



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Brain mechanisms of unconscious cognitive control

van Gaal, S.

**Publication date**  
2009

[Link to publication](#)

#### **Citation for published version (APA):**

van Gaal, S. (2009). *Brain mechanisms of unconscious cognitive control*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam].

#### **General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

#### **Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

## Samenvatting in het Nederlands

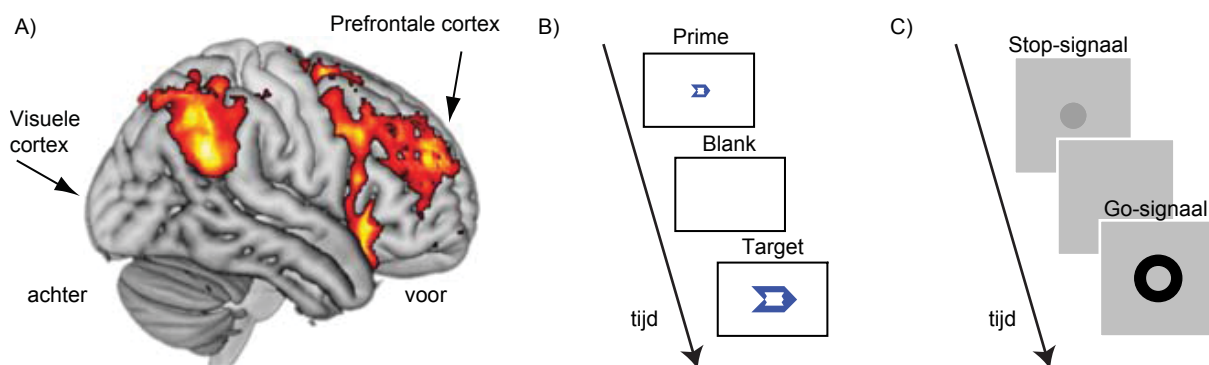
Stel je voor: Het is vrijdagavond en je rijdt in je auto naar huis na een lange dag werken. Je bent moe. Je hebt hard gewerkt en helaas is het je niet gelukt om al je werk af te krijgen vandaag. Tijdens de rit denk je aan alles wat je nog moet doen dit weekend om je werk in te halen. Plotseling merk je dat je je eigen straat inrijdt. Hoe kan het nou dat je niks herinnert van de weg naar huis? Je ogen zijn de hele tijd open geweest en je hebt grote hoeveelheden informatie verwerkt om veilig thuis te komen. Echter, je hebt het gevoel dat je niet echte “bewuste keuzes” hebt gemaakt. Toch heb je vrij complexe handelingen verricht, waaronder het stoppen voor stoplichten, schakelen, rechts/links afslaan, muziek luisteren etc. etc. Je hebt het allemaal gedaan, en blijkbaar volledig op de automatische piloot.

Met dit voorbeeld wil ik illustreren dat een deel van ons dagelijks handelen volledig automatisch en onbewust gebeurt, zonder dat we hierover enige “bewuste controle” (hoeven te) hebben. Dit suggereert dat er een verschil is tussen het absorberen van visuele informatie en hierop reageren (tijdens het “onbewust” auto rijden) en daadwerkelijk bewust kijken. De vragen waar ik geïnteresseerd in ben, zijn: Is het zo dat al onze gedragingen onbewust kunnen ontstaan of is dit alleen het geval voor automatische en zeer getrainde handelingen (zoals auto rijden)? Of kan al ons gedrag onbewust gestuurd worden? In dit proefschrift heb ik geprobeerd antwoord te krijgen op dit soort vragen.

