

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en  
Wetenschap

>Retouradres Postbus 16375 2500 BJ Den Haag

Technische Universiteit Delft  
T.a.v. College van Bestuur  
Postbus 5  
2600 AA DELFT

**Hoger Onderwijs en  
Studiefinanciering**  
Rijnstraat 50  
Den Haag  
Postbus 16375  
2500 BJ Den Haag  
[www.rijksoverheid.nl](http://www.rijksoverheid.nl)

**Onze referentie**  
32224171

**Bijlagen**  
1

*Als u belang hebt bij dit besluit, dan kunt u hiertegen binnen 6 weken, gerekend vanaf de verzenddatum, bezwaar maken. Stuur uw bezwaarschrift naar DUO, Postbus 30205, 2500 GE Den Haag. U kunt uw bezwaar ook digitaal indienen op [www.bezwaarschriftenocw.nl](http://www.bezwaarschriftenocw.nl).*

Datum 29 maart 2022  
Betreft Besluit macrodoelmatigheid wo masteropleiding Quantum Information Science & Technology (joint degree)

Geacht College van Bestuur,

Met uw brief van 01/02/2022 met kenmerk CVB-UIT/VRM-2022.02.01, door de Commissie Doelmatigheid Hoger Onderwijs (hierna: CDHO) ontvangen op 02/02/2022, heeft u mij het voornemen voorgelegd om de wo masteropleiding Quantum Information Science & Technology (joint degree) als bekostigde opleiding te verzorgen in Delft en Leiden.

**Advies CDHO**

De CDHO heeft mij bij brief van 14/03/2022, kenmerk 2022/007a, positief geadviseerd over uw aanvraag. Dit advies, dat integraal onderdeel uitmaakt van dit besluit, treft u hierbij aan.

**Besluit**

Gelet op bovengenoemd advies van de CDHO en het bepaalde in de Wet op het hoger onderwijs en wetenschappelijk onderzoek (hierna: WHW) en in de Regeling macrodoelmatigheid hoger onderwijs (hierna: Regeling), heb ik besloten in te stemmen met uw voornemen om de wo masteropleiding Quantum Information Science & Technology (joint degree) als bekostigde opleiding te verzorgen in Delft en Leiden.

**Beoordelingskader**

De wettelijke grondslag voor mijn besluitvorming is gelegen in artikel 6.2 van de WHW. Voorts is de Regeling leidraad geweest voor mijn afwegingen.

**Motivering**

Overeenkomstig het advies van de CDHO concludeer ik dat uw aanvraag voldoet aan de criteria a en b van artikel 4, eerste lid, van de Regeling. Voor de nadere motivering verwijs ik u naar het advies van de CDHO.

**Croho-procedure**

Ingevolge artikel 6.2, zevende lid, van de WHW, vervalt dit besluit indien de opleiding niet binnen tien maanden na dagtekening van dit besluit is geregistreerd in het Centraal register opleidingen hoger onderwijs (Croho). Registratie binnen die termijn is niet eerder mogelijk dan nadat de NVAO een positief besluit heeft

genomen in het kader van de toets nieuwe opleiding. In verband met het vervallen van dit besluit na tien maanden, raad ik u aan zo spoedig mogelijk bij de NVAO een aanvraag in te dienen voor de toets nieuwe opleiding. Voor de registratie van uw opleiding kunt u gebruik maken van a-Croho. Mocht u vragen hebben over de registratie, dan kunt u contact opnemen met [ssg@duo.nl](mailto:ssg@duo.nl).

**Onze referentie**  
32224171

Ik teken hierbij het volgende aan. Artikel 7.5, eerste lid, van de WHW bepaalt dat de studielast van een masteropleiding in het wetenschappelijk onderwijs 60 studiepunten bedraagt. U hebt, met inachtneming van artikel 7.5d, onderdeel a, van de WHW de studielast van de opleiding bepaald op 120 studiepunten. Dit betekent dat u voor de (nominale) periode dat de opleiding langer duurt dan 1 jaar overeenkomstig artikel 7.51a van de WHW voor de student een financiële voorziening dient te treffen. Over die periode ontvangt u geen bekostiging. Desgewenst kunt u, na de toets nieuwe opleiding en onder overlegging van een advies omtrent de duur van de opleiding van de NVAO, een apart verzoek indienen bij de minister tot bekostiging van de gehele opleiding.

Een afschrift van deze brief is verzonden aan de CDHO, de NVAO, DUO-Groningen, de Inspectie van het Onderwijs en UNL.

Met vriendelijke groet,

de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap,  
namens deze,  
MT-lid Hoger Onderwijs en Studiefinanciering



Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap  
t.a.v. de Minister  
dhr. dr. R.H. Dijkgraaf  
Postbus 16375  
2500 BJ DEN HAAG

Postadres  
Postbus 85498  
2508 CD Den Haag  
Bezoekadres  
Parkstraat 83  
2514 JG Den Haag  
T: 070 8505300  
W: [www.cdho.nl](http://www.cdho.nl)  
E: [info@cdho.nl](mailto:info@cdho.nl)

Onderwerp	Ons Kenmerk	Datum
Nieuwe opleiding	2022/007a	14/03/2022
Technische Universiteit Delft en Universiteit Leiden	2022/007b	
Voltijd wo master		
Quantum Information Science & Technology (joint degree)		
Delft en Leiden		

Geachte heer Dijkgraaf,

Op 02/02/2022 heeft de Commissie Doelmatigheid Hoger Onderwijs het voornemen ontvangen van de Technische Universiteit Delft om de wo master Quantum Information Science & Technology (joint degree) als bekostigde opleiding te verzorgen gezamenlijk met Universiteit Leiden in de vestigingsplaatsen Delft en Leiden (brief van 01/02/2022 met kenmerk CVB-UIT/VRM-2022.02.01). De aanvraag was voorzien van alle voor de beoordeling benodigde gegevens en is door de commissie in behandeling genomen.

