

# AANVRAAGFORMULIER PROFESSIONAL MASTER APPLIED QUANTUM TECHNOLOGY

Versie 1.2  
Amsterdam, 5 februari 2024

## Inhoud

Inleiding .....	1
1 Basisgegevens instelling.....	2
2 Basisgegevens opleiding.....	2
3 Inhoud opleiding en onderwijsprogramma.....	4
4 Doelgroep opleiding en nadere vooropleidingseisen.....	5
5 Beroeps-/arbeidsmarktprofiel afgestudeerden.....	5
6 Geschatte instroom in de nieuwe opleiding.....	5
7 Onderbouwing arbeidsmarktbehoefte.....	6
7.1 Kwantitatief.....	6
7.2 Kwalitatief.....	10
8 Analyse bestaand aanbod en inschatting verwante instroom.....	12
8.1 Bestaande opleidingen .....	12
8.2 Verwante instroom.....	13
8.3 Regionale spreiding.....	14
9 Noodzaak tot start nieuwe opleiding .....	15
10 Aansluiting instellingsprofiel.....	16
11 RIO- en ISCED-indeling.....	17
12 Afstemming.....	18
Bijlage 1 Aantal inschrijvingen per opleiding (wo).....	19

### Separaat:

Bijlage 2	Verslagen interviews met werkgevers (vertrouwelijk)
-----------	---

## Inleiding

De Hogeschool van Amsterdam, Saxion Hogeschool, Fontys Hogeschool en De Haagse Hogeschool willen een tweejarige professionele masteropleiding Applied Quantum Technology aanbieden (joint degree). Elke hogeschool zal een deel van de opleiding (één of enkele vakken) aanbieden en de studenten volgen deze vakken op de plaats waar de desbetreffende hogeschool gevestigd is. In de opleiding wordt de expertise van vier instellingen gebundeld, en juist door deze bundeling kan een kwalitatief hoogwaardig programma worden aangeboden. Bovendien verwachten wij dat de combinatie leidt tot een hogere instroom, doordat de masteropleiding goed aansluit bij diverse bacheloropleidingen van de vier hogescholen. De Hogeschool van Amsterdam is penvoerder van het initiatief.

## 1 Basisgegevens instelling

Naam instellingen	Hogeschool van Amsterdam (penvoerder) Saxion Hogeschool Fontys Hogeschool De Haagse Hogeschool
BRIN-codes	Hogeschool van Amsterdam: 28 DN Saxion Hogeschool: 23 AH Fontys Hogeschool: 30 GB De Haagse Hogeschool: 27 UM
Contactpersoon aanvraag	.
Contactpersoon CvB	

## 2 Basisgegevens opleiding

Kenmerk aankondiging	A23-014
Naam opleiding	Applied Quantum Technology (joint degree)
Oriëntatie	Hbo
Niveau	Master
Vorm	Voltijd
Gemeenten van vestiging	Amsterdam, Enschede, Eindhoven, Delft. NB Er is sprake van één opleiding (joint degree); elke genoemde plaats biedt slechts een deel van de opleiding aan. Om de gehele opleiding te kunnen afronden, volgen studenten vakken in elk van de genoemde steden.
Taal	Engels
Studielast	120 EC
Studieduur	2 jaar
Beroepsvereisten	n.v.t.
Capaciteitsbeperking	Geen
Beoogde startdatum	September 2025
ISAT-code	niet beschikbaar

RIO-(sub)onderdeel	Techniek. De vergelijkbare masteropleidingen en de toeleidende bacheloropleidingen zijn alle in het onderdeel Techniek ingedeeld.
--------------------	--

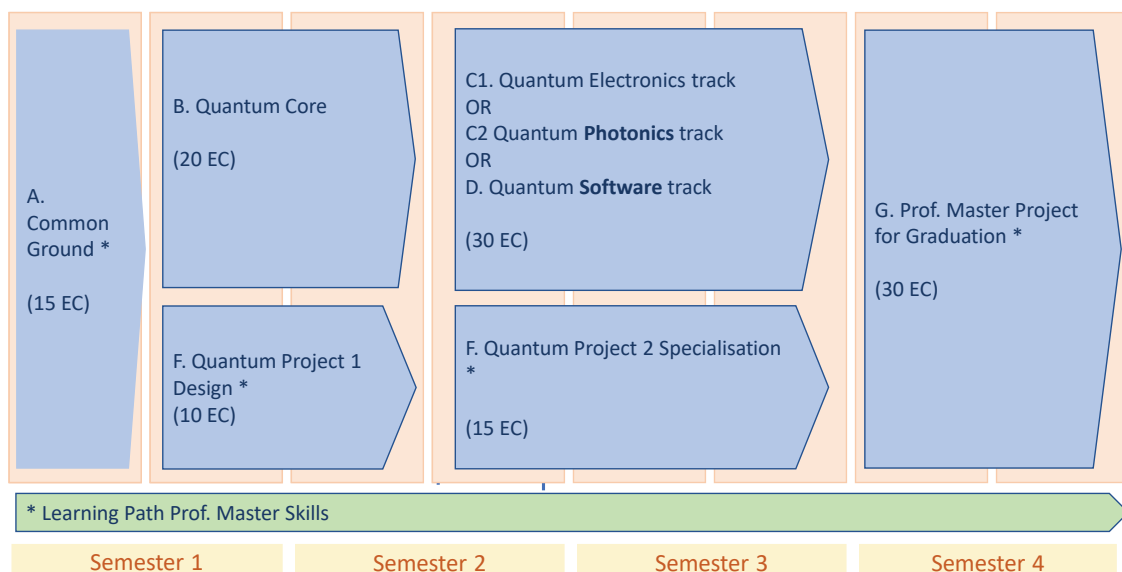
### 3 Inhoud opleiding en onderwijsprogramma

De opleiding richt zich op de volle breedte van de quantumtechnologie. Studenten verwerven een brede basiskennis en verdiepen zich daarnaast in een aantal thematische modules. De thematische modules zijn gebaseerd op het European Competence Framework for Quantum Technologies, dat bestaat uit *Enabling Technologies* (fotonica, cryogenics, vacuümtechniek, chiptechnologie e.d.), *Quantum Computer Hardware* (diverse platforms voor computing, initialisatie en kallibratie), *Applications of Quantum Technology* (met name sensing en communication), en *Quantum Algorithms and Software* (quantumsimulatie, quantumalgoritmes en quantum errorcorrectie).

De opleiding besteedt daarnaast aandacht aan competentie-ontwikkeling, met name de competenties ontwerpen, onderzoeken en leiderschap. Studenten leren zowel kwantitatieve als kwalitatieve onderzoeksmethoden. Het onderzoek is praktijk- en ontwerpgericht. Studenten leren te interveniëren in de complexiteit van de dagelijkse praktijk en werken daarbij zowel aan het ontwikkelen, het testen als waar mogelijk het implementeren van de oplossing. Om een realistische setting te creëren zal worden samengewerkt met het bedrijfsleven in de verschillende regio's.

