



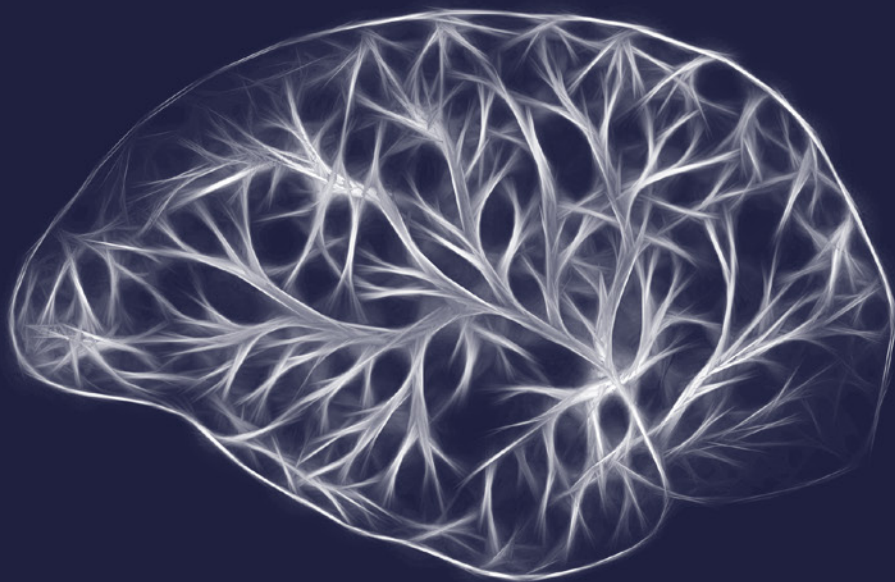
Neurolab^{NL}

KLIK OM TE LEZEN >

ONDERZOEKSAGENDA JUNI 2018

NWA route

NeuroLabNL: dé werkplaats voor hersen-,
cognitie- en gedragsonderzoek



“The chief function of the body is
to carry the brain around.”

Thomas A. Edison



INHOUD

I. INTRODUCTIE	4
Wat is NeuroLabNL?	5
II. FUNDAMENTEEL ONDERZOEK	9
■ Thema 1: Waarnemen en bewegen	13
■ Thema 2: Aanpassing en gedragscontrole	15
■ Thema 3: Neurotechnologie	18
■ Thema 4: Hersensmodellen en gepersonaliseerde cognitie	20
III. HERSENEN EN GEZONDHEID	22
■ Thema 1: Optimale gezondheid: weerbaarheids- en risicofactoren	25
■ Thema 2: Een gezonde leefstijl voor iedereen	28
■ Thema 3: Cognitieve vitaliteit en veerkracht van jong tot oud	30
■ Thema 4: Innovatieve interventies en technieken	32
HERSENEN EN ONDERWIJS	34
■ Thema 1: Leren voor de toekomst	37
■ Thema 2: Leren met passie: motivatie, exploratie, leerplezier	39
■ Thema 3: Leren met elkaar	41
■ Thema 4: Leren voor iedereen	43
HERSENEN EN SOCIALE VEILIGHEID	45
■ Thema 1: Neurowetenschap en veerkracht	48
■ Thema 2: Neurowetenschap en recht	50
■ Thema 3: Neurowetenschap en antisociaal gedrag	53
■ Thema 4: Neurowetenschap en sociale verbondenheid en conflict	55
TOEKOMSTPERSPECTIEF	58



I.

INTRODUCTIE



NeuroLabNL is voortgekomen uit een van de grootste routes van de Nationale Wetenschapsagenda (NWA)

WAT IS NEUROLABNL?

Voor u ligt de nieuwe onderzoeksagenda van NeuroLabNL, dé wetenschappelijke en maatschappelijke werkplaats voor onderzoek naar hersenen, cognitie en gedrag in Nederland. NeuroLabNL is voortgekomen uit een van de grootste routes van de Nationale Wetenschapsagenda (NWA). Onderzoekers van Nederlandse universiteiten, hogescholen, TO2 instellingen, Rijkskennisinstellingen en maatschappelijke partners slaan de handen ineen om belangrijke maatschappelijke vraagstukken aan te pakken door wetenschappelijk onderzoek op topniveau te verrichten, intensief samen te werken en kennis over hersenen, cognitie en gedrag te laten landen in de samenleving. Met trots presenteren we deze nieuwe onderzoeksagenda, gemaakt voor en door wetenschappers en maatschappelijke stakeholders. We kijken uit naar een inspirerende toekomst!



EEN BETER BEGRIP VAN HERSENEN, COGNITIE EN GEDRAG IS ESSENTIEEL.

Onze hersenen bepalen goeddeels wie wij zijn, hoe wij denken, wat wij voelen en doen. Het zijn onze hersenen die ons tot mens maken. Tegelijk maken de hersenen ons tot unieke individuen. Dit heeft grote implicaties voor hoe wij functioneren in een complexe maatschappij. Door persoonlijke talenten te benutten en door samenwerking brengen we onze maatschappij tot bloei. Door verschillen tussen mensen ontstaan ook conflicten, sociale ongelijkheid en zorgen over kansen voor bepaalde personen of groepen. Onze ambitie is om via een beter begrip van hersenen, cognitie en gedrag antwoorden te vinden op vragen die van groot belang zijn in onze complexe samenleving.

Het besef dat de hersenen nauw verbonden zijn met cognitie en gedrag, zoals waarneming, leren, bewustzijn en emoties, houdt de mensheid al eeuwen bezig, maar we verkeren nu in de historisch unieke situatie dat we deze verbinding kunnen duiden en beginnen te begrijpen. Geavanceerde technieken helpen onderzoekers met het beantwoorden van een fundamentele vraag: 'Hoe werken de hersenen en welke invloed heeft dit op ons denken en doen?'

DE KOMENDE DECENNIA STAAN WE VOOR GROTE MAATSCHAPPELIJKE VRAAGSTUKKEN.

Hoe kunnen we via een beter begrip van onze hersenen, cognitie en gedrag tot nieuwe toepassingen komen in bijvoorbeeld onderwijs, veiligheid en zorg? Hoe komt het dat sommige kinderen zich sneller ontwikkelen dan andere? Hoe ontstaat risicovol gedrag en wanneer slaat dit om in crimineel gedrag? Welke innovatieve behandelingen kunnen we ontwikkelen voor psychische en lichamelijke aandoeningen naast de klassieke farmacologie? Wat is de invloed van genen, omgeving en lichamelijke activiteit bij de veroudering van de hersenen? Een kleine greep uit de ruim vierhonderd brein gerelateerde vragen uit de Nationale Wetenschapsagenda.



BIJ AL DEZE VRAGEN SPELEN HERSENEN, COGNITIE EN GEDRAG EEN SLEUTELROL.


In deze agenda presenteren we onze onderzoeksambities in vier deelagenda's. Allereerst is ■ **Fundamenteel onderzoek** naar de basisprocessen van hersenen, cognitie en gedrag essentieel. Kennisgroei is intrinsiek waardevol, omdat we daarmee onze horizon verbreden en vragen blijven stellen. We willen graag dat ons onderzoek uiteindelijk toepassing heeft, maar we kunnen niet zonder investeren in kennisgroei om praktijkgericht onderzoek te voeren en om toepassingen op lange termijn te realiseren. Na een beschrijving van de uitdagende vragen die spelen binnen het fundamentele onderzoeksdomein, laten we zien welke directe mogelijkheden er al zijn voor toepassing in het domein van ■ **Hersenen en gezondheid**. Wat zorgt ervoor dat onze hersenen gezond en fit blijven, en wat zijn de valkuilen als het mis gaat? In dit vakgebied zijn er de afgelopen 20 jaar enorme stappen gezet en zijn er veel mogelijkheden voor nieuwe doorbraken. Twee van de domeinen die wetenschappelijk en maatschappelijk prominent op de agenda staan zijn ■ **Hersenen en onderwijs** en ■ **Hersenen en sociale veiligheid**. Denk bijvoorbeeld aan digitalisering: het onderwijs vraagt om oplossingen gebaseerd op kennis over hersenen, cognitie en gedrag. En hoe kan de rechtspraak worden geholpen met inzichten in de oorzaken van verschillen tussen mensen in agressie of gedragscontrole? Ook hier staat het onderzoeksveld in de volle breedte klaar om grote stappen te maken.

Belangrijk is dat de onderzoeksprogramma's die uit deze agenda volgen alleen kunnen worden uitgevoerd als ethische aspecten en privacy worden belicht. In deze onderzoeksagenda krijgt dit al aandacht, in nieuwe onderzoeksprogramma's moet het een vast onderdeel zijn. Er is daarnaast speciale aandacht nodig voor inspirerende vormen van kennisoverdracht naar de praktijk, voor het wegnemen van misverstanden en mythes over neurowetenschappelijke kennis en toepassingen, en voor het op wetenschappelijk verantwoorde wijze gebruiken van toepassingen.



Unieke kansen voor het NeuroLabNL samenwerkingsverband

De kansen om via de NWA de hele ‘kennisketen’ in stelling te brengen ten behoeve van maatschappelijke vragen zijn mooi zichtbaar in het nu al succesvolle programma “Optimale condities voor leren en veiligheid van jongeren”, een 3-jarig onderzoeksprogramma gefinancierd door de Startimpuls van de NWA. In dit programma werken onderzoekers van 10 Nederlandse universiteiten en 20 maatschappelijk partners samen om belangrijke vragen op het gebied van onderwijs en sociale veiligheid te onderzoeken. Deze startimpuls geeft een kick-start aan de vele mogelijkheden die NeuroLabNL heeft te bieden, ook voor onderzoekers van de nieuwe generatie. Inmiddels zijn de onderzoekers van start gegaan en werken ze intensief samen met maatschappelijk partners. Het is een prachtig voorbeeld om op voort te bouwen en uit te breiden.

In de volgende hoofdstukken nemen we u mee in wat NeuroLabNL te bieden heeft voor de toekomst. Met de NeuroLabNL onderzoeksagenda hebben wij de ambitie om uitdagende maatschappelijke vragen aan te pakken door de gehele kennisketen te betrekken, van fundamenteel tot praktijkgericht en toegepast onderzoek. In dat opzicht zijn de vier deelagenda’s onlosmakelijk met elkaar verbonden en versterken ze elkaar door inzichten te combineren. Om dat te verduidelijken zijn met  [Paginanummer](#) verwijzingen vele voorbeelden van deze verbondenheid in de tekst aangegeven.



II.

FUNDAMENTEEL ONDERZOEK



Een beter begrip hoe de hersenen werken gaf de aanleiding tot een revolutie in kunstmatige intelligentie.

Kenmerkend voor de agenda Fundamenteel onderzoek van NeuroLabNL is het streven om de onderliggende hersenmechanismen te doorgronden en daarmee de kennisbasis te vergroten om uiteindelijk maatschappelijke relevante problemen aan te pakken. Een beter begrip van hoe de hersenen werken is intrinsiek waardevol, maar ook essentieel om op de korte óf lange termijn tot toepassingen te komen. Een voorbeeld is de ontwikkeling van hersenmodellen rond 1930, die aanleiding gaf tot de huidige revolutie in de kunstmatige intelligentie.

Een belangrijke pijler voor de fundamentele neurowetenschappen wordt gevormd door de technieken waarmee de hersenen op meerdere ruimte-tijd schalen worden bestudeerd. Hersenscans tonen steeds scherpere beelden van activiteit die in de tijd gekoppeld is aan het uitvoeren van taken of het beleven van emoties (bijvoorbeeld een aandachtstaak, keuzes maken, beloning of teleurstelling



ervaren). Activiteitsveranderingen kunnen inmiddels gemeten worden op de tijdschaal van seconden en (in de meest sterke scanners) in breinvolumes van minder dan een kubieke millimeter (een spelknop). Het is essentieel dat ook de veel snellere veranderingen in elektrische en magnetische activiteit (milliseconden) van hersencellen worden gemeten. Met optische technieken is dat mogelijk. Met de nieuwste varianten van deze onderzoeksmethoden wil Nederland haar huidige internationale voortrekkerspositie handhaven. De organisatiegraad en wil tot samenwerking stelt ons als geen ander land in staat om onderzoek te doen dat alle niveaus van hersenorganisatie beslaat: van molecuul en hersencel tot circuit, netwerk en gedrag. En dat bij gezonde mensen, bij patiënten en in cel- en diermodellen.

