



Dit document is opgesteld in het kader van de portfolio-evaluatie van de KNAW- en NWO-instituten in 2018.

Missie

Nikhef verlegt de grenzen van kennis over elementaire bouwstenen en krachten en bestudeert daartoe de bouwstenen van ons universum op de kleinste haalbare afstandsschaal, met de hoogst mogelijke energie en met de grootste nauwkeurigheid. Daarbij volgt Nikhef twee complementerende benaderingen:

- Deeltjesfysica met versnellers: hierbij worden botsingen tussen deeltjes met de hoogste energie bij de deeltjesversnellers op CERN bestudeerd;
- Astrodeeltjesfysica: de speurtocht naar en de studie van deeltjes en velden uit het universum.

Het Nikhef-samenwerkingsverband coördineert deze experimentele activiteiten in Nederland. Het onderzoek van Nikhef is gebaseerd op de ontwikkeling van innovatieve technologie. De overdracht van technologie naar de industrie is een integraal onderdeel van de activiteiten. Daarnaast zet Nikhef zich sterk in voor de overdracht en verspreiding van kennis naar het algemene publiek en onderwijs.

Totstandkoming en historische ontwikkelingen

Wat we nu kennen als Nikhef begon in 1946 in een oude gasfabriek in de Watergraafsmeer in Amsterdam onder de naam Instituut voor Kernfysisch Onderzoek. Het was een publiek-private samenwerking avant la lettre van de net opgerichte Stichting FOM, de gemeente Amsterdam en Philips met als doel onderzoek te doen in de kernfysica onder meer met behulp van een door Philips geleverd cyclotron.

In 1975 werd mede op instigatie van de latere Nobelprijswinnaar Tini Veltman het Nikhef samenwerkingsverband opgericht: het Nationaal Instituut voor Kernfysica en Hoge-Energie Fysica. Hierin werden, zoals de naam al zegt, de kernfysica-activiteiten van onder meer de Vrije Universiteit en later de Universiteit Utrecht samengebracht rond de in Amsterdam gebouwde Medium Energy Accelerator (MEA, later voorzien van een Pulse stretcher – AmPS) en de op CERN gerichte onderzoeksactiviteiten van de Universiteit van Amsterdam en de Katholieke Universiteit Nijmegen.

Vanaf het begin was Nikhef betrokken bij het hart van de CERN-activiteiten. Tot ongeveer 1975 werden sporen van deeltjes gemeten met de inmiddels ouderwetse bellenvaten. Het UA1-experiment van de SPS-versneller werd een activiteit van Nikhef op CERN en leidde tot de ontdekking van W- en Z-deeltjes. Later werd Nikhef nauw betrokken bij de ontwikkeling en het bedrijven van de experimenten Delphi en L3 van de LEP-versneller. Daarnaast werd het versnelleronderzoek van Nikhef uitgebreid onder andere door deelname aan de ZEUS en HERMES-experimenten bij DESY in Hamburg.

Na de millenniumwisseling werden de nationale activiteiten van de MEA-AmPS-versneller afgesloten en daarmee het kernfysisch onderzoek losgelaten. De activiteiten bij DESY liepen ten einde en ook de LEP-versneller werd in het najaar van 2000 gesloten om plaats te maken voor de LHC. Nikhef koos opnieuw voor de meest relevante versnellerfysica en concentreerde zich op de experimenten ATLAS, LHCb en ALICE bij de LHC. Nikhef levert nog altijd zowel in de instrumentatie als in de analyse en theorie cruciale bijdragen met als hoogtepunt de ontdekking van het Higgs-deeltje in 2012.

