Vol goede moed op halve kracht

De LHC-versneller is hersteld, maar nog lang niet in orde. **Margriet van der Heijden**

Boven Deel van de 27 kilometer lange tunnel waarin de LHC-versneller, met ruim 1.600 supergeleidende magneten, ligt.
Links Tijdens de reparatie van LHC wordt een magneet (15 meter lang) naar de tunnel, op 100 meter diepte, getakeld.
Beneden Beschadigde magneten na het incident op 19 september 2008.
FOTO'S AP / CERN

'IK BEGRIJP NIETS van mensen die de kosmos willen doorgronden, terwijl het al moeilijk genoeg is om je weg te vinden in Chinatown', zei Woody Allen ooit.
Nee, het valt niet mee om de kosmos en haar bouwstenen te onderzoeken. Zelfs niet voor mensen die meer affiniteit met fysische wetten hebben dan met het gekrioel in overvolle stadswijken. De fysici en technici op Cern, het Europees instituut voor deeltjesonderzoek bij Genève, weten er alles van: 'hun' LHC-versneller, de krachtigste deeltjesversneller op aarde, vorig jaar op 10 september met veel bombarie geopend, ligt nog altijd werkeloos onder de grond.
Begin augustus maakte de nieuwe directeur-generaal van Cern, Rolf Heuer, bekend dat de reparatie van de machine opnieuw was uitgelopen. De LHC-versneller zal pas in de loop van november weer worden aangezet. Dat is 14 maanden nadat (op 19 september 2008) een kortsluiting in de elektrische verbinding tussen twee supergeleidende magneten zo'n onverwachte kettingreactie teweegbracht dat een deel van de versneller ontwricht raakte [zie ook kader].
DG Heuer maakte nóg iets bekend: als de LHC-versneller opstart, zal hij op halve kracht draaien. Dat wil zeggen – de deeltjes (protonen) die in deze 27 kilometer lang versneller rondcirkelen (met de klok mee én tegen de klok in), worden opgejaagd tot een energie van 3,5 TeV (tera-elektronvolt). Alleen als dat goed gaat, zal daarna, in de loop van 2010, hun energie behoedzaam verder worden opgevoerd tot 5 TeV.
Maar van 7 TeV, de energie waarop de LHC-versneller toch is ontworpen, is voorlopig geen sprake. Om bij die energie te draaien, zo valt op te maken uit technische rapportages, zullen vermoedelijk eerst *alle* 10.000 vergelijkbare elektrische verbindingen tussen de 1.624 ijskoude supergeleidende magneten in de versneller moeten worden aangepast [zie ook kader].

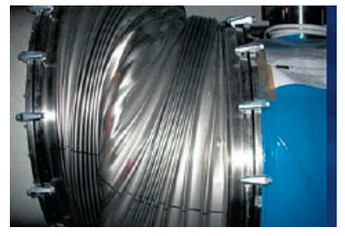
BEHOEDZAAMHEID "Natuurlijk, veiligheid gaat voor alles, daar ben ik het helemaal mee eens", zegt Paul de Jong. Hij is adjunctleider van de groep van het NIKHEF, het Nederlands instituut voor deeltjesfysica, die aan het grote ATLAS-experiment op het Cern werkt. De enorme ATLAS-detector is zo hoog als een gebouw met vijf verdiepingen, zit vol uiterst fijngevoelige en ingenieuze meetinstrumenten, en staat op een punt waar de in tegengestelde richting draaiende deeltjes op elkaar botsen. Uit miljarden botsingfragmenten moet die ATLAS-detector 'nieuwe', tot dusver onontdekte bouwstenen van de materie vissen – het zogeheten Higgsdeeltje, zo hoopt men, en wellicht ook zoiets als 'supersymmetrische' deeltjes.

