

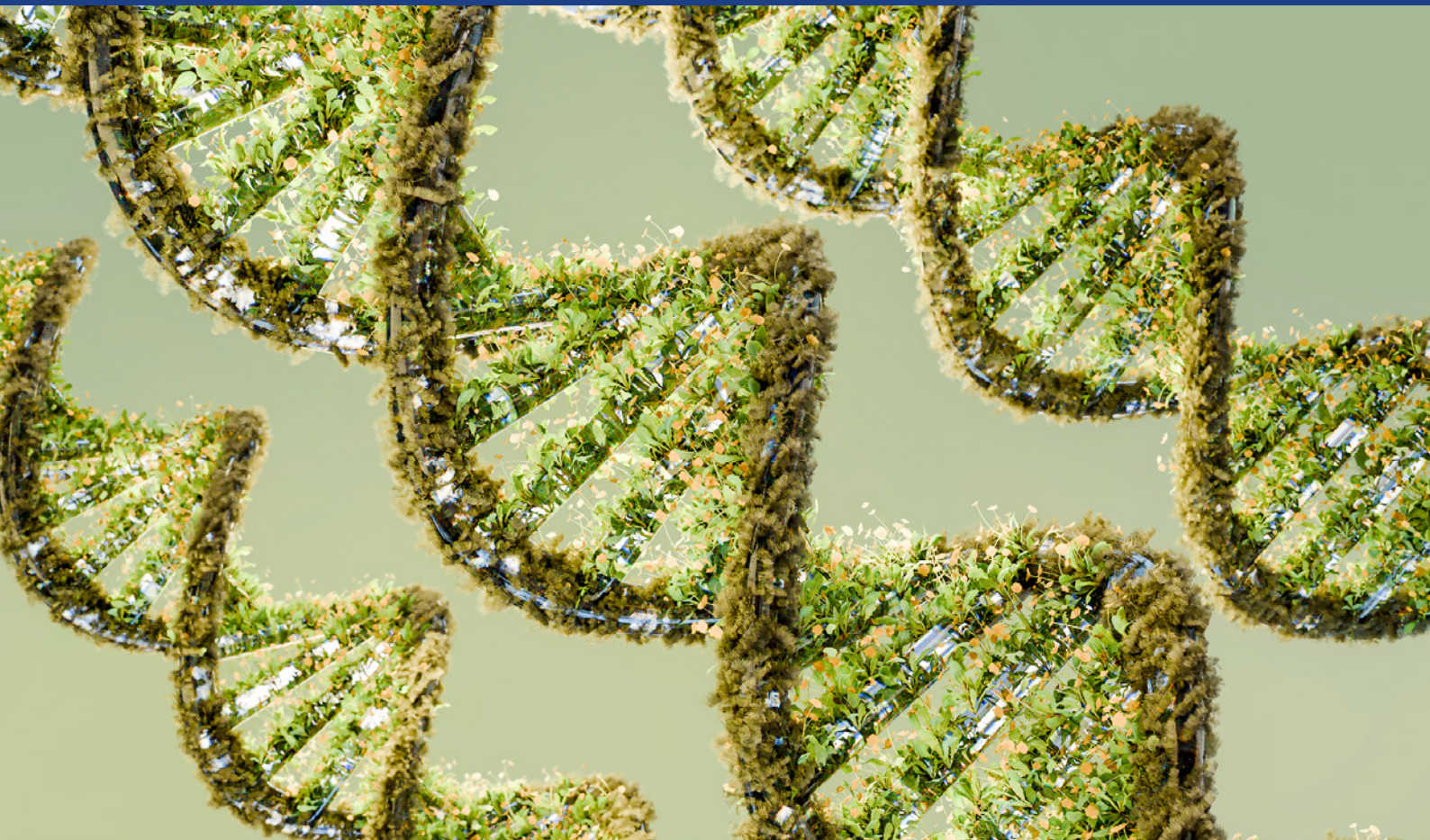


Actieagenda

Biomolecular & Cell Technologies

2026

Versie 1.0 | 2026





Kennis- en Innovatie Agenda
Sleuteltechnologieën

Bezoekadres

Winthontlaan 2
3526 KV Utrecht
+31 (0)30 - 6001 328

Postadres

Postbus 3021
3502 GA Utrecht
The Netherlands

Actieagenda

Biomolecular & Cell Technologies

2026

Versie 1.0 | 2026



Inhoudsopgave

Samenvatting	6
1. Inleiding	7
1.1. Technologie benutten: van lab naar leven, van idee naar impact	7
1.2. Strategie & implementatie voor impact	7
1.3. Heldere spelregels voor versnelling	8
1.4. Actieagenda	8
2. Analyse: De kansen van Biomolecular & Cell Technologies	9
2.1. Doorgroeien, schalen en mondiaal leiderschap	9
2.2. SWOT-analyse Nederlands Biotech-ecosysteem	10
3. Ambitie	11
3.1. Ambitie	11
3.2. Economische en maatschappelijke opgave	11
3.3. Innovatieopgave	11
3.4. Kennis- en technologieopgave	12
3.5. Ecosysteemopgave	14
3.6. Inhoudelijke focus en samenhang van het programma	14
4. Innovatieprogramma	15
4.1. Programmastructuur	15
4.2. Bouwen op bestaande activiteiten	15
4.3. KPI's	16
5. Toepassingsgebieden	17
5.1. Landbouw en voeding	17
5.2. Gezondheid en geneeskunde	19
6. Technologische verdieping in Biomolecular & Cell Technologies	22
6.1. Innovatieprogramma Breeding Accelerator	22
6.2. Innovatieprogramma Ferm-Bridge NL	28
6.3. Innovatieprogramma Zero Emission Biomanufacturing (ZEB)	35



6.4.	Innovatieprogramma Samen gezond & sneller beter	43
6.5.	Innovatieprogramma Organ-on-a-Chip	47
7.	Ecosysteemactiviteiten	59
7.1.	Bouwen aan vertrouwen	59
7.2.	Talent uit alle richtingen	59
8.	Voorstel Organisatie en Governance	61
	Bijlage 1: SWOT-analyse Nederlands Biotech-ecosysteem	63
	Bijlage 2: Serendipiditeit, strategie en doorzetten; het verhaal van Keytruda.	65
	Bijlage 3: Mensen met een missie: Het verhaal van No Palm Ingredients	66
	Bijlage 4: Koploper in koeloze kaas: Het verhaal van Those Vegan Cowboys	67
	Bijlage 5: CRISPR-Cas als innovatie in plantenveredeling	68
	Bijlage 6: Cijfers en getallen over B&CT sector	69
	Bijlage 7: Toelichting KPI's & Control points	71
	Bijlage 8: Casus Denemarken; Schaal continuïteit en ecosysteemwerking, Novo Nordisk.	74
	Bijlage 9: Overzicht van toepassingsgebieden van B&CT	75
	Bijlage 10: Innovatieprogramma's 2026	76
	Bijlage 11: Initiatieven naast de reguliere opleidingen in de sector	77



Samenvatting

De Nederlandse sector voor Biomolecular & Cell Technologies (B&CT) is klaar om door te groeien en meer impact te maken. Dankzij jarenlange investeringen in kennis, talent en technologie is een stevig fundament gelegd. Het innovatieve ecosysteem van bedrijven en kennisinstellingen biedt unieke kansen voor maatschappelijke en economische vooruitgang.

Van lab naar leven

Het is tijd om de stap te maken van innovatie naar implementatie. De technologieën die in Nederland worden ontwikkeld, moeten nu toegepast worden om het verschil te maken voor de gezondheid van mens, dier, milieu en planeet. Door te investeren in stimulerende regelgeving, toegankelijke infrastructuur en talent, versnellen we de route van lab naar praktijk.

Focus op impact

De actieagenda richt zich op gefocusseerde specifieke innovatieprogramma's met grote verwachte impact, zoals precisiegezondheid, duurzame productie en alternatieve eiwitten. Het gaat hierbij om de volgende innovatieprogramma's:

- **Breeding Accelerator:** Versnelt plantveredeling met digitale technologie en AI.
- **Ferm-Bridge NL:** Faciliteit voor fermentatieve productie van nieuwe voedsel ingrediënten, zodat startups sneller kunnen opschalen.
- **Zero Emission Biomanufacturing:** Klimaatneutrale productie van voeding en materialen op basis van duurzame grondstoffen.
- **Organ-on-a-Chip:** Koploper in innovatieve, proefdier vrije diagnostiek en geneesmiddelenontwikkeling.
- **Samen gezond & sneller beter:** Snellere toelating en implementatie van biotech-innovaties in de zorg.

Massa

Tegelijkertijd zet deze agenda, naast bovenstaande foci, ook in op massa. Dat wil zeggen op de volle breedte van B&CT. Er vindt namelijk veel meer innovatie plaats dan alleen binnen de hier uitgelichte innovatieprogramma's. De sector moet willen, kunnen en mogen innoveren: toepassing op de thuismarkt, toegang tot technologie, en passende wet- en regelgeving zijn cruciaal. Biotechnologie levert Nederland jaarlijks €30 miljard op en biedt werk aan tienduizenden mensen. Door óók massagericht te blijven investeren en opschalen, versterken we onze internationale positie en vergroten we de welvaart.

Klaar om het leven beter te maken

Succes vraagt om samenwerking in de hele keten en een structurele focus op talent en ondernemerschap. Het vraagt om verder bouwen aan een flexibel toekomstbestendig ecosysteem. De sector is klaar om innovaties sneller van lab naar leven te brengen en zo bij te dragen aan onze gezamenlijke welvaart. Laten we beginnen!

1. Inleiding

1.1. Technologie benutten: van lab naar leven, van idee naar impact

De Nederlandse biotechnologie sector is van nature innovatief en investeert structureel in R&D. Al decennialang bouwen bedrijven, samen met sterke kennisinstellingen en coalities, aan Biomolecular & Cell Technologies (B&CT), wat zorgt voor een continue stroom van kennis, talent en technologische doorbraken. Vanuit dit stevige fundament is het nu zaak om door te bouwen. De vraag is niet óf we innoveren en in welke niche, maar hoe we innovaties sneller en vaker valoriseren en benutten, in Nederland én daarbuiten. We bestendigen elke stap in de keten en werken continu aan versnelling, zodat de technologie ook een verschil kan maken voor de gezondheid van mens, dier, milieu en planeet.

Deze actieagenda sluit aan bij het Wennink-rapport, dat benadrukt dat Nederland zijn economische en maatschappelijke positie alleen kan versterken wanneer investerings- en innovatiekracht daadwerkelijk leidt tot realisatie en opschaling.¹ Het rapport toont aan dat er substantiële – gro-
tendeels private – investeringen klaarstaan voor life sciences & health, en in het bijzonder voor biotechnologie. Deze investeringen kunnen echter pas landen als de randvoorwaarden structureel op orde zijn:

- voorspelbare en tijdige regelgeving en procedures,
- toegang tot ruimte,
- energie en infrastructuur,
- voldoende talent en vaardigheden, én
- consistente publieke ondersteuning van innovatie voor groei.

De volgende fase is nu doorslaggevend: valorisatie en implementatie, wanneer we ook de maatschappelijke en economische vruchten willen plukken. De weg van lab naar markt en het leven van alle dag is lang, en kennis- en kapitaalintensief. Er is een reëel risico dat innovaties stranden op technisch falen of hun momentum verliezen. Tegen de tijd dat een technologie klaar is, is de markt verschoven, zijn er alternatieven of zijn er blokkerende toelatings- en adoptieprocessen ontstaan. Wereldwijd ontwikkelen Biomolecular & Cell Technologies zich razendsnel, terwijl toelatingsprocedures in Nederland en Europa traag zijn. Hierdoor stagneert de innovatieroute samenhang: het rendement op innovatie blijft achter, investeringen blijven achter en technologieën worden vaker buiten Nederland opgeschaald en vermarkt.

1.2. Strategie & implementatie voor impact

Een gerichte strategie is nodig die de Nederlandse uitgangspositie behoudt én versterkt, en bijdraagt aan onze toekomstige welvaart. Deze strategie is voorhanden in de vorm van het Rapport Wennink¹, een strategie die in lijn is met de kabinetsbrede visie op biotechnologie, de sleutel voor de gezondheid van mens, dier, milieu en planeet en onze weerbaarheid en verdienvermogen. Dit vraagt om continuïteit en vasthoudendheid in de hele keten – van kennisontwikkeling tot en met

¹ <https://www.rapportwennink.nl/>



marktintroductie. Zo blijven innovaties niet steken in pilots of in vroegfasebedrijven, maar kunnen daadwerkelijk opschalen binnen Nederland in plaats van pas na vertrek naar het buitenland (zie ook bijlage 2 'Serendipiteit, strategie en doorzetten; het verhaal van Keytruda'). Wanneer Bio-molecular & Cell Technologies wél tijdig doorontwikkelen en landen, dragen zij bij aan betere zorg en voeding, economische groei en duurzame oplossingen. Zo blijft Nederland aantrekkelijk voor bedrijven en talent, met een sterker kennisfundament en grotere internationale concurrentiekracht. Zie ook bijlage 3 'Mensen met een missie: Het verhaal van No Palm Ingredients'.

1.3. Heldere spelregels voor versnelling

Een toekomstgericht biotechnologieprogramma richt zich daarom naast innovatie-instrumenten primair op investeringen, heldere spelregels en effectieve samenwerking tussen overheid, wetenschap, bedrijfsleven en maatschappij. De route van lab naar praktijk wordt eenvoudiger en sneller door

- voorspelbare kaders,
- snellere en proportionele toelatingsroutes,
- betere toegang tot test- en opschalingsfaciliteiten en
- een goed functionerend financierings- en valorisatietraject.

We zijn in staat om de technologieën die nodig zijn voor onze gezondheid en toekomst te ontwikkelen. Met de juiste randvoorwaarden krijgen we het voor elkaar dat deze hier ook echt tot bloei komen. Zie ook bijlage 4 'Koploper in koeloze kaas: Het verhaal van Those Vegan Cowboys'.

1.4. Actieagenda

De Actieagenda Biomolecular & Cell Technologies vertaalt deze analyse naar een concrete uitvoeringsagenda. We brengen focus aan door te investeren in innovatieprogramma's met grote verwachte impact, terwijl we tegelijkertijd de brede basis versterken. Zo zorgen we dat kennis, talent, data, test- en opschalingsfaciliteiten, financiering en markttoegang elkaar versterken.

Deze actieagenda blijft dynamisch: ze moet ruimte bieden voor nieuwe initiatieven, leren van intelligent falen en inspelen op voortdurend veranderende technologie en marktomstandigheden. Het open karakter is daarom cruciaal om flexibiliteit te behouden en bij te sturen waar nodig.

Met deze aanpak organiseren we de volledige keten van lab naar leven: van onderzoek naar toepassing en markt, met meetbare resultaten en publieke waarborgen. Zo maken we van investeringsbereidheid realisatiekracht en van technologieontwikkeling maatschappelijke én economische impact richting 2035 en daarna.

2. Analyse: De kansen van Biomolecular & Cell Technologies

2.1. Doorgroeien, schalen en mondiaal leiderschap

Het Nederlandse biotech-ecosysteem beschikt over vrijwel alle bouwstenen en speelt nu al internationaal een leidende rol. De combinatie van een sterke kennisbasis, hoogwaardige infrastructuur, intensieve publiek-private samenwerking en een dynamisch veld van start-ups, scale-ups en gevestigde bedrijven biedt een solide fundament voor groei.

Toch is het noodzakelijk om aanzienlijk meer op mondiale schaal te denken en te handelen, volgens de aanbevelingen vanuit de Kabinetsbrede visie op de biotechnologie² en gezien de belangen van de EU-³ tot en met NAVO ten aanzien van de biotechnologie⁴. De Nederlandse thuismarkt is te klein om de benodigde investeringen in innovatie rendabel te maken. Alleen door actief in te zetten op Europese en wereldwijde markten kan het ecosysteem doorgroeien en daadwerkelijk impact realiseren. Het Europese economische systeem biedt daarvoor kansen, zeker in het kielzog van het Draghi-rapport⁵, met een van de grootste geïntegreerde markten ter wereld en sterke innovatieve clusters. Tegelijkertijd staat Europa onder druk door lage productiviteitsgroei, geopolitieke onzekerheid en achterblijvende investeringen in technologie en R&D (ca. 2% van het bruto binnenlands product (bbp), versus 3,5% in de VS en 2,5% in China).

Nederland kan een mondiale voortrekkersrol vervullen op het gebied van

- gezondheid,
- welvaart,
- klimaat,
- circulaire economie,
- voedselzekerheid en
- dierwaardigheid.

Dit vraagt van overheid en financiers om structurele, langjarige investeringen te realiseren, versnipperde financieringsmodellen te doorbreken, markttoegang te versnellen en samenwerking in de hele waardeketen te versterken. Door optimaal gebruik te maken van Europese initiatieven, internationale samenwerking (bijvoorbeeld met NAVO en EU-programma's) en het exportpotentieel van de sector, kan Nederland zijn unieke positie verzilveren en bijdragen aan maatschappelijke en economische uitdagingen wereldwijd.

Kortom: doorgroeien en schalen is geen luxe, maar een noodzaak. Alleen met ambitie, consistent beleid en internationale oriëntatie kan Nederland zijn leidende positie in biotech waarmaken en het volle rendement behalen voor economie en samenleving.

2 Kabinetsvisie op Biotechnologie 2025-2040, 2025, Rijksoverheid

3 <https://www.eu-biotech-act.com/>

4 <https://www.diana.nato.int/> en <https://www.nif.fund/>

5 https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/draghi-report_en

2.2. SWOT-analyse Nederlands Biotech-ecosysteem

Onderstaande tabel bevat een gecomprimeerde SWOT. De complete SWOT is opgenomen in bijlage 1

Sterktes • Sterke kennispositie en expertise bij toonaangevende bedrijven, T02 instituten universiteiten en UMC's. Nederland scoort goed op wetenschappelijke output en innovatiekracht. • Financieringsimpuls voor kennisinstellingen door NGF-programma's. • Compleet ecosysteem met kennisinstellingen, grote en kleine bedrijven en een schil met gespecialiseerde R&D services. • Intensieve samenwerking tussen bedrijfsleven, overheid, kennisinstellingen en investeerders. • Efficiënt logistiek netwerk (o.a. Schiphol, Haven Rotterdam) biedt snelle toegang tot wereldmarkten.	Zwaktes • Relatief lage maatschappelijke impact en commercialisering van kennis. • Complexe en trage uptake in de thuismarkt van innovatieve producten. • Regulatoire kaders zijn innovatieremmend in Europa en Nederlandse interpretatie verergeren dit. • Onvoldoende toegang tot wél voorhanden zijnde hoogwaardige gezondheidsdata en biobanken voor bedrijven.
Kansen • Groeimarkten met urgent needs in duurzame land- en tuinbouw, gepersonaliseerde geneeskunde, biobased materialen, alternatieve eiwitten en de circulaire economie. • Nieuwe markten in cel- en gentherapie, cellulaire agricultuur, innovatieve diagnostiek en preventie, toepassingen in biosecurity en dual-use in defensie. • Groot exportpotentieel door internationale koplopperspositie en patentportfolio.	Bedreigingen • Geopolitieke ontwikkelingen (bijv. 'America First'-beleid, strategische afhankelijkheden) kunnen toegang tot markten en technologie beperken. • Businesscase voor groene/circulaire producten is vaak lastig door concurrentie met fossiele alternatieven en traditionele ketens. • Verlies van strategische kennis en bedrijven aan het buitenland door internationale concurrentie en aantrekkelijker vestigings- en investeringsklimaat buiten Nederland.



3. Ambitie

3.1. Ambitie

In 2035 is Nederland een wereldwijd vooraanstaand leider in R&D, innovatie en valorisatie van Biomolecular & Cell Technologies (B&CT). Vanuit een sterke thuismarkt voor een gezonde en duurzame samenleving draagt B&CT zodoende bij aan de realisatie van de Kabinetsvisie Biotechnologie voor 2040. Onze huidige sterke positie in onderzoek hebben we tegen die tijd uitgebouwd tot een completer ecosysteem waar succesvolle valorisatie en markttoepassingen vanzelfsprekend zijn.

Het Nederlandse leiderschap binnen deze sleuteltechnologie richt zich op twee gebieden:

- Precision Health, vroege detectie, en gepersonaliseerde preventie en behandeling van ziekten en hun gevolgen.
- Duurzame productie in land- en tuinbouw, voedselproductie en non-food bioproductie.

3.2. Economische en maatschappelijke opgave

Wanneer we de potentie van B&CT inzetten voor een betere gezondheid van mens, dier, milieu en planeet groeit ook onze welvaart. Volgens McKinsey kan de potentiële maatschappelijke en economische waarde van biotechnologie voor Nederland oplopen tot circa €30 miljard per jaar.

De medische biotech levert inmiddels €13 miljard aan omzet per jaar op en groeit wereldwijd met bijna 9% per jaar. Toch laten we kansen liggen: onze private R&D-investeringen blijven met €900 miljoen per jaar ver achter bij België en Zwitserland (resp. €5,7 miljard en €9,6 miljard). Tegelijk staat Nederland internationaal zesde staan als vestigingsland voor life sciences.^{6,7,8,9}

Alleen al de medische tak van de sector biedt inmiddels direct werk aan ruim 53.000 mensen en de alsmaar groeiende exportwaarde van geneesmiddelen bedroeg anno 2024 al €53 miljard. Met investeringsprogramma's als het Nationaal Groeifonds (€1,27 miljard publiek-private investeringen voor biotech sinds 2021), waaronder alleen al Biobased Circular met een potentiële waarde-toevoeging van €1,5-3,5 miljard aan het bbp, is het potentieel enorm. Maar als we niet opschalen, investeren en versnellen, geven we het speelveld uit handen aan landen die wél doorpakken. Zie bijlage 6 voor verdere Cijfers en getallen over de B&CT sector.

3.3. Innovatieopgave

B&CT-toepassingen bieden niet alleen verbetering of vervanging van bestaande producten en diensten. Ook maken ze radicale vernieuwing mogelijk die strikt noodzakelijk is gezien de maat-

6 De toekomst voor de Life Sciences-sector in Nederland (2025), KPMG

7 Measuring the return from pharmaceutical innovation (2025), Deloitte

8 Life Science Trend Analysis Netherlands (2025), BiotechGate

9 Biopharmaceuticals Market Size, Share & Industry, By Type (2025), Fortune Business Insights

schappelijke uitdagingen. Sommige innovaties zijn zelfs zo disruptief dat ze complete waardeketens en markten kunnen veranderen. Veranderingen die bovendien van onschatbare waarde zijn doordat deze bijvoorbeeld bijdragen aan de mondiale Sustainable Development Goals.

De mate van disruptie hangt sterk samen met de bestaande marktstructuren waarin innovaties landen. Voor B&CT-innovaties is marktimpact cruciaal om zowel maatschappelijk als economisch te renderen. Wereldwijd komen veelbelovende technologieën op, maar voor Nederland ligt de uitdaging in het sluiten van de hele keten: van fundamenteel onderzoek tot valorisatie, opschaling, goedkeuring, productie en daadwerkelijke toepassing. Niet de technologieontwikkeling zelf, maar juist opschaling en markttoegang vormen de komende tien jaar het kantelpunt. Blijven investeren in technologie zonder dat innovaties hun toepassing waarmaken, is niet houdbaar. Alleen door succesvolle marktintroductie kunnen de gewenste economische en maatschappelijke effecten worden gerealiseerd.

