



DE GROEIENDE IMPACT VAN ANALYSE- TECHNIEKEN OP DE SAMENLEVING

**LECTORALE REDE
JOS BROUWERS**

22 mei 2024

avans
hogeschool

DE GROEIENDE IMPACT VAN ANALYSETECHNIEKEN OP DE SAMENLEVING

**KENNIS IN STELLING VOOR
PRAKTIJKGERICHT ONDERZOEK**

Jos Brouwers

Lectorale rede in verkorte vorm uitgesproken
22 mei 2024

VOORWOORD



Leuk dat u interesse heeft in het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences (ATLS) van Avans Hogeschool! In dit boekje neem ik u mee langs de geschiedenis van ons lectoraat en schets ik hoe het lectoraat een brug vormt tussen praktijkgericht onderwijs en onderzoek. Daarin zijn we niet opportunistisch maar maken we juist weloverwogen keuzes in onderzoekslijnen die passen binnen het Centre of Expertise waarvan we deel uitmaken, en aansluiten bij het onderwijs dat wordt gegeven. Zo bewaken we kwaliteit

en relevantie. Ook belicht ik ons gereedschap: de bloeiende technologische vernieuwingen die we bij dit onderzoek gebruiken in het 'natte' laboratorium waar we experimenten uitvoeren. Het 'droge' laboratorium, bestaande uit de computers waar we op een slimme manier zoveel mogelijk informatie en kennis uit de verzamelde data proberen te halen, komt ook aan bod.

Daarnaast neem ik u mee naar het werkveld, de partijen voor wie we ons onderzoek uitvoeren. Ik zal alvast een tipje van de sluier oplichten: dit werkveld is zeer breed en omvat niet alleen publieke partijen en het bedrijfsleven, maar ook de kennisinstellingen waar vaak fundamenteel onderzoek wordt uitgevoerd. Onze studenten komt u op zeer verschillende plaatsen tegen!

Geen terugblik zonder vooruitblik. Daarom sta ik ook stil bij kansen en uitdagingen voor de toekomst. Waar zijn we goed in, waar kunnen we in groeien? Met dit boekje wil ik proberen een blauwdruk van het lectoraat te presenteren en de veelgestelde vraag beantwoorden: "Wat doen jullie nou eigenlijk in zo'n lectoraat?"

Veel leesplezier!

Jos Brouwers

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	3
Waarom een lectoraat “Analysetechnieken in de Life Sciences”?	7
Een perspectief op het lectoraat	11
Een perspectief op het werkveld	27
Een perspectief op onderwijs	35
Een perspectief op de toekomst	39
Dankwoord	43
De mensen van het lectoraat	45
Literatuur	57



Centre of Expertise
Perspectief in Gezondheid
Een initiatief van *avans*

Lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences is onderdeel van Centre of Expertise Perspectief in Gezondheid van Avans Hogeschool. Het Centre of Expertise doet in co-creatie met partners in gezondheid, zorg en welzijn onderzoek waarin het perspectief van verschillende soorten mensen, verschillende soorten onderzoek en de leefwereld aan bod komt.

WAAROM EEN LECTORAAT “ANALYSETECHNIEKEN IN DE LIFE SCIENCES”?

Wat is een “lectoraat” eigenlijk? Niet iedereen is bekend met de terminologie van hogescholen, universiteiten en andere kennisinstellingen maar “lector” en “lectoraat” zijn beschermde titels en benamingen die wettelijk verbonden zijn aan het hoger beroepsonderwijs (hbo) (1). Lectoren zijn verantwoordelijk voor het praktijkgericht onderzoek en voor de bevordering van de verwevenheid daarvan met het onderwijs op het hun toegewezen vakgebied. Anders gezegd, een lector *“ontwikkelt met zijn lectoraat het kennisdomein, genereert kennis, laat dit weer terugvloeien naar het werkveld en past dit toe in onderwijsprogramma’s”* (2). Voorwaar een ambitieuze opdracht!

Een lectoraat vormt zo een cruciale schakel tussen praktijkgericht onderzoek en het praktijkgericht onderwijs. Bij de oprichting van het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences (ATLS), inmiddels ruim 20 jaar geleden, was voorzien dat het lectoraat met name verbonden zou zijn aan de biomedische- en chemische laboratoriumopleidingen. Dit maakt ATLS één van de oudste lectoraten van Nederland. Heel verbazingwekkend hoeft dat niet te worden gevonden, want juist de studenten in deze opleidingen komen op onderzoekslaboratoria terecht en het uitvoeren van onderzoek wordt hen daarom met de paplepel ingegeven.

De karakteristieken van de door Avans opgeleide analisten zijn in de loop van de afgelopen 20 jaar veranderd. De snelle ontwikkeling van technologie heeft geleid tot alsmaar geavanceerdere -en daarmee duurdere- instrumenten. De complexe bediening en onderhoud daarvan zijn typische taken die in het werkveld bij onze voormalige studenten komen te liggen. Analisten van Avans hebben een uitstekende naam op de arbeidsmarkt en dat is niet los te zien van het feit dat er geen andere hogeschool in Nederland is waar men zo snel heeft ingezien dat goede apparatuur geen luxe maar een must is en daar ook concreet invulling aan heeft gegeven.

Het lectoraat verzorgt echter niet het onderwijs aan onze studenten, dat doen de docenten die, vaker niet dan wel, ook nog een onderzoekstaak hebben. Deze docenten zijn goed opgeleid en hebben vaak zelf onderzoekservaring opgedaan, bijvoorbeeld tijdens een promotietraject. In een hoofdstuk geweid aan technologie, schets ik de impact van de technologische ontwikkelingen op onderzoek zoals ik die zelf heb meegemaakt. Hieruit wordt duidelijk dat de ontwikkelingen zo snel gaan dat we onze studenten tekort zouden doen wanneer docenten alleen maar uit eigen onderzoekservaring kunnen putten bij het geven van onderwijs. Een lectoraat zorgt ervoor dat vernieuwingen, technisch, methodologisch of anderszins, hun weg vinden naar de docenten en daarmee het onderwijs. Zo geven we inhoud aan de wettelijke taak om praktijkgericht onderzoek met het onderwijs te verweven.

Het lectoraat ATLS is nauw verbonden aan de opleidingen tot biomedisch en chemisch analist. Hoewel deze opleidingen het analytische aspect delen, zit er ook een duidelijk verschil tussen de opleidingen. De levende natuur staat centraal bij de biomedische opleiding waar de interesse van de chemici zich ook tot de niet-levende chemie uitstrekt. Daar staat tegenover dat de complexe biologische systemen vooral voor de biomedische opleiding relevant zijn. In het lectoraat ATLS komen deze verschillende aandachtsgebieden samen in wat je “de chemie van het leven” zou kunnen noemen. En dan vooral gecentreerd rond de vraag: hoe analyseer je die chemie van het leven?

Bij de ‘hoe’ vraag houdt onze interesse en rol niet op. We zijn meer dan verzamelaars van analyseprotocollen. We ontwikkelen immers het kennisdomein door nieuwe wetenschappelijke kennis te genereren en die voor het werkveld beschikbaar te maken. Ongetwijfeld zijn er nu lezers die ongemakkelijk op hun stoel schuiven: hoezo “wetenschappelijke kennis”, dat is toch het domein van de universiteiten? Bij de hogescholen waren we toch juist praktijkgericht bezig, focus op toepasbaarheid in het werkveld? Klopt, maar deze begrippen zijn niet wederzijds exclusief. “Wetenschappelijke kennis” is hier bedoeld als kennis die op een wetenschappelijke wijze tot stand is gekomen: de juiste controle-experimenten zijn gedaan, de wetenschappelijke literatuur is betrokken en de nieuwe kennis wordt in context geplaatst, bijvoorbeeld in wetenschappelijke, peer-reviewed publicaties. Hierin is er (gelukkig) geen verschil tussen hogeschool en universiteit, sterker nog: zij staan zij aan zij in de strijd tegen de desinformatie die de maatschappij in toenemende mate bedreigt.

Los van de gedeelde werkwijze moet men zich ook realiseren dat het werkveld waar het praktijkgerichte onderzoek van het lectoraat zich op richt, de academische wereld omvat. Hiermee zijn de onderwerpen van universiteiten ook de onze. Vergeet ook niet: de onderzoekslaboratoria van universiteiten en instituten worden voor een groot deel bevolkt door tijdelijk personeel: promovendi en post-docs die na hun project doorstromen naar andere laboratoria. Nieuw verkregen kennis over analysetechnieken of -methodieken loopt het risico met deze tijdelijke werkkrachten van een lab te verdwijnen, tenzij deze kennis ook bij de (permanente) ondersteunende analisten aanwezig is.

Kortom, waarom een lectoraat ATLS? Omdat het lectoraat een rol heeft te vervullen in de opleiding van studenten, het beschikbaar maken van nieuwe kennis en technologie voor het brede werkveld en het verrichten van impactvol onderzoek naar maatschappelijk relevante vraagstukken.

In het volgende hoofdstuk schets ik hoe het lectoraat ATLS de hierboven geschetste taken concreet invult.

EEN PERSPECTIEF OP HET LECTORAAT

Geschiedenis

Het lectoraat ATLS bestaat inmiddels meer dan 20 jaar en is daarmee één van de oudste nog bestaande lectoraten van Nederland. Bij de oprichting in 2002 heette het lectoraat nog “Scheidingstechnieken” en was het onderdeel van de Stichting Brabantse Hogescholen, de voorloper van wat een jaar later Avans Hogeschool werd. De oprichters van het lectoraat hadden bij de directie weten los te praten dat voor de oprichting van een kenniskring met voldoende kritische massa, toch minimaal 1 FTE beschikbaar moest zijn die over vijf docenten werd verdeeld. De begroting was zo opgesteld dat al vanaf het eerste jaar ongeveer 15% van de kosten van het lectoraat uit (contract)onderzoek zou worden betaald. In die tijd en voor een startend lectoraat een behoorlijk ambitieuze doelstelling, zeker omdat het schrijven van subsidievoorstellen destijds niet tot het DNA van hogescholen behoorde. Naast het verwerven van gesubsidieerd onderzoek formuleerde men nog een aantal andere doelstellingen voor het lectoraat die in al die jaren nauwelijks zijn veranderd. Het uitvoeren van onderzoek mét en vóór het bedrijfsleven is altijd één van de belangrijkste doelstellingen gebleven, net als het laten terugvloeien van de nieuw opgedane kennis naar docenten en zo via onderwijsinnovaties naar (toekomstige) studenten. Ook onveranderd is de rol van het lectoraat als plek waar studenten hun stage of afstudeeropdracht kunnen vervullen in een setting waar onderzoek centraal staat. Hiermee biedt het lectoraat een mooie gelegenheid om ervaring op te doen die, met name in het deel van het werkveld dat bestaat uit kennisinstellingen zoals universitaire laboratoria of onderzoeksinstituten, goed van pas komt.

De focus van het lectoraat is in de jaren daarna verbreed van “Scheidingstechnieken” naar “Analysetechnieken”, met de expliciete toevoeging dat het werkgebied zich tot de levenswetenschappen beperkt. Mijn voorgangers hebben een belangrijke rol gespeeld in het ontwikkelen van het lectoraat tot de bloeiende en energieke club die ik bij mijn aanstelling in 2020 aantrof. Henk Claessen, de eerste lector, was bij zijn aantreden 2002 al gepensioneerd medewerker van de Technische Universiteit Eindhoven en was gespecialiseerd in polymeerchemie. Hij zag meteen de grote maatschappelijke waarde van analysetechnieken in de Life Sciences (levenswetenschappen), voeding, farma, biotechnologie en milieuchemie. Dat aandachtsveld is in de jaren 2008-2011 in een duo-baan als lector uitgebouwd door Govert Somsen en Ad de Jong. Beiden waren tevens verbonden aan de groep Biomoleculaire Analyse van wat destijds de Faculteit Scheikunde heette aan

de Universiteit Utrecht. Vanaf 2013 tot begin 2020 nam Theo Noij (Charles River Laboratories) het stokje over, waarbij de Ad de Jong nog enige tijd als adviseur actief bleef.

Mijn aanstelling in september 2020 markeerde het moment waarop het leiden van ons lectoraat niet langer een bijbaan was maar een hoofdaanstelling. Niet toevallig viel dit samen met het Avans-brede programma "Ambitie 2025" waarin de transitie werd ingezet om van onderwijsinstelling te groeien naar kennisinstelling, met gelijke aandacht voor onderzoek en onderwijs.

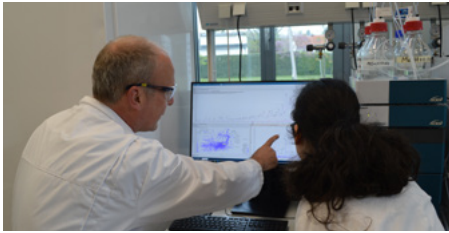
Onze onderzoekslijnen

Onze onderzoekslijnen sluiten aan bij de programmalijnen van het Centre of Expertise (CoE) Perspectief in Gezondheid en het onderwijs van de Academie voor Technologie in de Life Sciences waar we inhoudelijk en historisch sterk mee verbonden zijn. Vanuit drie onderzoekslijnen maken we verbinding met andere CoE's en academies.

1. One Health

De gezondheid van mens, dier en milieu zijn niet los van elkaar te zien, daarvoor zijn ze te nauw verbonden en beïnvloeden zij elkaar te veel. Nederland, met een grote bevolkingsdichtheid, een omvangrijke intensieve veehouderij en een milieu dat hierdoor onder grote druk staat, staat voor grote uitdagingen om leefbaar te blijven. "One Health" problematiek vraagt een interdisciplinaire aanpak omdat humane gezondheidszorg, diergeneeskunde en milieukunde, net als andere gerelateerde gebieden, ieder een eigen expertise zijn.

Een voorbeeld van een "One Health"-projecten waarmee we in de eerste helft van 2024 aan het werk zijn, is het "MOEDIG"-project dat door associate lector Eefje Schrauwen is opgezet en wordt geleid. In dit project zoeken we nieuwe inzichten in het ontstaan en de verspreiding van (nieuwe) varianten van varkensinfluenza, in de volksmond varkensgriep genoemd. Het influenzavirus kent varianten die hetzij mens, vogel of varken infecteren maar deze varianten infecteren sporadisch ook andere diersoorten dan waarin zij normaal voorkomen (3). De Mexicaanse griep пандemie van 2009 werd bijvoorbeeld veroorzaakt door zo'n nieuw varkensinfluenza virus dat zijn naam niet te nauw nam (4). Recent onderzoek bevestigt het idee dat gelijktijdige infectie door verschillende virusvarianten tot gevaarlijke nieuwe varianten kan leiden met pandemisch potentieel (5, 6). Het monitoren van virusvarianten en begrijpen hoe te voorkomen dat zij zich binnen een bedrijf permanent kunnen vestigen, is daarom van groot belang. We besteden in dit project niet alleen aandacht aan de fundamentele kennis over DNA-sequenties en DNA-diagnostiek maar ook aan de zoönose-geletterdheid bij boeren en publiek. Hieraan gelinkt is het door



klimaatverandering oprukken van tropische muggensoorten en de ziektes die zij overbrengen naar gematigde breedtes. Kenniskringlid Michel Slotman doet hier onderzoek naar dat vanuit het One Health Pact wordt gefinancierd (7).