Hieraan nauw verbonden zijn de sterk opkomende technieken om bijvoorbeeld patiënten te voorzien van protheses bij uitval van zintuigen of pacemakerachtige diepehersenstimulatie bij verstoorde centrale hersenfuncties. Deze neurotechnologie is een wetenschapsveld dat grote kansen biedt voor nieuwe, of op bestaande interventies aanvullende, medische behandelmethoden. En als volgende spannende ontwikkeling zien we dat er, parallel aan de opkomst van de robotica en kunstmatige intelligentie, momenteel baanbrekende ontwikkelingen plaatsvinden op het gebied van computermodellen van de hersenen. Deze zijn nodig om de complexiteit van leer- en denkprocessen te doorgronden. Al deze ontwikkelingen maken een geïntegreerde aanpak nodig die verschillende onderzoeksgebieden samenbrengt, zoals de neurobiologie, psychologie, psychiatrie, neurologie en technische wetenschappen.

Onze ambitie is om door dit fundamentele onderzoek uiteindelijk de kansen voor iedereen in onze samenleving te vergroten, op het gebied van gezondheid, onderwijs en sociale veiligheid. Onze identiteit, karakter en welbevinden worden in sterke mate bepaald door een samenspel van ons DNA, onze familiegeschiedenis, opvoeding en een samenleving die voortdurend aanpassingen van ons vraagt. Het is van bijzonder belang om meer kennis te krijgen over individuele verschillen in hersenen, cognitie en gedrag zodat in de toekomst meer op de persoon toegesneden interventies, leermethoden en behandelingen kunnen worden ontwikkeld.



We illustreren deze mogelijkheden aan de hand van de volgende vier thema's:

- 1. Waarnemen en bewegen
- 2. Aanpassing en gedragscontrole
- 3. Neurotechnologie
- 4. Hersenmodellen en gepersonaliseerde cognitie



THEMA 1:

WAARNEMEN EN BEWEGEN**Input en output en wat daar allemaal tussen zit**

Je fietst door een drukke straat. Je stopt je smartphone in je jaszak terwijl je op het verkeer let. Een vrachtwagen komt van rechts. Je herkent het geluid van de vrachtwagen die optrekt en ziet dat de chauffeur jou niet ziet. Je wordt je bewust van het gevaar in deze situatie, maar ziet ook dat je voor de vrachtwagen langs kunt komen als je voldoende versnelt. Kleine stuurcorrecties zorgen ervoor dat je niet van een rechte lijn afwijkt. Dit samenspel tussen je zintuigen – evenwicht, gehoor, zien, gevoel - en je vloeiende bewegingen worden mogelijk gemaakt door de elektrische activiteit van netwerken van hersencellen. Hoe doen die hersennetwerken dat? Hoe smeedt ons brein razendsnel een overzicht van deze situatie, en langs welke hersenpaden komt een motorische reactie tot stand?

Door onderzoek naar zintuiglijke prikkels en motorisch gedrag te combineren hebben onderzoekers inzicht gekregen in de manieren waarop hersencellen zintuiglijke informatie verwerken en signalen doorseinen naar gebieden die lichaamsbewegingen coördineren. Dit ontdekten zij met onderzoek naar elektrische hersenactiviteit en met beeldvormende technieken. Vaak is deze kennis verkregen door te meten aan één enkele hersencel tegelijk, of aan een grote massa hersenweefsel dat reageert op prikkels. Wat we nog niet begrijpen, is hoe hersencellen samenwerken om de complexe processen van waarneming en aansturing van beweging voor elkaar te krijgen.

We moeten nog leren doorzien hoe informatie uit verschillende zintuigen in de hersenen wordt samengebracht, en hoe wij die informatie binnen een fractie van een seconde kunnen gebruiken om ons lichaam in beweging te brengen. Maar deze vragen houden niet op bij waarneming en zintuigen. We hebben ook de ambitie om hersenprocessen die ten grondslag liggen aan bewustzijn te doorgronden. De technische mogelijkheden worden snel groter. Het is haalbaar om de elektrische activiteit van honderden hersencellen tegelijk te meten, en ook beeldvormende technieken worden steeds geavanceerder. Deze metingen leveren enorme datastromen en



computermodellen op die een *big data* aanpak vereisen.

Belangrijke vragen voor het thema Waarnemen en bewegen:

- (a)** Hoe verwerken de hersenen al die zintuigelijke prikkels, hoe filteren zij de relevante details hieruit, en wat zijn de beste condities om brokken informatie aan te bieden?
- (b)** Welke hersenactiviteit is precies nodig voor bewustwording en het bewustzijn zelf?
- (c)** Hoe verwerken de hersenen vele prikkels tegelijk, en hoe leren mensen om in een split second de juiste beslissing te nemen?



THEMA 2:

AANPASSING EN GEDRAGSCONTROLE

Aanpassing is een kernbegrip in een snel veranderende samenleving waarop individuen zich voortdurend dynamisch moeten instellen. Thema 2 stelt zich ten doel om kennis, technieken en praktische expertise te verenigen om fundamentele mechanismen voor aanpassing te identificeren en te begrijpen. Ook is meer aandacht nodig voor de voorwaarden en condities waaronder de hersenen zich optimaal kunnen aanpassen. Hiervoor zal ontwikkeling van nieuwe en krachtige technieken nodig zijn die zich over meerdere niveaus van hersenorganisatie uitstrekken: van molecuul en hersencel tot circuit, netwerk en gedrag. Dit onderzoek richt zich op structuur, fysiologie en verbindingen tussen hersengebieden, bestudeerd bij mensen en in diermodellen.

Naast waarneming, bewustzijn en aanpassing, omvatten hogere cognitieve functies het plannen van acties, het beheersen van impulsen en het focussen van aandacht op wat belangrijk is. Dit speelt een rol bij een veelvoud aan alledaagse bezigheden zoals het uitvoeren van een complexe taak, het voeren van een gesprek, maar ook bij sociaal en moreel gedrag. Samengevat gaat het hier om controle over gedrag en over cognitieve processen. Bij deze controle speelt de prefrontale cortex, gelegen in de frontale kwab van het brein, een sleutelrol. Dit deel van de hersenschors werkt samen met gebieden in de slaapkwab en gebieden die onder de schors liggen (de basale kernen). Hoewel onze kennis over de anatomie en het functioneren van cellen in de prefrontale cortex de laatste decennia is gegroeid, is het van cruciaal belang om ook te begrijpen hoe het functioneren van deze hersengebieden bijdraagt aan aanpassing en doelgericht gedrag.

Alle hersencircuits voor cognitie, van waarnemen tot hogere functies, zijn opgebouwd uit meer elementaire circuits voor alertheid, motivatie en emotie. Daarom kleurt stemming onze waarneming, bevordert alertheid leren en beperkt angst ons handelen. Met andere woorden, onze stemming heeft grote invloed op onze waarneming en acties. Bij sommige mensen fluctueren deze stemmingen vaker dan bij andere mensen. Meer kennis over de wijze waarop waarnemen, emotie en actie onderling zijn verbonden, is van zeer grote waarde voor situaties waarin mensen aan grote risico's worden blootgesteld, bijvoorbeeld de professionals genoemd in



thema 1 neurowetenschap en veerkracht van de deelagenda Hersenen en sociale veiligheid (zie ook V.1 [Pagina 48](#)).

Belangrijke vragen voor het thema Aanpassing en gedragscontrole:

- (a) Het aanpassingsvermogen van de hersenen is niet onbeperkt en dat roept de vraag op hoe en wanneer 'programming' van deze hersenfunctie plaatsvindt. Hoe verandert het vermogen tot aanpassing over de levensloop? Hebben omstandigheden tijdens de zwangerschap al een effect op meer of minder aanpassingsvermogen in het latere leven?
- (b) We leren van vroegere ervaringen en passen hierop ons toekomstig gedrag aan. Wat zijn de hersenmechanismen die leren en aanpassingsprocessen sturen?
- (c) Waarom wordt het aanpassingsvermogen van de hersenen minder als we ouder worden? En: valt hier iets aan te doen?
- (d) Hoe komt het dat bepaalde mensen zich slechter kunnen aanpassen aan omgevingsveranderingen dan anderen? Welke mechanismen bepalen individuele verschillen in kwetsbaarheid voor hersenaandoeningen of voor stress?
- (e) Welke patronen van activiteit in de prefrontale cortex en het verbonden netwerk zijn van causaal belang voor gedragscontrole, en wat gaat er mis als deze controle ontbreekt?



Taal en aanpassing

Een voor de mens unieke functie is taalvermogen. Geen enkele andere diersoort beschikt over een communicatiemiddel zo krachtig als taal. Taal stelt ons niet alleen in staat met grote aantallen soortgenoten te communiceren, maar ook om kennis te accumuleren in de vorm van geschriften. Talen verschillen in klank, grammatica en woordenschat. Maar ze delen met elkaar de unieke neurobiologische basis van het talige brein, waardoor kinderen zich overal ter wereld in zo'n drie jaar de bouwstenen van spraak eigen maken, zonder formele instructie. Er zijn aanzienlijke verschillen in individuele taalvaardigheden, onder meer doordat niet iedereen opgroeit met gelijke kansen en mensen migreren tussen landen. Op welke verschillen in hersenstructuur en functie zijn die verschillen gebaseerd? Wat is de beste manier om mensen met zeer diverse taalachtergronden Nederlands te laten leren? Willen we ons onderwijs beter inrichten op deze verschillen, dan zullen we onze fundamentele kennis over hersenen, cognitie en gedragsfactoren die daaraan ten grondslag liggen moeten verdiepen.



THEMA 3:

NEUROTECHNOLOGIE

Neurotechnologie omvat alle technieken om de activiteit van hersencellen uit te lezen of te beïnvloeden, zowel in het gezonde als aangedane brein. Tot nog toe werkten hersenonderzoekers veel met meettechnieken die ofwel laten zien hoe één cel zich gedraagt, ofwel een globaal beeld geven van de activiteit van hersengebieden. Om verder te komen is het nodig om ook de tussenliggende niveaus van organisatie meetbaar te maken, bijvoorbeeld door de elektrische activiteit van veel meer hersencellen te meten dan tot nu toe mogelijk was (zie ook thema II.1 [Pagina 13](#)). Daarnaast is er de uitdaging om beeldvormende hersenscantechnieken te verfijnen, zowel op het niveau van cellen als van de anatomie en het functioneren van de hersenen als geheel. Dit veld van onderzoek vraagt om nieuwe technologie voor bijvoorbeeld hersenscans, elektrodes, moleculair en cellulair gereedschap en nanotechnologie. Met deze technologie worden kwalitatieve sprongen op veel terreinen van de neurowetenschappen mogelijk.

Ook is er enorme vooruitgang mogelijk in het onderzoek naar de causale rol van hersengebieden en hun cellen in cognitieve functies en gedrag. De revolutionaire ontwikkeling van de optogenetica maakt het mogelijk om de activiteit van (genetisch veranderde) cellen te manipuleren met licht. We kunnen specifieke groepen hersencellen 'aan' of 'uit' te zetten en kijken welk effect dit heeft op het gedrag. Veel hersenaandoeningen worden niet zozeer veroorzaakt doordat alle hersencellen ziek zijn, maar doordat bepaalde groepen cellen niet goed functioneren. Verdere ontwikkeling van de optogenetica zal het mogelijk maken om die aandoeningen meer gericht te behandelen. Daarnaast is het mogelijk om specifieke celgroepen via genetische veranderingen gevoelig te maken voor farmaca, en liggen er tal van mogelijkheden voor biochemische of elektromagnetische beïnvloeding van hersenactiviteit in het verschiet.



