

“Schokken minder dan 10.000 V worden meestal overleefd”

Hoogspanning en hoogfrequent

MENIG AMATEUR, EN MET NAME DIEGENE DIE WELEENS MET BUIZEN GESTOEID HEEFT, WEET WAT HET IS OM EEN ELEKTRISCHE SCHOK TE KRIJGEN. OOK WEET IEDEREEN WEL DAT EEN ELEKTRISCHE SCHOK ZEER GEVAARLIJK KAN ZIJN, DODELIJK ZELFS. EEN ELEKTRISCHE SCHOK VAN DE ENE ARM NAAR DE ANDERE KOMT VIA DE HART- EN LONGSTREEK, EN DAT MAAKT ZOIETS EXTRA GEVAARLIJK, MAAR WAARUIT BESTAAN NU PRECIES DIE RISICO'S? EEN GESPREK MET EEN DESKUNDIGE.

Martin Bier, geboren in Alkmaar, werkt als assistent professor aan de Natuurkundefaculteit van East Carolina University in Greenville, North Carolina in de VS. Daarvoor was hij van 1993 tot 2000 verbonden aan de Section of Plastic & Recon-



Dr. Martin Bier.



structive Surgery van de University of Chicago, waar hij zich als natuurkundige onderzoek deed naar hoe celmembranen reageren op zware elektrische schokken. Deze afdeling van het ziekenhuis, dat overigens slechts vijf kilometer ligt vanaf het van de tv-serie ER bekende County General, is gespecialiseerd op het gebied van de behandeling van patiënten die een zwaar elektriciteitsongeluk hebben gehad. Vooral het Amerikaanse bedrijfsleven stuurt hun werknemers veel liever naar een gerenommeerd en duur ziekenhuis, waar ze van een ongeluk kunnen herstellen, dan dat ze voor een huizenhoge schadeclaim opdraaien. Voor elektrische schokken is dit het centrum waar vrijwel alle zware slachtoffers in de VS en ver daarbuiten naartoe gestuurd worden.”

Netspanning

“Ondanks dat netspanning heel gevaarlijk kan zijn, nuanceert Bier de mogelijke gevolgen van bijvoorbeeld een schok uit het stopcontact. “Een schok van 220 volt over de handen is zelden dodelijk. De huid heeft een hoge weerstand en brandt meestal niet eens door als hij in aanraking komt met 220 volt. Je kunt echter wel een stroom door je arm krijgen. Bij een stroom van ongeveer 10 milliampère krijgen dan al je spieren een signaal om samen te trekken. Die 10 mA is een richtwaarde, het is bij iedereen verschillend.

Bloed, zenuwvezels en spierweefsel geleiden elektriciteit heel erg goed. Bot, vet en huidweefsel geleiden nauwelijks. Ook voor het samentrekken is de precieze stroom verschillend, maar 1 mA is in ieder geval voor iedereen al een uiterst onprettige ervaring. De spieren die je hand openen zijn minder sterk dan die de hand samenballen. Hierdoor bestaat het gevaar dat je een 220 V spanningsbron door dit samenballen niet meer los kunt laten. Als je daarbij dan nog een zwak hart hebt, dan kan dat gaan fibrilleren (niet meer kloppen, maar als het ware snel trillen, JP). Dat gebeurt echter alleen maar als het maximum van de sinus van de 50 Hz wisselstroom samenvalt met een kwetsbare periode in de hele hartslagcyclus. Wat je in films hierover vaak ziet klopt meestal gewoon niet. Ik heb zelf ook zo mijn twijfels bij wat er gebeurt als er zoiets als een föhn in het badwater wordt gegooid. Water met een opgeloste ionische troep als bijvoorbeeld zeep of badolie erin geleidt natuurlijk uiterst goed. Als de föhn dicht bij je in de buurt komt kun je zeker via het water op veel plaatsen met 220 V in aanraking komen. Als je dan ook nog met je achterwerk op een metalen badkuip zit, dan maak je ook goed contact met de aarde. Maar aan de andere kant lijkt het me dat de meeste stroom gewoon door het water naar aarde (te weten de badkuip) zal gaan.”

