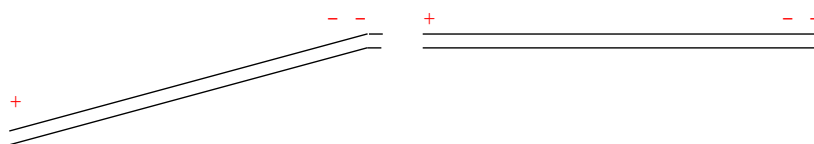
Men ud fra, at et varierende magnetfelt vil generere en spænding, (og omvendt, - Maxwell's ligninger) vil der vinkelret på det "changing" magnetfelt genereres en spænding. En spænding generes i luften. Er der en leder i det elektriske felt, vil der opstå spændinger i lederen, og hvis der kan, vil der gå en strøm.



Tids-Variierende magnetfelter skaber elektriske felter, - og tids-varierende elektriske felter skaber magnetfelter.

Spændingen i lederen vil have en sådan retning, at den strøm, der ville genereres, ville give et magnetfelt omkring lederen, som ville modvirke den påtrykte ændring i magnetfelt.

Det varierende magnetfelt – eller den genererede E-felt, vil skabe en spænding i de to ledere. Der vil kunne springe en gnist i midten.



Energi i et lyn:

Extracting useful energy from lightning appears to be impractical. First, the total energy in each cloud-to-ground lightning flash is only about 360 kilowatt-hours, approximately the energy required to operate five 100-Watt light bulbs continuously for one month. And only about one-



thousandth to one-hundredth of that energy is delivered to the strike point, the bulk of the energy being lost to heating the air and producing thunder, light, and radio waves. Secondly, even if it were possible to capture all of a flash's energy, the probability of lightning striking a given point on the ground is very low.

Et lynnedslag er blot nogle kraftige kortvarige strømstød, der vokser op, og dør ud igen. Der kommer typisk 6 til 8 enkelt-lyn i lynkanalen, men der kan forekomme helt op til 25 enkeltlyn i lynkanalen. På afstand, dvs. at udbredelsen sker med lysets hastighed, kan der derfor registreres et vekslende magnetfelt. Og dette vekslende felt genererer spændinger i ledere. Dvs. der også genereres spændinger i elektronik. Disse spændinger kaldes transient støj. Det samme sker i elnettet, hvor det kan føre til ret høje spændingsspidser.

The term lightning flash is used to describe the entire discharge, which takes on the order of 0.2 seconds. But a flash is usually made up of several shorter discharges, each lasting less than a millisecond. They repeat rapidly enough for the human eye to resolve the multiple events, so they seem as one lightning.

These individual discharges are called **strokes**. Sometimes the strokes are separated enough in time for the eye to resolve, and the lightning appears to flicker.⁸

Et lyn består af mange del-lyn, kaldet STROKES.

⁸ <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/lightning2.html#c1>



Her er et lyn fotograferet med et stillestående kamera.

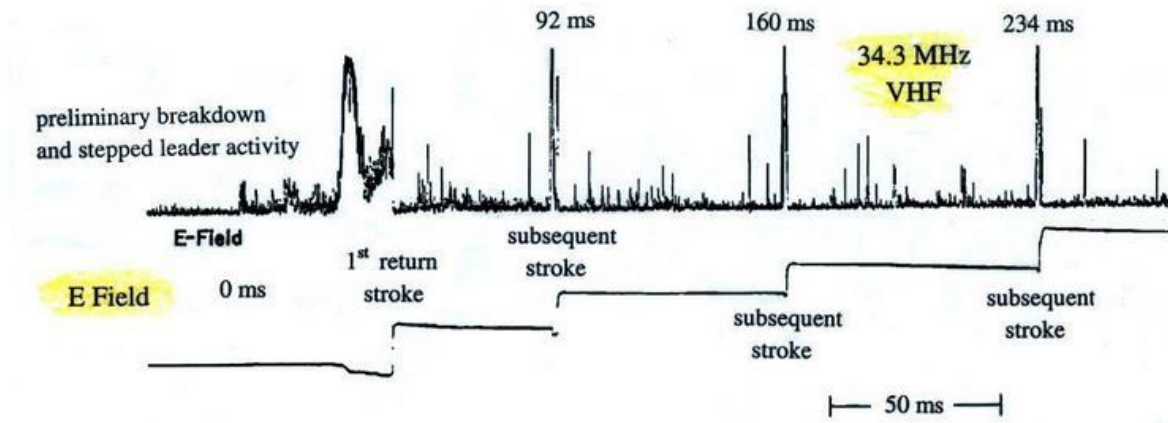


Og her med et andet kamera, der drejer omkring lodret, fra højre mod venstre. Det er samme lyn!!