Belangrijke vragen voor het thema Neurotechnologie:

- (a)** Kunnen we neurotechnologie zover ontwikkelen dat we een veelomvattend, dynamisch beeld kunnen creëren van hoe hersengebieden precies actief zijn tijdens verschillende zintuiglijke, motorische en cognitieve processen?
- (b)** Kunnen we met interventies, zoals het tijdelijk 'aan' of 'uit' zetten van cellen, causale verbanden blootleggen tussen de vornoemde zintuiglijke, motorische en cognitieve processen, de gemeten activiteitsveranderingen (elektrisch, energetisch) en precieze locatie(s) in het brein?
- (c)** Hoe kunnen we neurotechnologie inzetten om patiënten met hersen- of zintuigaandoeningen beter te helpen?
- (d)** Het recente verleden heeft succesvolle toepassing van diepe hersenstimulatie bij hersenaandoeningen zoals Parkinson laten zien. Maar hoe werkt die stimulatie precies en kunnen we deze techniek ook breder inzetten?

Kansen voor neurotechnologie

Neurotechnologie zal de komende tien jaar forse stappen zetten in de richting van toepassingen. Een voorbeeld is de behandeling van blinde mensen met een visuele prothese. Onderzoek is gaande om het visuele deel van de hersenschors uit te rusten met een groot aantal elektroden waarmee groepjes cellen worden gestimuleerd op aangeven van informatie uit camerabeelden. De eerste proeven laten zien dat de principes werken, maar er zijn nu verdere stappen nodig om dit fundamentele onderzoek om te zetten in technologie die bij patiënten werkt. De vraag is ook: kunnen we patiënten die lijden aan andere vormen van uitval, zoals bij een beroerte, vooruit helpen? En: welke andere mogelijke toepassingen liggen in het verschiet? Een exoskelet met gedachten kunnen sturen, invasieve vormen van neurofeedback inzetten bij training of onderwijs? Ongeacht de toepassing is het evident dat de techniekontwikkeling sterk is verbonden met onze menselijke waardigheid, autonomie en privacy. Dit vereist alertheid en tijdige acties op gebied van ethiek, wetgeving en overige maatschappelijke vraagstukken.



THEMA 4:

HERSENMODELLEN EN GEPERSONALISEERDE COGNITIE

De hersenen vormen het meest complexe orgaan dat we kennen, en om de biologische basis van mentale processen te begrijpen is het noodzakelijk om metingen aan de hersenen te combineren met analyse van *big data*. Daarnaast zijn er rigoureuze stappen nodig in de ontwikkeling van nieuwe theorieën over hoe hersencellen samenwerken om mentale processen zoals geheugen en waarneming mogelijk te maken. We weten nog onvoldoende van de principes waarmee groepen hersencellen informatie coderen. In de kunstmatige intelligentie beleven we de opkomst van *deep learning*. Om te begrijpen hoe hersenen complexe cognitieve processen uitvoeren en waarom zij zo enorm efficiënt te werk gaan, is het belangrijk modellen van de hersenen te bouwen en op computers te simuleren.

Verschillen tussen mensen vormen een belangrijke schakel in het maken van precieze hersenmodellen. Niet iedereen kan bijvoorbeeld een Messi worden of een spreker van vijf talen. Individuele verschillen zijn afhankelijk van een samenspel van genetische aanleg, verschillen in de bouw van het brein, leervermogen en opgedane levenservaring. Om talenten optimaal te kunnen ontplooien is het van belang beter zicht te hebben op de oorzaken van verschillen tussen mensen. Deze kennis heeft tot doel om uiteindelijk leeromgevingen en behandelingsinterventies nauwkeuriger af te stemmen op de mogelijkheden en beperkingen van een individu. Dit is wat we verstaan onder 'gepersonaliseerde cognitie'. Het is een benadering die hersenmechanismen per individu wil ontrafelen, die een op de persoon gericht hersenmodel bouwt en die zoekt naar factoren (biomarkers) waarmee het individuele cognitieve functioneren voorspeld kan worden in bijvoorbeeld een sociale context.



Belangrijke vragen voor het thema Hersenmodellen en gepersonaliseerde cognitie:

- (a) Hoe kunnen hersenmodellen worden aangewend om theorieën over de biologische basis van mentale processen te verbeteren? Hoe maken we hersenmodellen die beter 'kloppen' met de werking van het brein?
- (b) Kunnen we met betere hersenmodellen komen tot snel-lerende en energie-efficiënte vormen van kunstmatige intelligentie?
- (c) Welke persoonlijke eigenschappen kunnen voorspeld worden met behulp van biologische en cognitieve kennis van het individu? In hoeverre is iemands toekomstig keuzegedrag, handelen of emotioneel reageren voorspelbaar?

Leren met hersenen, maar ook leren van hersenen

Deep learning algoritmes draaien op supercomputers die megawatts verbruiken. De hersenen gebruiken slechts de energie van een lampje van 25 Watt. Ook springen de hersenen veel efficiënter met data om, en zijn ze in staat om een taak met slechts weinig voorbeelden te leren uitvoeren. En terwijl deep learning netwerken doorgaans gespecialiseerd zijn in één taak, is ons brein veel flexibeler en beter in multitasking. Maar hoe krijgen de hersenen dit precies voor elkaar? Door toetsbare hersenmodellen te bouwen worden hun ongeëvenaarde capaciteiten geleidelijk ontrafeld, en dit zal helpen om computers en robots intelligenter en efficiënter te maken.



III.

HERSENEN EN GEZONDHEID



Het is geen verrassing dat een beter begrip van hersenen, cognitie en gedrag van groot belang is om mensen gezond te laten zijn en blijven.

III.

HERSENEN EN GEZONDHEID

Gezondheid is ons grootste goed, maar zeker niet vanzelfsprekend in een steeds complexer wordende maatschappij. Zo is er een stijgend aantal chronisch zieken door psychische en fysieke overbelasting en door ongezonde slaap-, waak-, eet- en beweegpatronen. Depressiviteit wordt als een van de belangrijkste volksziektes wereldwijd beschouwd, en leven met ziekte, waaronder ook hersenaandoeningen zoals dementie, neemt toe nu mensen steeds ouder worden. Het is bekend dat gezondheidsproblemen voortkomen uit een complex samenspel van genetische, neurobiologische en omgevingsfactoren, die zich bovendien verschillend manifesteren over de levensloop. Het is geen verrassing dat een beter begrip van hersenen, cognitie en gedrag van groot belang is om mensen gezond te laten zijn en blijven. Kennis hierover vraagt om een breed perspectief vanuit verschillende onderzoeksdisciplines. Hiervoor is samenwerking nodig tussen bijvoorbeeld neurowetenschappen, biomedische wetenschappen en gedragswetenschappen.



NeuroLabNL brengt onderzoekers met deze achtergronden bij elkaar. Hun grensverleggend onderzoek en de nauwe betrokkenheid van maatschappelijke partners maakt dat baanbrekende stappen gezet kunnen worden richting betere diagnostiek, preventie en behandeling.

De volgende thema's staan hierin centraal:

- 1. Optimale gezondheid: weerbaarheids- en risicofactoren
- 2. Een gezonde leefstijl voor iedereen
- 3. Cognitieve vitaliteit en veerkracht van jong tot oud
- 4. Innovatieve interventies en technieken

Vier thema's met duidelijke doelen die niet los van elkaar staan. Bij het zoeken naar weerbaarheids- en risicofactoren staan algemene neurobiologische en psychologische factoren voor gezondheid en ziekte gedurende alle levensfasen centraal. Veel verschillende aandoeningen, variërend van eetstoornissen, de ziekte van Parkinson of ernstige en aanhoudende verwardheid (delier), delen verrassend genoeg een aantal veroorzakende factoren. Factoren die klaarblijkelijk in meer algemene zin personen gevoeliger maken voor het ontstaan van een aandoening. Kennis over dergelijke onderliggende factoren kan leefstijlinterventies veel effectiever maken. Ook geeft het voeding aan nieuwe toepassingsgebieden, bijvoorbeeld op het gebied van farmacotherapie, hersenstimulatie, voedingssupplementen, en e-health modules.



THEMA 1:

OPTIMALE GEZONDHEID: WEERBAARHEIDS- EN RISICOFACTOREN

Een opeenstapeling van negatieve ervaringen is een belangrijke voorspeller voor psychische aandoeningen. Bij sommige mensen zal elke nieuwe blootstelling bijdragen aan een verslechtering van mentale en lichamelijke welzijn en deze cascade kan leiden tot het ontstaan van een psychische stoornis of lichamelijke ziekte. Anderen daarentegen kunnen zich relatief goed en op spontane wijze aanpassen. Bij hen leiden de ervaringen niet tot psychische klachten of lichamelijke aandoeningen. Eerder spraken we al over het belang van het menselijk aanpassingsvermogen (zie ook thema II.2 [Pagina 15](#)). We weten nog te weinig over wie weerbaar en wie kwetsbaar is voor blootstelling aan specifieke omgevingsfactoren, en hoe dit in relatie staat tot lichamelijke en psychische gezondheid.

Gemiddelden vertellen maar het halve verhaal.

De wetenschap heeft zich veelal gericht op het meten van het gemiddelde functioneren, onafhankelijk van individu en omstandigheid. Maar hoe de hersenen van een individu werken is sterk variabel en wordt voor een groot deel bepaald door de hele tijdspanne van ontstaan tot heden. Individuele eigenschappen, weerbaarheid of kwetsbaarheden zijn deels in ons individueel DNA verankerd en liggen vanaf conceptie vast. Vervolgens is het de interactie met de omgeving tijdens de vroege ontwikkeling die zaken definitiever maakt. Maar ook het recente verleden, de huidige context, en zelfs het tijdstip van de dag zijn van belang. Complexe interacties tussen deze factoren bepalen of iemand uitgerust of uitgeput is, aandachtig of afgeleid, geduldig of impulsief, open of angstig, opgewekt of somber, kwetsbaar of veerkrachtig is. En daarmee hoe de hersenen op enig moment informatie opnemen en met stressvolle uitdagingen omgaan.



Veel aandoeningen en ziekten worden pas in een laat stadium vastgesteld. Psychische aandoeningen, bijvoorbeeld, worden vaak pas in de late adolescentie of volwassenheid gediagnosticeerd, ondanks aanwijzingen dat veel aandoeningen zich al in de vroege tienerjaren op subtiele wijze manifesteren. Verschillende neurologische aandoeningen, zoals Parkinson en Alzheimer, ontstaan in de loop van decennia en kennen een lange aanloopfase. Ook wordt bijvoorbeeld vetzucht vaak pas vastgesteld op schoolleeftijd, terwijl er al in het eerste levensjaar, of zelfs de prenatale fase, aanwijzingen zijn dat deze aandoening zich kan gaan manifesteren. Er is dan ook dringend behoefte aan betere voorspellers van lichamelijke en psychische aandoeningen. Door afstemming van onderzoek bij dieren en mensen kunnen we de neurobiologische en psychologische mechanismen die hieraan ten grondslag liggen beter begrijpen (zie ook thema II.4 [Pagina 20](#)). Dit is belangrijk om vroegtijdig (preventieve) interventies toe te kunnen passen en hiermee een vicieuze cirkel van problemen te voorkomen.