#### **Advies Commissie Doelmatigheid Hoger Onderwijs**

Gelet op het hiernavolgende adviseert de commissie u om positief te besluiten op het verzoek van de Technische Universiteit Delft en Universiteit Leiden (hierna: aanvragers) om de wo master Quantum Information Science & Technology (joint degree) als bekostigde opleiding te Delft en Leiden te verzorgen.

#### **Beoordelingskader**

De wettelijke grondslag voor dit advies is gelegen in art. 6.2 van de Wet op het hoger onderwijs en wetenschappelijk onderzoek (WHW). Voorts heeft de Regeling macrodoelmatigheid hoger onderwijs van 20 juni 2018, verder te noemen de Regeling, voor de commissie als leidraad gediend. Het beoordelingskader treft u in de bijlage bij dit advies aan.

#### **Omschrijving van de aanvraag**

Aanvragers willen - in samenwerking met het aan de Technische Universiteit Delft verbonden

onderzoeksinstituut QuTech - de wo master Quantum Information Science & Technology (joint degree) in Delft en Leiden aanbieden. Het gaat om een Engelstalige wo master in het Croho onderdeel Techniek. De opleiding omvat 120 studiepunten en zal in voltijdvorm worden aangeboden.

De opleiding heeft tot doel om studenten op te leiden op het gebied van 'high-end quantum system integration' en omvat het ontwerpen, bouwen en onderzoeken van quantum-informatieverwerkende systemen, zoals bijvoorbeeld quantumcomputers en quantum netwerken.

Het curriculum bestaat uit de volgende onderdelen: een oriëntatie teamproject, homologatievakken, kernvakken, keuzevakken, een multidisciplinair project en een afstudeerproject. Studenten dienen tijdens de eerste twee onderdelen een keuze te maken uit de modules: Introduction to electronic and computer engineering, Mathematics for quantum physics, Introduction to quantum physics, Introduction to information theory en Introduction to computer science. Hierna volgen de studenten een kernprogramma waarin studenten kennis opdoen uit de vakgebieden natuurkunde, wiskunde, elektrotechniek en informatica. Na dit kernprogramma volgt een profileringsfase waarin iedere student zich enerzijds specialiseert in een van drie disciplines quantum hardware, quantum software of quantum elektronica, en zich anderzijds bekwaamt in het in multidisciplinair teamverband samenwerken met medestudenten met een andere profielkeuze. Het tweede jaar van het programma is gewijd aan een multidisciplinair project en het afstudeerproject.

De opleiding is toegankelijk voor studenten met een wo bachelordiploma (Toegepaste) Wiskunde, (Toegepaste) Natuurkunde, Informatica en Elektrotechniek. Voor gemotiveerde wo studenten met een andere aanpalende (technische) bacheloropleiding zal volgens aanvragers op maat worden bekeken of toegang, al dan niet met aanvullende eisen, zal worden verleend.

De opleiding beoogt studenten op te leiden voor functies als quantum-hardware ingenieur, quantum-software ontwikkelaar, quantum-netwerk specialist, quantum-elektrotechnisch ingenieur, high-tech system integrator, onderzoeker in het bedrijfsleven of aan de universiteit of technisch projectmanager.

### **Motivering**

De aanvraag voldoet naar mening van de commissie aan de criteria a en b in art. 4 lid 1 van de Regeling.

#### *Beoordeling criterium a*

Aanvragers stellen dat de wo master Quantum Information Science & Technology (joint degree) aansluit op een arbeidsmarktbehoefte in combinatie met een maatschappelijke en een wetenschappelijke behoefte.

#### *Beoordeling arbeidsmarktbehoefte*

Aanvragers onderbouwen de arbeidsmarktbehoefte aan afgestudeerden van de wo master Quantum Information Science & Technology aan de hand van het rapport 'De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 2024'. Aangezien dit rapport is gebaseerd op de gegevens in ROA's database Arbeidsmarktinformatiesysteem (AIS) en deze database de meest geactualiseerde gegevens bevat, verwijst de commissie voor wat betreft de gegevens met betrekking tot opleidingstypen en beroepsgroepen naar ROA's database AIS. Aanvragers doen voorts een beroep op het rapport 'The next revolution: quantum computing' van McKinsey & Company (maart 2020), het rapport 'Economic Impact of Quantum in The Netherlands' van Quantum Delta Nederland (juli 2020), het rapport 'Building a Q-campus - Realising a Quantum ecosystem in Delft' van Birch Consultants (2018). Aanvragers verwijzen voorts naar een werkveldonderzoek dat zij zelf hebben uitgevoerd.

Aanvragers zijn van mening dat de aangevraagde opleiding vanwege haar interdisciplinaire structuur binnen meerdere opleidingscategorieën in ROA's database AIS kan worden ingedeeld. De commissie constateert dat er geen masteropleidingen zijn die specifiek zijn gericht op

quantumtechnologie. De commissie constateert voorts dat de basis van het onderwijsprogramma van de voorgenomen master bestaat uit vakken op het gebied van natuurkunde, wiskunde, elektrotechniek en informatica. Gelet hierop acht de commissie met aanvragers (binnen ROA's database AIS) het opleidingstype master wis-, schei-, natuurkunde en geologie relevant en omdat onder meer de aanverwante masters Nanotechnology, Physics, Physics and Astronomy en Applied Physics, Mathematics, Mathematische wetenschappen, Applied Mathematics en Nanoscience in dit opleidingstype zijn opgenomen. ROA typeert de vooruitzichten in 2026 voor afgestudeerden van dit opleidingstype als goed en verwacht grote knelpunten in de toekomstige personeelsvoorziening (zie tabel 1).