In 2000 werd een begin gemaakt met astrodeeltjesfysica-activiteiten waarbij deeltjesfysicotechnieken worden gebruikt om deeltjes en velden uit het universum te bestuderen. Het eerste project betrof de Antares detector in de Middellandse zee om kosmische neutrino's waar te nemen. Momenteel wordt deze activiteit opgevolgd door de veel grotere KM3NeT-neutrinodetector. Astrodeeltjesfysica nam een verdere succesvolle vlucht door de deelname aan het Pierre Auger Observatorium in Argentinië (ultra hoog energetische, kosmische straling) en later aan Virgo (zwaartekrachtgolven, Italië) en XENON (donkere materie, Italië). Eén van de hoogtepunten is de recente ontdekking van zwaartekrachtgolven die ontstaan door samensmeltende zwarte gaten of neutronsterren diep in het heelal.

Deze forse missieverandering, het verlaten van de kernfysica en het starten van de astrodeeltjesfysica, gebaseerd op veranderingen in het internationale onderzoeklandschap, zijn door veel van de voormalige Nikhef-kernfysici bewonderenswaardig geaccepteerd. De afkorting Nikhef was inmiddels

een begrip en werd gehandhaafd, maar de omschrijving luidde voortaan: Nationaal instituut voor subatomaire fysica.

Sinds de toetreding van de Rijksuniversiteit Groningen begin 2016 bestaat het samenwerkingsverband Nikhef uit het NWO-instituut Nikhef en de subatomaire fysica-activiteiten van vijf universitaire partners: UvA, VU, UU, RU en RUG.

Rol en meerwaarde

Het internationale, experimentele onderzoek van Nikhef is *Big Science*. Dit onderzoek kenmerkt zich door grootschalige infrastructuur en samenwerking in grote verbanden. De experimenten in de deeltjesfysica duren vele jaren en lange-termijncommitment is een voorwaarde voor succesvolle deelname.

De kern van de nationale samenwerking van het Nikhef-samenwerkingsverband is verwoord in de eerste overweging van de Nikhef-bestuursovereenkomst: 'het belang van het vakgebied van de subatomaire fysica vraagt dat het experimentele onderzoek dat wordt uitgevoerd in de verschillende organisaties nationaal wordt gecoördineerd in één gezamenlijk programma;'. Deze overeenkomst is afgesloten tussen de CvB's van de partneruniversiteiten en NWO. Op basis hiervan coördineert Nikhef de activiteiten in Nederland in de experimentele (versneller-gebonden) deeltjesfysica en astrodeeltjesfysica.

De kracht van het samenwerkingsverband ligt in de integrale benadering van de deelname aan (internationale) experimenten. Dit geldt in het bijzonder (maar niet alleen) bij CERN waar Nikhef de brugfunctie tussen de internationale faciliteiten en de nationale universiteiten vervult. Nikhef brengt als een van de weinige instituten in Europa die integrale benadering in: van ontwerp en bouw van zeer geavanceerde instrumentatie (mechanica, elektronica, computing) tot en met de analyse van de data, waarbij de instrumentatie-expertise een competitief voordeel biedt. Dit voordeel is zo evident voor de universitaire partners dat zij bereid zijn een

belangrijk deel van hun wetenschappelijke autonomie op te geven en zich aan te sluiten bij de wetenschappelijke keuzes die het samenwerkingsverband maakt.

De totstandkoming van het gehele wetenschappelijk programma vindt plaats onder verantwoordelijkheid van de Nikhef-directie. Uiteraard vindt overleg plaats met de universitaire partners, maar uiteindelijk coördineert de directeur het wetenschappelijke programma. Daarbij wordt hij van advies voorzien door de internationaal samengestelde Scientific Advisory Committee. Het programma en de bijbehorende begroting inclusief de middelen van de universitaire partners worden bekrachtigd in het Nikhef-bestuur, samengesteld uit (twee) NWO-vertegenwoordigers en de decanen van de universitaire partners.

De primaire focus van Nikhef is nieuwsgierigheidsgedreven onderzoek dat de grenzen van onze fundamentele kennis over de bouwstenen en interacties van het universum verlegt. Dit focuspunt is ook onderdeel van de Nationale Wetenschapsagenda waar Nikhef de trekker is van de route Bouwstenen der Materie en fundamenten van Ruimte en Tijd.