Onderzoek heeft zich de afgelopen decennia gericht op het opsporen van neurobiologische en psychologische risicofactoren van lichamelijke en psychische aandoeningen. Dit heeft geleid tot baanbrekende bevindingen over het samenspel van genetische - en omgevingsfactoren. Het feit dat zoveel mensen – zelfs na het meemaken van talloze gezondheidsbedreigende situaties – gezond en vitaal blijven, duidt er echter op dat er ook weerbaarheidsfactoren in het spel zijn. Een voorbeeld hiervan is dat sociale relaties vaak als een buffer werken tegen omgevingsfactoren (bijvoorbeeld chronische stress) die de ontwikkeling van ziektesymptomen in de hand werken (bijvoorbeeld een burn-out). Er ligt dan ook een grote uitdaging om meer kennis te krijgen over hoe mensen zich aanpassen aan omgevingsveranderingen, welke neurobiologische en psychologische factoren daarbij een rol spelen en wat er mis gaat wanneer aandoeningen toch ontstaan.



Belangrijke vragen voor het thema Weerbaarheids- en risicofactoren voor een optimale gezondheid:

- (a) Wat zijn de processen die ten grondslag liggen aan optimale aanpassing aan belastende omgevingsveranderingen? En wat zijn de weerbaarheids- en risicofactoren wanneer de omgeving aanpassing vereist?
- (b) Zijn er 'gevoelige' perioden in de ontwikkeling van een persoon waarin weerbaarheids- en risicofactoren een grotere rol spelen dan in andere levensfasen? Hoe kunnen we met behulp van longitudinaal en experimenteel onderzoek bij gezonde en zieke mensen, maar ook in dierstudies, de onderliggende mechanismen hiervan meer inzichtelijk te maken?
- (c) Kunnen we met persoonsgerichte digitale technologie (bijvoorbeeld op het lichaam gedragen meetapparaten) factoren voor weerbaarheid en kwetsbaarheid beter opsporen? Kunnen we de weerbaarheid van mensen vergroten door de digitale metingen van dergelijke sensoren terug te koppelen naar de persoon zelf?



THEMA 2:

EEN GEZONDE LEEFSTIJL VOOR IEDEREEN

Niet alleen aangeboren kwetsbaarheid en weerbaarheidsfactoren, maar ook leefstijl bepaalt in sterke mate hoe mensen zich ontwikkelen en oud worden. Essentiële componenten van een gezonde leefstijl zijn voldoende lichamelijke beweging, gezonde voeding, vermijden van roken en alcohol, sociale interactie en het mentaal actief blijven in alle levensfasen. Worden deze componenten veronachtzaamd, dan kan dat het risico op het ontstaan van veel chronische lichamelijke en psychische aandoeningen, tot zelfs overlijden, verhogen.

Om een gezonde leefstijl te ontwikkelen en te handhaven is er een ruim aanbod aan apps, cursussen en andere interventies beschikbaar gekomen. Ondanks dit grote aanbod is de langdurige effectiviteit ervan teleurstellend. We weten wel wat we anders moeten doen, maar niet hoe dat per individu kan worden bereikt. Wat maakt dat iemand een gezond gedragspatroon kan ontwikkelen en kan volhouden, is daarom een heel interessante onderzoeksvraag.

Digitalisering geeft mensen de mogelijkheid om meer te weten te komen over hun eigen gedrag. Op het lichaam gedragen meetapparaten verbonden aan de mobiele telefoon (apps) kunnen de gezonde of ongezonde keuzes direct terugkoppelen aan de persoon zelf. Daar zit dan ook een mogelijke sociale component aan doordat we onszelf online kunnen vergelijken met anderen of uitwisselen hoe we presteren. De technologieën lijken bovendien beloftevol bij groepen mensen die nu onvoldoende bereikt worden met klassieke leefstijlprogramma's. En is er al wel sprake van een aandoening, dan kan de techniek ondersteunend zijn bij bevordering van de therapietrouw, of bij het helpen vermijden van specifieke risico's (valpreventie).

Gezondheid is een maatschappelijk vraagstuk en dus vragen deze nieuwe vormen van leefstijlbeïnvloeding om vroegtijdige ethische reflectie. Er moet ook aandacht worden besteed aan vragen als: waar liggen de grenzen tussen privé en gedeeld datagebruik, wat doet het met autonomie en is het veilig?



Belangrijke vragen voor het thema Een gezonde leefstijl voor iedereen:

- (a)** Wat zijn de mogelijkheden voor leefstijlinterventies waarbij rekening gehouden wordt met verschillende individuele leefstijlen en invloeden van de omgeving?
- (b)** Hoe kunnen we door experimenteel en longitudinaal onderzoek in grote cohorten inzicht krijgen in voorspellende factoren voor de ontwikkeling van een gezonde leefstijl? Op welk moment is een gezonde leefstijl het beste aan te leren?
- (c)** Wat zijn de mogelijkheden van innovatieve technologie bij de ontwikkelen van op maat gesneden interventies voor een gezonde leefstijl voor iedereen?
- (d)** Wat is de rol van onbewuste, automatische processen in onze hersenen, bij het al of niet kunnen volhouden van een gedragsverandering? Kan kennis over die processen worden gebruikt om een gewenste gedragsverandering te ondersteunen?



THEMA 3:

COGNITIEVE VITALITEIT EN VEERKRACHT VAN JONG TOT OUD

Cognitie is kwetsbaar, en zelfs een geringe afname van het denkvermogen kan al een streep zetten door iemands carrière, zelfstandigheid of sociaal welbevinden. We hebben er allemaal mee te maken: bij onszelf, of bij mensen dicht om ons heen. Denk maar aan de jongeman die na een sportletsel met hersenschudding zijn werk als accountant niet meer aan kan. De vrouw die genezen is van borstkanker, maar aanhoudende concentratieproblemen ervaart, doordat de eerdere chemokuur ook het functioneren van de hersenen heeft beïnvloed. Of ernstigere gevallen van afname van cognitie: iemand van middelbare leeftijd met multiple sclerose, die haar financiën niet meer zelf kan beheren. Op latere leeftijd zijn vooral beroerte en vormen van dementie belangrijke oorzaken waardoor mensen hun scherp verstand zien afnemen, en daarmee hun zelfstandigheid moeten inleveren.

De oorzaken voor cognitieve dysfunctie in de verschillende levensfasen zijn mogelijk verschillend, de mechanismen die leiden tot die dysfunctie zijn deels gelijk. Beter begrip van deze mechanismen (bijvoorbeeld de rol van groeifactoren, het afweersysteem, of energiehuishouding) levert handvatten voor nieuwe behandelingen, maar ook inzicht om preventief te handelen. In fundamenteel onderzoek zijn de eerste aanwijzingen gevonden dat de cognitieve vitaliteit van de hersenen ook te beïnvloeden is (zie ook thema II.2 [Pagina 15](#)). Zo heeft geregelde fysieke inspanning een positief effect op de plasticiteit en het aanpassingsvermogen van hersencellen en hersennetwerken. Tevens heeft ook de vitaliteit van hart, vaten en het immuunsysteem een sterke invloed op de vitaliteit van de hersenen en de cognitieve functies. De uitdaging ligt er nu om de fundamentele kennis te verdiepen en tegelijkertijd de ideeën en mogelijkheden, om cognitieve vitaliteit te versterken, toe te passen in de praktijk.

**Belangrijke vragen voor het thema Cognitieve vitaliteit:**


- (a)** Wat zijn de bouwstenen en voorspellers van cognitieve vitaliteit in verschillende levensfasen en wat is de bijdrage van de individuele verschillen in levensloop?
- (b)** Welke factoren versterken en stimuleren cognitieve vitaliteit (bijvoorbeeld copingstijl of voeding)?
- (c)** Welke interventies kunnen we ontwikkelen om cognitieve vitaliteit te versterken. Bijvoorbeeld om cognitieve achteruitgang te verminderen bij een progressieve ziekte als Amyotrofische Laterale Sclerose (ALS) of bij vroegtijdige dementie?



THEMA 4:

INNOVATIEVE INTERVENTIES EN TECHNIEKEN

Een op de vier mensen lijdt aan een hersenaandoening of andere chronische aandoening die in veel gevallen complex en progressief is. Omdat de vergrijzing toeneemt, zal dit percentage de komende jaren nog verder stijgen. Ook met zo'n aandoening is het mogelijk een zinvol, volwaardig leven te hebben. Toch lukt dat lang niet iedereen. Vooral omdat er voor veel ernstige klachten, zoals chronische pijn, psychoses of uitval van zenuwfuncties, nog geen adequate interventies bestaan. Daarnaast zijn interventies vaak niet gericht op datgene wat mensen zelf belangrijk vinden, bijvoorbeeld hun kwaliteit van leven en versterking van wat mensen (nog) wel kunnen.

De kennis die de afgelopen 20 jaar is opgedaan binnen hersenen, cognitie en gedragsonderzoek kan worden ingezet om patiënten te ondersteunen, de kwaliteit van leven te verbeteren en hen waar mogelijk van klachten af te helpen door die kennis te vertalen in een op de persoon en op maat toegesneden interventie. Door technische innovatie te verbinden met fundamentele kennis van hersenen, cognitie en gedrag (zie ook thema II.3  [Pagina 18](#)) kunnen we mensen oplossingen bieden die voorheen niet beschikbaar waren. Bovendien hebben veel aandoeningen een aanloopfase die de kans biedt om vroegtijdig preventieve interventies aan te kunnen bieden om de weerbaarheid te versterken en ziek worden te voorkomen.



Reguliere behandelingen versterken met innovatieve techniek

Tijdens een behandeling voor alcoholverslaving valt gemiddeld 70-80 % van de mensen terug in zijn verslaving gedurende de eerste honderd dagen nadat de behandeling is begonnen. Technologie kan hen mogelijk helpen om deze terugval te voorkomen. Via de mobiele telefoon en sensoren in het polshorloge kunnen lichamelijke signalen (bijvoorbeeld hartslag en huidgeleiding), sociale activiteiten (bijvoorbeeld een verjaardag) en het subjectieve welbevinden (bijvoorbeeld de hoeveelheid ervaren stress) van mensen met een verslaving worden gevolgd. Met behulp van deze data kunnen kritieke momenten voorspeld worden en kan iemand leren hier vroegtijdig op in te spelen. Hierdoor kan de behandeling zich rechtstreeks richten op het terugvalgedrag en krijgt de behandelaar meer inzicht in het gedrag van de patiënt in zijn of haar dagelijkse omgeving.

Belangrijke vragen voor het thema Innovatieve interventies en technieken:

- (a) Hoe kunnen we technologische ontwikkelingen benutten om nieuwe interventies voor lichamelijke en psychische aandoeningen beschikbaar te maken?
- (b) Hoe kunnen we door innovatieve combinaties van reguliere behandelvormen slimmer gebruik maken van de huidige behandelmethoden?
- (c) Wat zijn de mogelijkheden om preventieve interventies te ontwikkelen om in een zo vroeg mogelijk stadium toe te passen, met name al voordat aandoeningen zich manifesteren?
- (d) Hoe kunnen we technieken inzetten voor het analyseren van grote databestanden voor behandelingen op maat, afgestemd op het persoonlijke profiel en voorkeuren van een persoon?

