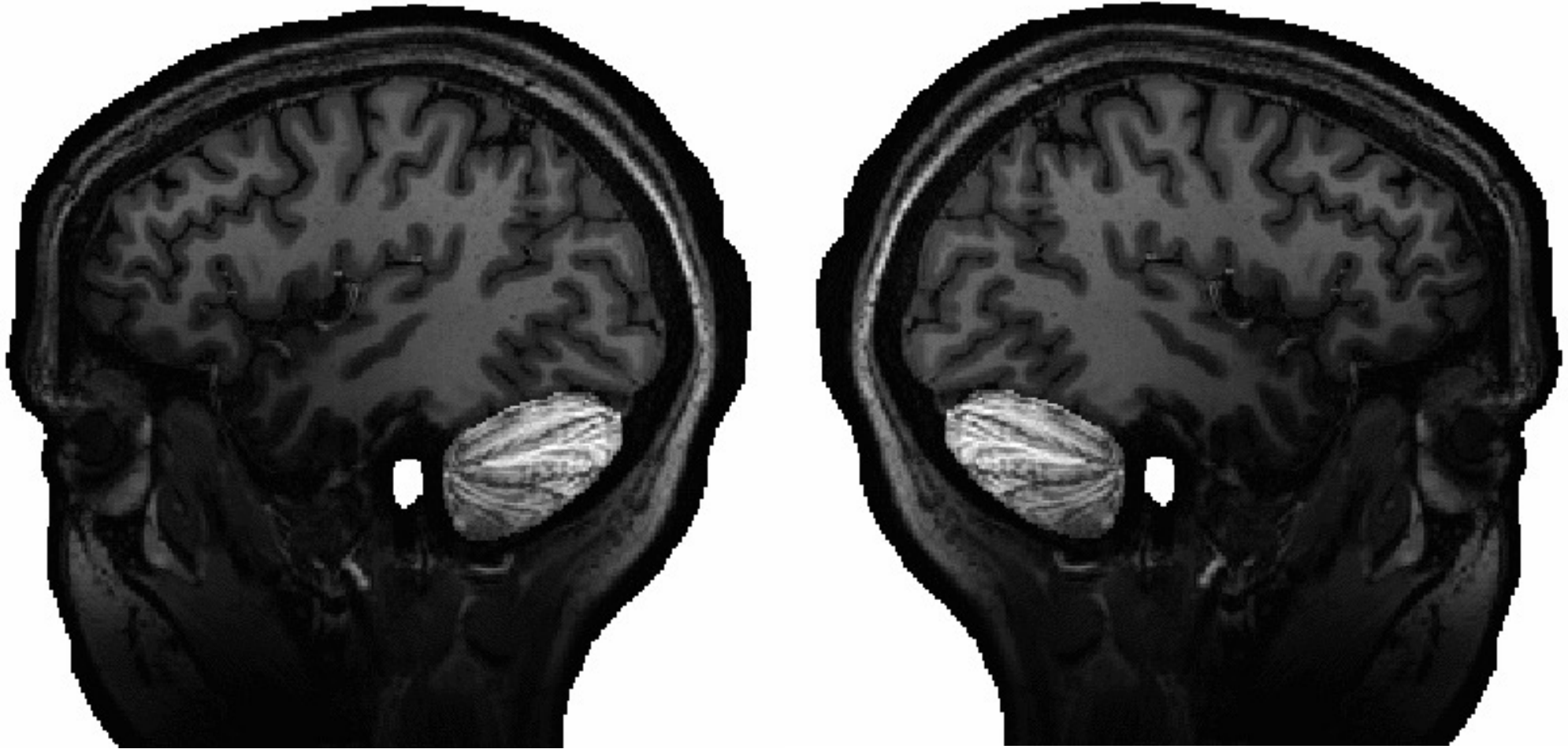


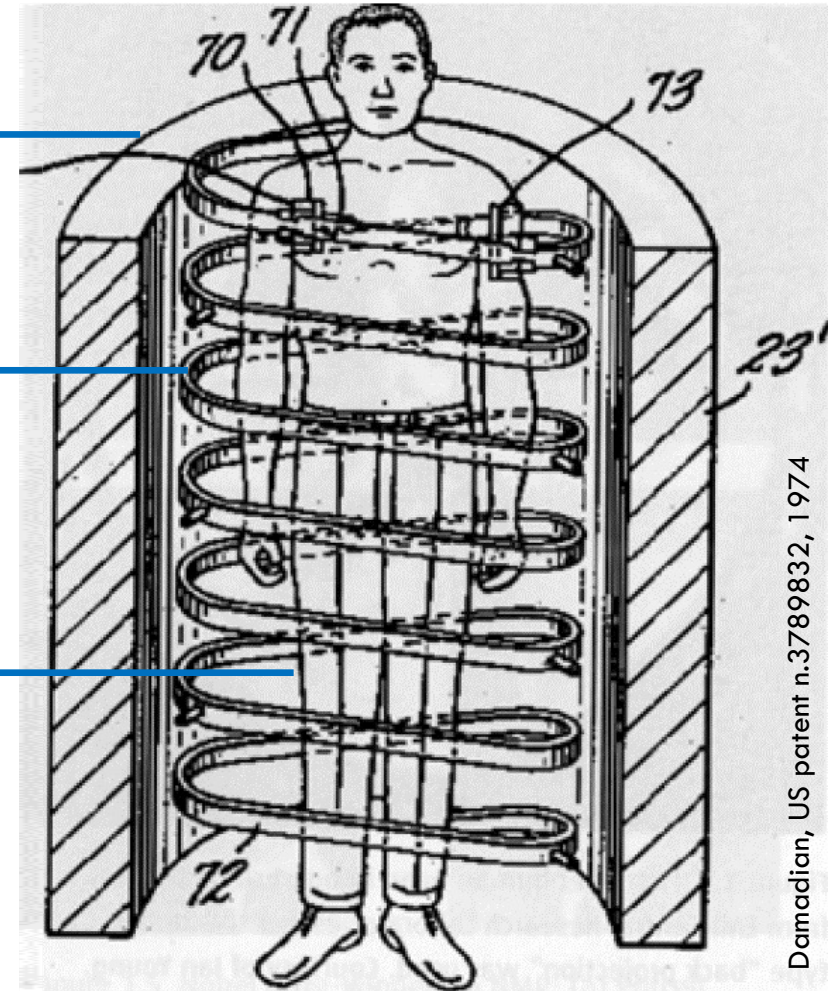
Hersenfunctie in beeld met ultra-hoog veld MRI



Wietske van der Zwaag

Magnetic Resonance Imaging

- Magneet – polariseert water spins
- Radiofrequente spoel – genereert rf-golven en ontvangt rf-signalen
- Proefpersoon/patient – waterig object met meerdere compartimenten

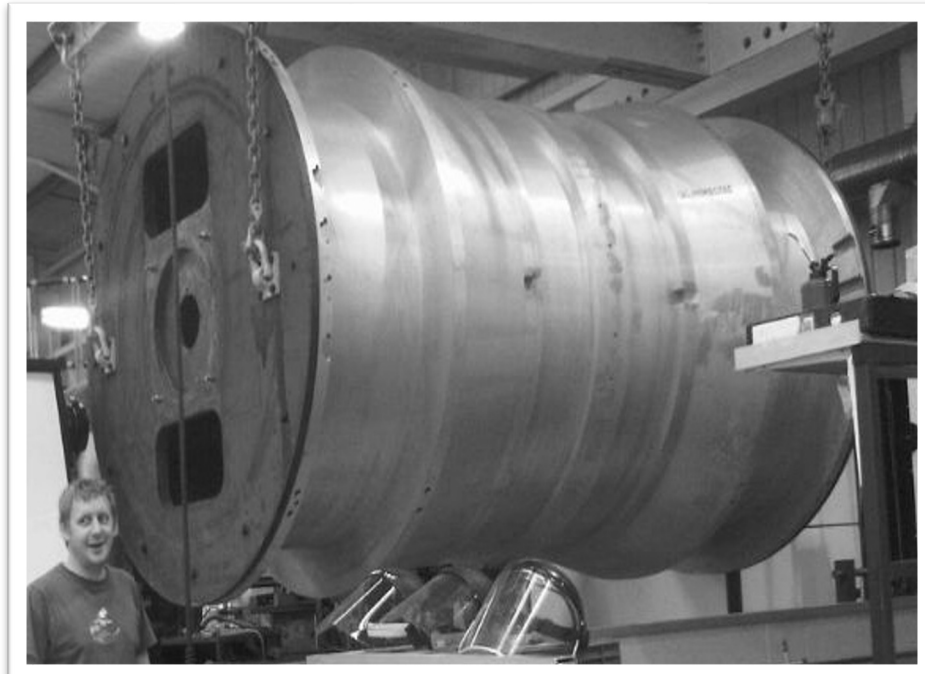


Magneten

- 7.0 Tesla
- 900mm diameter opening
- 85.000 windingen.
- geleider lengte: 360 km