Nikhef is zeer selectief in zijn keuzes voor deelname aan (internationale) experimenten. Leidraad is dat deelname van Nikhef verschil moet maken (focus en massa). De inbreng vanuit Nikhef (inzet van staf, technici, faciliteiten) wordt altijd vanuit het gehele samenwerkingsverband gezien, onafhankelijk van de vraag of die door universitaire partners of het NWO-instituut zal worden geleverd. Subsidieaanvragen voor grootschalige activiteiten worden dan ook stevast als samenwerkingsverband ingediend. Voorbeelden zijn het LHC-fysica-programma dat Stichting FOM in 2013 honoreerde en de Roadmap-subsidie die NWO in 2014 toekende voor de upgrade van de LHC-detectoren. Deze sterke samenhang is ook de reden dat de SEP-evaluaties van het NWO-instituut (2000, 2007, 2011, 2017) altijd het gehele samenwerkingsverband betroffen: onderscheid tussen instituut en universitaire groepen is daarbij niet relevant.



■ (internationale) experimenten waarbij Nikhef betrokken is.

■ samenwerkingen - theorie, colleges, gasten.

Dankzij de hoge organisatiegraad van het Nederlandse sub-atomaire fysicaonderzoek in het Nikhef samenwerkingsverband heeft Nederland een meer dan gemiddelde impact in het internationale krachtenveld. Dit wordt bij SEP-evaluaties keer op keer bevestigd.

Nikhef heeft het belang van industriële en maatschappelijke toepassingen van zijn onderzoek altijd erkend. Dit is echter uitdagend, omdat een gemeenschappelijk onderzoeksdoel van industrie en Nikhef geen vanzelfsprekendheid is. De industrie is niet zo zeer geïnteresseerd in de ontdekking van het Higgs-deeltje of van zwaartekrachtsgolven als wel in de technologieën die bij deze ontdekkingen gebruikt worden. Een voorbeeld is onze samenwerking met Shell. Deze is gecentreerd rond de ontwikkeling van *ultra low power* seismische sensoren. Deze expertise hebben we gegenereerd in het kader van onze gravitatiegolven-detectieactiviteiten. Dit resulteerde in een reeks projecten in een onderzoekssamenwerkingsovereenkomst met Shell. Ook de Nikhef-spin-off Innoseis kwam hieruit voort en een project voor de ontwikkeling van een speciale ASIC voor het uitlezen van deze sensoren.

De ontwikkeling van spin-offs gebaseerd op Nikhef-technologie stimuleert Nikhef sinds 2011 actief, wat onder meer resulteerde in het al genoemde Innoseis en in het bedrijf Amsterdam Scientific Instruments (ASI). In 2014 is in hetzelfde kader het CERN Business Incubation Centre (CERN-BIC) opgericht. Het contract met CERN wordt binnenkort vernieuwd, waarbij een samenwerking zal worden aangegaan met niet alleen het Amsterdam Science Park, maar ook met High Tech XL (Eindhoven) en Brightlands (Limburg).

Natuurlijk koestert Nikhef ook zijn bestaande, succesvolle, marktgerichte activiteiten, vooral die van het datacenter. Financieel kan het Nikhef-datacenter als de meest waardevolle valorisatie-activiteit worden beschouwd. Door zijn geschiedenis als Internet Exchange-hub heeft het datacenter een hoge rang weten te behouden op de wereldwijde connectiviteitslijst met ongeveer 160 verbonden netwerken.

Positie in het kennis- en maatschappelijk landschap

Nikhef is primair een samenwerkingsverband tussen het NWO-instituut en de partneruniversiteiten. De rolverdeling tussen deze partijen heeft zich in de afgelopen decennia op natuurlijke wijze ontwikkeld. Van de wetenschappelijke, vaste staf in het samenwerkingsverband (ongeveer zeventig fte) wordt meer dan de helft door de universiteiten geleverd. In de regel bekleden universitaire medewerkers (hoogleraren) ook de positie van leider van één van de wetenschappelijke programma's. De universitaire partners profileren zich in het samenwerkingsverband meestal door twee Nikhef-activiteiten 'in huis'.