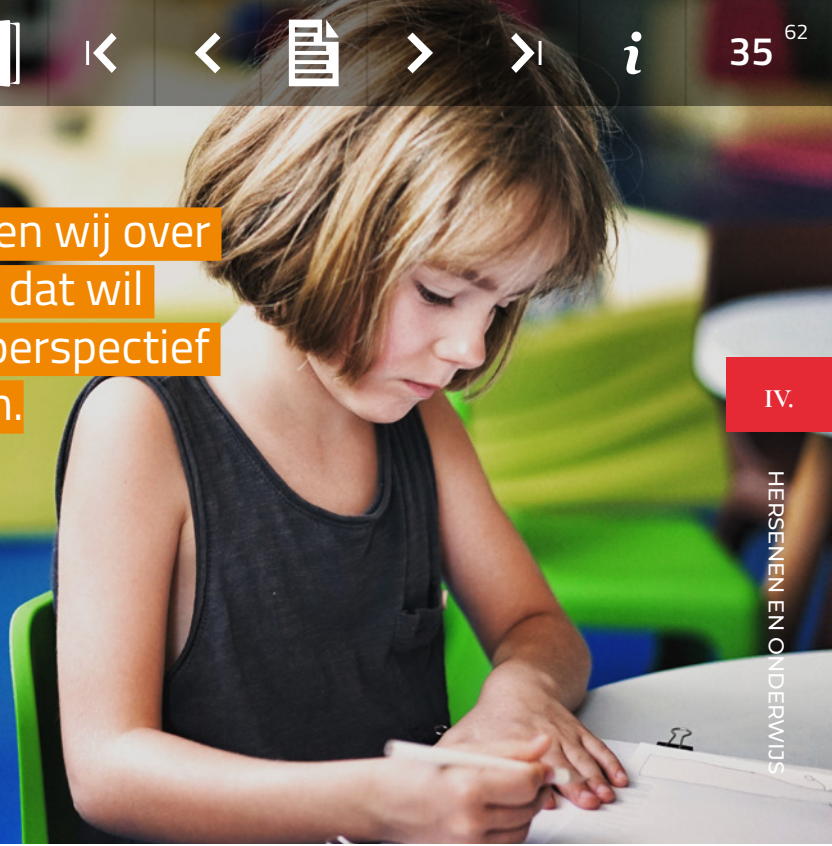


IV.

HERSENNEN EN ONDERWIJS



Onderwijs benaderen wij over de hele levensloop, dat wil zeggen vanuit het perspectief van leven lang leren.



IV.

HERSENEN EN ONDERWIJS

Een van de domeinen waar onderzoek naar hersenen, cognitie en gedrag al een grote maatschappelijke rol speelt, is het onderwijs. Belangrijk hierbij is dat wij onderwijs benaderen over de hele levensloop, dat wil zeggen vanuit het perspectief van leven lang leren.

Bij het zoeken naar factoren die bijdragen aan optimaal onderwijs richten onderzoekers en docenten zich op cognitieve functies die ten grondslag liggen aan het leerproces (zie ook thema II.2 [Pagina 15](#)). Binnen de onderwijscontext zijn bijvoorbeeld zowel basale processen (zoals bijvoorbeeld remming van gedrag, werkgeheugen en woordkennis) als hogere cognitieve functies voorspellend voor schoolsucces. Bij hogere cognitieve functies gaat het om functies die belangrijk zijn voor probleem oplossen, zoals planningsvaardigheden, metacognitie, integratievaardigheden, zelfregulatie en reflectie. Door deze basale en hogere cognitieve functies direct te meten is het beter mogelijk te bepalen wie er niet en wie wel succesvol zijn in het aanleren van de nieuwe vaardigheden. Speciale aandacht is er voor de rol van motivatie in het onderwijs, want motivatie is ook voorspellend voor de uitkomsten van het leerproces.



Hersen-, cognitie- en gedragsonderzoek kan ook bijdragen aan een beter begrip van sociale interacties tijdens het samenwerken en interacties tussen computer en mens. Hier onderzoeken wetenschappers en docenten bijvoorbeeld wanneer vertrouwen tussen samenwerkingspartners ontstaat en hoe dat leidt tot een betere gezamenlijke leerprestatie. Met dit soort onderzoek wordt bovendien geprobeerd de oorzaken voor het (on)succesvol ontwikkelen van samenwerkingsvaardigheden te identificeren.

Daarnaast kunnen de cognitie- en neurowetenschappen bijdragen aan inzicht in wat een leerinterventie effectief maakt en inzicht in optimale timing van deze interventies. Vragen daarbij zijn: leidt een nieuw lesprogramma tot veranderingen in hersenactiviteit en is er een relatie met het leerresultaat? Zijn die veranderingen stabiel; Welke hersenprocessen liggen ten grondslag aan het aanleren van het lesprogramma? Op deze manier komen neurowetenschappen, onderwijsontwikkeling, -onderzoek en -praktijk bij elkaar.

We presenteren hier de volgende 4 thema's:

- **1. Leren voor de toekomst**
- **2. Leren met passie: motivatie, exploratie en leerplezier**
- **3. Leren met elkaar**
- **4. Leren voor iedereen**

Gezamenlijk kunnen deze thema's meer inzicht geven in hoe kinderen en volwassenen zich kunnen voorbereiden op een nieuwe toekomst waarbij zij gemotiveerd zijn en in relatie met anderen zo optimaal mogelijk nieuwe vaardigheden kunnen leren. Belangrijk hierbij is dat er expliciet aandacht wordt gevraagd voor de diversiteit in de samenleving. Hierbij is het nodig te achterhalen wat de factoren zijn die bijdragen aan kansen voor ieder individu, ook voor mensen met een cognitieve achterstand, een beperking of juist extra cognitieve mogelijkheden.



THEMA 1:

LEREN VOOR DE TOEKOMST

Onze maatschappij verandert zeer snel en de kennis en vaardigheden die nodig zijn om goed te functioneren op school, op de werkvloer en in het dagelijks leven veranderen mee. Er is meer en complexere informatie beschikbaar die niet altijd betrouwbaar is en die ook sneller verandert. Veel hangt met veel samen en vele beroepen hebben een sterk multidisciplinair karakter.

Om goed te functioneren is traditionele vakkennis daarom niet meer toereikend. Lerende kinderen en volwassenen moeten complexe, informatiedichte en multidisciplinaire problemen kunnen overzien en oplossen. Hiermee omgaan of hierin excelleren vereist vaardigheden zoals plannen, (kritisch) reflecteren op eigen en andermans kennis en handelen, digitale geletterdheid (informatie kunnen vinden, integreren en beoordelen), samenwerken, abstract en modelmatig denken (computational thinking), creativiteit en communiceren. Deze vaardigheden worden ook wel samengevat onder de term “21ste-eeuwse vaardigheden”.

Het tempo van technologische en informatica ontwikkelingen vraagt van lerende kinderen en volwassenen dat ze zich de techniek van het leren eigen maken en dat ze daar hun hele leven een beroep op blijven doen. Het is daarom noodzakelijk inzicht te krijgen in de optimale voorwaarden en contexten voor leren, zodat het leerproces efficiënt, effectief en prettig kan zijn voor de lerende kinderen en volwassenen en bovendien goed aansluit op hun eigen leercapaciteit. Dit geldt voor alle leeftijden en alle achtergronden, ook excellente leerlingen en leerlingen met een beperking. Modern onderwijs staat voor de uitdaging om lerende kinderen en volwassenen deze vaardigheden bij te brengen, en zo succes in carrière en persoonlijke deelname aan de maatschappij mogelijk te maken.

**Belangrijke vragen voor het thema Leren voor de toekomst:**

- (a)** Welke individuele kenmerken zijn belangrijk voor het plannen en monitoren van eigen gedrag, en voor individuele prestatie en sociaal samenwerken?
- (b)** Kunnen deze vaardigheden worden getraind en hoe kan dat het beste?
- (c)** Als de vaardigheden getraind kunnen worden, op welke leeftijd kan hiermee dan het best worden begonnen?
- (d)** Hoe kan onderwijs op maat worden gemaakt voor kinderen en volwassenen met verschillende cognitieve en sociale capaciteiten?

Begrijpend lezen binnen de onderwijscontext

Ruwweg 15 % van alle kinderen (en volwassenen) heeft problemen met het begrijpen van tekst. Recent neurocognitief onderzoek laat zien dat deze kinderen in unieke subgroepen zijn onder te brengen. Tijdens het lezen werd bij de kinderen gemeten hoe hun ogen over de tekst bewegen en ook werd ze gevraagd, bij andere teksten, om hardop te vertellen wat ze tijdens het lezen deden. Gebaseerd op die maten kwamen subgroepen van kinderen naar voren, die op traditionele leestoetsen niet van elkaar te onderscheiden zijn maar duidelijk verschillen in de manier waarop ze teksten tijdens het lezen verwerken. Het onderzoek brengt onderliggende factoren in beeld die zijn verbonden aan succes of falen in begrijpend lezen. Deze bevindingen zijn vertaald naar interventies op maat die op dit moment in de onderwijscontext worden getest en toegepast.



THEMA 2:

LEREN MET PASSIE: MOTIVATIE, EXPLORATIE, LEERPLEZIER

Motivatie en plezier zijn cruciaal voor een goede leerervaring. Een uitdaging binnen het hedendaagse onderwijs is om leerlingen te motiveren om een leven lang te blijven willen leren en om het plezier van nieuwe dingen leren vast te houden. De context waarin leren plaatsvindt en de voorwaarden waaronder geleerd kan worden zijn net zo belangrijk als de inhoud van het onderwijs. Wat is er nodig om goed te kunnen leren? Het is belangrijk om een onderscheid te maken tussen drie voorwaarden voor een goede leerervaring.

Allereerst zijn er basale omstandigheden als voeding, slaap, beweging en stress die het leren beïnvloeden doordat ze het functioneren van lichaam en hersenen beïnvloeden. Ontwikkelingen in de mobiele technologie (smartphone, digitale horloges) bieden in hoog tempo steeds meer mogelijkheden om stress, emoties, inspanning en beweging te meten tijdens het leren (zie ook thema III.2 [Pagina 28](#)). De betekenis van deze basale omstandigheden, ook voor individuele leerprestaties moet nader worden onderzocht.

Daarnaast is het belangrijk om aandacht te besteden aan de totale omgeving waarin het leergedrag plaatsvindt: de ruimte, de aanwezigheid van een docent en klasgenoten. Ook is het belangrijk of leren intrinsiek plaatsvindt (het gevoel dat je het zelf kunt) of meer bepaald wordt door extrinsieke factoren (zoals goedkeuring van anderen).

Tenslotte is het belangrijk om te onderzoeken of de specifieke werkvorm waarin de leertaak is ingericht ook bepalend is voor motivatie en plezier bij leren. Vele discussies zijn gaande over hoe het gevoel van competentie verbeterd kan worden door bijvoorbeeld een leerling eerst zelf te laten studeren voordat de docent in beeld komt, het zogenaamde flipping the classroom model. Ook de rol van toetsing staat ter discussie. Moet toetsing 'summatief' van aard zijn, waarbij het eindoordeel aangeeft wat is geleerd en wat nog niet. Of werkt formatieve toetsing ook (en misschien zelfs beter), omdat dan de leerstof wordt aangepast aan wat de leerling al wel beheerst.



Met de huidige inzichten uit hersen-, cognitie- en gedragsonderzoek kunnen we de noodzakelijke volgende stap gaan maken: het onderzoek op verschillende niveaus verbinden, om de rol van de verschillende contextvariabelen te onderzoeken. Door beter te begrijpen hoe jongeren omgaan met verwachtingen van ouders, docenten en zichzelf kunnen we meer begrip krijgen over de processen die bijdragen tot leerplezier. Inzichten uit hersen-, cognitie- en gedragsonderzoek kunnen juist hier een belangrijke rol spelen, omdat er de laatste jaren meer inzicht is gekomen in hoe deze feedback wordt verwerkt in de hersenen. De nieuwe inzichten zullen handvatten geven voor hoe we zoveel mogelijk mensen een leven lang met plezier kunnen laten leren.

Belangrijke vragen voor het thema Leren met passie:

- (a)** Wat is het effect van basale factoren zoals slaap, voeding en stress op de hersenen en hoe dragen die processen bij aan een optimale leerprestatie?
- (b)** Hoe draagt het stimuleren van motivatie, exploratie en leerplezier bij aan het leren van kinderen en volwassenen?
- (c)** Wat is de rol van intrinsieke en extrinsieke motivatie bij het leren en hoe kan hersenonderzoek hier beter inzicht in geven?
- (d)** Wat is de rol van de werkvormen en hoe kunnen leermethodes optimaal getoetst worden? Kan hersenonderzoek meer inzicht geven in de effecten van verschillende werkvormen? Hoe draagt bijvoorbeeld het concept flipping the classroom bij aan motivatie en leerplezier, en hoe is dat te meten in de hersenen?