'Juist de enorme kracht van de LHC-versneller maakt nu iedereen zo behoedzaam'

Alleen: hoe verstandig ook, jammer is de behoedzaamheid wel, vindt De Jong. "Met de gegevens die we bij 3,5 TeV verzamelen, kunnen we heel goed de werking van de ATLAS-detector bestuderen, en die complexe detector steeds beter leren begrijpen. Maar het doel is natuurlijk om nieuwe deeltjes, nieuwe fysica, te ontdekken. Én om daarbij de Tevatronversneller bij het Fermilab in de Verenigde Staten te verslaan. Draaien bij 5 TeV is daarvoor excellent. Maar met 3,5 TeV zitten we op het randje."
Een 'incident', en geen 'accident', geen ongeluk, noemde Robert Aymar vroeg in de zomer het stilvallen van LHC. De Fransman Aymar was directeur-generaal van Cern van begin 2004 tot eind 2008. Het was, zei hij, een probleem met één van de vele duizenden elektrische verbindingen tussen en in de magneten, en dat probleem was helaas ook na drie keer testen onopgemerkt gebleven.
Maar ingewijden van Cern zeggen nu dat de versneller hoe dan ook 'geknald' zou zijn – was het niet bij deze elektrische verbinding geweest, dan wel bij een andere.
Dat bleek feitelijk ook uit de voordracht, op 2 juli, van Steve Myers. Hij is sinds begin dit jaar verantwoordelijk voor het reilen en zeilen van de LHC-versneller. Bij uitgebreide tests, zo liet hij in een bomvol Cern-auditorium zien, werden een stuk of tien andere elektrische verbindingen gevonden die minstens zo gammel waren. Die hadden dus eveneens tot kortsluiting – en mogelijk tot de bijbehorende kettingreactie – kunnen leiden.
Het probleem, legde Myers uit, zit in het koperdraad. Dat ligt op de supergeleidende elektrische verbindingen en moet de stroom opvangen als de temperatuur in de supergeleidende materialen oploopt en daarmee de elektrische weerstand. Op de 'rampplek' (en op een tiental andere plaatsen) was dat koperdraad zo slecht aan elkaar gesoldeerd dat de stroom alsnog een uitweg via het supergeleidende materiaal zocht. Dat raakte daardoor zo oververhit dat het smolt – met kortsluiting tot gevolg.
Erger: gemiddeld genomen zouden al deze verbindingen *niet* betrouwbaar genoeg zijn om de sterke elektrische stroom op te vangen die door de magneten wordt gejaagd als die, met zeer sterke magnetische velden, de deeltjes op koers moeten houden bij 7 TeV.
De huidige reparatie van de versneller – inclusief het repareren van de slechtste verbindingen - bedraagt zo'n 16,5 miljoen euro. Steve Myers schetste daarnaast een veel uitgebreider 'consolidatiescenario' om de versneller op 7 TeV voor te bereiden. Uitgevoerd tijdens de winterstops zou dat vijf jaar in beslag kunnen nemen en zo'n 130 miljoen euro kosten.