Een andere “One Health”-uitdaging, waar we pas onlangs aan zijn gaan werken, betreft de impact van micro- en nanoplastics in het milieu en de voedselketen. Er zit een enorme discrepantie tussen de levensduur van deze kunststoffen, gemiddeld enkele honderden jaren, en de tijd waarin we ze nuttig gebruiken. Die bedraagt vaak maar enkele uren of dagen (plastic tasjes, verpakkingen). Gevolg hiervan is dat deze kunststoffen verweren tot microscopische deeltjes die inmiddels overal ter wereld worden teruggevonden, inclusief in levende organismen die we zelf als voedsel gebruiken (12). Ook in producten als melk en groenten zijn deze microplastics aangetroffen en er is groeiende ongerustheid over de bedreigingen voor de gezondheid die hiermee gepaard gaan (13–16). In een project dat we samen met het lectoraat Nieuwe Materialen en hun Toepassingen van collega Amarante Böttger uitvoeren, onderzoeken we samen met het RIVM en provincie Noord-Brabant de milieueffecten van gerecycled plastic dat in architectuur zoals bruggen en straatmeubilair wordt gebruikt. We onderzoeken welke relevante stoffen uit architectuur zouden kunnen uitlogen. Binnen een paar maanden had student Fjodor Sengers tientallen uitlogende componenten aangetoond in het uitgangsmateriaal van gerecyclede fruitkratjes. Hieronder waren behalve de verwachte weekmakers en hulpstoffen ook fungiciden en andere bestrijdingsmiddelen waaraan de fruitkratjes tijdens hun eerdere leven blootstonden. Nu we een goede lijst van aandachtstoffen hebben, verlengen we de nuttige levensduur van plastics maar houden we het “One Health”-concept in het oog.

Onder de vlag van het “One Health”-thema werken we ook aan een aantal onderzoekslijnen die primair op de humane gezondheid zijn gericht. Een bijzonder spannende ontwikkeling is bijvoorbeeld het CURE4LIFE-project, gefinancierd vanuit de Nationale Wetenschapsagenda. Dit enorme project, dat gecoördineerd wordt vanuit de Universiteit Leiden, richt zich op de ontwikkeling van gentherapie en de maatschappelijke impact daarvan. Met gentherapie kunnen aangeboren erfelijke aandoeningen worden behandeld door het defect in het DNA te herstellen. Het idee bestaat al sinds de ontdekking van de rol van DNA maar de technologie is nu eindelijk zover ontwikkeld dat de eerste patiënten met verschillende aandoeningen inmiddels zijn behandeld, ook in Nederland (17–19). Onder leiding van kenniskringlid Martie Verschuren testen we in het lectoraat de specificiteit van

varianten van de enzymen die bij de therapie nodig zijn: je wilt er zeker van zijn dat het DNA alleen gemodificeerd wordt op de plaats van het defect. Ongewenste (“off-target”) modificaties zijn potentieel gevaarlijk en dit heeft een medische toepassing van deze CRISPR/Cas technologie lang dwarsgezet (20). Kenniskringlid Margaretha Kaijen verzet binnen dit project bijzonder veel werk. Ons zuster-lectoraat Zorg rond het Levenseinde onderzoekt in het CURE4LIFE-project de maatschappelijke acceptatie en impact. Een mooie illustratie van het interdisciplinaire karakter van ons CoE Perspectief in Gezondheid.

Er zijn nog veel andere projecten te noemen die we binnen dit thema uitvoeren. Organoïden in kanker en leverziekten, diagnostiek bij COPD-afhankelijke longinfecties, allergieën, om maar een paar onderwerpen te noemen. Het heeft echter weinig zin om te proberen volledig te zijn: projecten komen en gaan. Wat vandaag grensverleggend is, is morgen gevestigde praktijk en overmorgen gedateerd. Ik hoop echter met deze voorbeelden wel duidelijk te kunnen maken waarom het “One Health”-thema een prominente plaats verdient in het lectoraat, Centre of Expertise en het onderwijs van onze kennisinstelling Avans.

2. Forensisch onderzoek

De major Forensisch Laboratoriumonderzoek die zowel vanuit de opleiding Chemie als Biologie en Medisch Laboratoriumonderzoek is te volgen, heeft zich altijd kunnen verheugen in veel interesse bij de studenten. Het lectoraat ATLS speelt een prominente rol in het up-to-date houden van het onderwijs en het onderhouden van een kennisnetwerk met andere Hogescholen en Universiteiten waar ook forensisch onderzoek wordt gedaan. Er is bovendien een interessant raakvlak tussen analyses die in een forensische context worden uitgevoerd en de analyses die met gezondheid te maken hebben. Een voorbeeld:

In het SherLOK project, dat vanuit Regieorgaan SIA via een RAAK-Publiek subsidie werd gefinancierd, voerden onderzoekers tot 2021 bij het lectoraat chemische analyses op hoofdhaar uit. Onder leiding van oud-kenniskringlid Ben de Rooij identificeerden we lifestyle markers: houdt de donor van pittig eten, is het een roker, een koffiedrinker, etc.? Op deze manier kan een daderprofiel gemaakt worden wanneer hoofdhaar op een plaats delict wordt aangetroffen. Het project is inmiddels succesvol afgesloten en onlangs zijn de belangrijkste resultaten gepubliceerd (21). De methodologie die in het SherLOK project is ontwikkeld, is daarna ook buiten de forensische context ingezet. Samen met de GGD is bekeken of we medicijngebruik bij ouderen in verzorgingshuizen kunnen monitoren. In een andere vraagstelling hebben we met de makers van het televisieprogramma “De Keuringsdienst van Waarde” onderzoek gedaan naar lifestylemarkers in haren van extensions (22). Bijzonder hieraan was dat het ons redelijk gemakkelijk lukte om de analyse aan een enkele haar uit te voeren waardoor je overtuigend kan laten zien dat de haren

in een extensie van veel verschillende donoren afkomstig zijn: allemaal een ander profiel. Saillant detail was dat we in het extract van elke haar enkele recreatieve drugs aantreffen, die zich waarschijnlijk aan de buitenkant van het haar bevonden. "Tijdens een uitgaansavondje erin gewaaid" zullen we maar denken. De volgende stap zal zijn om een haar in stukjes te knippen zodat je als het ware kunt terugkijken in de tijd. Hier liggen toepassingen op zowel forensisch gebied (drugsgebruik, vergiftiging) als de medische diagnostiek (metabole afwijkingen, begin van ziekte) voor het oprapen.

Een ander forensisch voorbeeldproject is het pilotexperiment dat we uitvoeren om nog ongebruikte informatie uit drugsafvaldumpingen te ontsluiten. Hypothese in dit experiment is, dat de gedumpte chemicaliën behalve sporen van de gesynthetiseerde drugs of tussenproducten, ook verontreinigingen bevatten die samen een vingerafdruk vormen. Op basis van deze vingerafdruk kunnen batches van grondstoffen worden herkend waardoor verschillende dumpsites aan elkaar worden gelinkt. Ook verwachten we dat de syntheseroute kan worden afgeleid en zo informatie verkregen wordt over de vaardigheid en ervaring van de betrokken criminelen. Hoewel drugsafval uit "het echte leven" moeilijker dan verwacht beschikbaar bleek, kon onze studente Karlijn Werkman prachtige resultaten laten zien.

Opmerkelijk genoeg betrof het in haar monsters geen synthetische drugs maar cocaïne, een uit de cocoplant gewonnen drug die een astronomische marktwaarde vertegenwoordigt en waarvan de illegale handel en aanverwante criminaliteit een verwoestende werking heeft op de maatschappij. Behalve cocaïne troffen we talrijke andere plantenmetabolieten aan die we konden gebruiken om de gewenste vingerafdruk te maken. Op basis van deze vingerafdruk hebben we in een proof-of-concept laten zien dat verschillende partijen in beslag genomen cocaïne inderdaad een eigen vingerafdruk hebben waaruit zelfs de herkomstregio is af te leiden. Samen met het Openbaar Ministerie, het Nederlands Forensisch Instituut, de Nationale Politie, provincie Noord-Brabant en de leerstoel Forensic Analytical Chemistry and On-Scene



Figuur 1: Lokale media pikten op hoe de politie een dumplocatie nabouwde om onze studenten te trainen in het ontdekken en veiligstellen van sporen. Hoewel de vaten vooraf geleegd waren, hadden we aan enkele resterende druppels genoeg om tientallen stoffen te identificeren.

Chemical Analysis (Universiteit van Amsterdam) hebben we het projectvoorstel met succes ter financiering ingediend in het RAAK-Publiek programma.

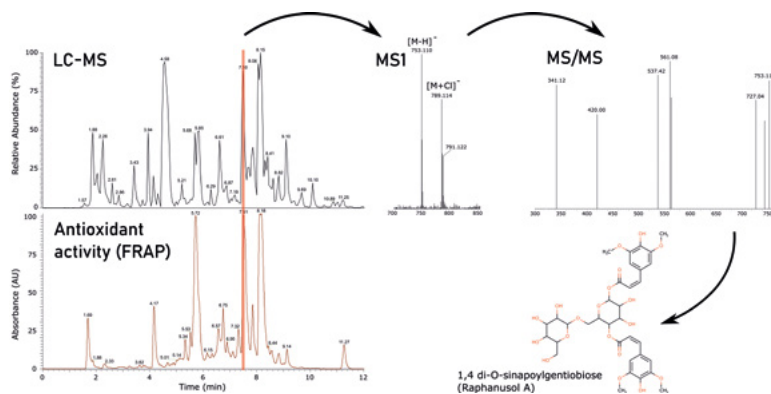
Daarnaast zijn er grote en kleine projecten over haren die fluorescent worden bij brandstichting, het herkennen van bankbiljetten uit plofkraken, dader-DNA uit vingerafdrukken en meer. *Take-home-message* is dat de moderne analysetechnieken een grote toegevoegde waarde hebben in forensisch onderzoek en dat er erg veel werk ligt om op te pakken voor onze docentonderzoekers en studenten. Het zou mooi zijn als we dit gecoördineerd met andere forensische onderzoeksgroepen kunnen aanpakken.

3. Biotechnologie en natuurproducten

Nederland heeft een sterke traditie in de biotechnologie. Het is de thuisbasis van bijna 1800 life science bedrijven en daarmee is de biotech sector een belangrijke werkgever voor onze alumni (23). Ondanks deze sterke traditie heeft de overheid moeten constateren dat de ontwikkeling van nieuwe biotech bedrijven achterblijft en vanuit het ministerie van OC&W is daarom als Nationaal Groeifonds-project de BiotechBooster geïnitieerd. Dit groeifonds heeft een budget van € 250 miljoen (waarvan € 196 miljoen voorwaardelijk is toegekend) om kennisinstellingen en bedrijven sneller en efficiënter kennis in relevante innovaties om te laten zetten. Ons lectoraat vertegenwoordigt Avans sinds de start van de BiotechBooster in twee van de vijf thematische clusters: Diagnostiek/Services en Platform/Discovery & Development. Met name het MKB heeft behoefte aan onze kennis om nieuwe technologie zoals CRISPR/Cas en (remote) sensing effectief toe te passen in hun proceslijnen.

Natuurproducten, zeker plantaardige secundaire metabolieten, zijn typisch zeer divers en complex van structuur. Onze interesse in natuurproducten wordt gevoed doordat vele een biologische activiteit bezitten. Deze biologische activiteit is de reden dat alkaloiden zoals cocaïne, nicotine of cafeïne als genotsmiddel worden toegepast ondanks hun risico voor de gezondheid. Veel andere natuurproducten worden juist toegepast vanwege hun gezondheidsbevorderende effecten. Denk aan de anti-oxidatieve eigenschappen van polyfenolen in groenten en fruit, fytosterolen die het cholesterolgehalte verlagen en alkaloiden zoals quinine, atropine en taxol die direct als geneesmiddel toepasbaar zijn. In de levensmiddelentechnologie spelen terpenen een belangrijke rol in geur en smaak van voedingsmiddelen, net als de flavonen humulonen en lupulonen die uit hop worden gewonnen. Betrouwbare analyse van deze complexe mengsels is een enorme uitdaging en slechts weinig laboratoria in Nederland wagen zich hieraan. Voor ons is deze analyse een natuurlijk speelveld, met name vanwege de integratie met onze state-of-the-art massaspectrometrie instrumenten en sterke bioinformatica.

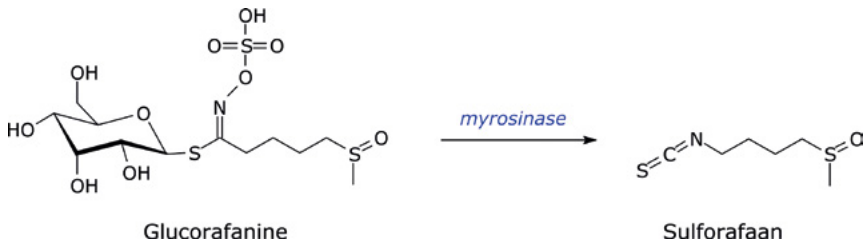
Onlangs rondten we het project “De Waarde(n) van Groenten en Fruit” af. Dit project werd gesubsidieerd door de Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen en omvat een breed consortium van telers en kennisinstelling waaronder de Universiteit Maastricht en HAS green academy (Den Bosch). Ik wil dit onderzoek hier graag onder de aandacht brengen omdat het goed de diversiteit illustreert van de analyses die we kunnen uitvoeren. Met name kenniskringlid Edward Knaven heeft binnen dit project enorm veel en goed werk verzet. Zo is er een analysemethode voor groenten ontwikkeld die gelijktijdig een moleculaire analyse uitvoert en de bioactiviteit (hier: anti-oxidantwerking) van de eluerende componenten monitort.



Figuur 2: Door het koppelen van technieken kunnen nieuwe en bijzonder waardevolle analysemethoden worden ontworpen. In dit voorbeeld wordt een koppeling gemaakt tussen drie technieken: één scheidt componenten (vloeistofchromatografie), de tweede meet de anti-oxidant werking van eluerende componenten (FRAP-fluorescentie) en de derde techniek identificeert in twee stappen de eluerende component (hoge-resolutie accurate massaspectrometrie). In dit voorbeeld werden paarse wortelen onderzocht voor het project “De Waarde(n) van Groenten en Fruit”.