Tabel 1. Arbeidsmarktprognoses opleidingstype master wis-, schei-, natuurkunde en geologie

leidingstype	Arbeidsmarktprognose variabele	Indicator	Aantal	Totaal % 6 jr.	Gem. jaarlijks %	Typering
>> Master - wis-, schei-, natuurkunde en geologie	verwachte uitbreidingsvraag tot 2026		2900	5	0.9	hoog
>> Master - wis-, schei-, natuurkunde en geologie	verwachte vervangingsvraag tot 2026		12600	23	3.5	hoog
>> Master - wis-, schei-, natuurkunde en geologie	verwachte baanopeningen tot 2026		15500	28	4.2	hoog
>> Master - wis-, schei-, natuurkunde en geologie	verwachte instroom van schoolverlaters tot 2026		14100	26	3.9	hoog
>> Master - wis-, schei-, natuurkunde en geologie	ITKP toekomstige knelpunten personeelsvoorziening in 2026	0.98				groot
>> Master - wis-, schei-, natuurkunde en geologie	ITA toekomstige arbeidsmarktsituatie in 2026	0.98				goed

Bron: ROA AIS

De commissie acht daarnaast de prognoses voor het opleidingstype master elektrotechniek relevant, omdat hierin de aanverwante masters Computer Science, Embedded Systems, Electrical Engineering and Engineering zijn ondergebracht. ROA typeert de vooruitzichten in 2026 voor afgestudeerden van dit opleidingstype als goed en verwacht grote knelpunten in de toekomstige personeelsvoorziening (zie tabel 2).

Tabel 2. Arbeidsmarktprognoses opleidingstype master elektrotechniek

Opleidingstype	Arbeidsmarktprognose variabele	Indicator	Aantal	Totaal % 6 jr.	Gem. jaarlijks %	Typering
>> Master - elektrotechniek	verwachte uitbreidingsvraag tot 2026		1500	6	0.9	erg hoog
>> Master - elektrotechniek	verwachte vervangingsvraag tot 2026		6500	25	3.7	hoog
>> Master - elektrotechniek	verwachte baanopeningen tot 2026		8000	30	4.5	hoog
>> Master - elektrotechniek	verwachte instroom van schoolverlaters tot 2026		6800	26	3.9	hoog
>> Master - elektrotechniek	ITKP toekomstige knelpunten personeelsvoorziening in 2026	0.97				groot
>> Master - elektrotechniek	ITA toekomstige arbeidsmarktsituatie in 2026	0.97				goed

Bron: ROA AIS

Aanvragers doen tot slot een beroep op de prognoses van het ROA voor het opleidingstype master informatica. De commissie acht de prognoses voor dit opleidingstype eveneens relevant, omdat hierin de aanverwante masters Informatica en Information Science zijn ondergebracht. ROA typeert de vooruitzichten in 2026 voor afgestudeerden van dit opleidingstype eveneens als goed en verwacht grote knelpunten in de toekomstige personeelsvoorziening (zie tabel 3).

Tabel 3. Arbeidsmarktprognoses opleidingstype master informatica

Opleidingstype	Arbeidsmarktprognose variabele	Indicator	Aantal	Totaal % 6 jr.	Gem. jaarlijks %	Typering
>> Master - informatica	verwachte uitbreidingsvraag tot 2026		2900	7	1.2	erg hoog
>> Master - informatica	verwachte vervangingsvraag tot 2026		6500	17	2.6	gemiddeld
>> Master - informatica	verwachte baanopeningen tot 2026		9400	24	3.6	gemiddeld
>> Master - informatica	verwachte instroom van schoolverlaters tot 2026		8500	22	3.3	gemiddeld
>> Master - informatica	ITKP toekomstige knelpunten personeelsvoorziening in 2026	0.98				groot
>> Master - informatica	ITA toekomstige arbeidsmarktsituatie in 2026	0.98				goed

Bron: ROA AIS

Aanvragers doen binnen het AIS van ROA tevens een beroep op de arbeidsmarktprognoses voor de beroepsgroepen ingenieurs (geen elektrotechniek), elektrotechnisch ingenieurs, biologen en natuurwetenschappers, software- en applicatieontwikkelaars en databank- en netwerkspecialisten. De commissie overweegt dat binnen ROA's prognoses per opleidingstype zowel verwachte vacatureaantallen worden opgenomen als de uitstroomcijfers van afgestudeerden. Zodoende wordt inzichtelijk gemaakt wat de verhouding is tussen werkzoekenden en baanopeningen, waardoor een arbeidsmarktbehoefte aan afgestudeerden van een bepaald opleidingstype kan worden vastgesteld. In ROA's prognoses per beroepsgroep is slechts het aantal verwachte vacatures opgenomen, zonder dat dit wordt afgezet tegen de uitstroom uit opleidingen of het gevraagde opleidingsniveau. Om die reden kent de commissie in algemeenheid het meeste gewicht toe aan relevante opleidingstypen in ROA's database AIS. De commissie overweegt dat afgestudeerden van de voorgenomen master onder meer in aanmerking komen voor functies als quantum-hardware ingenieur, quantum-software ontwikkelaar, quantum-netwerk specialist, quantum-elektrotechnisch ingenieur. De commissie is gelet hierop van mening dat de arbeidsmarktprognoses voor de beroepsgroepen ingenieurs (geen elektrotechniek), elektrotechnisch ingenieurs, software- en applicatieontwikkelaars en databank- en netwerkspecialisten een indicatie geven van de toekomstige arbeidsmarktperspectieven voor afgestudeerden van de voorgenomen master. ROA verwacht binnen deze beroepsgroepen (zeer) grote knelpunten in de personeelsvoorziening in de periode tot 2026. De commissie is van mening de beroepsgroep biologen en natuurwetenschappers - bij het ontbreken van een nadere toelichting van de kant van aanvragers - onvoldoende verwantschap vertonen met de voorgenomen master.