De opleiding start met homologatie om de kennis van studenten, die een verschillende bachelorachtergrond (zoals Toegepaste Wiskunde, Technische Natuurkunde, HBO-ICT) hebben, op alle disciplines op het vereiste basisniveau te brengen. Als onderdeel van de homologatie voeren de studenten een gezamenlijk, interdisciplinair quantum game/experiment uit. Na de homologatie staan de vier gemeenschappelijke kernvakken van de opleiding op het programma; tevens begint dan het eerste quantumproject. In de tweede helft van het tweede semester kiezen studenten een specialisatie: software, optics of electronics. Studenten volgen 30 EC aan vakken en voeren een tweede project uit op het gebied van hun specialisatie. In het vierde semester doen studenten een afstudeeronderzoek, dat wordt afgesloten met een thesis. Studenten volgen van het eerste tot en met het derde semester de leerlijn Persoonlijk leiderschap, waarin zij persoonlijke vaardigheden ontwikkelen, zoals samenwerken, leiding geven, communicatie, vergaderen, ethische reflectie, en dergelijke. Deze leerlijn is geïntegreerd in de vakken die in de figuur met het curriculumoverzicht met een asterisk (\*) zijn gemarkeerd.

De opleiding wordt aangeboden door een consortium van vier hogescholen die niet in elkaars nabijheid zijn gevestigd en die ieder een deel van de vakken aanbieden. Om te veel reistijd voor de studenten te voorkomen, bestaat het onderwijs uit een mix van fysiek en afstandsonderwijs.



## 4 Doelgroep opleiding en nadere vooropleidingseisen

De opleiding is bestemd voor studenten die geïnteresseerd zijn in het realiseren van toepassingen op het gebied van quantumtechnologie, bijvoorbeeld door het ontwikkelen en testen van software, het ontwerpen en realiseren van ondersteunende technieken zoals laseropstellingen, vacuümtechnieken, cryogene omgevingen, en dergelijke.

De opleiding staat open voor studenten met een afgeronde hbo-bacheloropleiding Technische Natuurkunde, Toegepaste Wiskunde, Elektrotechniek, HBO-ICT of Technische Informatica. Ook studenten die een vergelijkbare wo-bacheloropleiding hebben afgerond kunnen instromen. Studenten met een ander bachelordiploma dan hiervoor genoemd kunnen instromen op voorwaarde dat hun opleiding voldoende basiskennis bevatte op relevant (technisch) gebied.

Omdat de opleiding Engelstalig is, staat deze ook open voor internationale studenten met een passend bachelordiploma. Internationale studenten van wie Engels niet de moedertaal is, moeten via een TOEFL- of IELTS-test aantonen dat zij het Engels voldoende beheersen.

## 5 Beroeps-/arbeidsmarktprofiel afgestudeerden

Afgestudeerden AQT kunnen, afhankelijk van de gekozen specialisatievakken, gaan werken in zowel de ontwikkeling van quantum software als hardware. De verwachting is dat wanneer over 4 à 5 jaar op grotere schaal quantumtoepassingen beschikbaar komen veel software geschreven zal moeten worden voor de quantumcomputer, quantum communicatiemiddelen of quantum sensoren. Dat zal veel werkgelegenheid creëren waar de opleiding AQT uitstekend bij aansluit. Andere mogelijkheden zijn het ontwerpen en realiseren van ondersteunende technieken, zoals laseropstellingen, vacuümsystemen, aansturing van quantumsystemen en cryogene installaties. Ook zijn technici nodig om apparatuur te verbeteren en functioneel te houden (onderhoud, reparatie, aanpassing voor nieuwe toepassingen e.d.). Banen voor AQT-afgestudeerden zijn te vinden bij zowel bedrijven die diensten of producten leveren op het gebied van quantumtechnologie, fotonica, cryogene toepassingen of vacuümtechnieken als bij onderzoeksinstituten op het gebied van quantumtechnologie of daaraan gerelateerde technologieën.

## 6 Geschatte instroom in de nieuwe opleiding

Om de instroom te ramen is een enquête uitgezet onder 2<sup>e</sup> t/m 4<sup>e</sup> jaarsstudenten van de relevante bacheloropleidingen bij de vier instellingen. De enquête is ingevuld door 309 studenten, waarvan 216 aangaven (zeer) waarschijnlijk een masteropleiding te gaan doen. Een groot deel van deze studenten (181) was geïnteresseerd in de master AQT.

Op grond van de resultaten rekenen we bij de start van de opleiding op een instroom van 25 studenten, die op termijn zal groeien naar een instroom van rond 50 studenten per jaar. Wij gaan ervan uit dat ongeveer de helft van de studenten afkomstig zal zijn van een bacheloropleiding van een van de deelnemende instellingen, terwijl de andere helft een bacheloropleiding heeft gevolgd bij een van de andere Nederlandse hbo-instellingen of een relevante buitenlandse vooropleiding heeft.

Bij een studierendement van 80% komt dit neer op een uitstroom van 20 studenten per jaar, groeiend naar 40 studenten per jaar. Omdat een deel van de studenten uit het buitenland afkomstig zal zijn, en omdat ook Nederlandse studenten ervoor kunnen kiezen in het buitenland te gaan werken, zal een deel van de afgestudeerden niet voor de Nederlandse arbeidsmarkt beschikbaar komen. Wij gaan ervan uit

dat circa 10% van de studenten in het buitenland zal gaan werken. Al met al betekent dit dat jaarlijks 18 tot 35 afgestudeerden beschikbaar komen voor de Nederlandse arbeidsmarkt.

## 7 Onderbouwing arbeidsmarktbehoefte

### 7.1 Kwantitatief

We bespreken de kwantitatieve arbeidsmarktbehoefte aan de hand van een aantal bronnen, met name data van het Researchcentrum voor Onderzoek en Arbeidsmarkt (ROA) en het UWV. Deze data zijn tamelijk generiek. Daarom is ook een beroep gedaan op enkele onderzoeken die zich specifiek richten op de arbeidsmarkt voor quantumtechnologie. Ook zijn de vacatures bekeken op de website van Quantum Delta Nederland.<sup>1</sup> Tot slot zijn interviews gevoerd met potentiële werkgevers.

#### a Researchcentrum voor Onderzoek en Arbeidsmarkt

Het ROA onderzoekt elke twee jaar de kansen op de arbeidsmarkt voor recent afgestudeerden. Het onderzoek blikt steeds vijf jaar vooruit. Het laatste onderzoek betreft de periode 2021 t/m 2026.<sup>2</sup>

Afgestudeerden van de opleiding AQT zullen vooral gaan werken in de bedrijfssectoren 'Specialistische zakelijke dienstverlening' (waaronder research en advisering), 'Informatie en communicatie' (waaronder het ontwikkelen van software) en 'Overige industrie' (waaronder de productie van computers en randapparatuur). Voor alle drie sectoren geldt overigens dat slechts een klein deel betrekking heeft op quantumgerelateerde activiteiten. Voor de twee eerstgenoemde sectoren verwacht het ROA voor de periode t/m 2026 een jaarlijkse groei van 0,9% respectievelijk 1,8%. Dit ligt ruim boven de gemiddelde groei van 0,5%. Voor de sector 'Overige industrie' wordt een daling verwacht van 0,7% per jaar.

