



Connecting schools with high-tech
research and entrepreneurship

Brug tussen onderzoek in de moderne natuurkunde
en ondernemerschap in de nanotechnologie

Richtlijnen voor leerkrachten

Versie 2



Lifelong
Learning
Programme

Quantum Spin-Off is funded by the European Union under the LLP Comenius programme
(540059-LLP-1-2013-1-BE-COMENIUS-CMP).

Miriam Herrmann & Renaat Frans (2015)

Contact: miriam.herrmann@fhnw.ch

renaat.frans@khlim.be

Dit materiaal reproduceert alleen de mening van de auteur en de Commissie kan niet verantwoordelijk worden gesteld voor
het gebruik van de informatie die het materiaal bevat.



Naamsvermelding-Niet-commercieel-Gelijk Delen 4.0 Internationaal (CC BY-NC-SA 4.0)

Onder de volgende voorwaarden:

- **Naamsvermelding** – U dient de maker van het werk te vermelden, een link naar de licentie plaatsen en aan te geven of het werk veranderd is. U mag dat op redelijke wijze doen, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat de licentiegever instemt met je werk of je gebruik van het werk.
- **NietCommercieel** – U mag het werk niet gebruiken voor commerciële doeleinden.

U bent vrij om:

- **Het werk te delen** – te kopiëren, te verspreiden en door te geven via elk medium of bestandsformaat
- **Het werk te bewerken** – te remixen, te veranderen en afgeleide werken te maken.

De licentiegever kan deze toestemming niet intrekken zolang aan de licentievoorwaarden voldaan wordt.

U dient op de volgende wijze aan dit werk te refereren:

Herrmann M. & Frans R. (2015, versie 2). Quantum SpinOff Teacher Guidelines. Center for Science and Technology Education, University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland (FHNW) & Centre for Subject Matter Teaching, KHLim Katholieke Hogeschool Limburg, Diepenbeek, Belgium

Inhoudsopgave

1	Introductie.....	4
1.1	Overzicht Quantum Spin-Off Project.....	4
1.2	Opbouw van de hoofdstukken	5
2	De nanowereld betreden	6
2.1	Etymologie van de term <i>nano</i>	6
2.2	De nanoschaal begrijpen	6
2.3	Nano in het dagelijks leven	7
3	Leerstations: Kwantumfysica – nieuwe concepten om de wereld te begrijpen	8
4	Leerstations met betrekking tot nanotechnologie	10
5	Publicaties op het gebied van nanowetenschap	11
5.1	Selectie van publicaties	11
5.2	Leesmethode	12
6	Nanobedrijven– Het <i>Business Model Canvas</i>.....	12
7	Schoolklassen leggen contact met nano-onderzoekers en ook met nanobedrijven.....	13
8	Brochure en presentatie.....	15
9	Bespreking.....	16
10	Het gebruik van de leerstations	16
	Bijlage.....	19
A	Literatuur	19
B	Referenties van wetenschappelijke artikels die studenten zouden kunnen gebruiken.....	19
C	Contactgegevens nanobedrijven en nanolabs	22
D	Lijst van criteria voor de wedstrijd	30
E	Land-specifieke informatie	33

1 Introductie

Deze richtlijnen voor leerkrachten zijn ontwikkeld binnen een EU Comenius project. De projectpartners komen uit België, Estland, Griekenland en Zwitserland. Afhankelijk van de interesse en beschikbare hoeveelheid tijd kan slechts een selectie van de hoofdstukken overwogen worden.

Het Quantum Spin-Off-project behandelt het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologie. Nanotechnologie wordt algemeen beschouwd als een van de belangrijkste technologieën van deze eeuw.

Quantum Spin-Off opent de wereld van de moderne fysica aan middelbare scholieren. Het toont de toepassingen van de kwantumfysica en geeft hen een voorproefje van ondernemerschap voor de high-tech sector. De middelbare schoolstudenten komen in contact met onderzoeksinstituten in nanowetenschappen en met high-tech bedrijven (zie bijlage, deel C). De studenten ontwikkelen eerst enkele elementaire kennis van de kwantumfysica en haar toepassingen door onderzoekend leren. Later werken ze aan de valorisatie van een specifieke idee in nauwe samenwerking met de onderzoekers van de deelnemende bedrijven en instellingen.

In de tweede fase van het project beginnen de studenten na te denken over een product of dienst als toepassing van het onderwerp binnen de moderne wetenschap waarover ze hebben geleerd. Tot slot ontwikkelen zij een businessplan voor hun eigen spin-off bedrijf met de steun van echte ondernemers.

1.1 Overzicht Quantum Spin-Off Project

Allereerst presenteren we het Quantum Spin-Off traject en de doelstellingen.

Projectdoel:

- verkennen van kwantumfysica
- school in contact brengen met hightech onderzoek
- bevorderen van ondernemerschap in de wetenschapsklas

De primaire focus, verkennen van kwantumfysica, is gebaseerd op 12 leerstations en hands-on activiteiten over onderzoekend leren en oriënterend bestuderen van verschijnselen en concepten van de moderne natuurwetenschappen, met name van de kwantumfysica en nanowetenschappen. Het tweede belangrijke doel van het Quantum Spin-Off-project is om contacten te leggen tussen scholen en onderzoekers alsook bedrijven op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologieën.

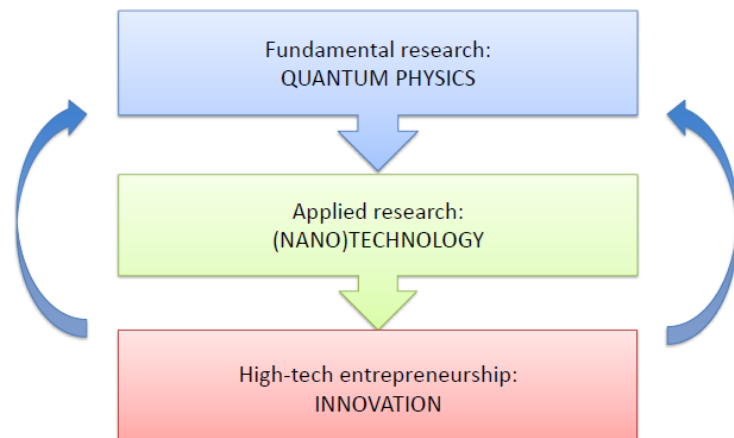


Figure 1: Quantum Spin-Off filosofie

Bovendien zullen de studenten die aan dit project deelnemen, ervaren dat interdisciplinair onderzoek intrinsiek is aan nanowetenschap en nanotechnologie. Nano-onderzoekers en nanotechnologen werken nauw samen om tot wetenschappelijke vooruitgang te komen.

Soort klassen: Klassen uit het 4^{de} tot het 6^{de} jaar middelbare school met een wetenschappelijke/technologische focus of klassen die geïnteresseerd zijn in de basisonderwerpen natuurkunde en scheikunde.

Webadres: De richtlijnen voor leerkrachten kunnen gedownload worden op het volgende internetadres: www.quantumspinoff.eu

Bezoeken: De klassen bezoeken een nano-onderzoekslaboratorium en een nanobedrijf. Ze hebben rechtstreeks contact met onderzoekers en bedrijven.

Kwantumfysica: De leerlingen werken op leerstations die betrekking hebben op kwantumfysica.

Wetenschappelijke publicaties: De leerlingen exploiteren wetenschappelijke publicaties op het gebied van nanowetenschappen/nanotechnologie die idealiter verband houden met het onderzoeksgebied van de bezochte onderzoekslaboratoria/nanobedrijven. Ze stellen via e-mail of Skype vragen aan de onderzoekers.

Virtueel spin-off bedrijf: Gebaseerd op de onderzoeksresultaten gepresenteerd in de bestudeerde publicatie creëren de leerlingen een virtueel spin-off bedrijf door middel van een eenvoudig bedrijfsplan.

Brochure en presentatie: De leerlingen bereiden een brochure voor als basis voor de presentatie (15 minuten, 5 minuten vragen).

Wij wensen alle leraren en studenten plezier en succes in het werken met dit materiaal.

1.2 Opbouw van de hoofdstukken

Alle hoofdstukken worden in principe als volgt geordend:

1. Leerdoel
2. Onderdeel
3. Inhoud
4. Didactische overwegingen
5. Activiteiten voor leerlingen en leerkrachten
6. Oefeningen voor leerkrachten (in opleiding en bijscholing)

Het bekendmaken van de *leerdoelen* leidt tot transparantie voor de leerlingen en stimuleert het leersucces. De *leerdoelen* kunnen geformuleerd worden als vaardigheden (het actieaspect verbinden met het onderwerp). Het hoofdstuk *onderdeel* biedt een suggestie over wanneer het respectievelijke onderwerp in een leermodule behandeld kan worden. Het onderwerp wordt toegelicht in het hoofdstuk *inhoud*. De *didactische overwegingen* worden geïntroduceerd met een notering betreffende de studieresultaten. Om een link te creëren tussen kennis en actie worden *activiteiten* voor leerlingen en *oefeningen* voor leerkrachten in het onderwijs en bijscholing voorgesteld.

2 De nanowereld betreden

2.1 Etymologie van de term *nano*

Leerdoel: ... de term *nano* uitleggen.