De commissie constateert dat ROA's prognoses voor de relevante opleidingstypen en beroepsgroepen een positief beeld opleveren van de arbeidsmarktbehoefte aan dit type afgestudeerden. De commissie acht met aanvragers aannemelijk dat de krapte op de arbeidsmarkt in de praktijk wellicht groter is dan de ROA-prognoses van de relevante opleidingstypen aangeven, omdat een deel van de internationale studenten aan de technische universiteiten na hun afstuderen niet de Nederlandse arbeidsmarkt betreedt, maar terugkeert naar hun land van

herkomst.

Aanvragers stellen voorts dat diverse onderzoeken laten zien dat er hoge verwachtingen zijn ten aanzien van de ontwikkeling van de markt voor quantumtechnologie op korte en (middel)lange termijn. Daartoe verwijzen aanvragers op de eerste plaats naar het rapport 'The next revolution: quantum computing' van McKinsey & Company (maart 2020). Experts verwachten blijkens dit rapport dat bedrijven in sectoren als energie, financiën en 'geavanceerde industrie' die gebruik maken van quantumcomputers vanaf 2025 significante omzet zullen genereren. Rond 2035 is dit uitgebreid naar meer sectoren. Voor 2030 schat McKinsey het potentieel wereldwijd op 1 biljoen dollar, met name in vijf sectoren van de industrie: financiën, chemie, pharma, automotive en telecom, media en technologie. Op langere termijn zal quantumtechnologie ook in andere sectoren van de economie worden toegepast, aldus het rapport (p. 4 en 6). Ook Quantum Delta Nederland verwacht een groei van de quantumtechnologie. Blijkens het door haar uitgebrachte rapport 'Economic Impact of Quantum in The Netherlands' (juli 2020) kan Nederland een aandeel hebben van 5 tot 10% van de wereldmarkt in quantumtechnologie. Dit komt neer op 0,5 tot 1 miljard euro in 2027 en 1,5 tot 3 miljard euro in 2040. In termen van werkgelegenheid komt dit volgens het rapport overeen met 6.000 tot 12.000 banen in 2027 en 15.000 tot 30.000 banen in 2040. Dit betreft zowel directe als indirecte werkgelegenheid (p. 2, 15 en 44). Voorts verwijzen aanvragers naar een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd door organisatieadviesbureau Birch Consultants in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en QuTech/Technische Universiteit Delft voor een campus rondom quantumtechnologie, een Q-Campus in Delft. In het onderzoek raamt Birch de groei van de markt voor quantumtechnologie in de OECD-landen op een bedrag van \$ 65 mld over 20 jaar. Voor de Delftse Q-Campus komt Birch tot een werkgelegenheidsgroei van 380 à 670 fte in 2023. Dit betreft banen bij alle bestaande partners van de Q-Campus, dat wil zeggen, TU Delft, QuTech, TNO, Microsoft, Intel, Delft Circuits, Single Quantum, Bluefors en een ongenoemde speler. Birch gaat er daarnaast vanuit dat zich ook nieuwe partners op de campus zullen vestigen. Dat leidt tot een totale werkgelegenheid van 450 tot 900 fte in 2023 (p. 8, 10 en 12). De commissie is van oordeel dat aanvragers op grond van voornoemde bronnen hebben aangetoond dat sprake is van een snel groeiende arbeidsmarkt op het terrein van quantumtechnologie. De commissie is van mening dat deze bronnen een indicatie bieden van een arbeidsmarktbehoefte aan dit type wo masteropleiden.

Om meer inzicht te krijgen in de kwantitatieve en kwalitatieve arbeidsmarktbehoefte hebben aanvragers interviews gehouden met 16 potentiële werkgevers (waaronder TNO, QuTech, KPN, Shell, ASML, ING, Rabobank en ABNAMRO) die actief zijn op het gebied van quantumtechnologie. De gespreksverslagen alsmede de namen, functies en organisaties van de deelnemers zijn in een separate (vertrouwelijke) bijlage opgenomen. Uit de verslagen van deze gesprekken blijkt dat - samengevat weergegeven - de gespreksdeelnemers uit het werkveld het opleidingsprogramma herkennen en de relevantie daarvan benadrukken. De geïnterviewde werkveldpartijen geven aan dat afgestudeerden met multidisciplinaire kennis van natuurkunde, informatica en engineering schaars en gewild zijn en verwachten dat het aantal vacatures voor dit type afgestudeerden over enkele jaren groter zal zijn dan het aantal verwachte afgestudeerden. Vier geïnterviewde universiteiten en onderzoeksinstituten geven aan dat er jaarlijks circa 30 à 35 promotieplaatsen bij hun organisatie beschikbaar zal komen. Daarnaast heeft TNO jaarlijks 10 vacatures voor quantum-onderzoekers en zijn er bij QuTech jaarlijks 2 vacatures voor business developers. De geïnterviewde bedrijven voorzien over enkele jaren gezamenlijk een totale vraag van jaarlijks ongeveer 165 nieuwe medewerkers met het profiel van de voorgenomen opleiding, waarvan 140 in Nederland. Aanvragers concluderen dat het aantal verwachte vacatures op het terrein van quantumtechnologie groter zal zijn dan het aantal verwachte afgestudeerden. Daarbij hebben aanvragers in aanmerking genomen dat een deel van de studenten van de voorgenomen master na hun studie in het buitenland zal gaan werken en dat de geraamde uitstroom van 65 studenten per jaar niet volledig in de Nederlandse arbeidsmarktbehoefte zal voorzien. De commissie constateert dat de geïnterviewde werkveldpartijen relevant zijn en zicht