THEMA 3:

LEREN MET ELKAAR

Leren gaat niet alleen over schoolse vakken en vaardigheden. Het ontwikkelen van competenties op het gebied van sociale relaties is een van de belangrijkste uitdagingen voor deelnemers aan onze hedendaagse, complexe maatschappij, zowel voor kinderen als volwassenen (zie ook thema V.4 [Pagina 55](#)). De sociale wereld beslaat niet alleen fysieke sociale interacties, zoals op school en werk, maar ook communicatie via social media. Niet iedereen kan even goed meekomen in deze sociale wereld. Dat geldt zowel voor jongeren op school als volwassenen op de werkvloer. Ondanks de recente aandacht voor sociale competenties weten we nog te weinig over hoe de gevoeligheid voor sociale invloeden varieert gedurende de hele levensloop van kind tot volwassene, en welke sociale omstandigheden optimaal zijn voor wie.

Neurocognitief onderzoek heeft de laatste jaren grote vooruitgang geboekt op het gebied van sociale competenties. We begrijpen steeds beter hoe verschillende hersengebieden betrokken zijn bij sociale vaardigheden zoals empathie en het begrijpen van intenties van iemand anders, en hoe individuen hierin onderling van elkaar verschillen. Maar tot nu toe is het hersenonderzoek onvoldoende geïntegreerd met onderzoek naar de sociale structuur van een klas, school, organisatie of andere sociale groep. Hersenmetingen kunnen belangrijke inzichten geven bij het begrijpen van individuele verschillen, groepsprocessen, het effect van de sociale omgeving en het succes of falen van interventies. Met hersenonderzoek is het bijvoorbeeld mogelijk om op individueel niveau te meten hoe jongeren van elkaar verschillen in gevoeligheid voor erbij horen of voor buitensluiting.

Om dit te bereiken moet er een intensieve samenwerking tot stand komen tussen praktijk (onderwijsprofessionals, beleidsmedewerkers), maatschappijwetenschappen (sociologen, onderwijskundigen, organisatiewetenschappers) en gedragswetenschappen (psychologen, cognitieve neurowetenschappers). Het Nederlandse onderzoeksklimaat is bij uitstek geschikt voor dit onderzoek, vanwege de korte verbindingslijnen tussen universiteiten en al bestaande samenwerkingsverbanden tussen universiteiten en scholen. Deze



samenwerking kan bijvoorbeeld ook van aanvullende waarde zijn bij het evalueren van interventies voor sociale competenties, zoals anti-pestprogramma's. Dergelijke onderzoeken zouden moeten plaatsvinden in meerjarige programma's waarin onderzoek met praktijk wordt verbonden. Er gaat ook een grote meerwaarde uit van het combineren van hersenmetingen (hersenscans) met bestaande (of eventueel nieuwe) cohorten en interventies op het terrein van sociale competenties.

Belangrijke vragen voor het thema Leren met elkaar:

- (a) Hoe kunnen we door gebruik te maken van hersenmetingen meer te weten komen over de effecten van buitensluiting en populariteit op welbevinden en leerprestaties?
- (b) Wat is het verband tussen neurale netwerken (verbindingen tussen hersengebieden), sociale cohesie (verbindingen tussen personen) en schoolprestaties (individuele uitkomsten)?
- (c) Hoe kan samenwerkend leren worden geoptimaliseerd en welke factoren bepalen of samenwerking succesvol is? Welke hersenmechanismen spelen een rol bij samenwerkend leren?
- (d) Welke interventies zijn het meest optimaal om sociale cohesie in de klas te bevorderen?

Hersensignalen voor sociale stress

Buitensluiting en pesten zijn een grote zorg voor sociale cohesie tussen mensen. Eerder onderzoek heeft gekeken naar verschillen in hersenreacties tussen populaire kinderen en langdurig buitengesloten kinderen tijdens samenwerking. De reacties in de hersenen van deze kinderen verschilden van elkaar bij buitensluiting en samenwerking, ook als dit niet zichtbaar was op parallel afgenomen vragenlijsten. Ander onderzoek heeft laten zien dat reacties in de hersenen tijdens buitensluiting minder intens waren bij jongeren met een hecht vriendschapsnetwerk vergeleken met jongeren met een minder hecht netwerk van vrienden. Dit type onderzoek helpt om de langetermijngevolgen van negatieve sociale ervaringen in kaart te brengen. Daarnaast biedt het onderzoek aanknopingspunten voor interventies om de weerbaarheid van jongeren te vergroten (zie ook thema III.1 [Pagina 25](#) en thema V.1 [Pagina 48](#))



THEMA 4:

LEREN VOOR IEDEREEN

Leerlingen met een beperking volgen veelal speciaal onderwijs of nemen met een 'rugzakje' deel aan regulier onderwijs. Dit geldt voor leerlingen met allerlei soorten beperkingen, zoals taalstoornissen, visuele of auditieve beperkingen, leerlingen die moeilijk leren, die te kampen hebben met lichamelijke klachten, gedragsproblemen of psychiatrische problematiek. Het onderwijs moet worden afgestemd op de mogelijkheden en beperkingen van de individuele leerling, waarbij de voorwaarden voor en context waarin het leren plaatsvindt ook worden meegenomen. Ook voor leerlingen met bovengemiddelde competenties geldt dat zij de kans verdienen om volledig tot hun recht te komen door hun leeromstandigheden individueel te optimaliseren. Veiligheid en geborgenheid vormen voor iedereen de basis voor optimale leeromstandigheden. Aanvullend daarop kunnen de omstandigheden per individu geoptimaliseerd worden. Leerlingen hebben er recht op om maximaal uitgedaagd te worden op een manier die aansluit op hun eigen mogelijkheden en beperkingen.

Wetenschappelijk onderzoek naar leergedrag heeft zich tot op heden vooral gericht op algemene patronen en er is nog weinig onderzoek gedaan naar individuele verschillen in leerpatronen. Vooral onderzoek naar speciale subgroepen is nog sterk onderbelicht. Daarom is systematisch onderzoek op verschillende terreinen hard nodig.

Belangrijke vragen voor het thema Leren voor iedereen:

- (a)** Zijn er periodes met verhoogde gevoeligheid voor het aanleren van bepaalde vaardigheden? Verschilt dit per individu? Helpt inzicht in hersenontwikkeling om deze vragen te beantwoorden?
- (b)** Wat zijn optimale leeromgevingen en werkvormen voor individuen van alle leeftijden en achtergrond, met of zonder leerstoornissen maar ook met bovengemiddelde competentie?
- (c)** Hoe kunnen we een optimale verbinding realiseren tussen hersenonderzoek en onderwijsonderzoek, juist op individueel niveau?



Hersenonderzoek geeft idee over mogelijk aangrijpings-punt van een interventie

Een voorbeeld van hoe hersenonderzoek aanvullende informatie aan sociaal onderzoek kan leveren is een groot project waar de hersenontwikkeling van kinderen met ADHD langdurig werd gevolgd. De ontwikkeling van de hersenschors normaliseerde bij de kinderen bij wie de symptomen afnamen. Sterker nog, juist kinderen die goed reageerden op een behandeling gericht tegen ADHD lieten normalisatie van de hersenschors zien. Dit voorbeeld geeft aan hoe hersenonderzoek nieuwe ideeën oplevert over hoe een interventie effect zou kunnen hebben.



HERSENNEN EN SOCIALE VEILIG- HEID



Hersenmechanismen
onderzoek kan de samenleving
rechtvaardiger, veiliger en
inclusiever te maken.

Onderzoek naar hersenmechanismen in wisselwerking met sociale- en andere omgevingsfactoren kan worden ingezet om de samenleving veerkrachtiger, rechtvaardiger, veiliger en inclusiever te maken. De integratie van een neurowetenschappelijk perspectief op gedrag in aanvulling op het -binnen het terrein van justitie en veiligheid meer gebruikelijke- psychologische en sociale perspectief, levert voor elk van deze gebieden meer kennis en inzicht op. Die integratie biedt tevens een verrijking van de 'gereedschapskist' aan meetinstrumenten, interventies en preventiemethoden.

Het gaat bij neurowetenschappelijke methoden om hersenonderzoek met beeldvormende technieken (zoals MRI, SPECT, PET), maar ook om psycho-neuro-endocrinologisch onderzoek (bijvoorbeeld stresshormonen, neuropeptiden en neurotransmitters in relatie tot gedrag), (neuro)fysiologisch onderzoek (EEG, MEG, TMS, cardiovasculaire maten als rusthartslag, huidweerstand) en neuropsychologisch onderzoek (bijvoorbeeld computertaken en eye-tracking).



Met deze onderzoeksagenda willen wij aansluiten bij de maatschappelijke opgaven van het ministerie van Justitie en Veiligheid, te weten: 1) De rechtsstaat goed laten werken; 2) Nederland veiliger maken; en 3) Een rechtvaardig migratiebeleid ontwikkelen en uitvoeren. Tevens sluit de agenda aan bij de door dit ministerie geformuleerde uitdagingen 'Justice', 'Veerkracht' en 'Smart'.*

Dit gebeurt door middel van de volgende vier onderzoeksthema's:

- 1. Neurowetenschap en veerkracht
- 2. Neurowetenschap en recht
- 3. Neurowetenschap en antisociaal gedrag
- 4. Neurowetenschap en sociale verbondenheid en conflict

De vier onderzoeksthema's bieden veel mogelijkheden tot onderlinge verbinding en versterking, de gemeenschappelijke biopsychosociale benadering draagt daar sterk aan bij evenals het benutten van nieuwe technieken.

* Samen werken aan Recht en Veiligheid. Strategische agenda van het ministerie van Justitie en Veiligheid. Den Haag: Ministerie van Justitie en Veiligheid, december 2017



THEMA 1:

NEUROWETENSCHAP EN VEERKRACHT

Een veerkrachtige en veilige maatschappij zet in op professionals die waken over onze veiligheid. Maar ook op het voorkómen van negatieve gevolgen van geweld bij slachtoffers en het bevorderen van redzaamheid van burgers. Cruciaal bij alle drie zijn 'veerkracht' en 'zelfregulatie'. Veerkracht in termen van aanpassingsvermogen en herstelvermogen: het goed kunnen omgaan met ingrijpende veranderingen en het kunnen terugveren na tegenslagen of stressproblematiek. Zelfregulatie in de zin van het vermogen om eigen denken en doen te sturen en kortetermijn impulsen te weerstaan. Zelfregulatie kan worden gezien als een onderliggend mechanisme van veerkracht: een goed zelfregulatievermogen maakt samen met andere processen dat iemand veerkrachtiger is.

Politie- en defensiefunctionarissen, maar bijvoorbeeld ook gevangenispersoneel of openbaar vervoermedewerkers, moeten vaak beslissingen nemen onder hoge sociale druk. Dergelijke professionals staan daarnaast in hun werk regelmatig bloot aan potentieel traumatiserende ervaringen. Dit alles doet een stevig beroep op de veerkracht en zelfregulerende capaciteiten van deze professionals. Als de druk te zwaar wordt kunnen na-effecten ernstig en langdurig psychisch beperkend zijn (denk aan post-traumatische stressstoornissen). Daarnaast zijn er in Nederland kwetsbare groepen mensen die (vroeg in het leven) blootgesteld zijn aan traumatische ervaringen, zoals kindermishandeling of oorlog (denk aan vluchtelingen). Dit kan leiden tot ernstige psychische- en gezondheidsproblematiek en gedragsproblemen. Ook is er een aanzienlijke groep mensen die niet goed in staat is te voldoen aan de hoge eisen aan redzaamheid in de hedendaagse samenleving en daardoor in aanraking komt met het civiele recht, strafrecht of de juridisch-maatschappelijke hulpverlening. Het gaat daarbij niet alleen om intelligentie en opleiding, ook zelfregulatie speelt vermoedelijk een belangrijke rol*.