3.4. Kennis- en technologieopgave

De kennisopgave voor B&CT ligt de komende tien jaar op fundamenteel biologisch vlak in de systeembioïologie en de synthetische bioïologie. Daarnaast liggen er uitdagingen op het snijvlak met andere technologieën die versnelling gaan brengen, zoals digitalisering, kunstmatige intelligentie, quantumtechnologie, chiptechnologie (micro- en nanotechnologie) en robotica.

3.4.1. Slimmere experimenten en minder faalkosten

AI voor experimentkeuze

AI-modellen analyseren grote hoeveelheden biologische data (zoals DNA-sequenties, metaboliëten en eiwitstructuren) en voorspellen welke experimenten het meest kansrijk zijn. Ontwikkelingen van hardware en analysemethoden zijn hiervoor een vereiste. Hierdoor worden onnodige experimenten voorkomen, middelen efficiënter ingezet en neemt de kans op succesvolle innovaties toe. Dit verkort de time-to-market aanzienlijk.

Versnelling voor praktische interventieontwikkeling

Met onder andere AI en virtuele patiëntmodellen (digital twins) kunnen behandelingen vervolgens vooraf worden gesimuleerd en geoptimaliseerd. Door genetische en klinische data te analyseren, selecteert AI de patiënten die het meest waarschijnlijk baat hebben bij een specifieke therapie, waardoor klinische studies sneller en doelgerichter verlopen. Het Verdiepingsprogramma: Breding Accelerator (H6.1) van deze agenda geeft vorm aan een vergelijkbaar model voor plantveredeling.

Best of both worlds, bio meets engineering

Synthetische bioïologie is een werkwijze die steeds meer wordt toegepast binnen de biotechnologie. In de synthetische bioïologie worden biologische systemen ontworpen en geprogrammeerd met engineeringprincipes: (modelgebaseerde) ontwerpfasë, (modulaire) constructiefasë en een



(AI-ondersteunde) testfase. Dit draagt bij aan versnelling doordat experimenten systematisch wordt opgebouwd, getest en aangepast. Automatisering wordt daarmee ook beter toepasbaar en minder kostbaar, waarmee de doorvoersnelheid drastisch verhoogd kan worden. Verdere integratie met data, modellering en machine learning verbetert de voorspelbaarheid van resultaten.

Data als randvoorwaarde voor slimmere experimenten en minder faalkosten

De effectiviteit van AI en digitalisering hangt sterk af van de kwaliteit en beschikbaarheid van te benutten data. Toegang tot de gegevens en het biologisch materiaal van eindgebruikers en de inzet van nieuwe experimentele high-throughputtechnieken is essentieel om deze systemen te ontwikkelen, te trainen en optimaal te benutten. In het verdiepingsprogramma Organ-on-a-Chip (H6.6) van deze agenda wordt hieraan aandacht besteed om deze technologie richting toepassing te brengen. Deze randvoorwaarde is echter van belang voor de brede toepassing van Biomolecular & Cell Technologies.

3.4.2. Automatisering

Door AI – onder specifieke voorwaarden – te koppelen aan geautomatiseerde laboratoria (robot labs) kunnen bedrijven veel sneller en op grotere schaal experimenteren en data verzamelen. Dit maakt het mogelijk om in korte tijd duizenden varianten te testen, valideren en/of te optimaliseren.

3.4.3. Schaalbaarheid

Om innovatie echt beschikbaar te maken voor eindgebruikers moet commerciële productie gerealiseerd worden. Significante innovaties zijn nodig in het productieproces van cellen en celproducten. Die komen alleen tot stand door een beter fundamenteel begrip van hoe die levende en/of biologische componenten zich gedragen tijdens de productie of bij de integratie in producten. Daarnaast doen zich de grootste uitdagingen voor bij

- het ontbreken van commerciële opschalingsfaciliteiten,
- het risico op kennisverlies,
- de beschikbaarheid en prijs van duurzame grondstoffen, en
- het verbinden van de waardeketen van lab naar markt.

Integrale kennis over al deze fases van ontwikkeling ontbreekt bij de vele verschillende partners en stakeholders binnen innovatieketens, en daarmee de juiste input voor verdere technologieontwikkeling¹⁰.

Het opschalen van productie tot commerciële schaal brengt in veel gevallen ook een technologie-opgave. Welke grondstoffen zijn beschikbaar en is de productie voldoende flexibel om veranderingen op te vangen.

10 <https://invest-nl.nl/en/insights-and-publications/assessment-framework-fermentation>

3.5. Ecosysteemopgave

De complexiteit van Biomolecular & Cell Technologies (B&CT) vraagt om nauwe samenwerking van álle schakels in de hele innovatieketen om tot succes te komen: van onderzoek tot markt en eindgebruikers, zowel nationaal als internationaal. Geen enkele partij kan B&CT-innovaties alleen van idee de markt brengen. Daarnaast zijn regelgevende aanpassingen nodig op het gebied van standaardisatie, goedkeuring, veiligheid, kwaliteit, data, ethiek en markttoegang. Alleen dan kan nieuwe technologie bedacht worden en zijn nieuwe ontwikkelingen in gang te zetten. Nederlandse bedrijven, kennisinstellingen, afnemers, overheid en maatschappelijke organisaties presteren samen beter dan op basis van onze omvang verwacht mag worden. Toch blijft het maatschappelijk en economisch rendement achter bij het potentieel. Zie daarvoor de SWOT-analyse H2 en bijlage 1 'SWOT-analyse Nederlands Biotech-ecosysteem'.

Om het volledige maatschappelijke en economische potentieel te benutten, zijn gezamenlijke keuzes, leiderschap en soms aanpassing van regels en systemen nodig. Zo kan Nederland zijn internationale toppositie in biotechnologie duurzaam verzilveren.

3.6. Inhoudelijke focus en samenhang van het programma

Alle innovaties uit de B&CT stuiten op dezelfde uitdagingen om impact te kunnen maken voor de maatschappij. De tijdsduur die nodig is voor de ontwikkeling, de inspanning (kennis en kapitaal) en de onzekerheid over de markttoegang wanneer de innovatie dan eindelijk marktrijp is, zijn groot. Dit geldt voor beide grote toepassingsdomeinen Precision Health en innovaties op Duurzame Productie van voedsel en materialen, die de actieagenda B&CT onderscheidt op gezondheidstoepassingen.

De veredelingssector heeft al vaker bewezen hoe krachtig technologie van buiten de sector kan zijn wanneer deze slim wordt toegepast. Voorbeelden uit de recente geschiedenis tonen dat vernieuwing niet ontstaat in isolatie, maar dat er juist sprake is van kruisbestuiving van disciplines:

- DNA-fingerprinting (1984)
- PCR-technologie (1983)
- DNA-sequencing en Next Generation Sequencing (NGS, begin deze eeuw)
- CRISPR-Cas (2012)
- *Genomic Predictions (2017)*

Geen van deze technologieën en data-applicaties werden oorspronkelijk voor planten ontwikkeld, maar elke innovatie heeft de veredeling blijvend veranderd, met grote impact. Het *Breeding Accelerator* innovatieprogramma bouwt voort op die traditie: naast plant-specifieke innovatie is er in het programma aandacht voor een vroege herkenning van doorbraken van buiten de sector, een slimme vertaling van die innovatie en voor de toepassing ervan om de veredeling te versnellen.

4. Innovatieprogramma

4.1. Programmastructuur

Vanuit de twee centrale ambities voor Biomolecular & Cell Technologies (B&CT) worden in deze actieagenda gefocusseerde innovatieprogramma's opgezet om technologische ontwikkeling te versnellen en op te schalen. Dit zorgt ervoor dat

- technologie robuuster en breder toepasbaar wordt,
- de economische haalbaarheid toeneemt,
- investeren in innovatie aantrekkelijk blijft voor zowel de innovatoren als de investeerders, en
- standaardisatie en kwaliteitsborging worden versterkt.

Bovendien kan succes een nieuw elan in de Nederlandse biotechnologie creëren, waardoor ook andere actoren worden gestimuleerd om nieuwe innovatiekansen te benutten.

Spillover-effecten

Sommige programma's richten zich nu op een specifieke toepassing, zoals digital twins voor plantenveredeling. De opgedane kennis en technologie kunnen echter in aangepaste vorm ook worden ingezet voor andere domeinen, bijvoorbeeld therapieontwikkeling. Deze kruisbestuiving tussen toepassingsgebieden (spill-over) vergroot de impact van publieke investeringen en rechtvaardigt de inzet van middelen via kennisinstellingen en groeifondsvoorstellen.¹

De innovatiecirkel sluiten

Om de ambities op het gebied van gezondheid en duurzame productie te realiseren, nu en in de toekomst, moet het portfolio van innovatieprogramma's continu goed gevuld blijven. Nederland behoort tot de wereldtop in kennis en ontwikkeling, maar de doorgroei naar markttoepassing blijft achter. Daardoor kunnen veelbelovende innovaties hun potentieel niet volledig benutten, blijft de maatschappelijke en economische impact beperkt, en wordt hoogstwaarschijnlijk ook de kans op succes van toekomstige innovatieprogramma's verminderd. In dit programma staan opschaling en doorgroei daarom centraal, zodat de innovatiecirkel sterker en ononderbroken wordt. Zo ontstaat een ecosysteem waarin kennis, ontwikkeling en markttoepassing elkaar continu versterken. Zie bijlage 8 'Casus Denemarken, schaal, continuïteit en ecosysteemwerking, Novo Nordisk'.

4.2. Bouwen op bestaande activiteiten

De solide kennisbasis in B&CT is niet vanzelf ontstaan, maar het resultaat van gerichte stimulering van onderzoek door onder andere NWO, het Groeifonds en diverse ministeries. Kennisinstellingen investeren al decennialang in de ontwikkeling van kennis en technologie en vervullen daarmee een cruciale rol. Dit fundament is essentieel voor het succes van B&CT-innovaties en kan alleen behouden en versterkt worden als we structureel blijven investeren.

Het is een van de belangrijkste troeven van het B&CT-ecosysteem en maakt investeren in Neder-

land aantrekkelijker. Het behoud van dit fundament vereist dat investeren in talent en kennis top-prioriteit blijft. Zo kunnen universiteiten, onderzoekers en het bedrijfsleven hierop voortbouwen. Door te investeren in strategische programma's, infrastructuur, startups en het aantrekken en behouden van toptalent, versterken we de Nederlandse innovatiekracht en internationale concurrentiepositie. Dit resulteert in een sterke kenniseconomie die zich uitbetaalt in duurzame economische groei¹¹.

4.3. KPI's

4.3.1. Monitoring en evaluatie

Het realiseren van de ambitie voor Biomolecular & Cell Technologies (B&CT) vraagt om structurele monitoring van het hele ecosysteem. Elke innovatie – of het nu een verbetering, een nieuwe toepassing van bestaande technologie of een disruptieve doorbraak betreft – draagt bij aan het succes van de sector. Om de voortgang van deze actieagenda goed te volgen, wordt door de governance (zie hoofdstuk 8) een dashboard ingericht met meetpunten op verschillende schakels in de innovatieketen. Omdat deze keten lang en complex is, is het essentieel om breed te meten en zo een actueel beeld te krijgen van de dynamiek en knelpunten in het ecosysteem. Voor sommige onderdelen zijn gegevens direct beschikbaar, voor andere zal aanvullende sectorinformatie nodig zijn. Goede sector-intelligentie is cruciaal om ontwikkelingen en uitdagingen tijdig te signaleren. De aanpak bestaat uit:

1. Het meetbaar maken van relevante indicatoren (scope bepalen op basis van mogelijkheden, definities en wenselijkheid).
2. Het uitvoeren van een nulmeting in 2025.
3. Het vaststellen van drempel- en streefwaarden.
4. Een jaarlijkse dataverzameling en rapportage per meetpunt samenstellen.

Deze systematische monitoring maakt het mogelijk om gericht te evalueren en waar nodig bij te sturen, om zo de impact van het programma en gerelateerde initiatieven transparant te maken.

4.3.2. Grip op control points

Om de uitvoering van deze actieagenda doelgericht te sturen, benoemen we een beperkt aantal *control points*¹²: kritieke knooppunten in waardeketens en innovatiesystemen waar versnelling of vertraging ontstaat. Publieke en private interventies kunnen aantoonbaar effect hebben op deze punten. De control points geven houvast om afhankelijkheden, bottlenecks en strategische kansen expliciet te maken en om jaarlijks te kunnen bijsturen op basis van feiten. We richten de monitoring en governance daarom nadrukkelijk op:

1. Markttoegang en adoptie (inclusief regulatoire en vergoedingsdoorlooptijden).
2. Toegang tot strategische assets zoals infrastructuur, data, intellectueel eigendom (IP) en sleutelinputs.
3. Ketengovernance en standaardisatie.

¹¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2024/06/26/kies-voor-baten-ibo-bedrijfsfinanciering>

¹² <https://vector.tno.nl/artikelen/grip-control-points-gericht-innoveren/>

4. Beschikbaarheid van talent en opschaal- en executiekracht.
5. De financieringsketen van 'non-dilutive' (een vorm van financiering waarbij een bedrijf kapitaal aantrekt zonder afstand te doen van enig eigendom en/of aandelen) R&D tot opschalingskapitaal.

Deze control points worden gekoppeld aan het KPI-dashboard en het jaarlijkse voortgangsgesprek met de betrokken partners.

Verdere toelichting en uitwerking van deze control points en mogelijke KPI's is te vinden in bijlage 7 'Toelichting KPI's & control points'.

5. Toepassingsgebieden

De toepassing van Biomolecular & Cell Technologies (B&CT) valt samen met verschillende groei-markten.^{1,2} De brede toepasbaarheid laat zien dat B&CT een sleutelrol speelt in innovatie voor gezondheid, duurzaamheid, circulaire economie en voedselzekerheid in Nederland. Daarmee is het programma belangrijk voor het verdienvermogen van Nederland. Zie ook bijlage 9 'Overzicht van toepassingsgebieden van B&CT'.

5.1. Landbouw en voeding

5.1.1. Ambitie

Om de Nederlandse koppositie in de toepassing van Biomolecular & Cell Technologies (B&CT) voor landbouw en voeding te behouden én economisch te verzilveren, is een forse verbetering van de huidige opschaling van deze technologieën noodzakelijk.

De technologische uitdagingen liggen in het continu verhogen van productiviteit, procesoptimalisatie, zuivering en het verbeteren van de functionele prestaties van eindproducten. Dit vraagt om diepgaande expertise, substantiële investeringen en een lange adem. Het creëren van ruimte voor bedrijven die deze opschaling kunnen realiseren, is een cruciale volgende stap om de strategische voorsprong van Nederland te behouden en uit te bouwen. Opschaling vereist bovendien veel elektriciteit en reststromen als voedingsbron voor micro-organismen.

In lijn hiermee hebben de Regionale Ontwikkelingsmaatschappijen (ROM's) regionale versterkingsplannen opgesteld om nieuwe bedrijvigheid op NTS-technologieën in kansrijke markten te stimuleren en verder te ontwikkelen. Deze plannen zijn gebaseerd op een waardeketen-aanpak en tot stand gekomen binnen het bovenregionale samenwerkingsverband ROM-Nederland. Hun bevindingen en voorstellen voor de RV-NTS waardeketen 'Eiwittransitie, precisiefermentatie en cellulaire agricultuur' sluiten nauw aan bij deze actieagenda. Dit onderstreept dat de opschalingsopgave niet op zichzelf staat, maar onderdeel is van bredere regionale en nationale strategieën.

Een recente Life Cycle Assessment (CE Delft, 2025) toont aan dat gefermenteerde oliën voor cosmetica en voeding tot 90% lagere CO₂-uitstoot en ruim 99% minder landgebruik kunnen

realiseren ten opzichte van conventionele palmolie; ook het watergebruik kan met meer dan 80% worden gereduceerd, afhankelijk van het scenario.

De Nederlandse markt voor alternatieve eiwitten werd in 2022 geschat op €346 miljoen. Volgens scenario's van Invest-NL en Foodvalley NL kan deze markt, bij een sterk groeiend mondiaal marktaandeel, richting 2030 doorgroeien naar €4-10 miljard, met als ambitieus bovenscenario een omvang van circa €20 miljard.

5.1.2. Aanpak

Drie B&CT-programma's, Breeding Accelerator, Ferm-Bridge NL en Zero Emission Biomanufacturing, richten zich op het versterken van het Nederlandse innovatie-ecosysteem in landbouw, voeding en biotechnologie. Daarbij ligt er een sterke focus op opschaling, digitalisering, samenwerking en het behouden van economische en maatschappelijke waarde in Nederland¹³. De aanpak richt zich op de twee voornaamste knelpunten:

1. Opschaling van fermentatieve productie en downstream processing;
2. Toegang tot duurzame, concurrerende grondstoffen en randvoorwaarden (energie, infrastructuur, toelating en marktontwikkeling).

Opschaling fermentatieve productie

Er is behoefte aan ontwikkeling van kennis over opschalingstechnologie en downstream processing (opzuivering) voor fermentatieve productie van nieuwe food- en feed-ingrediënten. Daarom zet het programma in op een multi-purpose demonstratiefaciliteit. Deze valt uiteen in twee modules:

1. Fermentatie en biomassa-/stam-scheiding.
2. Productopzuivering (flexibele, food- and health grade suites voor verschillende producttypes).

Alternatieve grondstoffen

Industriële biotechnologie produceert waardevolle moleculen en materialen met micro-organismen. Zero Emission Biomanufacturing (ZEB) streeft naar processen op basis van duurzame C1- en C2-moleculen uit reststromen, waardoor de CO₂-voetafdruk van biotechnologie zelfs tot nul kan worden gereduceerd. De twee deelprogramma's zijn:

1. Ontwerp van processen en business cases.
2. Technologisch implementatie en opschaling.

Versnelling van veredeling

Het doel van dit onderdeel is om een volledig functionerende *digital twin* van een gewas te realiseren, gekoppeld aan tools om digitaal ontworpen gewassen snel en gericht om te zetten naar nieuwe rassen. Hiermee wordt de klassieke veredelingscyclus (10-15 jaar) sterk versneld. Er zijn drie fases voorzien:

¹³ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2025/10/17/groeimarkten-voor-nederland> en <https://dialogic.nl/projecten/wat-zijn-de-groeimarkten-van-de-nederlandse-economie/>

1. Fundament (2026–2027): Dataplatform, data-infrastructuur, samenwerking met andere sectoren, uitbreiding van nieuwe veredelings technieken zoals genome-editing en regeneratie van planten.
2. Modelleren & validatie (2027–2030): Ontwikkeling en validatie van *digital twins*, proof-of-concepts, AI-modellen.
3. Van digitaal naar fysiek ras (2030–2035): Doorvertaling naar commerciële rassen, protocolontwikkeling, opschaling, onderwijs.

5.1.3. Urgentie

Maatschappelijke impact vereist afstemming met eindgebruikers, zoals consumenten die een betere toekomst willen, terwijl de neiging om vast te houden aan het vertrouwde verandering bemoeilijkt. Tegelijkertijd worden grondstoffen voor producten steeds schaarser en duurder: niet alleen voor voedsel, maar ook – verrassend genoeg – voor meubels, kleding en andere alledaagse gebruiksvoorwerpen. Biotechnologie kan juist voor deze uiteenlopende producten oplossingen bieden door alternatieve grondstoffen en productiemethoden te ontwikkelen, zodat ze betaalbaar en toegankelijk blijven.

Onze voedselveiligheid en -zekerheid komen steeds meer onder druk te staan door klimaatverandering, geopolitieke spanningen en bevolkingsgroei. Daarom zet deze actieagenda in op innovatieprogramma's voor preciselandbouw, voedselproductie en duurzame materialen. Zo creëren we extra opties die bijdragen aan betaalbare, gezonde voeding en duurzame producten, en versterken we de relevantie van de Nederlandse industrie.

We bevinden ons op een cruciaal kruispunt: benutten we onze koppositie door kennis en innovatie om te zetten in maatschappelijke en economische impact, of laten we anderen het initiatief overnemen en verliezen we daarmee de regie over onze toekomst? Zie ook bijlage 5 'CRISPR-Cas als innovatie in plantenveredeling'.

5.2. Gezondheid en geneeskunde

5.2.1. Ambitie

Nederland streeft ernaar om met Biomolecular & Cell Technologies (B&CT) een internationale koppositie in rode biotechnologie (ook wel medische biotechnologie genoemd) te behouden en uit te bouwen. De ambitie is om jaarlijks minimaal één nieuw geneesmiddel of diagnostische technologie van Nederlandse bodem op de wereldmarkt te brengen. Dit vraagt om structurele publieke en private investeringen in innovatie, infrastructuur en talent, en om een sterk ecosysteem waarin bedrijven, kennisinstellingen en overheid intensief samenwerken.

Door te investeren in de hele waardeketen – van fundamenteel onderzoek tot productie en markttoegang – kan Nederland sneller inspelen op mondiale ontwikkelingen en nieuwe technologieën effectief vertalen naar de praktijk. Het versterken van regionale clusters, het verbeteren van data- en AI-infrastructuur en het versnellen van toelatingsprocedures zijn daarbij cruciaal.

De maatschappelijke bijdrage van rode biotech is groot: snellere ontwikkeling en beschikbaarheid van innovatieve therapieën en diagnostiek leiden tot betere, gepersonaliseerde zorg, hogere levensverwachting en een gezondere bevolking. Dit vergroot de arbeidsparticipatie, verlaagt de zorgkosten en versterkt de maatschappelijke veerkracht.¹

Economisch levert rode biotech een structurele bijdrage aan het bbp (tot 1,2% extra groei per jaar), creëert het tienduizenden hoogwaardige banen en trekt het investeringen aan. Door een aantrekkelijk innovatieklimaat en sterke publiek-private samenwerking wordt Nederland een magneet voor bedrijvigheid en export in deze sector.¹

5.2.2. Aanpak Organ-on-a-Chip

Het Organ-on-a-Chip-programma heeft als doel Nederland te positioneren als strategisch control point in de mondiale waardeketen. Het biedt kansen voor brede maatschappelijke, economische en technologische impact en sterke samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen en overheid. Het innovatieprogramma werkt aan het verder ontwikkelen van de bestaande innovatieketen voor organ-on-a-chip en organoïden. Dit gebeurt stap voor stap met onderdelen die goed op elkaar aansluiten, zoals biologisch materiaal, kleine chips voor vloeistofstromen en sensoren om resultaten te meten. Deze keten wordt end-to-end gevalideerd in samenwerking met eindgebruikers. Zo kan Nederland zijn koppositie behouden en wereldwijd bijdragen aan innovatieve geneesmiddelenontwikkeling en precisiegeneeskunde, en profiteren van de wereldwijde groei¹⁴.

Samen gezond & sneller beter

Het programma Samen gezond & sneller beter richt zich – tamelijk ongebruikelijk voor een technologieagenda – primair op de randvoorwaarden (zoals toelating, implementatie, data en bekostiging) die nodig zijn om B&CT-innovaties sneller en verantwoord in de praktijk te brengen. Daarmee vergroot het de impact en het verdienvermogen van technologische innovatieprogramma's.

Verschillende andere initiatieven (technologische innovatieprogramma's) richten zich primair op het stimuleren van kennisontwikkeling, infrastructuur en samenwerking, en fungeren als katalysator voor technologische vooruitgang in de rode biotech. Vanuit het Nationaal Groeifonds vallen daaronder

- RegMed XB (Regenerative Medicine Crossing Borders),
- PharmaNL, FAST (Centre for Future Affordable Sustainable Therapy Development),
- Oncode Institute en
- Oncode Accelerator.