Onderdeel: Introductie [Module 1]

Literatuur: Kumar (2007) voerde een verkennende studie uit naar de kennis van nanotechnologie onder 109 Australische leerkrachten in opleiding. Deze studie ontdekte eveneens dat er weinig kennis was van....de etymologie van de term “nano”.

Activiteiten voor leerkrachten:

Wat heeft het woord *nano* te maken met dwergen? Ter introductie van de lessenreeks legt de leerkracht de etymologie (oorsprong) van de term *nano* uit. Het Griekse woord *nanos* betekent *dwerg*, het voorvoegsel *nano* komt van *nanos*.

2.2 De nanoschaal begrijpen

Leerdoel: ... ontwikkelen van een gevoel voor de nanoschaal

Onderdeel: Introductie [Module 1]

Literatuur: Kumar (2007) voerde een verkennende studie uit naar de kennis van nanotechnologie onder 109 Australische leerkrachten in opleiding. Deze studie ontdekte eveneens dat er een gebrek aan kennis is van de onderliggende natuurkundige schaal voor nanowetenschap en nanotechnologie, ...als leerkrachten basiskennis over de omvang en schaal van nanometers ontberen dan is het niet duidelijk hoe zij leerlingen kunnen begrijpen en onderwijzen over hoe materialen zich anders gedragen en hoe instrumenten en technieken anders zijn wanneer men op dergelijke kleine schaal werkt.

Inhoud:

De nanowereld is een abstract territorium aangezien nano-objecten zeer klein zijn en de processen op nanovlak niet rechtstreeks geobserveerd kunnen worden. Er is geen automatisch begrip van de nanodimensie. De leerlingen kunnen alleen een concept van de nanodimensie ontwikkelen met behulp van speciale training. Haptische feedback wanneer de microscoop bedient wordt zou ideaal zijn om een idee te vormen over de nanodimensie. Een andere mogelijkheid om de nanodimensie te illustreren zijn vergelijkingen:

- Hoe veel kleiner is een nanometer dan de diameter van een menselijke haar? Een menselijke haar heeft een diameter van 0.1 mm. Een nanometer is 10^5 (100'000) keer kleiner dan de diameter van een haar. ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m} = 0.000000001\text{ m}$). Een nanometer komt ongeveer overeen met de grootte van drie gouden atomen.

De film **powers of 10** (9 minuten, wellicht alleen de tweede helft van de film laten zien) kan eveneens gebruikt worden om de nano-dimensie te illustreren. Link naar de film (in het Engels): <http://www.powersof10.com/film>

Microscopen (zie voor STM leerstation VIII, voor AFM zie leerstation X) zijn een venster op de nanowereld. Het gebruik van microscopen maakt begrip (nanowetenschappen) en gebruik (nanotechnologieën) van fenomenen op nanoschaal mogelijk.

Activiteiten voor leerlingen:

Ontwikkel uw eigen idee om de nanodimensie te illustreren. Het idee moet eenvoudig zijn om in 5 minuten aan de klas gepresenteerd te kunnen worden.

Oefeningen voor leerkrachten (in opleiding en bijscholing): Welke centrale vra(a)g(en) of taken kunt u de leerlingen voorleggen met betrekking tot de film “Powers of Ten”? Door de centrale vraag te beantwoorden zouden de leerlingen het volgende leerdoel moeten bereiken: ... begrip van de nanodimensie ontwikkelen.

2.3 Nano in het dagelijks leven

Leerdoel: ... nieuwe kennis (vaardigheden) verbinden met het dagelijks leven (theorie over constructivistisch leren)

Onderdeel:

Introductie [Module 1] voor leerkrachten in opleiding en bijscholing (Spin-up Day)

Literatuur: *We leren door het construeren van onze eigen kennis gebaseerd op onze ervaringen die uniek zijn en daardoor onze kennis uniek maken. Nieuwe informatie die wij ontvangen wordt vergeleken met wat we weten van onze ervaringen: wat we leren wordt beïnvloed door wat we reeds weten. We passen wat we weten toe op een nieuwe situatie: als nieuwe informatie niet past bij wat we weten, moeten we wellicht aanpassen hoe we denken over de begininformatie en uitzoeken waar de misvattingen ontstonden. Elworthy (2004)*

Didactische overwegingen: Over het algemeen hebben de leerlingen nog geen enkele ervaring met de nanowereld. Aan het begin van de lessenreeks kunnen nanotechnologieën verbonden worden met het dagelijks leven van de leerlingen. Deze verbinding naar de dagelijkse levens van adolescenten helpt een interesse in nanowetenschappen en nanotechnologie te creëren. Dit leerproces wordt verder ondersteund indien zij kunnen voortborduren op eerdere ervaring, als de nieuw opgedane informatie vergeleken kan worden of verbonden kan worden met bestaande kennis.

Activiteiten voor leerlingen:

Nanoproducten worden getoond in de klas. De leerlingen moeten beslissen welke nanoeigenschappen de respectievelijke producten hebben.

- Zelfreinigende oppervlakken: bijv. skibrillen, spray voor spiegels, lotusbladeren (eveneens vrouwenmantel *alchemilla*, oost-Indische kers *tropaeolum*, watersla *pistia*, akelei *aquilegia*, etc.)
- Antimicrobieel effect van nanozilver: bijv. kleding, zilveren munt in melk (vroeger deden mensen zilveren munten in melk om de houdbaarheid van melk te verlengen). De zilveren munt leidt tot een langzamere aanwas van bacteriën.
- Verbeterde materiaaleigenschappen dankzij koolstofnanobuizen: bijv. tennisracket, fietsframe.
- Oppervlakte-effect: bijv. de regenboogkleurige vleugels van een kever, het paarlemoer in een schelp (bijv. zeeoor, *haliotis*), onderkant van de voet van een gekko.

De volgende link (eveneens in het Engels) biedt een spel waarin nanovoorwerpen gezocht moeten worden in een ruimte:

<http://www.swissnanocube.ch/nanorama/?L=3>

Game *Nanorama-Loft*: U dient 42 producten uit het dagelijks leven te zoeken die nanomateriaal bevatten of geproduceerd zijn met behulp van nanotechnologie. Er zijn taken in meerkeuzevorm voor elk product. U dient de juiste nano-eigenschappen van het product te kiezen uit drie mogelijkheden.

Huiswerk voor leerlingen: De leerlingen kunnen nanoprodukten die ze thuis gevonden hebben meebrengen. Alternatief: de leerkracht brengt de nanoprodukten mee.

Link met informatie over nanoprodukten in het dagelijks leven (alleen in het Duits):

<http://www.swissnanocube.ch/anwendungen-produkte/>

Oefeningen voor leerkrachten (in opleiding en bijscholing): Volgens de gematigde theorie over constructivistisch leren zijn voorwerpen uit het dagelijks leven geschikt als beginpunt in de klas. De leerlingen kunnen actief nieuwe kennis opdoen gebaseerd op bestaande ervaring met nanoprodukten.

Als leerkracht ontwikkelt u een taak/korte lesonderdeel over nanoprodukten die leerlingen kennen uit hun dagelijks leven. Gedurende de training test u het lesonderdeel. De andere deelnemers bieden u feedback betreffende de volgende criteria:

- Het betrekken van leerlingen
- Verbinding met het dagelijks leven
- Originaliteit van het idee

3 Leerstations: Kwantumfysica – nieuwe concepten om de wereld te begrijpen

Het materiaal is onderverdeeld in 12 leerstations. Overzicht:

- I-V kwantumfysica (zie dit hoofdstuk 3)
- VI-XII brug naar technologie (zie hoofdstuk 4)
- Hands-on experimenten (zie dit hoofdstuk 3)
- Het Business Model Canvas (ondernemerschap, zie hoofdstuk 6)
- Richtlijnen voor leerkrachten met land-specifieke bijlage (zie dit document)

De leerstations richten zich op essentieel en diep begrijpen, met de nadruk op zelfstandig werk en visualisatie. Hands-on experimenten dagen studenten uit tot actief leren. In dit hoofdstuk richten we

ons op de leerstations gerelateerd aan kwantumfysica (I-V) en de bijbehorende hands-on experimenten.

Leerdoel: ... studenten krijgen een aanzienlijke overzicht van verschijnselen en concepten van de kwantumfysica en de verwante technologieën.

Onderdeel: 5 leerstations over kwantumfysica [Modules 2 tot 8]. Afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid tijd kan er een selectie van de leerstations gemaakt worden (bijv. leerstation I met nummer 1&2, leerstation II, leerstation III zonder elektromagnetische velden, leerstation IV met nummer 1&2).

Inhoud: Een nieuw soort natuurkunde is nodig om de nanowereld te begrijpen. In de klas worden nanowetenschappen verbonden met bestaande wetenschappelijke concepten. De nadruk wordt gelegd op het unieke gedrag van het materiaal in het nanodomein.

Activiteiten voor leerlingen: De leerlingen werken met de 5 leerstations – deel 1 - die kunnen worden aangevuld met hands-on activiteiten - deel 3.

DEEL 1: WAAROM KWANTUMFYSICA?

Leerstation I: Onbegrijpelijke fenomenen voor de klassieke fysica?

Leerstation II: Wat is licht?

Leerstation III: Wat golft er bij licht?