In het dagelijks leven lijkt het erop dat we onze keuzes bewust maken. Als ik een ijsje neem, kies ik daar bewust voor en als ik dat niet wil, dan ook. Cruciaal in het maken van keuzes is de mogelijkheid om automatisch geactiveerde handelingen af te breken. Vooral in situaties wanneer je iets anders moet doen dan je normaal gesproken doet, maken we bewuste keuzes, toch? Hoe vaak is het je niet overkomen dat je in gedachten verzonken automatisch rechtsaf bent geslagen (richting je werk), terwijl je eigenlijk links af had moeten slaan (op weg naar de supermarkt in het weekend). Intuïtief lijkt het er dus op dat we automatisch (onbewust) de dingen doen die zijn ingesleten door ervaring en dat we *bewust* moeten interveniëren als we een dergelijke automatische handeling willen onderbreken. Denk aan een tripje naar Engeland. Als je daar de straat oversteekt moet je de neiging onderdrukken om eerst naar links te kijken. In dit geval is het namelijk verstandiger om eerst naar rechts te kijken (auto's rijden in Engeland aan de linkerkant). Vergeet je even dat je in Engeland bent (laat je de controle vieren), dan kijk je toch automatisch weer eerst naar links bij het oversteken. Hopelijk zonder ernstige gevolgen.

Het onderbreken van onze automatismen (ook wel “respons inhibitie” genoemd) is sterk geassocieerd met activiteit in de prefrontale cortex (Aron, 2007).

De prefrontale cortex is het gebied in het brein direct achter je voorhoofd (zie Figuur 1a). Dit gebied is vooral geassocieerd met allerlei “typisch menselijke” eigenschappen als het plannen van gedrag en complex redeneren, maar ook respons inhibitie. Wat blijkt, als mensen schade hebben aan bepaalde delen van de prefrontale cortex zijn ze niet goed meer in staat om automatisch gedrag te onderdrukken. Er zijn voorbeelden bekend van patiënten die elk voorwerp in hun buurt meteen oppakken en gebruiken, ook in situaties waarin dat absoluut ongepast is (Lhermitte, 1986). Stel je voor dat je zo’n patiënt bij je thuis uitnodigt en bij een rondleiding door je huis gaat hij meteen in je bed liggen als je de slaapkamer laat zien. Later, als je de badkamer laat zien, pakt hij jouw tandenborstel en gaat hij daarmee zijn tanden poetsen (Lamme, 2006). In deze gevallen activeert een stimulus zo sterk de handeling die hiermee geassocieerd is dat patiënten dit soort “onaangepast” gedrag kunnen vertonen. Het lijkt er dus op dat zonder de prefrontale cortex alleen de automatismen, onze gewoonten, nog over blijven. Dit, en veel ander onderzoek, heeft er voor gezorgd dat veel wetenschappers van mening zijn dat de prefrontale cortex verantwoordelijk is voor de “bewuste controle” over ons gedrag.



**Figuur 1.**

a) De hersenen met daarin aangeven de prefrontale cortex (voorhoofd) en de visuele cortex (achterhoofd). Zie figuur 5.3 voor een variant in kleur, waarin de rode/gele vlekken aangeven welke gebieden actief zijn als je een handeling afbreekt. b) Een standaard maskeer taak. c) Een aangepaste versie van een maskeer taak die ik heb gebruikt om te onderzoeken of onbewuste stop-signalen de prefrontale cortex activeren.

### Hoe onderzoeken we de invloed van onbewuste informatie op gedrag?

Wetenschappers onderzoeken al sinds lange tijd de invloed van onbewuste informatie op ons gedrag. Een interessant voorbeeld hiervan is de situatie van blindzien (“blindsight”). Patiënten met schade aan de primaire visuele cortex kunnen niets meer zien in het visuele veld aan de andere kant van de schade. Echter, als ze worden getest in een laboratorium en er wordt hen gevraagd om gewoon maar wat

te gokken, kunnen ze bijvoorbeeld vrij goed aangeven welke kant een stip op beweegt op een computerscherm of wat de oriëntatie is van aangeboden plaatjes in hun “blinde” visuele veld (Stoerig & Cowey, 1997). Cruciaal hierbij is dat de patiënten zelf steeds expliciet aangeven dat ze echt niets zien en gewoon maar wat doen. Blijkbaar kan visuele informatie een bepaald reactie uitlokken zonder dat we bewust hoeven te zijn van de stimulus die deze reactie uitlokt