Daarnaast zijn er in Nederland succesvolle initiatieven zoals:

- het National Genomics Initiative,

14 https://leidenbiosciencepark.nl/wpcontent/uploads/2025/12/nederland.in_.de_.voorhoede.rode_.biotech.als_.sleutel.tot_.wereldwijde.concurrentiekracht.3.pdf



- de Dutch Society for Stem Cell Research,
- het Netherlands Proteomics Centre (sinds 2003),
- het Netherlands X-omics Initiative (sinds 2018) en
- het Netherlands Metabolomics Centre (sinds 2014).

5.2.3. Urgentie

De Nederlandse pijplijn voor technologie en innovaties gericht op gezondheid en welzijn is rijk gevuld, maar kent structurele lekkages. Waar de kennis en technologie aanwezig zijn, ontbreekt het aan een systeem dat de opbrengsten daadwerkelijk opvangt en benut. Het aantal klinische studies neemt af, private investeringen blijven achter bij de omvang van ons collectieve intellectueel eigendom en bbp, en veelbelovende innovaties vinden hun weg naar het buitenland in plaats van hier te landen.

Het tij kan worden gekeerd als we erkennen dat we zelf aan de knoppen zitten. De keuzes in beleid, bekostiging, data-infrastructuur en toelatingsroutes bepalen direct of innovaties in Nederland kunnen doorontwikkelen landen. Dié keuzes maken we zelf.

De internationale vraag naar Nederlandse technologie en innovatie is groot, maar de business-case om te blijven investeren is alleen houdbaar als de route naar de markt ook in Nederland kan worden voltooid. Zolang we geen werk maken van het versterken van de hele waardeketen en het optimaliseren van markttoegang, blijven we investeren in vroege ontwikkelfasen en stroomt het potentieel weg naar andere landen.

Hierdoor blijft de maatschappelijke en economische meerwaarde voor Nederland beperkt. Alleen door structureel te investeren in infrastructuur, talent en een aantrekkelijk innovatieklimaat, kunnen we de opbrengsten van onze kennis daadwerkelijk verzilveren en onze internationale positie versterken.

6. Technologische verdieping in Biomolecular & Cell Technologies

6.1. Innovatieprogramma Breeding Accelerator

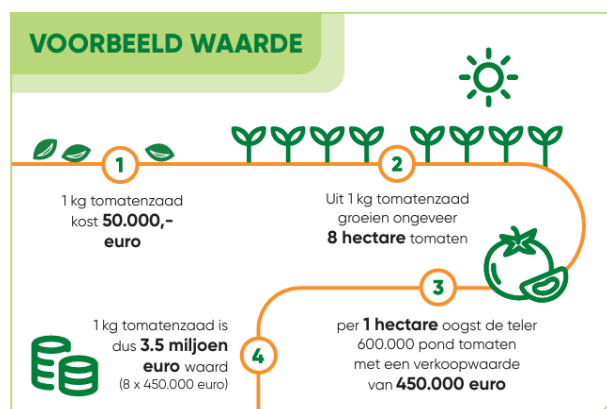
6.1.1. Ontwikkeldoel

Het innovatieprogramma Breeding Accelerator streeft naar de realisatie van een volledig functionerende *digital twin* van een gewas. Daaraan wordt een gereedschapskist gekoppeld om een digitaal ontworpen gewas daadwerkelijk om te zetten naar een fysiek nieuw ras.

6.1.2. Drivers

De Nederlandse veredelingssector is een stille motor achter de wereldwijde voedselvoorziening. Ruim 250 gespecialiseerde bedrijven ontwikkelen jaarlijks meer dan duizend nieuwe rassen die bijdragen aan voedselzekerheid, preventieve gezondheid, minder verliezen in de keten en duurzaamheid. Met een jaarlijkse omzet van bijna €4 miljard, waarvan gemiddeld 15% weer wordt geïnvesteerd in R&D, en 14.000 deskundige medewerkers vormt deze sector een kennis- en innovatie-ecosysteem van wereldniveau¹⁵. De bedrijven hebben vestigingen in ruim honderd landen en werken samen met kennisinstituten in binnen- en buitenland. Vanwege dit mondiale speelveld heeft de Nederlandse veredelingssector een grote invloed op de voedselzekerheid.

Graphical abstract: Een kilo tomatenzaad levert bijvoorbeeld planten voor ongeveer acht hectare,



waar per hectare zo'n 300.000 kg tomaten vanaf komen. [Plantum eigen gegevens] Omdat afnemers steeds hogere eisen stellen aan zaden en jonge planten, is het noodzakelijk dat de sector blijft innoveren.¹

Voorbeeld van de waardecreatie van 1 kg tomatenzaad: het zaad kost €50.000, uit dit zaad groeien ongeveer 8 hectare tomaten, wat een totale oogstwaarde van €3,5 miljoen oplevert en per hectare een verkoopwaarde van €450.000 betekent.

Klimaatverandering, nieuwe plantenziekten, strengere regelgeving en groeiende consumentenverwachtingen vragen de veredelingssector om snel te kunnen schakelen en om verbeterde rassen op de markt te brengen. De klassieke veredelingscyclus van tien tot vijftien jaar is dan te traag. Zonder versnelling verliezen wij onze leidende positie in de wereld en verliest de wereld een belangrijke bron van duurzame innovatie, en dus voedselzekerheid en welzijn.

De Breeding Accelerator versnelt de veredeling door biotechnologie, technologie en data samen te brengen. Het programma ontwikkelt en implementeert technologie met digital twins om virtueel te voorspellen hoe een gewas zich gedraagt, nog voordat dit in de kas of op het veld staat. Daarmee wordt veredeling niet alleen sneller, maar ook slimmer, preciezer en de producten vele malen

duurzamer. Door genetische, prestatie- en omgevingsdata samen te brengen in één dynamisch model (de *digital twin*), kunnen veredelaars digitaal het gewasontwerp en de veredelingscyclus optimaliseren. Aan de hand van het digitale gewas kunnen zij snel verbeterde versies voorspellen, ontwerpen en met (moleculaire) technieken in werkelijke teelt realiseren. Daarnaast kunnen veredelaars digitaal testen uitvoeren die normaal jaren aan veld- of kasproeven zouden vergen. Dat levert gerichtere selectie, kortere ontwikkeltijd en efficiënter gebruik van kennis op, waarbij het belangrijk is om direct aan de gewassen te werken, omdat dit digitale testen betrouwbaarder maken, en bijdraagt aan de efficiëntie van de selectie en benutting kennis en middelen.

Deze digitale sprong versnelt niet alleen de veredeling zelf, maar opent ook de deur naar data-gestuurde besluitvorming, precisieveredeling en duurzamere productie. Het technologische fundament bestaat uit nieuwe dataplatforms, biotechnologische tools en cross-sectorale samenwerking met de medische, IT- en biowetenschappelijke wereld.

Met deze aanpak blijft Nederland koploper in digitale en biotechnologische veredeling – het ‘ASML van duurzame (voedsel)productie’ – met directe impact op de mondiale voedselzekerheid en klimaatbestendigheid van de land- en tuinbouw.

6.1.3. Kennisvragen

1. Data & infrastructuur

- Hoeveel en welke data zijn nodig om een betrouwbare *digital twin* te bouwen?
- In welk format kunnen genoom-, gewasprestatie- en omgevingsdata, inclusief data over zaadbehandelingen, optimaal worden geïntegreerd?
- Hoe kunnen data worden gedeeld, zonder bedrijfsgevoelige informatie, prijs te geven?

2. Modelling & algoritmen

- Welke AI- en simulatiemodellen zijn het meest geschikt om complexe biologische interacties te voorspellen?
- Hoe kan onzekerheid binnen biologische data worden geminimaliseerd?
- Hoe wordt de overgang gemaakt van ‘virtuele plant of gewas’ naar ‘fysiek ras en gewasprestatie’? Hoe kan de *digital twin* gekoppeld worden aan het fysieke veredelingsproces?

3. Van virtuele plant/gewas naar fysiek ras

- Hoe kunnen biotechnologische en digitale doorbraken uit andere sectoren (zoals medische wetenschap of data science) effectief worden vertaald naar plantveredeling?
- Hoe kunnen genome-editing technologieën beter en effectiever worden ingezet in plantveredeling om gericht eigenschappen aan te passen?

6.1.4. Programmaopzet

De Breeding Accelerator is opgezet als een meerjarig, samenhangend innovatieprogramma dat inspeelt op de toenemende noodzaak om gewasontwikkeling sneller, gericht en toekomstbestendig te maken. Door digitale, biologische en technologische innovaties integraal te combineren,

richt het programma zich op het fundamenteel verkorten van veredelingstrajecten en het vergroten van de voorspelbaarheid van keuzes in de veredeling. De programmaopzet is gefaseerd, zodat eerst een solide infrastructuur wordt opgebouwd, vervolgens digitale modellen worden ontwikkeld en gevalideerd, en uiteindelijk digitale inzichten effectief worden vertaald naar nieuwe, commercieel en maatschappelijk relevante rassen.

6.1.5. Impact op het verdienvermogen en bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

Het wereldwijde marktaandeel van Nederlandse veredelingsbedrijven is uitzonderlijk. 40% van de mondiale export van groentezaden, 30% van de zaden voor siergewassen en 58% van de geëxporteerde pootaardappelen ('s werelds derde voedingsgewas) komen volgens het Planbureau voor de Leefomgeving van Nederlandse bedrijven. Deze bijzonder prominente mondiale positie wordt ook internationaal erkend: ons land wordt door velen gezien als een grote speler als het gaat om het voeden van de wereld. Dat komt onder meer door de goede en lange traditie van nauwe samenwerking tussen kennisinstellingen, bedrijfsleven en overheid¹⁶.

Voor de komende jaren wordt door marktanalisten een versnelde marktgroei van 8% per jaar verwacht, een verdubbeling in tien jaar¹⁷.

Daarnaast dragen investeringen in de veredelingssector direct bij aan voedselzekerheid en aan soevereiniteit, verduurzaming van de land- en tuinbouw en preventieve gezondheid. Dit sluit aan bij de prioriteiten van Nederland en de Europese Unie.

6.1.6. Plan van aanpak

De *Breeding Accelerator* bouwt aan de digitale en technologische infrastructuur die nodig is om veredeling toekomstbestendig te maken. Het programma bestaat uit drie fases met concrete werkpakketten.

Fase 1 – Het fundament (2026-2027)

Doel: Het leggen van de basis voor de **digital twin-infrastructuur**.

Activiteiten:

- 1.1. Opbouw van een robuust dataplatform en veilige protocollen voor het delen van gevoelige data.
- 1.2. Koppeling met bestaande initiatieven zoals NTS Big Data, NTS Sensoren en NPEC.
- 1.3. In kaart brengen van germplasm (bijv. in bestaande hoog-aangeschreven Nederlandse genenbanken), datasets en datastandaarden.
- 1.4. Structurele samenwerking met medische en biotechnologische sectoren voor vroege ontdekking van relevante doorbraken.
- 1.5. Uitbreiden en verdiepen van genome-editing- en regeneratietechnologieën.

¹⁶ <https://netherlandsinnovation.nl/agriculture/dutch-seeds-innovation-with-a-global-reach/>

¹⁷ <https://www.futuremarketinsights.com/reports/plant-breeding-market>



Fase 2 – Modelleren & validatie (2027-2030)

Doel: Het ontwikkelen, trainen en valideren van de *digital twin*.

Activiteiten:

- 2.1. (Door)ontwikkeling van AI- en simulatie-algoritmen die groei, stress en genetische interacties voorspellen.
- 2.2. Koppeling van genoom- en gewasprestatie-gegevens aan fysiologische en biochemische modellen.
- 2.3. Proof-of-concepts voor geselecteerde gewassen.
- 2.4. Validatie van modeluitkomsten in samenwerking met kennisinstellingen en telers.
- 2.5. Samenwerking met NTS AI en Big Data.
- 2.6. Uitbreiden en verdiepen van genome-editing- en regeneratietechnologieën.

Fase 3 – Van digitaal naar fysiek ras (2030-2035)

Doel: De doorvertaling van digitale inzichten naar commerciële rassen.

Activiteiten:

- 3.1. (Door)ontwikkeling van toepassingsprotocollen voor diverse gewassen.
- 3.2. Brede implementatie van genome-editing- en regeneratietechnologieën.
- 3.3. Innovatie op het gebied van gene discovery (het proces van het identificeren van nieuwe, voorheen onbekende, genen of genetische mutaties, waarbij het primaire doel is om de rol van deze genen in biologische processen, erfelijke eigenschappen, of ziekten op te helderen).
- 3.4. Opschaling via een kenniscoalitie en curriculumontwikkeling voor onderwijs, ook ten behoeve van opleiding van toekomstig talent voor toekomstige banen.
- 3.5. Permanente monitoring en adoptie van nieuwe technologieën vanuit andere sectoren.

Voortzetting activiteiten binnen bestaande middelen

Vroegtijdige ontdekking van opkomende technieken vormt de basis voor verdere toepassingen van biotechnologie in de veredeling. Hiervoor is structureel contact met andere sectoren, waaronder de medische en IT-sectoren, essentieel. Dit beperkt zich niet tot Nederland. Deze onderzoeksactiviteiten kunnen worden opgezet in samenwerking met andere brancheorganisaties, wetenschappelijke instituten en de het Nationaal Groeifondsprogramma Biotech Booster, dat tot doel heeft om wetenschappelijke kennis en vindingen op het gebied van biotechnologie sneller en efficiënter om te zetten in concrete, commercieel levensvatbare producten en diensten.

Nieuwe activiteiten uit bestaande middelen

Met name werkpakket 1.5 'Uitbreiden en verdiepen van genome-editing- en regeneratietechnologieën' leent zich hiervoor. Er is een grote diversiteit aan gewassen waarvoor deze protocollen nog niet ontwikkeld zijn, terwijl dit een cruciale stap is voor uitbreiding van moleculaire veredeling, een methode waarbij moleculaire biologie wordt toegepast om gewenste eigenschappen in planten of dieren sneller en nauwkeuriger te verbeteren dan met klassieke veredeling. Daarnaast wordt via dit werkpakket gewerkt aan behoud en uitbreiding van expertise op het gebied van celbiologie (ten behoeve van genome-editing en regeneratietechnologieën), zowel bij bedrijven als bij kennisinstellingen.

Nieuwe activiteiten met nieuwe middelen

Opzetten van een kenniscentrum en -coalitie waarin de deelnemers de opgedane kennis vertalen naar andere gewassen, inclusief protocol-opbouw. Voor de volledige realisatie van dit innovatieprogramma zijn significante publieke en private bijdragen nodig. De genoemde budgetten binnen deze actieagenda bieden hiervoor onvoldoende ruimte.

De Breeding Accelerator is daarmee meer dan een innovatieprogramma: het is een vliegwiel voor samenwerking, kennisuitwisseling en versnelde vooruitgang van de gehele sector en daarmee voor Nederland als kennis- en innovatieland.

6.1.7. Gantt chart

Fases	Omvang (€ mln)	Globale looptijd									
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1. Fase 1: Het fundament	50										
2. Fase 2: Model- lering & validatie	100										
3. Fase 3: Van digitaal naar fysiek ras	75										

6.1.8. Slimme verbindingen: Koppeling en afbakening met andere innovatieagenda's

Binnen de Nationale Technologiestrategie (NTS) spelen ook technologieën als robotisering/automatisering, sensing en data/AI een belangrijke rol. Zoals de in werkpakketten is terug te lezen, werkt dit innovatieprogramma juist als verbinding en validatie van technologieën die elders in de NTS belegd zijn. Plantveredeling is bij uitstek de sector waarin technologieën samenkomen, daarom legt B&CT graag verbindingen met de andere sectoren in de NTS. Dit programma doet dit door als verbindende schakel te fungeren binnen de NTS door technologieën als robotisering, sensing en data/AI integraal samen te brengen en in de praktijk van de plantveredeling te valideren. Zo worden innovaties uit andere NTS-domeinen versneld toegepast, getest en opgeschaald in een sector waar technologische samenhang en impact direct zichtbaar zijn.

CropXR

Het Groeifonds project CropXR sluit uitstekend aan op dit innovatieprogramma. Binnen CropXR wordt al hard gewerkt aan enkele onderdelen van dit programma, specifiek voor abiotische stress tolerantie (tegen klimaatverandering) én specifiek voor zes gewassen. Met dit programma wordt deze propositie verder uitgewerkt, naar meerdere gewassen en met meer data. Samenwerking met CropXR is daarom van groot belang. Hieronder volgt een overzicht van de aansluiting van CropXR op dit programma, en vice versa.

- In welk format kunnen genoom-, gewasprestatie- en omgevingsdata optimaal worden geïntegreerd?
- Hoe kan data gedeeld worden zonder bedrijfsgevoelige informatie, prijs te geven?



- Welke AI- en simulatiemodellen zijn het meest geschikt om complexe biologische interacties te voorspellen?
- Opschaling via een kenniscoalitie en curriculumontwikkeling voor onderwijs, ook ten behoeve van opleiding van talent voor toekomstige banen.

Kennis- en Innovatieagenda

Binnen de KIA Landbouw, Water, Voedsel vigeren twee strategische thema's (ST): ST1 'Smart Technology for agri-horti-water-food' en ST2 'Biotechnologie en Veredeling'. ST1 richt zich op de inzet van slimme technologieën zoals sensoren, robotisering, automatisering en data/AI voor de agri-horti-water-foodketen, terwijl ST2 zich richt op biotechnologische innovaties en veredeling, waaronder genetica, genomica en nieuwe veredelings technieken. Beide thema's financieren publiek-private samenwerkingen op TRL 3-7, maar doordat het vooral om toegepast onderzoek gaat, is er vaak minder ruimte voor vroegtijdige ontdekking en het leggen van nieuwe kruisverbanden met andere sectoren.

Netherlands Plant Eco-phenotyping Centre

Een potentiële samenwerkingspartner is NPEC, het Netherlands Plant Eco-phenotyping Centre in Utrecht en Wageningen. Het instituut kan een waardevolle bijdrage leveren met hun apparatuur, én met name ook via de innovatieve verwerking van meetgegevens van deze apparaten.

6.1.9. Publiek-private samenwerking

** dit zijn indicatieve bedragen, afhankelijk van verdere inzet publieke middelen.*

Werkpakket	Kosten Totaal (€ mln)	Publiek (€ mln)	Privaat (€ mln)
1. Fase 1	50	25	25
2. Fase 2	100	50	50
3. Fase 3	75	37,5	37,5
Programma Totaal	225	112,5	112,5

6.1.10. Deelnemende partijen

Initiatiefnemers

Plantum (~250 leden), HZPC, Enza Zaden, Syngenta, Bayer, Rijk Zwaan, Limgroup Wageningen University & Research, Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen.

Beoogde en benaderde partijen

Bedrijven

Hollandbio (~300 leden).

Kennisinstellingen en partijen

Universiteit Utrecht, Universiteit van Amsterdam, TU Delft, Planet B.io, PlantOne, CROPXR, Bio-tech Booster.

Publieke domein

Topsector Agrifood, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, Ministerie van Onderwijs, Cultuur & Wetenschappen, Ministerie van Klimaat & Groene Groei, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Buitenlandse Zaken en Handel.

6.2. Innovatieprogramma Ferm-Bridge NL

6.2.1. Ontwikkeldoel

Het doel van dit innovatieprogramma is de ontwikkeling van een multifunctionele demonstratie-productiefaciliteit. Die bestaat uit bestaande een fermentatieve productiesectie gecombineerd met een flexibele, voedselgecertificeerde downstream processing-faciliteit - een industriële of laboratoriumfaciliteit die zich bezighoudt met de processen van scheiding, zuivering en verpakking van een gewenst product dat is ontstaan tijdens een 'upstream' proces (zoals fermentatie of celkweek) - voor productafschieding, -concentratie en -zuivering. Startups die hoogwaardige voedselingrediënten willen produceren, kunnen hun eerste commerciële batches vaak niet in Nederland vervaardigen. Daardoor vindt de valorisatie van technologie regelmatig elders plaats.

6.2.2. Drivers

De Integratie Kabinetsvisie op Biotechnologie¹⁸ in Nederland laat zien dat biotechnologie het potentieel heeft om onze gezondheid en economische groei te versterken. Tegelijkertijd verminderen onze ecologische voetafdruk en de afhankelijkheid van import van buiten de EU aanzienlijk. Het ecosysteem voor biotechnologiebedrijven in Nederland steunt op een uitstekende positie in academisch onderzoek en innovatie, met sterke internationale netwerken en een goed ontwikkelde digitale en fysieke infrastructuur. Om de maatschappelijke waarde van biotechnologie volledig te benutten, is het essentieel om actief te blijven in de hele waardeketen: van kennis en onderzoek tot valorisatie door startups en grote industriële spelers. Zo kunnen de ontwikkelde producten ook daadwerkelijk in Nederland en/of Europa worden geproduceerd en verkocht.

Juist in deze laatste stap is de waardeketen voor de ontwikkeling van nieuwe voedselingrediënten in Nederland gefragmenteerd en onderbroken. Groeiende startups hebben geen mogelijkheden om hun eerste generatie producten op kleine commerciële demonstratieschaal te produceren (geen pilotfaciliteit), wat verdere financiering en versnelde groei ernstig belemmert. Naast zo'n demonstratiefaciliteit zijn er meerdere randvoorwaarden nodig, zoals een effectieve en snelle Europese toelatingsprocedure voor nieuwe voedselingrediënten, de beschikbaarheid van elektriciteit en fermentatiegrondstoffen tegen concurrerende prijzen, en het creëren van consumenten-vraag naar gezondere en duurzamere voedsel- en diervoederingsrediënten - zelfs als de kostprijs iets hoger ligt.

Dit voorstel beoogt de ontwikkeling van een demofaciliteit, bestaande uit een gecertificeerde food grade upstream (fermentatie en stamafschieding) en downstream (productafschieding en -zui-

18

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2025/04/11/kabinetsvisie-op-biotechnologie>

vering) biotechnologische productiefaciliteit op 100m³-schaal, representatief voor commerciële productie. Deze faciliteit maakt opschaling, eindontwikkeling en validatie van productieprocessen voor nieuwe voedsel- en diervoederingsrediënten mogelijk. De faciliteit is ontworpen met alle technologieën van de toekomst, zoals:

1. Gebruik van nieuwe, duurzamere grondstoffen
2. Zuurstofverrijking van aerobe processen
3. Toepassing van nieuwe procesanalytische technologieën
4. Een uitgebreid pakket offline analysemethoden, inclusief X-omics¹⁹-analyses
5. Findable, Accessable, Interoperable and reusable (kortweg FAIR) dataopslag voor optimalisatiedoelinden
6. Op artificiële Intelligentie en machine learning-gebaseerde procesmodellering en -sturing
7. Uitgebreide karakterisering van unit operations en procesmodellen voor real-time en offline procesoptimalisatie
8. De hoogste hygiënestandaarden voor de productie van voedselrediënten.

Zonder zo'n demonstratiefaciliteit die verder gaat dan de huidige stand van de techniek, mist Nederland de kans op echte vooruitgang en blijven we hangen in conservatieve productiemethoden met middelmatige businesscases. Het Nederlands bedrijfsleven verliest terrein ten opzichte van landen als de VS en China, die al fors investeren in dergelijke faciliteiten.

6.2.3. Kennisvragen

De wetenschappelijke vragen die met de voorgestelde demonstratiefaciliteit worden onderzocht, zijn onder andere:

- Hoe schalen processen goed op van de (pre-)finale pilotschaal naar commerciële schaal?
- Wat zijn de onderliggende oorzaken van eventuele opschalingsproblemen?
- Wat zijn de exacte key performance parameters op eindschaal, zodat een nauwkeurige businesscase en levenscyclusanalyse voor het uiteindelijke investeringsvoorstel kunnen worden gemaakt?
- Welke kansen zijn er voor verdere procesoptimalisatie voor een reductie van de kostprijs en ecologische voetafdruk op basis van offline en online analytische gegevens?