Kilde: http://www.plasmacoalition.org/plasma_writeups/lightning.pdf

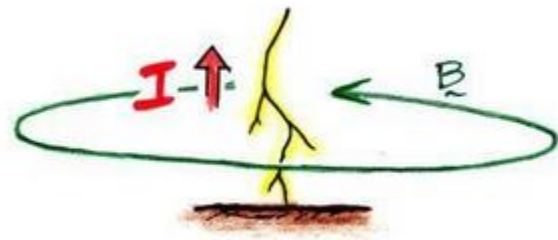
A flash of lightning can consist of a number of individual strokes, each following the same path from cloud to ground. The plasma is recreated over and over again in the same channel. The dark intervals between these strokes are typically in the range of tens of milliseconds. This explains why the human eye perceives lightning as “flickering.”

*A lightning flash typically contains **three to five strokes**, although the observed number of strokes ranges from **one to twenty-six**.*



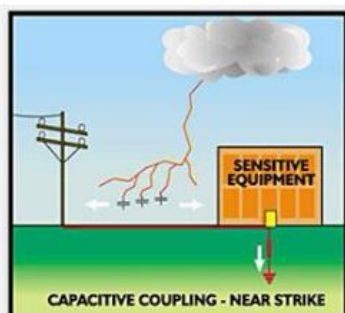
http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/spring08/atmo336s1/courses/spring11/atmo589/lecture_notes/apr12/apr12_reworked.html

A distant lightning strike produces a horizontal magnetic field, B.

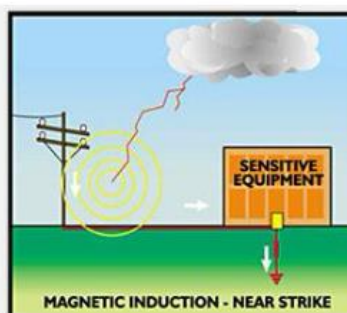




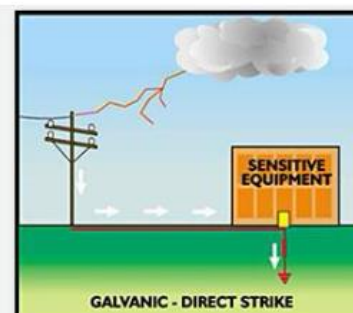
How Transients enter your Equipment



Capacitive coupling is where the transient voltage is coupled due to the inherent capacitance between two circuits



Magnetic coupling occurs when magnetic field of a current carrying conductor induces lightning current on to an adjacent conductor