Leerstation IV: Deeltje-golf dualiteit – Kwanta van velden

Leerstation V: De emissielijnen van waterstof verklaard met kwantummechanica

Wetenschapsgerelateerde overwegingen: Het is belangrijk om in te zien dat de individuele leerstation beginnen met fenomenen die niet verklaard kunnen worden met traditionele natuurkunde, bijv.:

- Het tweespletenexperiment dat het klassieke concept van een baan irrelevant maakt, of
- De discrete emissielijnen van de elementen, die niet begrepen kunnen worden door middel van het klassieke atoommodel van Rutherford. Hierdoor is een nieuwe perceptie van natuur onvermijdbaar geworden.

Met behulp van leerstation V kunnen de leerlingen de frequentie van de waargenomen golflengtes van het emissiespectrum van waterstof uitrekenen (met een accuratesse van meer dan drie cijfers na de komma) met behulp van het kwantummodel door de Franse natuurkundige *Louis De Broglie*. *De Broglie* werd geïnspireerd door muzikale harmonieën en dit idee werd gebruikt als een didactische analoog voor leerstation V. Voor sommige leerlingen kan dit laatste leerstation V behoorlijk moeilijk zijn. Maar als ze dit onder de knie krijgen kunnen ze ervaren hoe een wetenschappelijke theorie gebruikt kan worden om (een deel van) de wereld te verklaren.

Als er genoeg tijd beschikbaar is werken de leerlingen met de vier leerstations van deel 3, waarbij zij een aantal kwantumfenomenen en de eigenschappen van licht ervaren door middel van *praktische* experimenten.

DEEL 3: HANDS-ON ACTIVITEITEN

1. Discrete emissiespectrum van chemische elementen
2. De constante van Planck meten met behulp van LED's
3. Met Diffractie van Licht dikte van een haar bepalen
4. Elektronendiffractie met gebruik van koolstofkristal

Oefeningen voor leerkrachten (in opleiding en bijscholing):

Waaruit bestaan de voordelen van het methodisch-didactisch concept om te werken aan een onderwerp met behulp van leerstations? Wat is de rol van de leerkracht terwijl de leerlingen werken met leerstations in de klas?

4 Leerstations met betrekking tot nanotechnologie

Leerdoel: ... praktische implementatie van kwantumconcepten in technologieën.

Onderdeel: [Modules 9-10] Leerstation met betrekking tot technologie, gebaseerd op kwantummechanische eigenschappen. In het geval van tijdsbeperkingen dient er een selectie van de volgende leerstations gemaakt te worden.

Inhoud:

Nanotechnologie: *technologie* is een middel van mensen om hun omgeving vorm te geven in overeenstemming met hun behoeften. *Nanotechnologie* wordt toegepast op de gebieden van biomedische wetenschappen (bijv. diagnostiek, medische distributie), nanoelektronica (bijv. kleine transistoren) en nieuwe materialen (bijv. materialen gebaseerd op nano die sterk en licht zijn of superwaterafstotende oppervlakken hebben).

Nano-onderzoek: Het succes van *natuurwetenschappen* is gebaseerd op het feit dat consistente verklaringen die voorspellingen mogelijk maken, gecreëerd kunnen worden door middel van wetenschappelijke theorieën die getest kunnen worden op fenomenen. Wetenschappelijke wetten beschrijven formele connecties tussen waarneembare fenomenen. *Nanowetenschappen* (*nano-onderzoek*) worden gezien als interdisciplinaire studies (natuurkunde, scheikunde, biologie en materiaalkunde) met betrekking tot voorwerpen van nanodimensies.

Interdisciplinariteit: *Interdisciplinariteit* is intrinsiek voor nanowetenschappen en nanotechnologie. Nano-onderzoekers en nanotechnologen werken nauw samen om wetenschappelijk vooruitgaan te garanderen.

Het Quantum Spin-off project is ontworpen op een interdisciplinaire manier:

- Nanowetenschap (wetenschappelijke papers & patenten betreffende interdisciplinaire studies)
- Nanotechnologie (onderzoeksresultaten in de vorm van technologie implementeren)

- Economische aspecten bij het oprichten van een virtueel nanobedrijf (*The Business Model Canvas*)

Activiteiten voor leerlingen: de leerlingen werken met geselecteerde leerstations uit deel 2: kwantumeigenschappen en kwantumtechnologie

Deel 2: KWANTUMEIGENSCHAPPEN & KWANTUMTECHNOLOGIE

Leerstation VI: Van foto-elektrisch effect tot digitale beeldvorming

Leerstation VII: Halfgeleiders

Leerstation VIII: Tunneling & STM

Leerstation IX: Spin en zijn toepassingen

Leerstation X: Atomic Force Microscopy

Leerstation XI: Van kwantummechanica naar nanodeeltjes en hun toepassingen

Leerstation XII: Biobrandstofcellen

De leerstations van deel 2 verhelderen hoe de kwantumconcepten in de natuur behandeld in de eerste vijf leerstations van deel 1 – die, op het eerste gezicht, nogal filosofisch lijken – in de praktijk worden toegepast op “alledaagse” technologieën. Zonder onze nieuwe bevindingen op het gebied van kwantumfysica zouden er geen elektronica, zonnecellen, MRI-scanners of nano-oppervlakken zijn. De nieuwe kijk op de natuur vormt de kern van bijna alle moderne (duurzame) technologieën. Zelfs het leven zelf (bijv. fotosynthese) is gebaseerd op de kwantum interactie tussen licht en materie. De uitkomst is dat wat begon als een speciaal geval van *natuurkunde van kleine dingen* eigenlijk ten grondslag ligt aan alles.

Leerstations VI tot XII over kwantumtechnologie is individueel ontworpen door de projectpartners van de vier betrokken landen en aangepast aan het onderzoeksgebied van de betrokken instituten.

5 Publicaties op het gebied van nanowetenschap

5.1 Selectie van publicaties

Doel: De wetenschappelijke publicaties worden geselecteerd op een wijze die de genderstereotypische scheidslijnen doen verdwijnen.

Onderdeel: Werken met publicaties [Modules 11-14]

Literatuur: Er is een landspecifieke selectie van wetenschappelijke publicaties.

Inhoud:

Meisjes en vrouwen zijn geïnteresseerd in nieuwe technologieën als ze deze herkennen als een voordeel voor de samenleving.

Meisjes zijn in het bijzonder geïnteresseerd in interdisciplinaire onderwerpen:

- Elektronica in de gezondheidssector
- Biomedische applicaties, zoals medische distributie of diagnostiek
- Energiebesparende technologieën, zoals zonnecellen

Idealiter krijgen de leerlingen de originele Engelse publicatie samen met een begrijpelijk gemaakte publicatie in hun moedertaal die over hetzelfde onderwerp gaat. Op deze manier is de taalbarrière lager en wordt de specialistische inhoud aangeboden in overeenstemming met het niveau van de leerlingen.

5.2 Leesmethode

Leerdoel ... de SQ3R-leesmethode toepassen.

Onderdeel: De wetenschappelijke publicatie lezen

Activiteiten voor leerlingen wanneer de SQ3R-methode wordt toegepast

Onderzoek: Krijg een overzicht van de gehele tekst, lees de respectievelijke koppen en bestudeer de illustraties & tabellen met de onderschriften

Vraag: Formuleer de koppen als vragen

Lezen: Terwijl de tekst gelezen wordt:

- Markeer belangrijke sleutelwoorden en zinnen met een kleur (indien nodig werk met verschillende kleuren)
- Vertaal Engelse woorden die niet duidelijk zijn met behulp van een woordenboek
- Verklaar technische termen met behulp van de leerkracht/internet/onderzoekers
- Stel de leerkracht of de onderzoekers vragen betreffende de inhoud

Opsomming: Trek conclusies (bijv. in de vorm van notities, door middel van mind maps of concept maps)

Overzicht:

- Denk aan mogelijk toepassingen van de onderzoeksresultaten
- Brainstormen: Hoe zouden de onderzoeksresultaten gebruikt kunnen worden in een virtuele nanobedrijf?

Tot slot:

- Vat de publicatie samen in drie kernbeweringen
- Presenteer mogelijkerwijs de kernbeweringen aan een groepslid

6 Nanobedrijven– Het *Business Model Canvas*

Leerdoel: ... een virtueel nanobedrijf oprichten.

Onderzoeksresultaten uit de publicatie worden gebruikt om een virtueel nanobedrijf op te richten.

Onderdeel: Het *Business Model Canvas* [Modules 15-16]**Inhoud:**

Introductie: Oprichtingsgeschiedenis, f.e. Nanosurf AG in Liestal (Zwitserland). Het verhaal gaat over drie natuurkundestudenten die een internationaal bedrijf hebben opgebouwd op basis van hun werk in nano-onderzoek.

De Business Model Canvas leermiddelen, vind je op de website van het project: <http://qs-project.ea.gr/en/content/business-model>

De volgende twee links bieden een twee minuten durende geanimeerde uitleg over het *Business Model Canvas*.

<http://www.businessmodelgeneration.com/canvas>

<http://www.youtube.com/watch?v=VfqEhQRMG1s>

Een bedrijfsmodel bevat de volgende componenten:

- Producenten (sleutelpartners, sleutelactiviteiten, sleutelmiddelen)
- Product
- Klanten (klantenrelaties, klantensegmenten, distributiekkanalen)
- Kosten en rendement

Activiteiten voor leerlingen: Brainstormen over het *Business Model Canvas*

- Hoe kunnen onderzoeksresultaten uit de publicatie gebruikt worden in de vorm van technologie?
- Hoe kan een bedrijf de nieuwe technologie marketen? Beantwoord de vraag met behulp van het bedrijfsmodel (het *Business Model Canvas*).