6.2.4. Programmaopzet

Dit innovatieprogramma is gericht op het ondersteunen van de productie en commercialisatie van nieuwe, kleinschalige (10-15 ton/jaar), food-grade ingrediënten²⁰ voor de voedings- en diervoederindustrie. Het programma stelt een sterke koppeling voor met de voorafgaande pilotproductiefase, die ondersteund kan worden door pilotfaciliteiten zoals BBEPP in Gent, Nizo in Ede en PlantOne in Delft.

¹⁹ X-omics (uitgesproken als 'cross-omics'; <https://www.x-omics.nl/>) is een Nederlands onderzoeksinfrastructuurproject dat verschillende grootschalige biologische analysetechnieken combineert en integreert. Het doel is om fundamentele levensprocessen en de mechanismen van gezondheid en ziekte beter te begrijpen door de interacties tussen verschillende biologische moleculen te bestuderen.

²⁰ Food-grade ingrediënten zijn stoffen en materialen die voldoen aan strikte veiligheidsnormen en veilig zijn voor direct of indirect contact met voedsel, zonder schadelijke stoffen af te geven, de samenstelling, smaak of geur van voedsel te veranderen, en voldoen aan wetgeving zoals EU 1935/2004



6.2.5. Impact op het verdienvermogen en bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

Een van de belangrijkste knelpunten voor het opschalen van specialty-ingrediënten voor voeding en diervoeding in Nederland is het ontbreken van commerciële productiefaciliteiten. Hierdoor worden bedrijven zoals Vivivi en NoPalm gedwongen om naar alternatieve oplossingen te zoeken, wat er vaak toe leidt dat de commerciële productie in het buitenland plaatsvindt, met name in de VS. Dit verzwakt het economische potentieel van deze startups voor Nederland en Europa, omdat een eenmaal gevestigde productiehub in het buitenland meestal niet meer terugkeert naar het Nederlandse ecosysteem. Daarmee verdwijnt ook waardevolle industriële proceskennis, wat opnieuw een verlies aan economisch potentieel betekent. Het ontbreken van kennis over groot-schalige productie brengt het risico met zich mee dat niet-op te schalen processen worden ontwikkeld.

Bovendien leidt het verlies van productie uiteindelijk, met enige vertraging, tot het verlies van de gehele kennisbasis. R&D volgt namelijk de productie en onderwijs volgt weer op R&D en productie. Eenmaal verdwenen kost het decennia om een kennisecosysteem weer op te bouwen. Een voorbeeld van dit erosieproces is de productie van penicilline en cefalosporine-antibiotica in Nederland, en in Europa in het algemeen.

6.2.6. Plan van aanpak

Het totale programma bestaat uit twee hoofdmodules die parallel kunnen worden uitgevoerd.

Module 1. Fermentatie

De eerste module richt zich op de realisatie van een food-grade, commerciële fermentatiefaciliteit op 100m³-schaal, bestaande uit een fermentor van de volgende generatie gecombineerd met bio-massa-scheidingstechnologie. Deze module volgt de structuur van een groot kapitaalproject:

- Ideevorming,
- Ontwerp,
- Pre-engineering,
- Integratie in het businessplan,
- Commerciële engineering,
- Inbedrijfstelling en
- Operatie.

Als onderdeel van de ideevorming worden diverse workshops georganiseerd om te bepalen welke capaciteiten essentieel zijn en welke potentiële klanten in de nabije toekomst (4-10 jaar) gebruik zouden kunnen maken van deze faciliteit.

De keuze voor een capaciteit van 100 m³ is ingegeven door de noodzaak van commerciële relevantie; zonder deze schaal is het zeer moeilijk om tot de juiste kostprijs (COGS) te komen, wat essentieel is voor risicoreductie en commerciële validatie.

Daarnaast maakt deze schaal het mogelijk om meerdere klanten te bedienen via productieruns, zodat de faciliteit verschillende productseries kan ondersteunen. Het automatiseringsniveau zal



maximaal moeten zijn om de operationele kosten (Opex) te minimaliseren. Omdat de faciliteit bedoeld is voor de eindontwikkeling van opgeschaalde processen, is deze uitgebreider uitgerust en biedt meer opties, zoals meerdere toevoerpunten en zuurstofverrijkte beluchting, dan een standaard industriële fermentor. De lessen uit deze faciliteit maken het mogelijk om een toegewijde productiefaciliteit te ontwerpen zonder onnodige extra's.

Module 2. Product opzuivering

De tweede module richt zich op de scheiding, concentratie en zuivering van producten uit fermentatievloeistof. Deze stap wordt vaak over het hoofd gezien, terwijl het een van de cruciale kostenbepalende stappen is voor commerciële bioproductie.

Vaak is de juiste zuiveringsapparatuur (geschikt voor voedselveilige zuivering) niet beschikbaar op de locatie van de fermentatie. Dit agendaonderdeel richt zich op de implementatie van een grote food-grade infrastructuur, die twee volledig modulaire zuiveringslijnen ondersteunt. Deze module volgt de structuur van elk groot kapitaalproject, net zoals in Module 1.

Om overmatige financiële risico's te beperken, wordt voorgesteld om de zuiveringsapparatuur, zoals kristallisatoren, centrifuges, filtratieapparatuur en drogers, in eerste instantie te leasen in plaats van aan te schaffen. Een essentieel onderdeel van dit project is het opzetten van de juiste governance- en kennisinfrastructuur om deze zuiveringshub te laten functioneren. Het is de bedoeling deze zoveel mogelijk te integreren met de organisatorische ruggengraat van onderzoeks- en/of industriële partijen die actief zijn op dit gebied, zoals NIZO, dsm-firmenich, Centrient, Corbion, Cargill en COSUN. Deze module kan worden gebruikt door partijen die hun fermentatievloeistof elders produceren, waar DSP-apparatuur ontbreekt.

Laatste stap, Europese samenwerking

Als laatste stap in deze meerfasige aanpak maakt Nederland de overstap naar een gespecialiseerde grootschalige bioproductiefaciliteit. Zulke faciliteiten zijn momenteel niet beschikbaar in Nederland en het is de vraag of het effectiever is om deze op Europese schaal te realiseren, bijvoorbeeld binnen een IPCEI-kader (Important Projects of Common European Interest). Een voorbeeld van een sterk bioproductieplatform is de productcampus in Blair, Nebraska (VS), waar meerdere klanten gebruikmaken van de voorzieningen voor grootschalige productie tegen concurrerende kosten. Idealiter zou Europa drie tot vijf van dergelijke faciliteiten moeten hebben om de bioproductie-industrie te ondersteunen. Over uiterlijk tien jaar moeten die ontwikkelingen permanente grootschalige productie mogelijk maken met grondstoffen die geen extra CO₂-uitstoot veroorzaken.

6.2.7. Gantt chart

Werkpakket	Omvang (€ mln)	Globale looptijd									
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Module 1: Fermentatie											
1. Ideation	0.5										
Design	1										
Pre-engineering	2										
Businessplan	1										
Commercial engineering	50-90										
Commissioning	5										
Operation jr 1	3										
Operation jr 2	5										
Operation jr 3	8										
Module 2: Product opzuivering											
Ideation	0.5										
Design	1										
Pre-engineering	2										
Business plan	1										
Commercial enigeering	50-90										
Commisioning	5										
Operation jr 1	3										
Operation jr 2	5										
Operation jr 3	8										

6.2.8. Slimme verbindingen: Koppeling en afbakening met andere innovatieagenda's

Dit innovatieprogramma ontwikkelt met de fermentatie-eenheid en de productzuivering twee essentiële componenten die noodzakelijk zijn voor de onderbouwing van de economische haalbaarheid en aantrekkelijkheid van biomanufacturing. Deze faciliteiten voor de productie van nieuwe voedingsingrediënten voor zowel humane toepassing als voor huisdieren, zijn er in Nederland niet. Een ontbrekend stuk in de waardeketen wordt hiermee opgevuld, én Nederlandse bedrijven kunnen kleinschalige productie (food-grade) succesvol uitvoeren zonder afhankelijk te zijn van het buitenland. Een volledig waardesysteem in Nederland maakt de ontwikkeling van nieuwe biotechnologische bedrijvigheid mogelijk.

Dit programma is een noodzakelijke aanvulling op strategische programma's (zoals het eerder genoemde nationaal groeifondsprogramma Biotech Booster) die invulling geven aan de Nationale



Technologiestrategie en de Kennis- en Innovatieagenda's (KIA), waaronder ook de KIA van de Sleuteltechnologieën²¹.

Groene chemie

Dit programma heeft een sterke link met de sleuteltechnologie 'Chemical technologies', met name procestechnologie en intensificatie. De overlap ligt op

- opschaalbaarheid,
- optimale downstream processing,
- scheidingstechnologie,
- ruimtelijke benutting,
- analytische technologieën en
- kostenefficiëntie.

Zowel deze actie-agenda B&CT met de witte en groene innovatieprogramma's, als de bovengenoemde Kennis- en Innovatieagenda Sleuteltechnologieën hebben de ambitie om het gebruik van duurzame grondstoffen te vergroten, in dit specifieke geval 'groene' methanol. Het chemische programma is de 'producent' (zie voorstel 'Duurzame koolstof hub Noord West Europa') terwijl Ferm-Bridge NL zich richt op het bewijzen van de economische haalbaarheid als 'gebruiker' van deze groene grondstoffen.

BioBased Circular

Het Groeifonds-initiatief BioBased Circular (BBC) sluit ook aan bij een deel van de doelstellingen van dit programma, met name het demonstreren van de economische haalbaarheid van groene chemie als bouwsteen voor industriële microbiologische fermentatieprocessen.

Cellulaire Agricultuur Nederland

CAN (Cellulaire Agricultuur Nederland) is een ander Groeifonds-initiatief dat gericht is op het verbeteren en opschalen van onderwijs, onderzoek en de ontwikkeling van het Nederlandse ecosysteem voor cellulaire landbouw. Cellulaire landbouw wil gebruikmaken van zowel kleinschalige fermentatieve productie als van duurzame grondstoffen voor de productie van nieuwe voedings ingrediënten via industriële fermentatieprocessen.

6.2.9. Investerings

De ambitie is om met een kleinschalige commerciële faciliteit die open staat voor meerdere gebruikers, een impuls te geven aan het volledig doorlopen van de waardeketen voor nieuwe, innovatieve voedings ingrediënten die middels industriële microbiële fermentatie kunnen worden geproduceerd. Als basisschatting, vertegenwoordigt de totale Europese markt voor fermentatief vervaardigbare voedings ingrediënten in 2035 een waarde van ongeveer \$44-92 miljard (EUR²²). Dit is afhankelijk van adoptietempo, regelgeving en kostendaling. De sterkste groeimotor is precisionfermentation eiwitten die vanaf een kleine basis razendsnel kunnen opschalen. Het

²¹ <https://www.kia-st.nl/>

²² <https://www.futuremarketinsights.com/reports/precision-fermentation-ingredients-market>

ambitie-niveau van dit innovatieprogramma is om 5-10% van deze waarde in Nederland te laten produceren.

Als onderdeel van de actieagenda Biomolecular & Cell Technologies (sub-deel Witte / Groene biotechnologie) is voor het creëren van een kleinschalige commerciële faciliteit, die ook geschikt is om de economische haalbaarheid van commerciële productie met groene grondstoffen te demonstren, een totale uitgave van €200-250 miljoen nodig in een periode van vijf jaar.

Gezien de complexiteit van dit programma en het intensieve raakvlak met het hele Nederlandse biotechnologische eco-systeem, verwachten B&CT een uitdaging op het gebied van financiering. Een verdere uitwerking van het businessplan (voorzien in jaar twee, na het vaststellen van de gewenste scope) zal antwoord geven of een 50:50 verhouding tussen publieke en private middelen haalbaar zijn. Het is nadrukkelijk de insteek dat de gebruikers van deze faciliteiten de daadwerkelijke kosten voor hun specifieke gebruik zullen dragen. Ook is het huidige voorstel, om het risico zoveel mogelijk te beperken, in twee modules opgedeeld, die elk ongeveer 50% van de totale kosten zullen vergen.

Module 1 Fermentatie

Kleinschalige commerciële industriële fermentatieve productie, eventueel met grondstoffen met minder milieu-effecten, in een 100 m³-fermentoropstelling met de faciliteit om het gebruikt micro-organisme te deactiveren en te scheiden van het fermentaat.

Module 2 Product opzuivering

Product opzuivering, kleinschalig, ongeveer 10-15 ton (MT) per product, onder voedselveilige omstandigheden. Er worden vier afzonderlijke opzuiveringsinstallaties voorzien: twee voor kleine moleculen en twee voor eiwitten. Initieel wordt uitgegaan van een gebouw met ruimte voor in totaal vier modules, waarvan in eerste instantie twee installaties worden ingericht.

De totale omvang van de programmakosten bedraagt €250-300 miljoen.

Tabel 1: Indicatie van de kosten per werkpakket naar bron

Werkpakket	Kosten Totaal (€ mln)	Publiek (€ mln)	Privaat (€ mln)
Module 1: Fermentatie			
1. Ideation	1	0,5	0,5
Design	1	1	0
Pre-engineering	2	1	1
Businessplan	1	0,5	0,5
Commercial engineering	50-90	25-45	25-45
Commissioning	5	2,5	2,5

Operation jr 1	3	0	3
Operation jr 2	5	0	5
Operation jr 3	8	0	8
Module 2: Product opzuivering			
Ideation	1	0.5	0.5
Design	1	1	0
Pre-engineering	2	1	1
Businessplan	1	0,5	0,5
Commercial engineering	50-90	25-45	25-45
Commisioning	5	2,5	2,5
Operation jr 1	3	0	3
Operation jr 2	5	0	5
Operation jr 3	8	0	8
Programma Totaal	152-232	61-101	91-131

6.2.10. Deelnemende partijen

Initiatiefnemers

dsm-firmenich, PlanetBio, Biotech Campus Delft, Biotech Booster, Hollandbio, Provincie Zuid-Holland, Vivici, NoPalm ingredients, TU Delft, Wageningen University & Research, NIZO, New Food Collective, Corbion, Nobian, IFF.

Beoogde en benaderde partijen

Publieke domein

Topsector Tuinbouw & uitgangsmaterialen, Topsector Agrifood, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, Ministerie van Onderwijs, Cultuur & Wetenschappen, Ministerie van Klimaat & Groene Groei, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Buitenlandse Zaken en Handel, Invest-NL, LIOF (incl ROMs).

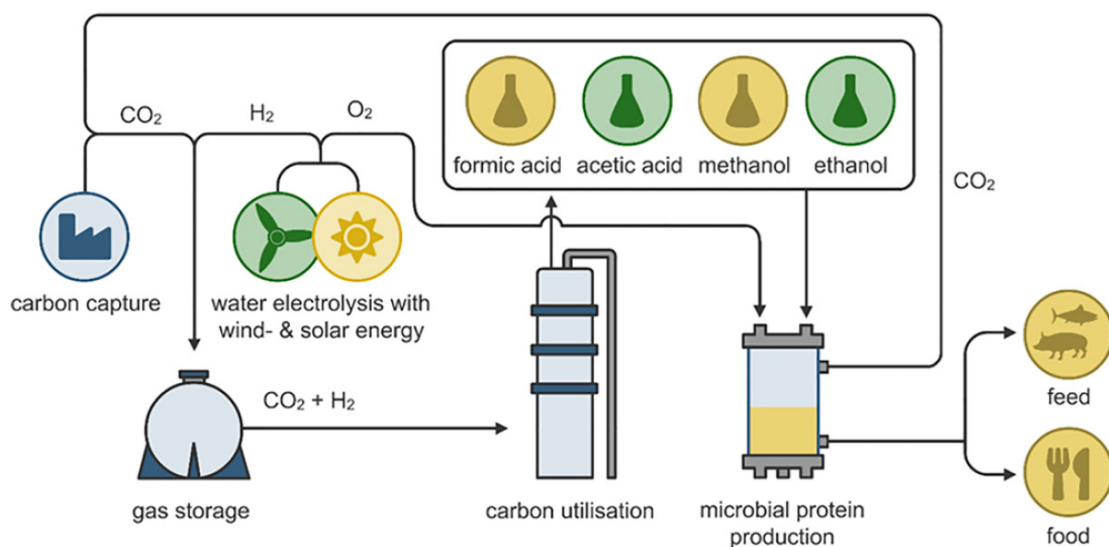
6.3. Innovatieprogramma Zero Emission Biomanufacturing (ZEB)

6.3.1. Ontwikkeldoel

Industriële biotechnologie gebruikt micro-organismen voor de productie van een breed scala aan moleculen en materialen. Deze producten, die onder andere worden toegepast in menselijke en dierlijke voeding, geneesmiddelen, bioplastics en biobrandstoffen, vertegenwoordigen een grote economische en maatschappelijke waarde.

Vrijwel alle huidige industriële biotechnologieprocessen gebruiken suikers, afkomstig uit de landbouw, als belangrijkste grondstof. Het doel van Zero Emission Biomanufacturing (ZEB) is het ont-

wikkelen van biotechnologische processen op basis van duurzame C1 en C2 organische moleculen - verbindingen die respectievelijk één (C1) of twee (C2) koolstofatomen in hun structuur bevatten - als primaire koolstofbron. Denk hierbij aan groene methanol, ethanol en azijnzuur geproduceerd vanuit reststromen zoals CO₂, CO en afvalstromen. Dit schept de mogelijkheid om de CO₂-voetafdruk van industriële biotechnologie zelfs naar nul te brengen.



Graphical abstract: L. Van Peteghem et al., *Towards new carbon-neutral food systems: Combining carbon capture and utilization with microbial protein production*, *Bioresource Technology*, 2022

6.3.2. Drivers

Driver 1: toename beschikbaarheid van C1 en C2 grondstoffen voor biomanufacturing

De productiecapaciteit van duurzame C1 en C2 organische moleculen groeit enorm. Zo is de verwachting dat groene methanolproductie stijgt naar 400 miljoen ton in 2050. Azijnzuur wordt momenteel op pilotschaal geproduceerd via elektrochemische reductie van CO₂. Ethanol wordt al op industriële schaal gemaakt door anaerobe gasfermentatie op basis van koolmonoxide, een methode die ook kan worden ingezet voor conversie van waterstof en CO₂.

Driver 2. Afbouwen van exclusieve afhankelijkheid van suikers

Het gebruik van hernieuwbare grondstoffen, zoals suikers afkomstig uit de landbouw, maakt het mogelijk dat industriële biotechnologieprocessen lagere CO₂-emissies hebben dan petrochemische productie. Echter, als gevolg van landbewerking en -erosie, gebruik van kunstmest, transport en verwerking van landbouwgewassen, gaat het gebruik van suikers nog steeds gepaard met een significante CO₂-uitstoot. Gebruik van suikers als grondstof schept daarnaast een geopolitieke afhankelijkheid van de Nederlandse en Europese biotechnologie-industrie. De toegang tot goedkope grondstoffen is een belangrijk factor in de verplaatsing van grootschalige fermentatieve productie naar landen als de Verenigde Staten en Brazilië. Daarnaast vereist de productie van suikers enorme hoeveelheden landbouwgrond.

Driver 3. Eiwittransitie

Een wereldwijd groeiende vraag naar eiwitrijk voedsel biedt enorme kansen voor biotechnologie. De markt voor eiwitalternatieven zal naar verwachting groeien tot €25,2 miljard in 2029²³. Een belangrijk deel hiervan zal met biotechnologische processen worden gemaakt. Dit biedt een enorm potentieel voor emissieloze bioproductie van hoge kwaliteit eiwitten.

Driver 4. Waterstof

De EU-waterstofstrategie voor een klimaatneutraal Europa gaat ervan uit dat in 2050 10% van de totale energiebehoefte van de industrie in Europa is gebaseerd op duurzaam geproduceerd waterstof, belangrijk voor de productie van C1 en C2 organische grondstoffen uit CO en CO₂ reststromen²⁴.

Driver 5. Uitgangspositie Nederland

Voor toekomstige grootschalige commerciële toepassingen van CO₂, is Nederland gunstig gepositioneerd. Dit komt mede door de aanwezigheid van een groot chemisch cluster, en een robuuste gasinfrastructuur die in de toekomst gebruikt kan worden voor onder meer waterstof en CO₂. Om dergelijke processen op te schalen is het noodzakelijk dat de energietransitie versnelt zodat er voldoende groene stroom beschikbaar is voor de verdere ontwikkeling van emissieloze bioproductie.

6.3.3. Kennisvragen

- Welke eisen worden er gesteld door proces- en waarde-ketens en grondstofstromen die bepalen hoe de bioprocessen en micro-organismen worden ontworpen ('start with the end goal in mind')?
- Hoe ziet de business case eruit voor duurzame C1 en C2 moleculen? Dit vereist een techno-economische en duurzaamheidsanalyse van (elektro)chemische en biotechnologische productie van C1 en C2 moleculen uit CO₂/afvalstromen met groene waterstof.
- Welke kleine organische moleculen afkomstig uit bijna emissie-vrije processen (conversie van afvalstromen, elektrochemie, gasfermentatie, etc.) kunnen op basis van techno-economische analyse worden toegepast als grondstof voor industriële biotechnologieprocessen (economische haalbaarheid)?
- Op welke wijze kan het genereren van bovengenoemde grondstoffen worden geïntegreerd met biotechnologische processen, zoals warmte-integratie, gebruik van pure zuurstof afkomstig vanuit H₂ productie en CO₂ recycling?
- Hoe kan, door innovatief procesontwerp, de intensiteit van aerobe biotechprocessen op basis van deze bijna emissievrije grondstoffen worden gemaximaliseerd?
- Hoe kan het gebruik van mengsels van suikers en bijna emissievrije grondstoffen de transitie naar emissie-vrije bioproductie versnellen?
- Welke eisen stellen intensieve bioprocessen op basis van bijna emissie-vrije grondstoffen aan de te gebruiken microbiële cel-fabrieken, en hoe kan aan deze eisen worden voldaan

²³ <https://www.prnewswire.com/news-releases/protein-alternatives-market-worth-25-2-billion-by-2029--exclusive-report-by-marketsandmarkets-302186658.html>

²⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&from=EN>

door een combinatie van exploratie van biodiversiteit, mutagenese/selectie en genetische modificatie?

6.3.4. Programmaopzet

Het programma is verdiepend van aard, omdat het zich richt op de fundamenteën van industriële biotechnologische processen. De uiteindelijke impact op de technologie zelf en op latere opschalingsfasen zal gedurende het programma duidelijk worden. Ook wordt er gekeken naar vervolgstappen in de productieketen; deze activiteiten zijn vooral gericht op het toetsen van de haalbaarheid van de technologie en vormen daarmee een ondersteunend onderdeel van het programma.

6.3.5. Impact op het verdienvermogen en de bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

De ontwikkeling van emissie-vrije bioproductie is essentieel voor de grondstoffen- en klimaattransitie en draagt bij aan een toekomstbestendige, autonome en duurzame economie. Nederland heeft de kans om met deze platformtechnologie een vooraanstaande positie in te nemen (zie driver 5). De beoogde biotechnologieprocessen leveren cruciale producten voor de maatschappij, zonder afhankelijk te zijn van grootschalige suiker-import. Ze dragen daarmee bij aan de strategische autonomie en het scheppen van voorwaarden voor het behouden en uitbouwen van industriële biotechnologie als belangrijke economische activiteit in Nederland en Europa.