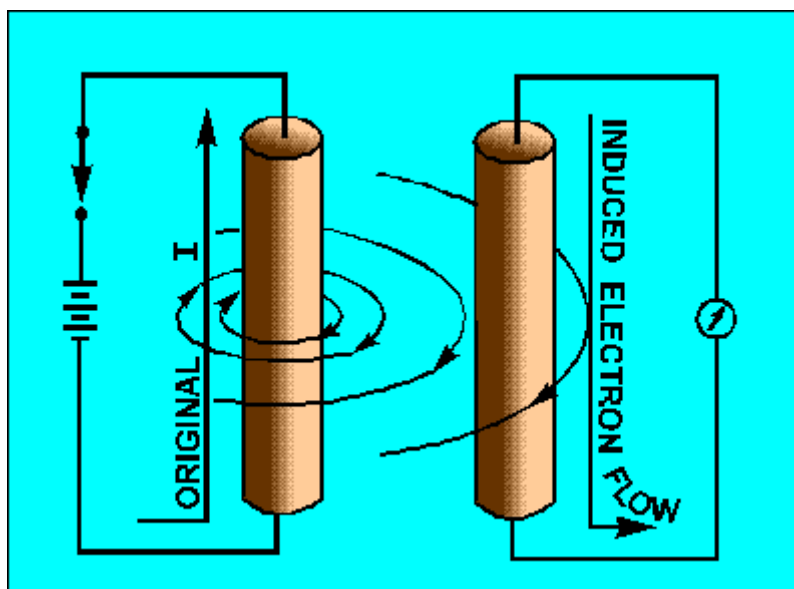


Galvanic coupling is a direct electrical connection

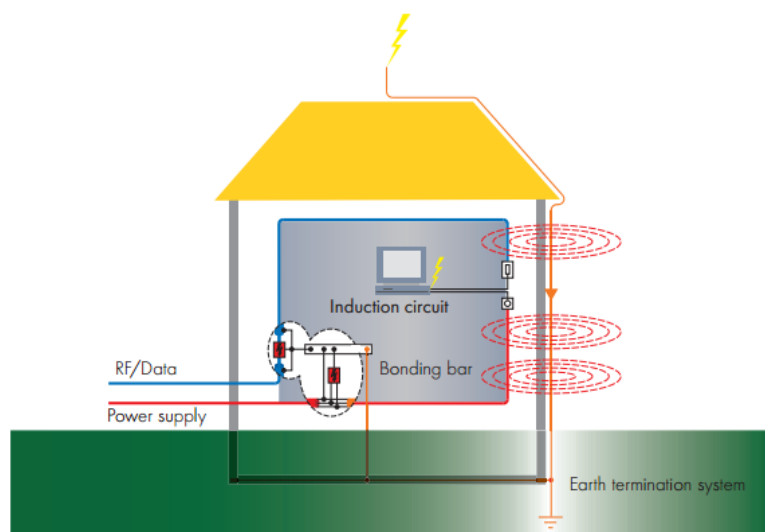
Et lyn er en pludselig opstået – ret stor strøm. Og den dør tilsvarende hurtigt ud!

Omkring en leder med strøm, er der et magnetfelt.

Magnetfeltet kan måles på afstand, efter et stykke tid, svarende til lysets hastighed.



<https://studyslide.com/doc/129056/document>



Any rapidly changing electrical current will produce a rapidly changing magnetic field.

Magnetic fields are generally harmless, however a rapidly changing magnetic field will in turn produce an electric field. If the electric field is induced in a conductor, like the human body, it will cause a circulating current to flow. In a sense, the path of the lightning bolt is like a radio transmitter, and the body could act like a receiving antenna.

Fra god dokument: http://www.alhof.com/cataloghi/cat_p011_f202.pdf

How does lightning cause transient overvoltages?

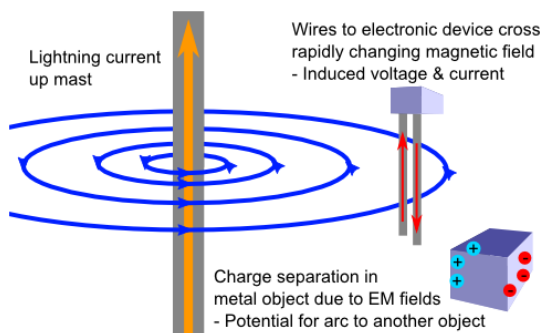
The secondary effects of lightning cause transient overvoltages in two main ways: resistive coupling and inductive coupling. Resistively coupled transients are caused by differences in potential between two connected earths. Lightning strikes to, or near to a building will cause the local earth to rise to a very high potential. Other buildings, even neighboring ones, will be at a much lower potential. Often these two earths, or equipment referenced to them, are linked by a power or (conducting) data communications line causing the difference in potential to be shared between the line and the equipment at each end. The voltage across the components of the equipment is a transient overvoltage.

Inductively coupled transients are caused by electromagnetic pick-up. Lightning discharges create an electromagnetic field. If a power or data communications line passes through this EM field then a portion of its voltage can be picked up by, or induced onto, the line. As before this transient overvoltage will appear across components within the equipment

<http://www.keison.co.uk/furse/furse03.htm>

There's an enormous amount of electric charge in a lightning bolt; all that charge creates a strong electric field. That field, in turn, induces electric fields in all sorts of nearby objects, some of them strong enough to generate arcing currents between metal fixtures if the potential between the objects isn't equalized by bonding them to a common ground.

A large, rapidly changing current also creates a strong magnetic field. The changing magnetic field, in turn, induces a voltage in any conductor that crosses it. Induced voltages are proportional to the rate of change of the magnetic field, which is itself proportional to the rate of change of the current that's creating that magnetic field.



<http://www.morganscloud.com/2014/02/23/protecting-against-lightning-strikes/>

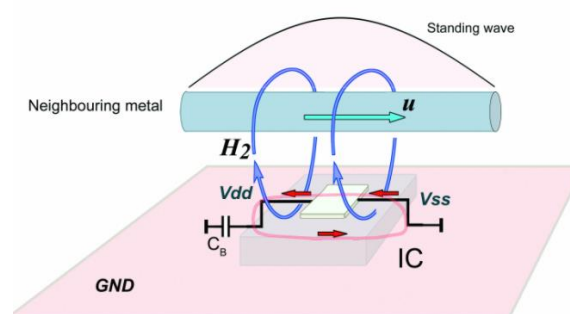
Elektronik:

The figure shows a schematic diagram of the coupling mechanisms for both the electric and magnetic fields emerging directly from an IC.