hebben op de inhoudelijke ontwikkelingen op het terrein van quantumtechnologie. De deelnemers hebben blijkens de verslagen overwegend leidinggevende functies zoals ceo, managing director, projectmanager en vice-president en het betreft aldus functies waarin zij invloed kunnen uitoefenen op het personeelsbeleid. De commissie overweegt voorts dat aanvragers de wijze van het werkveldonderzoek en op basis van dat onderzoek verkregen resultaten inzichtelijk hebben gemaakt. Wat betreft de waardering van de uitkomsten van het werkveldonderzoek is de commissie van oordeel dat deze blijk geven van een arbeidsmarktbehoefte aan afgestudeerden van de voorgenomen wo master Quantum Information Science & Technology.

In aanvulling op voornoemde interviews hebben aanvragers in juli 2021 een bijeenkomst georganiseerd met drie bedrijven (ASML, ATOS en QBlox) die gebruik maken van quantumtechnologie. Doel van de bijeenkomst was om te kijken in hoeverre de voorgenomen master aansluit op de behoefte van bedrijven en wat essentiële onderdelen in het curriculum zouden moeten zijn. Een gespreksverslag van de bijeenkomst is als bijlage toegevoegd aan het aanvraagdossier (waarin de namen van de deelnemers om privacyredenen zijn geanonimiseerd). De deelnemende bedrijven onderschrijven de waarde van de voorgenomen master en beschouwen deze als complementair aan bestaande opleidingen. Daarnaast geven zij aan dat afgestudeerden de opgedane softwarekennis ook buiten het quantum-domein kunnen toepassen. De commissie constateert dat het gespreksverslag geen kwantitatieve duiding omvat. Het feit dat de grote werkgevers de behoefte aan de master Quantum Information Science & Technology erkennen geeft een positieve indicatie van de arbeidsmarktbehoefte.

De commissie concludeert op grond van het bovenstaande dat aanvragers hebben aangetoond dat de wo master master Quantum Information Science & Technology beantwoordt aan een arbeidsmarktbehoefte.

#### Beoordeling maatschappelijke behoefte

Ter onderbouwing van de maatschappelijke behoefte aan de wo master master Quantum Information Science & Technology verwijzen aanvragers onder andere naar de 'Kabinetsreactie Nationale Agenda Quantum Technologie' van voormalig staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat (17 februari 2020), de 'Nationale Agenda Quantumtechnologie' van Quantum Delta NL (september 2019) en het Nationaal Groeifonds.

Aanvragers voeren onder verwijzing naar 'Kabinetsreactie Nationale Agenda Quantum Technologie' aan dat de Nederlandse overheid de potentie van quantumtechnologie onderkent. Met de kabinetsreactie heeft voormalig staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat, mede namens de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, onderkend dat quantumtechnologie één van de sleuteltechnologieën is met groot potentieel voor de toekomst en dat het kabinet moet blijven investeren in het opbouwen van nieuwe onderzoeks- en innovatie-ecosystemen, waaronder quantumtechnologie. Het belang van quantumtechnologie wordt volgens aanvragers eveneens onderstreept met de oprichting van het kennisinstituut QuTech dat een van de partners is in de voorgenomen opleiding. Eind 2019 telde QuTech ruim 300 medewerkers (224 fte), waarvan driekwart onderzoeksstaf (p. 11 van het Annual Report 2019 van QuTech). Om Nederland als internationale kennis- en innovatieknooppunt voor quantumtechnologie te positioneren is de Nationale Agenda Quantumtechnologie (NAQT) opgesteld. Deze agenda beschrijft vier actielijnen om Nederland ook in de toekomst een toonaangevende rol te laten spelen als Quantum Delta, namelijk (1) het realiseren van doorbraken in onderzoek en innovatie, (2) de ontwikkeling van een ecosysteem, (3) werken aan human capital (onderwijs, kennis, vaardigheden) en (4) het starten van een maatschappelijke dialoog rondom quantumtechnologie (p. 38 e.v.). Aanvragers stellen dat voor de beoogde master vooral de derde actielijn, human capital, van belang is. Over deze actielijn merkt de NAQT op dat talent naar verwachting een bottleneck zal worden voor de verdere groei van quantumtechnologie. De huidige opleidingen zijn niet in staat om te voldoen aan de behoefte aan quantum- en systeemingenieurs en er zijn nog geen volledig op quantumtechnologie toegespitste academische of technische opleidingen. Volgens de NAQT is investering in opleidingen noodzakelijk voordat quantumtechnologie effectief in de industrie of maatschappij kan landen. De



NAQT noemt de QuTech Academy als een van de drie spelers (naast UvA en TU/e) die hiervoor de bouwstenen kunnen leveren (p. 82). De commissie is van oordeel dat deze bronnen het maatschappelijk belang van het ontstaan van de nieuwe master Quantum Information Science & Technology onderstrepen.

Het maatschappelijk belang wordt naar het oordeel van de commissie eveneens onderstreept door het Nationaal Groeifonds. Het Nationaal Groeifonds heeft in april 2021 positief geadviseerd voor de toekenning van 615 miljoen euro voor Quantum Delta Nederland teneinde de ontwikkeling van quantumtechnologie in Nederland te versnellen.