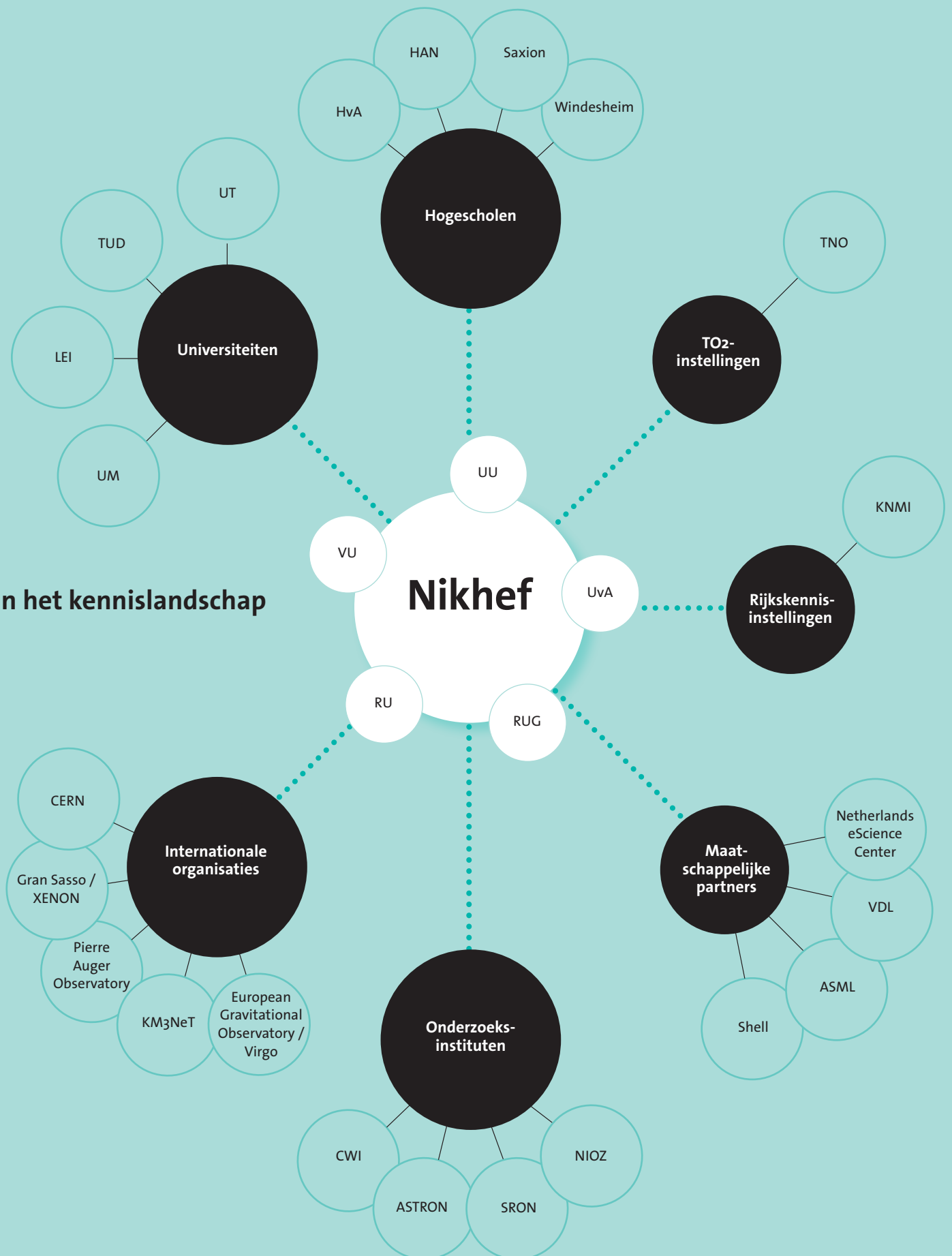
De technische ondersteuning en faciliteiten zijn veelal geconcentreerd in het NWO-instituut. Tijdelijk, wetenschappelijk personeel (ongeveer honderd promovendi en dertig post-docs) is voor het merendeel in dienst bij het NWO-instituut. Werving en selectie van (vaste) wetenschappelijke staf, of dat nu een universitaire- of NWO-I-positie betreft, vindt plaats met vertegenwoordiging vanuit het samenwerkingsverband.