Due to the physical coupling mechanisms, electric fields and associated displacement currents can cause current and/or voltage waves on the PCB's GND system or neighboring metal parts.

These metal parts, such as cable harnesses, top-hat rails, etc., act as antennas which are stimulated to emit electromagnetic disturbances through their resonance frequency depending on their spatial dimensions.

The H fields which are generated in the IC can also induce a voltage into the PCB's GND system or into neighboring metal parts. This induction voltage will stimulate the metal part to cause emissions in certain frequency ranges.



<http://www.interferencetechnology.com/emc-at-ic-level-part-2/>

Køer kan dø hvis der slår et lyn ned i nærheden.

Ladningerne fra lynet bevæger sig ud i alle retninger i Jorden fra nedslagsstedet. Der er størst spænding, hvor lynet har ramt, - og mindre og mindre spænding væk fra det ramte sted.

Dvs. at en ko vil kunne opleve en ikke ringe spænding mellem dens ben, som vist her – forben og bagben.

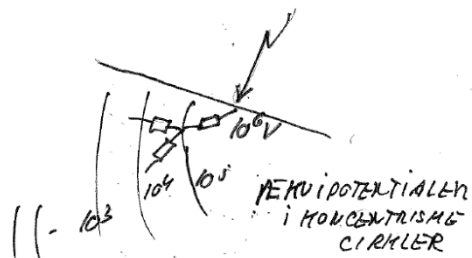
Altså vil strømmen kunne løbe en genvej op igennem koen og slå den ihjel.



3 KOhm i ko eller menneske, 1 MOhm i jord ?

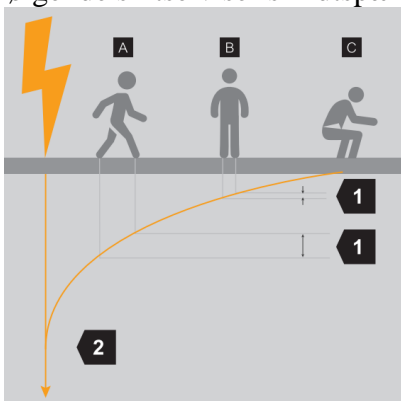


<http://earlystreameremission.com/en/about-us/effect-of-lightning-strike/>



Strømmen bevæger sig væk fra nedslagsstedet. Det ser ud som om græsset er svedet af i ”lynkanalerne”

Følgende skitse viser skridtspændingen på afstand af nedslagsstedet:



1	Step voltage U_s
2	Potential gradient area
A	Close to the point of strike/beside the down-conductor, the step voltage (1) is high.
B	The step voltage decreases with distance away from the point of lightning impact.
C	Out in the open, a crouching position provides protection against direct lightning impact.

https://www.obo.com.tr/fileadmin/DMS/Broschueren/02_TBS/Blitzschutz-Leitfaden_en.pdf



Disse køer, var for tætte på et hegn !