De commissie is reeds op grond van het bovenstaande van oordeel dat de voorgenomen opleiding aansluit op een maatschappelijke behoefte.

#### Beoordeling wetenschappelijke behoefte

Ter onderbouwing van de wetenschappelijke behoefte verwijzen aanvragers onder meer naar de Nationale Wetenschapsagenda en de Nationale Agenda Quantumtechnologie (NAQT).

Aanvragers stellen dat de Nationale Wetenschapsagenda (NWA) twee routes kent waarin quantumtechnologie een belangrijke rol in speelt. De commissie stelt met aanvragers vast dat in de Nationale Wetenschapsagenda de route 'Materialen-Made in Holland' is opgenomen. In deze route wordt aangegeven dat nieuwe technieken de weg openen naar het inzetten van quantummechanica om informatieverwerking ultiem efficiënt te maken. De route 'Quantum/nanorevolutie' vermeldt dat in de komende decennia de quantum/nanotechnologie in een nieuwe, revolutionaire fase komt. Dit zal onder meer leiden tot veranderingen op het gebied van ICT en softwareontwikkeling, materialen voor energie, medische diagnostiek en sensoren. De commissie stelt voorts met aanvragers vast dat de NAQT onderdeel is van de Kennis- en Innovatieagenda (KIA) voor de sleuteltechnologieën. De NAQT omvat de noodzakelijke acties om de technologie en de toepassingen verder te ontwikkelen in de Nederlandse Quantum Delta. Een van de acties om de gehele keten van het kennis- en innovatie-ecosysteem te versterken is het realiseren van doorbraken in onderzoek en innovatie. De commissie is van oordeel dat aanvragers op grond van de Nationale Wetenschapsagenda en de NAQT hebben aangetoond dat er een grote wetenschappelijke ontwikkeling op het terrein van quantumtechnologie gaande is en dat de voorgenomen master Quantum Information Science & Technology een belangrijke bijdrage kan leveren aan de verdere ontwikkeling van dit wetenschapsgebied.

De commissie is reeds op grond van het bovenstaande van oordeel dat de voorgenomen opleiding aansluit op een wetenschappelijke behoefte.

De commissie concludeert dat de aanvraag aansluit op een maatschappelijke, een grote wetenschappelijke en een arbeidsmarktbehoefte. De aanvraag voldoet aan criterium a in art. 4 lid 1 van de Regeling.

#### Beoordeling criterium b

Vanaf 03/02/2022 is op de website van de CDHO kennisgegeven van het voornemen van de Technische Universiteit Delft en Universiteit Leiden om de wo master Quantum Information Science & Technology (joint degree) in Delft en Leiden aan te bieden. Hiermee is aan de instellingen voor hoger onderwijs de mogelijkheid gegeven om hun zienswijzen op dit voornemen kenbaar te maken. Er zijn geen zienswijzen ingediend.

Aanvragers stellen, ter onderbouwing van hun betoog dat er ruimte is voor een nieuwe masteropleiding Quantum Information Science & Technology in het Nederlandse onderwijslandschap, dat er in Nederland nog geen opleidingen zijn die zich exclusief richten op quantum engineering of quantum informatica. Als verwante opleidingen beschouwen aanvragers de hbo- of wo-masteropleidingen op het gebied van de vier disciplines Wiskunde, Natuurkunde, Informatica en Elektrotechniek, voor zover zij een bèta-insteek hebben. Deze masters zijn in de instroomtabel weergegeven (zie tabel 4). Aanvragers hebben een overzicht gegeven van tracks op

het gebied van quantumtechnologie bij bestaande verwante wo masteropleidingen. Het betreft de track Physics for Quantum Devices and Quantum Computing binnen de master Applied Physics (Technische Universiteit Delft), de track Mathematics of Quantum Technology and Computation binnen de master Applied Mathematics (Technische Universiteit Delft) en de track Quantum Electronics binnen de master Electrical Engineering (Technische Universiteit Delft). Voorts bieden Universiteit Leiden en de Technische Universiteit Eindhoven respectievelijk de tracks Quantum Matter and Optics - Classical/Quantum Information (binnen de master Physics) en Nano, Quantum and Photonics (binnen de master Applied Physics). De verwante tracks van de Technische Universiteit Delft en Universiteit Leiden zullen volgens aanvragers blijven bestaan, maar zij verwachten wel dat een deel van de studenten die nu een van deze tracks volgen straks zal kiezen voor de beoogde master Quantum Information Science & Technology. Het belangrijkste onderscheidende kenmerk van de voorgenoemde master Quantum Information Science & Technology ten opzichte van de in tabel 4 weergegeven masters is volgens aanvragers het multidisciplinaire en op toepassing van quantumtechnologie gerichte karakter.