Gezien het enorme economische en duurzaamheidspotentieel is bioproductie geormerkt als strategische sleuteltechnologie voor de EU. Vanuit nationaal perspectief is emissie-vrije bioproductie een ambitie voortkomend uit de sleuteltechnologieën 'Process Technology', 'Biomufacturing and Bioprocessing' en 'Biomolecular and Cell Technologies', die focussen op het omzetten van duurzame grondstoffen naar bijvoorbeeld brandstoffen, voedsel en medicijnen. Dit thema sluit daarmee naadloos aan op de Nationale Technologie Strategie, draagt bij aan de doelen gesteld in het Klimaatakkoord, past uitstekend binnen de kaders van de Kabinetsvisie op de Biotechnologie 2025-2040 en de EU Biotechnology and Biomanufacturing Initiative, en sorteert voor op de aangekondigde EU Biotech Act.

In Nederland zijn er al verschillende activiteiten op dit gebied. Zo investeert TU Delft in een breed programma van twaalf promovendi op het gebied van emissie-vrije biotechnologie en werkt samen met dsm-firmenich aan een groot onderzoeksproject op emissie-vrije eiwitproductie ('e-Protein'). In lijn met de ambities zoals verwoord door dsm-firmenich, TU Delft en Hollandbio als input voor de EU Life Sciences Strategy, werkt de TU Delft momenteel samen met BRIGHT (Novo Nordisk Foundation Biotechnology Research Institute for the Green Transition at Denmark University of Technology) aan het opzetten van een missie-gedreven publiek-privaat programma om emissie-vrije bioproductie een realiteit te maken. (Deze opsomming bestaat uit voorbeelden en is indicatief voor een veelvoud aan initiatieven)



6.3.6. Plan van aanpak

De globale aanpak kan worden opgesplitst in twee deelprogramma's:

1. Ontwerp van processen en business cases
2. Technologische implementatie en opschaling

De twee deelprogramma's kunnen parallel aan elkaar worden uitgevoerd, maar zijn tegelijkertijd sterk aan elkaar verbonden. Resultaten uit de twee deelprogramma's zullen continu met elkaar geïntegreerd moeten worden om tot een duidelijk pad naar commercialisatie te leiden.

Ontwerp van processen en business cases

Werkpakket 1.1: Definieren van proces, waardeketens en grondstofstromen relevant voor ZEB.

De basis voor ontwerp van processen en micro-organismen die gericht moeten zijn op de eisen die door proces- en waardeketens en grondstofstromen worden gesteld ('start with the end goal in mind').

Werkpakket 1.2: Ontwikkelen van business cases voor C1/C2 grondstoffen.

Techno-economische en duurzaamheidsanalyse van (elektro)chemische en biotechnologische productie van C1 en C2 moleculen uit CO₂/afvalstromen met o.a. groene waterstof.

Werkpakket 1.3: Integratie van productie van duurzame C1/C2 grondstoffen met ZEB-processen.

Denk aan ontwerpen voor warmte-integratie, gebruik van pure zuurstof afkomstig vanuit H₂ produc-

tie, CO₂ recycling, etc.

Werkpakket 1.4: Ontwerp van commercieel rendabele innovatieve ZEB-processen.

Ontwerp van optimale en commercieel haalbare biomanufacturing processen op basis van lage-uitstoot C1/C2 grondstoffen.

Technologische implementatie en opschaling

A. Ontwikkeling van bioprocessen gebaseerd op co-feeding van suikers en C1/C2 moleculen

Werkpakket 2.A.1: Labschaal procesontwikkeling

Op labschaal onderzoek en optimalisatie van biomanufacturing-processen op basis van co-feeding van low-emission C1/C2 grondstoffen met suikers in bestaande bioprocessen.

Werkpakket 2.A.2: Scale-up validatie

De op labschaal geoptimaliseerde processen voor co-feeding suikers + C1/C2 grondstoffen worden gevalideerd op pilot scale (10 m³).

Werkpakket 2.A.3: Implementatie op commerciële schaal

Bestaande industriële biomanufacturing processen worden aangepast naar co-feeding regimes, voor commerciële productie van bioproducten op basis van een combinatie van suikers en low-emission C1/C2 grondstoffen.

B. Ontwikkeling van bioprocessen gebaseerd op 100% lage-uitstoot C1/C2 grondstoffen

Werkpakket 2.B.1: Labschaal procesontwikkeling

Op labschaal onderzoek en optimalisatie van compleet nieuwe biomanufacturing-processen op basis van 100% lage-uitstoot C1/C2 grondstoffen.

Werkpakket 2.B.2: Scale-up validatie

De op labschaal geoptimaliseerde ZEB-processen worden gevalideerd op pilot scale (ca 10 m³).

Werkpakket 2.B.3: Demonstratie van commerciële productie

De eerste commerciële batches van bioproducten geproduceerd uit lage-uitstoot C1/C2 grondstoffen worden geproduceerd op industrieel relevante schaal (100 m³) in een demonstratie faciliteit (zie innovatieprogramma 'Ferm-Bridge').

Werkpakket 2.B.4.: Implementatie op commerciële schaal

Integratie van ZEB-processen in bestaande (elektro)chemische industriële processen voor circulaire commerciële productie van emissie-vrije bioproducten.

6.3.7. Gantt chart

Werkpakket	Omvang (€ mln)	Globale looptijd									
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1. Ontwerp van processen en business case											
Werkpakket 1.1.	1	1									
Werkpakket 1.2.	1	1									
Werkpakket 1.3.	2	1	1								
Werkpakket 1.4.	4		1	1	1	1					
2. Technologische implementatie en opschaling											
2.A. Ontwikkeling van bioprocessen gebaseerd op co-feeding van suikers en C1/C2 grondstoffen											
Werkpakket 2.A.1	4,5	1,5	1,5	1,5							
Werkpakket 2.A.2	5			2,5	2,5						
Werkpakket 2.A.3	15				5	5	5				
2.B. Ontwikkeling van bioprocessen gebaseerd op 100% lage-uitstoot C1/C2 grondstoffen											

Werkpakket 2.B.1	6		1,5	1,5	1,5	1,5					
Werkpakket 2.B.2	7,5					2,5	2,5	2,5			
Werkpakket 2.B.3	15						5	5	5		
Werkpakket 2.B.4.	65							5	20	20	20
Totalen (€ mln)	126	4,5	4	6,5	10	10	12,5	12,5	25	20	20

6.3.8. Slimme verbindingen: Koppeling en afbakening met andere innovatieagenda's

Vanuit nationaal perspectief is emissie-vrije bioproductie een ambitie voortkomend uit de sleuteltechnologieën 'Process Technology', 'Biomufacturing and Bioprocessing' en 'Biomolecular & Cell Technologies', die focussen op het omzetten van duurzame grondstoffen naar bijvoorbeeld brandstoffen, voedsel en medicijnen.

Specifieke innovatieprogramma's die aansluiten bij emissie-vrije bioproductie zijn:

- Groene methanol: ontwikkeling van productieprocessen voor duurzame methanol
- Ferm-Bridge: ontwikkeling van demonstratieproductiefaciliteit voor fermentatie

Daarnaast sluit het uitstekend aan bij de volgende nationale initiatieven:

GroenvermogenNL

(Nationaal Groeifonds): Samen met bedrijven, overheid en kennisinstellingen werkt transitieprogramma GroenvermogenNL aan innovaties voor versnelling van grootschalig gebruik van groene waterstof in de Nederlandse industrie.

Cellulaire Agricultuur Nederland (Groeifonds)

CAN is gericht op het verbeteren en opschalen van onderwijs, onderzoek en de ontwikkeling van het Nederlandse ecosysteem voor cellulaire landbouw. Het programma richt zich op de productie van nieuwe voedingsingrediënten op basis van onder meer precisiefermentatie en gebruik van duurzame grondstoffen met industriële fermentatieve productieprocessen (biomanufacturing).

Biotech Booster (Nationaal Groeifonds)

Ondersteunt de commercialisatie van biotechnologie-innovaties. Vroege initiatieven krijgen een extra zetje richting de markt en krijgen de essentiële ondersteuning nodig om sneller naar de markt te kunnen. Waardevolle kennis en innovatie vanuit kennisinstellingen kan via deze weg ook richting dit programma gebracht worden.

6.3.9. Investeringsen

De totale omvang van de programmakosten bedraagt €126 miljoen.

Tabel 1: Indicatie van de kosten per werkpakket naar bron

Werkpakket	Kosten Totaal (€ mln)	Publiek (€ mln)	Privaat (€ mln)
1. Ontwerp van processen en business case			
Werkpakket 1.1.	1	1	
Werkpakket 1.2.	1	1	
Werkpakket 1.3.	2	2	
Werkpakket 1.4.	4	4	
2. Technologische implementatie en opschaling			
2.A. Ontwikkeling van bioprocessen gebaseerd op co-feeding van suikers en C1/C2 grondstoffen			
Werkpakket 2.A.1	4,5	4,5	
Werkpakket 2.A.2	5	4	1
Werkpakket 2.A.3	15	5	10
2.B. Ontwikkeling van bioprocessen gebaseerd op 100% lage-uitstoot C1/C2 grondstoffen			
Werkpakket 2.B.1	6	6	
Werkpakket 2.B.2	7,5	5	2,5
Werkpakket 2.B.3	15	10	5
Werkpakket 2.B.4.	65	20	45
Programma Totaal	126	62,5	63,5

6.3.10. Deelnemende partijen

Initiatiefnemers

dsm-firmenich, TU Delft

Beoogde en benaderde partijen

Bedrijven

Avansya, Avantium, Bio Base Europe Pilot Plant, Biotechnology Fermentation Facility, Corbion, Eneco, Evonik, Farmless, Isobionics/BASF, LanzaTech, LeSaffre, NIZO, Nobian, NoPalm Ingredients, Novo Nordisk Foundation, Novozymes, Nuon, Pâques, Planet B.io, PlantOne, The Protein Brewery, Those Vegan Cowboys, Veramaris, Vivici, hollandbio



Kennisinstellingen en partijen

Wageningen University & Research, Denmark Technical University, Cellulaire Agricultuur Nederland, GroenvermogenNL, Biotech Booster, Cellulaire Agricultuur Nederland

Publieke domein

Topsector Tuinbouw & uitgangsmaterialen, Topsector Agrifood, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, Ministerie van Onderwijs, Cultuur & Wetenschappen, Ministerie van Klimaat & Groene Groei, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Buitenlandse Zaken en Handel, Invest-NL, LIOF, incl ROMs

6.4. Innovatieprogramma Samen gezond & sneller beter

6.4.1. Ontwikkeldoel

Dit programma is erop gericht de innovaties uit Biomolecular & Cell Technologies beter en sneller te laten aansluiten op de markt. Daarvoor is het realiseren van een lerend, adaptief zorgsysteem waarin gezondheid op maat centraal staat noodzakelijk. Het programma beoogt snellere en transparantere toelatingsroutes, en structurele samenwerking tussen overheid, bedrijfsleven, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties. Technologie komt sneller beschikbaar en is beter gericht op de behoefte van patiënten. Wat ontwikkeld en geïnitieerd wordt, moet impactvol, mensgericht en van maatschappelijke waarde zijn. De focus ligt op drie deelgebieden:

- gepersonaliseerde weesgeneesmiddelen, ATMPs, precision medicines,
- universele geneesmiddelen zoals antibiotica, vaccins, biologicals en small molecules en
- diagnostiek.

6.4.2. Drivers

- Technologische innovaties zijn schaalbaar; productie van een geneesmiddel verhogen, precisie diagnostiek, mensen genezen in plaats van verzorgen.
- Toenemende gezondheidsvraag.
- Snelle technologische ontwikkelingen in fundamentele technologie, data en AI moeten voor innovatieontwikkeling geadopteerd en benut kunnen worden.
- Maatschappelijke urgentie: wachttijden, regeldruk, onbenutte innovaties, oplopend tekort aan gezondheid- en zorgprofessionals, oplopende kosten.
- Economische kansen: innovatieve geneesmiddelen zijn een wereldwijde groeimarkt.

6.4.3. Kennisvragen

- Welke innovatieve biomedische interventies en systeemgerichte preventieve strategieën leveren gezondheidswinst voor het individu en versterken ook maatschappelijke participatie en economische veerkracht?
- Hoe kunnen toelatingsroutes voor nieuwe biomedische interventies zó worden ingericht dat zij niet alleen veilige en snelle toegang bieden, maar ook bijdragen aan publieke gezondheidsdoelen en economische duurzaamheid?

- Wat zijn de economische en maatschappelijk randvoorwaarden voor succesvolle implementatie van biomedische interventies voor gezondheid op maat in de praktijk?

6.4.4. Programmaopzet

Dit programma is gericht op innovatieversnelling via ontwikkelingen voor opschaling en commercialisatie van nieuwe therapieën en geneesmiddelen. Verschillende Biomolecular & Cell Technologies zijn cruciaal in dit proces. Toegang en adoptie van deze technologieën versterken en versnellen het succes van de ontwikkeling van innovaties. Het beter samenbrengen van vraag, behoefte en aanbod versterkt het ecosysteem en vergroot de kans om baanbrekende technologie en innovatie te ontwikkelen.

6.4.5. Impact op het verdienvermogen en de bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

3. Versterking van het Nederlandse B&CT-ecosysteem en internationale concurrentiepositie
 - Landen met trage toegang tot de markt verliezen onder andere klinische studies en investeringen. Snelle toegang maakt Nederland aantrekkelijker voor onderzoek en innovatie, waarmee Nederland innovatiekracht behoudt.
 - Klinische studies creëren een groeiende behoefte aan toegang tot geavanceerde testfaciliteiten, datainfrastructuur, computationele modellen en quantum- en AI-tools, waardoor deze ontwikkeling wordt versneld.
4. Snellere toegang tot biomedische interventies voor patiënten
 - Lagere zorgdruk: Snelle toegang tot effectieve (preventieve) therapieën kan ziekenhuisopnames en langdurige zorg verminderen, wat de druk op zorgprofessionals verlaagt. [\[PwC\]](#)
 - Snellere genezing en levensverlenging: Bij ernstige ziekten zoals kanker of zeldzame aandoeningen telt elke dag. Uitstel van toegang betekent gemiste kansen op genezing, levensverlenging of een betere kwaliteit van leven. [\[VIG\]](#)
 - Minder complicaties en ziektelast: Vroege behandeling voorkomt vaak verergering van de ziekte en bijkomende complicaties, wat leidt tot minder ziekenhuisopnames. [\[RIVM\]](#)
 - Psychologische impact: Het idee dat er een werkzame behandeling beschikbaar is, maar niet toegankelijk, veroorzaakt stress en onzekerheid bij patiënten en hun naasten. [\[Bron?\]](#)
5. Indirecte impact op werkgelegenheid en economische groei door verbeterde gezondheid en stimulering van R&D en ondernemerschap.
 - Gezondheid = groei: Onderzoek van Harvard toont dat een stijging van de levensverwachting in combinatie met verbeterde sociaal-maatschappelijke participatie met één jaar kan leiden tot 4% extra economische groei. Gezonde mensen hebben meer werkbare jaren en dragen langer bij aan het bbp. [\[Harvard, Engelen\]](#)
 - Brede welvaart: Gezondheidsverbetering verhoogt niet alleen het inkomen, maar ook welzijn en maatschappelijke veerkracht, wat indirect economische stabiliteit bevordert [\[SER\]](#)

6.4.6. Plan van aanpak

1. Versnellen toelatingsroutes: optimalisatie van procedures voor vroege markttoelating (*early market access*), vergoeding en implementatie van innovatieve biomedische interventies en hun toepassingen.

- Optimalisatie van procedures voor vroege markttoelating en vergoeding: voor duidelijke, transparante tijdslijnen en een betere aansluiting op Europese beoordelingsprocessen. Met als ambitie de doorlooptijd substantieel te verkorten van meer dan 450 dagen naar minder dan 180 dagen.
 - Innovatieve financieringsmodellen: Denk aan voorwaardelijke vergoeding en *outcome-based managed entry agreement*²⁵, zodat patiënten sneller toegang krijgen terwijl effectiviteit in de praktijk wordt gemonitord.
 - Harmonisatie van regelgeving: Verminderen van nationale afwijkingen en inzetten op Europese standaarden om klinische onderzoeken en markttoegang te versnellen
2. Implementatie lerend gezondheid- en zorgsysteem:
- Pilots en opschaling van datagedreven gezondheid en zorg:
 - Starten en/of doorzetten van praktijkexperimenten waarin continu en op individuele basis wordt gemeten wat een biomedische interventie doet, in plaats van vooraf alles te beoordelen op gemiddelde populaties.
 - Starten en/of doorzetten van praktijkexperimenten waarin continu en op individuele basis bij (mogelijke) patiënten (vroeg)diagnostiek via bijvoorbeeld volledige genoomsequencing (*whole genome sequencing*) wordt ingezet.
 - Nationale gezondheidsdata-infrastructuur: Gegevens moeten als nutsvoorziening beschikbaar zijn voor zowel primair gezondheids- en zorgproces als secundair gebruik, zoals onderzoek en innovatie. Dit vergt structurele financiering en samenwerking tussen publieke en private partijen, waaronder Health-RI, AINed, AI4Health en Health AI.
 - Continue verbetering: door bewijs uit de praktijk (*real-world evidence*) te benutten, kunnen biomedische interventies sneller en beter worden ingezet, zonder torenhoge barrières vooraf.
3. Stakeholderbetrokkenheid & systeemverandering: structurele samenwerking tussen overheid, bedrijfsleven, kennisinstellingen en patiëntenorganisaties.
- Publiek-private samenwerking: Overheid, bedrijfsleven, kennisinstellingen en patiënten- en andere relevante maatschappelijke organisaties moeten gezamenlijk knelpunten oplossen, zoals versnipperde regelgeving en gebrekkige data-uitwisseling en -benutting.
 - Gezamenlijke actieagenda's: integrale aanpak, binnen en vooral ook over departementen heen.
 - Cultuurverandering: Weg van conservatief gedachtengoed en bureaucratische hang naar zekerheid; meer ruimte voor adaptieve processen en vertrouwen in innovatie en op hun maatschappelijke en economische impact.

25 Een outcome-based managed entry agreement (OB-MEA) is een afspraak waarbij betaling voor een duur medicijn afhangt van de echte resultaten bij patiënten; werkt het middel niet, dan krijgt de zorg terugbetaling of stopt de betaling.



6.4.7. Slimme verbindingen: Koppeling en afbakening met andere innovatieagenda's Nationale Technologiestrategie

Dit programma zorgt ervoor dat innovaties uit andere actieagenda's bijvoorbeeld optical systems, imaging technologies, AI of process technology bijdragen aan innovatieve biomedische innovaties en langs die weg ook kunnen bijdragen aan impact in het gezondheids- en zorgdomein. Gezien de uitdagingen voor onze gezondheid en zorg moeten we alle mogelijkheden benutten om te komen tot de juiste inzet van technologiegedreven biomedische interventies.

GroEIFondsen en LSH-initiatieven

Dit geldt ook voor programma's uit andere delen van de Biomolecular & Cell Technologies rondom de mogelijkheden om gezonde keuzes te maken in voeding en impact van ons milieu op onze gezondheid en zorg.

Dit programma sluit daarnaast aan bij initiatieven als OncoInsitute, OncoAccelerator, Reg-Med XB, Biotech Booster, Kennis- en Innovatieagenda Gezondheid & Zorg, Health-RI, Holomicrobioom, CPBT/Ombion en Regie op Registers. Ook sluit het aan op doelstellingen voor bijvoorbeeld pandemische paraatheid, vaccinatiegraad, het verminderen van antibiotica resistentie.

Het programma onderscheidt zich door de focus op systeemverandering, waarmee het de implementatiekracht van andere innovatieprogramma's vergroot.

6.4.8. Financiering

Het gezamenlijk oppakken van deze uitdaging vraagt om een initiële investering afgestemd op de scope en de behoeften van alle betrokken partijen. De bijdrage van onder andere kennisinstellingen, UMC's, groEIFondsen, patiëntenverenigingen, gezondheidsfondsen, investeerders, overheidsdepartementen en bedrijven is in deze eerste fase cruciaal.

Welke voorstellen het meest kansrijk zijn en via welke route knelpunten moeten worden aangepakt, vormt het vervolg van deze uitwerking. De werkpakketten uit het plan van aanpak, zoals:

- optimalisatie van procedures,
- innovatieve financieringsmodellen,
- harmonisatie van regelgeving,
- pilots en opschaling van datagedreven zorg,
- nationale gezondheidsdata-infrastructuur,
- bewijs uit de praktijk,
- publiek-private samenwerkingen op specifieke uitdagingen en
- het vergroten van maatschappelijk draagvlak door innovaties zichtbaarder en relevanter te maken,

komen voort uit knelpunten die complex en vaak systemisch van aard zijn.

Een eenvoudige oplossing bestaat niet. Het vraagt om gerichte inspanningen om onze gezondheid te verbeteren en ziekte te voorkomen. Dit is de uitdaging die om een antwoord vraagt, zodat er



een stevige basis ontstaat voor innovatie en technologische ontwikkeling. De benodigde mankracht en investeringen zijn schaars; daarom is een zorgvuldige afweging essentieel om de juiste keuzes te maken en maximaal rendement te behalen.

6.4.9. Organisatie

Alle relevante stakeholders moeten worden vertegenwoordigd vanuit een programmatische organisatie die vanuit die stakeholders mandaat organiseert voor het maken van de juiste keuzes binnen de innovatieprogramma's. De samenstelling moet én breed vertegenwoordigd én zo mogelijk ook onafhankelijk worden opgesteld zodat eenzijdige en niet of minder ter zake doende keuzerichtingen worden vermeden.

6.4.10. Deelnemende partijen

Initiatiefnemers

Hollandbio (~300 leden)

Beoogde en benaderde partijen

Kennisinstellingen en partijen

Samenwerkende gezondheidsfondsen, Vereniging Innovatieve Geneesmiddelen, Patiëntenfederatie Nederland

Publieke domein

Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, Ministerie van Onderwijs, Cultuur & Wetenschappen, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Buitenlandse Zaken en Handel, Zorginstituut Nederland, College ter Beoordeling van Geneesmiddelen

6.5. Innovatieprogramma Organ-on-a-Chip

6.5.1. Ontwikkeldoel

De biotechnologiesector ontwikkelt zich razendsnel en verplaatst zich steeds meer van het laboratorium naar toepassingen in het dagelijks leven, wat een kennis- en innovatiegeïnspireerde revolutie voor gezondheid en zorg aanjaagt. De wereldwijde biotechmarkt zal naar verwachting in 2034 uitkomen op \$5,85 biljoen, met een stevige CAGR van 13,6%. Tegelijk nemen het aantal fusies, - ook vijandige - overnames en beursgangen (IPO's) toe, waarmee de sector een fase van consolidatie én vooral ook groei doormaakt. Met een publiek-private investering van €260 miljoen in de komende 10 jaar kan de huidige Nederlandse koploperpositie op Organ-on-a-chip (OoC)- en Organoid-technologie behouden blijven en wereldwijd bijdragen aan innovatieve geneesmiddelenontwikkeling en precisiegeneeskunde, en meeprofiteren van die wereldwijde groei.