Onderzoek naar de invloed van onbewuste informatie op gedrag beperkt zich niet tot onderzoek bij patiënten met hersenschade. Recent zijn verschillende technieken ontwikkeld om dit onderzoek ook te doen bij gezonde proefpersonen. Een techniek die hier veel voor wordt gebruikt heet *maskeren*. Maskeren is het onzichtbaar maken van een stimulus (plaatje) door deze heel kort aan te bieden en snel te laten opvolgen door een andere stimulus. Een voorbeeld hiervan is te zien in onderstaande figuur (zie Figuur 1b). In dit experiment krijgen proefpersonen heel kort een kleine pijl (de *prime*) te zien die naar links of naar rechts wijst. Snel daarna wordt er een grotere pijl aangeboden (de *target*). Proefpersonen worden geïnstrueerd zo snel mogelijk op een knop te drukken (links of rechts) afhankelijk van de kant waar de target naartoe wijst. Als de prime heel kort wordt aangeboden (~20 ms) en de target wat langer (~200 ms) dan kunnen proefpersonen de prime niet meer zien. Echter, als de prime zonder de target wordt aangeboden, of als de target wat later wordt aangeboden, dan kunnen mensen deze prima zien. Het ligt dus niet aan het feit dat de prime maar heel kort wordt aangeboden, maar aan het feit dat deze wordt “gemaskeerd” door de target.

Nu blijkt dat proefpersonen sneller reageren op de target wanneer de prime en de target dezelfde kant op wijzen dan wanneer ze een andere kant op wijzen (Vorberg, Mattler, Heinecke, Schmidt, & Schwarzbach, 2003). Blijkbaar beïnvloedt de richting van de *onbewuste* prime de snelheid waarmee men op de target reageert. Regelmatig maken mensen zelfs fouten, dan activeert de onbewuste prime zo sterk een bepaalde reactie dat de verkeerde knop wordt ingedrukt. Als we terug gaan naar het voorbeeld dat ik gaf aan het begin, dan klinkt het nu waarschijnlijk iets minder vreemd dat je inderdaad rechts af kan slaan bij een verkeersbord dat je niet bewust hebt gezien (maar wel onbewust hebt verwerkt).

Als de hersenactiviteit wordt gemeten (met behulp van hersenscans) terwijl proefpersonen dit soort experimenten doen, zien we dat een onbewuste stimulus allerlei hersengebieden kan activeren. Blijkbaar kan een onbewuste stimulus een cascade aan processen in gang zetten. Nu blijkt ook uit onderzoek dat juist de prefrontale cortex niet onbewust geactiveerd lijkt te worden (Kouider & Dehaene, 2007). Zou het zo zijn dat de prefrontale cortex alleen bewust geactiveerd kan

worden en dat daarom allerlei complexe menselijke functies (zoals respons inhibitie) sterk worden geassocieerd met het bewustzijn? In dit proefschrift heb ik verschillende experimenten gedaan om te onderzoeken of dit inderdaad zo is.

### **Wat heb ik nu eigenlijk gedaan in de afgelopen vier jaar?**

Ik zal een experiment in detail uitleggen om te illustreren hoe ik heb onderzocht of een onbewuste de prefrontale cortex kan activeren. Laat ik eerst vermelden dat we over het algemeen proberen situaties “uit het echte leven” na te bootsen in het psychologische laboratorium. Op deze manier kunnen we onder gecontroleerde omstandigheden menselijk gedrag te onderzoeken zonder dat we last hebben van allerlei omgevingsfactoren waar we niet geïnteresseerd in zijn. In een van mijn experimenten, kregen proefpersonen (studenten) de instructie om zo snel mogelijk op een knop te drukken als ze een zwarte ring (go-sigitaal) zagen die kort op een computerscherm werd aangeboden (~100 ms). In vaktermen noemen we dit “Go trials”. Echter, als er heel kort (~17 ms) een grijs rondje (het “stop sigitaal”) voor de zwarte ring werd aangeboden dan mochten ze juist niet drukken (“No-Go” trials). Deze stop-signalen worden maar af en toe aangeboden, waardoor de proefpersoon in de meeste gevallen gewoon moet drukken en maar sporadisch de respons moet afbreken (zie figuur 1c). Na wat oefening kunnen proefpersonen dit soort taakjes prima uitvoeren. Wat ik nu heb gedaan is de tijd die zit tussen het rondje en de ring variëren: soms is die tijd heel kort (~17 ms) en soms wat langer (~70 ms). Als dat rondje heel kort wordt aangeboden en snel wordt opgevolgd door de ring, dan kunnen proefpersonen het rondje niet meer zien (goede maskering). Echter, als de ring iets later wordt aangeboden dan kunnen mensen dat rondje prima zien (slechte maskering) en dan kunnen mensen ook razendsnel hun reactie afbreken (“bewuste controle”). Deze techniek zorgt er dus voor dat (bijna) dezelfde stimulatie in het ene geval leidt tot bewuste perceptie van het stop-sigitaal en in andere gevallen niet. In deze taak hebben we dus Go trials gemixt met onbewuste No-Go trials en bewuste No-Go trials om te onderzoeken wat er gebeurt met een stop-sigitaal dat je niet bewust ziet. Zou zo’n stop-sigitaal ertoe kunnen leiden dat we besluiten iets niet te doen? Zou zo’n onbewust sigitaal de prefrontale cortex kunnen activeren?