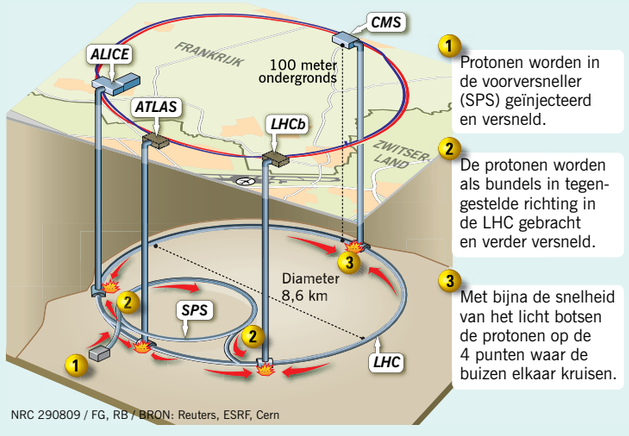
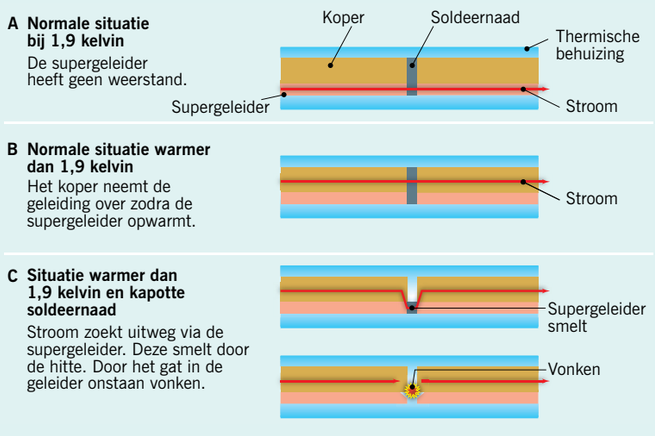
REPUTATIE Het zijn aanloopproblemen, zeggen sommige fysici. Er is nog nooit een versneller geweest die probleemloos kon worden aangezet. En: de LHC-versneller is niet alleen de krachtigste op aarde (op papier), maar bovendien ongekend complex en zit vol hightech die zijn weerga niet kent. Zelfs voor de versnellerexperts van Cern, met een grote reputatie en een halve eeuw ervaring, is dat ongeëvenaard.
"Juist die enorme kracht van de versneller maakt iedereen nu zo behoedzaam", zegt Michiel Botje. Hij is, eveneens namens het NIKHEF, betrokken bij een ander groot LHC-experiment: ALICE. De energie van de minuscule protonen in de versneller bij vol vermogen is groot genoeg om 400 kilo koper te smelten, memoreert hij nog maar eens. Het vermogen dat de supergeleidende magneten op dat moment afnemen zou een Airbus A380 met 800 kilometer per uur kunnen voortstuwen. Ofwel: het is geen sinecure om dat onder controle te houden.
Het lijkt nog een geluk bij een ongeluk dat de zaak juist op deze plek is geklapt, ver van de grote detectoren vandaan. Botje: "Je bent bij zoiets natuurlijk altijd bang dat de detector wordt beschadigd. Daar is twintig jaar aan gewerkt door honderden mensen. Dat zou echt een ramp zijn."

PROMOVENDI De fysici op Cern zijn nog steeds vol goed moed, zeggen zij zelf. Voor promovendi is het waarschijnlijk het vervelendst. Alexander Doxiadis, promovendus bij het ATLAS-experiment, vertrok vorig jaar na twee jaar voorbereiding naar Cern, omdat daar de metingen zouden beginnen. "En toen dat misliep, was er niet direct iets anders te doen. Natuurlijk, je vindt altijd wel een klusje, en je kunt computersimulaties draaien..., maar al met al was Cern veel minder inspirerend dan het had kunnen zijn. Ook omdat iedereen zo teleurgesteld was."
Doxiadis keerde eerder naar het NIKHEF in Nederland terug en is alvast zijn proefschrift aan het schrijven. Zo hoopt hij tijd over te houden om volgend jaar (hij moet eind 2010 promoveren) op de valreep nog meetgegevens te analyseren – in zijn geval aan het zogeheten topquark. "Met wat optimisme denk ik dat er in mijn proefschrift zeker een plotje zal staan, maar of dat veel betekenis zal hebben?"
"Het hoort bij het spel", vindt Botje van het NIKHEF. "Als er meetgegevens binnenstromen kun je op Cern een enorme klapper maken, maar je loopt óók het risico dat je met lege handen staat."
"Voor Amerikaanse promovendi ligt het anders", zegt De Jong. "Bij ons moet je, wat er ook gebeurt, in vier jaar klaar zijn. In Amerika moet je, wat er ook gebeurt, op echte data promoveren. Ik zie dus veel Amerikaanse promovendi naar de vs, naar Fermilab, terugkeren omdat ze daar wél aan meetgegevens kunnen werken."
Last hebben ze daar op het Cern nog niet van, zegt De Jong. Maar het moet niet weer misgaan. Want op Cern weten ze ook: nog zo'n vertraging en dan lopen meer mensen weg. ●