Het *Business Model Canvas* sjabloon kan vergroot worden op een vel papier van A3-formaat. De leerlingen schrijven hun ideeën op direct onder de individuele componenten (met de hand geschreven, tekeningen of plakkertjes opplakken).

Oefeningen voor leerkrachten (in opleiding en bijscholing):

Welke methodes zijn er om het brainstormen over het *Business Model Canvas* te faciliteren? Doe concrete suggesties.

7 Schoolklassen leggen contact met nano-onderzoekers en ook met nanobedrijven

Leerdoel: ... het leggen van contact met nano-onderzoekers en nanobedrijven.

Onderdeel: Bezoek aan een nanolaboratorium en nanobedrijf (spin-up dag, spin-off dag en/of aparte data voor deze bezoeken)

Literatuur: Falloon (2013) beweert dat het bereiken van de getheoriseerde positie van een gedeelde partnerschapsruimte op de kruising van de werelden van wetenschappers en leerkrachten problematisch is, en

dat wetenschappers in plaats daarvan voorbereid moeten zijn diep in de wereld van het klaslokaal te duiken wanneer ze dergelijke interacties ondernemen.

Bevindingen duiden erop dat epistemologische verschillen, lesprogramma's, schoolsystemen en kwesties plus efficiëntie en wetenschappelijke kennis van leerkrachten in grote mate het oprichtingsproces van de partnerschap beïnvloeden.

Om een leersucces te behalen door buitenschoolse leerplekken te bezoeken (bijv. nanolab, nanobedrijf), dient het uitstapje voorbereid en besproken te worden in de klas. Hoe kan het bezoeken van een nanolab/nanobedrijf opgenomen worden in het *Quantum Spin-Off* project?

- Werken op de leerstations van deel 2 (praktische toepassing van kwantumconcepten in technologieën).
- Leerlingen bereiden vragen voor die gesteld gaan worden aan de nano-onderzoekers en
- Na het bezoek blijven de leerlingen in contact met onderzoekers en bedrijven via e-mail (leerlingen stellen vragen met betrekking op de wetenschappelijke publicatie en de overdracht van onderzoeksresultaten naar het virtuele spin-off bedrijf).

Activiteiten voor leerlingen:

Vragen om de onderzoeker te introduceren aan de klas:

- Kunt u ons iets vertellen over uw carrière en uw werk hier in het nanolab?
- Wat fascineert u aan nanowetenschappen?
- Waarom neemt u deel aan het "Quantum Spin-Off" project?
- Aan het eind van het bezoek: Hoe heeft u het bezoek van de leerlingen aan het nanolab ervaren?

Vragen over het perspectief van de leerlingen:

- Wat zijn jullie verwachtingen aan het begin van het bezoek aan het nanolab?
- Welke vragen willen jullie stellen aan de nano-onderzoeker?
- Aan het einde van het bezoek: Wat hebben jullie vandaag geleerd over het werk van nano-onderzoekers?

Oefeningen voor leerkrachten (in opleiding en bijscholing): betreffende bezoeken aan buitenschoolse leerplekken zoals nanolabs en nanobedrijven.

Hoe kunnen leerkrachten bemiddelen tussen het perspectief van leerkrachten en onderzoekers?

Literatuur: *Allereerst dient er consistentie, overeenstemming en begrip te zijn van het pedagogische model dat de partnerschappen ondersteunt en dat deze modellen overeen dienen te komen met hedendaagse onderwijs theorieën die de kracht en bijdrage van leerlingen erkennen. Ten tweede dienen wetenschappers bereid te zijn uitsluitend te werken binnen de begrenzingen en beperkingen van leerkrachten en scholen. Ten derde dient geaccepteerd te worden dat partnerschappen meestal geen aanmerkelijke voordelen voor het werk van de wetenschappers zullen opleveren en dat de interacties eerder lijken op outreach initiatieven. (Falloon 2013)*

Richtlijnen voor het leggen van contact met nano-onderzoekers en nanobedrijven:

Zoek naar nano-onderzoekslaboratoria of nanobedrijven, indien mogelijk in de buurt van de school (zie de aparte contactlijst voor de landen betrokken bij het *Quantum Spin-Off* project)

De leerkracht legt het eerste contact: De onderzoekers en ondernemers moeten op de hoogte gebracht worden van de lesomstandigheden en vereisten van de leerlingen. Dit is inclusief bestaande technische kennis van de leerlingen en de mogelijkheid om tijdens hun bezoek een verband te leggen met het dagelijkse leven van de leerlingen. Een natuurkundige praat over zijn/haar CV en zijn/haar fascinatie met het vakgebied nanowetenschappen. Een ondernemer vertelt over de oprichtingsgeschiedenis van zijn/haar bedrijf. Verder definieert hij/zij de karakteristieken van een succesvol bedrijf.

Bereid bezoek voor: Programma, doel (voorstellingen van een nanolab & nanobedrijf), leerlingen mogen hun eigen vragen voorbereiden om te stellen aan de onderzoekers of ondernemers.

Bezoek: Idealiter worden de leerlingen actief betrokken tijdens het bezoek:

- Vragen stellen/beantwoorden: bijv. over voorwerpen die ze ontdekken in het onderzoekslab
- Hun eigen experiment uitvoeren of de demonstratie van een experiment documenteren
- Notities maken voor een korte presentatie
- Het bezoek documenteren met hun eigen foto's (als foto's nemen toegestaan is) en notities

Vanuit het perspectief van de onderzoekers en ondernemers dient het contact met school primair het stimuleren van jonge onderzoekers.

Contact met de onderzoekers na het bezoek: Hoe kunnen het aantal en de stijl van e-mails gecontroleerd worden om een passende communicatie tussen leerlingen en onderzoekers mogelijk te maken? Hoe kan de leerkracht de e-mailcommunicatie tussen onderzoekers en leerlingen beïnvloeden zodat de leerlingen niet te veel of te weinig e-mails sturen?

- Specificeer een geschikt aantal e-mails (de ervaring wijst uit dat leerlingen vrij weinig e-mails naar de onderzoekers sturen).
- Bespreek de juiste aanhef, afsluiting en zinnen om de dankbaarheid van de leerlingen te uiten.
- Documenteer de communicatie met onderzoekers in de bijlage van de brochure die ontworpen gaat worden (bijv. lijst met vragen en antwoorden)

Behalve e-mails kunnen onderzoekers en leerlingen eveneens communiceren via Skype of het contact kan geregeld worden doordat de onderzoeker de school bezoekt.

Het Business Model Canvas na het bezoeken na het nanobedrijf: Ter voorbeeld, het *Business Model Canvas* voorbeeldplan kan ingevuld worden tijdens het bezoek aan het nanobedrijf en met behulp van een ondernemer. (zie hoofdstuk 6: Nanobedrijven– Het *Business Model Canvas*)

8 Brochure en presentatie

Leerdoel: Creëer een brochure en een presentatie voor de spin-off dag [Module 17-18 en als huiswerk].

Brochure: De leerkracht kan de vereiste lengte van de brochure aanpassen aan de beschikbare hoeveelheid tijd.

Een mogelijke inhoudsopgave voor de *Quantum Spin-Off project brochure*

1. Introductie (doel van het project)
2. Van de moderne fysica naar de technologie (onderzoek resultaten uit artikel, technologische toepassingen van onderzoeksresultaten)
3. Van toepassing tot business (oprichting van een spin-off bedrijf)
4. Verklaring betreffende de overdracht van de onderzoeksresultaten naar een spin-off bedrijf (bijv. de impact op de samenleving, een blik vooruit, het overwegen van de voordelen en risico's)
5. Bijlage: documentatie van de vragen aan de onderzoekers en de respectievelijke antwoorden

Beoordelingscriteria voor de brochure: creativiteit, nauwkeurigheid, begrijpelijkheid, volledigheid, ontwerp/layout.

Presentatie: bijv. met een Power Point presentatie

Tijd per groep: bijv. 20 minuten, 5 minuten vragen

Inhoud: zie 'brochure'

Beoordelingscriteria voor de presentatie: nauwkeurigheid, uitvoering, gebruik van media, antwoorden op de vragen.

9 Bespreking

Leerdoel: Bespreking

Onderdeel: Samenvatting en conclusie [Module 18]

Vraag:

Wat heb je geleerd door deel te nemen aan het "Quantum Spin-Off" project?

Beantwoord de vraag mondeling, volgens de zaklampmethode¹, of schriftelijk.

10 Het gebruik van de leerstations

Het doel van het project is aan studenten de relatie te laten zien tussen nanowetenschap en ondernemerschap. Daarom stellen we een mogelijke leerlijn over het gebruik van de leerstations in de klas voor. Niet alle leerstations moeten worden gebruikt: de leraar kan een selectie maken. Het is

¹ (De zaklampmethode is bedoeld om een duidelijk beeld te geven van de ideeën van de deelnemers. Elke deelnemer mag een kort en spontaan een antwoord geven. Iedereen praat om de beurt. De antwoorden worden in eerste instantie niet becommentarieerd. Iedereen dient in de eerste persoon te spreken.)

ook mogelijk om te starten met een leerstation uit deel 2 "technologie". Sommige leerstations worden echter aangeduid als 'Aanbevolen' om de onderliggende fysica volledig te kunnen begrijpen. De leraar mag de studenten tijdens het werken aan de leerstations niet alleen laten. Om de studenten de taak te doen begrijpen, moeten de leerkrachten ondersteuning bieden. Het is aanbevolen om didactische methoden af te wisselen. De onderstaande tabel toont de geschatte tijd die nodig is voor elk leerstation.