Tegelijkertijd is er hard gewerkt om onze geavanceerde analysemethode om te zetten naar een draagbare toepassing die door telers in de kas kan worden gebruikt om te bepalen wat het ideale oogstmoment is. Later in het project is de analyse doorgetrokken naar urineanalyses en bloedanalyses van proefpersonen waarbij getest werd of sulforafaan, een plantenmetabool uit kiemgroente, beschermend werkt bij een plotselinge hoge calorische inname. Een deel van de resultaten uit dit onderzoek is onlangs gepubliceerd, de rest wordt nu verwerkt (24).

Kenniskringlid Henk Haarman is naast een bevlogen docent-onderzoeker een even bevlogen hobbybrouwer. Het verbaast dan ook niet dat hij inmiddels al enkele studenten heeft begeleid die onderzoek deden naar aspecten van het



Figuur 3: Glucorafanine komt voor als anti-vraatmiddel in de kiemgroente van kruisbloemigen zoals broccoli. Wanneer cellen beschadigd raken door kauwen of snijden, komt het enzym myrosinase vrij dat glucorafanine omzet in het pittig smakende sulforafaan. Aan sulforafaan worden allerlei gezondheidsbevorderende eigenschappen toegeschreven. Deze eigenschappen werden getest en er is door ons onderzocht hoe sulforafaan gemetaboliseerd en uitgescheiden wordt.

(biotechnologische) brouwproces. Kunnen we geen nieuwe formulering van de inhoudsstoffen van hop vinden die gemakkelijker toepasbaar is? Hoe analyseren en optimaliseren we de gewenste isomerisatie van humulonen en lupulonen? Samen met de branchevereniging CRAFT, enkele brouwers, een hopteler en twee instrumentontwikkelaars hebben we de onderzoeksvragen in een recent gehonoreerd RAAK-MKB project ondergebracht waaraan we de komende jaren zullen werken.

Onze technologie

De “analyse technieken” uit de naam van ons lectoraat zijn zeer divers en ga ik hier niet allemaal bespreken. Massaspectrometrie en nanopore-sequencing zijn echter de uitzonderingen die het verdienen om nader toegelicht te worden. Dit ligt vooral in de stormachtige ontwikkeling die deze technieken de afgelopen decennia hebben meegemaakt (25–28). Hierdoor zijn het dominante “analyse technieken in de life sciences” geworden. In veruit de meeste projecten (en dus onderzoekslijnen) wordt één of beide technieken gebruikt. We hebben een toonaangevende en leidende reputatie op beide technieken, zeker in het segment van onderzoek op hogescholen, en we hebben de ambitie om deze reputatie de komende jaren verder uit te bouwen. Voor een deel danken we deze reputatie aan de integratie met bioinformatica en data science, waarover later meer.

1. Massaspectrometrie

Het is inmiddels meer dan 25 jaar geleden dat ik kennis maakte met massaspectrometrie en ik vanaf dag 1 mijn hart verloor aan de deze techniek. Destijds werkte ik onder leiding van mijn copromotor Lodewijk Tielens aan het lipidenmetabolisme van de parasiet *Schistosoma mansoni*. Eén van de eerste successen in ons onderzoek was een kwantitatieve analyse van intacte moleculaire species van een lipidenklasse, waarmee we de eersten ter wereld waren die dit flikten. Complicerende factor was dat er zoveel verschillende vetzuurcombinaties voorkwamen en het was een helse klus om pieken afzonderlijk op te vangen, te

hydrolyseren en de vetzuren opnieuw te derivatiseren voor identificatie. Bovendien bleken pieken nog steeds uit mengsels te bestaan waardoor nog altijd onzekerheid reesterde over de exacte samenstelling. De ongebruikelijke vluchtigheid van ons loopp middel liet het gebruik van massaspectrometrie toe, in die tijd nog een zeer exclusieve techniek waarvoor ik mij tot de Faculteit Farmacie wendde. De koppeling met massaspectrometrie was direct een succes: zelfs waar mijn oorspronkelijke *evaporative light-scattering* detector niets detecteerde, bleken nog vele pieken verstopt te zitten. De complexiteit en curiositeit van het lipidmetabolisme van *S. mansoni* opende zich langzaam en we hebben er ons samen nog lang over verwonderd.

Het MS-instrument dat ik daarvoor gebruikte kon iedere seconde een spectrum opnemen. Dat was een ongelooflijk vooruitgang: een monster was in een uurtje te analyseren in plaats van in dagen. De massa-nauwkeurigheid van een dergelijk instrument was rond de 0.2 amu, met andere woorden: als je een piek zag van 730.5 Da kon dat gemakkelijk één of anderhalf tiende meer of minder zijn. Dat betekent dat je subtiele varianten niet kunt onderscheiden: het verschil tussen twee veelvoorkomende vormen van lipiden is soms slechts 0.03 Da. Ook het oplossend vermogen (resolutie) tussen pieken met een verschillende massa was beperkt, rond de 2 000 bij de door ons gebruikte instellingen. Niettemin werd deze massaspectrometrie als een geavanceerde analysetechniek gezien en op de Universiteit Utrecht, waar ik werkte was dit het beste instrument.

Het succes van deze eerste analyses zorgde voor een innovatiegolf waarop ik lang heb meegesurft: samen met twee andere vakgroepen kochten we een eigen instrument, na een paar jaar ingeruild voor een drietal betere en weer later voor absolute state-of-the-art instrumenten, vergelijkbaar met wat we nu ook op het lectoraat beschikbaar hebben. De massa-nauwkeurigheid van deze instrumenten is met <1 ppm (minder dan 0.001 Da) ongeveer 200x beter, de resolutie gemakkelijk 250x beter en onze Q-ToF neemt in plaats van één, gemakkelijk 50 spectra per seconde op. Als ik daarnaast zeg dat de gevoeligheid van de instrumenten een factor 100 is toegenomen, is dat een conservatieve schatting. Je zou, wat over-gesimplificeerd, kunnen stellen dat de techniek $200 \times 250 \times 50 \times 100 = 250$ miljoen keer beter is geworden in de tijd dat ik ermee werk. Vergelijkbaar met de ontwikkeling van optische instrumenten van de eerste bril (ca. 1300 na Chr.) tot de meest geavanceerde (electronen-)microscop: eeuwen vooruitgang in microscopie is in massaspectrometrie in "mijn" 25 jaar samengeperst.

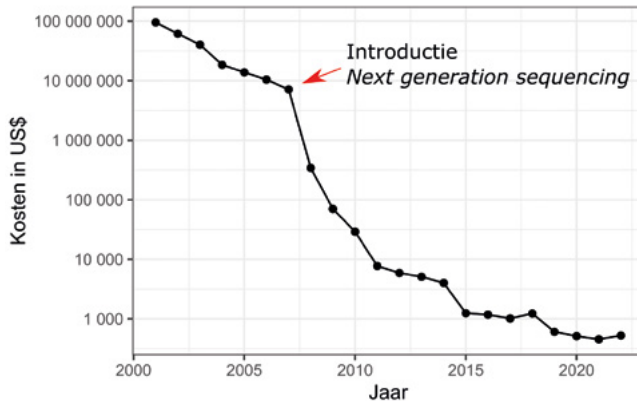
Deze stormachtige ontwikkeling stelt bijzondere eisen aan onderzoekers en docenten. Op de eerste plaats is de hoeveelheid beschikbare data die uit een enkele monsteranalyse beschikbaar komt enorm toegenomen. Daarnaast hebben de toegenomen snelheid en gevoeligheid ertoe geleid dat we gemakkelijk honderd samples per dag kunnen analyseren, kortom: nog meer data. Op dat moment maak

je als onderzoeker een andere keuze: je verlaat het hypothese gedreven onderzoek (“ik denk dat het zo-en-zo zit en dat ga ik bewijzen”) en wend je je tot *data-driven* onderzoek: “ik verzamel zoveel mogelijk data en daaruit ga ik nieuwe concepten en hypothesen destilleren”. Behalve een andere mindset, vraagt dat ook andere (data-)vaardigheden: met wat handigheid in Excel kom je er niet als je honderd gigabyte aan data voor je kiezen krijgt. Dit werkt onmiddellijk door in het onderwijs, want wij leiden de operators op voor deze instrumenten. Het formuleren van nieuwe theoretische hypothesen over de onderzochte complexe biologische systemen is dan misschien niet direct hun taak, zij zullen wel de kwaliteit van de verzamelde data moeten borgen en dus begrijpen wat de data voorstelt. Dat leren zij van hun docenten en op hun beurt zullen deze docenten vertrouwd moeten zijn met de laatste ontwikkelingen. Hoe docenten tien jaar geleden zelf onderzoek op deze instrumenten deden, volstaat niet als basis om de nieuwe generatie studenten op te leiden. Via projecten van afstudeerders en stagiaires vloeit de kennis van het lectoraat dus *upstream* naar de begeleidende docenten.

2. Nanopore sequencing

Mocht u na het lezen van de ontwikkelingen op het gebied van massaspectrometrie denken dat deze snelheid van ontwikkeling uniek is, heeft u het mis. DNA-analysetechnieken ontwikkelden zich nog stormachtiger. Om van deze lectorale rede geen review te maken, pak ik de draad op net na de eeuwwisseling. Een groot internationaal consortium van duizenden wetenschappers onder leiding van Francis Sellers Collins werkte aan het “Human Genome Project” dat een financiering van \$ 3 miljard had. Gelijktijdig werkte Craig Venter aan hetzelfde doel met private financiering. Nadat zij hun krachten bundelden werd door enkele honderden co-auteurs in 2001 voor het eerst een redelijk volledige sequentie van het humane genoom gepubliceerd (29, 30). Overigens duurde het tot medio 2023 (!) totdat ook het y-chromosoom gesequencet was en de laatste gaten in de sequentie waren gevuld (31).

De technieken waarmee dit eerste genoom werd opgehelderd worden nu niet meer gebruikt maar zijn vervangen door snellere en vooral goedkopere technieken zoals nanopore sequencing (32, 33). Deze techniek “leest” een DNA-molecuul af terwijl het door een minuscule (nanometer formaat) porie wordt getrokken. Onderliggend principe is een potentiaalverschil dat over de porie is aangebracht waardoor een stroom van ionen door de porie gaat. Het DNA dat door de porie wordt getrokken verstoort deze stroom en het potentiaalverschil fluctueert afhankelijk van welke base(n) zich in de porie bevinden (34). Er zijn veel verschillende poriën, membranen en varianten op de techniek (35) maar de sinds 2015 commercieel verkrijgbare Oxford Nanopore Technology nanopores zijn bijzonder populair. In een nanopore-chip worden talrijke poriën in parallel uitgelezen waardoor de snelheid van DNA-sequencing enorm groot is. Een humaan genoom kan zo in 5 uur worden gesequencet door een enkele wetenschapper voor minder dan \$ 1000,- (36).



Figuur 4: De kosten van het sequencen van een volledig humaan genoom. De eerste jaren nadat het eerste genoom opgehelderd was, halveerden de kosten van sequencen ruwweg elke twee jaar. Met de introductie van “volgende generatie” technieken zoals nanopore-, PacBio- en illumina sequencing (rond 2007), kelderden deze kosten en werd sequencen voor ieder lab bereikbaar. (National Human Genome Research Institute, 2022).

Vergelijk dat met de inspanningen die voor het sequencen van het eerste genoom geleverd zijn en het zal duidelijk zijn dat wie zijn kennis baseert op wat er vijf of tien jaar geleden gangbaar was, nu hopeloos achterloopt. Bedrijven volgen deze ontwikkelingen begrijpelijkerwijs niet allemaal even nauwgezet en we hebben als lectoraat een mooie taak om ook deze grensverleggende technologie voor het MKB toegankelijk te maken.

Nast deze twee sleuteltechnologieën, gebruiken we er nog vele andere in het lectoraat. Hyperspectrale beeldvorming, CRISPR/Cas, gas- en vloeistofchromatografie bijvoorbeeld. Dat ik ze hier niet apart bespreek, is geen waardeoordeel maar gebrek aan ruimte.

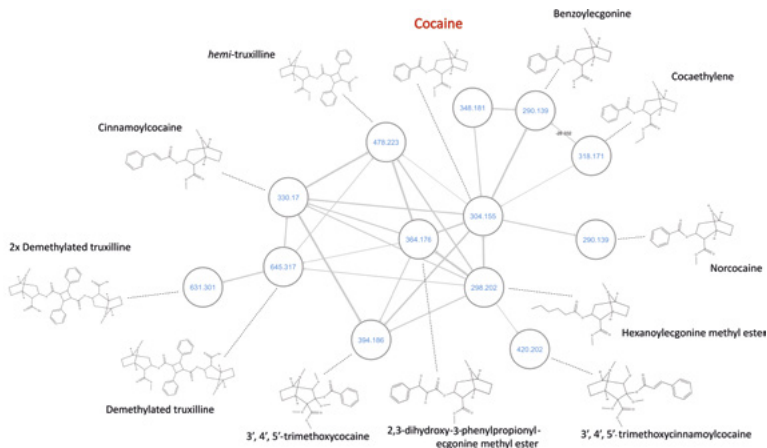
De rol van bioinformatica

Half grappend zeg ik wel eens dat ik mijn proefschrift uit 1998 vandaag de dag binnen een week bij elkaar zou meten. Ik geloof dat dat niet eens overdreven is, gezien de hierboven beschreven ontwikkelingen in de techniek. Met het vergaren van de data is pas een eerste stap gezet. Deze data zijn slechts data en moeten omgezet worden in betekenisvolle informatie. Hoe veranderen gehalten in de tijd? Welke nieuwe metabolieten ontstaan of verdwijnen? De aanwezigheid van welke pathogenen worden door de nanopore experimenten aangetoond? Voor het omzetten van data in informatie gebruiken we bioinformatica. Kenniskringlid Sander Boden is bij deze omzetting onmisbaar en ik ben blij dat we in de competitieve arbeidsmarkt voor (bio-)informatici erin slagen ook hem voldoende uitdagende projecten te bieden. Deze conversie van data naar informatie is namelijk een cruciale

stap. Het is al te gemakkelijk om informatie te missen die wel in de data aanwezig is, of onjuiste informatie uit data te destilleren door onvoldoende kritisch te zijn.

Nadat de data is omgezet in informatie, is de rol van bioinformatica, of de data science zo u wilt, nog niet uitgespeeld. Door de nieuwe, betekenisvolle informatie in context te plaatsen en te onderzoeken op patronen of logica, ontstaat nieuwe kennis. Juist in het ontdekken van patronen in, en samenhang tussen informatie, is data science ijersterk en volop in ontwikkeling. De analysetechnieken die we in het lectoraat gebruiken, zoals massaspectrometrie en nanopore sequencing, genereren data die wat betreft type en hoeveelheid zich uitstekend lenen voor deze geavanceerde technieken.