Wat blijkt, proefpersonen breken soms hun actie af als er een onbewust stop-sigitaal wordt aangeboden. Dit gebeurt echter maar zelden. Over het algemeen vertragen proefpersonen hun reacties alleen. Het lijkt er dus op dat een onbewust stop-sigitaal ervoor kan zorgen dat we “besluiten” iets niet te doen (in dit geval op een knop drukken). Dit leidt echter niet altijd tot het compleet afbreken van een actie, maar vaker tot een vertraging hiervan, alsof respons inhibitie was geactiveerd

maar minder sterk dan in de bewuste variant. Dit is ook niet zo gek als je bedenkt dat de stimulus die je “instrueerde” om te drukken (de zwarte ring) veel langer werd aangeboden en dus veel “sterker” was dan de onbewuste stimulus (het grijze rondje). Helaas is dat (bijna) onvermijdelijk omdat de maskeer techniek anders niet werkt. Verder blijkt dat mensen die goed zijn in het inhiberen van hun reactie op *bewuste* stop-signalen (bewuste controle) ook meer vertragen op *onbewuste* stop-signalen (onbewuste controle). Eigenlijk lijken de twee vormen van controle (bewust vs. onbewust) dus wel op elkaar (Hst 2).

Als we de hersenactiviteit van proefpersonen bestuderen tijdens het doen van dit soort taakjes, dan zien we dat een onbewust stop-signaal specifieke prefrontale gebieden activeert waar we van weten dat ze ook betrokken zijn bij het bewust afbreken van ons gedrag (bewuste controle). De gebieden in de hersenen waarvan we dus altijd hebben gedacht dat ze alleen bewust geactiveerd zouden kunnen worden. Het is zelfs zo dat mensen bij wie de prefrontale gebieden sterker worden geactiveerd ook meer vertragen wanneer een onbewust stop-signaal wordt aangeboden, dan mensen bij wie deze gebieden minder sterk worden geactiveerd (Hst 3-5). Het lijkt er dus op dat sommige mensen “gevoeliger” zijn voor onbewuste informatie dan anderen. Daarnaast hebben we ontdekt dat die onbewuste controle processen heel snel geactiveerd worden. Al na 300 milliseconden (3/10 van een seconde) na aanbieding van een onbewust stop-signaal zien we prefrontale hersenactiviteit.

Met soortgelijke experimenten heb ik ook laten zien dat mensen kunnen leren van fouten waar ze zich niet bewust van zijn (Hst 8, zie ook Hst 7). Dit lukt echter niet onder alle omstandigheden (Hst 2-3). Bijvoorbeeld in het bovenstaande experiment zie je dat mensen na het maken van een onbewuste fout (er was een onbewust stop-signaal, maar er is toch gedrukt) hun reactie hierna vertragen om een volgende fout te voorkomen. Mensen worden dus voorzichtiger. In de hersenen zien we dan dat na het maken van een bewuste fout, maar ook een onbewuste fout, de prefrontale cortex “gaat samenwerken” met de visuele cortex. We denken dat de prefrontale cortex de visuele cortex “instrueert” om beter op te letten om nieuwe fouten te voorkomen.