- 10.5 Tesla
- 880mm diameter opening
- 1.500.000 windingen
- Geleider lengte: 1.380 km



Beeldvorming

Gradiënten

$$\frac{d\vec{M}(\vec{r},t)}{dt} = \gamma \vec{M}(\vec{r},t) \times \vec{B}$$

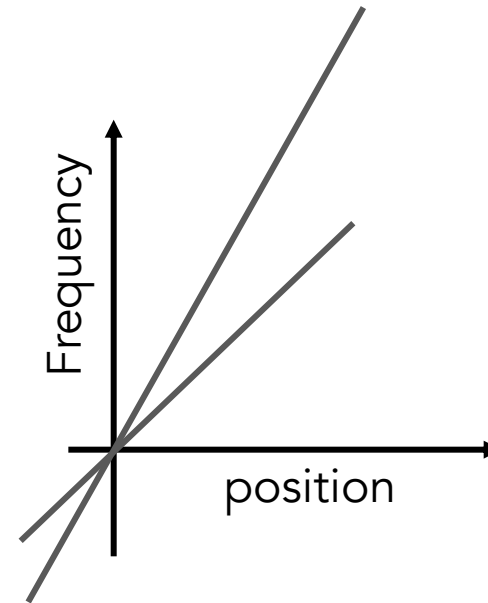
Magnetisch veld gradient, G_x ,

maakt een lineaire variatie in B_0 afhankelijk van de positie x

$$\vec{M}(\vec{r},t) = \vec{M}(\vec{r},0) e^{-i\gamma G_x t}$$

↑
Measuring
NMR frequency

↑
x-position



Beeldvorming

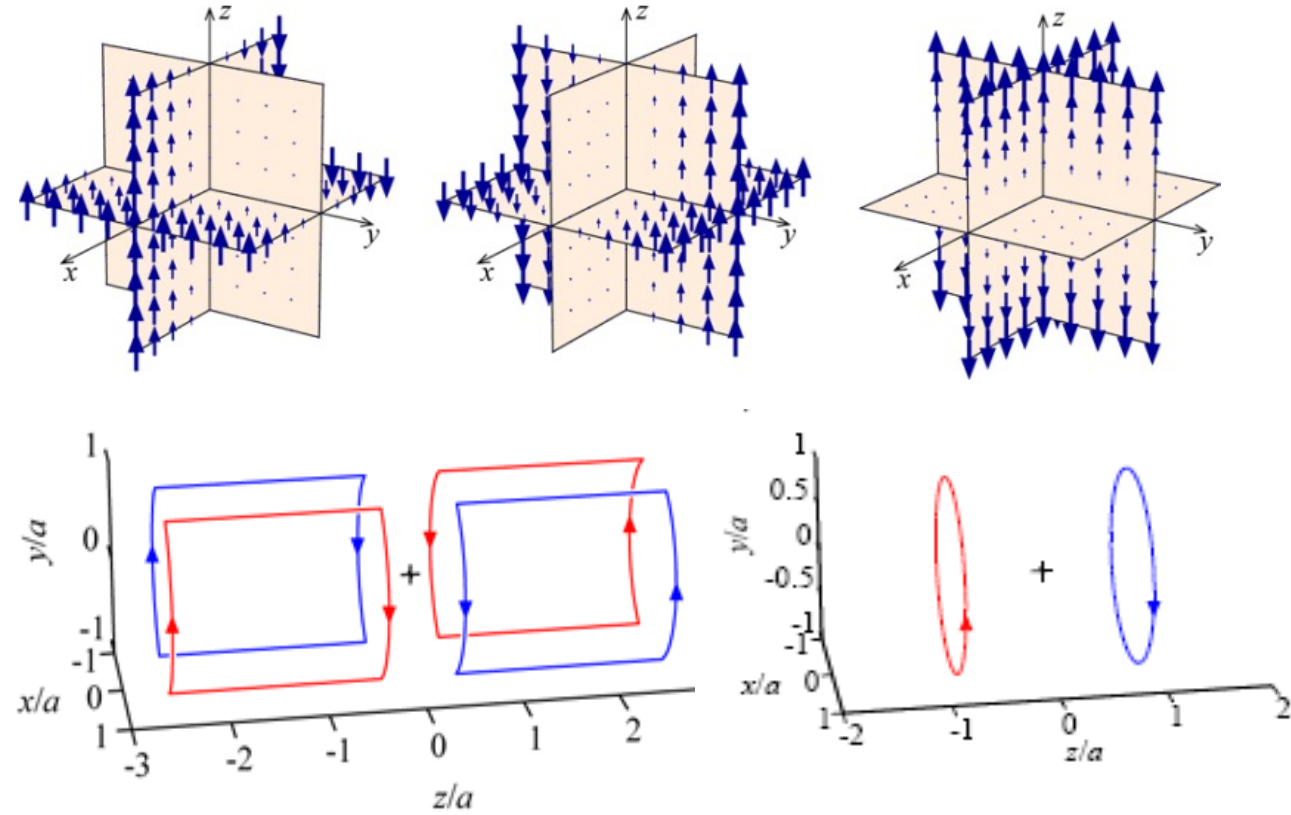
- Drie magneetvelden in de z-richting, variërend in x,y en z: G_x , G_y , G_z