Op de Factsheet 2022/3 vermeldt het ROA zowel de ICT-specialisten als de ingenieurs bij de beroepen met de grootste knelpunten.<sup>3</sup> Zeker voor de ICT-specialisten geldt dat de uitbreidingsvraag hoog is.

Het ROA drukt de krapte op de arbeidsmarkt uit in twee indicatoren, waarbij waarden kleiner dan 1 duiden op krapte op de arbeidsmarkt:

- ITA: Indicator Toekomstige Arbeidsmarktperspectieven
- ITKP: Indicator Toekomstige Knelpunten in de Personeelsvoorziening.

Met betrekking tot het opleidingsperspectief zijn voor de master AQT de sectoren Techniek & ICT en Landbouw & Natuur relevant. Binnen de laatstgenoemde sector is met name de categorie "wis-, schei-, natuurkunde en geologie" van toepassing. Hieronder vallen onder meer de opleidingen (toegepaste) wiskunde en (toegepaste) natuurkunde. Tabel 1 geeft de ITA en ITKP voor de genoemde sectoren.

Sector	Opleidingscategorie	Saldo instroom/ baanopeningen	ITA	ITKP	Typering ITA
T&I	Informatica	-2.100	0,95	0,95	Goed
T&I	Elektrotechniek	-2.000	0,93	0,93	Goed
L&N	Wis-, schei-, natuurkunde en geologie	-3.100	0,95	0,95	Goed

Tabel 1. ITA en ITKP voor de voor de opleiding AQT relevante opleidingssectoren

<sup>1</sup> <https://jobs.quantumdelta.nl/jobs>

<sup>2</sup> ROA, *De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 2026*; juli 2021. Zie pag. vii, 20, 24, 28.

<sup>3</sup> ROA, [Factsheet 22/3](#), juli 2022. Zie pag. 2.



De tabel laat zien dat voor alle drie opleidingscategorieën het aantal schoolverlaters kleiner is dan het aantal baanopeningen. De arbeidsmarktperspectieven voor afgestudeerden zijn dan ook goed, terwijl werkgevers knelpunten in de werving zullen ervaren.

De arbeidsmarktperspectieven voor de ICT-beroepen en de elektrotechnisch ingenieurs, de meest relevante beroepsgroepen, laten een vergelijkbaar positief beeld zien. ROA hanteert hier als indicator de ITKB (Indicator Toekomstige Knelpunten naar Beroepsgroepen). Hoe lager de waarde van de indicator, hoe groter de verwachte knelpunten. De volgende tabel laat de ITKB zien voor deze beroepsgroepen.

Beroepsgroep	ITKB	Typering
Software- en applicatieontwikkelaars	0.802	Groot
Databank- en netwerkspecialisten	0.832	Groot
Elektrotechnisch ingenieurs	0.727	Zeer groot

Tabel 2. ITKB-waarden voor de voor de opleiding AQT relevante beroepsgroepen

#### *b UWV*

Onderdeel van het UWV-dashboard is de spanningsindicator. In het 1<sup>e</sup> kwartaal 2023 was deze op het ISCO-beroepsniveau 4 (hoogste niveau), voor alle beroepsgroepen hoog (5,39), maar het hoogst voor de ICT-beroepen (13,23). Ook de technische beroepen scoren ruim boven het gemiddelde (7,83). Binnen de laatstgenoemde beroepsgroep zijn vooral de (elektrotechnisch) ingenieurs relevant, die in de spanningsindicator een waarde van 16,00 hebben.

Vanwege de algehele krapte op de arbeidsmarkt omvat de lijst met kansrijke beroepen inmiddels een zeer groot aantal beroepen.<sup>4</sup> Kansrijke beroepen op hbo/wo-niveau zijn bijvoorbeeld projectleiders elektronica en industriële automatisering, engineers hardware en industriële automatisering, software-testers, securityspecialisten ICT, ontwerpers ICT-systemen, programmeurs/developers ICT en netwerkspecialisten. Vacatures waarvoor afgestudeerden van de opleiding AQT zich kwalificeren vallen onder dergelijke beroepscategorieën.

#### *c Bronnen gericht op de quantum arbeidsmarkt*

We hebben vijf publicaties gevonden die kwantitatieve informatie geven over de verwachte werkgelegenheid, zowel wereldwijd als specifiek in Nederland: van McKinsey, Birch, Quantum Delta Nederland (dat zich mede baseert op McKinsey en Birch), Qureca en CapGemini.

#### Quantum Delta Nederland

Voor de aanvraag bij het Nationaal Groeifonds heeft Quantum Delta NL de economische impact van quantumtechnologie voor Nederland laten onderzoeken.<sup>5</sup> De conclusie luidt dat Nederland, gelet op de huidige prominente positie in quantumtechnologie, een aandeel van 5 tot 10% van de wereldmarkt in quantumtechnologie kan hebben. Dit komt neer op 0,5 tot 1 miljard euro omzet in quantumtechnologie in 2027 en 1,5 tot 3 miljard euro in 2040. In termen van werkgelegenheid, zowel direct als indirect, komt dit overeen met 6.000 tot 12.000 banen in 2027 en 15.000 tot 30.000 banen in 2040.

<sup>4</sup> UWV, *Kansrijke beroepen*, juli 2023. Zie pag. 9 voor de ICT-beroepen en pag. 5 voor de beroepen in de industrie.

<sup>5</sup> Quantum Delta Nederland, *Economic Impact of Quantum in The Netherlands*; juli 2020. Zie pag. 2, 15, 44.

QDNL heeft in april 2021 € 615 miljoen toegewezen gekregen vanuit het Nationaal Groeifonds.<sup>6</sup> In het projectvoorstel dat ten grondslag ligt aan de aanvraag, formuleert QDNL de volgende ambities:<sup>7</sup>

- In 2027 moeten er 100 startups zijn, 3 corporate R&D labs en 2000 PhD's en ingenieurs.
- In 2027 moeten jaarlijks 2.500 studenten afstuderen in een voor quantumtechnologie relevante opleiding.

### Onderzoek McKinsey

Onderzoeksbureau McKinsey monitort sinds een aantal jaren de wereldwijde quantum arbeidsmarkt. In het eerste onderzoek<sup>8</sup>, dat dateert uit 2020, sprak McKinsey de verwachting uit dat bedrijven in sectoren als energie, financiën en 'geavanceerde industrie' die gebruik maken van quantumcomputers vanaf 2025 significante omzet zullen genereren. Rond 2035 zal dit zijn uitgebreid naar meer sectoren. Voor 2035 schat McKinsey het potentieel wereldwijd op 1 biljoen dollar, met name in vijf sectoren van de industrie: financiën, chemie, pharma, automotieve, en telecom, media & technologie. Op langere termijn zal quantumtechnologie ook in andere sectoren van de economie worden toegepast. Een dergelijk grote markt genereert vanzelfsprekend ook de nodige werkgelegenheid.

De tweede update van het onderzoek verscheen in april 2023.<sup>9</sup> In de tweede monitor signaleert McKinsey dat in 2022 2,35 miljard dollar is geïnvesteerd in quantum start-ups. Nederland telde in 2022 12 nieuwe start-ups. Overheden hebben in 2022 substantiële bedragen toegezegd. Voor de EU noemt McKinsey een bedrag van 1,2 miljard dollar. Alhoewel de investeringen nog steeds fors zijn, neemt de groei wel af. De monitor signaleert dat het gebrek aan quantumtalent weliswaar is afgenomen, maar nog steeds groot is.