De commissie overweegt ten aanzien van de ruimte in het landelijk opleidingsaanbod als volgt. De commissie beoordeelt de ruimte in het verwant aanbod onder meer door te bepalen welke bestaande opleidingen verwant zijn aan de voorgenoemde opleiding. De onderwijsinstelling dient overtuigend te beargumenteren dat er nog voldoende ruimte is voor een nieuwe opleiding. De onderwijsinstelling dient hiertoe aan te geven wat het landelijk verwant aanbod van de aangevraagde opleiding is. Het verwant aanbod is aanbod dat inhoudelijk sterk met elkaar overeenkomt en opleidt tot (min of meer) dezelfde beroepen (uitstroomprofiel(en)). Bij de inhoud wordt door de commissie gekeken of de kennisgebieden en vaardigheden die in het curriculum van de voorgenoemde opleiding zijn opgenomen overlap vertonen met de bestaande opleidingen. Voorts kijkt de commissie naar de instroomdoelgroep die de opleiding bedient. Verder is voor de beoordeling van het verwant aanbod van belang om welke onderwijsvariant (voltijd, deeltijd of duaal) het gaat. Verwante opleidingen worden dus niet louter bepaald aan de hand van de inhoud van een opleiding. De commissie stelt vast dat er geen masteropleiding bestaat met een specifiek beroepscompetentieprofiel op het terrein van quantumtechnologie. De commissie beschouwt de masters in tabel 4 aanverwant omdat zij raakvlakken vertonen met de voorgenoemde opleiding, maar dat zij ofwel een andere instroomgroep bedienen, ofwel hun studenten voor andere beroepen opleiden, ofwel dat hun programma's niet substantieel overlappen met de voorgenoemde opleiding.

Aanvragers hebben een overzicht geleverd van de instroom in de aanverwante bekostigde opleidingen. Er zijn geen (aan)verwante onbekostigde opleidingen. De instroom in het aanverwante bekostigde onderwijsaanbod groeide van 1573 eerstejaarsstudenten in 2016/2017 naar 2576 eerstejaarsstudenten in 2021/2021.

Tabel 4. Instroom eerstejaarsstudenten in aanverwant bekostigd onderwijsaanbod

Opleiding	Instelling	'16-'17	'17-'18	'18-'19	'19-'20	'20-'21
M Applied Mathematics (60348), voltijd	Rijksuniversiteit Groningen (21PC), Groningen	4	7	2	9	4
	Technische Universiteit Delft (21PF), Delft	67	80	86	80	118
	Universiteit Twente (21PH), Enschede	25	30	27	27	36
M Applied Nanotechnology (49097), voltijd	Saxion Hogeschool (23AH), Enschede	11	8	9	10	13
M Applied Physics (60436), voltijd	Rijksuniversiteit Groningen (21PC), Groningen	11	21	20	11	14
	Technische Universiteit Delft (21PF), Delft	98	122	116	160	186
	Technische Universiteit Eindhoven (21PG), Eindhoven	65	88	85	120	126
	Universiteit Twente (21PH), Enschede	33	57	37	54	59
M Computer Science (joint degree) (65014), voltijd	Universiteit van Amsterdam (21PK), Amsterdam	16	21	81	24	31
	Vrije Universiteit Amsterdam (21PL), Amsterdam	51	38	39	75	88
M Computer Science and Engineering (60438), voltijd	Technische Universiteit Eindhoven (21PG), Eindhoven	101	130	171	242	252
M Computing Science (60364), voltijd	Rijksuniversiteit Groningen (21PC), Groningen	25	33	41	45	25
M Electrical Engineering (60353), voltijd	Technische Universiteit Delft (21PF), Delft	118	161	130	162	218
	Technische Universiteit Eindhoven (21PG), Eindhoven	107	103	89	131	157
	Universiteit Twente (21PH), Enschede	44	61	71	69	93
M Embedded Systems (60331), voltijd	Technische Universiteit Delft (21PF), Delft	57	69	77	56	70
	Technische Universiteit Eindhoven (21PG), Eindhoven	69	86	72	63	60
	Universiteit Twente (21PH), Enschede	22	36	28	47	21
M Engineering Systems (49136), deeltijd	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (25KB), Arnhem			29	22	23
M Engineering Systems (49136), voltijd	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (25KB), Arnhem			96	93	82
M Industrial and Applied Mathematics (60347), voltijd	Technische Universiteit Eindhoven (21PG), Eindhoven	58	35	51	58	65
M Informatica (66978), voltijd	Universiteit Utrecht (21PD), Utrecht	107	70	107	116	112
	Universiteit Utrecht (21PD), Utrecht	63	79	86	107	94
M Information Science (60809), voltijd	Universiteit Utrecht (21PD), Utrecht	63	79	86	107	94
M Mathematics (66980), deeltijd	Vrije Universiteit Amsterdam (21PL), Amsterdam	0		1	1	2

M Mathematics (66980), voltijd	Radboud Universiteit Nijmegen (21PM), Nijmegen	17	30	38	25	31
	Rijksuniversiteit Groningen (21PC), Groningen	13	12	21	8	11
	Universiteit Leiden (21PB), Leiden	38	32	45	55	47
	Universiteit van Amsterdam (21PK), Amsterdam	21	31	30	37	52
	Vrije Universiteit Amsterdam (21PL), Amsterdam	16	8	15	10	14
M Mathematische Wetenschappen (60703), voltijd	Universiteit Utrecht (21PD), Utrecht	52	29	63	61	53
M Nanoscience (60618), voltijd	Rijksuniversiteit Groningen (21PC), Groningen	11	14	13	11	10
M Nanotechnology (60028), voltijd	Universiteit Twente (21PH), Enschede	31	17	23	11	20
M Physics (60202), voltijd	Rijksuniversiteit Groningen (21PC), Groningen	31	30	27	30	21
	Universiteit Leiden (21PB), Leiden	33	40	25	50	39
	Universiteit Utrecht (21PD), Utrecht					117
M Physics and Astronomy (66984), voltijd	Radboud Universiteit Nijmegen (21PM), Nijmegen	27	49	39	43	73
M Physics and Astronomy (joint degree) (65016), voltijd	Universiteit van Amsterdam (21PK), Amsterdam	123	94	123	138	139
	Vrije Universiteit Amsterdam (21PL), Amsterdam	8	13	1	3	0
<b>eerstejaarsinstroom</b>	<b>Totaal</b>	<b>1573</b>	<b>1734</b>	<b>2014</b>	<b>2264</b>	<b>2576</b>

Bron: DUO

Aanvragers hebben een prognose gemaakt van de instroom in de voorgenomen opleiding op grond van het aantal afgestudeerden van de quantum tracks van bestaande masteropleidingen van de Technische Universiteit Delft en Universiteit Leiden. Aanvragers verwachten in het eerste jaar 50 studenten en dat aantal na vijf jaar zal oplopen tot een instroom van 75 studenten per jaar. De commissie acht deze prognose realistisch.