Nikhef trekt nationaal en internationaal talent aan en ontvangt typisch tientallen sollicitaties tijdens wervingsprocedures. De opleiding en begeleiding van promovendi is ondergebracht in de nationale Onderzoeksschool Subatomaire Fysica (OSAF) voor experimentele deeltjesfysica en de Dutch Research School of Theoretical Physics (DRSTP) voor theoretische fysica. Nikhef heeft ook banden buiten de (universitaire) partners die de bestuursovereenkomst hebben getekend: de staf van Nikhef is actief (als bijzonder hoogleraar of via een deeltijdaanstelling als UHD) bij de Universiteit Twente, de Technische Universiteit Delft en de Universiteit Leiden.

Vooruitblik en strategie

De komende jaren worden gekenmerkt door het verzamelen van wetenschappelijke data met een grote verscheidenheid aan instrumenten. Hiermee zal de deeltjesfysica een

In het kennislandschap



● de grootte van de zwarte cirkel geeft de intensiteit van samenwerking aan

volgende stap zetten in het begrijpen van het universum in termen van zijn fundamentele bouwstenen.

De LHC op CERN levert momenteel een ongekeerde hoeveelheid botsingen (hoge luminositeit) wat leidt tot een stortvloed aan wetenschappelijke resultaten. Het Higgs-deeltje kan met grote precisie worden bestudeerd en de ontdekkingsreis naar nieuwe, elementaire bouwstenen is in volle gang.

Ook de astrodeeltjesfysica-experimenten leveren relevante en spannende resultaten. Gravitatiegolven onthullen het fundamentele gedrag van ruimte en tijd en leiden tot een volstrekt nieuwe manier van bestuderen van het universum. Nikhef koestert grote ambities op het gebied van gravitatiegolven voor de komende decennia. Nikhef onderzoekt de mogelijkheid om de toekomstige interferometer, de prestigieuze internationale Einstein Telescoop, in Nederland te hosten.

Verder levert Nikhef cruciale bijdragen aan KM3Net om neutrino's te bestuderen in de diepe Middellandse Zee. De voortzetting van Dark Matter-onderzoek met de XENON-detectoren en ultrahoge, energetische, kosmische stralen met het Pierre Auger Observatorium in Argentinië zijn een centraal onderdeel van de strategie van Nikhef.

In de nabije toekomst neemt Nikhef actief deel aan upgradeplannen van de LHC-experimenten en voortzetting van de bouw van de astrodeeltjesfysica-projecten. Voor de interpretatie van de gegevens is de samenwerking tussen theoretische en experimentele analyse-inspanningen onmisbaar.

De resultaten in de komende jaren zijn cruciaal voor de toekomst van de deeltjesfysica. Rond 2020 zal de CERN-strategie voor de langere termijn worden opgesteld. Uiteraard wordt de Nikhef-strategie aangepast aan de uitkomst van deze internationale discussies waaraan Nikhef zelf actief deelneemt. Samengevat luidt de Nikhef-strategie voor de komende jaren 2017-2022:

Proven approaches

- constructie van de upgrades van ATLAS, LHCb en ALICE en exploitatie van de meetgegevens;
- constructie van KM3NeT en exploitatie op het gebied van neutrino(astro)fysica;
- consolidatie van de astrodeeltjesfysica-experimenten Advanced Virgo, Auger en XENON.