Om dit te illustreren neem ik u mee terug naar het drugsafvalproject, waar we in twee van de gedumpte vaten cocaïne aantreffen. Ik vertelde al dat we aan de hand van andere plantenmetabolieten een vingerafdruk konden maken die kenmerkend was voor een bepaalde partij cocaïne. Maar hoe wisten we naar welke metabolieten we moesten zoeken? Gesmokkelde cocaïne is in het algemeen zeer zuiver (>95%) omdat criminelen de partij zo klein mogelijk wil houden en verontreinigingen springen dan niet direct in het oog. Bij de analyse van het drugsafval worden inhoudsstoffen op een kolom voor de massaspectrometer gescheiden zodat ze één voor één, of hooguit met een paar tegelijk, gemeten kunnen worden. Iedere component die van de kolom elueert, wordt niet alleen 'gewogen' in de massaspectrometer maar ook gefragmenteerd door het deeltje zo



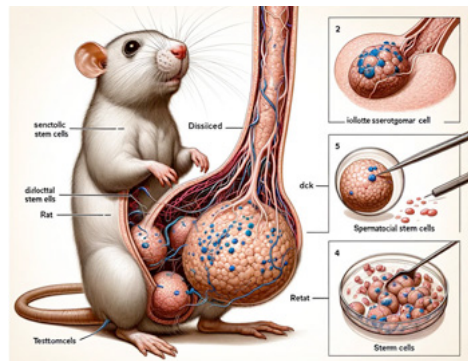
Figuur 5: Door overeenkomsten in fragmentatie van natuurproducten als een netwerk weer te geven, kunnen verwante stoffen worden ontdekt. De aan cocaïne verwante stoffen die in dit netwerk werden geïdentificeerd, blijken te kunnen worden gebruikt om partijgrootte en herkomst van in beslag genomen cocaïne te bepalen. Namen en structuren zijn gegeven, in blauw de experimenteel bepaalde accurate massa's (Karlijn Werkman, lectoraat ATLS, 2023).

hard te laten botsen met gasmoleculen dat het in stukken breekt. De fragmenten, die karakteristiek zijn voor moleculaire substructuren, worden daarna op dezelfde manier gewogen. Ik gaf al aan dat dit tientallen keren per seconde kan worden uitgevoerd en met verbluffende nauwkeurigheid. In dit onderzoek gebruikten we verschillende fragmenten die met karakteristieke chemische structuren van cocaïne corresponderen, om een “global natural product social” (GNPS) netwerk te maken. Zo ontdekten we niet eerder beschreven metabolieten uit de cocoplant die we konden gebruiken voor het classificeren van cocaïnemonsters. Een mooi voorbeeld van data-driven onderzoek waarbij (bio)informatica een voorname rol speelt.

Tegelijkertijd moeten we de ogen niet sluiten voor de risico's van (ongenuanceerde) data science en artificial intelligence (AI). We zijn gewend geraakt aan de belofte dat AI ons nieuwe inzichten zal bieden en een samenleving waar werken nog hooguit een dag of twee nodig is. De rest van de werkweek kunnen we dan besteden aan het schrijven van poëzie en het maken van fantastische schilderijen terwijl we op de veranda van de fluitende vogeltjes genieten. De realiteit is echter dat wij even hard werken als voorheen terwijl de gedichten en de schilderijen door AI worden gemaakt. Dat was niet de afspraak! Vooruit, AI voorziet ons wel van fluitende vogeltjes en dat is maar goed ook want de benodigde reken capaciteit veroorzaakt zoveel CO₂- uitstoot dat 'the real thing' steeds zeldzamer is geworden.

De dag dat ik dit schrijf (15 februari '24) brengt het tijdschrift *Frontiers in Cell and Developmental Biology* (met een respectabele impact factor van 5.5) een reviewartikel uit over een signaling pathway in de ontwikkeling van geslachtscellen (37).

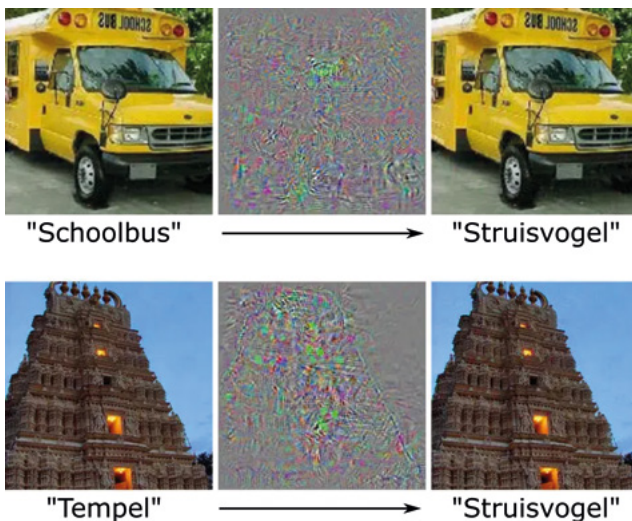
Het figuur hiernaast van een wel zeer rijkelijk bedeelde rat komt integraal uit dit artikel. Ook zonder enige kennis van celbiologie ziet men onmiddellijk de absurditeit van het figuur en de gebruikte labels. De andere figuren in het artikel zijn al even verbazingwekkend en doen vermoeden dat de maker leed aan alcohol intoxicatie en dyslexie. Of, inderdaad, dat er sprake was van bepaald niet foutloze AI. Maar bedenk wel: dit artikel is 'peer reviewed', onafhankelijke wetenschappers hebben hun fiat gegeven aan de publicatie. Sinds veel tijdschriften geen abonnementsvorm meer



Figuur 6: Wanneer de controle op het gebruik van AI tekortschiet, verschijnen afbeeldingen als deze in serieuze wetenschappelijke tijdschriften. Hoewel de auteurs netjes aangaven dat ze AI gebruikten om figuren te maken, is het resultaat absurd en heeft het geen connectie meer met de realiteit. Ook de labels zijn door AI verzonnen en bevatten niet-bestaande woorden en karakters (o.a. midden links). (Guo et al., 2024).

hebben maar verdienen aan de 'article processing costs' (de auteur betaalt), is er een perverse prikkel ontstaan voor de tijdschriften om zoveel mogelijk te publiceren, ongeacht de kwaliteit. AI gegenereerde onzin is zo een kwaal geworden die het vertrouwen in onafhankelijke wetenschap ondermijnt.

Ik wil er dan ook voor pleiten dat we onze studenten en werkveldpartners goed begeleiden in het kritisch bekijken van data en de daaruit afgeleide informatie of kennis. Hoe verschillend AI en onze eigen intelligentie nog zijn, is ook te illustreren aan de hand van een artikel uit 2022 waarin men onderzoekt hoe gemakkelijk of moeilijk het is om AI om de tuin te leiden (38). Een afbeelding van een bus die door AI correct benoemd wordt, is op zo'n wijze te manipuleren dat wij als mens geen verschil zien maar AI nu overtuigd is dat het om een struisvogel gaat.



Figuur 7: Artificial Intelligence gebruikt complexe neurale netwerken om afbeeldingen te classificeren. Voor de mens is niet meer begrijpelijk hoe de informatie door het neurale netwerk wordt verwerkt. Het netwerk kan niettemin door doelgerichte maar subtiele manipulatie misleid worden. In bovenstaande voorbeelden wordt het correct geïdentificeerde object links, zo gemanipuleerd dat het door AI vervolgens als struisvogel wordt herkend. De afbeelding in het midden geeft aan waar en hoe de pixels werden gemanipuleerd. (Gershgorn, 2016)

Dit is wellicht een vermakelijk voorbeeld, maar brengt me wel bij de kern van dit hoofdstuk over data: betrouwbare, ongemanipluleerde ruwe data zijn de basis van betrouwbare conclusies. Dat geldt voor het voorbeeld van de afbeelding van de bus, maar net zo goed voor de metingen die onze studenten doen in het onderzoek waaraan zij werken. Ook deze data zijn vatbaar voor kwaadwillenden die onjuiste conclusies getrokken willen zien worden, om wat voor reden dan ook. Onze studenten zijn degene die de ruwe data genereren en daarmee zijn zij de

poortwachters die de kwaliteit van de verdere kennisvorming in handen hebben. Als onze studenten later niet voor juiste en betrouwbare data kunnen instaan, is alle vervolgwerk van wetenschappers of opdrachtgevers zinloos, zonder dat deze dit zelf zouden moeten kunnen zien. Dat legt een zware verantwoordelijkheid bij onze studenten, maar ook bij ons als begeleiders en docenten om onze studenten zich bewust te maken van deze rol die zij spelen. Waar anders dan in een lectoraat komen deze taken zo overduidelijk bij elkaar?

Kort gezegd: De data uit ons onderzoek is te belangrijk en kwetsbaar om aan (generieke) data-scientists over te laten. Data science zal daarom altijd deel uitmaken van ons lectoraat.



EEN PERSPECTIEF OP HET WERKVELD

In het hbo houden we ons bezig met praktijkgericht onderzoek. Dat betekent dat we vragen oplossen mét en vóór het werkveld. Maar waar bestaat dit werkveld eigenlijk uit? En wie gaat dat onderzoek betalen? Die vragen wil ik hieronder beantwoorden en in perspectief plaatsen. Beide vragen zijn ook nauw met elkaar verbonden, want het is niet zo dat de vragensteller per definitie (alles) betaalt. Dat zit zo: onderzoek doen is kostbaar en onderzoek in de Life Sciences is bijzonder kostbaar. Onze geavanceerde instrumenten zijn duur en verouderen functioneel helaas snel. Bovendien zijn ook verbruiksartikelen, zoals de nanopore sequencing chips, kostbaar. Het werkveld kan deze kosten in de regel niet volledig dragen. Gelukkig begrijpt de overheid dat onderzoek zichzelf meervoudig terugverdient en stimuleert daarom onderzoek via subsidies. Hoe vaak onderzoek zichzelf precies terugverdient is moeilijk te meten, maar we kunnen uitgaan van een factor 3 tot 9 (39, 40). Veruit de belangrijkste financier van gesubsidieerd onderzoek van het lectoraat is Regieorgaan SIA.

Regieorgaan SIA bevordert de kwaliteit en de impact van het praktijkgericht onderzoek van hogescholen. Dit doen we door onderzoek te financieren en de samenwerking tussen hogescholen, het bedrijfsleven en publieke instellingen te stimuleren.
(www.regieorgaan-sia.nl)

Het bedrijfsleven

Het lectoraat heeft een belangrijke rol om nieuwe technologie te ontsluiten voor het bedrijfsleven. Bij de introductie van de technologie waarvan het lectoraat zich bedient, is al aangegeven hoe deze zich ongelooflijk snel ontwikkelt. Omdat het MKB deze ontwikkelingen onmogelijk allemaal kan bijhouden, is men zich vaak niet bewust van de impact die implementatie van nieuwe technologie kan hebben op procesvoering. Wij helpen graag bij deze implementatie. Andere vragen zijn niet zozeer te beantwoorden door introductie van nieuwe technologie (bijvoorbeeld nanopore sequencing), maar vragen eenmalige inzet van onze hoogwaardige onderzoeksinfrastructuur (bijvoorbeeld massaspectrometrie).

Eenvoudige vragen uit het MKB beantwoorden we graag door gebruik te maken van KIEM subsidies, die € 40.000,- bedragen. Daarnaast draagt de vragensteller nog € 10.000,- bij; dit bedrag mag (deels) in de vorm van *in-kind* co-financiering geleverd worden, dus in de vorm van uren, onderzoeksmaterialen of andere op geld waardeerbare zaken. Op deze manier onderzochten we de afgelopen jaren onder

andere de werking van fossielvrije schoonmaakmiddelen, nieuwe behandelmethoden bij COPD-patiënten, werkingsmechanismen in waterzuiveringsapparatuur en de ontwikkeling van insectenlarven. Deze korte projecten zijn erg leuk om samen met stagiaires en studenten die een afstudeerproject doen, uit te voeren. Nadeel is dat de projecten relatief klein en divers zijn waardoor het een uitdaging is om voldoende focus in het totale onderzoek te houden. Daar staat tegenover dat KIEM projecten gemakkelijk kunnen uitgroeien tot grotere, meerjarige projecten met meerdere partners.

Een voorbeeld van zo'n groter project is het RAAK-MKB project dat we onlangs startte samen met verschillende partners in de artisanale brouwerijtraditie. In het consortium zitten enkele professionele brouwerijen, een hopteler en een hopleverancier, twee instrumentmakers en een Belgisch opleidingsinstituut. Ook een collega-lectoraat uit Leiden werkt mee. Samen gaan we nieuwe technologie naar de brouwerij brengen om hen in staat te stellen beter te concurreren met de grote industriële brouwers. Dit tweejarige project is opgedeeld in verschillende werkpakketen die ieder centreren rond één van onze technologieën: we zetten massaspectrometrie in om het brouwproces te monitoren en de grondstoffen gedetailleerd te analyseren, terwijl in een ander werkpakket naar de genetische samenstelling van de gebruikte brouwgisten wordt gekeken. Al deze complexe data moet op een goede en zinvolle manier worden geanalyseerd, zodat we ook een werkpakket besteden aan de bioinformatica en data science. Ook concentreren we werkzaamheden in een werkpakket met als doel ervoor te zorgen dat de projectresultaten snel hun weg vinden in het onderwijs en de brouwerijwereld. De branchevereniging CRAFT is daarom ook aangesloten bij het consortium. Dit soort projecten zijn bijzonder uitdagend om aan te werken. Ze bieden de mogelijkheid om meer expertise in diverse analysetechnieken op te bouwen en zijn relevant voor een grote groep belanghebbenden.

Ook niet-gesubsidieerd (contract)onderzoek is een interessante bron van financiering. Het betreft hier onderzoek dat we doen voor grootbedrijven die buiten de subsidievoorwaarden vallen of wanneer er randvoorwaarden over geheimhouding of intellectueel eigendom gesteld worden die niet verenigbaar zijn met de subsidievoorwaarden. Voor deze projecten moet heel zorgvuldig naar de kostenstructuur gekeken worden. Inzet van onze publiek gefinancierde infrastructuur voor commerciële partijen kan leiden tot ongeoorloofde overheidssteun en concurrentievervalsing tegenover commerciële aanbieders van de analyses. Daarom worden ook kosten als huisvesting, ICT-infrastructuur, etc. meegenomen terwijl het lectoraat deze inkomsten aan haar eigen resultaat kan toevoegen. Daarmee zijn deze projecten, hoewel ze slechts incidenteel voorkomen, toch lucratief.