“Het ergste geval dat we in Chicago in

mijn tijd als lichtnetspanningsongeluk hadden, was een peuter uit Israël. Ik weet niet zeker of ze daar nu 220 V hebben of 115 V net als hier, maar het jongetje had een spanningbron in zijn mond gestoken. In je mond is het natuurlijk zeer vochtig, en bovendien is er nauwelijks huidweefsel. Die mond was dan ook behoorlijk verbrand. Uiteindelijk is dat zo goed als dat ging door plastisch chirurgie hersteld."



De blikseminslag gaat bijna altijd om iemand heen.

Hoogspanning en bliksem

"In de VS zijn er ongeveer 7000 ongelukken per jaar met 1000 V of meer. In China bijvoorbeeld is dat heel veel meer, omdat ze daar vaak hoogspanningskabels zonder isolatie langs de rand van flatgebouwen hebben lopen. Ook in landen met trolleybussen zijn er vaak ongelukken. De elektriciteit rekent er op die manier dus keihard met baldadige jongeren af, die op het dak van zo'n bus menen te moeten springen. In de VS zijn het trouwens vrijwel allemaal ongelukken met technici die voor de elektriciteitsbedrijven werken."

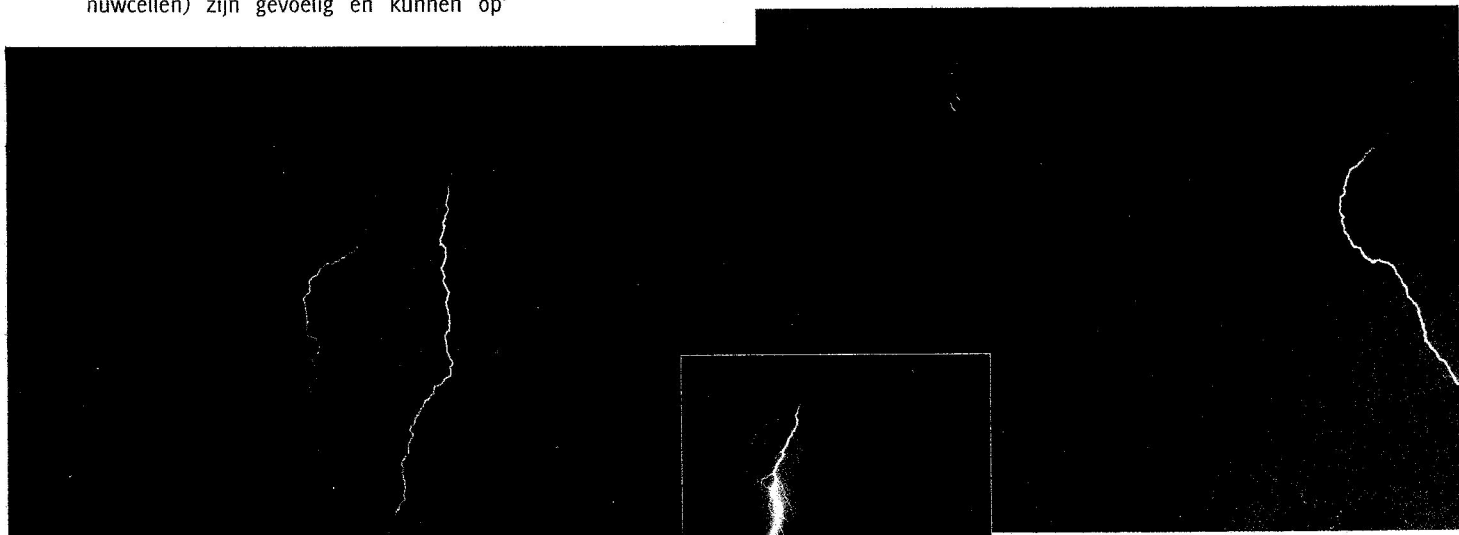
"Dat zou je niet verwachten, maar ongelukken tot aan 10.000 V worden meestal overleefd. Voordat je fysiek contact maakt met de spanningsbron slaat in zo'n geval al een kleine bliksemschicht over. Een stroom van ongeveer een ampère gaat daarbij dwars door je huid via een zogenaamde 'entry-wound'. De elektrische ontlading die bij het overslaan via de lucht plaatsvindt, veroorzaakt daar zoveel plotselinge hitte, dat er een thermo-akoestische schokgolf ontstaat, een donderslag dus. Door die explosieve donderslag wordt het slachtoffer onmiddellijk van de bron weggeblazen. Het contact en de stroom duren daardoor slechts ongeveer een milliseconde. Gedurende die milliseconde kan al veel schade zijn aangericht. Vooral grote cellen (bijvoorbeeld spiercellen en zenuwcellen) zijn gevoelig en kunnen op