Legende: a = aanbevolen, k = naar keuze

DEEL 1: WAAROM KWANTUMFYSICA?	geschatte tijd: min	a/g
Leerstation I: Onbegrijpelijke fenomenen voor de klassieke fysica?	45	a
Leerstation II: Wat is licht?	45	a
Leerstation III: Wat golft er bij licht?	45	a
Leerstation IV: Deeltje-golf dualiteit – kwanta van velden	45	a
Leerstation V: De emissielijnen van waterstof verklaard met kwantummechanica	45	a*
Deel 2: KWANTUM EIGENSCHAPPEN EN TECHNOLOGIE	--	--
Leerstation VI: Van foto-elektrisch effect tot digitale beeldvorming	30	k
Leerstation VII: Halfgeleiders	45	a
Leerstation VIII: Tunneling & STM	30	k
Leerstation IX: Spin en zijn toepassingen	30	k
Leerstation X: Atomic Force Microscopy	30	k
Leerstation XI: Van kwantummechanica tot nanodeeltjes en hun toepassingen.	30	k
Leerstation XII: Biobrandstofcellen	30	k
Deel 3: HANDS-ON ACTIVITEITEN	--	--
Discrete emissiespectra van chemische elementen	30	a
Constante van Planck meten met LED's	30	a
Lichtdiffractie met gebruik van haar	30	a
Elektronendiffractie met gebruik van koolstofkristal	30	a

Leerstation V: aanbevolen tot sectie 4 en punt 6. Sectie 5 "Emissielijnen van waterstof berekenen met kwantumfysisch atoommodel" is naar keuze.

U ontwerpt een leerlijn

Voordat de leerkrachten met het project beginnen, ontwerpen ze een leerlijn die bij de eisen van hun klasse past. De leraar kan de volgende vragen gebruiken ter voorbereiding van het verloop van de lessen:

1. Voorstelling van het project aan de studenten: hoe zal u beginnen, wat zijn de verbanden met het dagelijks leven?
2. Welke klas? Hoeveel uur per week? Welke lessen? Het is raadzaam dat u een klas kiest die mogelijk extra wekelijkse lessen in natuurkunde heeft.
3. Hoe zou u de leerstations gebruiken?
4. Welke leerstations? Zou u deze op een of andere manier veranderen? Zou u extra hands-on experimenten bijvoegen?
5. Zou u een wedstrijd organiseren? (op het klas-/schoolniveau / nationale niveau; om andere leerkrachten te zoeken, kan u contact opnemen met de nationale projectcoördinator)
6. Wetenschappelijke artikels: hoe zoeken naar een? Welk type? Zou u het kiezen of laat je de leerlingen kiezen?
7. Zou u slechts één onderwerp voor de hele klas geven en leerlingen verantwoordelijk maken voor verschillende taken? Of zou u de klas verdelen in subgroepen met verschillende onderwerpen?
8. Zou u een bezoek aan een bedrijf organiseren? Welk bedrijf en hoe zou u een geschikt vinden?
9. Zou u met een onderzoeker werken?
10. Zou u met een andere leraar werken, bijvoorbeeld economie, Engels (en hierbij de leerstations in het Engels gebruiken)?
11. Hoe zou u de website gebruiken?
12. Welke aard van eindwerk zou u van de studenten vragen? Presentatie, boekje, verslag, tentoonstelling...?

Bijlage

A Literatuur

- Elworthy, A. (2004). Constructivist theory of learning. *Interaction*, 18(2), 28. (Elworthy, A. (2004). Constructivistische onderwijstheorie. *Interactie*, 18(2), 28.)
- Fallon, G. (2013). Forging school-scientist partnerships: A case of easier said than done? *Journal of Science Education and Technology* 22(2), 858-876. (Fallon, G. (2013). Partnerschappen tussen scholen en wetenschappers vormen: Makkelijker gezegd dan gedaan? *Tijdschrift voor wetenschapsonderwijs en technologie* 22(2), 858-876)
- Jones, M.G. et al. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490-1512. (Jones, M.G. e.a. (2013). Nanotechnologie en nanoschaal wetenschap: Onderwijsuitdagingen. *Internationaal tijdschrift voor wetenschapsonderwijs*, 35(9), 1490-1512.)
- Kumar, D.D. (2007). Nanoscale science and technology in teaching. *Australian journal of Education in Chemistry*, 68, 20-22. (Kumar, D.D. (2007). Nanoschaal wetenschap en technologie in het onderwijs. *Australisch tijdschrift voor scheikundeonderwijs*, 68, 20-22.)

Aanbevolen literatuur:

- Jones, M.G. et al. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490-1512.

B Referenties van wetenschappelijke artikels die studenten zouden kunnen gebruiken

België

Optische technieken toegepast op oonderzoek

- Muysshondt, P., De Greef, D., Soons, J., and Dirckx, J. (2014). Optical techniques as validation tools for finite element modeling of biomechanical structures, demonstrated in bird ear research. *AIP Conf. Proc.*, 1600, 330.

Computertomografie en schaduwkunst

- Martin, J.W., et al. (2013). Iterative reconstruction techniques for computed tomography Part 1: Technical principles. *Eur Radiol*, 23, 1623-1631.

Graphene

- Novoselov, K.S., et al. (2012). A roadmap for graphene. *Nature*, 490, 192-200.

Oprolbare AMOLED displays

- Genoe, J., et al. (2014). Digital PWM-Driven AMOLED Display on Flex Reducing Static Power Consumption. *IEEE International Solid-State Circuits Conference Proc., Session 30, 30.2*, 488-490.

Printbare organische polymeer zonnecellen

- Krebs, F.C. (2009). Fabrication and processing of polymer solar cells: A review of printing and coating techniques. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 93, 394-412.
- S ndergaard, R.R., H sel, M., Krebs, F.C. (2013). Roll-to-Roll Fabrication of Large Area Functional Organic Materials. *Journal of polymer science Part B: Polymer physics*, 51, 16-34.

WOLEDs white organic light emitting diodes (Witte organische lichtemitterende dioden)

- Kamtekar, K.T., Monkman, A.P., Bryce, M.R. (2010). Recent Advances in White Organic Light-Emitting Materials and Devices (WOLEDs). *Advanced Materials*, 22, 572-582.
- Gather, M.C., K hnen, A., Meerholz, K. (2011). White Organic Light-Emitting Diodes. *Advanced Materials*, 23, 233-248.

Estland

- J rvek l g, Martin, et al. 2014. Effect of glucose content on thermally cross-linked fibrous gelatin scaffolds for tissue engineering. *Materials Science and Engineering*.
- Kim, E.-S., Ahn, E.H., Dvir, T., Kim, D.-H. (2014). Emerging nanotechnology approaches in tissue engineering and regenerative medicine. *International Journal of Nanomedicine*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4024971>
- Langer, R; Tirrell, D. A., (2004) Designing materials for biology and medicine. *Nature* 428 (6982), 487-492.
- Yang, C. et al. (2004). The application of recombinant human collagen in tissue engineering. *BioDrugs* 18, 103–119.
- Carter, S. Haines et al (2014). Artificial Muscles from Fishing Line and Sewing Thread. *Science* 343, 868.
- Minami, I. (2009). Ionic Liquids in Tribology. *Molecules* 14, 2286-2305.
- Mink, J. E., Qaisi, R, M., Logan, B. E., Hussain M. M., (2014). Energy harvesting from organic liquids in micro-sized microbial fuel cells. *NPG Asia Materials* 6, e89
- Topf, A., (2014). Thorium: Energy Savior or Red Herring? <http://oilprice.com/Energy/Energy-General/Thorium-Energy-Savior-or-Red-Herring.html>
- Vlassov, S., Polyakov, B., Dorogin, L. M., et al. (2014). Shape Restoration Effect in Ag–SiO₂ Core–Shell Nanowires. *Nano Letters* 14 (9), pp 5201–5205.

Griekenland

- Stefi A.L., Sarantopoulou E., Kollia Z., Spyropoylos-Antonakakis N., Bourkoula A., Petrou P.S. et al. (2015). Nanothermodynamics mediates drug delivery. *Adv Exp Med Biol.*, 822, 213–30.
- Spyropoulos-Antonakakis et al. (2015). Selective aggregation of PAMAM dendrimer nanocarriers and PAMAM/ZnPc nanodrugs on human atheromatous carotid tissues: a photodynamic therapy for atherosclerosis. *Nanoscale Research Letters* 10, 210, DOI 10.1186/s11671-015-0904-5.
- Sarantopoulou E., Gomoiu I., Kollia Z., Cefalas A.C. (2011). Interplanetary survival probability of *Aspergillus terreus* spores under simulated solar vacuum ultraviolet irradiation. *Planet Space Sci*, 59, 63–78.