De publieke sector

De publieke sector is zeer divers en daardoor ook voor onze studenten een interessante werkgever. Ook de onderzoeksvragen die ons vanuit de publieke sector bereiken zijn divers. Soms sluiten vragen erg goed aan bij onze expertise en kunnen we ze snel en met gesloten beurzen beantwoorden als onderdeel van onze maatschappelijke rol. Het onderzoek naar inhoudsstoffen van vapes dat we naar aanleiding van vragen door Omroep Brabant uitvoeren is hiervan een voorbeeld.



Figuur 8: Welke inhoudsstoffen zitten er in vapes? Dat blijken er veel meer te zijn dan op de verpakking vermeld. We analyseerden de damp van 40 verschillende vapes op geur- en smaakstoffen en andere stoffen met biologische activiteit.

Onderzoeksbudgetten in de publieke sector zijn doorgaans bescheiden, maar gelukkig zijn er verschillende subsidie-instrumenten beschikbaar. Vanuit subsidiegever SIA is de RAAK-Publiek subsidie vergelijkbaar met de eerdergenoemde RAAK-MKB subsidie. Europese subsidies kunnen ook voor onderzoek ten dienste van publieke organisaties aangewend worden maar hier moet het lectoraat nog beter gebruik van leren maken.

Vanuit de onderzoekslijn "Forensisch Onderzoek" werken we met diverse publieke instanties samen. Met de Politie voerden we al verschillende kleine projecten uit: waarom fluoresceert het haar van brandstichters vaak? Hoe herken je biljetten die bij een plofkraak zijn buitgemaakt? De Politie heeft een zeer beperkt budget voor onderzoek door derden en is gebonden aan zeer strikte regels over het

aannemen van (subsidie)geld. Onderzoek dat we samen uitvoeren is dan ook zelden kostendekkend maar bijzonder geliefd onder de studentenpopulatie van onze Forensisch Laboratoriumonderzoekers. Gelukkig kunnen we ons dankzij de eerste geldstroomfinanciering vanuit Avans ook dit onderzoek permitteren.

Eind april j.l. is het RAAK-Publiek project “Een vinger achter illegale dumpingen van drugsafval” gehonoreerd dat ik eerder bij introductie van onze forensische onderzoekslijn al aanstipte. In dit project gaan we samen met Nederlands Forensisch Instituut, Provincie Noord-Brabant, Openbaar Ministerie, Politie en de Universiteit van Amsterdam het beste van onze technologie en data science inzetten om een antwoord te formuleren op het feit dat illegale drugslaboratoria schijnbaar ongestraft tonnen zwaar chemisch afval in de natuur kunnen dumpen. Ook in dit project komt het multidisciplinaire karakter van praktijkgericht onderzoek duidelijk naar voren. De analytisch chemici in het lectoraat kunnen de inhoudsstoffen van de afvalvaten in zoveel detail analyseren dat ook het unieke patroon van verontreinigingen in de grondstoffen zichtbaar wordt. Hiermee verwachten we dat we dumpingen uit hetzelfde lab met elkaar kunnen verbinden zodat ook eerdere “geslaagde” dumps als een zwaard van Damocles boven de criminelen blijven hangen. Vanuit de discipline Biologie bepalen onderzoekers onder leiding van kenniskringlid Marleen Gosens samen met studenten welk DNA er uit de omgeving op de vaten terecht is gekomen. Dat gaan we linken aan DNA-profielen die we van zonnepanelen in de provincie halen. Dat levert behalve een op zichzelf al heel interessante eDNA-kaart, ook de mogelijkheid op om aangetroffen vaten globaal geografisch te plaatsen. Vanuit het Centre of Expertise Veiligheid en Veerkracht draagt associate lector Thom Snaphaan zijn interdisciplinaire criminologische expertise bij. Met zijn input kunnen we ervoor zorgen dat onze nieuwe ontdekkingen maximaal inzetbaar zijn in het strafrechtproces en het openbaar bestuur. Samen zorgen we er ook voor dat we uit onze experimentele gegevens nieuwe strategische inzichten kunnen destilleren: wat is de omvang van partijen gesynthetiseerde of gesmokkelde drugs? Hoe lopen de routes?

Kort gezegd, we hebben als lectoraat de publieke sector veel te bieden en vice versa. Onze innovatieve technologie en interdisciplinaire karakter bieden een nieuw perspectief voor oplossingen van belangrijke maatschappelijke vraagstukken.

Universiteiten en andere kennisinstellingen

Voor mijn aanstelling als lector heb ik lang wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd aan de academische instellingen Universiteit Utrecht en het UMCU. Mijn overstap leidde ertoe dat me herhaaldelijk gevraagd werd wat het verschil was tussen wetenschappelijk onderzoek en praktijkgericht onderzoek bij een hogeschool. Ik kan niet genoeg benadrukken dat die vraag begint vanuit een foutieve premisse, alsof het onderzoek aan de hogeschool niet vanuit wetenschappelijke standaarden, normen en waarden wordt gevoerd. Dat is natuurlijk wel zo. Verschillen zijn er wel



Figuur 9: Geforceerd onderscheid maken tussen verschillende “soorten” wetenschappelijk onderzoek wordt al gauw lachwekkend, realiseerden ook Reid, Geleijnse & Van Tol zich. Gereproduceerd met toestemming.

degelijk aan te wijzen in gemiddelde lengtes van onderzoekscycli, (inter- en trans) disciplinariteit en directe maatschappelijke toepasbaarheid.

De overeenkomsten zijn echter groter dan de verschillen. Daar komt bij dat universiteit en hogeschool de afgelopen jaren onmiskenbaar naar elkaar zijn gegroeid. Als hogeschool zitten we nog volop in de transitie van onderwijsinstelling naar kennisinstelling met meer aandacht voor onderzoek. De laatste jaren die ik aan de universiteit werkte maakte ik de toegenomen aandacht voor praktische toepasbaarheid van het onderzoek mee, wat daarvoor nog een typische hogeschool-specifieke maatstaf werd gevonden. De convergentie van universiteit en hogeschool is alleen maar toe te juichen: met behoud van eigenheid kunnen beide door samenwerking van elkaars kracht profiteren. Er is genoeg te onderzoeken.

Voor ons lectoraat vervullen kennisinstellingen een dubbelrol. Enerzijds zijn zij, zoals dat ook geldt voor andere lectoraten, partners in onderzoek met wie we graag samenwerken. Tegelijkertijd geldt dat we studenten opleiden als laboratoriumonderzoeker, die later werkzaam zullen zijn op de laboratoria van deze kennisinstellingen. Universitair onderzoek is daarmee ook ons werkveld, hetgeen de afstand tussen universiteit en hogeschool verder verkleint: we werken op dezelfde manier, met dezelfde instrumenten aan dezelfde vraagstukken.

Een voorbeeld van zo’n gedeeld project dat moeiteloos meeverhuisde van universiteit naar hogeschool is het eerdergenoemde onderzoek naar de parasiet *Toxoplasma gondii*. Dit onderzoek verenigt veel van mijn persoonlijke bijzondere interesses: als zoönose sluit het goed aan bij onze One-Health onderzoekslijn, maar met een focus op het lipidenmetabolisme van een parasiet ook een voortzetting van mijn onderzoek dat ik bijna 30 jaar geleden begon. Het onderzoeksmateriaal wordt geleverd door onze collega-onderzoekers aan de von Humboldt Universität

z. Berlin in Duitsland en BITS Pilani op de Hyderabad Campus in India. Dit illustreert hoe we als University of Applied Science niet te bescheiden hoeven te zijn om ons ook internationaal te profileren. Deze samenwerking loopt inmiddels meer dan tien jaar en leverde al een aantal zeer goed geciteerde publicaties op in bijzonder fraaie tijdschriften (8–11, 41, 42). De zesde gemeenschappelijke publicatie verscheen amper twee maanden geleden en we werken alweer aan een volgende. Onlangs ontvingen we een “Virtuele Internationale Samenwerking (VIS)”-subsidie waarmee we studenten in Duitsland, India en Breda laten samenwerken aan een gemeenschappelijk onderzoeksproduct dat helpt bij het identificeren van nieuwe drugtargets om deze parasiet te bestrijden.

Bij de introductie van de technologie kwam een ander project van ons lectoraat al ter sprake waarin de academische verbinding sterk is: het “MOEDIG”-project. Ook dit project wordt gefinancierd vanuit Regieorgaan SIA in het kader van het programma “Regionale Aandacht en Actie voor Kenniscirculatie” (RAAK). De betreffende RAAK-Pro subsidie stelt juist de verbinding met andere kennisinstellingen centraal en de lange, vierjarige loopduur van het project sluit goed aan bij universitaire promotietrajecten. Dankzij het MOEDIG-project hebben we Eline van Houtem als nieuw kenniskringlid kunnen verwelkomen. Het feit dat er in het lectoraat een stevige basis is van onderzoekers die in staat zijn om onderzoek niet alleen te ontwerpen en leiden, maar ook de financiering ervan kunnen realiseren, geeft vertrouwen dat we het lectoraat vitaal en op groei gericht verder kunnen blijven ontwikkelen.

EEN PERSPECTIEF OP ONDERWIJS

In de wettelijke verankering van lectoraten staat de taakstelling om verbinding tussen onderzoek en onderwijs te verzorgen expliciet genoemd. Die taak nemen we in ons lectoraat serieus en verdient ook hier aandacht. Dat gezegd hebbende, onderwijs is niet statisch, het beweegt mee met maatschappelijke ontwikkelingen, doorbraken in de wetenschap, wensen uit scholieren- en studentenpopulaties, inzichten van docenten en niet in de laatste plaats, ambitie vanuit de organisatie. Op het moment van schrijven (Q1 2024) wordt er hard gewerkt aan het uitvoeren van 'Ambitie 2025' en worden nieuwe onderwijsmodules ontwikkeld, zijn er nieuwe masterprogramma's gemaakt en wordt er alweer nagedacht over verdere ontwikkelingen.

In het lectoraat werken studenten aan hun afstudeeropdracht of als stagiair. In deze laatste fase van hun opleiding moeten de studenten alles wat ze geleerd hebben toepassen en laten zien dat ze zich hebben ontwikkeld tot betrouwbare en creatieve onderzoekers die in staat zijn zich snel aan te passen aan het niveau van state-of-the-art onderzoek. Voor stagiaires en afstudeerders zijn de verbindingen tussen lectoraat en onderwijs veel breder dan het moduleniveau en er wordt van ze verwacht dat ze het geleerde integreren en zelfstandig uitbreiden om goed onderzoek te kunnen doen. Het lectoraat profiteert zo van de kwaliteit die het onderwijs in de voorgaande jaren heeft geleverd.

De interactie werkt nadrukkelijk ook de andere kant op: van het lectoraat naar het onderwijs. Een belangrijke lijn vormen de kenniskringleden: hieronder bevinden zich docentonderzoekers die zowel een onderzoekstaak hebben binnen het lectoraat als een onderwijstaak binnen de academie. Door hun werk in het lectoraat zijn en blijven ze op de hoogte van nieuwe ontwikkelingen en de voortgang van de technologie. Sluiten de vaardigheden van de studenten hier voldoende op aan of verdienen onderwerpen in de opleiding meer of juist minder aandacht? Zijn studenten in staat om ook data-driven in plaats van hypothesis-driven onderzoek te doen? Door deze toetsing van het onderwijs aan de behoefte in hedendaags onderzoek, vindt er een voortdurende audit van het onderwijs plaats zonder dat dit formeel en top-down hoeft te worden georganiseerd.

De middelbare scholier is misschien niet de meest voor de hand liggende partner van het lectoraat. Toch is het leuk om te zien dat scholieren, vaak via-via, de weg naar ons lectoraat weten te vinden. Alleen al afgelopen jaar hebben we verschillende indexamenscholieren met hun profielwerkstuk geholpen met experimenten over

het metabolisme van stoffen uit chocola of met informatie over het toepassen van eDNA bij forensische vraagstukken.

Naar mijn mening wordt er op de middelbare school niettemin een grote kans gemist. Ik vind het niet in balans dat we scholieren jarenlang onderwijzen in de Engelse, Nederlandse, Duitse, Franse, Griekse en Latijnse taal, maar geen noemenswaardig kennis bijbrengen van een programmeer- of scripttaal.

Bedenk dat scholieren jarenlang bezig zijn met de regeltjes van een taal, of eigenlijk sterker nog: ze zijn vooral bezig de uitzonderingen op deze regeltjes uit hun hoofd te leren. De overeenkomsten in regels en woorden zijn zeer beperkt en het nut van vreemde talen neemt, globalisering ten spijt, af. De meesten van ons zullen in het buitenland een gesprek in het Engels (willen) voeren en ik vraag me af welk percentage

volwassenen zich nog de geslachten van de Duitse zelfstandige naamwoorden herinnert die ooit met bloed, zweet en tranen geleerd zijn. Vergelijk dat nu eens met programmeertalen. Een variabele is een variabele, ongeacht of de naam met een klinker of een medeklinker begint en waar je de klemtoon legt verandert de betekenis niet. Uitzonderingen bestaan niet in een programmeertaal en een basale "If ... then ... else ..." functie komt in iedere programmeertaal voor. Een programmeertaal leert (en dwingt) je analytisch en gestructureerd te denken en traint je frustratietolerantie omdat je herhaaldelijk met je eigen tekortkomingen op deze vlakken wordt geconfronteerd. Waarom leren we scholieren drie tot vijf vreemde talen maar leren we ze niet in een fractie van die tijd een taal die een hele nieuwe wereld voor ze opent? Een wereld waar veel verdienvermogen bestaat (apps, games, boekhouding), (sociale) macht en invloed wordt uitgeoefend (reclame, social media) en de technologie van vandaag en morgen groeit (kunstmatige intelligentie, internet-of-things, quantum computing). Juist deze kennis is in onze politiek ondervertegenwoordigd en dit maakt onze samenleving kwetsbaar voor ongewenste beïnvloeding en verkeerde keuzes uit onwetendheid. Zoals scholieren met een bèta-talent toch vreemde talen krijgen voorgeschoteld, kunnen ook scholieren met een alfa-inslag veel plezier hebben aan een exacte programmeertaal. Sterker, velen zullen er nieuwe talenten ontdekken!

Vanuit Avans rijdt de 'experimentenbus' langs middelbare scholen om scholieren te motiveren bij hun profielkeuze de Natuur en Gezondheid (N&G) en Natuur en Techniek (N&T) profielen in overweging te nemen.

Het werven van jonge onderzoekers en nieuwe studenten krijgt zo vorm.