### Onderzoek Birch

In opdracht van QuTech heeft Birch een onderzoek uitgevoerd naar het Nederlandse quantum ecosysteem.<sup>10</sup> Birch concludeert dat Nederland een sterke uitgangspositie heeft; wil Nederland deze positie blijven behouden, dan zijn voortdurende investeringen in onderzoek nodig. Het aantrekken, behouden en zelf opleiden van talent is in dat kader essentieel.

Volgens het rapport van Birch zal een investering van 0,7 miljard euro (vergelijk de 0,615 miljard euro uit het Groeifonds) leiden tot een groei van het BNP ter hoogte van 5 tot 7 miljard euro op middellange termijn en rond 30 miljard euro in 2040 (waarbij wel geldt dat de onzekerheidsmarges groot zijn; de groei kan fluctueren tussen 10 en 90 miljard). Aan deze groei zijn 6.000 tot 12.000 banen in de quantumsector verbonden, wat zal groeien tot 15.000 tot 30.000 quantumbanen in 2040.

### Onderzoek Qureca

Qureca heeft net als McKinsey een wereldwijd onderzoek gedaan naar de behoeften aan quantum-specialisten. Het onderzoek laat een exponentiële groei in het aantal quantumbanen zien tot 2040; dan worden bijna 600.000 nieuwe banen verwacht voor diverse beroepsgroepen, waaronder natuurkundigen

---

<sup>6</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/nationaal-groeifonds/nieuws/2021/04/09/extra-impuls-voor-innovatie-vanuit-nationaal-groeifonds>

<sup>7</sup> Quantum Delta Nederland, *Projectvoorstel voor het Nationaal Groeifonds*, februari 2021. Zie pag. 4, 20, 32.

<sup>8</sup> McKinsey & Company, *The next revolution: quantum computing*; maart 2020. Zie pag. 4, 6.

<sup>9</sup> McKinsey & Company, *Quantum Technology Monitor*, april 2023. Zie pag. 5, 8, 20, 37, 41, 50.

<sup>10</sup> Birch, *Het Nederlandse Quantum Ecosysteem*, mei 2020. Zie pag. 2, 35, 42-44.

en informatici.<sup>11</sup> Het onderzoek laat ook zien dat Nederland een relatief groot aantal quantumbedrijven heeft, namelijk 2,4% van het aantal bedrijven wereldwijd, wat ongeveer de helft is van het aantal bedrijven in Frankrijk en Duitsland. Dit bevestigt de goede uitgangspositie die Birch noemde.

#### Publicatie CapGemini

CapGemini heeft in 2022 een publicatie uitgebracht waarin wordt ingegaan op een aantal trends op het gebied van ICT, waaronder quantumtechnologie.<sup>12</sup> De auteurs noemen de beperkte beschikbaarheid van talent het voornaamste probleem bij het boeken van vooruitgang, niet de technologie zelf of gebrek aan geld. Ze merken verder op dat quantumtechnologie in een nieuwe fase komt. Tot nu toe is quantumtechnologie vooral een wetenschappelijk gebeuren. Maar als quantumtechnologie zich verder ontwikkelt, zullen er meer verschillende rollen komen, zoals testen, programmeren en onderhoud. Voor een aantal van die rollen zijn hbo'ers meer geschikt dan wo'ers, zo blijkt uit onze arbeidsmarktconsultatie.

#### *d Vacatures op website Quantum Delta Nederland*

QDNL geeft organisaties de gelegenheid om quantumgerelateerde vacatures op hun website te plaatsen. Van deze mogelijkheid maakten in maart 2023 62 organisaties gebruik, waaronder ook enkele Franse bedrijven. In oktober was het aantal deelnemende organisaties en landen sterk gegroeid, wat ook effect had op het aantal vacatures. Op 16 maart 2023 liet de website 131 vacatures zien, waarvan 54 in Nederland (en 75 in Frankrijk); op 9 oktober was dit gestegen tot 1.047 vacatures, waarvan 121 in Nederland. Van de 54 Nederlandse vacatures in maart waren er ten minste 15 geschikt voor afgestudeerden van een opleiding AQT. Voorbeelden van geschikte functies zijn software engineer, quantum engineer, junior engineer, junior photonics engineer, technician, technical facility officer, projectmanager en labtechnicus. Enkele bedrijven vermelden een niet-gespecificeerde vacature die uitnodigt tot een open sollicitatie.

#### *e Arbeidsmarktconsultatie*

In de periode januari t/m maart 2023 zijn gesprekken gevoerd met respondenten van 17 organisaties die actief zijn op het gebied van quantumtechnologie of daaraan gerelateerde technologie, zoals koudetechniek (cryogenics). Alle respondenten zijn betrokken bij de werving van personeel en hebben zicht op de behoefte aan personeel bij hun organisatie, zowel in kwantitatieve als kwalitatieve zin. De benaderde organisaties dekken een groot aantal sectoren af: onderzoeksinstituten, toeleveranciers, bedrijven die gebruik maken van ondersteunende technieken zoals fotonica, bedrijven die quantumtechnologie (gaan) toepassen en een adviesbureau. Een separate bijlage bevat de verslagen van de gesprekken.

Uit de interviews blijkt dat de opleiding AQT zeker in een behoefte voorziet. Bedrijven die actief zijn op het gebied van fotonica en cryogenics merken op dat kennis op deze gebieden niet of nauwelijks aanwezig is bij de huidige hbo-afgestudeerden. Het komt in geen enkel curriculum voor. Het gevolg is dat het lang duurt voordat nieuwe medewerkers inzetbaar zijn en er veel tijd moet worden besteed aan opleiding.

---

<sup>11</sup> Araceli Venegas Gomez, Photonics Views 5/2020, [The Quantum Ecosystem and Its Future Workforce](#). Zie pag. 36, 37, fig. 2 en 4.

<sup>12</sup> Edmund Owen en Julian van Velzen, [De Opkomst van de Quantum Workforce](#). In: *Applications Unleashed 2022*, p. 72-77. Zie met name pag. 72, 73, 75.

Ook onderzoekinstellingen signaleren een tekort aan hbo'ers met toepasselijke kennis op quantumgebied. Dat wordt op twee manieren opgelost. In de eerste plaats worden hbo'ers zonder quantumkennis ingezet voor de ondersteuning van PhD'ers bij experimenten. Dit leidt in de praktijk soms tot spraakverwarring, omdat de hbo'er het jargon van de PhD'er niet begrijpt en de PhD'er niet in staat is om het in begrijpelijke taal uit te leggen. Een tweede optie is om wo'ers in te zetten voor onderhouds- en ondersteuningstaken. Dat heeft het nadeel dat wo'ers vaak liever bij het onderzoek zelf betrokken zijn. Dat leidt dan soms weer tot 'geschipper' met gemengde functies, die bestaan uit een onderzoekscomponent en een meer praktische, ondersteunende component.