- Kollia Z., Sarantopoulou E., Cefalas A.C., Kobe S., and Samardzija Z. (2004). Nanometric size control and treatment of historic paper manuscript and prints with laser light at 157 nm. *Appl. Phys., A, Mater. Sci. Process*, 79, 379– 382.

Zwitserland

Borstkankerdiagnose met AFM

- Loparic, M., Plodinec, M., Lim, R. & Sum, R. (2013). Potentielle medizinische Anwendungen des Atomic Force Microscope. *Schweizerisches Medizin-Forum*, 13(41), 830-832.
- Plodinec M. et al. (2012). The nanomechanical signature of breast cancer. *Nature Nanotechnology*, 7, 757-765.

Magnetic racetrack memory

- Parkin S.S.P. (2012). Bits auf der Überholspur. *Spektrum Spezial Physik – Mathematik – Technik*, 1, 36-41.
- Parkin, S.S.P., Hayashi, M. & Thomas L. (2008). Magnetic Domain-Wall Racetrack Memory. *Science*, 320, 190-194.

Koolstofnanobuisnetten voor elektronica

- Gruner G. (2012). Kohlenstoffnanonetze für die Elektronik. *Spektrum Spezial Physik – Mathematik – Technik*, 1, 43-50.
- Baughman, R.H., Zakhidov, A.A. & de Heer, W.A. (2002). Carbon Nanotubes - the Route Toward Application. *Science*, 297, 787-792.

Zonlicht omzetten in elektrische energie

- Samulat G. (2012). Liegt die Zukunft unserer Energieversorgung in einer Verschmelzung von Photonik und Nanotechnologie? *Spektrum Spezial Physik – Mathematik – Technik*, 1, 30-32.
- Grätzel M. (2004). Conversion of sunlight to electric power by nanocrystalline dye-sensitized solar cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 164, 3-14.

C Contactgegevens nanobedrijven en nanolabs

Klassen in verbinding brengen met de wereld van het onderzoek in nanowetenschappen en nanotechnologie en high-tech bedrijven

Switzerland

Hieronder vindt u de contactgegevens van de onderzoekslaboratoria op het gebied van nanowetenschappen alsook de contactgegevens van bedrijven op het gebied van nanotechnologie. Met behulp van deze lijst, kunnen leerkrachten schoolklassen rechtstreeks in contact brengen met onderzoekers en ondernemers. Op basis van de ervaringen tijdens het project, is het geen probleem om bedrijven en onderzoekers telefonisch of per e-mail te benaderen. In het algemeen, zijn zowel ondernemers als onderzoekers bereid betrokken te worden bij de studenten en de toekomstige generatie van ondernemers en onderzoekers te ondersteunen.

Universiteiten (Zwitserland)

Instituut	Contact	Gebied van nanowetenschappen
<u>Universität Basel</u>	+41 61 267 14 72 info(at)unibas.ch	<u>Swiss Nanoscience Institute SNI</u>
<u>Universität Freiburg</u>	+41 26 300 70 34 uni-info(at)unifr.ch	<u>Adolph Merkle Institut</u> (in Englisch)
<u>Universität Bern</u>	+41 31 631 31 75 info(at)unibe.ch	<u>Institut für Anatomie</u>
<u>Universität Lausanne</u>	+41 21 692 20 66 info(at)unil.ch	<u>Nanopublic - Plateforme interdisciplinaire nanotechnologies et société</u> (in Französisch)

Reference of the table : Swiss Nano-Cube Plattform:

<http://www.swissnanocube.ch/en/science-research/forschungsinstitutionen-ch/universitaeten/>

Universiteit van Bazel: Het *Swiss Nanoscience Institute (SNI)* biedt een opleiding in nanowetenschappen aan. Scholen worden uitgenodigd het *SNI Visitor Center*, te bezoeken. Daarnaast worden lezingen en workshops in scholen georganiseerd.

SNI Communications & Events
Meret Hornstein MSc. nano
Klingelbergstrasse 82
CH-4056 Basel
+41 (0)61 267 15 21
Meret.Hornstein@unibas.ch

Universiteit voor Toegepaste Wetenschappen (Zwitserland)

Instituut	Contact	Gebied van nanowetenschappen
<u>Nanoplatform - Swiss Universities of Applied Sciences</u>	+41 32 321 63 81 peter.walther(at)bfh.ch	

<u>Fachhochschule Ostschweiz</u>	+41 81 755 33 62 info(at)fho.ch	<u>NTB Buchs - Institut für Mikro- und Nanotechnologie MNT</u>
<u>HSR Hochschule für Technik Rapperswil</u>	+41 55 222 44 02 forschung(at)hsr.ch	<u>Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC</u>
<u>Fachhochschule Nordwestschweiz</u>	+41 56 432 43 80 info.technik(at)fhnw.ch	<u>Hochschule für Technik - Institut für nanotechnische Kunststoff-Anwendungen INKA</u>
<u>Fachhochschule Nordwestschweiz</u>	+41 61 467 42 42 info.lifesciences(at)fhnw.ch	<u>Institut für Life Sciences</u>
<u>Fachhochschule Zentralschweiz</u>	+41 41 288 40 34 info(at)hslu.ch	<u>Kompetenzzentrum Fluidmechanik & Hydromaschinen</u>
<u>Fachhochschule Westschweiz</u>	+41 24 557 28 00 info(at)hes-so.ch	<u>Institut de Micro & Nano Techniques (in Französisch)</u>
<u>Berner Fachhochschule</u>	+41 32 321 62 33 office(at)bfh.ch	<u>Technik & Informatik - Angewandte Laser-, Photonik- und Oberflächentechnologien</u>
<u>Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften</u>	+41 58 934 75 26 info(at)zhaw.ch	<u>Institut für Chemie und Biologische Chemie</u>

Reference of the table : Swiss Nano-Cube Plattform:

<http://www.swissnanocube.ch/en/science-research/forschungsinstitutionen-ch/universitaeten/>

Bedrijven (Zwitserland)

Hieronder vindt u slechts een kleine selectie van nanotechnologie bedrijven in Zwitserland.

Bedrijf / locatie	Contact	Gebied van nanowetenschappen
BASF Basel	+41 61 636 48 88 berufsausbildung(at)basf.com	Nanobasierte funktionelle Farbstoffe, Elektronik und andere funktionale Anwendungen
CSEM Neuchâtel, Zürich, Muttenz, Alpnach, Landquart	+41 61 690 60 11 info(at)csem.ch	Muttenz: - Photovoltaik: thin-film Optik - Surface engineering: printable electronics
EMPA Dübendorf	+41 58 765 45 98 remigius.nideroest(at)empa.ch	- Nanomaterialien in Elektronik & Batterien - Forschungen zur Sicherheit von Nanotechnologie - Lithium-Ionen-Batterien etc. Laborrundgang/Führung kann an Fokus angepasst werden Die EMPA setzt zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit Partnern aus der Industrie um

		Technologietransfer-Infos für Industriepartner
EMPA St. Gallen	+41 58 765 74 74 info(at)empa.ch	- Plasmabeschichtungen für Textilien (H ₂ O-abweisend, schmutzresistent) - Silber- & Goldbeschichtungen von Textilfäden
IBM Research Rüschlikon	+41 44 724 81 11 info(at)zurich.ibm.com	Binnig and Rohrer Nanotechnology Center: - Cleanroom for micro/ nano-fabrication - "Noise-free" labs
Nanosurf AG Liestal, Baselland	+41 61 927 47 47 info(at)nanosurf.com	Entwicklung und Produktion von Mikroskopen (STM, AFM)
Roche Basel Roche Rotkreuz	Basel: +41 61 688 11 11 basel.visits(at)roche.com Rotkreuz: www.roche.ch – Rotkreuz - Kontaktformular	Basel: Nanotechnologie im Bereich Pharma Rotkreuz: Nanotechnologie im Bereich Diagnostics
Rolic Allschwil	+41 61 487 22 22 info(at)rolic.ch	Flüssigkristalle, LCD, Sicherheitselemente
Sensirion Stäfa ZH	+41 44 306 40 00 info(at)sensirion.com	Sensorik, Mikrotechnologie, Halbleitertechnologie
Straumann Entwicklung: Basel Produktion: Villeret (JU)	+ 41 61 965 11 11 info(at)straumann.com	Zahnimplantate

Verdere contacten vindt u via onderstaande link: er zijn ongeveer 50 nanotechnologie bedrijven. Er volgt een korte beschrijving van elk bedrijf en de link naar de home page.

http://www.nanowerk.com/nanotechnology/Nanotechnology_Companies_Research_and_Degree_Programs_in_Switzerland.php

Het i-net (innovation networks) biedt contacten met bedrijven in het noordwesten van Zwitserland:
<http://www.i-net.ch>

De onderstaande link biedt informatie over vorming en beroepen in de nanofield:
<http://www.swissnanocube.ch/nanoteachbox/module/liste/#m30>

België

Hieronder vindt u de contactgegevens van de onderzoekslaboratoria op het gebied van nanowetenschappen alsook de contactgegevens van bedrijven op het gebied van nanotechnologie. Met behulp van deze lijst, kunnen leerkrachten schoolklassen in rechtstreeks contact brengen met onderzoekers en ondernemers.