New opportunities

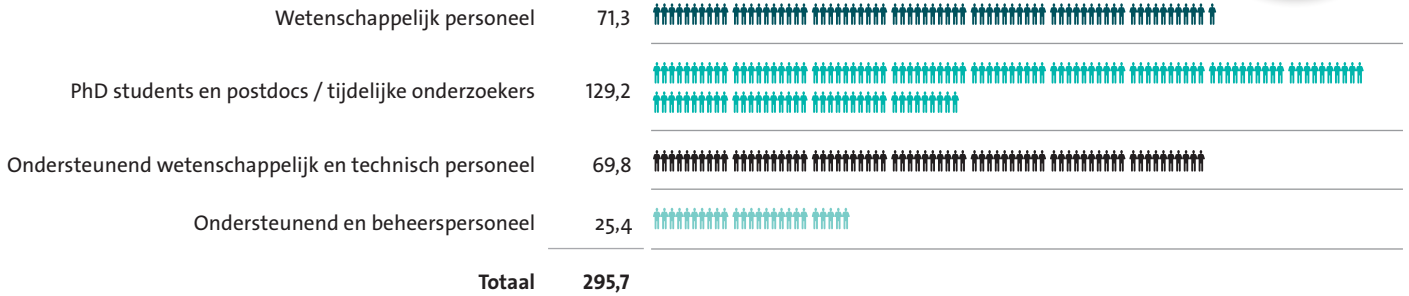
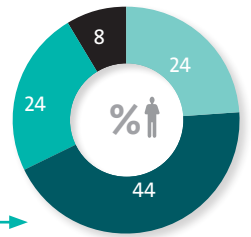
- *in-house* (RUG) bepaling van het elektron dipoolmoment met ongekeerde precisie;
- voorbereidingen voor een nieuw tijdperk van versnellers van hoge energie en intensiteit, zoals ILC, DUNE en FCC;
- voorbereiding voor het plaatsen van een bod om de Einstein Telescope in Nederland te hosten.

Beyond scientific goals

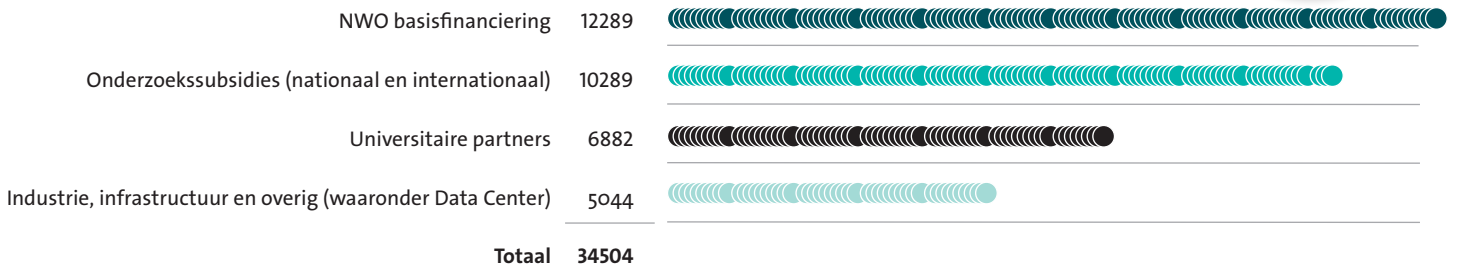
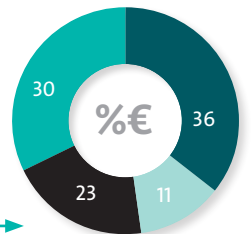
- verdere intensivering van contacten met de industrie en andere partijen in termen van overdracht van kennis, gegenereerd op Nikhef;
- opleiden en aantrekken van een nieuwe generatie wetenschappers en ingenieurs;
- inspireren van het algemene publiek dat geïnteresseerd is in wetenschap van Nikhef;
- modernisering van de huisstijl en renovatie van het Nikhef-instituut.