Als de instroom in de bestaande opleidingen en de verwachte instroom in de voorgenomen wo master Quantum Information Science & Technology (joint degree) wordt afgezet tegen de behoefte die bij criterium a is aangetoond, blijkt dat er voldoende ruimte is om deze opleiding binnen het bekostigde domein vorm te geven. Daarbij heeft de commissie in aanmerking genomen dat er geen masteropleiding bestaat met een specifiek beroepscompetentieprofiel op het terrein van quantumtechnologie alsmede de omstandigheid dat de voorgenomen master aansluit op het Sectorplan Bèta en Techniek.

Vestiging van de opleiding in Delft en Leiden heeft geen negatief effect op de landelijke spreiding van het onderwijsaanbod.

De commissie concludeert dat er ruimte in het landelijk aanbod bestaat om de wo master Quantum Information Science & Technology (joint degree) te realiseren. De aanvraag voldoet aan criterium b in art. 4 lid 1 van de Regeling.

Gelet op het vorenstaande adviseert de Commissie Doelmatigheid Hoger Onderwijs u om positief

te besluiten op het voorliggende verzoek.

*Advies aan de NVAO over de naamkeuze en Croho indeling*

De commissie heeft geconstateerd dat de voorgenomen opleiding dermate afwijkt van het bestaande verwante opleidingsaanbod, dat dit de keuze voor een andere naam rechtvaardigt. Daarnaast heeft de commissie geconstateerd dat aanvragers de wo master Quantum Information Science & Technology (joint degree) in het Croho onderdeel Techniek willen indelen. Dit voorstel sluit aan op de indeling van aanverwante bestaande opleidingen.

De NVAO ontvangt dit advies, zodat zij dit kan opnemen in het informatiedossier voor het panel ten behoeve van de toets nieuwe opleiding.

De Commissie Doelmatigheid Hoger Onderwijs



drs. P.M.M. Rullmann

Voorzitter CDHO

## **Bijlage:**

### **Beoordelingskader macrodoelmatigheid nieuwe opleiding of nevenvestiging**

Aan de hand van de in de Regeling macrodoelmatigheid hoger onderwijs van 20 juni 2018 genoemde voorwaarden worden voornemens tot het verzorgen van een nieuwe opleiding beoordeeld op doelmatigheid. Een nieuwe opleiding kan volgens artikel 4 van deze Regeling alleen doelmatig worden geacht indien het voornemen voldoet aan de criteria a en b.

Volgens criterium a heeft het instellingsbestuur aangetoond dat er behoefte bestaat aan de nieuwe opleiding of nevenvestiging, zijnde overwegend een arbeidsmarktbehoefte, dan wel een overwegend maatschappelijke behoefte in combinatie met een arbeidsmarktbehoefte, dan wel een overwegend wetenschappelijke behoefte in combinatie met een arbeidsmarktbehoefte.

Volgens criterium b dient het instellingsbestuur aan te tonen dat in de behoefte die bij criterium a is aangetoond niet door het bestaande opleidingsaanbod wordt voorzien.

#### **Advies aan de NVAO over naam- en taalkeuze en Croho onderdeel**

In de Toelichting op de Regeling is aangegeven dat de CDHO ook een rol heeft bij de beoordeling van de voorgestelde naam en voertaal van de opleiding en bij de voorgestelde positionering in het Croho.

Wat betreft de opleidingsnaam: de CDHO kijkt of de voorgestelde naam van de opleiding passend is, gelet op de namen van verwante opleidingen. Daarbij is het uitgangspunt dat sterk op elkaar lijkende opleidingen dezelfde naam krijgen, om de transparantie van het opleidingsaanbod voor studiekezers en werkgevers te borgen. In het Croho kan ook een internationale (Engelse) naam worden geregistreerd. Dit onderdeel van het CDHO advies is niet gericht aan de Minister van OCW, maar aan de NVAO. Het panel van de NVAO toetst of de naamkeuze gerechtvaardigd is gelet op de inhoud van de opleiding en de namen van vergelijkbare opleidingen (artikel 5.7, vierde lid, onderdeel a, van de WHW).

Wat betreft de taalkeuze: het uitgangspunt in de wet is dat een opleiding in het Nederlands wordt aangeboden. De arbeidsmarktbehoefte kan een reden zijn om een opleiding in een andere taal aan te bieden. Dit onderdeel van het CDHO advies is niet gericht aan de Minister van OCW, maar aan de NVAO. Het panel van de NVAO toetst de motivering van de taalkeuze bij Standaard 2 in het Accreditatiekader.

Wat betreft de positie in het Croho: de CDHO kijkt of de voorgestelde indeling in het Croho passend is, gelet op de indeling van verwante opleidingen. Daarbij is het uitgangspunt dat sterk op elkaar lijkende opleidingen in hetzelfde Croho onderdeel worden geregistreerd, om de transparantie van het opleidingsaanbod voor studiekezers en werkgevers te borgen. Dit onderdeel van het CDHO advies is niet gericht aan de Minister van OCW, maar aan de NVAO. Het panel van de NVAO toetst of de voorgestelde indeling in het Croho aansluit bij de ordening van verwante opleidingen.