Doel van dit innovatieprogramma is om bestaande use-case-gedreven en modulaire innovatieketen van compatibele OoC- en Organoid-bouwblokken (biologisch materiaal, chips/microfluidica, en read-out/sensoren) door te ontwikkelen naar marktadoptie en verder uit te bouwen met nieuwe



marktpartijen met complementaire kennis en kunde. Deze keten moet zich richten op platform-technologie en end-to-end validatie in samenwerking met eindgebruikers. Het doel is om tot kostenefficiënte productie van OoC's op industriële schaal te komen, op basis van gestandaardiseerde interfaces en validerende datastromen die vertrouwen in de modellen versterken, waarbij uiteindelijk Nederlandse partijen tot control points in de wereldwijde supply chain komen, bijv. zowel in de OoC-technologie zelf, de productiemethoden en productie-equipment hiervoor, als mogelijk in de hoogvolumeproductiefaciliteiten die voor massagebruik in industrie en de zorg zullen nodig zijn.

In Nederland worden al veel OoC- en Organoid-bouwblokken ontwikkeld, maar alleen effectieve combinaties van deze bouwblokken voor een specifieke toepassing zorgen voor echte maatschappelijke en economische impact. Daarom vertrekt het programma vanuit concrete use cases die tractie hebben vanuit farmaceutische bedrijven, contractresearch organizations (CRO's), universiteiten en Universitair Medisch Centra (UMC's) en diagnostische en therapeutische laboratoria van zorgorganisaties. Het programma borgt dat:

- de juiste blokken worden ontwikkeld,
- blokken op elkaar passen via interfacestandaarden,
- kostenefficiënte platformtechnologie wordt ontwikkeld waar het ecosysteem gezamenlijk meerwaarde uit haalt voor efficiënte opschaling en
- gevalideerde blokken en biologisch materiaal beschikbaar zijn voor toepassing in diverse contexten.

Het programma bouwt voort op een solide bestaand fundament van complementaire publiek-private initiatieven als hDMT, hDMT INFRA, NOCI, NXTGEN Hightech, Ombion B/MSO, Onco Accelerator en Biotech Booster, én op de leidende betrokkenheid van Nederlandse partijen in Europese in OoC- en organoid-technologie en roadmap- en ecosysteeminitiatieven.

6.5.2. Drivers

Met Organ-on-a-Chip-technologie stijgt de slaagkans van geneesmiddelontwikkeling en dalen de gemiddelde kosten per nieuw geneesmiddel dat de patiënt bereikt. Tegelijkertijd komt precisiegeneeskunde binnen bereik van de zorg.

Maatschappelijk

De behoefte aan humane, reproduceerbare modellen en proefdiervrije innovaties groeit. OoC-technologie versnelt en verbetert besluitvorming in geneesmiddelontwikkeling tot en met de klinische toepassing ervan in precisiegeneeskunde. Dat leidt tot aanzienlijke gezondheidswinst en vermindering van het gebruik van proefdieren.

Economisch

Nederland kan zijn koppositie in kennis verzilveren door tot control-points in de internationale waardeketen te komen. Vraaggestuurde ontwikkeling met en voor eindgebruikers vergroot adoptiekansen en versterkt bij succes het verdienvermogen. OoC kan de gemiddelde kosten van

een medicijnontwikkeling verlagen en beter op de persoon toegespitste behandelingen voor de patiënt opleveren.

Technologisch

Cruciaal zijn:

- consolidatie en standaardisatie van bestaande bouwblokken,
- end-to-end validatie,
- ontwikkeling van platformtechnologie voor effectieve industriële opschaling en
- marktpenetratie.

Integratie met sensortechnologie, weergave- en informatieschermen (*read-outs*) en volledig voor artificiële intelligentie bruikbare data (*fully AI-ready data*) vergroten het gebruikersgemak. Kostenefficiënte (massa)productie is noodzakelijk om grootschalige toepassing mogelijk te maken.

De Nederlandse OoC-sector is een stille motor achter de transitie naar proefdiervrije innovatie en naar precisiegeneeskunde. Nederland heeft zich ontwikkeld tot een internationaal erkende koploper, met hoog competitieve bedrijven. Start-ups, scale-ups en potentiële unicorns, vormen samen met kennisinstellingen een ecosysteem van wereldniveau. Dit ecosysteem levert technologie die cruciaal is voor snellere geneesmiddelontwikkeling, betere voorspelbaarheid van hun veiligheid en kosteneffectiviteit, en lagere faalkosten.

De urgentie voor de toepassing van OoC neemt toe: farmaceutische bedrijven en toezichthouders vragen – mede gedreven door veranderende wet- en regelgeving – om meer humane gestandaardiseerde, reproduceerbare modellen en betrouwbare data. Tegelijkertijd groeit de internationale concurrentie. Zonder versnelling en opschaling van deze technologie verliest Nederland zijn koppositie aan landen die fors investeren in ontwikkeling, validatie, productie en marktpenetratie.

6.5.3. Kennisvragen

- Hoe definiëren en ontwikkelen we per toepassing de minimale, valide modelconfiguraties en welke bouwblokken zijn daarvoor essentieel? Hoe zorgen we dat deze configuraties schaalbaar en reproduceerbaar zijn?
- Welke (NEN/ISO-) standaarden voor mechanische, microfluidische, elektronische en data-interfaces zijn nodig om interoperabiliteit tussen bouwblokken te garanderen? Hoe ontwikkelen we gevalideerde validatie- en testprotocollen? En hoe koppelen we deze validatie ook aan internationale standaardisatie?
- Hoe ontsluiten we cel- en weefselbanken en harmoniseren we kwaliteitscriteria (QC) voor biologisch materiaal, inclusief ethische en intellectueel eigendom (Intellectual Property) aspecten? Hoe integreren we deze in de gestandaardiseerde toeleveringsketens (supply chains)?
- Welke routes (EMA-qualification, benchmarking) bouwen aantoonbaar vertrouwen op bij eindgebruikers en toezichthouders? Hoe werken we gezamenlijk aan platformtechnologie om te komen tot industriële (massa)productiecapaciteit voor OoC-platforms en componenten, inclusief automatisering, robotisering en integratie in farmaceutische workflows? Welke

technologieën en infrastructuur zijn nodig voor high-volume microfabricage, in en buiten Nederland?

- Welke datamodellen en FAIR-infrastructuur zijn nodig voor gestandaardiseerde read-outs, auditbare besluitvorming en AI-gestuurde monitoring en analyse? Hoe borgen we datakwaliteit en interoperabiliteit in (internationale) consortia?
- Welke systeemactoren – van politiek en overheid tot en met financierende instanties en investeerders – kunnen op welke wijze bijdragen aan de toepassing en benutting van OoC-technologie en ook aan het optimaal genereren van maatschappelijke en economische waarde?

6.5.4. Programmaopzet

Dit innovatieprogramma richt zich op het verbinden en verder ontwikkelen van zowel bestaande als ontbrekende bouwstenen voor gevalideerde organ-on-chip-systemen, toegespitst op specifieke gebruikersscenario's en toepassingscontexten (*contexts-of-use*) en afgestemd op de vraag van eindgebruikers. Door het ecosysteem te versterken en vooral al de actoren in het ecosysteem meer integraal en continu met elkaar samen te laten werken, wordt de aansluiting tussen vraag, behoefte en aanbod verbeterd, wat resulteert in een versnelling van toepasbare innovaties. Waar soms strikt noodzakelijk voor het succes van de OoC-technologie, zullen in dit innovatieprogramma ook onderzoeksresultaten uit meer fundamentele sleuteltechnologiebenaderingen worden gebruikt.

Impact op het verdienvermogen en de bijdrage aan maatschappelijke uitdagingen

Organ-on-Chip (OoC) is een nieuwe, snel ontwikkelende markt met wereldwijd grote groeipotentie. De technologie staat nog aan het begin van brede toepassing, maar de internationale vraag naar deze humane, reproduceerbare modellen en proefdiervrije innovaties neemt sterk toe. Dit wordt onder meer ingegeven door vrij recente nationale en internationale – vooral ook EU – overheidsbesluiten voor de afbouw van proefdiergebruik. Dit biedt Nederland vanuit haar prominente positie in OoC een unieke kans om de kennis te vermarkten. De sterke kennisbasis omvat als basis de (Technische) Universiteiten, UMCs, hogescholen en TNO. Initiële innovatieve bedrijven in dit veld zijn onder andere:

- Mimetas,
- Sync Biosystems (Demcon),
- Chiron,
- Optics 11 Life,
- Micronit en onder andere ook
- het onderzoeksinstituut IMC.

Robuste publiek-privaat samenwerkingsnetwerken zoals hDMT, Ombion, NXTGEN Hightech, B/ MSC, proberen kennis en markt met elkaar te verbinden. In Nederland en in internationaal verband wordt via NEN gewerkt aan ISO-richtlijnen voor Organ-on-a-Chip. Binnen Europa is European Organ-on-Chip society EUROoCS op initiatief van hDMT opgericht. Wereldwijd is MPS Society actief.

Er lopen twee Europese initiatieven die de ontwikkeling van nieuwe testmethoden voor medicijnen en medische hulpmiddelen versnellen. De ERA-actie ‘Accelerating New Approach Methodologies (NAMs)’ richt zich op het sneller toepassen van alternatieve testmethoden, zoals cel- en weefselssystemen, die laten zien hoe mensen reageren, in plaats van alleen dierproeven te gebruiken. Dit initiatief wordt ondersteund via het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur. Daarnaast ondersteunt de COST-actie ‘Standardisation and Integration of MicroPhysiological Systems for Human-relevant innovatiON in therapY’ het standaardiseren en samenbrengen van kleine menselijke weefselmodellen, ook wel organ-on-a-chip genoemd, die realistische reacties van het menselijk lichaam nabootsen. Deze actie wordt uitgevoerd via de Brabantse Ontwikkelingsmaatschappij (BOM). Samen helpen deze programma’s onderzoekers om medicijnen en therapieën sneller, veiliger en betrouwbaarder te ontwikkelen met methoden die beter aansluiten bij de menselijke fysiologie.

De wereldwijde OoC-markt is nog volop in opbouw, met een wereldwijde omzet van circa \$117 miljoen in 2022, en groeit rap met naar schatting ruim 30% per jaar²⁶. Nederland heeft momenteel ca. 10% van de mondiale Organ-on-Chip markt in handen, volgens berekeningen van InvestNL medio 2024²⁷. Meer exacte omzet- en groeigegevens over deze relatief nieuwe ontbreken vooralsnog.

Organ-on-a-Chip, strategisch control point in technologie.

Nederlandse bedrijven kunnen een strategische control point-positie realiseren in de mondiale waardeketen van OoC-technologie met publiek-private, strategische investeringen in ontwikkeling, validatie, standaardisatie en industrialisatie van humane modellen. Het huidige programma stelt Nederlandse bedrijven in staat om cruciale standaarden, interfaces en productieketens (mede) te bepalen, waardoor sleutelposities kunnen worden vormgegeven in wereldwijde geneesmiddelontwikkeling. Dit versterkt niet alleen het verdienvermogen en de internationale concurrentiekracht van bedrijven, maar ook het hele kennis- en innovatie-ecosysteem. Ondersteuning van het ecosysteem op het moment van schrijven is essentieel voor het aantrekken van investeringen, bedrijvigheid en talent aan en draagt bij aan een gezondere samenleving door snellere, betere geneesmiddelontwikkeling en -precisietoepassing in de kliniek en het dagelijks leven.

6.5.5. Plan van aanpak

Het globale Plan van Aanpak is gepositioneerd vanuit de constatering dat er al veel initiatieven lopen en substantiële investeringen zijn gedaan, onder meer in standaardisatie, regulatoire wetenschap (regulatory science) en opschaling van productie. De aanpak richt zich daarom op consolidatie en coördinatie van het veld, met een gerichte gap-analyse om ontbrekende schakels en belemmeringen in de keten expliciet te maken. De valorisatie- en implementatiestrategie is gedetailleerd uitgewerkt samen met de OoC-eindgebruikers. De strategie is onderbouwd met demonstratieprojecten en pilots, het organiseren van de technology pull en het agenderen van regulatoire innovatie, zodat ontwikkeling, acceptatie en toepassing in samenhang kunnen ver-

²⁶ <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/04/02/3054359/0/en/Organ-on-a-Chip-Market-Projected-to-Hit-USD-1-64-Billion-by-2032-Growing-at-a-34-04-CAGR-SNS-Insider.html>

²⁷ <https://www.invest-nl.nl/nl/nieuws/invest-nl-ziet-groeikansen-in-lab-on-chip-technologie-in-nederland>



snellen.

Globale aanpak uitgezet in werkpakketten met een looptijd van vijf tot tien jaar:

Werkpakket 1: Use cases en vereisten

Samen met eindgebruikers, nationaal en internationaal, (farmaceutische bedrijven, CRO's, wet- en regelgevers) en met een betrokken representatieve werkgroep (*dedicated taskforce*) wordt een *industrialisatiewerkplan (industrial roadmap)* ontwikkeld. De B&TC-governance en deze werkgroep bepalen welke toepassingen prioriteit hebben en welke minimale configuraties en prestatiecriteria nodig zijn om acceptatie en benutting in uiteenlopende contexten (context of use) te realiseren.

Werkpakket 2: Modulaire bouwblokken en standaarden op basis van platform-technologie

Ontwikkeling van compatibele componenten (microfluidica, sensoren, actuatoren, data, AI) en internationale (NEN/ISO-) interfacestandaarden (mechanisch, microfluidisch, elektronisch, biochemisch, data, AI). Inclusief referentieontwerpen en compatibiliteitstesten.

Werkpakket 3: Biologisch materiaal en harmonisatie

Ontsluiting van cellen- en weefselbanken, harmonisatie van kwaliteitscriteria (QC) en afspraken over toegang, eigendom, IP, beschikbaarheid en ethiek voor zowel publieke als private partijen. Integratie in een gestandaardiseerde, opgeschaalde supply chain.

Werkpakket 4: Validatie en kwalificatie

Opzetten van benchmarking en intra- en interlaboratorium psychometrische kwaliteiten (validatie in engere zin), ontwikkeling EMA-kwalificatieroutes, creëren van openbare, breed bruikbare benchmark datasets. Koppeling met real-world evidence (validatie in ruimere zin) om vertrouwen bij eindgebruikers, financiers en toezichthouders te borgen.

Werkpakket 5: Schaalbare productie, automatisering en robotisering

Door middel van platform-technologie kan stapsgewijze opschaling van microfabricage en assemblage naar industriële massaproductie effectief worden vormgegeven, inclusief automatisering, robotisering en supply chain-ontwikkeling. Focus op baten en kosten efficiëntie en reproduceerbaarheid van de data en toepassing van AI. Machinebouw voor deze opschaling een significante additionele verdienvermogen accelerator

Werkpakket 6: Read-out, data en AI

Integratie van sensortechnologie en imaging voor geautomatiseerde metingen. Ontwikkeling van data-standaarden (FAIR: findable, assessable interoperable en reusable data die ook fully AI-ready zijn), analysemethoden en AI-modellen voor 'data lineage' (dat wil zeggen: verificatie, validatie, kwalificatie, standaardisatie, reproduceerbaarheid, robuustheid, kalibratie, traceability en auditability).

Werkpakket 7: Ontwikkeling demonstratorprojecten en pilots

De ontwikkeling van demonstratorprojecten en pilots maakt innovaties concreet en toetsbaar in een realistische praktijk- en ketencontext. In deze trajecten worden technologie, werkprocessen en randvoorwaarden (zoals data, kwaliteit, veiligheid en governance) geïntegreerd uitgeprobeerd, zodat effect, haalbaarheid en opschaalbaarheid onderbouwd kunnen worden. De opbrengst is validatiebewijs en implementatiekennis die vervolfinanciering, regulatoire acceptatie en brede adoptie versnelt.

Werkpakket 8: Programmacoördinatie en ecosysteemontwikkeling

Organisatie van publiek-private samenwerking, talentontwikkeling en communicatie. Versterking van het innovatie-ecosysteem en internationale positionering.

Werkpakket 9: Valorisatie en implementatie

Valorisatie en implementatie op internationale en commerciële schaal, inclusief brandingstrategie voor de integratie van Organ-on-Chip in de geneesmiddelontwikkelingsketen en de hele - wereldwijde - pijnpijn van geneesmiddelenontwikkeling (drug development pipeline) van de farmaceutische industrie en CROs voor een efficiënte en effectieve medicijnontwikkeling en -toepassing. Validatie van businesscases en impact op geneesmiddelontwikkeling, en inzicht en vertrouwen bij eindgebruikers. Implementatie van technologie in farmaceutische workflows, via demonstratorprojecten en pilots (WP7).

6.5.6. Gantt chart

Werkpakket	Omvang (€ mln)	Globale looptijd									
		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1. Use cases en vereisten	3										
Modulaire bouwblokken, platform technologie en vereisten	2										
Biologisch materiaal en harmonisatie	2										
Validatie en kwalificatie											
Schaalbare productie, automatisering en robotisering											
Read out, data en AI											
Demonstrators en pilots											
Programmacoördinatie en ecosysteemontwikkeling											
Valorisatie en implementatie op commerciële schaal											



6.5.7. Slimme verbindingen: Koppeling en afbakening met andere innovatieagenda's Biotech Booster (Nationaal Groeifonds)

Sleuteltechnologie B&CT

Dit programma operationaliseert de ambitie van de biotechnologie, in het bijzonder B&CT door ketenconsolidatie en opschaling. Daarbij ligt een focus op ontwikkeling, validatie, standaardisatie, industrialisatie en wereldwijde toepassing van organ-on-chip-technologie als sleutelcomponent voor geneesmiddelenontwikkeling en Precision Health. OoC biedt essentiële toepassingen voor het efficiënter testen van nieuwe geneesmiddelen, waaronder ATMPs, toxiciteitstesten, oncologie, regeneratieve- en gepersonaliseerde ofwel precisiegeneeskunde.

Daarnaast versterkt dit programma de ontwikkelingen in de LSH-sector en de internationale waardeketenpositie van Nederland. Het sluit ook naadloos aan bij de uitvoeringsagenda van de kabinetsbrede visie biotechnologie en de Europese en NAVO-doelen op het gebied van biotechnologie.

Biosystems & Organoids

Dit programma bouwt voort op de ontwikkeling van menselijke cel- en weefselmodellen binnen Biosystems & Organoids. De focus ligt op integratie en validatie van deze modellen in Organ-on-Chip-platforms en harmonisatie van biobanken en protocollen. Het zorgt dat organoid-modellen reproduceerbaar en compatibel worden toegepast in OoC-systemen of gecombineerd kunnen worden toegepast in een klinische ontwikkelingspijplijn.

Optical Systems & Integrated Photonics / Imaging Technologies

Voor geautomatiseerde read-outs en continue monitoring maakt het programma gebruik van sensortechnologie en imaging-oplossingen uit deze actieagenda. Het innovatieprogramma ontwikkelt geen nieuwe optische technologie, maar integreert bestaande sensoren en imaging in schaalbare OoC-platforms.

Artificial Intelligence & Data

Het programma sluit aan bij AI-initiatieven door data-standaarden (FAIR), analysemethoden en modelkalibratie te implementeren. Het benut, waar mogelijk, bestaande technologie om datakwaliteit en auditability in OoC-toepassingen te borgen.

Procestechologie

Dit programma werkt aan de ontwikkeling en opschaling van robuuste, reproduceerbare productie- en bewerkingsprocessen voor biomoleculen en cellulaire producten, van labprotocol naar gecontroleerde, industriële uitvoering. Het omvat onder meer bioprocessing, (geautomatiseerde) celkweek en -verwerking, purification/downstream processing, inline kwaliteitscontrole en digitalisering, zodat kwaliteit, veiligheid en batch-to-batch consistentie geborgd zijn. Daarmee is procestechologie de sleutel om innovaties daadwerkelijk schaalbaar, betaalbaar en toepasbaar te maken in voornoemde contexten.

Daarnaast sluit het aan bij bestaande initiatieven:

- ERA-action Accelerating New Approach Methodologies (NAMs) to advance biomedical research and testing of medicinal products and medical devices (Europese commissie – min. LVVN),
- Strategische Meerjarige Marktbewerking Nederland-Zwitserland (Health~Holland in opdracht van RVO, EZ, BZ en in samenwerking met de Nederlandse ambassade in Zwitserland), validatie via EMA-kwalificatie richtlijnen (startend bij hart-on-chip en lever-on-chip),
- NEN, dat initiatief neemt in het opstellen van ISO standaarden voor OoC, demonstrator projects NXTGEN Hightech (Nationaal Groeifonds),
- Biotech Booster dat ondersteunt de commercialisatie van biotechnologische innovaties (Nationaal Groeifonds),
- Oncode, accelerator voor toepassingen specifiek voor oncologie therapieontwikkeling (Nationaal Groeifonds),
- Ombion (Centre for Animal-Free Biomedical Translation), voor het verminderen van dierproeven en valideren van alternatieven,
- Health RI en AINed en de aanstaande vestiging van de AI-fabriek, voor data- en AI-ontwikkelingen en toepassingen (Nationaal Groeifonds),
- hDMT INFRA dat de expertise, cel- en weefselbanken en onderzoeks/technologie-infrastructuur van kennisinstellingen ontsluit voor het (inter-)nationale ecosysteem.

6.5.8. Investeringsen

De ontwikkeling van organ-on-a-chip in Nederland bouwt voort op een stevig fundament van lopende activiteiten die vanuit bestaande middelen worden gedragen. Het gaat om initiatieven en infrastructuren zoals hDMT, hDMT INFRA en Ombion, en om gerelateerde programma's en voorzieningen zoals NXTGEN Hightech, bestaande biobanken en microfabricagefaciliteiten. Daarnaast dragen de Health~Holland Organ-on-Chip call en de al lopende, eerdergenoemde NGF-projecten bij aan continuïteit, kennisopbouw en samenwerking. In werkpakketten vertaalt dit fundament zich vooral in:

- het operationaliseren van bestaande infrastructuur,
- Het maken van afspraken rond use cases en vereisten,
- het verbinden met eindgebruikers en regulators [WP1],
- het doorontwikkelen en verbinden van modulaire technologische componenten en interfacestandaarden [WP2],
- het ontsluiten en harmoniseren van biologisch materiaal en de governance rond toegang/IP/ethiek [WP3],
- het organiseren van benchmarken, intra- en interlaboratoriumkwaliteit en kwalificatieroutes richting regulatoire acceptatie [WP4], en
- het ontwikkelen van microfabricage- en facilitaire capaciteit met fundamenteel inzicht in opschaling (en trickle-down in productiemachines voor de productie van OoC [WP5]).

Daarbij vormen ook de bestaande datacapaciteit en de ervaring met FAIR-principes een basis om read-out, data-standaarden en AI-ready dataketens verder te professionaliseren [WP6]. Verder



worden bestaande netwerken en samenwerkingsstructuren benut voor programmatische afstemming en ecosysteemvorming [WP8].

Parallel hieraan worden nieuwe activiteiten voorzien die additionele middelen vergen, gericht op verbreding, opschaling en versnelling richting toepassing. Dit betreft als eerste prioriteit de ontwikkeling van minimum viable products (MVPs) en vervolgens, bij hun succes,

- de stapsgewijze uitbreiding van OoC-technologie naar alle orgaan- en ziekte-specifieke modellen, inclusief meervoudige cel-/weefsel- en geïntegreerde ‘whole system’ modellen [WP2-WP3], en
- het versnellen van vertrouwen en acceptatie via systematische validatie/kwalificatie, openbare benchmarkdatasets en koppeling met real-world evidence [WP4].