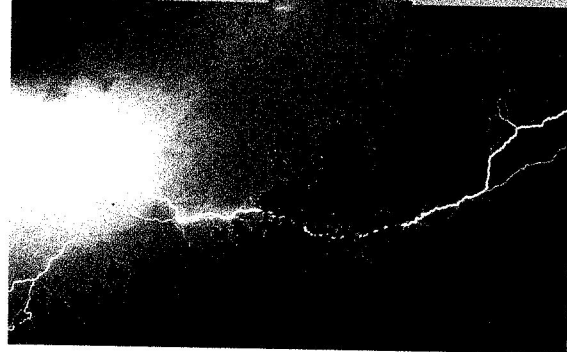
grote schaal aan stukken worden gereten. De patiënten die door hoogspanning getroffen bij ons werden binnengebracht, hadden bijna allemaal hetzelfde profiel. Ze waren voorin de dertig, en ze hadden zo'n vijf jaar voor het elektriciteitsbedrijf gewerkt. Kennelijk dat ze na ongeveer vijf jaar wat nonchalanter beginnen te worden met de veiligheidsvoorschriften."

"Voor mensen die door de bliksem worden getroffen is dit trouwens zelden dodelijk. De inslag gaat namelijk vrijwel altijd om iemand heen, en nooit door iemand heen. Ook duurt een blikseminslag maar een miljoenste seconde. Veel gevaarlijker is het als je op zo'n tien tot twintig meter afstand staat van bijvoorbeeld een boom die wordt geraakt. De plotselinge stroom door de grond veroorzaakt een magnetisch veld, dat heel snel in sterkte toeneemt. Een magnetisch veld dat snel verandert veroorzaakt op zijn beurt weer een elektrische spanning. Op die manier kunnen er duizenden volts spanningsverschil gegenereerd worden tussen verschillende delen van je lichaam. Ook kunnen in metalen die je als sieraad of als onderdeel van een kledingstuk draagt, enorme stroomstoten ontstaan. Dat veroorzaakt hitte. Kettinkjes en armbanden laten in zo'n geval permanente tatoeages achter. We hadden in het ziekenhuis in Chicago een keer een geval van zo'n rancher uit het westen van de VS. Hij was nogal stereotype en droeg zo'n gigantische belt-buckle, een soort van rijk geornamenteerde broekriemgesp. De afdruk daarvan stond na z'n overleefde blikseminslag permanent onder z'n navel gegraveerd."