Fra: <http://www.emergencydude.com/storm.shtml>

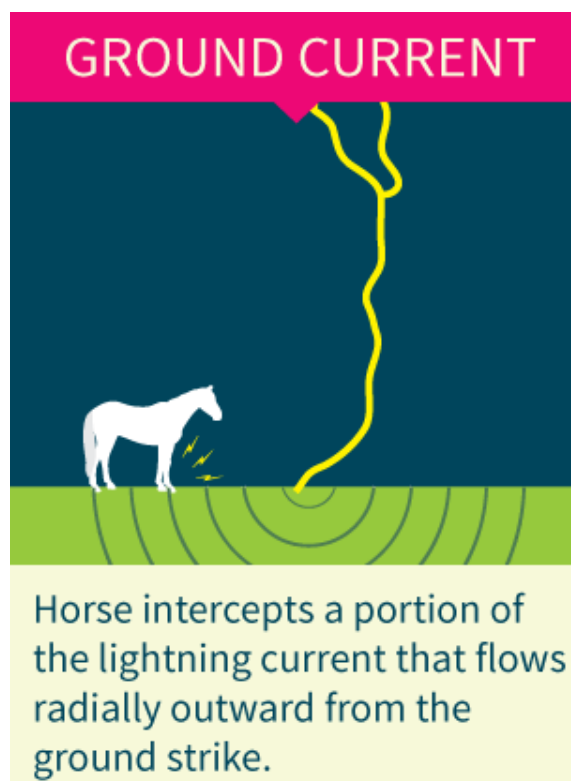
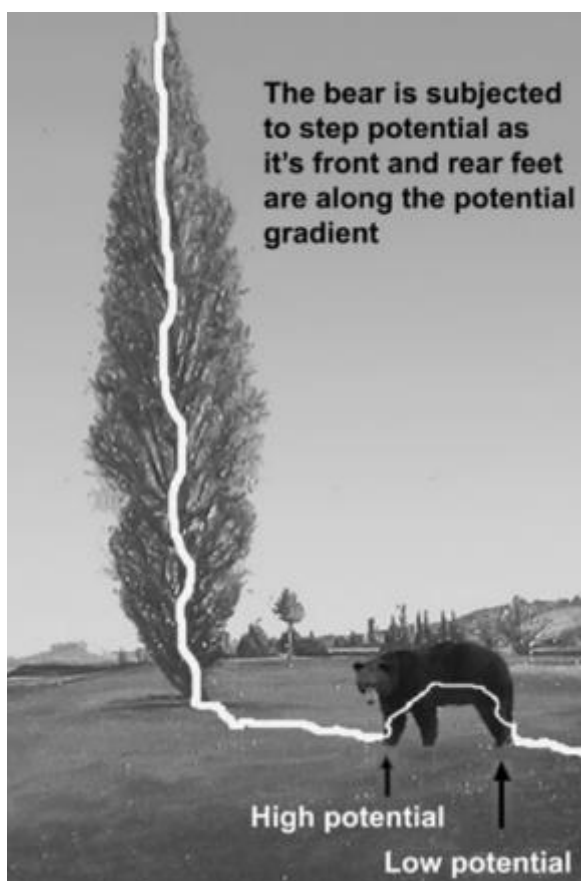


En heldig ko:

Among the myths about negative effects is the "crispy critter" myth. This is the belief that the victim struck by lightning bursts into flames or is reduced to a pile of ashes.

In reality, lightning often flashes over the outside of a victim, sometimes blowing off the clothes but leaving few external signs of injury and few, if any, burns.

<https://sciencebasedlife.wordpress.com/2011/04/28/the-science-and-myths-behind-lightning-strikes/>

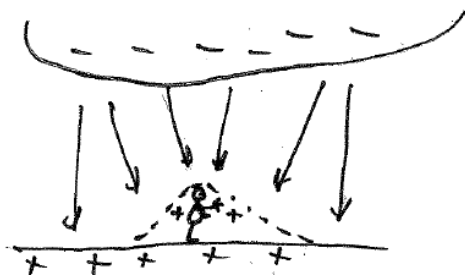
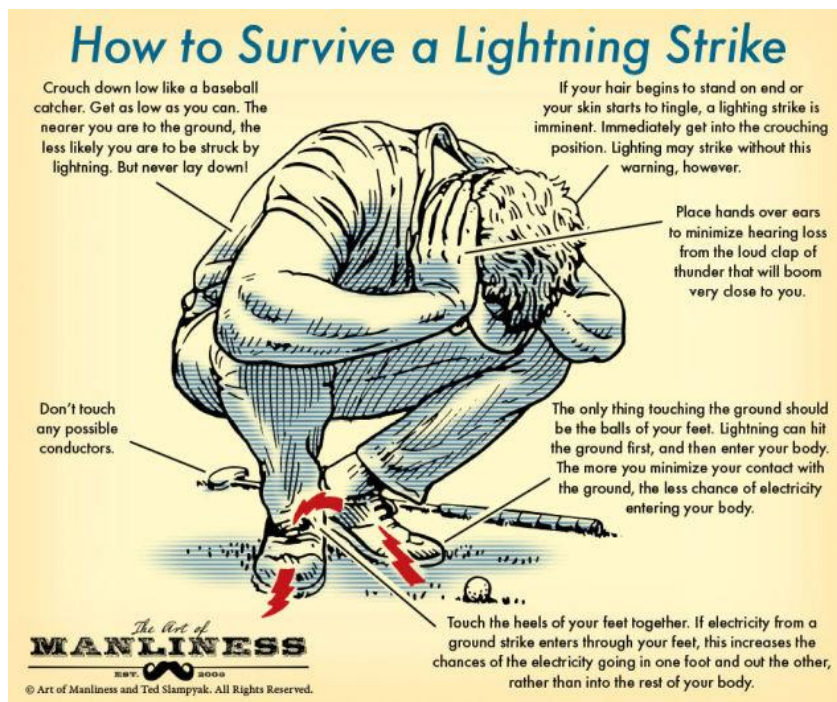


Heste er vist spesielt følsomme over for strøm.