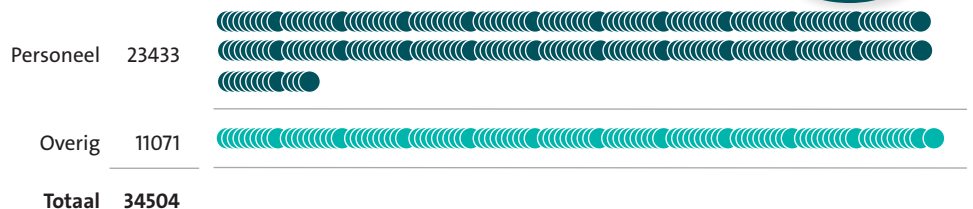
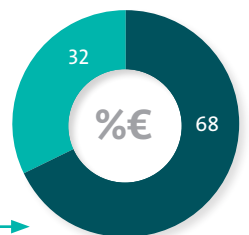
Opbouw staf fte in 2016



Inkomsten x 1000 € in 2016



Uitgaven x 1000 € in 2016



Samenvatting SEP-evaluatie¹

De afgelopen evaluatieperiode was Nikhef betrokken bij twee grote wetenschappelijke ontdekkingen: het Higgs-boson en zwaartekrachtsgolven. Nikhef is niet alleen een instituut, maar ook een samenwerkingsverband tussen NWO en vijf universiteiten. Dat is zo met elkaar vervlochten dat Nikhef alleen als samenwerkingsverband naar buiten treedt en dus ook als samenwerkingsverband wordt geëvalueerd.

Beoordeling

De commissie schrijft over Nikhef als “a world-leading laboratory in accelerator and astroparticle physics, with an outstanding record in the extraction of physics from frontier experiments in several domains supported by strong technical and theory groups”. De manier waarop het samenwerkingsverband zorgt voor nationale afstemming in het vakgebied, toegang tot grote internationale experimenten, samenwerking tussen groepen aan verschillende universiteiten en het delen van technische infrastructuur (de werkplaats) is jaloersmakend volgens de commissie.

Wetenschappelijke kwaliteit: score 1

De commissie beoordeelt de wetenschappelijke kwaliteit van het Nikhef unaniem als *world-leading*. De commissie komt tot dat oordeel omdat ook bijna alle programmalijnen *world-leading* zijn (een enkele *excellent* want “bestaat te kort om al te kunnen beoordelen”).

Maatschappelijke impact: score 1

De commissie beoordeelt de maatschappelijke bijdrage van

¹ Samenvatting van de instituutsevaluatie op basis van het Standard Evaluation Protocol. De drie evaluatiecriteria – *research quality*, *societal relevance*, *viability* – werden in kwantitatieve en kwalitatieve termen beoordeeld (score 1: world leading/excellent; score 2: very good; score 3: good; score 4: unsatisfactory). De onderwerpen *PhD-programmes*, *research integrity* en *diversity* werden alleen in kwalitatieve termen beoordeeld. Tevens beantwoordde de evaluatiecommissie enkele vragen geformuleerd door het NWO-bestuur; een generieke vraag betrof de meerwaarde van het instituut in de nationale context en zijn internationale positie.

het Nikhef als *outstanding*. Van de proactieve bijdrage van Nikhef aan de maatschappij geeft de commissie diverse voorbeelden waaronder de NWA, het goed terecht komen van alumni, de *media coverage* bij ontdekkingen en de topsector HTSM-deelname.

Toekomstbestendigheid: score 2


De commissie is van mening dat Nikhef de laatste jaren excellentie, strategische keuzes heeft gemaakt ten aanzien van zijn wetenschappelijke programma en daarmee een jaloersmakende positie heeft als het gaat om het meewerken aan toekomstige, wetenschappelijke ontdekkingen. Wel maakt de commissie zich zorgen over de vraag of het verkrijgen van langetermijnprogrammafinanciering binnen het nieuwe NWO nog wel mogelijk zal zijn. Daarnaast omarmt de commissie de wens van Nikhef om zijn gebouw te renoveren.

PhD-programma's, integriteit en diversiteit, meerwaarde

Nikhef verzorgt een wetenschappelijk opleidingsprogramma voor PhD-studenten (102 in 2016). En – met oog op toekomstige carrières buiten de wetenschap – ook extra curriculaire cursussen waaronder een cursus bedrijfsmanagement. Studenten worden intensief begeleid. PhD-studenten zijn vol lof over de zorgvuldige begeleiding, arbeidsvoorwaarden en de open en samenwerkende cultuur binnen Nikhef. De uitval onder PhD-studenten is dan ook laag, gemiddeld behalen zij binnen 55 maanden hun PhD en verkrijgen zij na hun PhD goede posities binnen en buiten de wetenschap.