Universities (Belgium)

Institution	Contact	Area of Nanoscience
Universiteit Hasselt, IMO-IMOMEC	http://www.uhasselt.be/IMO	IMO (Instituut voor Materiaalonderzoek) gericht op de ontwikkeling van nieuwe materialen met mogelijke toepassingen in de micro-elektronica, bio-elektronica en nanotechnologie.
The Nanoscience en Nanotechnology Centre of KU Leuven	https://fys.kuleuven.be/vsm/nano/aboutus.php	Het Nanoscience and Nanotechnology Centre van de KU Leuven brengt alle onderzoeksactiviteiten die scherpstellen op nanowetenschap en nanotechnologie samen.
Universiteit Antwerpen, Visielab	http://www.ua.ac.be/main.aspx?c=.BIMEF	Visielab onderzoek spitst zich toe op de studie van de biomechanica van het middenoor, waar de cochleaire implantaten een centrale rol hebben.
KU Leuven, campus Diepenbeek, Embedded Systems & Security		Het onderzoek is gericht op de ontwikkeling, evaluatie en implementatie van cryptografische algoritmen en de ontwikkeling van elektronica systemen voor een veilige uitwisseling van informatie.

Companies (Belgium)

Firma / Locatie	Contact	Gebied van Nanowetenschap
Cochlear Benelux nv Mechelen, België	+32 015 79 55 11 http://www.cochlear.com	Cochleaire implantaties
Philips Healthcare Eindhoven, Nederland	+31 402 82 58 00 http://www.healthcare.philips.com/be_nl	Digitale image en CT (Computed Tomography)
Imec Belgium Heverlee, België	+32 016 28 12 11 info@imec.be	Verkleinen van chipsbouwstenen; draagbare monitoringsystemen voor gezondheidszorg; draadloze communicatie; beeldvorming en 3D visualisatie. zonnecellen

		en batterijen; sensorsystemen voor industriële toepassingen.
Imec The Netherlands Eindhoven, Nederland	+31 40 40 20 400 www.imec-nl.nl	
Soltech nv Tienen, België	+32 016 80 89 00 www.soltech.be soltech@soltech.be	Ontwerpen en productie van fotovoltaïsche modules
NXP Semiconductors Belgium nv Leuven, België	+32 016 39 06 20 http://www.nxp.com	Sensoren; connectoren; bipolar transistors; dataconversie-modules; MOSFETs; halfgeleiders; opto-elektronica; led-verlichting; audio- & signaalvormers; Industriële automatisering: microcontrollers, relais en magneetkleppen, tellers.
Melexis Technologies nv Tessenderlo, België	+32 013 67 07 60 http://www.melexis.com	Ontwerpen en productie van elektrische en elektronische apparaten voor automobiel industrie: Mixed Signal halfgeleiders, ICs sensoren, programmeerbare systemen van IC sensoren
MinDCet nv Heverlee, België	+32 016 40 95 28 info@mindcet.com	Geïntegreerde schakeling (Integrated Circuit) in het bijzonder Custom Power Management ASICs (application-specific integrated circuit) voor hoge spanning, hoge temperaturen, hoge frequentie toepassingen
Phenom-World nv Eindhoven, Nederland	+31 40 259 7360 info@phenom-world.com	Desktop scanning electron microscopes en imaging oplossingen voor submicron schaal toepassingen.
Xenics - infrared solutions nv Heverlee, België	+32 016 38 99 00 http://www.xenics.com/en/contact	Ontwerpen en productie van infrarood lenzen en camera's voor hoge beeld kwaliteit voor R&D, industriële automatisering, proces controle
DSP Valley	http://www.dspvalley.com/	DSP Valley is een koepelorganisatie die vooral actief is in België en Nederland. Ze verenigt meer dan 80 hoogtechnologische bedrijven en onderzoeksgroepen, die actief zijn in de micro- en nano-elektronica.

Estland

Hieronder vindt u de contactgegevens van de onderzoekslaboratoria op het gebied van nanowetenschappen alsook de contactgegevens van bedrijven op het gebied van nanotechnologie. Met behulp van deze lijst, kunnen leerkrachten schoolklassen in rechtstreeks contact brengen met onderzoekers en ondernemers.

Universities (Estonia)

Institution	Contact	Gebied van nanowetenschappen
University of Tartu	Maarika Lukk maarika.lukk(at)ut.ee phone: (+372) 50 39 780	Centrum voor Onderwijstechnologie, Institute of Education, Faculteit sociale wetenschappen en onderwijs
University of Tartu	Rünno Lõhmus runno.lõhmus(at)ut.ee phone: +372 737 4723	Laboratorium voor lage temperaturen, Afdeling Materials Science, Institute of Physics, Faculteit van wetenschap en technologie

Companies (Estonia)

Company / Location	Contact	Gebied van nanotechnologie
Estonian Nanotechnology Competence Centre	Rünno Lõhmus runno.lõhmus(at)ut.ee phone: +372 737 4723	Voorzien van nanotechnologisch onderzoek en innovaties, in het bijzonder ten behoeve van associaties met productiebedrijven, of gewoon simpel: om onderzoek te doen dat een directe output aan de industrie heeft. Als een voorbeeld uit het verleden en nog lopende succesvolle werk – het smart-glass project – bevindt zich op dit moment in de industrialisatie fase.
Estiko Plastar LLT Tehase 16 Tartu, Estonia	Anne Ladva anne(at)estiko.ee phone: +372 7 308 376	Kunststof verpakkingen voor voeding, turf, bouwmaterialen en andere fabrikanten; produceert ook diverse andere producten in kunststof.
Andrese Klaasi LLT Betooni 9 Tallinn, Estonia	Gerd Veelma gerd.veelma(at)andres.ee phones: +372 50 99 680 and +372 60 61 320	Productie van veiligheids- en beveiligingsglas en het aanbieden van op maat gesneden glas - gematteerd, versierd en getint - en spiegels.
Flydog Solutions LLC Energia 6a Tallinn, Estonia	Andri Laidre andri(at)flydogmarine.com phone: +372 565 5008	Ontwikkeling van eigen producten hoofdzakelijk geconcentreerd op innovatieve milieu-monitoringsystemen (hardware en software).
Saint-Gobain Ehitustooted LLT Peterburi tee 75 Tallinn, Estonia	Ain Inno ain.inno(at)e-weber.ee phones: +372 620 9529 and +372 50 333 04	Productie van fijn grind en producten van fijn grind, alsook de verkoop van deze producten en isolatiematerialen en gipsproducten.
Tarmetec LLC Ringtee 6 Tartu, Estonia	Britta Peetso britta.peetso(at)metec.ee phone: +372 7385 071	Aanbieden van productontwikkeling en productie voor het maken van machineonderdelen of machines (voor medische, voedings-, automobielen machinebouwindustrie). Ze hebben een grote

		verscheidenheid aan metaalbewerkings-technologieën die beschikbaar zijn binnen de onderneming, een onschatbare troef, vooral bij de vervaardiging van kleine en middelgrote partijen. Bovendien vinden zij voortdurend slimme technologische oplossingen voor de productie van elk onderdeel en perfectioneren elke handeling tot in de kleinste details.
Baltoil LLT Männi 1, Roiu, Haaslava vald Tartumaa, Estonia	Pekka Mononen pekka(at)baltoil.ee phone: +372 50 40 610	Mengen en verpakken van oliën en chemicaliën, ontwikkelen van nieuwe producten samen met toonaangevende Europese scheikundige en additieven fabrikanten, evenals met het Instituut voor Natuurkunde en Scheikunde aan de Universiteit van Tartu. Zij zijn gespecialiseerd in eco-verpakking (bijvoorbeeld: 3 liter zakken die beschikbaar zijn in een zelfbedieningsdisplay voor winkels).

Griekenland

Hieronder vindt u de contactgegevens van de onderzoekslaboratoria op het gebied van nanowetenschappen alsook de contactgegevens van bedrijven op het gebied van nanotechnologie. Met behulp van deze lijst, kunnen leerkrachten schoolklassen in rechtstreeks contact brengen met onderzoekers en ondernemers.

Universiteiten (Griekenland)

Institution	Contact	Gebied van nanowetenschappen
National Hellenic Research foundation	Tel. 2107273840 E-mail: ccefalas(at)eie.gr	Photonics for Nano-applications
Foundation for Research and Technology Institute of Electronic Structure and Laser	Τηλ. 2810391300 E-mail: liap(at)iesl.forth.gr	Laser wetenschap, Micro/nano-elektronica, polymeerwetenschappen, materiaalkunde en astrofysica

Companies (Greece)

Company / Location	Contact	Gebied van nanowetenschappen
NanoPhos SA	Tel: 22920 69312 E-mail: info(at)nanophos.com	Ontwikkeling, productie en distributie van chemische producten voor de reiniging en bescherming van oppervlakken en nanotechnologie producten.
Tropical-Nano	Tel: 210 5151099 info(at)tropical.gr	Ontwikkeling en vervaardiging van nanomaterialen
Glonatech	Tel: 2106083465 E-mail: info(at)glonatech.com	Oplossingen, producten en diensten voor de bouw van nanotech materialen
Nanothinx	Tel: 2610-965208 E-mail: info(at)nanothinx.com	Koolstof nanotubes (CNTs)
Nanotypos	Tel: 2310 365183 E-mail: info(at)nanotypos.com	optische apparaten, fotonische toepassingen, biotechnologie, organische elektronica toepassingen, energie oogsten

D Lijst van criteria voor de wedstrijd

Dit is de lijst van criteria die werden gehanteerd voor de Quantum Spin-Off try-out wedstrijd: nationaal en Europees. Het kan dienen als een bron van inspiratie voor leraren die zelf denken aan het organiseren van een wedstrijd.