Naast onderzoek naar response inhibitie heb ik ook onderzocht hoe mensen irrelevante informatie uit hun omgeving onderdrukken om zo hun aandacht te richten op de relevante informatie. Om dit te onderzoeken heb ik proefpersonen het taakje laten doen met de pijlen (figuur 1b). Mensen moesten reageren op de grote pijl (de target) en de kleine pijl negeren (de prime). Mensen die hier goed in zijn maken weinig fouten en hebben een klein verschil in reactie tijd tussen congruente

(prime en target wijzen dezelfde kant uit) en incongruente trials (prime en target wijzen een andere kant uit). Nadat mensen dit taakje hadden gedaan hebben we ze in de fMRI scanner gelegd en een structurele hersenscan van ze gemaakt. Een structurele scan is eigenlijk een soort foto van het brein. Wat blijkt nu, mensen bij wie een bepaald gebied in de prefrontale cortex goed is ontwikkeld (“groter” is) zijn beter in het negeren van zowel bewuste als onbewuste irrelevante informatie (de prime), dan mensen met een “klein” gebied (Hst 6). Dit is hetzelfde gebied dat vaak beschadigd is bij patiënten die hun gedrag niet kunnen inhiberen. Het is de vraag of deze structurele verschillen worden veroorzaakt door eerdere ervaringen die mensen hebben gehad in hun leven (nurture) of zijn vastgelegd in de genen (nature). Dit is een interessante vraag voor vervolgonderzoek.

Laten we weer even terug gaan naar het voorbeeld van de patiënt met prefrontale hersenschade. Wat we zien bij deze patiënten, is dat ze automatisch geactiveerde reacties niet goed kunnen onderdrukken (denk even terug aan het tanden poetsen met jouw borstel). Aangezien wij dat soort sociaal onaangepast gedrag niet (vaak) vertonen, is het waarschijnlijk dat wij alle informatie die ons brein binnenkomt eerst filteren op relevantie. Sommige informatie is relevant voor het doel dat we op dat moment voor ogen hebben (bijvoorbeeld eten), en andere informatie is dat niet. Als er een appel voor onze neus ligt dan zullen we deze alleen opeten als we trek hebben. Echter als dat niet het geval is, zullen we deze appel waarschijnlijk laten liggen voor een andere keer. Informatie die dus irrelevant is voor het halen van ons doel negeren we. We kunnen dit waarschijnlijk bewust doen, maar wellicht ook onbewust. Als we informatie niet zouden filteren, zouden we een “slaaf van onze omgeving” worden, net zoals de patiënt met prefrontale hersenschade (die de appel altijd zal oppakken, ook als hij/zij geen trek heeft of juist wilt afvallen).

Concluderend heb ik dus laten zien dat onbewuste informatie gebieden in de prefrontale cortex kan activeren en dat dit kan leiden tot aanpassing van ons gedrag. Dus, ondanks dat wetenschappers lang hebben gedacht dat de prefrontale cortex niet “gevoelig” is voor onbewuste informatie, blijkt nu dat de prefrontale cortex wel degelijk betrokken is bij onbewuste informatie verwerking! Het lijkt er dus op dat een groot deel van ons gedrag niet tot stand komt door bewuste keuzes, maar door cognitieve processen die in gang worden gezet door stimuli in onze omgeving waar we ons niet bewust van zijn. Dit geldt dus niet alleen simpele handelingen, maar ook voor complexe acties die worden gereguleerd door de prefrontale cortex, zoals respons inhibitie. Echter, dit beeld moet wel enigszins genuanceerd worden. Het is niet zo dat we een “slaaf zijn van onze omgeving”, want het blijkt ook dat we in staat

zijn om onbewuste informatie te negeren als deze informatie ons afleidt van ons doel. Het is dus niet zo dat een stimulus altijd dezelfde reactie ontlokt (gelukkig maar), wat ons waarschijnlijk behoudt voor vele genante situaties.