Sådan bør man passe på sig selv under et tordenvejr!

Hold benene samlet. Og vær gerne våd



Det elektriske felt er størst ved hovedet.

Mennesket løfter jordpotentialen op i hovedhøjde.

Det samme sker ved brug af lynafledere. Måske tiltrækker de flere lyn_??

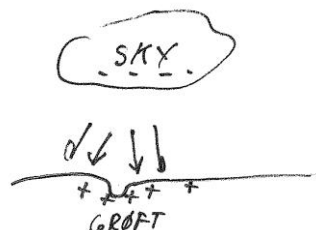


Man bør absolut ikke opholde sig under et træ i tordenvejr.

Se video:

Lyn flænses et træ: <https://www.youtube.com/watch?v=szOnAUnuMLk&feature=youtu.be>

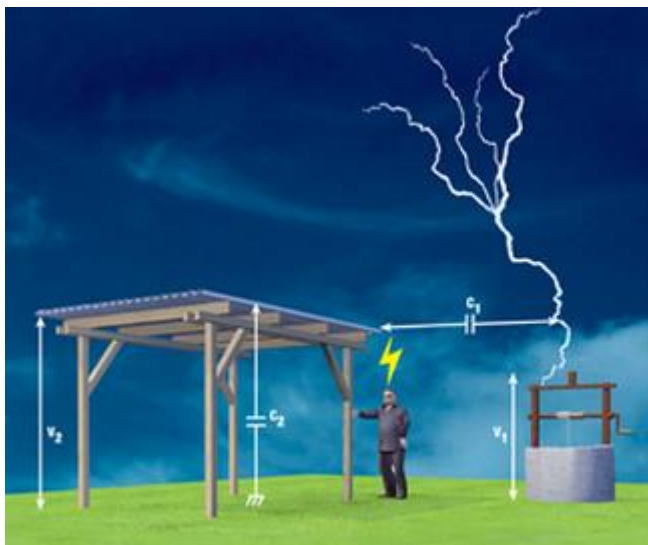
Start ca. ved 40 sek



Der er svagest felt i grøften, og dermed mindst risiko for at rammes af et lyn.

Derfor er det bedst at opholde sig her i tilfælde af uvejr.

Kilde: <http://earlystreameremission.com/en/about-us/effect-of-lightning-strike/>



Her er lynet ramt ned i noget jern ved en brønd.

Der er et ret stort elektrisk felt og det forplanter sig også til andre materialer i nærheden.

En brøkdel af energien fra et lyn, der springer fra sky til sky med forskellige potentialer, eller fra sky til jord, går over i husets el-installationer.⁹

En typisk sekundær strømtransient som følger af et lyn varer ca. 20 mikrosekunder og har en stigtid på ca. 8 mikrosekunder.

<http://earlystreameremission.com/en/about-us/effect-of-lightning-strike/>

It is well known that the rapidly changing magnetic fields can generate dangerous eddy currents in the human body. The higher duration and gradient of the magnetic field can cause potentially life threatening cardiac stimulation.

Fra <<https://www.science.gov/topicpages/l/lightning+electromagnetic+pulse.html>>

The high current in the lightning produces a corresponding magnetic field. This is very broad spectrum, from very-low-frequency (VLF) radio to ultraviolet (UV) wavelengths.

This field is able to induce currents in any electrical conductor, even inside electronic devices for which there is no protection.

Fra <http://www.alphamarinesystems.com/lightning_and_emp_damage.htm>

Den afledede spænding afhænger af impedanserne i installationen, og kommer let op på flere tusinde volt.

Hvor transienterne kommer, og hvor høje spændinger, de har, afhænger af mange ting. Blandt andet el-installationens udstrækning samt kapaciteter og selvinduktioner i installationen selv og tilsluttede apparater.

⁹ Aktuel elektronik, 21. nov. 2007



<http://earlystreameremission.com/en/about-us/effect-of-lightning-strike/>

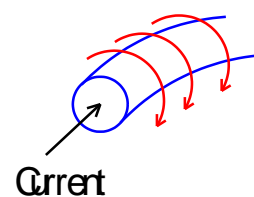
En god side om lynskader: http://www.lightningsafety.com/nlsi_lhm/effect.html

Beskyttelse i bil: https://www.youtube.com/watch?v=ve6XGKZxYxA&ab_channel=BBCStudios

Stråtag:

Omkring en strømførende leder er der et magnetfelt. (Højre om !!)