Stroom: 200-500A

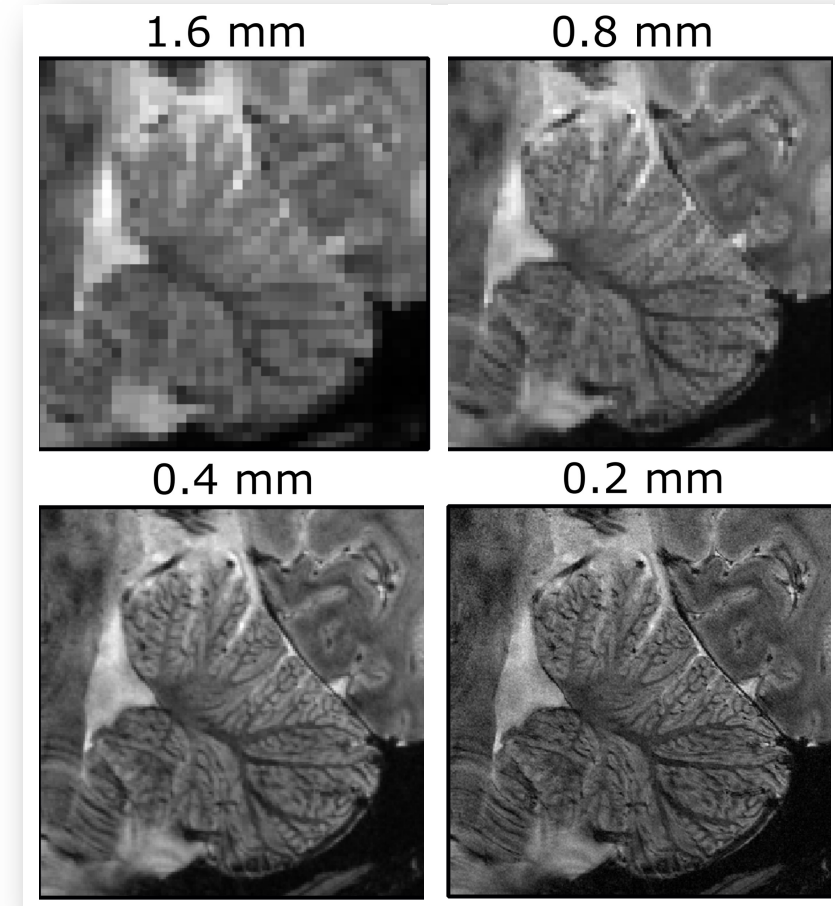
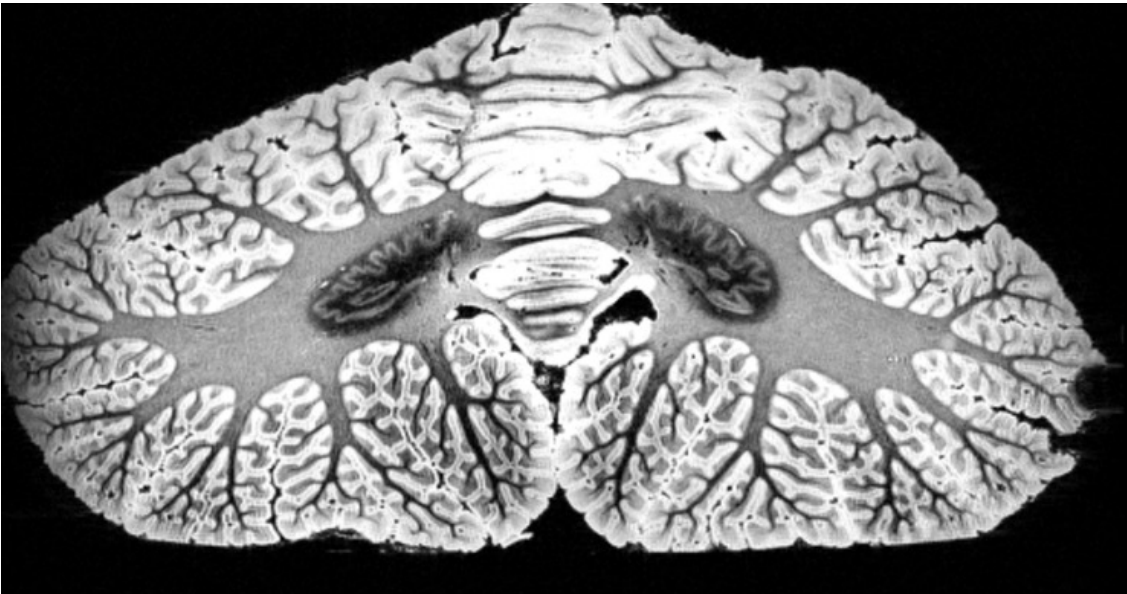
Veldsterkte tot 100 mT/m

Dunne koperen strips in epoxy hars



Hogere resolutie

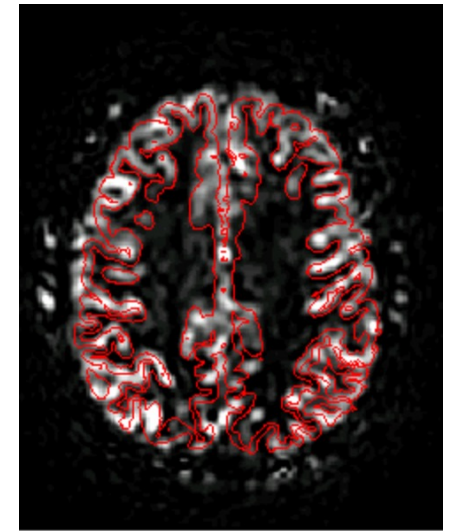
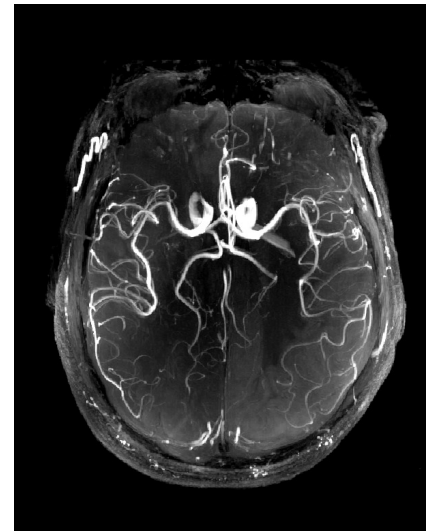
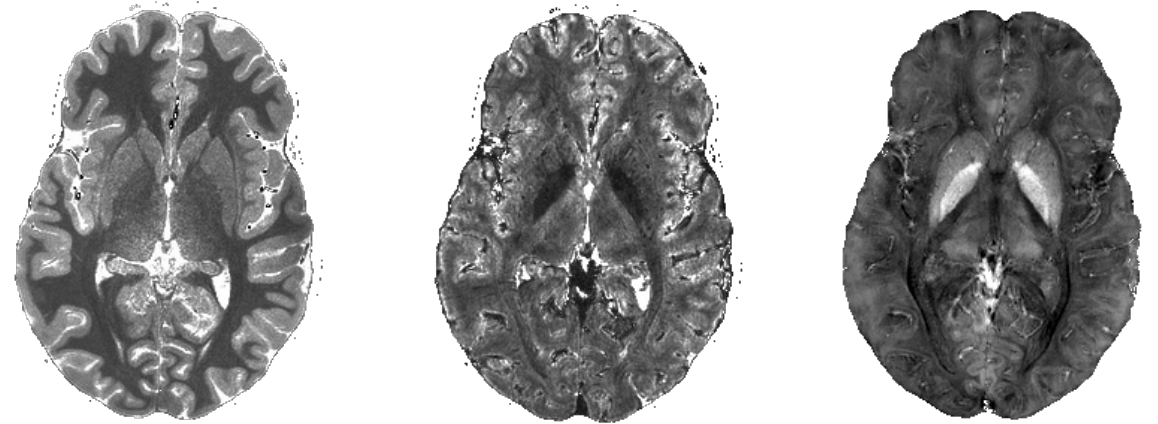
- Fijne structuur alleen zichtbaar met kleinere voxels



MRI - contrast

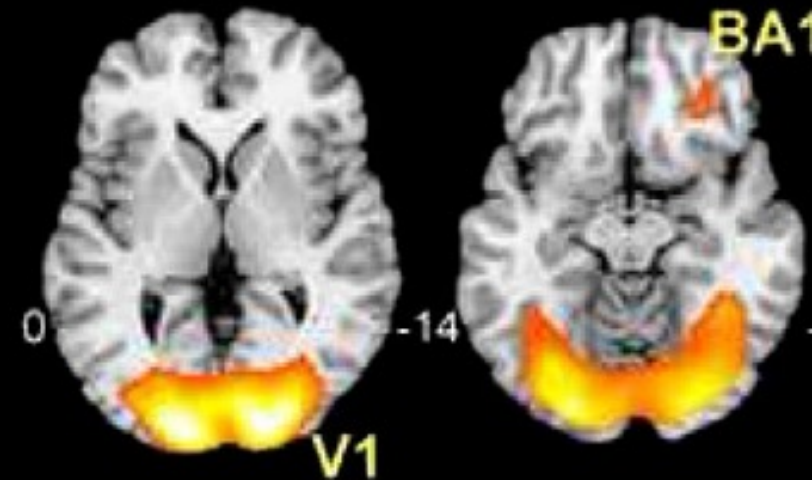
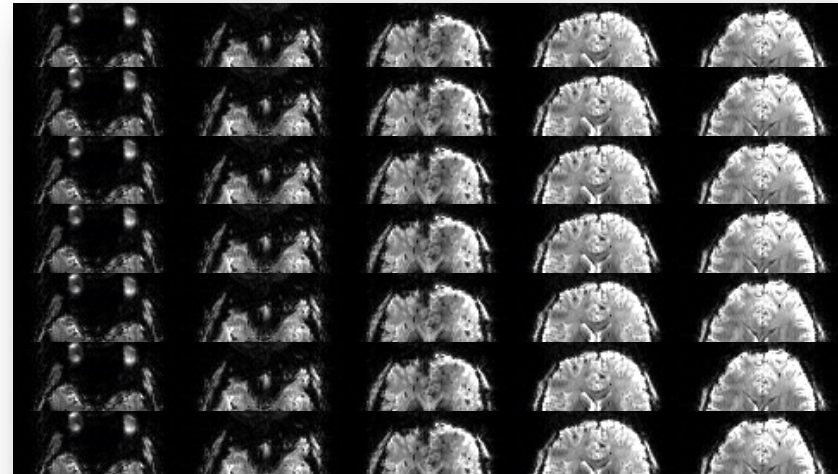
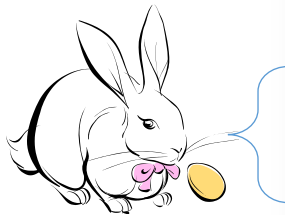
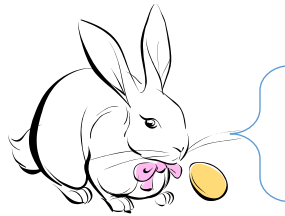
Meerdere contrast opties