WAT ER MISGING MET DE LHC-VERSNELLER, EN HOE DAT VERHOLPEN IS

Wat ging op 19 september 2008 mis?
- In de LHC-versneller, met een omtrek van 27 kilometer, houden 1624 supergeleidende magneten de met bijna de lichtsnelheid voortrazende deeltjes (protonen) in het gareel *[Figuur onder, links]*. De magneten bestaan uit wikkelingen van supergeleidend materiaal waar een elektrische stroom doorheen wordt gestuurd. Als het materiaal gekoeld is tot 1,9 kelvin (1,9 graad boven het absolute nulpunt) ondervindt die stroom vrijwel geen weerstand. Dat maakt het mogelijk om met een sterke stroom krachtige magneetvelden (tot 8,3 tesla) op te wekken.
-Vorig jaar trad een 'quench' op in één van die magneten. Door een lokale instabiliteit of onzuiverheid verliest het supergeleidende materiaal dan, ook lokaal, zijn supergeleiding. De stroom ondervindt ineens weerstand. De vrijkomende hitte verwarmt daarna de rest van de magneet op, die zo eveneens zijn supergeleiding kwijtraakt. Het probleem begon in een van de supergeleidende verbindingen tussen de magneten. Die dunne verbindingen zijn gecombineerd met koperdraad. Dat koper vangt de sterke stroom (8.300 ampère voor een deeltjesenergie van 5 TeV, 11.850 ampère voor 7 TeV) op als de supergeleidende draad door opwarming zijn supergeleiding verliest. Zo moet het koper voorkomen dat de supergeleidende draad smelt [*Figuur rechtsboven*].
- Op 19 september leidde een defecte soldeerverbinding in het koper ertoe dat de elektrische stroom toch een brugge-tje maakte via de supergeleidende draad (het geheel is niet dikker dan een kauwgummetje). Door oververhitting smolt deze en dat trok een vonk. Later zijn nog zo'n tien andere verbindingen gevonden met zulke soldeerproblemen [*Figuur rechtsonder*].
- De vonk sloeg een gat in de behuizing van het helium, dat de magneten afkoelt. Daardoor ontsnapte vliegensvlug twee ton snel opwarmend en daardoor onder hoge druk gerakend helium. Dat ging met zo'n kracht dat naburige magneten van hun verankering in de betonnen vloer werden geschoven. Isolatiemateriaal uit de heliumbehuizing vervuilde ongeveer twee kilometer van de vacuüm bundelpijp, waar vlak daarvoor nog de deeltjes doorheen raasden. Op kortere afstanden was er roetvervuiling in de vacuümbuis. De 'quench' plantte zich intussen voort in een trits naburige magneten: 39 dipoolmagneten (15 meter lang, die de deeltjes op koers houden) en 14 kleinere quadrupool magneten (die de deeltjesbundel in vorm houden) vielen uit.
Wat is er daarna gebeurd?
- De 53 kapotte magneten zijn allemaal vervangen.
- Om toekomstige kortsluitingen te voorkomen zijn de duizenden elektrische verbindingen tussen en in de magneten gecontroleerd. Een tiental even gammele verbindingen is gerepareerd. Verschillende inspecties van de verbindingen - met het oog, met ultrasound, met gammastralen en weerstandsmetingen - zouden daarna hebben uitgewezen dat het veilig is de machine bij 3,5 TeV en bij 5 TeV te laten draaien.
- Om kortsluiting voortaan voor te zijn, werden extra bewakingssystemen ingevoerd.
-Om nieuwe fatale kettingreacties uit te sluiten zijn extra veiligheidskleppen ingebouwd die helium kunnen afvoeren als de druk oploopt. Daarnaast is de verankering van de magneten verzwaard, en zijn systemen ingebouwd die de bij een quench vrijkomende energie sneller afvoeren.
- De bundelpijp is weer schoongemaakt.
- De machine zal echter voorlopig niet draaien bij de hoogst mogelijk energie, 7 TeV. Daarvoor is er te weinig vertrouwen in de elektrische verbindingen. Volgens ingewijden zullen die wellicht allemaal van een klem moeten worden voorzien. Dat zou een langdurige zaak worden; vandaar dat LHC-manager Steve Myers over een scenario tot 2014 sprak. Er worden ook nog andere scenario's onderzocht, zegt Cern-woordvoerder James Gillies. Of die optimistischer zijn kan hij niet zeggen.



NRC 290809 / FG, RB / BRON: Reuters, ESRF, Cern