Veel respondenten merken ook op dat hbo'ers andere kwaliteiten hebben dan wo'ers. Wo'ers zijn in het algemeen theoretisch goed onderlegd, maar weinig praktisch. Ze hebben bijvoorbeeld moeite om vast te stellen hoe aansluitingen op de juiste manier tot stand gebracht kunnen worden. Deze respondenten zien dan ook een grote toegevoegde waarde in het beschikbaar komen van goed opgeleide hbo'ers met de juiste kennis.

Veel organisaties, met name de toeleverende bedrijven, zijn de afgelopen jaren sterk gegroeid en verwachten dat deze groei nog een aantal jaren doorzet; het gaat soms om een verdubbeling van het aantal medewerkers in 2 jaar. Een aantal bedrijven voorziet de komende jaren ook een omslag van wetenschap naar toepassing (zie ook het hiervoor genoemde rapport van CapGemini). Werk dat nu nog experimenteel is, zal over enkele jaren meer gestandaardiseerd zijn. En waar dat werk nu nog wordt uitgevoerd door wetenschappers/PhD-studenten, zal dat in de toekomst meer door hbo'ers en wo'ers (BSc of MSc) worden gedaan. Diverse respondenten verwachten ook een groei van quantumtoepassingen bij steeds meer bedrijven, waardoor het aantal vacatures alleen maar zal toenemen.

Samengevat zien de respondenten toegevoegde waarde in de opleiding AQT op de volgende punten:

- afgestudeerden hebben kennis op terreinen die nu nog door geen enkele opleiding worden afgedekt; dit geldt met name kennis van 'onderliggende' technieken;
- de komende jaren wordt een omslag verwacht van wetenschap naar concrete toepassingen en van maatwerk naar standaardisatie; werk dat nu nog door wetenschappers wordt gedaan, verschuift dan (deels) naar hbo'ers, zowel op bachelor- als masterniveau opgeleid; het is dan van belang dat er hbo'ers zijn met kennis van zaken;
- de kennis en competenties van wo'ers en hbo'ers vullen elkaar aan; er is veel behoefte aan de praktische vaardigheden en het probleemoplossend vermogen van hbo'ers.

Het totaal aantal door de verschillende respondenten genoemde jaarlijkse vacatures bevindt zich in een range van 146 tot 172. De range heeft te maken met het feit dat het aantal vacatures niet voor iedereen makkelijk te schatten is. Zowel marktfactoren als de snelheid van de ontwikkeling van de technologie spelen daarbij een rol.

## 7.2 Kwalitatief

De behoefte op de arbeidsmarkt aan hbo-afgestudeerden met kennis van quantumtechnologie en aanpalende technieken is mede een gevolg van maatschappelijke en wetenschappelijke ontwikkelingen. Wij noemen deze hier kort.

### *Maatschappelijke behoefte*

Blijkens het regeerakkoord wil het inmiddels demissionaire kabinet de kansen die digitale technologie biedt verzilveren, onder meer door het realiseren van een hoogwaardige digitale infrastructuur en samenwerking in technologische innovatie. Bij dat laatste passen investeringen in sleuteltechnologieën, waaronder quantum computing. Het kabinet zet hiermee de lijn van vorige kabinetten voort. De in de vorige paragraaf genoemde toekenning van 615 miljoen euro uit het Groeifonds past in het stimuleringsbeleid.

Een andere indicator van het belang dat het kabinet toekent aan quantumtechnologie is de lancering vorig jaar van het Deep Tech Fonds door het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.<sup>13</sup> Het fonds heeft een omvang van 250 miljoen euro en zal investeren in kennisintensieve start- en scale-ups, bijvoorbeeld op het gebied van nanotechnologie, quantumtechnologie en fotonica. Het kabinet wil hiermee de technologische kennis en de internationale concurrentiepositie van Nederland versterken. Medio 2023 is mede vanuit dit fonds, en samen met andere investeerders, 100 miljoen euro geïnvesteerd in de Eindhovense chipfabriek Smart Photonics.<sup>14</sup>

QDNL heeft in 2019 de Nationale Agenda Quantum Technologie (NAQT) uitgebracht (met een voorwoord van de minister van OCW).<sup>15</sup> Volgens deze Agenda zou Nederland op het gebied van quantumtechnologie een positie moeten krijgen die te vergelijken is met die van Silicon Valley voor de halfgeleiderindustrie. Mogelijke toepassingen van quantumtechnologie liggen bijvoorbeeld op het terrein van veiligheid en privacy (encryptie), duurzaamheid (optimaliseren van het energienetwerk), gezondheid/pharma (ontwikkeling nieuwe medicijnen) en mobiliteit (plannen van slimme routes).

Ook TNO heeft een studie gedaan naar mogelijke toepassingen van quantumtechnologie bij het oplossen van maatschappelijke uitdagingen.<sup>16</sup> TNO noemt onder meer toepassingen op het gebied van mobiliteit (optimaliseren verkeersstromen of algoritmes voor zelfrijdende auto's), gezondheid (ontdekken en personaliseren van medicijnen door het snel kunnen doorrekenen van vele verschillende moleculen), energie (batterijtechnologie) en veiligheid (encryptie, sensoren).

Het ministerie van Defensie besteedt in de Defensie Industrie Strategie (DIS) aandacht aan quantumtechnologie.<sup>17</sup> Het ministerie streeft ernaar dat Nederland niet geheel afhankelijk is van het buitenland voor zijn verdediging. Daarom is "een stabiele basis van kennisinstellingen en bedrijven nodig die ervoor zorgen dat Nederland juiste militaire kennis, technologie en capaciteiten in huis heeft". Op het gebied van quantumsensoren en quantum computing wil het ministerie daarom de technologie mee-ontwikkelen, zodat het zelf mede sturing kan geven aan de ontwikkelingen.

Ook de Europese Commissie onderschrijft het belang van quantumtechnologie voor de Europese economie. Om niet achterop te raken, moet Europa investeren in onderzoek op het gebied van quantumtechnologie. Het EU-beleid komt tot uitdrukking in het onderzoeksinitiatief Quantum Technology Flagship en EuroQCI, dat is gericht op het realiseren van een quantum communicatie-infrastructuur.<sup>18</sup> Een ander initiatief is EuroHPC JU, een samenwerking tussen de EU, Europese landen en private

---

<sup>13</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/03/10/deep-tech-fonds-voor-kennisintensieve-start--en-scale-ups-gelanceerd>

<sup>14</sup> <https://nos.nl/artikel/2482494-investering-van-100-miljoen-euro-in-nederlandse-chipfabriek-smart-photonics>

<sup>15</sup> Quantum Delta Nederland, *Nationale Agenda Quantum Technologie*, september 2019. Zie pag. 14, 37-45, 82.

<sup>16</sup> TNO, *De potentiële bijdrage van technologie aan maatschappelijke uitdagingen*, november 2018. Zie pag. 15, 16

<sup>17</sup> Ministerie van Defensie, *Defensie Industrie Strategie*, november 2018. Zie pag. 2, 3, 11/12, 17, 43

<sup>18</sup> <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/quantum>

partijen.<sup>19</sup> EuroHPC JU heeft tot doel een topklasse supercomputing ecosysteem in Europa te ontwikkelen. Quantum computing gecombineerd met HPC (high performance computing) is daarvan een onderdeel.