- T1 myeline
- T2(*) ijzer
- QSM ijzer/myeline
- MRA bloed – snel
- Perfusie bloed – langzaam



Functionele MRI

- Bloed bevat hemoglobine
- Hemoglobine zonder zuurstof verstoort het magnetisch veld
- Meer activiteit => meer bloed => meer signaal



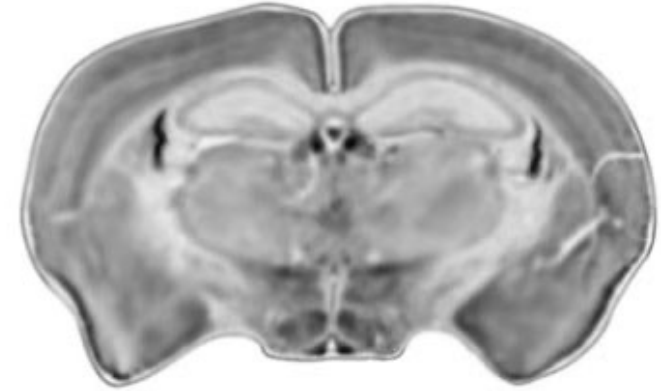
Zuurstof in bloed

Zuurstofrijk bloed

- Diamagnetisch
- vervormd het magnetisch veld niet
- Geen signaal verlies

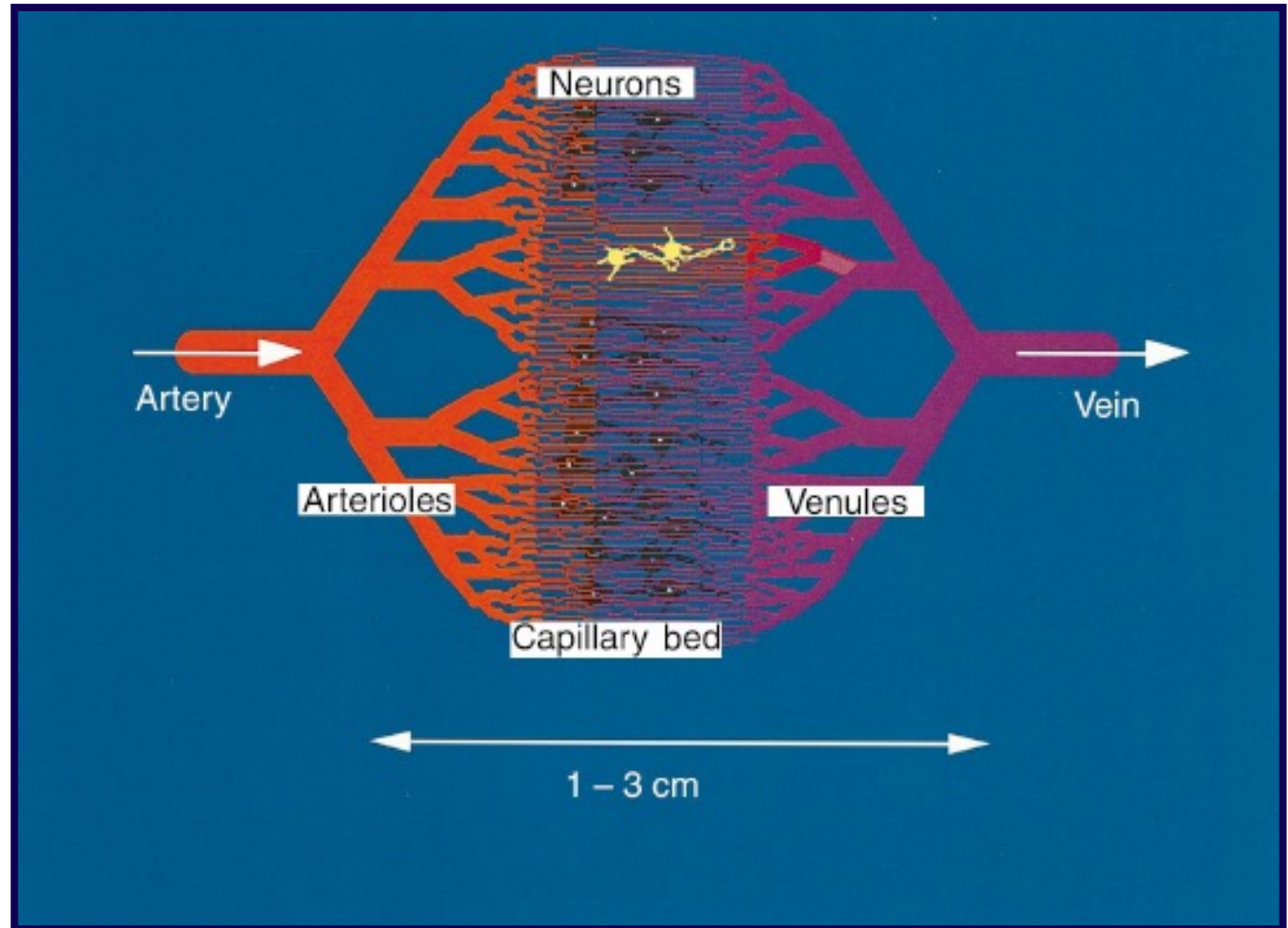


Rat hersenen, puur O_2

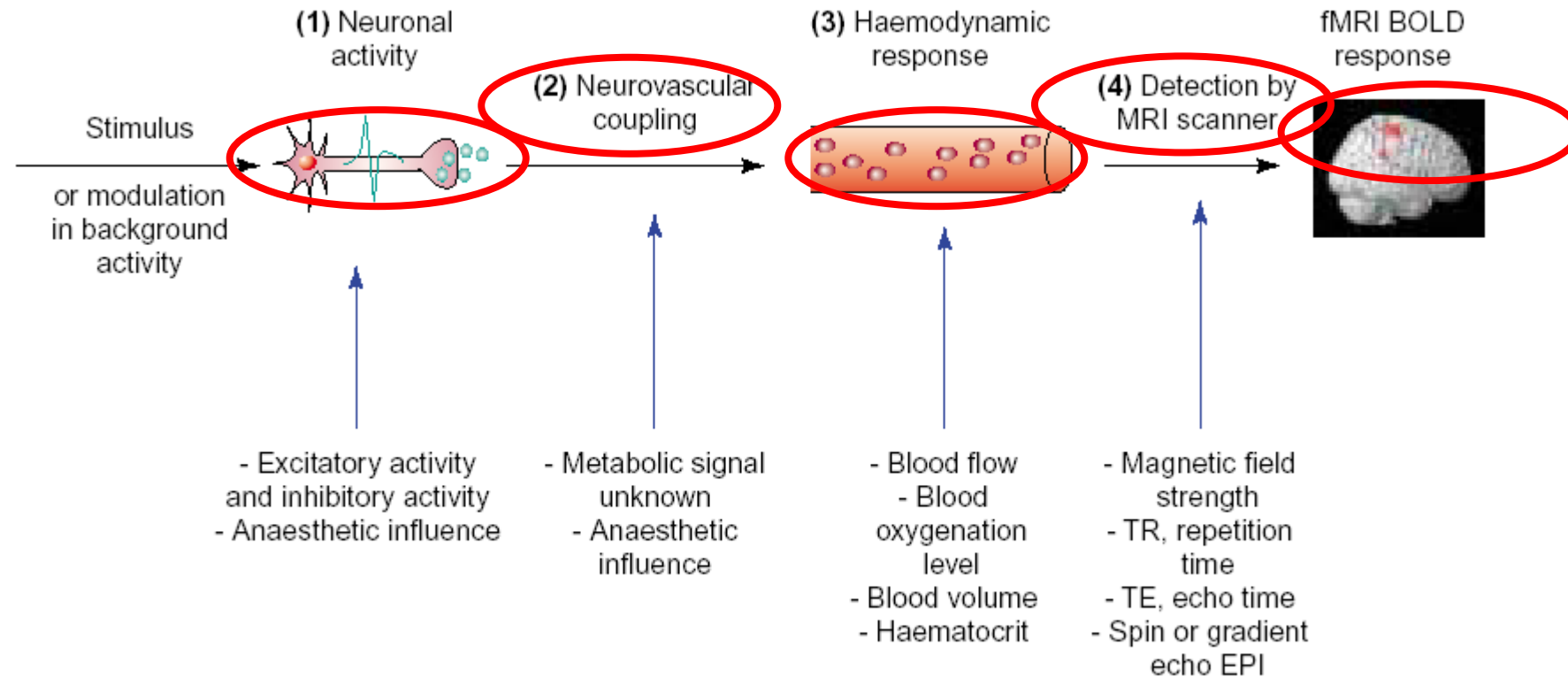


Vaatstructuur

- Activiteit in de neurons
- Veranderingen stroomafwaarts



van stimulus tot BOLD signaal



TRENDS in Neurosciences

Ultra hoog veld (UHF)