Enfin, het mag duidelijk zijn: de interactie met onderwijs is belangrijk voor het lectoraat en zal dit ook altijd blijven. Naast onze eigen Avans studenten, zijn ook studenten van andere hogescholen en universiteiten welkom om stages te lopen of projecten uit te voeren. We zien voor ons ook een rol om scholieren kennis te laten maken met ons fantastische werkveld. Belangrijk, want zonder nieuwe aanwas van studenten verliest het lectoraat bestaansrecht.



EEN PERSPECTIEF OP DE TOEKOMST

Waar het lectoraat over vijf of tien jaar zal staan, is een interessante maar niet te beantwoorden vraag. Demografische, economische en politieke ontwikkelingen hebben een grote invloed op de bedrijfsvoering van Avans en daarmee het lectoraat. Deze ontwikkelingen laten zich slecht voorspellen. Dat wil niet zeggen dat we geen ambitie hebben, we streven actief groei in kwaliteit, omvang en impact na en hebben een visie op hoe we dat willen bereiken.

Belangrijkst bij het waarmaken van plannen, zijn de mensen die het lectoraat vormen. Hieruit komen de ideeën en de energie om het waar te maken. Samen schrijven we de voorstellen waaruit we de financiering voor de onderzoekers moeten halen en op basis waarvan we investeringen in apparatuur moeten lospraten bij groeifondsen, subsidiegevers en bestuurders. Onze onderzoekers nu en in de toekomst zullen gedreven en nieuwsgierig moeten zijn om zichzelf steeds te blijven uitdagen de grenzen van hun kennis te verleggen. Zowel de voortschrijdende wetenschap als de zich steeds verder ontwikkelende techniek vragen veel van onderzoekers om bij te blijven. Het feit dat de onderzoeksaanstelling van kenniskringleden meestal maar beperkt is, is hierbij een extra uitdaging.

Een goede sfeer in het lectoraat is cruciaal om de juiste mensen te binden en dit stuk bedrijfscultuur is iets wat we vooral met elkaar maken. Waar we organisatiebreed aan zullen blijven werken is het bieden van een stimulerende en veilige omgeving, waar fouten gemaakt mogen worden, maar we proberen om ons in het landschap met onze peers te onderscheiden op kwaliteit en impact.

Onderwerpen

De thema's (onderzoekslijnen) worden door de maatschappelijke vraagstukken bepaald en die veranderen steeds. Op het gebied van "One Health" komen voortdurend nieuwe vraagstukken op die aandacht vragen. De komende jaren zullen "One Health"-thema's belangrijk blijven: de verspreiding van ziektes en zoonosen door klimaatverandering en mogelijke nieuwe pandemieën, maar ook het eerdere menselijk handelen begint nu zijn tol te eisen: de 'forever chemicals' zoals PFAS en persistente bestrijdingsmiddelen en de effecten van micro- en nanoplastics die inmiddels ook in u en mij zitten. Voor al deze thema's geldt dat goede analysetechnieken een vereiste zijn om te kunnen monitoren wat het effect van maatregelen is en waar de meest urgente bedreigingen zich bevinden.

Welke forensische vraagstukken over vijf jaar leidend zullen zijn, is nu nog moeilijk te voorspellen. Het Co van Ledden Hulsebosch Centrum (CLHC) heeft samen met het Nederlands Forensisch Instituut onlangs de eerste Nederlandse Forensische Onderzoeksagenda gepresenteerd (43). Avans is lid van het CLHC en het huidige

onderzoek van ons lectoraat sluit al naadloos aan bij de vijf thema's van de onderzoeksagenda. Samen met collega Thom Snaphaan praten we als coördinatoren mee over de koers van het forensisch onderzoek in Nederland en borgen we dat Avans aansluiting behoudt. We kunnen ons vol richten op de inhoud: zorgen voor maximale kwaliteit van het geleverde onderzoek.

Ook het biotechnologie-/natuurproducten onderzoek is goed ingebed in de (nationale) onderzoekstructuren. Onze deelname aan verschillende thematische clusters van het Nationale Groeifonds BiotechBooster, zorgt ervoor dat we dicht bij het vuur zitten en kunnen participeren in nieuwe initiatieven die hier beginnen. Of de politiek de Groeifondsen zal handhaven laat zich in het Nederlandse politieke klimaat moeilijk voorspellen.

Technologie

Ook onze tweede poot, de technologie, blijft in ontwikkeling. Ik schetste eerder al de stormachtige ontwikkelingen op het gebied van de massaspectrometrie, DNA-sequencing en het manipuleren van genomisch DNA met behulp van CRISPR-Cas. Uitdaging hier zal voor een belangrijk deel gelegen zijn in het vinden van voldoende financiering, hetzij voor de investering van dure instrumenten (massaspectrometrie), hetzij voor de bekostiging van de dure verbruiksartikelen die het (nanopore) DNA-werk mogelijk maken. De kosten van CRISPR-Cas technologie daarentegen zitten voor een belangrijk deel in personeelskosten: het ontwerpen, kloneren, isoleren en testen van varianten is arbeidsintensief. Kortom, om ons werk te blijven doen moeten we blijven investeren in mensen, materialen en infrastructuur. Gelukkig hebben we een gezonde organisatie achter ons staan die het belang hiervan erkent.

Het ontbreken van goede beeldvormende technieken voelt nog als gemis. De uitdrukking "Een beeld zegt meer dan duizend woorden" is zowel in onderwijs als onderzoek toepasbaar. Ik ben blij dat dit jaar Avans' eerste scanning electronenmicroscopie wordt geïnstalleerd, maar we zullen ook samenwerkingen blijven zoeken om geavanceerde (fluorescentie) microscopie voor onze onderzoekers toegankelijk te maken. Onze collega's van het lectoraat Applied Responsible Artificial Intelligence hebben ervaring met het verwerken van grote hoeveelheden afbeeldingen en dat opent de mogelijkheid om gezamenlijk impact te maken in het biomedische domein.

Centre of Expertise Perspectief in Gezondheid

De eerste twintig jaar van haar bestaan heeft het lectoraat als een 'standalone' lectoraat geopereerd: een zelfstandige onderzoekseenheid die direct onder de academie voor Life Sciences en Technologie hing. Nu het lectoraat onderdeel is geworden van CoE Perspectief in Gezondheid, zoeken we ook daar naar manieren om elkaar te versterken. Op dit moment wordt er al in verschillende projecten samengewerkt met andere lectoraten in het CoE en ik verwacht dat dit organisch zal blijven groeien. Veel gezondheid gerelateerde vraagstukken moeten

multidisciplinair benaderd worden waarbij ieder lectoraat vanuit eigen kracht een hoofdrol kan vervullen. Denk bijvoorbeeld aan chronisch ziekten. Doordat steeds meer ongeneeslijke ziekten steeds langer onder controle kunnen worden gehouden, wordt aan deze groeiende groep mensen een heel ander perspectief geboden dan voorheen. Vanuit ons lectoraat kunnen we een bijdrage leveren aan het voorkomen van het (verder) ontsporen van relevante biologische processen, of leveren we een bijdrage aan goede diagnostiek om eerdere ontdekking te bereiken. Andere lectoraten leveren bijdragen vanuit hun kennis over positieve gezondheid, de optimale zorg voor patiënten of de maatschappelijke acceptatie van mensen met een beperking. Op eenzelfde manier kunnen we vanuit het CoE impact maken op een maatschappelijke trend als het toenemend overgewicht en obesitas: ons lectoraat levert inzicht in ontsporend metabolisme en mogelijkheden om met medicatie of dieet in te grijpen, terwijl andere lectoraten aan preventie werken. Zij bevorderen een eerlijke kans op een gezonde keuze voor iedereen of richten zich op inzicht in gevaren van ongezond eten bij de jeugd. Juist in deze multidisciplinaire benadering kunnen we ons als hogeschool onderscheiden.

Internationalisering

Hogescholen zijn van oudsher regionaal georiënteerd geweest, niet in de laatste plaats omdat zij vooral onderwijsinstelling waren en daarbij een regionale markt bedienden. In de afgelopen jaren is daar snel verandering in gekomen toen ook onderzoek een belangrijke plaats kreeg. We werken in ons lectoraat aan onderwerpen die geen grenzen kennen. Het dumpen van drugsafval dat we willen aanpakken, vindt vooral in Nederland plaats maar de drugs zelf zijn voor het grootste deel bestemd voor het buitenland. Verschillende varianten van varkensgriep ontstaan over de hele wereld en verspreiden zich gemakkelijk. We hebben van de Covid-19 pandemie geleerd hoe snel dat gaat en dat zelfs draconische maatregelen ons hooguit wat extra reactietijd geven. Ook de bedrijven waarmee we samenwerken, hebben al lang niet meer uitsluitend de blik op Nederland gericht. Dankzij de integratie van de Europese economieën vormen landsgrenzen nauwelijks een belemmering.

Het is daarom logisch dat we ook voor onze financiering verder kijken dan de Nederlandse subsidiegevers. De Europese Unie heeft een enorm budget beschikbaar voor onderzoek, ook het praktijkgerichte. Europese programma's zijn vaak wel groot en vragen de betrokkenheid van consortiumpartners in verschillende landen. Om optimaal gebruik te maken van Europese subsidies is het investeren in netwerkvorming daarom iets waar we de komende jaren op zullen inzetten. Gelukkig zijn we al actief in verschillende internationale netwerken op het gebied van parasitologie, lipiden en biotechnologie die we kunnen gebruiken om naar nieuwe internationale partners uit te reiken.

DANKWOORD

Dat ik de gelegenheid heb gekregen dit boekwerkje te maken, is te danken aan de bijdrage en steun van velen. Allereerst natuurlijk door het vertrouwen van Erik van Seventer, Jacomine Ravensbergen en Meralda Slager, die mij de kans boden als lector aan de slag te gaan en het lectoraat volop hebben gesteund met advies, netwerk en, niet in de laatste plaats, de middelen om de apparatuur te kopen die we nodig hebben om ons onderzoek te doen.

De mensen in het lectoraat, geholpen door de ondersteuners van CoE Perspectief in Gezondheid, maken het werk leuk door met hun enthousiasme en deskundigheid het onderzoek (mee) te bedenken, uit te voeren en bij te dragen aan de voortdurende zoektocht naar financiering. De lectoraatsleden worden met hun expertises hierna individueel voorgesteld omdat ze meer aandacht verdienen dan een alinea in het dankwoord. Twee mensen moet ik echter specifiek bedanken omdat ze de hele aanloop naar en organisatie van deze dag mij uit handen hebben genomen: Sanne van Egmond en Lisa Vermeer. Dank (x1000).

Ook dank aan mijn collega lectoren, met name binnen ons eigen CoE, John Dierx, Inge Bastiaanssen, Gera Nagelhout, Ander de Keijzer, Annemarie de Vos en Michael Echteld. Mooie discussies, nieuwe perspectieven en een veel bredere blik op onderwijs, onderzoek en maatschappij hebben jullie me gebracht.

Collega's en vrienden van buiten Avans ben ik veel dank verschuldigd voor hun geduld, kennis, werk en (soms) medeleven. Met name het wekelijks reflecteren met squashmaat Jaap van Hellemond draagt in grote mate bij aan het benodigde relateringsvermogen en het kunnen lachen om eigen tekortkomingen.

Familie staat op nummer één. Mijn ouders en broers die altijd mijn interesse in wetenschap en natuur gestimuleerd hebben en mij tolereren tijdens skitrips. Mijn lieve partner Renske van Gestel en mijn fantastische kinderen Jasper, Simon, Julie en Anne: bedankt voor jullie geduld en begrip als er weer eens iets af moet. Aan een huis dat steeds leger wordt, kan ik moeilijk wennen.

DE MENSEN VAN HET LECTORAAT

EDWARD KNAVEN

Edward Knaven is onderzoeker en laboratoriumbeheerder bij het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.

Loopbaan

Edward volgde de Hogere Laboratorium Opleiding aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen. Na zijn afstuderen in 2006 heeft hij gewerkt bij NOTOX BV (tegenwoordig Charles River Laboratories) in Den Bosch. Binnen de afdeling Analytische en Fysische Chemie werden analysemethoden ontwikkeld en gevalideerd ten behoeve van toxicologisch veiligheidsonderzoek.



In 2010 maakte Edward de overstap naar Avans Hogeschool en ging hij aan de slag als research analist. Binnen het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences heeft hij aan meerdere onderzoeksprojecten meegewerkt en vele stagiaires naar hun afstuderen begeleid. Sinds de vorming van Centre of Expertise Perspectief in Gezondheid is hij in de functie van onderzoeker medeverantwoordelijk voor het verwerven en het goed laten verlopen van de verschillende onderzoeksprojecten.

Expertise

De expertise van Edward ligt met name in de analytische chemie op het gebied van massaspectrometrie (LC-MS) en spectroscopie (VIS-NIR). Verder is Edward verantwoordelijk voor het begeleiden van stagiaires zowel binnen zijn eigen projecten als die van zijn collega's.

Onderzoek

De projecten waar Edward op dit moment bij betrokken is, liggen met name binnen Voeding en gezondheid en Forensisch onderzoek.

EEFJE SCHRAUWEN

Dr. Ing. Eefje Schrauwen is associate lector infectieziekten bij Centre of Expertise Perspectief in Gezondheid. Ook is ze docent bij de Academie voor Life Sciences en Technologie aan Avans Hogeschool.



Loopbaan

Eefje haar loopbaan begon bij de afdeling Viroscience van het Erasmus MC in Rotterdam waar ze werkte als onderzoeksanalist, PhD-student en postdoctoraal onderzoeker. In oktober 2013 promoveerde ze op het onderwerp griepvirussen. In 2015 maakte Eefje de overstap van virussen naar bacteriën. Voor het Amphia Ziekenhuis in Breda en voor Avans Hogeschool deed ze onderzoek naar moleculaire mechanismen die verantwoordelijk zijn voor antibiotica-resistentie. Sinds 2017 is Eefje werkzaam als docent-onderzoeker bij Avans Hogeschool. In 2023 is Eefje aangesteld als associate lector Infectieziekten bij Centre of Expertise Perspectief in Gezondheid.

Expertise

De onderzoekslijn Infectieziekten richt zich op innovatieve technologie op het laboratorium en de directe implementatie hiervan binnen de moleculaire diagnostiek. Hierbij wordt de technologie aangepast en wordt deze meer praktijkgericht én gebruiksvriendelijker gemaakt op het gebied van infectieziekten.

Belangrijke kernprincipes die Eefje nastreeft zijn enthousiasmeren, inspireren en het doorgeven van nieuwe inzichten en kennis over infectieziekten & technologie aan onderzoekers, studenten en de maatschappij. Hierbij coacht ze met veel enthousiasme de nieuwe generatie onderzoekers en laat ze mensen groeien binnen ons vakgebied.