Der er energi i et magnetfelt, og energi kan ikke opbygges momentant. Det tager tid at opbygge et magnetfelt, og dermed også en strøm i en leder. En leder har selvinduktion.



Derfor skal man passe på, at der ikke laves skarpe knæk på en lynafleder. Spændingen over induktionen kan – måske – få en gnist til



at springe den lige vej, og gennem det nederste af stråtaget.

Ps: Sammenlign fænomenet med selvinduktionen i en MOSFet, der switcher strøm !!

Video med masser af lynnedslag 13:45 https://www.youtube.com/watch?v=n3gmHuekb4E&ab_channel=WisdomLand

Og 4:57 https://www.youtube.com/watch?v=3f7zNJ3nL9M&ab_channel=PoorJudgement

Space weather, induceret strøm i havvand

Følgende er sakset fra nettet: Det beskriver, / forklarer, "Space weather storms", at kraftige udladninger i atmosfæren, som er elektriske udladninger, som al anden strøm vil inducere magnetfelter om "lederen". Jo kraftigere udladning, jo kraftigere induceret magnetfelt.

Og et magnetfelt, der ændres, vil inducere elektriske spændinger. Herved kan der opstå ret høje spændinger i havvand eller i jorden, som så vil resultere i en strøm. Strømmen vil så løbe den letteste vej, fx gennem jordledninger i powersystemer. Spændinger induceres også i de elektriske ledninger, vi har overalt på Jorden, og de kan i grelle tilfælde påvirke systemerne så meget, at sikkerhedssystemerne kobler strømmen fra, der opstår "Blackouts". De inducerede strømme er jævnstrøm, og de transformatorer, der transformerer højspændingen ned til de spændinger, vi får ind i husene, arbejder fint med vekselstrøm ved 50 Hz, men kan ikke tåle den inducerede jævnstrøm. De kan brænde af!

Space weather "storms" can cause electricity to flow in Earth's atmosphere. That can cause unusual electrical currents in the wires that carry electricity to homes. Sometimes space weather storms mess up the flow of electricity in our power system so much that they cause blackouts.

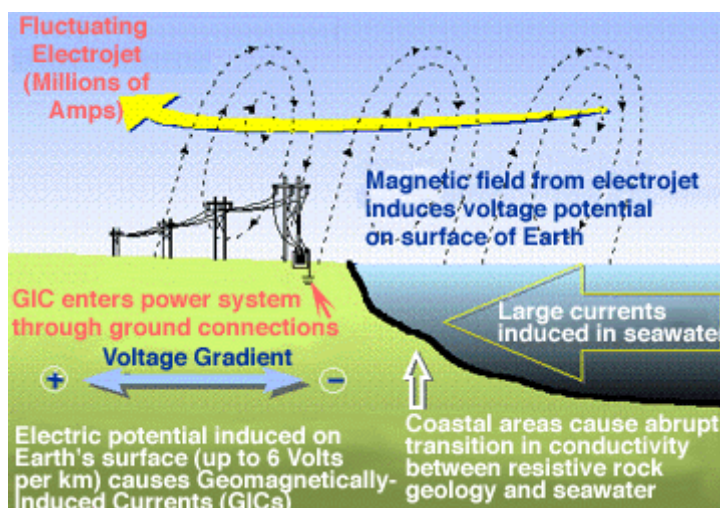
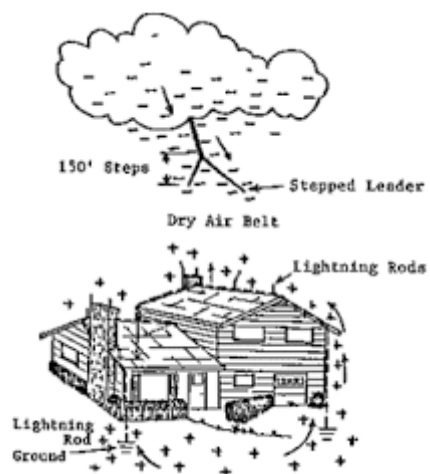


Image courtesy John G. Kappenman, Minnesota Power, Duluth, Minnesota.