- Systeem onderdelen
 - Statisch magnetisch veld (B_0)
 - Gradient velden
 - Radiofrequente pulsen
- Veelvoorkomende veld sterktes
 - 1.5T
 - 3T
 - 7T
 - 9.4T
 - 10.5T



Effecten van veld sterkte in MRI (7T vs 3T)

Waarom is B_0 belangrijk?

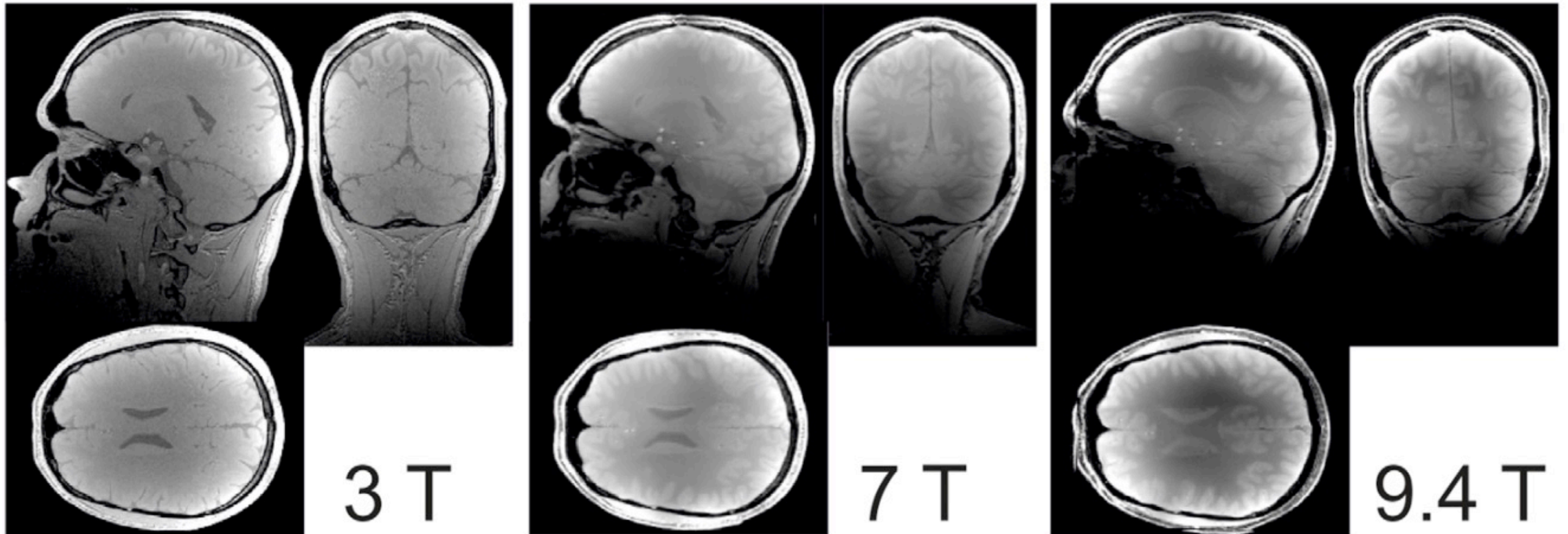
• Voordelen

- Hogere SNR, $SNR \approx B_0^{1-1.5}$
- Meer susceptibiliteit contrast
- Langere T_1 (T_1 contrast en perfusie)
- Meer T_2 contrast
- Meer T_2^* /BOLD contrast

• Uitdagingen

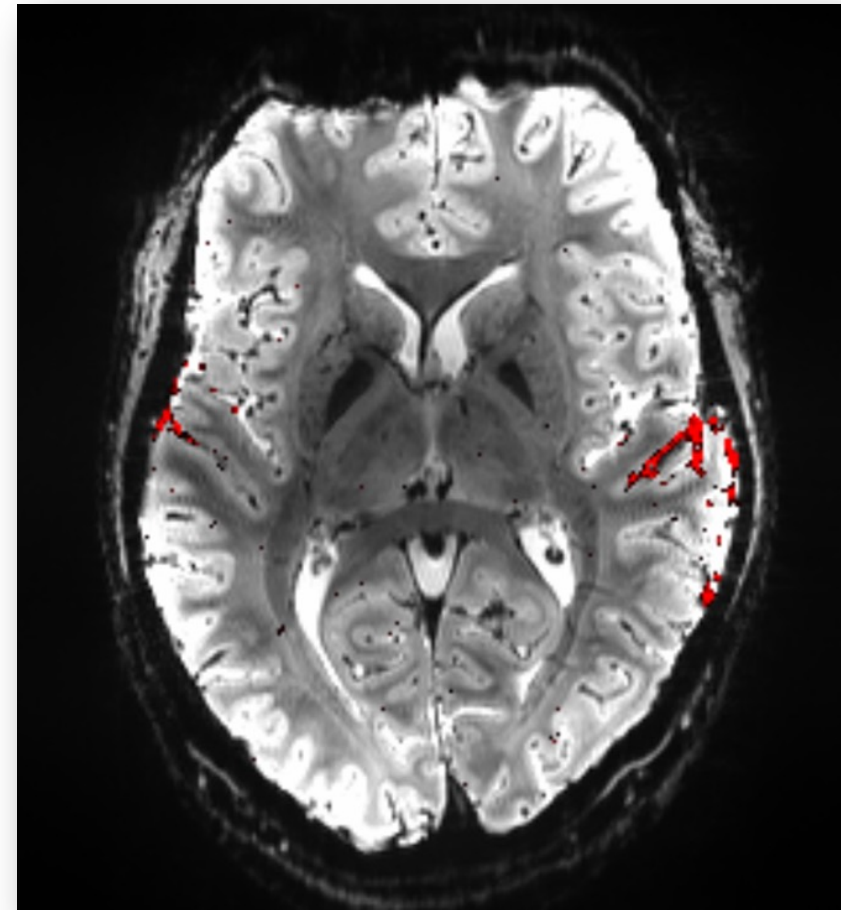
- Meer beeld vervormingen
- Langere T_1 (langzamer scannen)
- B_1 inhomogeniteit, hogere SAR
- Kortere T_2 (signaal verdwijnt)
- Kortere T_2^* (signaal verdwijnt)