Onderzoek

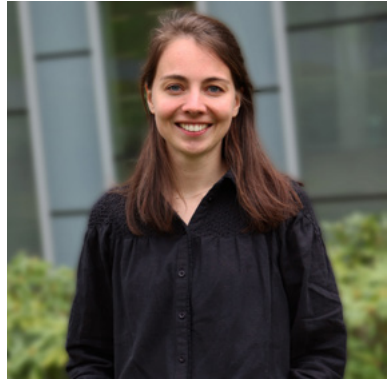
Binnen het onderzoek werken we momenteel aan snelle identificatie van infectieziekten in het centrale zenuwstelsel. Daarnaast werken we aan een project waar de gezondheid van de vagina en de positieve aspecten van de *Lactobacillus Crispatus* bacterie centraal staat. Binnen een pandemische paraatheid aanvraag werken we aan een studie door met studenten te verkennen hoe de negatieve effecten, veroorzaakt door noodzakelijke maatregelen van de COVID pandemie, op de ontwikkeling en het mentaal welbevinden van jongvolwassen studenten tijdens toekomstige pandemieën geminimaliseerd kunnen worden. Ook werken we aan een onderzoek waarbij meer inzicht wordt verkrijgen in de epidemiologie van varkensinfluenza op verschillende bedrijven door implementatie van innovatieve diagnostiek. Momenteel is ze ook als partner verbonden aan een NWA-ORC project: One Health PACT.

ELINE VAN HOUTUM

Eline van Houtum is onderzoeker bij het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.

Loopbaan

Eline studeerde moleculaire levenswetenschappen aan de Radboud Universiteit Nijmegen, waarna ze aan diezelfde universiteit de research master Molecular Mechanisms of Disease voltooide. Vervolgens deed ze haar PhD bij het Radiotherapy & Oncolmmunology laboratory, binnen de afdeling Radiotherapie in het Radboudumc.



Tijdens haar promotieonderzoek lag de focus op Siglec receptoren, welke voor remming van immuun cellen zorgen binnen het tumor micromilieu.

Expertise

Eline heeft ervaring met verschillende moleculaire en cellulaire onderzoeksmethoden, zoals celweek, flow cytometrie, luciferase assays, kloneren, western blotting en microscopie. In haar huidige onderzoek maakt ze met name gebruik van MinION ONT sequencing.

Onderzoek

Momenteel werkt Eline samen met Eefje Schrauwen aan het MOEDIG project, waarin ze een moleculair epidemiologische diagnostiekmethode ontwikkelt voor het opsporen van Influenza A virussen bij varkens. Daarnaast doet ze onderzoek naar zönosegeletterdheid binnen de varkenshouderij.

HENK HAARMAN

Henk vervult de rol van Docent-Onderzoeker Chemie binnen het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.

Loopbaan

Zijn reis begon na zijn promotieonderzoek in Anorganische Chemie aan de Universiteit van Amsterdam in 1997. Vervolgens heeft Henk zijn vaardigheden aangescherpt in de wereld van automatisering, waar hij diverse managementfuncties bekleedde, onder andere bij Capgemini. In 2010 maakte Henk de opwindende overstap naar het onderwijs bij Avans Hogeschool, waar hij begon met lesgeven in ICT en Business. Sinds 2011 heeft hij zijn passie voor Chemie, met een focus op de Life Sciences, opnieuw omarmd. Na het succesvol behalen van zijn diploma als technicus in fermentatietechnieken (Brouwmeester) aan CVO Brussel in 2016, werd zijn passie voor bierbrouwen en de diepgaande wetenschap erachter naar nieuwe niveaus getild.



Expertise

Sindsdien heeft Henk zijn kennis en ervaring ingezet om verschillende studentenprojecten te leiden, gericht op het analyseren en energiezuiniger maken van het brouwproces. Zijn expertise beslaat het brede veld van de Scheikunde, de wetenschap achter het bierbrouwen, en het begeleiden van getalenteerde bachelorstudenten.

Onderzoek

Vanaf 2023 heeft zijn diepgewortelde passie voor bierbrouwen en Analytische Chemie een nieuwe dimensie gekregen in het lectoraat. Hier begeleidt Henk enthousiaste (afstudeer)stagiaires bij geavanceerd onderzoek met inzet van hoge resolutie massaspectrometrie technieken naar de inhoudsstoffen van hop, gerst, water en gist in relatie tot het bierrecept. De doelstelling is niet alleen het ontwikkelen van een duurzamer brouwproces, maar ook het creëren van bijvoorbeeld een verfijnd en smaakvol alcoholvrij bier voor de toekomst.

JOS BROUWERS

Jos Brouwers is lector van het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.

Loopbaan

Na zijn studie Moleculaire Wetenschappen (WUR) promoveerde Jos aan de faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Utrecht op het lipidenmetabolisme van *Schistosoma mansoni*, de parasitaire veroorzaker van de tropische ziekte bilharzia. Na zijn promotie bleef hij verbonden aan de faculteit, eerst als post-doc en vanaf 2000 als universitair docent. In die tijd zette hij de Lipidomics faciliteit op.



Van 2019 tot 2020 was hij verbonden aan het Centre for Molecular Medicine (groep Molecular Cancer Research) van het Universitair Medische Centrum Utrecht. In 2020 werd Jos aangesteld als lector Analysetechnieken in de Life Sciences bij Avans Hogeschool.

Expertise

Jos heeft veel ervaring met het leiden van onderzoek aan kennisinstellingen. Daarbij integreert hij vaak zijn specialismen lipidomics en metabolomics met andere moderne technieken in de Life Science. Hiervoor gebruikt hij ook graag de mogelijkheden die de bioinformatica biedt om snel en to-the-point een antwoord te vinden op onderzoeksvragen uit zowel de praktijk als het fundamenteel onderzoek.

Onderzoek

Het onderzoek is vaak gericht op het ontdekken van 'markers' in ziekten, biologische processen of het classificeren van monsters. Het lectoraat bezit daarvoor zeer diverse en uitstekende apparatuur waarop medewerkers en studenten een maximaal resultaat uit projecten kunnen halen. Door zijn brede kennis van de biochemie en analytische chemie is Jos uitstekend in staat om gevonden biomarkers in hun context te plaatsen.

MARGARETHA KAIJEN-LAMBERS

Margaretha Kaijen-Lambers is Research Analist bij het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.



Loopbaan

Margaretha is als research analist bij het ErasmusMC betrokken geweest bij de opzet van dendritische cel immunotherapie bij patiënten met asbestkanker. Door gebruik te maken van diverse modellen en cellulaire technieken in het laboratorium heeft ze op de afdeling Longziekten van het Erasmus MC onderzocht hoe dendritische cellen ingezet kunnen worden in de strijd tegen asbestkanker.

Sinds 2017 is ze werkzaam bij Avans als Technisch Onderwijsassistent aan de Academie voor Life Science en Technologie (ALST). Sinds 2018 is Margaretha ook actief als research analist bij het lectoraat Analyse Technieken in de Life Sciences (ATLS).

Expertise

De expertise van Margaretha ligt op het vlak van biomedische laboratorium (analyse)technieken, waaronder functionele studies met behulp van celkweek (flowcytometrie, metabole assays, xCELLigence) en proteomics (ELISA, SDS-PAGE en Western blot analyse, Luminex). Daarnaast gebruikt ze ook veel moleculaire technieken zoals (RT) PCR, dPCR, Sanger en MinION sequencing.

Onderzoek

Margaretha werkt aan diverse projecten binnen het lectoraat, onder anderen 2 projecten waar CRISPR-Cas centraal staat. Het NWA gesubsidieerde project Cure4Life kijkt naar het toepassen van CRISPR-Cas9 technologie in genterapieën. Het NWO gesubsidieerde project Epi-guide-edit kijkt naar het toepassen van epigenetische CRISPR remming (CRISPRi) en activatie (CRISPRa). Daarnaast is ze ook betrokken bij de diverse microbiologische projecten, waarbij ze de verschillende stagiaires ondersteund met de praktische uitvoering.

MARLEEN GOSENS

Marleen Gosens is docent bij de opleiding Biologie en Medisch Laboratoriumonderzoek en als onderzoeker verbonden aan het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.



Loopbaan

Marleen volgde de opleiding Biologie aan de Radboud Universiteit in Nijmegen. Aansluitend deed ze de postdoctorale lerarenopleiding voor 1e graads lesbevoegdheid. Daarna deed Marleen promotieonderzoek naar pathologische en biologische aspecten van de behandeling van colorectale tumoren.

Marleen startte als docent bij de opleiding Applied Science van Fontys Hogescholen, waar ze twee jaar gewerkt heeft. Op dit moment is ze ruim 14 jaar werkzaam als docent bij Avans Hogeschool. Sinds september 2023 is zij verbonden aan het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.

Expertise

De expertise van Marleen zit met name in environmental DNA (eDNA), touch-DNA, direct-PCR, Multiplex PCR:DNA STR profiling, environmental profiling en sporenonderzoek drugsafval dumpings.

Onderzoek

Marleen is op dit moment betrokken bij het project "Een vinger achter illegale dumpingen van drugsafval". Doel van dit project is om met moderne (analyse) technieken een bijdrage te leveren aan het identificeren en ontsluiten van de onbruikte forensische potentie op drugsafval-dumpsites.

MARTIE VERSCHUREN

Martie Verschuren is docent aan de Academie voor Life Science en Technologie van Avans Hogeschool en sinds 2002 onderzoeker bij het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.



Loopbaan

Martie heeft sinds 1991 onderzoekservaring. Hij werkte als wetenschappelijk medewerker aan de Radboud Universiteit Nijmegen in de werkgroep Moleculaire Oncologie. Aan de Erasmus Universiteit Rotterdam promoveerde hij op de afdeling Immunologie. Vervolgens werkte Martie als post-doc en wetenschappelijk medewerker aan projecten van KWF Kankerbestrijding en NWO aan het Erasmus MC. Verder werkte hij aan de voormalige Hogeschool Brabant bij Bedrijfsopleidingen unit Nova Knowledge als projectleider Biomedische laboratoriumtechnieken tot zijn functie als docent-onderzoeker bij Avans Hogeschool.

Expertise

De expertise van Martie ligt op het vlak van biomedische laboratoriumanalysetechnieken. Waaronder genomics (NGS, dPCR en kloneren), transcriptomics (RNA en RT-qPCR), proteomics (ELISA, Westen blot analyse en LC-MS/MS) en functionele studies (celkweek en flowcytometrie). Verder werkt Martie sinds 2018 met de CRISPR-Cas technologie. Martie heeft als doel nieuwe technieken/technologieën in onderwijs en onderzoek te implementeren.

Onderzoek

Martie werkt samen met WUR aan het identificeren, diagnosticeren en kloneren van voedselallergenen in verschillende noten- en vruchtensoorten. Daarnaast werkt Martie momenteel aan twee grote samenwerkingsprojecten waarin CRISPR-Cas centraal staan. In het door NWA gesubsidieerde CURE4Life project wordt onderzoek gedaan naar het toepassen van CRISPR-Cas9 technologie in gentherapie. En in het door NWO gesubsidieerde Epi-guide-edit project wordt onderzoek gedaan naar het toepassen van epigenetische CRISPR remming (CRISPRi) en activatie (CRISPRa).

MICHEL SLOTMAN

Michel Slotman is docent Biologie en Medisch Laboratorium Onderzoek bij Avans Hogeschool en onderzoeker bij het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.



Loopbaan

Michel geeft les over onder andere moleculaire genetica en bijbehorende technologieën, virologie, immunologie en forensische entomologie. Voordat Michel bij Avans Hogeschool begon was hij als hoogleraar Medische Entomologie verbonden aan Texas A&M University.

Daar leidde hij 13 jaar lang een onderzoekersgroep met een focus op onder andere de impact van malariabestrijding op muggen populaties, de genetische basis van paringsgedrag en gastheerkeuze. Maar ook steriliteit van hybriden in muggen, de rol van de biologische klok in muggen gedrag en de identificatie van insecticide resistentie genen.

Daarvoor was hij als onderzoeker verbonden aan de University of California at Davis en Yale University, waar hij promotieonderzoek deed naar de genetica van soortvorming in malariamuggen.

Expertise

De expertise van Michel zit met name op het gebied van (populatie) genetica en genomics van ziekte-overbrengende muggen.

Onderzoek

Bij het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences is Michel betrokken bij het One Health Pact. Dat is een consortium dat als doel heeft een systematisch begrip van door geleedpotigen overgebrachte ziekten te bewerkstelligen en te achterhalen hoe de overdracht van deze ziekten wordt beïnvloed door klimatologische, ecologische en sociale veranderingen. Michel doet in dit project onderzoek naar de bruikbaarheid van next-gen sequencing voor de identificatie van Nederlandse en uitheemse muggensoorten.

SANDER BODEN

Sander Boden is onderwijs- en onderzoekondersteuner bij het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.

Loopbaan

Sander studeerde in 2022 af aan de opleiding Biologie en Medisch Laboratoriumonderzoek bij Avans Hogeschool. Tijdens zijn stage en afstuderen werkte hij bij Westerdijk Fungal Biodiversity Institute aan uitbraak-analysetools als Microsatellite Typing en een pipeline voor de genomanalyse van medisch relevante gisten.



Eind 2022 begon Sander als onderwijs- en onderzoekondersteuner bij de minor Bioinformatics en het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.

Expertise

Sander heeft ervaring op het gebied van moleculaire biologie en bioinformatica, variërend van technieken als (RT-)(q)PCR, Nanopore sequencing en MLST tot vergelijkende genoom- en microbiom analyses en fylogenetische analysemethoden. Daarnaast heeft hij ervaring in programmeren van data-analyse pipelines en data dashboards met Python, Bash en nextflow.

Onderzoek

Momenteel werkt Sander aan moleculaire diagnostiek van varkensgriep, genomanalyses van de bacterie *L. crispatus* en het vaginaal microbiom. Daarnaast is hij betrokken bij variërende projecten waarbij bioinformatica en data-analyse een rol speelt.

SANNE VAN EGMOND

Sanne van Egmond is Senior Management Assistent bij het lectoraat Analysetechnieken in de Life Sciences.

Loopbaan

Sanne is haar carrière gestart in de hotellerie, waar ze begon als receptioniste en uitgroeide tot Front Office Manager. In 2014 heeft ze de overstap gemaakt naar Sales & Event Management bij een groot hotelconcern. Daar was ze verantwoordelijk voor corporate contracten, het organiseren van meetings en maakte ze bruidsparen blij door het organiseren van hun grote dag.



Na 16 jaar in de hotellerie gewerkt te hebben, vond ze het tijd om haar horizon te verbreden en heeft ze haar plek gevonden bij Avans Hogeschool.

Expertise

De expertise van Sanne ligt op het gebied van plannen, regelen en organiseren. Ze brengt graag overzicht – en daarmee rust – in processen. Dit komt goed van pas in een lectoraat waar er altijd een uitdaging te vinden is. Daarnaast is ze in voor een grapje en brengt graag sfeer in de groep.