### **Wat hebben we er eigenlijk aan om dit weten?**

Een terechte, maar toch ook altijd lastig te beantwoorden vraag. Laat ik eerst zeggen dat ik denk dat we hier geen curiositeiten meten die alleen plaatsvinden in het psychologische laboratorium. Natuurlijk komen we geen gemaskeerde rondjes tegen in het dagelijkse leven, maar de meeste wetenschappers zijn het er wel over eens dat we ons van veel informatie in onze omgeving niet bewust zijn, maar dat deze informatie, ook in het dagelijks leven, waarschijnlijk wel ons gedrag beïnvloedt. Ter illustratie, onderzoekers hebben bijvoorbeeld laten zien dat mensen vaker Franse wijn kopen in de supermarkt als er Franse muziek opstaat, terwijl er meer Duitse wijn wordt verkocht wanneer er Duitse muziek opstaat. Als je mensen bij de uitgang van de supermarkt vraagt waarom ze juist *die* fles wijn hebben gekocht, zeggen ze meestal zoiets van “die zag er wel lekker uit” (North, Hargreaves, & McKendrick, 1997). Het lijkt er dus op dat een deel van ons gedrag wordt geactiveerd door informatie uit onze omgeving waar we ons niet bewust van zijn. Soms weten we dus gewoon echt niet waarom we iets gedaan hebben!

Aan de hand van dit soort experimenten kun je je afvragen in hoeverre mensen eigenlijk bewuste keuzes maken. Hebben we eigenlijk een “vrije wil”? Dit is onder andere een belangrijke vraag voor onze rechtspraak. Wanneer en waar kan je mensen voor straffen? En waar konden ze “niks aan doen”? Kan je iemand veroordelen die slaapwandeland een moord pleegt? (dat is echt gebeurd; zie Lamme, 2006). De persoon heeft die moord immers niet “bewust” gepleegd. Of wat als iemand met schade aan de prefrontale cortex een moord pleegt? Uiteraard zijn dit extreem lastig te beantwoorden vragen met verregaande ethische consequenties. En ja, we zijn hier dan ook nog lang niet uit...

Verder hoop ik dat dit soort onderzoek uiteindelijk leidt tot het begrijpen wat er aan de hand kan zijn met patiënten die in coma liggen (of andere “bewustzijnproblemen” hebben). Wat zijn de hersenprocessen die er voor zorgen dat deze mensen niet bij bewustzijn zijn? Kunnen we tests ontwikkelen die kunnen voorspellen welke mensen niet meer bij komen en welke wel? Wat zouden we er eventueel aan kunnen doen om deze mensen (eerder) bij te laten komen? Recent hebben onderzoekers een jonge vrouw in vegetatieve staat (een soort milde coma) in een fMRI scanner gelegd en gevraagd of ze zich wilde inbeelden dat ze aan het tennissen was. Ondanks dat deze vrouw niet reageerde op geluiden of stemmen en



ook geen intentioneel gedrag vertoonde, zagen de onderzoekers toch hersenactiviteit die correspondeerde met het ingebeelde tennissen (Owen et al., 2006). Blijkbaar kon deze vrouw een vrij complexe instructie opvolgen. De vraag waar wetenschappers van over de hele wereld over hebben gedebatteerd, is: Is deze vrouw bewust? Wat geldt als “gouden standaard” voor de detectie van bewustzijn? Dat ze zelf kan praten, of dat haar hersenen kunnen “praten”? Dit is belangrijk omdat de diagnose die gesteld wordt verregaande consequenties heeft voor het verloop van haar behandeling (denk ook aan het stoppen daarvan). Als we er achter komen welke cognitieve processen alleen bewust kunnen plaatsvinden, zouden we tests kunnen ontwikkelen die een antwoord op deze vraag kunnen geven.

In het verlengde hiervan, een ander belangrijk (lange termijn) doel van dit soort onderzoek is om erachter te komen wat nu de functie is van het bewustzijn. En heeft het wel een functie? Waarom hebben wij mensen het? Welke dieren hebben het? En welke niet? Deze kennis heeft weer consequenties met betrekking tot hoe we omgaan met dieren, maar heeft ook verregaande consequenties voor ons eigen wereldbeeld.

Zo kan ik nog wel even doorgaan. We hebben echter van de geschiedenis geleerd dat de mogelijke toekomstige toepassingen van fundamenteel wetenschappelijk onderzoek niet altijd te overzien zijn. Laten we dus maar hopen dat dit onderzoek ergens toe heeft geleid (al is het maar voor mijn eigen gemoedsrust).