Signaal Ruis Verhouding (SNR)

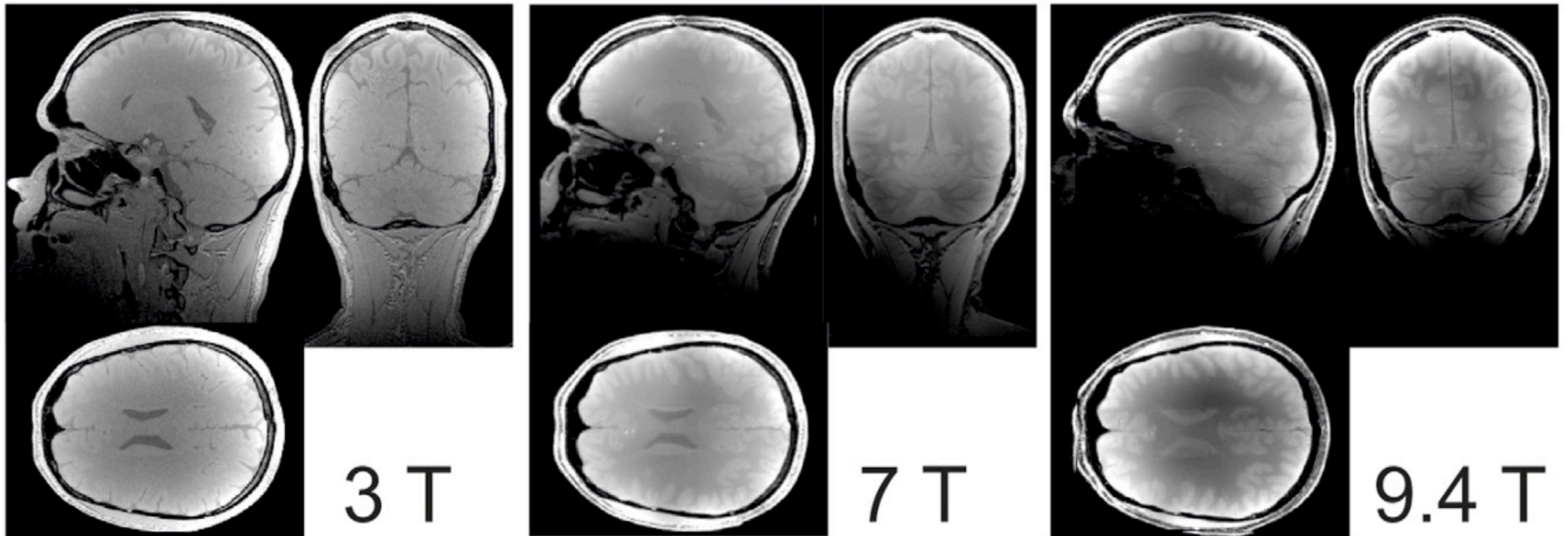


Meer SNR

- SNR neemt toe met B_0
- Inruilen voor hogere spatiele resolutie
- Submillimeter functionele MRI
- Kortere scantijden

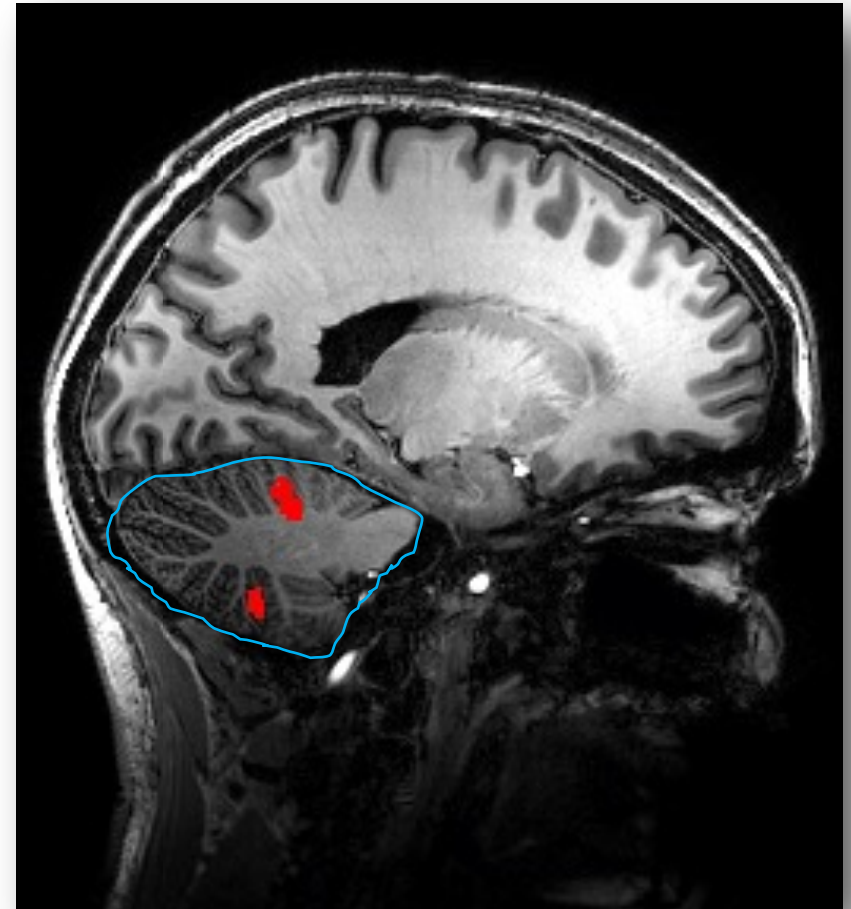
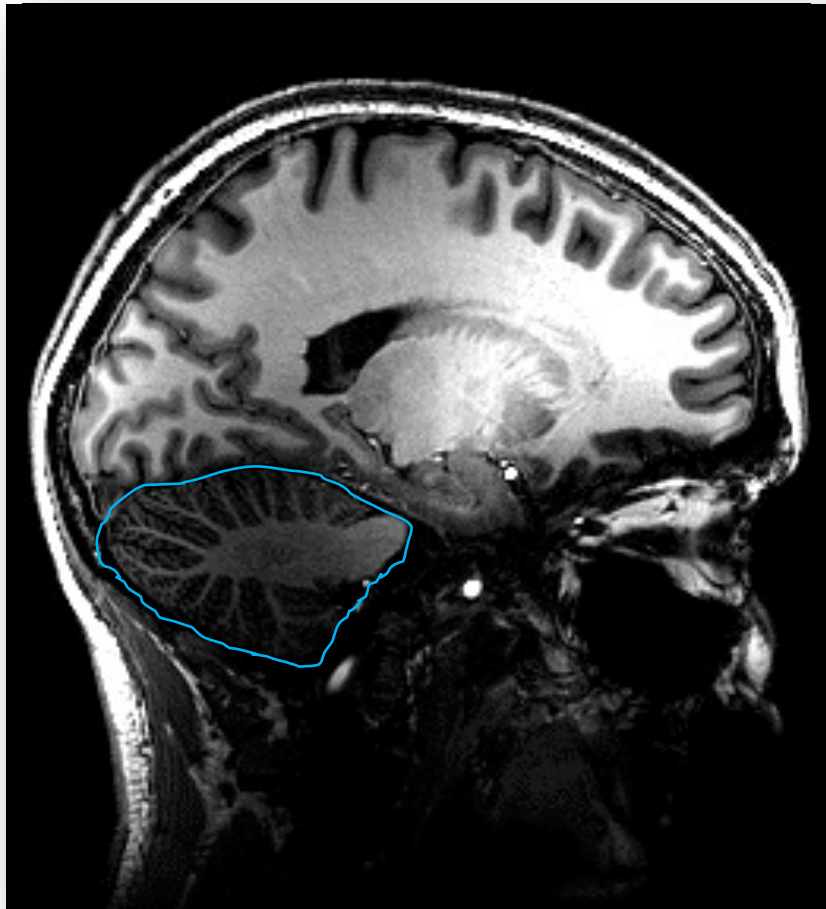