* Weten is nog geen doen. Een realistisch perspectief op redzaamheid. Den Haag Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, 2017.



Veel van de individuele verschillen in veerkracht, zelfregulatie en kwetsbaarheid na stress worden tot nu toe nog slecht begrepen (zie ook thema II.2 [Pagina 15](#) en thema III.1 [Pagina 25](#)). De groeiende kennis over veerkracht en zelfregulatie vanuit het perspectief van hersen-, cognitie- en gedragsonderzoek krijgt vanuit de praktijk toenemende aandacht. De kennis blijkt essentieel voor meer objectieve indicaties van risico- en weerbaarheidsfactoren, voor betere assessment én concrete aanknopingspunten voor verbetering van (preventieve) interventies. Verdere ontwikkeling van ICT-technieken maakt (kosten)effectieve e-health tools en interactieve omgevingen mogelijk voor assessment, training of behandeling. Juist in een virtuele trainings- of testomgeving kunnen gedrag, emotioneel en cognitief functioneren en neurobiologische factoren in samenhang worden onderzocht en benut. Die combinatie lijkt beloftevol (zie ook thema II.1 [Pagina 13](#))

Belangrijke vragen voor het thema Neurowetenschap en veerkracht:

- (a) Welke mechanismen zijn onderliggend aan veerkracht en zelfregulatievermogen?
- (b) Welke factoren dragen bij aan het versterken van veerkracht en zelfregulatievermogen bij professionals, geweldsslachtoffers en burgers in aanraking met recht(s-hulpverlening)? En hoe kunnen wij deze factoren benutten in (preventieve) interventies?

Simulaties voor beslissen onder druk

Onderzoekers ontwierpen een statistisch model waarmee op grond van onder meer metingen van individuele gelaatsuitdrukkingen en hartslagparameters de kans op verkeerde beslissingen continu gemonitord wordt. Terugkoppeling van deze door emotie bepaalde kans op fouten aan de individuele professional kan vervolgens gebruikt worden om de beslissingsstrategie aan te passen (bijvoorbeeld door bedenktijd in te lassen). Het model is ontwikkeld binnen simulaties van kritische situaties voor marineofficieren in opleiding. Het kan nu uitgezet worden binnen tal van (rampen)scenariotrainingen, ook bij andere opleidingen.



THEMA 2:

NEUROWETENSCHAP EN RECHT

Een kernpunt voor het ministerie van Justitie en Veiligheid is een goed functionerende rechtsstaat. Belangrijk daarvoor zijn gepercipieerde rechtvaardigheid, rechtsgelijkheid en een effectief en kwalitatief hoogwaardig rechtssysteem. Neurorecht (*neurolaw*) is een nieuw, interdisciplinair onderzoeksveld dat zich richt op de mogelijke bijdragen van de neurowetenschappen aan het recht. Neurowetenschap kan ten aanzien van een aantal onderwerpen bijdragen aan hoogwaardige rechtspleging.

Denk aan rechtvaardigheid en rechtsgelijkheid. In ons rechtssysteem worden mensen vooral als 'rationele wezens' gezien, terwijl steeds duidelijker wordt dat mensen vaak niet rationeel beslissen. Emoties en automatische processen spelen een grote rol bij besluitvorming. Wat betekenen deze inzichten voor het recht en de rechtspleging, bijvoorbeeld voor hoe wij aankijken tegen civiele en strafrechtelijke aansprakelijkheid?

In een rechtszaak nemen rechters uiteindelijk de beslissingen. Een van de onderzoeksgebieden binnen de neurowetenschappen betreft de vraag hoe we als mens beslissingen nemen. Kan hersen-, cognitie- en gedragsonderzoek ook meer inzicht in de beslisprocessen van rechters verschaffen, bijvoorbeeld over impliciete vertekeningen bij besluitvorming? Is er een relatie tussen factoren als huidskleur of sociale achtergrond en strafmaat en welke rol spelen impliciete processen daar bij?

Denk aan waarheidsvinding in een rechtszaak. Binnen het strafrecht zijn verklaringen van mensen - getuigen en verdachten - een belangrijke manier om de waarheid te achterhalen. Maar hoe valide zijn die verklaringen? Rechters en politie proberen zicht te krijgen op de accuraatheid van getuigen en verdachten, maar dit blijkt lastig. De vraag is in hoeverre neurowetenschappelijke technieken – zoals vormen van *brain reading* - hierbij (in de toekomst) zouden kunnen helpen (zie ook thema 11.3 [Pagina 18](#)). In civiele zaken is het soms van belang om na te gaan of iemand schade heeft geleden, en bijvoorbeeld pijn ervaart. Maar hoe stel je pijn vast? Onderzoek suggereert dat beeldvorming van de activiteit in het brein hierbij van belang kan zijn.



Denk aan risicotaxatie. Het inschatten van recidiverisico is een belangrijke taak van rechters maar ook van forensisch psychiaters. Het is bijvoorbeeld van belang om te bepalen of tbs beëindigd kan worden. Kunnen neurobiologische tests ('neuropredictie') bijdragen aan een betere voorspelling van toekomstig crimineel gedrag? (zie ook thema II.4 [Pagina 20](#)).

Denk aan de effecten van straffen en maatregelen. Wat doen de huidige strafrechtelijke interventies, zoals opsluiting, met het brein? Er zijn aanwijzingen dat de gevangenisomgeving negatieve gevolgen heeft voor het cognitief functioneren van gedetineerden. Een hypothese is dat dit samenhangt met een omgeving die verarmd is vanwege het ontbreken van prikkels en activiteit. Neurowetenschappen kunnen meer zicht geven op de breineffecten van straffen en maatregelen, waardoor we meer begrijpen van de consequenties van strafrechtelijke beslissingen. Daarbij zou de strafrechtspraak zich op basis van die kennis kunnen verbeteren.

Belangrijke vragen voor het thema Neurowetenschap en recht

- (a) Op welke manier kunnen waarheidsvinding en risico-inschatting verbeterd worden met neurowetenschappelijke technieken?
- (b) Hoe kunnen we meer inzicht krijgen in beperkingen in rationeel beslissen en wat zijn de implicaties daarvan voor (strafrechtelijke) aansprakelijkheid en het verbeteren van rechterlijke beslissingen?
- (c) Wat zijn de effecten van strafrechtelijke sancties (straffen en maatregelen) op hersenen en gedrag?
- (d) Hoe kunnen we zo goed mogelijk ethische en juridische kaders ontwikkelen voor verantwoorde toepassing van neurowetenschap op het terrein van justitie en veiligheid en hoe moeten deze eruit zien?



Verslaving: ziekte of keuze?

Er zijn onderzoekers die menen dat verslaving een medische aandoening is. Verslaving zou het gevolg zijn van afwijkende chemische processen in het brein die bepaalde personen gevoelig zouden maken voor het misbruik van middelen. Er zijn ook wetenschappers die beweren dat verslaving een keuze is. Zij wijzen erop dat veel ex-verslaafden op eigen kracht gestopt zijn met het nemen van middelen (een verschijnsel dat niet goed past bij het medische model van verslaving). De vraag of verslaving een ziekte of keuze is, heeft consequenties voor de rechtspraak: als het om een ziekte gaat, kan een verslaafde da-der dan verantwoordelijk voor zijn daden worden gehouden? Wellicht dat wetenschappers binnen het neurorecht nieuw licht op de aard van verslaving kunnen werpen.



THEMA 3:

NEUROWETENSCHAP EN ANTISOCIAAL GEDRAG

Nederland streeft naar een veilige, veerkrachtige samenleving waarin iedereen zich zonder belemmering optimaal kan ontplooien en voortbewegen. Maatschappelijke veiligheid en veiligheidsbeleving worden sterk beïnvloed door het gedrag van individuen in relatie tot de sociale omgeving. Antisociaal gedrag, zoals criminaliteit, agressiviteit of radicalisering en terrorisme, draagt hier negatief aan bij.

Er is grote behoefte aan meer kennis over oorzaken van antisociaal gedrag, over manieren om dit type gedrag bij personen te kunnen voorspellen en over mogelijkheden om antisociaal gedrag te voorkomen. Door het brein te bestuderen wordt inzicht verkregen in de oorzaken en mechanismen van gedragspatronen. Onderzoek laat bijvoorbeeld zien dat antisociaal gedrag gerelateerd is aan ontregeling van stressgerelateerde neurobiologische systemen, of afwijkende veranderingen in hersenactiviteit in reactie op straf of beloning. Door op die manier meer kennis uit hersen-, cognitie- en gedragsonderzoek te verwerven kunnen we een bijdrage leveren aan preventie, diagnostiek, risicotaxatie en interventies. Ook is het belangrijk om meer inzicht te krijgen in de invloed van opvoeding en neurobiologische mechanismen vroeg in de ontwikkeling om die in te zetten voor preventie van antisociaal gedrag en de intergenerationele overdracht ervan. Op dit moment is onze kennisbasis daarvoor nog onvoldoende, maar met gericht neurobiologisch onderzoek zou een flinke stap in deze richting gemaakt kunnen worden.

Op dit moment wordt, aansluitend bij lopend klinisch onderzoek en op kleine schaal, neurobiologisch onderzoek gedaan in onder andere justitiële jeugdinrichtingen, gevangenissen en andere klinische of ambulante omgevingen voor forensische psychiatrische zorg. Het verdient sterke aanbeveling om dit verder uit te breiden. Het verzamelen van neurobiologische en -psychologische gegevens van gedetineerden op grotere schaal, kan gebruikt worden om geïntegreerde databanken te creëren. Deze zijn van grote waarde om tot betere typering van delinquenten en meer gepersonaliseerde en daarmee effectievere interventies te komen.

Door nieuwe technische ontwikkelingen, zoals *virtual reality* en slimme sensoren die op het lichaam worden gedragen, kunnen situaties



die tot delict gedrag leiden worden omgezet naar gestandaardiseerde testsituaties. Dit kan helpen om meer levensechte omgevingen te creëren die meer inzicht opleveren in gedrag buiten de testomgeving. Metingen tijdens dergelijke tests geven nieuw inzicht in de dynamische relaties tussen hersenen, cognitie en gedrag die een rol spelen bij bijvoorbeeld agressie of recidive en leveren daardoor ook nieuwe aanknopingspunten voor preventie en interventie op.

Belangrijke vragen voor het thema Neurowetenschap en antisociaal gedrag:

- (a) Welke hersen-, cognitie- en gedragsfactoren dragen bij aan (de ontwikkeling van) ernstig antisociaal gedrag bij kinderen, jongeren en volwassenen?
- (b) Hoe kunnen we door gebruik van nieuwe technieken het instrumentarium voor preventie, diagnostiek, interventie, risicotaxatie en toezicht verbeteren en vernieuwen?

Neuropsychologisch profiel bij vroegsignalering antisociaal gedrag

Wetenschappers werken samen met het Preventief Interventie Team (PIT) van de gemeente Amsterdam. Het PIT bereikt risicokinderen dankzij samenwerking met basisscholen, die leerlingen met gedragsproblemen aanmelden. Ook benadert de gemeente de broertjes en zusjes van recidiverende criminele Amsterdamse jongeren. Binnen 48 uur nadat zo'n jongere is gearresteerd legt het PIT contact met de ouders en biedt hulp aan bij het begeleiden van de overige kinderen in het gezin. De zo geïdentificeerde 'risicokinderen' worden in samenwerking met de onderzoekers gescreend. Ouders of docenten vullen vragenlijsten in; de jongeren maken computertaken en kijken naar videofragmenten terwijl sensoren hun fysiologische reacties meten. Het totaal levert een neuropsychologisch profiel van het kind op, waarmee het kind de hulp kan worden geboden die het nodig heeft.



