



Universiteit
Leiden
The Netherlands

The interaction between arousal and cognitive control

Tromp, J.J.

Citation

Tromp, J. J. (2025, April 9). *The interaction between arousal and cognitive control*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4211609>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/4211609>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).



Chapter 7

Samenvatting



Samenvatting

Stel je voor dat je in een bibliotheek zit en deze aan het schrijven bent. Voor je liggen een laptop, je telefoon en wat snacks die je bewaart voor later. Links van je fluisteren een paar studenten zachtjes met elkaar. Rechts van je lopen mensen voorbij die af en toe stoppen om in de boekenkast te snuffelen. Buiten tikt de regen zachtjes tegen de ramen.

Het is opmerkelijk dat de meeste mensen zich het grootste deel van de tijd kunnen concentreren op schrijven te midden van deze talloze mogelijke afleidingen. Hoe krijgen we het voor elkaar om miljoenen jaren van evolutionaire neigingen (het registreren van nieuwe bewegingen in onze omgeving) te negeren voor een doel dat tot een paar honderd jaar geleden nog niet eens bestond (het schrijven van een proefschrift) op een apparaat dat pas een paar decennia geleden is uitgevonden (de laptop)? Deze flexibiliteit om zowel nieuwe doelen te bedenken als nieuw gedrag uit te voeren beheerst de mens als geen ander.

Deze capaciteit waar het hier om gaat noemen we **cognitieve controle**: de kunst van het verbinden van een doel met gedrag, zelfs als dat tegen meer automatische of instinctieve gedrag ingaat. In het eerder genoemde voorbeeld is cognitieve controle de kunst van het concentreren op het schrijven van de samenvatting, zelfs terwijl je automatische neiging zou zijn om bewegingen in de omgeving te registreren of de snacks naast je te eten.

Hoewel dit indrukwekkend is, denk je bij deze definitie waarschijnlijk vooral aan cognitieve controle als iets dat soms niet werkt. Vooral in de context van studeren of lezen zul je merken dat je onder bepaalde omstandigheden in een *flow* komt, terwijl je in andere omstandigheden wordt afgeleid door het minste of geringste. Precies dit verschil, daar gaat het proefschrift over. Waarom hebben we zo'n indrukwekkende capaciteit om doelen om te zetten in gedrag, maar is het zo verschillend of het lukt? Waarom lukt het me de ene keer wel om een uur ongestoord de samenvatting te schrijven, maar op een ander moment trekt elk geluidje mijn aandacht weg van dat doel?

In dit proefschrift zoeken we een verklaring voor dit fenomeen in de werking van het brein, en specifiek in de mechanismen van het brein die reguleren hoe actief je zenuwstelsel is. Dit noemen we **arousal**, een concept dat sterk samenhangt met **stress**. Dit *arousal* mechanisme is op een laag pitje als je slaapt, en schiet aan op volle toeren als er plots een tijger in je woonkamer verschijnt. Tussen deze twee extremen zijn er nog heel veel gradaties van *arousal*, en wij denken dat die subtiele gradaties beïnvloeden hoe je cognitieve controle werkt.

De subtiele en minder subtiele gradaties van *arousal* worden grotendeels gereguleerd door groepjes neuronen in de hersenstam, gezamenlijk de **hersenstam arousal systemen** genoemd. Hierbij wordt een belangrijke rol toegediend aan een specifiek klein groepje neuronen in je hersenstam genaamd de **locus caeruleus**. De locus caeruleus is verantwoordelijk voor zowel de productie als de distributie van een essentieel stofje in de hersenen genaamd noradrenaline. Met het kleine formaat van de locus caeruleus zou je misschien denken dat de invloed beperkt is, maar niets is minder waar: de uitlopers van de neuronen van dit kleine groepje neuronen reiken tot bijna alle onderdelen van de hersenen. Hiermee is de locus caeruleus in een sleutelpositie om de staat van het brein snel te veranderen door noradrenaline rond te pompen, en daarmee ook het functioneren van cognitieve controle te beïnvloeden.

Een belangrijke bevinding die is gedaan in het onderzoek naar het functioneren van de locus caeruleus en *arousal*, is dat de activiteit van de locus caeruleus samenhangt met de grootte van je **pupil**, gegeven dat het licht constant blijft. Door middel van **pupillometrie**, het meten van de pupil grootte, zijn onderzoekers erachter gekomen dat er inderdaad continue schommelingen zijn in activatie van de locus caeruleus, en dat deze schommelingen samenhangen met *arousal*. Als jij een flink sterke koffie hebt gedronken, je *crush* langs ziet lopen of schrikt van een onverwachte toeter naast je, zal de pupil iets vergroten.

We weten dus dat mensen de capaciteit hebben om doelen om te zetten in gedrag (cognitieve controle) en dat de werking van deze capaciteit variabel is. We weten ook dat de locus caeruleus ons de capaciteit geeft om de *arousal* staat van het brein te reguleren, en dat dit ook continue schommelt. In dit onderzoek stelden we de vraag: hangt de variatie in de werking van cognitieve controle samen met de schommelingen in *arousal*? Deze vraag hebben we onderzocht in drie verschillende studies.