Ook omvat dit de ontwikkeling van een schaalbare, kostenefficiënte gestandaardiseerde productie- en toeleveringsketen. Automatisering en robotisering zijn nodig, van kleinschalige prototyping naar (internationale) (massa)productie [WP5, WP8]. Ook richt het programma zich op een doorbraak met het gebruik van data:

- sensorgebaseerde en imaging read-outs,
- FAIR én volledig AI-ready datastandaarden,
- aantoonbare data lineage inclusief verificatie, validatie, kwalificatie, standaardisatie, reproduceerbaarheid, robuustheid, kalibratie, traceability en auditability [WP6].

Innovatie met betrekking tot wet- en regelgeving krijgt concreet vorm in samenwerking met wet- en regelgevers en eindgebruikers, onder meer via EMA-kwalificatieroutes en gebruikscontext (context of use)-specificaties [WP1, WP4]. De stap naar markttractie en -penetratie wordt gemaakt door demonstratorprojecten en pilots waarin technologie, processen en randvoorwaarden geïntegreerd worden getoetst in realistische ketencontexten [WP7], gekoppeld aan case-by-case Health Technology Assessment (HTA) en macro-economische impactanalyses om de doelmatigheid en de waardecreatie te onderbouwen [WP4, WP9].

Tenslotte worden valorisatie en internationale implementatie op commerciële schaal expliciet georganiseerd, inclusief een robuuste branding-strategie en een integratie van OoC in de drug development pipeline van de farmaceutische industrie en CRO's [WP9], ondersteund door programmacoördinatie, ecosysteemontwikkeling en internationale positionering [WP8]. TKI LSH (Health-Holland) neemt hierbij in beginsel de centrale coördinatielead van de activiteiten op zich [WP8].

Tabel 1: Indicatie van de kosten per werkpakket naar bron

Werkpakket	Kosten Totaal (€ mln)	(€ mln)	(€ mln)
1. Use cases en vereisten	20	10	10
2. Modulaire bouwblokken en vereisten	50	25	25
3. Biologisch materiaal en harmonisatie	20	10	10
4. Validatie en kwalificatie	30	15	15
5. Schaalbare productie, automatisering en robotisering	50	25	25
6. Read out, data en AI	25	12,5	12,5
7. Demonstrators en pilots	30	15	15
8. Programmacoördinatie en ecosysteemontwikkeling	5	2,5	2,5
9. Valorisatie en implementatie op commerciële schaal	30	15	15
Programma Totaal	260	130	130

Tabel 2: Financiering innovatieprogramma in de tijd (welke type activiteiten/ middelen worden wanneer ingezet)

Type	Beoogde financiering (€ mln)										
	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	Totaal
Bestaande activiteiten/ bestaande middelen	10	10	5	5	5	5					30
Nieuwe activiteiten/ bestaande middelen		5	5	10	10	10	10	10	10	10	90
Nieuwe activiteiten/ nieuwe middelen		10	10	10	10	10	22,5	22,5	22,5	22,5	140
Totaal											260

6.5.9. Deelnemende partijen

Initiatiefnemers

Health~Holland, hDMT

Beoogde en benaderde partijen

Bedrijven

Mimetas, Sync Biosystems, Demcon, Micronit, Optics 11 Life, Ncardia, iPsonics, ARTIC, Chiron, River Biomedics, Locsense, Anjo Biotech, Chippoids, NeuroGut Insights, Flowmeister, Biogrid, Bio-tactical, Charles River, Crown Bio, VitalTissue.

**Kennisinstellingen**

TNO, LUMC, TU Delft, UTwente, UMCU, Hubrecht, UMCG, WUR, VU, Universiteit Leiden, Universiteit Utrecht, Erasmus MC, Amsterdam UMC, Radboudumc, TU Eindhoven, Holst Centre, Bio/Microsystems Centre, Imec, MUMC+, Hogeschool Leiden en Saxion.

Publiek domein

Health~Holland, EZ, VWS, LVMN, RVO, ROM's, NEN, CBG, RIVM.
hDMT, Stichting proefdiervrij, NXTGEN Hightech, Ombion, FAST, Oncode accelerator en Oncode Institute, RegmedXB, B/MSC, Biotech Booster, 3Rs Centre Utrecht, Holst Centre, TPI, Health-RI, Invest NL, AINed.

Deze publieke en private partijen vormen een geïntegreerd kennis- en innovatie-ecosysteem voor onderzoek, validatie, productie, valorisatie en marktintroductie.

7. Ecosysteemactiviteiten

7.1. Bouwen aan vertrouwen

Vertrouwen van burgers en consumenten is een kritische randvoorwaarde voor adoptie en marktontwikkeling. McKinsey schat deze afhankelijkheid zelfs op 70%. Dit benadrukt de grote verantwoordelijkheid voor het ecosysteem om vertrouwen actief op te bouwen én te behouden. Transparantie, betrokkenheid en duidelijke communicatie vormen de basis van een effectieve aanpak. De sector boekt hierin al vooruitgang: steeds meer bedrijven betrekken patiënten en consumenten vroegtijdig bij onderzoek en ontwikkeling. Ook worden er bijvoorbeeld op grotere schaal en met regelmaat proeverijen van nieuwe voedingsingrediënten georganiseerd. Dit vergroot de zichtbaarheid en maakt kennismaking met nieuwe producten laagdrempeliger.

7.1.1. De B&CT-subsector zet in op:

Toegankelijke en transparante communicatie

Innovaties worden helder uitgelegd, inclusief werking, voordelen, risico's en borging van veiligheid en effectiviteit. Informatie is makkelijk vindbaar en begrijpelijk, via bijvoorbeeld websites, brochures en video's.

Actieve betrokkenheid van patiënten en consumenten

Eindgebruikers worden vanaf het begin betrokken bij ontwikkeling en besluitvorming, bijvoorbeeld via panels, focusgroepen of co-creatie. Dit zorgt voor meer draagvlak en innovaties die beter aansluiten bij de praktijk.

Openheid over regelgeving en toezicht, met ruimte voor dialoog

Er wordt duidelijk gecommuniceerd over de rol van toezichthouders (zoals EMA, CBG, IGJ) en de strenge eisen waaraan biotech-innovaties moeten voldoen. Door het gesprek aan te gaan en ruimte te bieden voor vragen en zorgen, wordt het vertrouwen verder versterkt. Zo wordt er samen gebouwd aan een stevig fundament van vertrouwen, essentieel voor het succes en de acceptatie van biotech-innovaties.

7.2. Talent uit alle richtingen

De Biomolecular & Cell Technologies (B&CT) is onderdeel van een snelgroeiende, kennisintensieve sector die kampt met een structurele honger naar talent. Om deze uitdaging het hoofd te bieden, is een integrale aanpak nodig waarin talentontwikkeling en ondernemerschap centraal staan.

Allereerst wordt ingezet op het gericht stimuleren van jongeren om te kiezen voor biotech-gerichte opleidingen op mbo-, hbo- en wo-niveau. Het aantal opleidingsplaatsen wordt uitgebreid en er wordt gezorgd voor een betere aansluiting van het onderwijs op de arbeidsmarkt, onder meer via stages en praktijkervaring op biotech-campusen.

Daarnaast is Leven Lang Ontwikkelen (LLO) essentieel: investeren in hands-on trainingen, zoals



bij de Biotech Training Facility, en het ontwikkelen van bij- en omscholingsprogramma's op thema's als bioanalyse, fermentatie en gentechnologie.

Ook het aantrekken en behouden van internationaal talent krijgt prioriteit, bijvoorbeeld door snellere visumprocedures, tijdelijke huisvesting en aantrekkelijke expatregelingen, evenals het gericht werven van internationale studenten en het verhogen van de stay-rate na afstuderen.

Ondernemerschap wordt gestimuleerd door het aanleren van ondernemersvaardigheden aan studenten en onderzoekers, zodat het oprichten van of werken bij een startup een vanzelfsprekend loopbaanpad wordt. Dit vergroot de beschikbaarheid van ondernemerstalent (*entrepreneurial talent*) voor startups en innovatie binnen bedrijven.

Zo wordt structureel gebouwd aan een toekomstbestendig ecosysteem waarin talent en ondernemerschap de motor vormen voor groei en innovatie. Zie ook bijlage 11 voor een breder overzicht van lopende trajecten naast de reguliere opleidingen.

8. Voorstel Organisatie en Governance

Biomolecular & Cell Technologies (B&CT) onderscheiden zich door hun brede toepasbaarheid bij maatschappelijke uitdagingen en hun multidisciplinaire karakter. Deze veelzijdigheid creëert een divers ecosysteem van bedrijven en toeleveranciers, terwijl ministeries en overheidsinstanties optreden als toezichthouder, aanjager, marktmeester of inkoper.

Deze actieagenda is opgesteld op basis van de **Nationale Technologiestrategie (NTS)** van 2024. Als governance kozen we bewust voor een beperkt aantal innovatieprogramma's met de grootste maatschappelijke en economische impact richting 2035. Deze focus maakt de aanpak concreet en doelgericht. De governance van deze actieagenda behoudt daarbij nadrukkelijk de mogelijkheid om, indien daartoe aanleiding is, aanvullende innovatieprogramma's toe te voegen. Tegelijk blijven we investeren in de volle breedte van B&CT, omdat innovatie ook buiten deze programma's plaatsvindt. Door opschaling en flexibiliteit versterken we onze internationale positie en vergroten we de welvaart.

Drie voorwaarden voor succes:

- **Willen:** Innovaties moeten breed geaccepteerd worden. Consumenten en burgers hebben keuzevrijheid en snelle toegang nodig.
- **Kunnen:** Technologie moet ontwikkeld kunnen worden. Wat ontbreekt, moet worden ontwikkeld of verkregen.
- **Mogen:** Innovaties moeten worden toegelaten tot de markt. Wet- en regelgeving mag geen onnodige belemmering vormen.

Regie en governance

De regie over B&CT-innovatieprogramma's en hun implementatie ligt bij partijen die risico's en kennis delen. Bedrijven dragen doorgaans de grootste risico's en hebben daarmee een sturende rol te spelen. Kennisinstellingen leveren technologische en marktkennis. Overheid en maatschappelijke partijen borgen publieke doelen en randvoorwaarden. Transparante besluitvorming met duidelijke rollen en checks & balances is essentieel. Borging van samenwerking tussen deze partijen binnen de context van de toepassingsdomeinen is cruciaal voor succes. De verantwoordelijkheid hiervoor ligt bij de tripartiet georganiseerde TKI's: Health-Holland, Agri&Food, Tuinbouw&Uitgangsmaterialen en Chemistry NL. De specifieke invulling van de governance structuur wordt in 2026 afgerond, in afstemming Interdepartementale stuurgroep Visie Biotechnologie en met de KIA ST-governance die beide gevraagd zullen worden een agenda-lid af te vaardigen in de B&CT-governance.

Voorstel voor 2026

Vanuit deze Actieagenda stellen we voor om in 2026 samen met de Interdepartementale stuurgroep Visie Biotechnologie en het betrokken departement rond industriebeleid op de biotechnologie markt (het ministerie van Economische Zaken) zorg te dragen voor:

- **Gezamenlijk plan:** Overheden, bedrijfsleven, kennisorganisaties en Groeifondsen stellen een governanceplan op.



- **Samenhang:** Afstemming tussen sectorbehoeften en beleidslijnen die nu en in de toekomst relevant zijn, waaronder de coördinatie van deze NTS actie-agenda B&CT.
- Nederland moet zich als kleine markt slim en veerkrachtig organiseren om strategische relevantie te behouden en daarmee ons welzijn en onze welvaart te waarborgen.

Bijlage 1: SWOT-analyse Nederlands Biotech-ecosysteem

Sterktes (intern, binnen Nederlandse invloedsfeer)

- Sterke kennispositie en expertise bij toonaangevende bedrijven, universiteiten en UMC's.
- Intensieve samenwerking tussen bedrijfsleven, overheid, kennisinstellingen en investeerders.
- Fysieke infrastructuur (test- en onderzoeksfaciliteiten, logistiek, productiecapaciteit).
- Efficiënt logistiek netwerk (o.a. Schiphol, Rotterdam) biedt snelle toegang tot wereldmarkten.
- Overheid stimuleert innovatie en publiek-private samenwerking.[5]
- Dynamisch ecosysteem met startups, groeiende scale-up pijplijn met potentiële unicorns en gevestigde bedrijven.
- European Medicines Agency (EMA) is gevestigd in Amsterdam
- Initiatieven voor ondernemerschap, vaardigheden en talentontwikkeling. (Initiatieven voor aantrekken en behouden technisch talent).
- Nederland scoort goed op wetenschappelijke output en innovatiekracht.

Zwaktes (intern, binnen Nederlandse invloedsfeer)

- Gebrek aan structurele, langjarige publieke investeringen en centrale regie; veel tijdelijke projectfinanciering. Projecten volgen geen strategie of lijn in keuzes, waardoor een gedegen onderbouwing met een solide business case regelmatig ontbreekt.
- Versnipperd en ontoereikend valorisatie- en financieringslandschap (weinig non-dilutive funding, weinig spin-outs).
- Beperkte arbeidscapaciteit en fysieke ruimte; met haperende voorwaarden (o.a. netcongestie) uitdagingen bij opschaling van startups.
- Relatief lage maatschappelijke impact en commercialisering van kennis.
- Beperkte omvang van de thuismarkt, strenge beoordelingscriteria en lage betalingsbereidheid remmen schaalvergroting en investeringen.
- Complexe en trage toegang tot de Nederlandse markt voor innovatieve producten.
- Onvoldoende toegang tot wél beschikbare gezondheidsdata en biobanken voor bedrijven.
- Recente bezuinigingen op onderwijs en wetenschap zetten continuïteit onder druk.
- Fysieke infrastructuur: soms tekort aan labruimte, netcongestie, geen landelijk overzicht beschikbare ruimte.

Kansen (extern, buiten Nederlandse invloedsfeer)

- Groeimarkten in duurzame landbouw, gepersonaliseerde geneeskunde, biobased materialen, alternatieve eiwitten, circulaire economie.
- Nieuwe markten in cel- en gentherapie, cellulaire agricultuur, innovatieve diagnostiek en preventie.
- Groot exportpotentieel door internationale koploerspositie en patentportfolio.
- Europese initiatieven (Biotech Act, Biomanufacturing Initiative) kunnen regelgevingskader en markttoegang verbeteren.
- Aansluiting bij NAVO-programma's biedt toegang tot gezamenlijke R&D, kennisdeling en

strategische projecten rond biosecurity.

- Internationale samenwerking vergroot toegang tot kapitaal, kennis en markten.
- Maatschappelijke uitdagingen (gezondheid, voedselzekerheid, klimaat, circulariteit) vergroten de relevantie van biotech.
- McKinsey schat de maatschappelijke en economische baten van biotech voor Nederland op €30 miljard per jaar, bij optimaal benutten van het voorhanden potentieel.

Bedreigingen (extern, buiten Nederlandse invloedsfeer)

- Geopolitieke ontwikkelingen (bijv. 'America First'-beleid, strategische afhankelijkheden) kunnen toegang tot markten en technologie beperken.
- Overregulering en restricties op markttoegang in Europa kunnen innovatie en export belemmeren.
- Arbeidsmarktkrapte en beperkte fysieke ruimte zijn ook internationaal een uitdaging, Nederland concurreert met hubs die meer werk maken van het aantrekken van talent, en meer financieren en faciliteren.
- Businesscase voor groene/circulaire producten is vaak lastig door concurrentie met fossiele alternatieven en traditionele ketens.
- Economische en kennisveiligheid: risico op verlies van strategische kennis en bedrijven aan het buitenland.
- Ethische dilemma's, veiligheid, biosecurity en biosafety vragen om voortdurende aandacht en kunnen tot strengere eisen leiden.
- Internationale concurrentie (België, VS, Zwitserland) investeert structureel meer en biedt aantrekkelijker vestigingsklimaat.

Bijlage 2: Serendipiteit, strategie en doorzetten; het verhaal van Keytruda.

Bij het ontstaan van veel impactvolle innovaties speelt serendipiteit een grote rol, zoals bij de ontdekking van penicilline door Alexander Fleming, maar ook bij de ontwikkeling van Keytruda, een effectieve immuuntherapie tegen kanker en een van de meest succesvolle geneesmiddelen ooit. Terugkijkend was de kans nihil dat dit ooit een medicijn voor zoveel patiënten zou worden. De vinding verdween initieel op een plank, totdat – veel later – er voldoende kennis en technologie voorhanden was om de potentie van de vinding in te zien. Dat de inzetbaarheid later ook zo breed blijkt te zijn, was niet bekend bij die eerste pogingen een therapie te maken van een PD-1 remmer .

Organon in Oss was, rond 2000, de bakermat van de oorspronkelijke PD-1-remmer die later Keytruda zou worden. Nederlandse wetenschappers leverden cruciale inzichten in immuunmodulatie en moleculaire targets. De vroege onderzoeksfase in Nederland vormde de wetenschappelijke basis voor een van de grootste successen in de immuno-oncologie.

Een krachtige remmer van PD-1 werd per ongeluk ontdekt, terwijl onderzoekers eigenlijk probeerden het immuunsysteem te remmen door PD-1 te stimuleren. Na een aantal fusies en overnames kwam het project in 2009 bij Merck (in Nederland MSD) terecht. In het begin kreeg het programma weinig aandacht en stond het zelfs op het punt uit te worden gelicentieerd; een deal was al bijna rond, maar werd op het laatste moment stopgezet. Merck besloot toch door te gaan toen concurrent Bristol-Myers Squibb succes boekte met een vergelijkbare PD-1-remmer.

Onder leiding van Roger Perlmutter, hoofd R&D bij Merck, kreeg Keytruda topprioriteit. Hij breidde de fase I-studie uit naar 3.500 patiënten met diverse vormen van kanker. Dankzij het nieuwe FDA Breakthrough Therapy Designation-programma werd Keytruda versneld goedgekeurd in 2014, slechts 3,5 jaar na de eerste klinische toediening. De goedkeuring was gebaseerd op indrukwekkende resultaten bij patiënten met een uitgezaaid melanoom die niet meer reageerden op bestaande behandelingen. Keytruda is een van de meest succesvolle immunotherapieën en wordt inmiddels ingezet bij 33 indicaties verspreid over 16 verschillende vormen van kanker, waaronder longkanker, melanoom, nierkanker, maagkanker, baarmoederhalskanker en triple-negatieve borstkanker. In 2022 werd de indrukwekkende mijlpaal van meer dan 1 miljoen behandelde patiënten bereikt. [\[Fiercepharma\]](#). Dat mag met een omzet van bijna \$30 miljard (2024) ook een groot financieel-economisch succes worden genoemd.



Bijlage 3: Mensen met een missie: Het verhaal van No Palm Ingredients

No Palm Ingredients is ontstaan vanuit een duidelijke missie: het ontwikkelen van duurzame, palmolievrije alternatieven voor de voedingsmiddelenindustrie. Het bedrijf werd opgericht in Wageningen, door een groep mensen die zich zorgen maakten over de impact van palmolieproductie op het milieu, biodiversiteit en lokale gemeenschappen. Hun overtuiging was dat het anders moest én kon. In 2021 zetten onderzoeker Lars Langhout en WUR-hoogleraar Jeroen Hugenholtz de stap van academie naar ondernemerschap.

Wat No Palm Ingredients onderscheidt, is de combinatie van missiegedrevenheid en diepgaande kennis. Het team bestaat uit biotechnologen, voedingsdeskundigen en ondernemers die hun expertise inzetten om een radicaal andere oplossing te ontwikkelen. In plaats van conventionele landbouw, gebruikt No Palm Ingredients fermentatietechnologie: zij zetten reststromen uit de voedingsindustrie om in hoogwaardige oliën en vetten, met behulp van gisten en schimmels. Dit proces is circulair, efficiënt en vraagt geen extra landbouwgrond.

No Palm Ingredients bewijst dat een duidelijke missie – het elimineren van palmolie uit de keten – in combinatie met technologische innovatie het verschil kan maken. Door diepgaande kennis van microbiologie, fermentatie en procestechnologie te bundelen, ontwikkelde het team een platform waarmee duurzame ingrediënten op industriële schaal geproduceerd worden. Hun verhaal laat zien hoe idealen, visie en expertise samenkomen in een innovatieve onderneming die met doorzettingsvermogen werkt aan baanbrekende oplossingen voor mondiale uitdagingen en een duurzamere toekomst.

Wereldwijd wordt er 74,2 miljoen ton palmolie gemaakt met een marktwaarde van 75 miljard. Dit benadrukt het potentiële verdienvermogen: bij een groeiend marktaandeel kan dit type alternatief een betekenisvolle bijdrage leveren aan omzet, werkgelegenheid en CO₂-reductie.



Bijlage 4: Koploper in koeloze kaas: Het verhaal van Those Vegan Cowboys

Nederland en kaas zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Jaarlijks produceren we bijna 950 miljoen kilo kaas, grotendeels van koemelk. We eten het graag – gemiddeld tussen de 17 en 22 kilo per persoon per jaar – maar we exporteren het vooral: in 2023 ging er ruim 1,1 miljard kilo kaas de grens over, goed voor €5,9 miljard²⁸.

Toch vertelt het prijskaartje niet het hele verhaal. Voor één kilo kaas is tien liter melk nodig. De boer ontvangt daarvoor slechts €0,28 tot €0,40 per liter, terwijl de winkelprijs voor kaas tussen de €10 en €16 per kilo ligt. De echte kosten zitten echter in de impact op milieu en omgeving:

- De productie van 1 kg kaas veroorzaakt circa 13,1 kg CO₂-equivalent, vooral door methaan van koeien (28x schadelijker dan CO₂).
- Er is zo'n 5.000 liter water nodig voor 1 kg kaas.
- De milieu-impact is vergelijkbaar met varkensvlees, lager dan rundvlees, maar nog steeds aanzienlijk.
- Voor 1 kg kaas is jaarlijks 5,4 m² landbouwgrond nodig²⁹.
- Koeien gezond houden vraagt om antibiotica en intensief beheer³⁰.

De vraag naar Nederlandse kaas blijft wereldwijd groeien. Hoe kunnen we meegroeien zonder dat de impact op milieu, gezondheid en omgeving even hard meegroeit?

Het antwoord: kaas maken zonder koe. Dankzij biotechnologische innovatie is dat nu mogelijk. Een inspirerend voorbeeld is Those Vegan Cowboys. Dit Nederlandse bedrijf maakt kaas met behulp van micro-organismen (gist) die melkeiwitten produceren, zonder dat er een koe aan te pas komt. Het resultaat: echte kaas, maar dan volledig plantaardig en met een veel lagere milieu-impact. De technologie die Those Vegan Cowboys inzetten en verder ontwikkelen, is het resultaat van intensieve samenwerking en kennisopbouw. Ook voor hen geldt: samenwerken voor impact. Zo werken ze onder andere samen met Wageningen Universiteit en de Universiteit Gent om deze duurzame innovatie verder te ontwikkelen en op te schalen. Deze nieuwe generatie kaas biedt dezelfde smaak en functionaliteit, maar zonder methaanuitstoot, zonder grootschalig landgebruik en met veel minder waterverbruik. Zo blijft Nederland koploper in kaas, maar dan op een toekomstbestendige manier. Kaas zonder koe: typisch Nederlands, maar klaar voor de wereld van morgen.



28 <https://longreads.cbs.nl/nederland-in-cijfers-2022/hoeveel-kaas-produceren-we/>

29 <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/milieu-en-klimaat.aspx>

30 <https://verduurzamingnederland.nl/>

Bijlage 5: CRISPR-Cas als innovatie in plantenveredeling

Met CRISPR-Cas kunnen planten snel en nauwkeurig worden aangepast, bijvoorbeeld voor ziektebestendigheid, droogtetolerantie of betere voedingswaarde. De technologie is wetenschappelijk bewezen en wereldwijd zijn er al diverse gewassen mee ontwikkeld, zoals tarwe, rijst, tomaat en maïs.