B₁ inhomogeniteit



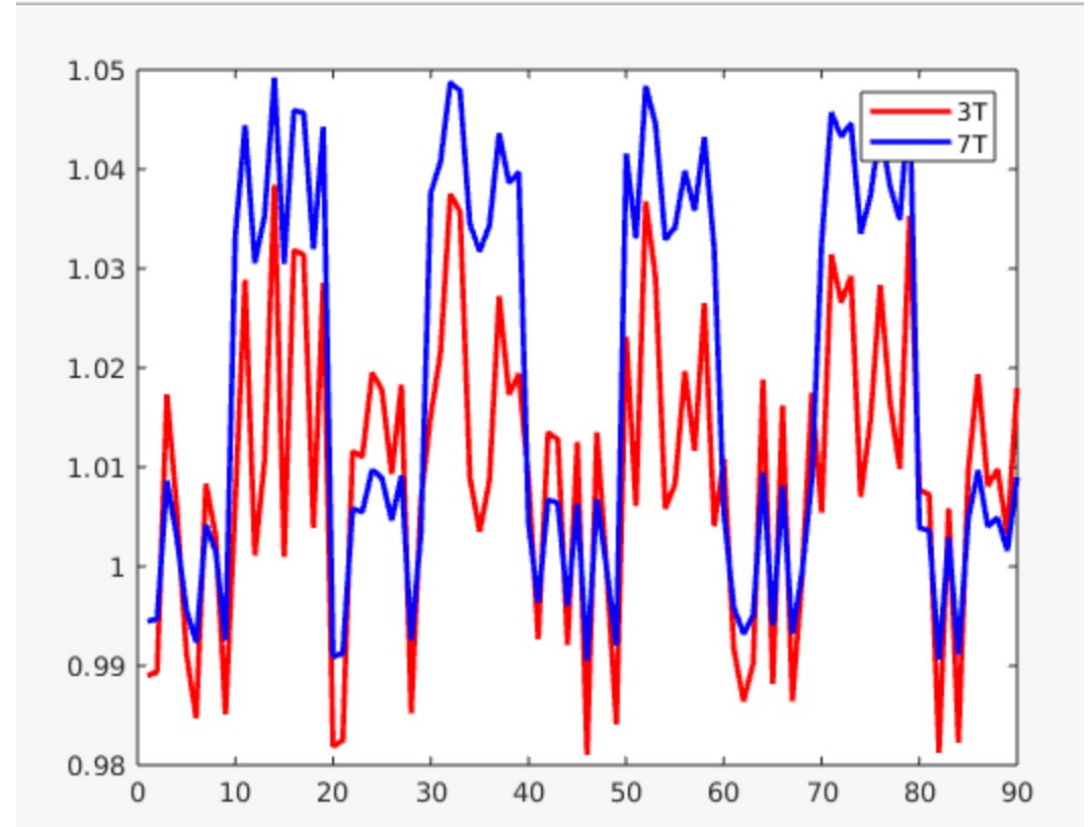
B₁ inhomogeniteit

8-kanaal transmit systeem



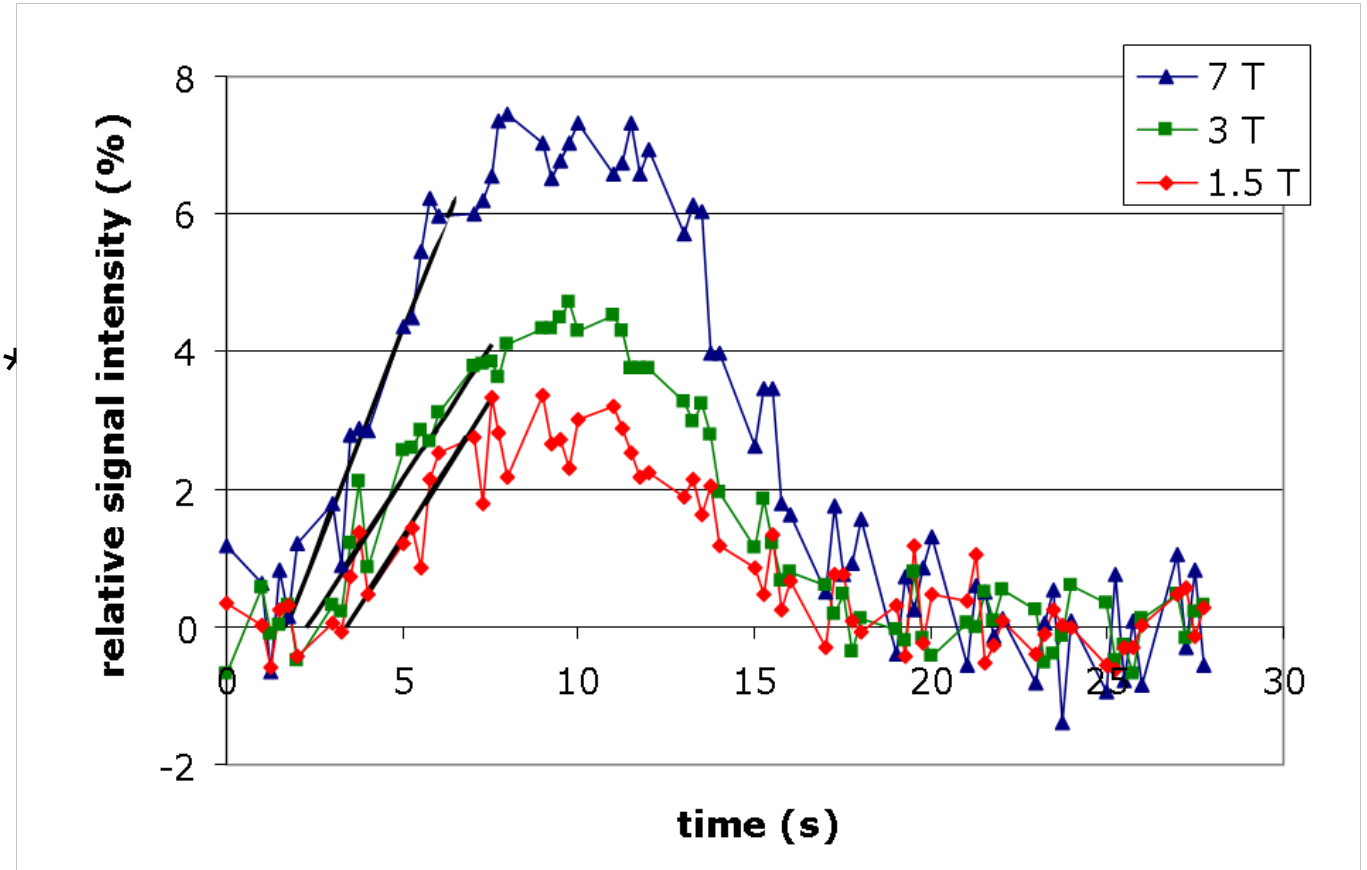
Hoger BOLD signaal + meer SNR

- Tijdserie SNR is beter
- BOLD signaal detectie wordt beter



Hoger BOLD signaal

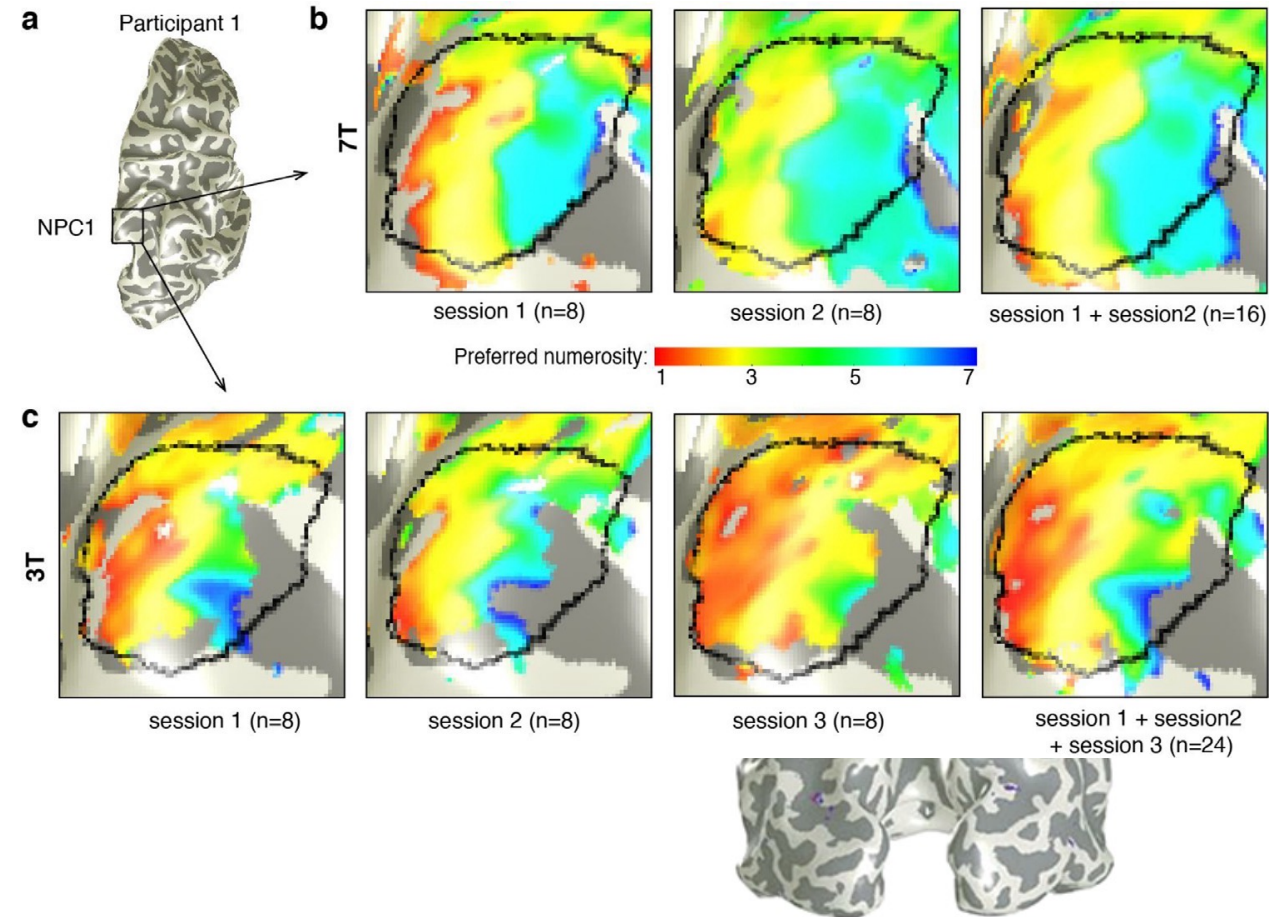
- Motor taak, 1.5T / 3T / 7T
- Zelfde personen
- Zelfde hersengebied
- Zelfde contrast weging: $TE \approx T2^*$



Hoger BOLD signaal

'Hoeveelheden' kaarten - numerosity