LITERATUUR

1. Ministerie van Onderwijs, C. en W. 2017. Wet van 8 maart 2017 tot wijziging van de Wet op het hoger onderwijs en wetenschappelijk onderzoek, de Wet op het onderwijstoezicht en het Wetboek van Strafrecht, in verband met het tegengaan van misleidend gebruik van de naam universiteit en hogeschool, het onterecht verlenen en voeren van graden, alsmede het bevorderen van maatschappelijk verantwoordelijkheidsbesef door rpho's (bescherming namen en graden hoger onderwijs). *Staatsblad*. **97**. [online] <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2017-97.html> (Accessed February 13, 2024).
2. Jaarverslag 2012. 2013. Hanzehogeschool Groningen. [online] <https://www.hanze.nl/binaries/content/assets/hanze/nl/over-hanze/onze-organisatie/jaarverslag-2012-hanzehogeschool-groningen.pdf> (Accessed March 27, 2024).
3. Brockwell-Staats, C., R. G. Webster, and R. J. Webby. 2009. Diversity of influenza viruses in swine and the emergence of a novel human pandemic influenza A (H1N1). *Influenza Other Respir. Viruses*. **3**: 207–213.
4. Neumann, G., T. Noda, and Y. Kawaoka. 2009. Emergence and pandemic potential of swine-origin H1N1 influenza virus. *Nature*. **459**: 931–939.
5. Sims, A., L. B. Tornaletti, S. Jasim, C. Pirillo, R. Devlin, J. C. Hirst, C. Loney, J. Wojtus, E. Sloan, L. Thorley, C. Boutell, E. Roberts, and E. Hutchinson. 2023. Superinfection exclusion creates spatially distinct influenza virus populations. *PLOS Biol*. **21**: e3001941.
6. Farjo, M., and C. B. Brooke. 2023. When influenza viruses don't play well with others. *Nature*. **616**: 668–669.
7. Home. *One Health PACT*. [online] <https://www.onehealthpact.org/> (Accessed April 5, 2024).
8. Arroyo-Olarte, R. D., J. F. Brouwers, A. Kuchipudi, J. B. Helms, A. Biswas, I. R. Dunay, R. Lucius, and N. Gupta. 2015. Phosphatidylthreonine and Lipid-Mediated Control of Parasite Virulence. *PLoS Biol*. **13**: e1002288.
9. Kong, P., C.-M. Ufermann, D. L. M. Zimmermann, Q. Yin, X. Suo, J. B. Helms, J. F. Brouwers, and N. Gupta. 2017. Two phylogenetically and compartmentally distinct CDP-diacylglycerol synthases cooperate for lipid biogenesis in *Toxoplasma gondii*. *J. Biol. Chem*. **292**: 7145–7159.
10. Kong, P., M. J. Lehmann, J. B. Helms, J. F. Brouwers, and N. Gupta. 2018. Lipid analysis of *Eimeria* sporozoites reveals exclusive phospholipids, a phylogenetic mosaic of endogenous synthesis, and a host-independent lifestyle. *Cell Discov*. **4**. [online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5964319/> (Accessed October 23, 2018).
11. Ren, B., P. Kong, F. Hedar, J. F. Brouwers, and N. Gupta. 2020. Phosphatidylinositol synthesis, its selective salvage, and inter-regulation of anionic phospholipids in *Toxoplasma gondii*. *Commun. Biol*. **3**: 750.

12. Lim, X. 2021. Microplastics are everywhere — but are they harmful? *Nature*. **593**: 22–25.
13. Vethaak, A. D., and J. Legler. 2021. Microplastics and human health. *Science*. **371**: 672–674.
14. He, L., Z. Li, Q. Jia, and Z. Xu. 2023. Soil microplastics pollution in agriculture. *Science*. **379**: 547.
15. Li, L., Y. Luo, W. J. G. M. Peijnenburg, R. Li, J. Yang, and Q. Zhou. 2020. Confocal measurement of microplastics uptake by plants. *MethodsX*. **7**: 100750.
16. Environment, U. N. 2022. Plastics in agriculture – an environmental challenge. *UNEP - UN Environ. Programme*. [online] <http://www.unep.org/resources/emerging-issues/plastics-agriculture-environmental-challenge> (Accessed February 14, 2024).
17. Longhurst, H. J., K. Lindsay, R. S. Petersen, L. M. Fijen, P. Gurugama, D. Maag, J. S. Butler, M. Y. Shah, A. Golden, Y. Xu, C. Boiselle, J. D. Vogel, A. M. Abdelhady, M. L. Maitland, M. D. McKee, J. Seitzer, B. W. Han, S. Soukamneuth, J. Leonard, L. Sepp-Lorenzino, E. D. Clark, D. Lebwohl, and D. M. Cohn. 2024. CRISPR-Cas9 In Vivo Gene Editing of KLKB1 for Hereditary Angioedema. *N. Engl. J. Med.* **390**: 432–441.
18. Korteweg, N. 2022. Eerste baby in Nederland behandeld met gentherapie van eigen stamcellen. *NRC*. [online] <https://www.nrc.nl/nieuws/2022/06/22/eerste-baby-in-nederland-behandeld-met-gentherapie-van-eigen-stamcellen-a4134356> (Accessed February 14, 2024).
19. Patel, A. K., J. C. Kaczmarek, S. Bose, K. J. Kauffman, F. Mir, M. W. Heartlein, F. DeRosa, R. Langer, and D. G. Anderson. 2019. Inhaled Nanoformulated mRNA Polyplexes for Protein Production in Lung Epithelium. *Adv. Mater.* **31**: 1805116.
20. Guo, C., X. Ma, F. Gao, and Y. Guo. 2023. Off-target effects in CRISPR/Cas9 gene editing. *Front. Bioeng. Biotechnol.* **11**: 1143157.
21. Pego, A. M. F., E. J. Knaven, A. P. C. van de Plas, J. F. Brouwers, E. Cuypers, B. Flinders, R. M. A. Heeren, A. C. van Asten, and B. M. de Rooij. 2024. Untargeted metabolomics for lifestyle biomarker discovery in human hair. *Forensic Sci. Int.* **356**: 111938.
22. Voeding, medicatie én drugsgebruik: een enkel haartje zegt veel meer dan je denkt. *KRO-NCRV*. [online] <https://kro-ncrv.nl/programmas/keuringsdienst-van-waarde/voeding-medicatie-en-drugsgebruik-een-enkel-haartje-zegt-veel> (Accessed February 14, 2024).
23. Sectorinfo. *HollandBIO*. [online] <https://www.hollandbio.nl/sectorinfo/> (Accessed February 15, 2024).
24. van Steenwijk, H. P., E. Winter, E. Knaven, J. F. Brouwers, M. van Baardwijk, J. B. van Dalum, T. J. C. Luijendijk, F. H. M. van Osch, F. J. Troost, A. Bast, K. O. Semen, and A. de Boer. 2023. The beneficial effect of sulforaphane on platelet responsiveness during caloric load: a single-intake, double-blind, placebo-controlled, crossover trial in healthy participants. *Front. Nutr.* **10**: 1204561.
25. Wang, Y., Y. Zhao, A. Bollas, Y. Wang, and K. F. Au. 2021. Nanopore sequencing technology, bioinformatics and applications. *Nat. Biotechnol.* **39**: 1348–1365.

26. Mielczarek, P., J. Silberring, and M. Smoluch. 2020. Miniaturization in Mass Spectrometry. *Mass Spectrom. Rev.* **39**: 453–470.
27. Hager, J. W. 2004. Recent trends in mass spectrometer development. *Anal. Bioanal. Chem.* **378**: 845–850.
28. Taylor, M. J., J. K. Lukowski, and C. R. Anderton. 2021. Spatially Resolved Mass Spectrometry at the Single Cell: Recent Innovations in Proteomics and Metabolomics. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* **32**: 872–894.
29. Venter, J. C., M. D. Adams, E. W. Myers, P. W. Li, R. J. Mural, G. G. Sutton, H. O. Smith, M. Yandell, C. A. Evans, R. A. Holt, J. D. Gocayne, P. Amanatides, R. M. Ballegaard, D. H. Huson, J. R. Wortman, Q. Zhang, C. D. Kodira, X. H. Zheng, L. Chen, M. Skupski, G. Subramanian, P. D. Thomas, J. Zhang, G. L. Gabor Miklos, C. Nelson, S. Broder, A. G. Clark, J. Nadeau, V. A. McKusick, N. Zinder, A. J. Levine, R. J. Roberts, M. Simon, C. Slayman, M. Hunkapiller, R. Bolanos, A. Delcher, I. Dew, D. Fasulo, M. Flanigan, L. Florea, A. Halpern, S. Hannenhalli, S. Kravitz, S. Levy, C. Mobarry, K. Reinert, K. Remington, J. Abu-Threideh, E. Beasley, et al. 2001. The Sequence of the Human Genome. *Science.* **291**: 1304–1351.
30. Lander, E. S., L. M. Linton, B. Birren, C. Nusbaum, M. C. Zody, J. Baldwin, K. Devon, K. Dewar, M. Doyle, W. FitzHugh, R. Funke, D. Gage, K. Harris, A. Heaford, J. Howland, L. Kann, J. Lehoczyk, R. LeVine, P. McEwan, K. McKernan, J. Meldrum, J. P. Mesirov, C. Miranda, W. Morris, J. Naylor, C. Raymond, M. Rosetti, R. Santos, A. Sheridan, C. Sougnez, Y. Stange-Thomann, N. Stojanovic, A. Subramanian, D. Wyman, J. Rogers, J. Sulston, R. Ainscough, S. Beck, D. Bentley, J. Burton, C. Clee, N. Carter, A. Coulson, R. Deadman, P. Deloukas, A. Dunham, I. Dunham, R. Durbin, L. French, D. Grafham, et al. 2001. Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature.* **409**: 860–921.
31. Rhie, A., S. Nurk, M. Cechova, S. J. Hoyt, D. J. Taylor, N. Altemose, P. W. Hook, S. Koren, M. Rautiainen, I. A. Alexandrov, J. Allen, M. Asri, A. V. Bzikadze, N.-C. Chen, C.-S. Chin, M. Diekhans, P. Flicek, G. Formenti, A. Fungtammasan, C. Garcia Giron, E. Garrison, A. Gershman, J. L. Gerton, P. G. S. Grady, A. Guarracino, L. Haggerty, R. Halabian, N. F. Hansen, R. Harris, G. A. Hartley, W. T. Harvey, M. Haukness, J. Heinz, T. Hourlier, R. M. Hubley, S. E. Hunt, S. Hwang, M. Jain, R. K. Kesharwani, A. P. Lewis, H. Li, G. A. Logsdon, J. K. Lucas, W. Makalowski, C. Markovic, F. J. Martin, A. M. Mc Cartney, R. C. McCoy, J. McDaniel, B. M. McNulty, et al. 2023. The complete sequence of a human Y chromosome. *Nature.* **621**: 344–354.
32. Branton, D., D. W. Deamer, A. Marziali, H. Bayley, S. A. Benner, T. Butler, M. Di Ventra, S. Garaj, A. Hibbs, X. Huang, S. B. Jovanovich, P. S. Krstic, S. Lindsay, X. S. Ling, C. H. Mastrangelo, A. Meller, J. S. Oliver, Y. V. Pershin, J. M. Ramsey, R. Riehn, G. V. Soni, V. Tabard-Cossa, M. Wanunu, M. Wigginn, and J. A. Schloss. 2008. The potential and challenges of nanopore sequencing. *Nat. Biotechnol.* **26**: 1146–1153.
33. Wang, Y., Q. Yang, and Z. Wang. 2015. The evolution of nanopore sequencing. *Front. Genet.* **5**. [online] <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fgene.2014.00449/full> (Accessed February 15, 2021).

34. Pugh, J. 2023. The Current State of Nanopore Sequencing. *Methods Mol. Biol. Clifton NJ.* **2632**: 3–14.
35. Xu, J., X. Jiang, and N. Yang. 2023. Carbon nanopores for DNA sequencing: a review on nanopore materials. *Chem. Commun.* **59**: 4838–4851.
36. Fastest DNA sequencing technique. 2021. *Guinness World Rec.* [online] <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/675050-fastest%C2%A0dna-sequencing%C2%A0technique> (Accessed February 15, 2024).
37. Guo, X., L. Dong, and D. Hao. 2024. Cellular functions of spermatogonial stem cells in relation to JAK/STAT signaling pathway. *Front. Cell Dev. Biol.* **11**. [online] <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcell.2023.1339390> (Accessed February 16, 2024).
38. Pedraza, A., O. Deniz, and G. Bueno. 2022. Really natural adversarial examples. *Int. J. Mach. Learn. Cybern.* **13**: 1065–1077.
39. Directorate-General for Research and Innovation. 2020. Assessment of the Union Added Value and the Economic Impact of the EU Framework Programmes. Brussels. [online] http://publications.europa.eu/resource/cellar/af103c38-250d-11e9-8d04-01aa75ed71a1.0001.01/DOC_1.
40. september 2011, A. D. Onderzoeksgeld betaalt zich vier keer terug. *ScienceLink*. [online] <https://www.sciencelink.net/verdieping/onderzoeksgeld-betaalt-zich-vier-keer-terug/9347.article> (Accessed February 28, 2024).
41. Ren, B., X. Liang, J. F. Brouwers, R. C. Miron, B. Shen, and N. Gupta. 2023. Synthesis vs. salvage of ester- and ether-linked phosphatidylethanolamine in the intracellular protozoan pathogen *Toxoplasma gondii*. *Commun. Biol.* **6**: 306.
42. Katelas, D. A., R. Cruz-Miron, R. D. Arroyo-Olarte, J. F. Brouwers, R. K. Srivastav, and N. Gupta. 2024. Phosphatidylserine Synthase in the Endoplasmic Reticulum of *Toxoplasma* is Essential for its Lytic Cycle in Human Cells. *J. Lipid Res.* 100535.
43. Co van Ledden Hulsebosch Center, and Nederlands Forensisch Instituut. De Nederlandse Forensische Onderzoeksagenda 2023-2033. Amsterdam.

COLOFON

Dit is een uitgave van Avans Hogeschool

Uitgegeven ter gelegenheid van de lectorale rede
van Jos Brouwers

ISBN 978 90 8130 918 9

NUR 615 Boekwetenschappen algemeen

Redactie en coördinatie

Centre of Expertise Perspectief in Gezondheid

Printing and design

De Studio, powered by Avans & Canon

Contact

Centre of Expertise Perspectief in Gezondheid
perspectiefingezondheid@avans.nl
www.perspectiefingezondheid.nl

Lovensdijkstraat 63
Breda