### *Wetenschappelijke behoefte*

Studenten zullen in staat zijn om praktijkgericht onderzoek uit te voeren. Afgestudeerden kunnen dan ook bijdragen aan de twee routes van de Nationale Wetenschapsagenda waarin quantumtechnologie een rol speelt. In de eerste plaats is dat route 18, de quantum/nanorevolutie.<sup>20</sup> Door ontwikkelingen op het gebied van nano- en quantumtechnologie zullen veranderingen ontstaan op het gebied van zowel ICT en softwareontwikkeling als materialen voor energie en sensoren. In dit verband worden drie gamechangers genoemd, waaronder quantum computing/quantum internet en groene ICT. Ten behoeve van de ICT moeten bijvoorbeeld quantumalgoritmes en -software voor veilige datacommunicatie worden ontwikkeld. Quantumtechnologie kan ook bijdragen aan vergroening van de ICT doordat data-opslag en -communicatie veel efficiënter kunnen plaatsvinden en er minder schaarse materialen nodig zijn. Saxion en Fontys werken mee aan project NL-ECO van deze route.

De tweede route waarin quantumtechnologie een, zij het bescheidener, rol speelt is route 20, Materialen-Made in Holland.<sup>21</sup> Het onderzoek in deze route heeft onder meer betrekking op het inzetten van quantumtechnologie om informatieverwerking veel efficiënter te maken.

Het al genoemde Quantum Technologies Flagship (QTF) is in 2018 door de EU gelanceerd.<sup>22</sup> Het heeft een budget van 1 miljard euro over een periode van 10 jaar. Vanuit het QTF worden onderzoeksprojecten gefinancierd bij bedrijven en onderzoeksinstituten. Dit betreft zowel fundamenteel wetenschappelijk als toepassingsgericht onderzoek.

## 8 Analyse bestaand aanbod en inschatting verwante instroom

### 8.1 Bestaande opleidingen

Op basis van informatie uit het RIO en de website Studiekeuze123 is gekeken naar verwante en enigszins vergelijkbare opleidingen. Verwante opleidingen zijn masteropleidingen op het gebied van quantumtechnologie. Als enigszins vergelijkbare opleidingen beschouwen we masteropleidingen die net als AQT een sterke component wiskunde, informatica of natuurkunde hebben. Er is gekeken naar zowel hbo- als wo-masteropleidingen, waarbij we wel opmerken dat hbo-bachelors (vrijwel) altijd een pre-master van 30 of 60 EC moeten volgen voordat zij toelaatbaar zijn voor een wo-master.

#### *Hbo-masters*

Er zijn geen hbo-opleidingen die zich specifiek richten op quantumtechnologie. Er is dus geen verwante hbo-master die opleidt voor hetzelfde arbeidsmarktsegment. Er zijn wel enkele hbo-masters die enigszins vergelijkbaar zijn met de voorgenomen opleiding AQT. Dit betreft de opleidingen Applied

---

W<sup>19</sup> [https://eurohpc-ju.europa.eu/index\\_en](https://eurohpc-ju.europa.eu/index_en)

<sup>20</sup> <https://2.wetenschapsagenda.nl/route/quantumnorevolutie/> Zie ook het [Portfolio voor Onderzoek en Innovatie](#), met name p. 75, 77.

<sup>21</sup> <https://2.wetenschapsagenda.nl/route/materialen-made-in-holland/>

<sup>22</sup> Zie de [website van de EU over het QTF](#) en ook de [website van het QTF](#).

Nanotechnology van Saxion, Digitale Technologie en Smart Systems Engineering van Hanzehogeschool en Engineering Systems van Hogeschool Arnhem Nijmegen (HAN). In 2022 tot slot is de Hogeschool van Amsterdam gestart met een master Applied Artificial Intelligence. Geen van deze opleidingen leidt op voor dezelfde arbeidsmarkt als de opleiding AQT. Zo besteedt geen enkele opleiding aandacht aan cryogenics of quantumsoftware; fotonica is een keuzevak in de master Applied Nanotechnology, maar deze opleiding heeft slechts weinig studenten. Dit komt overigens overeen met wat de respondenten in de interviews vertelden (zie 7.1). De vergelijkbaarheid met de opleiding AQT zit hem vooral in het volgende:

- De ervaring leert dat niet alle afgestudeerden van een opleiding een baan zoeken of vinden in het domein waarop de opleiding zich specifiek richt. Afgestudeerden komen uiteindelijk in een breder werkveld terecht. Afgestudeerden AQT die kiezen voor het bredere perspectief zullen op de arbeidsmarkt ook concurreren met afgestudeerden van de enigszins vergelijkbare opleidingen.
- De kennis die werkgevers zoeken is op dit moment deels niet aanwezig bij afgestudeerde werkzoekenden. Dit leidt er nu toe dat werkgevers ook mensen aannemen die niet optimaal gekwalificeerd zijn en verder intern worden opgeleid. Werkgevers nemen nu dus noodgedwongen ook afgestudeerden aan van de enigszins vergelijkbare opleidingen.

#### *Wo-masters*

Sinds september 2023 is er één wo-master op het gebied van quantumtechnologie, namelijk de master Quantum Information Science and Technology (QIST) van TU Delft en Universiteit Leiden. De Universiteit van Amsterdam heeft het voornemen vanaf september 2024 een master Quantum Computer Science (QuCS) aan te bieden. Beide opleidingen staan niet open voor hbo-bachelors. Wij beschouwen deze opleidingen daarom niet als verwant. Beide opleidingen leiden in principe ook op voor andere beroepen. Zo zullen afgestudeerden QIST zich vooral richten op het bouwen van quantumcomputers en is QuCS een sterk onderzoekgerichte opleiding, waarvan veel afgestudeerden naar verwachting zullen promoveren of zich gaan richten op de ontwikkeling van quantumalgoritmes. Afgestudeerden AQT zullen zich eerder richten op de implementatie van deze algoritmes in een applicatie, aansluitend bij de gebruikte hardware, op de implementatie van de applicaties binnen de bedrijfsinfrastructuur of op het in bedrijf brengen en houden van quantumcomputers.

Als enigszins vergelijkbare wo-masteropleidingen beschouwen we opleidingen op het gebied van computer science en technische natuurkunde. De ervaring leert dat hbo-bachelors natuurkunde niet of nauwelijks doorstromen naar een wo-master natuurkunde aan een niet-technische universiteit, omdat de hbo-opleidingen een meer technische insteek hebben en daarom niet goed aansluiten op een meer theoretische master natuurkunde. We beschouwen daarom alleen de masters computer science en technische natuurkunde als enigszins vergelijkbaar.

## 8.2 Verwante instroom

Zoals in de vorige paragraaf aangegeven zijn er geen verwante opleidingen, noch in het hbo, noch in het wo. We presenteren hieronder de instroomgegevens voor de enigszins vergelijkbare hbo- en wo-masteropleidingen.

### *Instroom hbo-masteropleidingen*

De volgende tabel geeft de instroomcijfers voor de enigszins vergelijkbare hbo-masteropleidingen weer voor de laatste vier studie jaren. De cijfers zijn ontleend aan de website van de Vereniging voor Hogescholen.