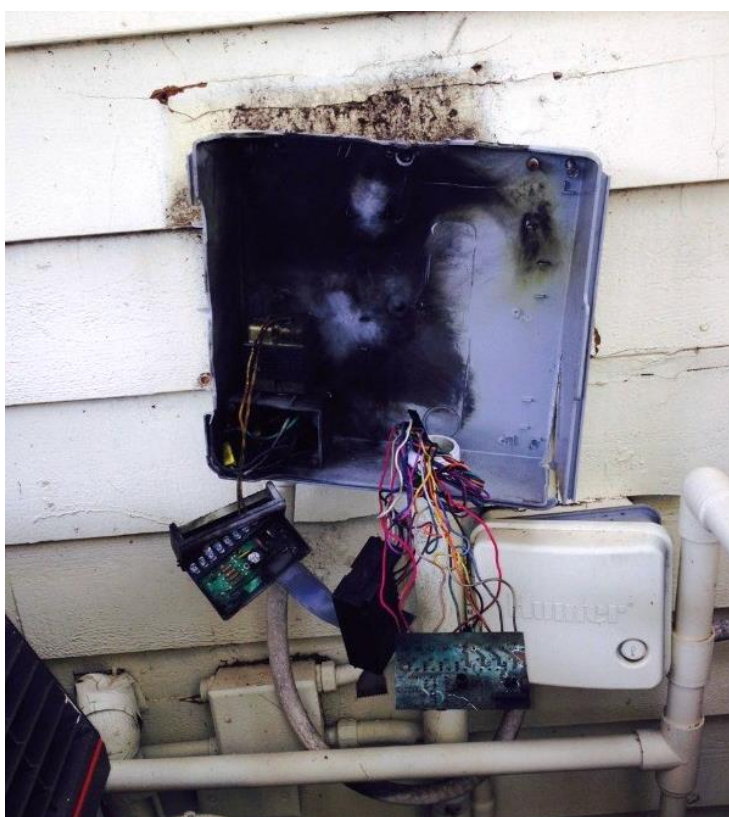
Kilde: http://www.windows2universe.org/space_weather/sw_in_depth/electric_power_system_effects.html

Se også: Geomagnetically induced current http://en.wikipedia.org/wiki/Geomagnetically_induced_current

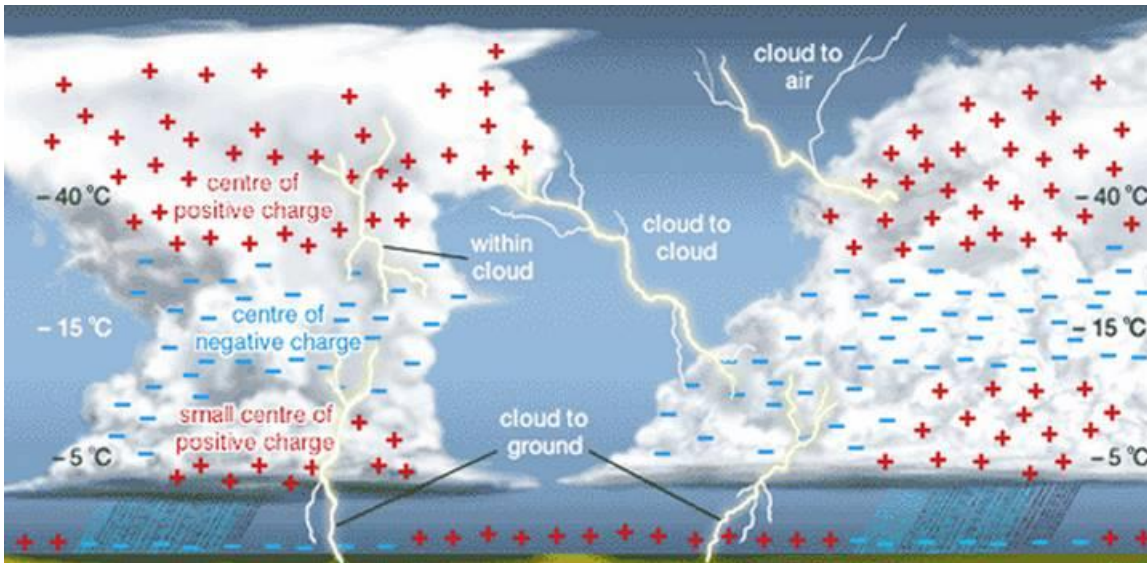
Flere billeder:



Et lyn-afledningsanlæg hæver jordpotentialt !!



Et billede af noget udstyr, der er sprængt i stykker af et lyn



Kilde: <http://whyfiles.org/2011/nothing-light-about-lightning/>