Nikhef committeert zich aan de NWO-integriteitsregels. Daarnaast volgen studenten cursussen in het op integere wijze produceren van publicaties. Ook hanteert Nikhef interne peer-reviews om plagiaat tegen te gaan. De commissie is van mening dat Nikhef integriteit in bredere zin zou kunnen bezien en er een integraal onderdeel moet maken van de opleiding. Ook adviseert de commissie Nikhef maatregelen te formuleren in geval integriteit geschonden wordt.

Vijftig procent van de PhD-studenten, 20-30% van de staf en veel ondersteunend personeel van Nikhef in afkomstig van



landen buiten Nederland. Nikhef biedt een open werkomgeving voor interculturele samenwerking. Meer dan 70% van de postdocs is tussen de 30 en 40 jaar oud. Vrouwelijke wetenschappers zijn ondervertegenwoordigd, vooral in de hogere posities.

Nikhef biedt nationaal een cruciaal platform voor wetenschappelijke en technische samenwerking. Internationaal maakt Nikhef 'Big science' experimenten mogelijk waarbij het samenwerking tussen Nederlandse en internationale experts faciliteert. Nikhef is gastheer van geavanceerde infrastructuur en biedt een concentratie aan kennis van computing, software, mechanische en elektronische technologie waardoor Nederland zich internationaal kan meten en ook vragen ook vanuit de private sector kan oplossen.

Conclusies en aanbevelingen

De commissie taxeert het Nikhef (samenwerkingsverband) als *outstanding* en behorend tot de absolute wereldtop, veel beter dan verwacht mag worden van een instituut met zijn huidige grootte en middelen. De commissie complimenteert Nikhef met haar strategische keuzes in zijn wetenschappelijke programma en memoreert de *outstanding* contributie die Nikhef levert aan de ontwikkeling van nieuwe hardware- en *computing*-technieken.

De commissie geeft een elftal aanbevelingen mee aan Nikhef en NWO. De aanbevelingen aan Nikhef betreffen lidmaatschap van EGO/VIRGO, PhD-programma's, *research integrity* en *diversiteit*.

De commissie merkt op dat ze Nikhef van harte steunt in zijn poging om de Einstein Telescoop naar Nederland te halen.

De commissie adviseert NWO om in zijn financieringsinstrumentarium ook een plek in te ruimen voor lange termijn projecten (langer dan vijf jaar) en een instrument om de lopende kosten van experimenten te kunnen dekken. En ze omarmt de plannen van Nikhef voor de renovatie van zijn gebouwen.

Respons van de directeur

De directeur van Nikhef is verheugd met het werk van de commissie en zijn conclusies. Daarnaast is hij blij dat de commissie het belang van het samenwerkingsverband onderkent en waardeert. In zijn brief gaat de directeur in op de aanbevelingen die aan Nikhef gericht zijn en geeft hij aan wat hij met de adviezen zal doen.

Samenvatting bestuurlijke reactie

De raad van bestuur onderschrijft de aanbevelingen van de commissie aan Nikhef, waaronder het geven van meer expliciete aandacht (*awareness*) aan *research integrity* en *gender balance* op alle niveaus. Het bestuur voelt zich aangesproken door de aanbevelingen van de commissie, vooral die met betrekking tot de renovatie van het Nikhef-gebouw² en de financiering van langetermijnprogramma's. In de nieuwe NWO-strategie zal aandacht worden besteed aan financieringsinstrumenten van zulke programma's. Het bestuur doet geen toezegging ten aanzien van de Einstein Telescoop (ET) en verzoekt om nadere informatie over de kosten van het lidmaatschap EGO/VIRGO.

² Inmiddels heeft het bestuur een positief voorgenomen besluit genomen over de renovatie van Nikhef.