<b>Instelling</b>	<b>Plaats</b>	<b>Opleiding</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Saxion	Enschede	Applied Nanotechnology	9	10	13	14	9
Fontys	Eindhoven	Digital Technology Engineering					22
HAN	Arnhem	Engineering systems	125	115	105	138	93
Hanzehogeschool	Groningen	Digitale technologie			12	10	26
	Assen	Smart systems engineering	7	15	15	43	9
HvA	Amsterdam	Applied Artificial Intelligence					21
<b>Totaal hbo</b>			<b>141</b>	<b>140</b>	<b>143</b>	<b>207</b>	<b>180</b>
Index, 2018 = 100			100	99	101	147	112

Tabel 3 *Instroomgegevens enigszins vergelijkbare hbo-masteropleidingen*

De tabel laat zien dat de instroom de afgelopen jaren sterk gestegen is, met name door de start van twee nieuwe opleidingen en een sterke groei bij de opleiding Smart systems engineering en in iets mindere mate Engineering systems. Het jaar 2022 vertoont overigens een scherpe daling. Dit is vermoedelijk een gevolg van achterlopende of anderszins inaccurate cijfers. Inschrijvingen worden soms te laat verwerkt, waardoor ze niet in de telling meegenomen kunnen worden.

### *Instroom wo-masteropleidingen*

De volgende tabel geeft het aantal inschrijvingen van de enigszins vergelijkbare wo-masteropleidingen weer voor de laatste vijf studie jaren.<sup>23</sup> De cijfers zijn geordend naar opleidingscategorie. Meer gedetailleerde cijfers, inclusief de instelling, zijn opgenomen in bijlage 1.

<b>Opleiding</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Technische natuurkunde / Applied Physics	778	885	1.038	1.053	1.007
Informatica / Computer Science	1.845	2.138	2.482	2.784	3.007
Technische informatica / Computer Engineering	450	578	702	673	583
<b>Totaal wo</b>	<b>3.073</b>	<b>3.601</b>	<b>4.222</b>	<b>4.510</b>	<b>4.597</b>
Index, 2018 = 100	<b>100</b>	<b>117</b>	<b>137</b>	<b>147</b>	<b>150</b>

Tabel 4 *Instroomgegevens enigszins vergelijkbare wo-masteropleidingen*

Net als bij het hbo is ook de wo-instroom de afgelopen jaren sterk gestegen. We mogen concluderen dat studenten een voldoende en groeiende belangstelling hebben voor dit type opleidingen.

## 8.3 Regionale spreiding

De enigszins vergelijkbare hbo-opleidingen worden blijkens tabel 3 in verschillende regio's van het land aangeboden, met een accent op het oosten (maar de reisafstand tussen bijvoorbeeld Enschede en

<sup>23</sup> Bron: DUO, *Open Onderwijsdata*. Voor masteropleidingen zijn geen instroomgegevens beschikbaar, alleen data over het aantal inschrijvingen voor alle studie jaren.



Arnhem is met het OV circa 1,5 uur en tussen Enschede en Groningen ruim 2 uur). De enigszins vergelijkbare wo-opleidingen worden vooral in de Randstad en Eindhoven aangeboden.

De opleiding AQT wordt vanuit meerdere locaties aangeboden: Amsterdam, Eindhoven, Enschede en Delft. In de regio's Delft en Eindhoven is geen vergelijkbaar hbo-aanbod. In zowel Amsterdam als Enschede is er één enigszins vergelijkbare hbo-opleiding (Artificial Intelligence respectievelijk Applied Nanotechnology); beide opleidingen hebben (op dit moment) een beperkt aantal studenten.

In de vier opleidingssteden zijn wel enigszins vergelijkbare wo-masteropleidingen:

Stad	Instelling	Opleiding
Delft	TUD	Quantum Information Science & Technology (sinds september 2023) Applied Physics Computer Science
Eindhoven	TU/e	Applied Physics Computer Science and Engineering
Enschede	UT	Nanotechnology Applied Physics Computer Science
Amsterdam	UvA / VU	Computer Science Computational Science

Tabel 5 Regionale spreiding enigszins vergelijkbare wo-masteropleidingen

## 9 Noodzaak tot start nieuwe opleiding

De noodzaak voor de start van een nieuwe opleiding is primair gelegen in het feit dat quantumtechnologie een relatief nieuw vakgebied is, waarvoor nog geen opleiding bestaat, terwijl volgens de Nationale Agenda Quantum Technologie (NAQT) specifieke opleidingen wel noodzakelijk zijn wil quantumtechnologie effectief in de industrie en in de maatschappij kunnen landen. De derde actielijn (educatie, kennis en vaardigheden) van de NAQT is hierop gericht.<sup>24</sup> De actielijn behelst een aantal initiatieven, waarvan twee met name relevant zijn in dit kader:

- 1) Er wordt een landelijk kennisecosysteem ontwikkeld, dat is gebaseerd op de al bestaande quantumhubs. Alle partners in de opleiding AQT zijn aangesloten bij een hub: HvA is partner in Quantum.Amsterdam, Fontys in Quantum Eindhoven, Saxion in Quant en De Haagsche Hogeschool in Quantum Delft. Binnen het verband van QDNL hebben de vier partners besloten de nu voorliggende opleiding te ontwikkelen.
- 2) Er komt een steeds grotere behoefte aan afgestudeerden met een mbo- of hbo-opleiding. Het projectvoorstel noemt in dit verband de masteropleiding die HvA nu in samenwerking met drie andere hogescholen ontwikkelt expliciet. Het projectvoorstel ziet in een hbo-opleiding een kans om de koppeling met het universitaire onderwijs te versterken en te werken aan de training van het talent waarop de industrie straks in de praktijk zal draaien.

Overwogen is of het mogelijk is om de opleiding aan te bieden als track van een bestaande opleiding. Geconcludeerd is dat dit niet mogelijk is. Zoals eerder aangegeven betreft de opleiding een joint degree,

<sup>24</sup> Quantum Delta Nederland, [Projectvoorstel voor het Nationaal Groeifonds](#), februari 2021. Zie pag. 56, 57.

die door de vier instellingen gezamenlijk wordt aangeboden. Elke instelling verzorgt een deel van de opleiding, aansluitend bij de specifieke deskundigheid van de instelling. Geen van de instellingen is in staat om de opleiding, met behoud van de nu beoogde kwaliteit, zelfstandig te realiseren. Het is daarom ook niet mogelijk om de opleiding aan te bieden als track binnen een bestaande hbo-masteropleiding van een van de deelnemende instellingen.

Andere hbo-instellingen zijn niet aangesloten bij een quantum-hub en het is dan ook niet aannemelijk dat zij in staat zijn om een vergelijkbare opleiding aan te bieden, als zelfstandige opleiding of als track binnen een bestaande opleiding.