THEMA 4:

NEUROWETENSCHAP EN SOCIALE VERBONDENHEID EN CONFLICT

Maatschappelijke vraagstukken rond geschilbeslechting (denk bijvoorbeeld aan vechtscheidingen, mediation, herstelrecht), sociale cohesie en exclusie (onder meer in relatie tot migratie, tegenstellingen tussen bevolkingsgroepen) en (de)radicalisering zijn hardnekkig en urgent. Er is een sterke behoefte aan vernieuwing om justitie en veiligheid op deze gebieden verder te helpen. In de huidige praktijk worden de genoemde vraagstukken vrijwel uitsluitend benaderd vanuit sociaalwetenschappelijke, rechtswetenschappelijke en economische modellen. De sociale neurowetenschappen bieden in aanvulling daarop een nieuwe invalshoek die inzichten kan opleveren voor concrete toepassing.

De sociale neurowetenschap heeft tot doel om het verband tussen hersenen en sociaal gedrag te onderzoeken. Sociaal-culturele neurowetenschap bouwt daar op voort door te onderzoeken hoe culturele waarden ons sociaal gedrag en ons brein beïnvloeden. Daarnaast laat de sociale neuro-endocrinologie zien hoe hormonen en neurotransmitters sociaal gedrag en het brein sturen en beïnvloeden.

Het relatief jonge domein van de sociale neurowetenschap kent interessante onderzoeklijnen met potentie om bij te dragen aan het thema sociale verbondenheid en conflict. Meting van neurale activiteit kan processen onderscheiden die belangrijk zijn bij bijvoorbeeld het beoordelen van anderen of andere (bevolkings)groepen, het reageren in conflictsituaties of het nemen van sociale beslissingen. Dit is vooral waardevol als deze processen niet goed waarneembaar zijn op gedragsniveau, of wanneer de processen impliciet zijn (onbewust). Dat kan ons op termijn helpen daar beter op in te spelen in bijvoorbeeld mediation of training. Zo heeft hersenonderzoek inzicht gegeven in processen die betrokken zijn bij conflictsituaties, zoals tijdens het uitlokken van agressie. Onderzoek laat zien dat bij mensen in conflictsituaties zowel emotionele als controle- en regulatiegebieden in de hersenen betrokken zijn (zie ook thema II.2 [Pagina 15](#)). De beloningssystemen in het brein spelen een belangrijke rol in processen die sociale cohesie ondersteunen, zoals samenwerken, geld doneren, of interacteren met vrienden. Meer



inzicht in de dynamiek van de genoemde hersensystemen (ook bij mensen met verschillende culturele achtergrond) kan waardevolle aanknopingspunten bieden voor conflictoplossing en het bevorderen van sociale verbondenheid.

De dynamische ontwikkeling van nieuwe methoden en technieken zal worden benut om beeldvorming van hersenactiviteit en hormoonmetingen te combineren met realistische sociale interacties en groepsprocessen. Hierdoor kunnen processen die een belangrijke rol spelen in bovenstaande maatschappelijke vraagstukken onderzocht worden vanuit een sociaal perspectief. Dit type methoden kan bijvoorbeeld worden ingezet om meer inzicht te krijgen in impliciete vooroordelen ten opzichte van bepaalde bevolkingsgroepen, in de onderliggende processen bij mediation en herstelrecht, in het leren van je eigen en andermans fouten bij delinquenten, en in het leren omgaan met agressie door professionals. Het verder laten groeien van recent ontwikkelde methoden waarbij bij twee of meer mensen in interactie hersenprocessen simultaan en gekoppeld worden gemeten met hersenscans ('hyperscanning') of EEG kan veel nieuwe mogelijkheden open leggen, bijvoorbeeld om te onderzoeken hoe mensen op elkaar reageren. Onderzoek naar de rol van hormonen als oxytocine en testosteron, maar ook van neurotransmitters als dopamine en serotonine kan belangrijke nieuwe inzichten verschaffen in de grote individuele verschillen in sociale processen die centraal staan in deze onderzoeksagenda, zoals pro-sociaal gedrag, coöperatie, conflict en agressie.

Belangrijke vragen voor het thema Sociale verbondenheid en conflict

- (a)** Welke hersenprocessen in relatie tot gedrag zijn van belang in interactieve situaties zoals conflict, sociale exclusie en cohesie bij onder meer bevolkingsgroepen met verschillende culturele achtergrond? En hoe kunnen we deze kennis benutten voor het bevorderen van sociale cohesie?
- (b)** Wat zijn de mogelijkheden voor vernieuwing van methoden bij conflictoplossing (waaronder mediation, herstelrecht, dera-dicalisering) door integratie van neurobiologische kennis en meetmethoden?




Hormonen en groepsprocessen

Het hormoon oxytocine speelt een prominente rol bij de bevalling, borstvoeding en binding tussen moeder en kind en is belangrijk voor een scala aan sociale gedragingen. Zo zorgt oxytocine er voor dat we gemakkelijker toenadering zoeken tot anderen in situaties die mogelijk als dreigend ervaren kunnen worden. Studies laten ook zien dat de positieve effecten van oxytocine, zoals toegenomen vertrouwen en coöperatief gedrag, vooral gericht zijn op de groep mensen waartoe men behoort, terwijl negatieve effecten van oxytocine (zoals agressie en competitief gedrag) vaker worden gericht op buitenstaanders. Dit onderzoek verschaft ons daarmee meer inzicht in neurobiologische mechanismen van discriminatie tussen groepen.



TOEKOMST- PERSPECTIEF



Onderzoekers van alle 14 universiteiten in Nederland, van hogescholen, TO2-instellingen en Rijkskennisinstellingen hebben aan deze agenda bijgedragen.

Deze agenda geeft inzicht in het kansrijke onderzoek op het gebied van hersenen, cognitie en gedrag dat Nederland te bieden heeft. Het spreekt voor zich dat deze agenda niet al het onderzoek beslaat, de wetenschap is dynamisch en maakt grote sprongen. Op het moment dat deze agenda wordt gedrukt vinden op allerlei plekken in Nederland alweer nieuwe belangrijke ontdekkingen plaats. Tegelijkertijd representeert deze agenda thema's waarop krachtenbundeling plaatsvindt en die wetenschappelijk en maatschappelijk urgent zijn. Onderzoekers van alle 14 universiteiten in Nederland, van hogescholen, TO2-instellingen en Rijkskennisinstellingen hebben aan deze agenda bijgedragen. Zij hebben intensief samengewerkt met maatschappelijk partners om de belangrijke uitdagingen waar Nederland voor staat te identificeren en te laten zien waar we wetenschappelijke en maatschappelijke vooruitgang kunnen brengen door krachten te bundelen. Ook sluit deze agenda aan bij ontwikkelingen op andere wetenschapsgebieden en wordt er bijvoorbeeld nauw samengewerkt met onderzoekers die actief zijn in andere routes van de NWA of met onderzoekers binnen de VSNU-agenda De Digitale Samenleving.



De agenda geeft een handreiking naar de toekomst. De eerste stappen zijn gezet maar we streven naar samenwerking met de overheid, maatschappelijk partners, en bedrijven om de ambities van deze agenda te kunnen realiseren. De overheid heeft ervoor gekozen te investeren in de Nationale Wetenschapsagenda en daarbij een open indiening en open competitie leidend te laten zijn. Een keuze die wij omarmen en waarvoor de onderzoekers uit ons vakgebied klaar staan om met vele partijen de projecten uit te gaan werken. Tegelijkertijd heeft deze agenda veel meer te bieden, via op maat gesneden thema's, om belangrijke vraagstukken aan te pakken waar onze samenleving nú mee te maken heeft. We nodigen de ministeries van OCW, J&V, VWS, Defensie en EZK, uit om hier met ons aan te gaan werken. Ook nodigen we overkoepelende organisaties die zich bezighouden met de thema's gezondheid, onderwijs en veiligheid uit om samen met ons op te trekken.

Verdere informatie over onze ambities en lopende projecten is te vinden op onze website: www.neurolab.nl, een platform voor dé werkplaats voor onderzoek naar Hersenen, Cognitie en Gedrag. Hierbij wordt zichtbaar wat de wetenschappers in Nederland te bieden hebben voor de Nationale Wetenschapsagenda. We hebben hoge verwachtingen voor de komende 10-15 jaar en kijken uit naar de volgende stappen voor de wetenschap en de hieruit voortkomende maatschappelijke innovaties.

Boegbeelden van de route NeuroLabNL: dé werkplaats voor onderzoek naar Hersenen, Cognitie en Gedrag



Eveline Crone



Andrea Evers



Katy de Kogel



Cyriel Pennartz



De kiem voor deze onderzoeksagenda is gelegd tijdens de **NeuroLabNL Verdiepingsbijeenkomst van 20 december 2017**.

Met ruim 120 aanwezigen (onderzoekers, maatschappelijk partners uit zorg, onderwijs, veiligheid, bedrijfsleven en beleid) is gesproken over de maatschappelijke waarde én de grote wetenschappelijke uitdagingen op het gebied van hersenen, cognitie en gedrag. Veel van de inhoud van de huidige onderzoeksagenda is 20 december benoemd en is vervolgens door vier schrijfgroepen (één per deelagenda) uitgewerkt. Er was tussen de schrijfgroepen ook veel onderlinge afstemming en uitwisseling, we zeggen graag **veel dank aan** de groep als geheel (op alfabetische volgorde): Sandra van Aalderen, Marcel van Aken, Lenneke Alink, Nienke van Atteveldt, Harold Bekkering, Sander Bohte, Gerard Borst, Inti Brazil, Willem-Paul Brinkman, Paul van den Broek, Ellen de Bruin, Sarah Durston, Ype Elgersma, Bernet Elzinga, Wiesje van der Flier, Elia Formisano, Jean Louis van Gelder, Lisette Gemert, Joop van Gerven, Rainer Goebel, Tamara van Gog, Renate de Groot, Peter Hagoort, Elly Hol, Jack van Honk, Marko Jelacic, Ton de Jong, Bert Kappen, Martien Kas, Maaïke Kempes, Merel Kindt, Wijo Kop, Lydia Krabbendam, Pieter Medendorp, Peter Meerlo, Jeroen Merrienboer, Gerben Meynen, Miranda Olf, Ben van Ommen, Erik van Oorschot, Jeroen Pasterkamp, Jiska Peper, Arne Popma, Nick Ramsey, Richard Ridderinkhof, Heleen Riper, Pieter Roelfsema, Karin Roelofs, Bart Rutten, Guus Smit, Eus van Someren, Iris Sommer, Nic van der Wee, Carolina de Weerth, Eddy van der Zee.



COLOFON

TEKSTEN:

[Eveline Crone](#), [Andrea Evers](#), [Katy de Kogel](#) & [Cyriel Pennartz](#)

Met bijdrage van de schrijfgroepen

FOTO'S

Gerd Altmann (Pag. 2), Jeremy Bishop (Pag. 6), iStock (Pag. 12),

Roya Ann Miller (Pag. 26), Pan Xiaozhen (Pag. 40),

Miroslav Kuruc (Pag: 54) & Olena Ivanova (Pag. 70)

FOTO'S BOEGBEELDEN

Marc de Haan (Eveline Crone), Werry Crone (Andrea Evers),

Jono de Roeck (Katy de Kogel) & Jan Willem Steenmeijer

(Cyriel Pennartz)

VORMGEVING:

Rotterdam Vormgeving

www.rotterdam-vormgeving.nl

& Publx, interactieve publicaties

www.publx.nl



NeuroLab^{NL}