Entry wound

"Zenuwcellen die de zintuiglijke waarneming en de motoriek besturen moeten heel snel zijn, daarom hebben ze een grotere diameter dan andere zenuwcellen. Zulke grote zenuwcellen zijn omgeven met een laag zogenaamde myeline. Als je MS hebt (multiple sclerose), dan wordt die myeline in feite aangevallen en afgebroken door het op hol geslagen, lichaamseigen immuunsysteem, zo is althans momenteel de gangbare theorie. Grote cellen zijn het meest kwetsbaar tijdens een elektrische schok, en juist daaraan ontstaat dan ook vaak schade bij elektrische schokken van meer dan 1000 V. De myelinelaag van die grote zenuwcellen wordt dan dikwijls aan stukken gereten. Meestal herstelt dat zich weer binnen een paar maanden. Heel soms kan de afweer van het eigen lichaam,





Blijf bij onweer altijd uit de buurt van hoge objecten, zoals bomen en masten!

door restanten myeline in de bloedbaan zich tegen het andere myeline keren, waardoor jaren later een soort MS ontstaat als vertraagd gevolg van zo'n schok."

"Wat je bij televisiemonteurs wel eens ziet is dat ze met hoogspanning in aanraking komen. Zo'n 'entry-wound', bijvoorbeeld op een hand, waar de spanning is binnengegaan, kan er heel intimiderend uitzien. Toch schuilt het gevaar in zo'n geval vaak elders. Stel, je hebt een spanningsverval tussen hand en schouder van 1000 volt. Dat is dan ongeveer een volt per millimeter. Spiercellen zijn vrij algemeen een millimeter of zo lang. De vloeistof binnen en buiten die cellen lijkt op zeewater en geleidt dus zeer goed. Er is dus geen spanningsverval binnen die vloeistof. De volle 1 V kan daardoor over het tussenliggende celmembraan komen te staan. Zo'n membraan is slechts vijf miljardste meter dik. Die ene volt geeft op zo'n klein stukje een enorm elektrisch veld (200 megavolt per meter). Het membraan stort meestal in onder invloed van zo'n veld. Zonder celmembraan sterven dergelijke cellen af, en het kan daardoor gebeuren dat er na een zware elektrische schok in boven- en onderarm onder de onbeschadigde huid massale celsterfte heeft plaatsgevonden. Dat is levensgevaarlijk, want met dode cellen in je lichaam kunnen er infecties optreden (gangreen en zo) die snel kunnen groeien."

"We hebben eens een geval gehad van een man die 5000 volt via zijn hand door zijn lichaam had gekregen. Hij had de pech dat hij in een afgelegen gehucht in Nebraska woonde. Toen hij naar zijn huisarts ging vanwege inwendige pijn in zijn boven- en onderarm, kreeg hij van de dokter (wellicht vanwege een vermeend placebo-effect) een soort gipsverband er omheen. De pijn verdween echter niet, en toen het gipsverband eraf ging, was de arm helemaal helemaal zwart geworden en afgestorven, zodat hij moest worden geamputeerd. Het is trouwens altijd verstandig om na een zware elektrische

schok (> 1000 V) een MRI-scan te laten maken van het betrokken lichaamsdeel. Daarbij gaat het meestal om de armen. Op zo'n scan kun je de interne schade meestal goed waarnemen. Als er cellen op grote schaal zijn afgestorven, dan moet dat afgestorven weefsel zo snel mogelijk door een chirurg worden verwijderd."

Microgolven

"Wanneer we over de gevaren van microgolven praten, zoals die bijvoorbeeld bij mobiele telefoons in gebruik zijn, dan zijn de fotonen van die microgolven gewoon niet energierijk genoeg om biomoleculen (DNA, eiwitten) in aangeslagen toestand te brengen (zoals het wit van een ei van dat gekookt wordt veranderd) en op die manier te beschadigen. De golven van een magnetronoven zitten op een golflengte die watermoleculen kan doen draaien. Water neemt die energie dus heel gemakkelijk op. Door de wrijving die dat draaien geeft wordt alles daarbij heet. Radiogolven van een lagere frequentie hebben nog minder energie. De reden dat golven van een nog kortere golflengte, en dan met name van ultraviolet licht en röntgenstraling, gevaar kunnen opleveren is dat fotonen elektronen 'weg kunnen kaatsen', en daardoor moleculen kunnen ioniseren. Als de verkeerde moleculen worden geïoniseerd, dan kun je kanker oplopen doordat DNA verandert. Fysisch (natuurkundig) gezien doen gewone microgolven in het radiobereik weinig anders dan de boel opwarmen. Ioniseren doen ze niet, en daarom kunnen ze op die manier ook geen kanker veroorzaken."