## 10 Aansluiting instellingsprofiel

De beoogde opleiding sluit aan bij de instellingsprofielen van de vier hogescholen. Dat kan als volgt per hogeschool worden toegelicht:

- Hogeschool van Amsterdam:<sup>25</sup>

De HvA is een brede hogeschool, met een breed palet aan opleidingen. Het instellingsplan staat in het teken van de 3D's: duurzaamheid, diversiteit en digitalisering. In het kader van de opleiding AQT is met name de digitalisering relevant. De HvA streeft er verder naar om nieuwe vakgebieden te incorporeren in (nieuw) onderwijsaanbod.

- Saxion:<sup>26</sup>

Saxion wil inspelen op het toenemend belang van technologie en digitalisering voor de maatschappij en wil daarbij aansluiten bij de focus van bedrijven en onderzoekinstellingen in de regio. Saxion wil zich vooral richten op de behoeften van de sector high tech systems & materials, die in Oost-Nederland sterk vertegenwoordigd is. Speciale aandacht is er binnen Saxion voor sleuteltechnologieën zoals mechatronica, nanotechnologie en ICT (Security & Safety) die nauw aansluiten bij de master AQT.

- Fontys:<sup>27</sup>

Fontys is een brede hogeschool met 45.000 studenten. Fontys biedt op dit moment vooral bacheloropleidingen aan en streeft naar een verruiming van het aanbod met masteropleidingen (en associate degrees). Fontys wil ook het onderzoek versterken en heeft daartoe zes kennisthema's gedefinieerd. Eén daarvan, enabling technologies en high tech systemen, sluit naadloos aan op de master AQT.

- Haagse Hogeschool:<sup>28</sup>

De Haagse Hogeschool is eveneens een brede hogeschool. De HHS is sterk op het gebied van sleuteltechnologieën zoals robotica, AI en data science. De HHS wil de aansluiting versterken met externe kennisagenda's en noemt daarbij met name het Nationaal Groeifonds. De HHS wil tot slot meer masteropleidingen ontwikkelen om het onderwijsportfolio actueel te houden.

---

<sup>25</sup> Hogeschool van Amsterdam, [Instellingsplan 2021 – 2026, Hogeschool in 3D](#). Zie pag. 21-22, 24.

<sup>26</sup> Saxion Hogeschool, [Saxion Strategisch Plan 2020 – 2024. Toekomst schrijven](#). Zie pag. 6, 21

<sup>27</sup> Fontys, [Fontys for Society 2021 – 2025](#). Zie pag. 17, 24

<sup>28</sup> De Haagse Hogeschool, [Instellingsplan 2023 – 2028, Onderzoekend leren met impact](#). Zie pag. 15, 16.

Elke hogeschool biedt ook nu al een of meer bachelor- of masteropleidingen aan die net als de opleiding AQT in hetzelfde bèta-technische domein zitten. De volgende tabel illustreert dit.

	<b>Bachelor</b>	<b>Master</b>
HvA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Engineering</li> <li>- Elektrotechniek</li> <li>- HBO-ICT/Technische informatica<sup>29</sup></li> <li>- Technische natuurkunde</li> <li>- Toegepaste wiskunde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Applied AI</li> </ul>
Saxion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrotechniek</li> <li>- HBO-ICT</li> <li>- Mechatronica</li> <li>- Technische informatica</li> <li>- Technische natuurkunde</li> <li>- Werktuigbouwkunde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software Engineering</li> <li>- Applied Nanotechnology</li> </ul>
Fontys	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrotechniek</li> <li>- HBO-ICT</li> <li>- Mechatronica</li> <li>- Technische natuurkunde</li> <li>- Toegepaste wiskunde</li> <li>- Werktuigbouwkunde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Digital Technology Engineering</li> <li>- Applied IT<sup>30</sup></li> <li>- System Design<sup>31</sup></li> </ul>
HHS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Applied Data Science &amp; AI</li> <li>- Elektrotechniek</li> <li>- HBO-ICT</li> <li>- Mechatronica</li> <li>- Technische natuurkunde</li> <li>- Toegepaste wiskunde</li> <li>- Werktuigbouwkunde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Next Level Engineering</li> </ul>

Tabel 6 Bachelor- en masteropleidingen in het bèta-technische domein van de vier partner-hogescholen

Voor zover ons bekend heeft geen van de andere hbo- of wo-instellingen een zodanig profiel dat zij in staat zijn om deze opleiding aan te bieden. Wij baseren deze aanname met name op het feit dat alle instellingen die in principe in aanmerking komen zijn aangesloten bij QDNL. Zoals eerder aangegeven, hebben de bij QDNL aangesloten wo- en hbo-instellingen in overleg een complementair aanbod ontwikkeld.

## 11 RIO- en ISCED-indeling

Zie ad 2, basisgegevens opleiding.

<sup>29</sup> Technische Informatica is bij de HvA een afstudeerrichting binnen de bachelor HBO-ICT

<sup>30</sup> Aangeboden sinds februari 2023

<sup>31</sup> Aangeboden sinds september 2023

## 12 Afstemming

Het initiatief is besproken in het kader van Quantum Delta Nederland. De vier in dit initiatief deelnemende hbo-instellingen, de drie technische universiteiten en de UvA zijn daar alle bij aangesloten. Andere hbo-instellingen nemen geen deel in QDNL. Zoals aangegeven in hoofdstuk 7.2 ondersteunt QDNL het initiatief voor deze opleiding, omdat zo, in samenhang met initiatieven op mbo- en wo-niveau, een compleet pakket aan relevante opleidingen op het gebied van quantumtechnologie tot stand komt.

Het initiatief is niet besproken met andere, niet bij QDNL aangesloten, hbo- of wo-instellingen.

## Bijlage 1 Aantal inschrijvingen per opleiding (wo)

Opleiding	Plaats	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23
Applied Physics	Groningen	53	42	39	28	27
Applied Physics	Delft	347	402	475	510	518
Applied Physics	Eindhoven	245	294	359	354	311
Applied Physics	Enschede	133	147	165	161	151
<b>Subtotaal Applied Physics</b>		<b>778</b>	<b>885</b>	<b>1.038</b>	<b>1.053</b>	<b>1.007</b>
Computing Science	Groningen	98	120	114	107	121
Computing Science	Nijmegen	200	251	318	377	396
Informatica	Utrecht	272	293	325	347	368
Computational Science (Joint Degree)	Amsterdam	136	177	217	213	197
Computer Science	Delft	537	578	661	739	781
Computer Science	Leiden	153	210	263	299	353
Computer Science	Enschede	203	236	274	311	333
Computer Science (Joint Degree)	Amsterdam	246	273	310	391	458
<b>Subtotaal Computer Science</b>		<b>1.845</b>	<b>2.138</b>	<b>2.482</b>	<b>2.784</b>	<b>3.007</b>
Computer Science and Engineering	Eindhoven	368	498	617	591	490
Computer Engineering	Delft	82	80	85	82	93
<b>Subtotaal Computer Engineering</b>		<b>450</b>	<b>578</b>	<b>702</b>	<b>673</b>	<b>583</b>
<b>TOTAAL-GENERAAL</b>		<b>3.073</b>	<b>3.601</b>	<b>4.222</b>	<b>4.510</b>	<b>4.597</b>
<b>Index (2018/19 = 100)</b>		<b>100</b>	<b>117</b>	<b>137</b>	<b>147</b>	<b>150</b>