Het doel van de presentatie is om studenten hun leerweg doorheen de wedstrijd te tonen aan zowel de jury als de aanwezigen.

De lijst van criteria voor de nationale jury's is eenvormig omwille van vergelijkbare evaluaties tussen de 4 deelnemende landen.

De aan elke deelnemende ploeg gegeven punten zullen niet worden meegedeeld aan leerlingen, leerkrachten of schoolhoofden. Alleen de eindstand zal openbaar worden gemaakt.

De duur van elke presentatie is 10 plus 5 minuten voor interview door de jury.

Idealiter wordt de jury gevormd door ten minste 3 personen: onderzoeker, ondernemer, opleider. Elk lid vult de lijst van criteria aan en aan het einde van alle presentaties zal de jury hun beoordelingen samenvoegen om de eindscore van elk team te bepalen. De eindscore wordt berekend door de vijf puntencategorieën toe te voegen. De criteria zijn gelijk gewogen.

De samenvatting die aan elk team gevraagd werd te maken, vormt de basis voor de presentatie en wordt afgegeven aan het onderwislid van de nationale jury.

De prijzen zullen worden toegekend gebaseerd op de cijfers gegeven door de jury. Bijvoorbeeld, voor de Europese wedstrijd werden vier prijzen toegekend aan de deelnemende scholen na de indeling op basis van de beoordelingen. Voor de nationale wedstrijd was de procedure hetzelfde, maar het aantal prijzen in elk land zou kunnen verschillen. Elke deelnemende school ontvangt een diploma, de winnende klassen ontvangen een ingekaderd diploma en een prijs. De hoofdprijs is een didactische installatie voor de school. De andere prijzen worden bepaald door de lokale organisatoren.

Criteria

De criteria voor de jury van de wedstrijd zijn:

- 1 Van moderne wetenschap tot technologie
- 2 Van technologie naar toepassing
- 3 Van toepassing naar bedrijf
- 4 Presentatie
- 5 Creativiteit

Tijdens de spin-off dag: de jury stelt vragen zodat studenten hun kennisniveau over de onderliggende moderne concepten van de wetenschappen/kwantumfysica, over wetenschappelijke literatuur en het businessidee kunnen toelichten. Vragen kunnen ook uit het publiek komen.

Een afdrukformulier met de criteria is onderaan het document toegevoegd. De vijf criteria worden hieronder toegelicht.

Van moderne wetenschap naar technologie

De studenten moeten voldoende begrip van moderne wetenschap/quantum fysica concepten kunnen weergegeven. Gebaseerd op hun ervaringen met de leerstations en hun werk in hun klas, presenteren de leerlingen de wetenschappelijke begrippen die als uitgangspunt voor hun virtuele product en spin-off bedrijf dienden. Een specifiek deel van het boekje zal hieraan worden gewijd.

Verder presenteren de leerlingen hun interacties met onderzoekers en relevante literatuur. Een wetenschappelijk artikel dat de oprichting van het spin-off bedrijf heeft beïnvloed, moet bondig gepresenteerd worden en de leerlingen lichten de invloed hiervan op het virtuele product en het spin-off bedrijf toe.

Van technologie naar toepassing

De studenten beschrijven hun interactie met de NanoLab en onderzoekers, wat ze geleerd hebben van de dialogen/vragen met de onderzoeker en hoe deze interacties hun creatieve proces inspireerden.

Vervolgens presenteren de leerlingen het virtuele product en lichten het creatieve proces toe. Het product is:

- maatschappelijk relevant en maakt het leven beter op een zinvolle manier
- realistisch, kan virtueel, maar enig potentieel moet worden aangetoond.
- In overweging met verantwoordelijk onderzoek en innovatie (RRI) (voor een definitie van RRI, zie: <http://www.rri-tools.eu/about-rri>)

Van toepassing naar bedrijf

De studenten hebben goed nagedacht over de 9 elementen van het Business Model Canvas (BMC), maken een valorisatie van het werkstuk door de oprichting van een virtuele onderneming. De 9 elementen van BMC zijn:

1. Strategische partners
2. Kernactiviteiten
3. Mensen en middelen
4. Waardepropositie
5. Klantrelaties
6. Kanalen
7. Klantsegmenten
8. Kostenstructuur
9. Inkomstenstromen

Presentatie

De criteria voor de presentatie zijn:

- Presentatietechniek
 - o enthousiasme en intensiteit (afhankelijk van: uitspraak, spreekvolume, natuurlijk spreken of met slechts één spiekbrieftje, zelfvertrouwen, kijkend naar het publiek, prikkelend, geschikte kledij voor het evenement)
 - o bijdrage van alle leden van het team
 - o gebruik van visuele hulpmiddelen – doeltreffend gebruik van multimedia en / of andere
- Presentatie opbouw
 - o duidelijke en beknopte uitleg verstrekt
 - o efficiënt gebruik van tijd (presentatie structuur, op tijd)

Creativiteit

Een belangrijk onderdeel van de wedstrijd is gewijd aan het aanmoedigen van het creatieve potentieel van de leerling en hem de kans bieden tot probleemzoekend en probleemoplossend denken, verbanden leggen, hun ideeën verruimen, zichzelf en anderen in vraagstellen en het creatieve proces van een ondernemer ervaren of simuleren. Er wordt rekening gehouden met de mate van nieuwigheid in het studentenwerk.

Vragen voor studenten in aanmerking te nemen:

- Hebt u overwogen of een soortgelijk idee al op de markt bestaat? Als dat het geval is, wat is de toegevoegde waarde van het voorstel van de groep?
- Biedt het product creatieve oplossingen voor bestaande problemen in het veld?
- In welke mate wijzigt het idee het gedrag van industrie/klant?

Team Beoordelingsformulier

BEOORDELINGSCRITERIA		Onvoldoende	Voldoende	Goed	Zeer goed
1	Van moderne wetenschap naar technologie	1	2	3	4
2	Van technologie naar toepassing	1	2	3	4
3	Van toepassing naar bedrijf	1	2	3	4
4	Presentatie	1	2	3	4
5	Creativiteit	1	2	3	4
TOTAAL					

E Land-specifieke informatie

België

Ambassadeurs in de klas

In België werd de activiteit "Ambassadeurs in de klasse" georganiseerd in het kader van de Quantum Spin-Off-wedstrijd. De deelnemende klassen presenteerden hun werk, traject, product en verwante spin-off bedrijf aan ten minste één andere klas van hun school. Dit diende meerdere doeleinden: andere leerlingen en leerkrachten bereiken die op hun beurt geïnspireerd zouden kunnen worden door de Quantum Spin-Off pedagogie, en aan de andere kant de deelnemende studenten een kans geven om hun presentatie te oefenen met het oog op de spin-off dag. Een dergelijke activiteit kan ook worden voorzien door de leerkrachten die een try-out willen organiseren. Bijzonder interessant zou het presenteren van het werk van zesdejaars "Secundaire Onderwijs" aan studenten van een vijfde jaar zijn (die hierdoor kunnen worden geïnspireerd tot hetzelfde traject het volgende schooljaar).

Rol van DSP Valley

In België werden de meeste bedrijfsbezoeken georganiseerd dankzij de steun van de overkoepelende organisatie DSP Valley, voornamelijk actief in België en Nederland. Het verenigt meer dan 80 hightech-ondernemingen en onderzoeksgroepen, actief in de micro- en nano-elektronica. Nuttige informatie over de wereld van nanotechnologie ondernemingen in België kan worden gevonden op de website van de DSP Valley. De contactgegevens worden vermeld in de bovenstaande tabel (zie deel C: Contact Data Nano-bedrijven en Nano-Labs).

Belgische website

Nuttige informatie en ondersteuning, met name voor Belgische leerkrachten, kan ook worden gevonden op de Belgische website van het project: <http://spinoff.vakdidactiek.be/>.

Zwitserland

Voorstellen voor activiteiten in de klas om nano risico's te begrijpen

Studenten die deelnemen aan het project Quantum Spin-Off observeren de onderlinge verbanden tussen nano-onderzoek en nanotechnologie. Als een stap verder, kunnen de risico's van nanotechnologie worden onderzocht.

Leerdoel: ... ontwikkelen van een persoonlijke perceptie van de risico's van nanomaterialen op basis van onderzoeksresultaten.

Voor het boekje dat de studenten als onderdeel van de Quantum Spin-Off-project voorbereiden kan een bijkomende leerdoel worden toegevoegd: een verklaring opstellen met betrekking tot de overdracht van onderzoeksresultaten naar een spin-off bedrijf (bijvoorbeeld afwegen van de voordelen en risico's, inschatten van sociale gevolgen, "anticiperen op de toekomst").

Om het extra leerstation in het Duits, met de titel "Proposals for classroom activities to understand nano risks" te downloaden, zie de website van het project:

<http://ch.qs-project.ea.gr/en/content/lernstationen>

ICT-Tools

De volgende websites bieden ICT-hulpmiddelen ter ondersteuning van het leerproces: www.swissnanocube.ch (platform voor nanotechnologie en onderwijs, ook in het Engels).