In elk van de studies probeerden we antwoord te geven op deze vraag door niet alleen hypothesen te formuleren en testen in woorden, maar ook door hypothesen te formuleren en testen in **wiskundige modellen**. Door deze wiskundige modellen konden we simulaties maken en testen van hoe wij denken dat *arousal* en cognitieve controle samenhangen. Dit kun je zien als het verschil tussen beschrijven wat je denkt dat het weer morgen wordt op basis van je observaties vandaag, en het invoeren van deze observaties in een weersimulatieprogramma, zodat een wiskundig model voorspelt wat het weer morgen zal zijn.

In **hoofdstuk 2** onderzochten we of schommelingen in staat van *arousal* samenhangen met prestaties in de beroemde Stroop taak. In deze taak vragen we de participanten de kleur waarin het woord geschreven is op het scherm te benoemen. De woorden duiden kleuren aan. Zo kun je dus **ROOD** op het scherm krijgen, maar ook **ROOD**. In de tweede situatie moet je je standaardimpuls onderdrukken om het woord te lezen en in plaats daarvan ‘blauw’ antwoorden om de taak correct uit te voeren. We ontdekten dat de pupilgrootte vóór een taak voorspelde hoe goed de participanten met de lastige situaties konden omgaan. Onze wiskundige modellen lieten daarbij zien dat in deze taak cognitieve controle het beste gedefinieerd kan worden door onderscheid te maken tussen **proactieve cognitieve controle** (voordat de taak begint het doel helder voor ogen hebben) en **reactieve cognitieve controle** (nadat je conflicterende informatie binnen krijgt hier adequaat mee omgaan).

In **hoofdstuk 3** zochten we een verklaring voor een bekend fenomeen in de cognitieve controle onderzoek: waarom lijkt je cognitieve controle slechter te werken nadat een toontje je erop wijst dat de taak gaat beginnen? Dit onderzochten we door middel van de *flanker* taak: een taak waarbij je de richting van het middelste pijltje moet bepalen. Soms wijzen de omliggende pijltjes dezelfde kant (>>>>>) maar soms ook de andere kant (>><>>), waarin je de irrelevante informatie moet onderdrukken.. We konden het effect van de verslechtering van cognitieve controle uitleggen door middel van een 'haastsignaal' dat het brein activeert na het toontje. Dit signaal hangt samen met een korte *arousal* prikkel en helpt je daarbij sneller reageren, maar maakt het moeilijker om tegenstrijdige informatie goed te verwerken. Dit verklaart ook iets wat je zelf misschien weleens hebt meegemaakt: als je veel stress ervaart, zullen je handelingen sneller zijn, maar zodra je voor een lastige keuze komt, word je vaak trager in het maken van die keuze.

In **hoofdstuk 4** zoomen we iets uit, en onderzoeken we een afweging die je continu (onbewust) maakt: hoe “onafleidbaar” moet je op dit moment zijn? De connotatie is vaak dat meer cognitieve controle om een taak uit te voeren goed is, maar er zijn genoeg situaties te bedenken waarbij dat niet goed is. Bijvoorbeeld, als je als dokter de noodtelefoon hebt, moet je snel schakelen zodra de telefoon gaat, ongeacht dat je had voorgenomen om de samenvatting van het proefschrift te schrijven. Deze afweging bewaakt de balans tussen stabiliteit (focus op je huidige doel) en flexibiliteit (het vermogen om snel te schakelen naar een ander doel). In dit onderzoek voerden participanten twee taken uit. Welke taak ze moesten uitvoeren kregen ze kort voor elk taakje te weten. De participanten kwamen op twee verschillende dagen terug: op de ene dag moesten ze heel vaak heen en weer veranderen van taakje, op de andere dag hadden ze lange reeksen van dezelfde taak. We vonden dat, als participanten vaker moesten wisselen van taak, ze op de stabiliteit-flexibiliteit schaal zoals we voorspelden meer naar flexibiliteit schakelden. Dit hing samen met veranderingen in pupilgrootte en hersengolven, wat suggereert dat je stabiliteit-flexibiliteit balans in ieder geval deels wordt gereguleerd door je *arousal* systeem. Deze studie onderstreept een belangrijke les: als je een context creëert waarbij je vaak wisselt van taak, zul je minder goed zijn in het focussen op je huidige taak.

Samenvattend laten deze studies zien hoe subtiele schommelingen in *arousal* deels de variatie in cognitieve controle kunnen uitleggen. Dit onderzoek biedt aanknopingspunten om beter te begrijpen waarom cognitieve controle bij mensen met een ADHD- of ADD-diagnose soms minder goed functioneert, maar ook waarom cognitieve controle bij mensen zonder diagnose ook soms niet goed lijkt te werken.