"Op dit moment ben ik betrokken bij het onderzoek naar het effect van 50 Hz-bronnen. Je scheerapparaat, je elektrische deken, de hoogspanningskabels et cetera. Allemaal bestoken ze je met 50 Hz elektromagnetische straling. 50 Hz is veel langzamer dan de meeste biologische processen in het lichaam op moleculair niveau. Waar je in wezen dan ook mee te maken hebt, is het effect van een stationair, een schijnbaar niet veranderend elektrisch veld. Gewoonlijk is er in de natuur tussen hemel en aarde al een elektrisch veld van een paar honderd volt per meter aanwezig. Dat was ook voor de uitvinding van elektriciteit door mensen al zo. Vlakbij een hoogspanningskabel kun je echter te maken hebben met een veld van 12.000 V/m. Het vervelende is dat de gevolgen voor de gezondheid nauwelijks te onderzoeken zijn. Bij epidemiologisch onderzoek kun je vrijwel niet nagaan of controleren in hoeverre mensen werkelijk bloot-

gesteld zijn. Er zijn in het dagelijks leven onvoorstelbaar veel 50 Hz-bronnen. Mooi zou zijn als je twee dorpen zou kunnen bestuderen, die demografisch gelijk zijn, maar waarvan er eentje onder een hoogspanningskabel ligt. Maar de onnauwkeurigheid van dergelijke onderzoeken is helaas nogal groot. Er zijn zoveel van die bronnen. Ook zijn er veel andere kanker- verwekkende factoren die per persoon verschillen en die niet in te calculeren zijn. Op één uitzondering na is het nooit gelukt om er daadwerkelijk effecten van te meten, en dat is leukemie bij kinderen. Maar ook daar steekt het aangetoonde effect maar net boven de onnauwkeurigheidsruis van de meting uit, en volgens sommige onderzoekers is dat zelfs niet voldoende om aan te tonen dat het werkelijk zo is. Ook dierproeven op dit terrein zijn moeilijk, omdat mensen vaak jarenlang blootstaan aan 50 Hz, en bijvoorbeeld ratten meestal niet lang genoeg leven om de menselijke blootstelling te imiteren. Verder zien bomen in de buurt van hoogspanningskabels er niet abnormaal of ongezond uit. Maar ja, dat zijn bomen, wat kun je daar voor conclusies aan verbinden...?"

Membraan

"Zelf werk ik met anderen aan een onderzoek naar een eventueel biofysisch (biologisch-natuurkundig) mechanisme achter een 50 Hz-effect. Ook hier komt een veld over het celmembraan te staan. Het veld zou daar eventueel activatiebarrières van chemische processen hoger of lager kunnen maken. Echter, een celmembraan heeft een grote interne elektrische weerstand, en een weerstand produceert altijd ruis. De spanningsfluctuaties ten gevolge van die ruis zijn groter, naarmate de weerstand groter is. Het lijkt er tot nog toe op dat de 50 Hz-effecten niet of nauwelijks boven die ruis uit kunnen komen. De Amerikaanse overheid doet via de NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences) veel werk aan dit probleem. (zie ook de links bij dit artikel). En ook de wereldgezondheidsorganisatie van de VN (WHO) geeft via internet veel goede informatie over dit onderwerp voor diegenen die er nog meer over willen lezen. "

<http://www.ecu.edu/physics/bier.html>
http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/EMF_DIR_RPT/Report_18f.htm
<http://www.niehs.nih.gov/external/faq/pwrlines.htm>
<http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/booklet/home.htm>