Beperkte marktacceptatie in Europa

Ondanks de voordelen voor duurzaamheid en voedselzekerheid, blijft brede toepassing in Europa en Nederland uit. Dit komt vooral door:

- **Strenge regelgeving:** CRISPR-Cas-planten vallen onder dezelfde zware regels als klassieke GMO's, ondanks het ontbreken van vreemd DNA. Dit maakt toelating traag, duur en onzeker.
- **Publieke perceptie:** Er is veel maatschappelijke discussie en verwarring met traditionele gentech.
- **Markttoegang:** Door deze barrières is het voor bedrijven onaantrekkelijk om CRISPR-Cas-gewassen in Europa te introduceren, terwijl ze elders (VS, Zuid-Amerika, Azië) al commercieel worden toegepast.

Hierdoor dreigt Europa zijn voorsprong te verliezen, ondanks het grote potentieel van deze technologie.



Bijlage 6: Cijfers en getallen over B&CT sector.

Bx.1 Macro-economische impact en groeipotentieel

- Jaarlijkse economische en maatschappelijke baten van biotechnologie voor Nederland worden door McKinsey geschat op €30 miljard per jaar. Dit betreft gezondheidswinst, duurzamere en efficiëntere productie van voeding en materialen, en bredere welvaart.³¹
- De rode biotechnologiesector (medische biotechnologie) is in 2024 goed voor €13 miljard omzet en 1,3% van het Nederlandse BBP. De sector groeit mondiaal met 8,6% per jaar. De ambitie is om het BBP-aandeel te laten groeien naar 2,5% in 2035, wat neerkomt op een structurele groei van 1,2% van het BBP.³²
- De totale biotechnologiesector (rood, groen, wit) werd in 2013 geschat op €13,8 miljard productiewaarde en €4,6 miljard toegevoegde waarde. Dit was toen 5,4% van de productiewaarde en 6,7% van de toegevoegde waarde van vier relevante topsectoren (Agri & Food, Life Sciences & Health, Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, Chemie).³³
- Werkgelegenheid: In 2013 bood de sector werk aan 34.800 mensen (2,9% van de banen in de vier topsectoren). In 2024 zijn er ruim 53.000 directe banen in de life sciences-sector.³⁴
- Private investeringen in R&D: In 2024 bedragen de private R&D-investeringen in Nederland €900 miljoen, fors lager dan België (€5,7 miljard) en Zwitserland (€9,6 miljard).³⁰
- Investeringen in R&D: Nederland staat op de 12e plaats in Europa qua publieke R&D-investeringen (2,2% van het BBP in 2024).³⁰
- Exportwaarde: De exportwaarde van geneesmiddelen en farmaceutische producten bedroeg €53 miljard in 2024.³⁰

Bx.2. Internationale positie en groeiverwachting

- Nederland staat wereldwijd op de 6e plaats als vestigingslocatie voor life sciences-bedrijven (benchmark 2025, KPMG).³⁰
- Nederland heeft een sterke kennispositie en is wereldwijd leidend in agrofood, uitgangsmaterialen en zaadveredeling (bijna 40% van de wereldhandel in zaden voor tuinbouw en akkerbouw komt uit Nederland). Om deze sector ook toekomstbestendig te maken wordt ingezet op Cellulaire Agricultuur. Het gelijknamige groeifondsvoorstel heeft de ambitie om de Nederlandse CA-industrie te laten groeien tot een nieuwe volwaardige sector.³
- De sector groeit sneller dan het bbp: De toegevoegde waarde van de Nederlandse agrofoodsector groeide jaarlijks met 2,2% (2013), sneller dan het bbp.²⁹ Op verdere groei wordt ingezet door middel van onder andere CropXR. Het Nationaal Groeifonds voorstel gericht op het versterken van de leidende positie van de Nederlandse plantenveredelingssector op een snelgroeiende exportmarkt en vergroting van het verdienvermogen.

31 <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2025/04/11/kabinetvisie-op-biotechnologie>

32 https://leidenbiosciencepark.nl/wp-content/uploads/2025/12/nederland.in_de_voorhoede.rode_biotech.als_sleutel.tot_wereldwijde.concurrentiekracht.3.pdf

33 <https://cogem.net/app/uploads/2019/07/CGM-2015-01-Economische-analyse-van-de-Nederlandse-biotechnologiesector.pdf>

34 <https://www.hollandbio.nl/nieuws/kpmg-en-amcham-nederland-moet-aan-de-bak-om-niet-achterop-te-raken-met-haar-life-sciences-sector/>

Bx.3 Specifieke groeimarkten en investeringsprogramma's

- Nationaal Groeifonds: Tussen 2021 en 2024 is €1,27 miljard toegekend aan biotechnologie-gerelateerde projecten (o.a. Biobased Circular, Oncode Accelerator, RegMed XB, CropXR, Biotech Booster, Cellulaire Agricultuur NL, Pharma NL).²⁷
- Iedere geïnvesteerde euro in de NGF-projecten levert gemiddeld € 5,80 aan rendement op in 2040.³⁵
- Biobased Circular: Dit programma voegt naar verwachting €1,5 miljard tot €3,5 miljard toe aan het bbp. Het aantal banen neemt met 2.500 tot 8.300 toe.³⁶
- Structurele investeringen: Voor het versterken van het ecosysteem wordt een jaarlijkse publieke investering van €800 miljoen voorgesteld (waarvan €200 miljoen in randvoorwaarden), met een multiplier-effect op private investeringen.²⁸
- Werkgelegenheidsgroei: Door gerichte investeringen kan de sector groeien naar 38.000 extra banen in 2035 (21.000 door investeringen, 16.000 door endogene marktgroei).²⁸

Bx.4 Knelpunten

- Nederland blijft achter bij koplopers als België en Zwitserland qua R&D-investeringen, markttoegang en consistent langetermijnbeleid.²⁸
- Toegang tot geneesmiddelen: Nederland is in de EU gezakt van de vijfde naar de elfde plaats wat betreft toegangstijd tot geneesmiddelen.³⁰

35 <https://www.rabobank.nl/kennis/d011408486-investeringen-moeten-prominenter-op-de-politieke-agenda>

36 <https://www.chemport.eu/media/nieuws/groeifondsvoorstel-biobased-circular-article-in-dutch/>



Bijlage 7: Toelichting KPI's & Control points

Een meer expliciete invulling van deze control points omvat onder meer:

Marktmacht & markttoegang

Doorlooptijden en voorspelbaarheid in toelating en marktintroductie via o.a. EMA, CBG, EFSA en (voor zorgtoepassingen) HTA- en pakkettoelating/inkoop via o.a. Zorginstituut Nederland en zorgverzekeraars, plus daadwerkelijke adoptie in ketens via inkoop, implementatie en standaarden.

Strategische assets

Toegang tot test-, pilot-, demonstratie- en (waar relevant) GMP-capaciteit, labruimte, energie- en netcapaciteit, digitale infrastructuur, en toegang tot (gezondheids)data en biobanken (o.a. via Health-RI en relevante biobanknetwerken), naast beschikbaarheid van kritieke grondstoffen, reagentia en apparatuur.

Ketengovernance & afhankelijkheden

Rolverdeling en mandaten in de keten, toegang tot opschaling (o.a. via CDMO's en ketenpartners), afspraken over kwaliteitsborging en interoperabiliteit (o.a. via NEN/ISO waar relevant), en borging van publieke waarden zoals veiligheid, ethiek en duurzaamheid.

Talent & organisatievermogen

Beschikbaarheid en ontwikkeling van schaarse profielen (bioprocessing, regulatory/QA-QC, data/AI, operatoren), doorlopende instroom via onderwijs en om-/bijscholing (o.a. met betrokkenheid van universiteiten, hogescholen en UMC's), en verkorting van doorlooptijden in tech transfer en opschaling (o.a. via Technology Transfer Offices).

Financieringshefboompunten

Beschikbaarheid van non-dilutive financiering (een vorm van financiering waarbij een bedrijf kapitaal aantrekt zonder afstand te doen van enig eigendom en/of aandelen) in vroege fasen (o.a. NWO, ZonMw, NGF), follow-on financiering voor scale-ups (o.a. Invest-NL, private investeerders), en mechanismen voor co-investering en structurele financiering om de keten van R&D naar opschaling structureel te versterken.

Key Performance Indicators

Mogelijke indicatoren welke verder toe te spitsen zijn op deelgebieden van de Biomolecular & Cell Technologies, innovatieprogramma's, ecosysteem activiteiten en ontwikkeling. Ze ondersteunen het inzicht in de sector, bieden transparantie en verantwoording en ondersteunen besluitvorming.

Kenniscreatie	Aantal wetenschappelijke publicaties
	Veldgewogen citatie-impact
	Publiek-private co-publicaties (bron: European Innovation scorecard)
R&D-input	Totale R&D-uitgaven (publiek en privaat)
	Aantal onderzoekers (FTE)
	Aandeel R&D in het BBP (bron: OECD)
Valorisatie [WIPO]	Aantal PCT/EPO patentaanvragen (biotech, bijv. IPC C12)
	Aantal verleende patenten
	Doorlooptijd van disclosure tot licentie
	Aantal licentiedeals en licentieopbrengsten
	Aantal spin-offs per kennisinstelling, onderzoeksgroep en groeifondsvoorstel
Vroege financiering & ondernemerschap [EIS, Biotechgate, Dealroom]	Venture capital per jaar
	Aantal en omvang van financieringsrondes (pre-seed/seed/Series A+)
	Aandeel non-dilutive grants
	Percentage teams met vervolgfianciering binnen 18-24 maanden
	Mediane tijd tussen financieringsrondes (bron: EIS, Biotechgate)
Klinische ontwikkeling	Aantal gestarte interventional trials per jaar (per fase)
	Aandeel trials met Nederlandse sites
	Rekruteringsnelheid en time-to-first-patient
	Aandeel first-in-human studies
Regulator & markttoegang	Tijd van EMA-goedkeuring tot vergoeding/referentieprij (mediaan)
	Percentage nieuwe middelen met toegang binnen twaalf maanden
	Uitkomsten van Health Technology Assessment
Opschaling & industriële capaciteit	GMP-capaciteit (bioreactorvolume, batches per jaar)
	Aantal productie- en QC-faciliteiten (CDMO/integraal)
	Bezettingsgraad, doorlooptijd tech transfer
	Investerings in labs en pilot plants
	Beschikbaarheid van lab- en campusruimte
Adoptie & economische performance	Exportwaarde (farmaceutica, veredeling, voeding, biotech)
	Bruto toegevoegde waarde (GVA)
	Arbeidsproductiviteit
	Aantal banen (direct/indirect)
	Aandeel life sciences in de industrie-export



Maatschappelijke impact (health & sustainability)	Gewonnen QALY's / vermeden ziekenhuisopnames in speerpuntindicaties
	Tijd tot juiste behandeling (Precision Health)
	CO ₂ -intensiteit per eenheid output in bioproductie
	Circulariteit (bron: EIS, beleidsindicatoren)
Ecosysteemdynamiek	Dichtheid en groei aantal bedrijven per stadium (startup/scale-up/midcap)
	Aantal nieuw opgerichte bedrijven per jaar
	Samenwerkingsgraad (consortia, PPS)
	Internationale ranking/positie (EIS-index)



Bijlage 8: Casus Denemarken; Schaal continuïteit en ecosysteemwerking, Novo Nordisk.

Het innovatieproces bij Novo Nordisk is een schoolvoorbeeld van hoe fundamentele kennis kan uitgroeien tot een wereldwijd toonaangevend bedrijf dat het innovatie-ecosysteem continu voedt. Niet omdat ze vooraf dachten dat een medicijn voor diabetici ook effect zou hebben voor patiënten met obesitas. Maar omdat ze kennis en kunde wilde inzetten om verschil te maken voor patiënten, links of rechtsom.

Het begon in de jaren 1920 met wetenschappelijk onderzoek naar insuline aan de Universiteit van Kopenhagen. De ontdekking van insuline leidde tot de oprichting van Novo en Nordisk, twee Deense bedrijven die zich toededen op de productie van insuline voor diabetespatiënten.

Deze bedrijven startten als kleine ondernemingen, gericht op het vertalen van wetenschappelijke doorbraken naar een eerste product: insuline. Ze bouwden expertise op in biotechnologische productie en wisten hun eerste producten succesvol op de markt te brengen.

Door voortdurende innovatie, uitbreiding van het productportfolio (zoals groeihormonen en GLP-1-therapieën), en internationale groei, transformeerden Novo en Nordisk tot grotere bedrijven. In 1989 fuseerden ze tot Novo Nordisk, dat wereldwijd actief werd en fors investeerde in R&D, productie en talent.

Novo Nordisk groeide uit tot een van de grootste farmaceutische bedrijven ter wereld, met een sterke focus op diabetes, obesitas en zeldzame ziekten. Het bedrijf investeert jaarlijks miljarden euro's in R&D en werkt nauw samen met universiteiten, startups en onderzoeksinstituten. Via de Novo Nordisk Foundation worden grootschalige onderzoeksprogramma's, infrastructuur en talentontwikkeling gefinancierd, waarmee het Deense innovatie-ecosysteem wordt versterkt.

Uit het ecosysteem rond Novo Nordisk ontstaan voortdurend nieuwe startups, vaak als spin-offs van medewerkers of door valorisatie van nieuwe technologieën. De Foundation en het bedrijf investeren actief in incubators, venture capital en publiek-private samenwerkingen, waardoor een continue stroom van innovatie en ondernemerschap wordt gestimuleerd.

Novo Nordisk laat zien hoe fundamenteel onderzoek kan leiden tot een startup, die uitgroeit tot een scale-up en vervolgens tot een wereldspeler. Door te blijven investeren in kennis en samenwerking, ontstaan er steeds weer nieuwe startups en innovaties, waardoor het ecosysteem zichzelf versterkt en Denemarken een internationale koploper blijft in biotechnologie.

KPI's

- R&D uitgave Novo Nordisk €3,7 miljard, ~20% van R&D uitgaven in Denemarken.
- Novo Nordisk Foundation investeert jaarlijks > €1.5 miljard in wetenschappelijk onderzoek, infrastructuur en talentontwikkeling

Bijlage 9: Overzicht van toepassingsgebieden van B&CT

1. Gezondheidszorg en geneeskunde

- Ontwikkeling van geneesmiddelen: Nieuwe therapieën zoals biologicals, gentherapie, celtherapie (ATMP's), en gepersonaliseerde medicijnen.
- Diagnostiek: Moleculaire diagnostiek, point-of-care tests, liquid biopsies, en companion diagnostics.
- Regeneratieve geneeskunde: Stamceltherapie, weefselkweek, organoïden en tissue engineering.
- Vaccins: Nieuwe generaties vaccins, waaronder mRNA- en vectorvaccins.

2. Landbouw en voeding

- Precisielandbouw: Genetische verbetering van gewassen en veestapel, CRISPR-toepassingen, en resistentie tegen ziekten.
- Voedselproductie: Fermentatie voor alternatieve eiwitten (bijv. kweekvlees, precisiefermentatie), enzymen voor voedselverwerking, en probiotica.
- Duurzame productie: Biotechnologische productie van ingrediënten, smaakstoffen, vitamines en additieven.

3. Industrie en milieu

- Industriële biotechnologie: Productie van biobased materialen, bioplastics, coatings en dunne films, lijm- en kleefstoffen, biologisch afbreekbare materialen, enzymen en chemicaliën via fermentatie of celtechnologie.
- Milieutechnologie: Bioremediatie (opruimen van verontreinigingen met micro-organismen), waterzuivering en recycling van biomassa.
- Duurzame energie: Productie van biobrandstoffen en groene waterstof via micro-organismen of algen.

4. Overige toepassingen

- Forensische biotechnologie: DNA-analyse voor identificatie en opsporing.
- Landbouwdiagnostiek: Snelle detectie van plantenziekten en monitoring van bodemgezondheid.
- Cosmetica: Biotechnologische productie van actieve ingrediënten voor huidverzorging en cosmetica.

Bijlage 10: Innovatieprogramma's 2026

Voor verschillende toepassingen van Biomolecular & Cell Technologies worden ook in 2026 onder de vleugels van de actieagenda nog programma's uitgewerkt. Het veld is zo uitgebreid en de toepassingen relevant dat dit bij uitstek een actieve agenda en proces is. Programma's die in 2026 nader uitgewerkt worden:

Witte biotechnologie; verbreden van de basis

Industriële fermentatie kan stoffen beschikbaar maken op een manier die onafhankelijk is van agronomische factoren (zoals seizoensinvloeden en mislukte oogsten), flexibel is in tijd, gecontroleerd in kwantiteit en kwaliteit, en onafhankelijk van geopolitieke omstandigheden. Biotechnologische productieprocessen kunnen zo nodig gecombineerd worden met chemische omzettingen. Diverse technologieën zijn in Nederland al tot start-up of scale-up niveau gebracht, echter er is nog veel meer potentie, en ook economische noodzaak. Dit programma zal zich richten op het verbreden van de kennis- en technologische basis in Nederland ten behoeve van (een selectie van);

- Voedselingredienten (Food ingredients) zoals hoogwaardige, natuurlijke smaak- en zoetstoffen. Hiervan zijn enkelen recent op de markt gekomen (ook door Nederlandse bedrijven) wat de economisch haalbaarheid van dit concept bewijst
- Andere voedingsingredienten, oliën, natuurlijke conserveringsmiddelen en kleurstoffen.
- Producten met cosmetische toepassing (e.g. UV scavengers),
- Grondstoffen voor medicijnen
- Natuurlijke gewasbeschermingsmiddelen en bio-stimulanten (o.a. als vervanging voor uitgefaseerde producten).

Biotechnologie voor materialen

Het doel van dit innovatieprogramma is het verder ontwikkelen van nieuwe omzettingstechnologieën en productieketens voor de productie van materialen die op dit moment op fossiele grondstoffen (met name olie) gebaseerd zijn. De beoogde uitfasering van fossiele grondstoffen dwingt tot het vinden van nieuwe manieren om de alledaagse materialen te maken. Wereldwijd wordt jaarlijks ongeveer 400 miljoen ton plastics, 100 miljoen ton textiel en ongeveer 150 miljoen ton overige materialen en chemicaliën geproduceerd uit fossiele grondstoffen. Nederland heeft vanouds een sterke positie in dit domein, die echter onder druk staat. Voor de vervanging van aardolie in deze toepassingen zijn biograndstoffen zoals uit reststromen één van de noodzakelijk bronnen, en is biotechnologie één van de noodzakelijke technologieën. Dit programma zal samen met Chemistry-NL worden vormgegeven en is aanvullen op *Innovatieprogramma Zero Emission Biomanufacturing (ZEB)*.

Bijlage 11: Initiatieven naast de reguliere opleidingen in de sector

Naast de reguliere opleidingen zijn er al diverse sterke trajecten voor talent- en ondernemersontwikkeling in de B&CT-sector. Het behouden, versterken én breder toegankelijk maken van deze programma's is een logische eerste stap. Tegelijkertijd veranderen de behoeften in de sector snel, onder invloed van technologische ontwikkelingen, bezuinigingen op het onderwijs, teruglopende investeringen in onderzoek en de groei van bedrijven. Daarom is het cruciaal dat het aanbod flexibel blijft en ruimte biedt om tijdig bij te sturen, zodat talentontwikkeling en ondernemerschap optimaal kunnen inspelen op de dynamiek van de sector.

**het overzicht is indicatief en niet uitputtend, bedoeld ter illustratie van de verschillende mogelijkheden die er zijn voor de B&CT sector, volgorde is willekeurig.*

Biotech Training Facility

Hands-on trainingscentrum voor (toekomstige) biotech-professionals, met praktijkgerichte cursussen op het gebied van GMP, productie, laboratoriumvaardigheden en bioprocessing. Gericht op studenten, starters én professionals.

Biotech Booster

Biotech Booster biedt startende ondernemers in de biotechnologie gerichte ondersteuning om hun innovatie succesvol naar de markt te brengen. De belangrijkste vormen van ondersteuning zijn: coaching en begeleiding, financiering, netwerktoegang, workshops en trainingen, versnelling van valorisatie. Deze combinatie vergroot de kans dat innovaties daadwerkelijk doorontwikkelen tot een start-up of scale-up.

Oncode Institute

Oncode Institute biedt talentprogramma's, mentoring en ondernemerschapsbegeleiding voor onderzoekers in de oncologie. Oncode Accelerator ondersteunt valorisatie en het opzetten van startups rond kankeronderzoek.

RegMed XB

RegMed XB (Regenerative Medicine Crossing Borders) biedt talentprogramma's, summer schools en valorisatietrajecten gericht op regeneratieve geneeskunde en biotechnologie.

TOPX Network

Een netwerk en leiderschapsprogramma voor vrouwelijk talent in de life sciences, met trainingen, mentoring en events.

NWO Take-off & NWO XS

Financierings- en begeleidingstrajecten van NWO voor wetenschappers die hun biotech-innovatie willen valoriseren of een startup willen starten.



Cellulaire Agricultuur Nederland

Cellulaire Agricultuur Nederland (CAN) ontwikkelt gericht talent voor de sector via:

- een intensieve Advanced Course on Cellular Agriculture,
- onderwijsmodules en Massive Open Online Courses (MOOCs) voor MBO, HBO en WO,
- postdoctorale cursussen en beurzen voor zij-instromers.

Daarnaast worden extra HBO-instellingen uitgenodigd om aan te sluiten bij het programma. Deze activiteiten zijn onderdeel van het Groeiplan 2024-2032, dat inzet op een sterke instroom en doorontwikkeling van talent voor cellulaire landbouw.

Venture Challenge

De Venture Challenge is een intensief trainingsprogramma voor startende life sciences teams die hun innovatie willen omzetten in een businessplan. Sinds 2008 deden ruim 150 teams mee, waarvan velen zijn uitgegroeid tot succesvolle startups. Het programma bestaat uit een bootcamp, coaching, workshops en een pitchdag, met aandacht voor business development, IP, marktvalidatie en financiering. De Venture Challenge wordt meerdere keren per jaar georganiseerd en is bedoeld voor onderzoekers en ondernemers die hun innovatie versneld naar de markt willen brengen.

BioBusiness Summer School

De BioBusiness Summer School is een intensief vijfdaags trainingsprogramma gericht op (jonge) professionals, promovendi en postdocs die een carrière in de life sciences en biotech overwegen of willen versnellen. De Summer School biedt:

- inzicht in het brede life sciences bedrijfsleven,
- workshops en interactieve sessies,
- netwerkmogelijkheden, en
- carrière-oriëntatie.

Techleap

Hoewel Techleap niet specifiek gericht is op biotech zijn er veel ondernemers en starters die een stap voorwaarts hebben gezet dankzij hun programma's. De verschillende programma's van Techleap:

- Techleap Rise,
- Pole Position,
- Empowerment & Diversity Initiatieven,
- Access to Talent,
- Community & Netwerk,
- Ondersteuning bij internationalisering

Deze programma's helpen ondernemers met hun groeiambities.



Colofon

Auteurs:

Jan van den Berg (BASF | Nunhems), Harriette Bos (TKI Agri & Food), Jetty van Ginkel (hDMT), Oscar Goddijn (DSM-Firmenich), Richard Immink (4TU.Federatie), Hanna Lammertse (hDMT), Monique Lukassen (Plantum), Nico van Meeteren (Health-Holland), Dora Menting (HollandBio), Olga Scholten (TKI Tuinbouw & Uitgangsmaterialen) en Jannica Swieringa (Health-Holland), Laura Windt (Health-Holland).