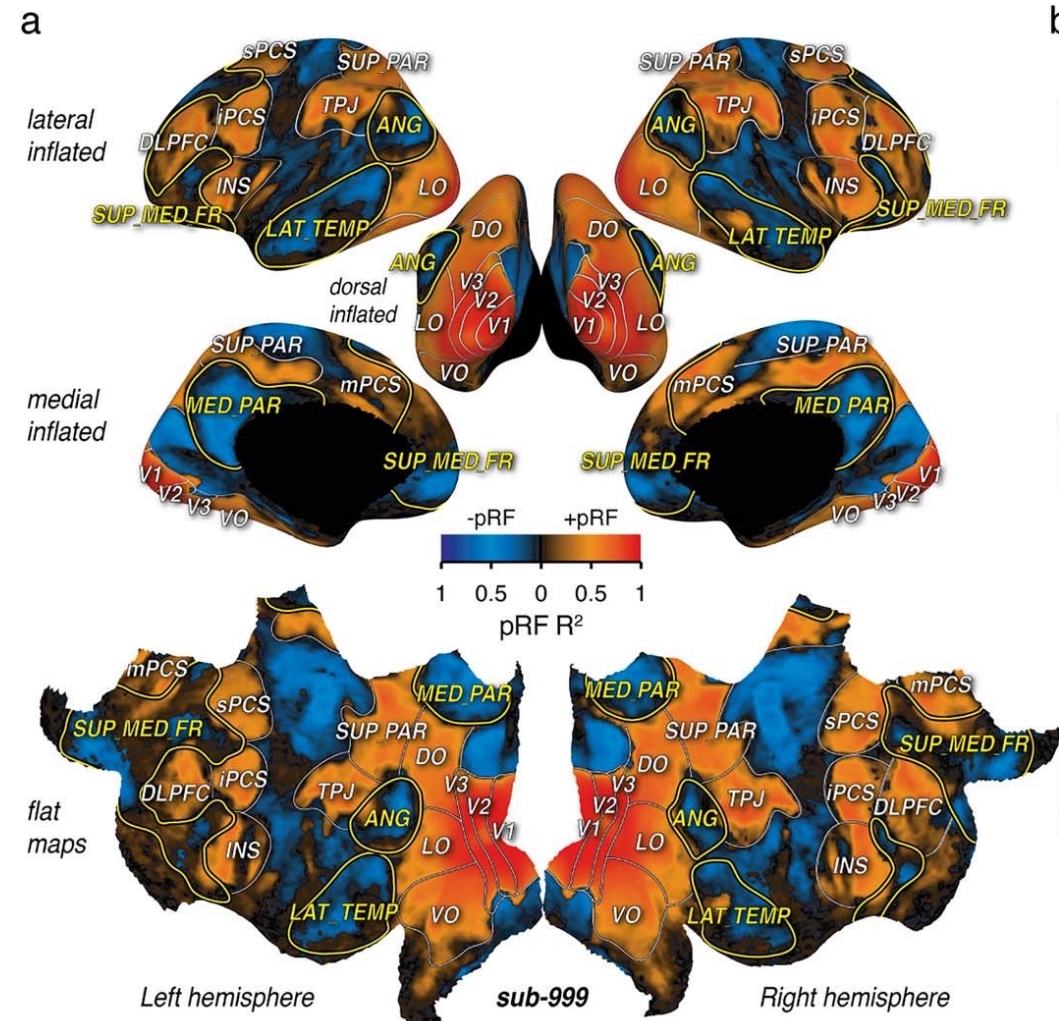
- Subtiële activiteit is moeilijker in kaart te brengen
- Waarnemen van hoeveelheden is belangrijk voor dagelijks leven
- 7T numerosity kaarten zijn al eerder (2013) gepubliceerd
- Met een 3T hoeveelheden kaarten maken kan ook, maar duurt 4-5 keer langer



Hersenfunctie kaarten met UHF-MRI

Retinotopie

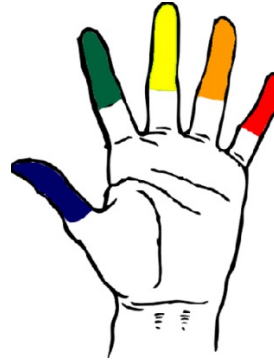
- Kaarten van visuele ruimte in het brein
- Meestal in de occipitaal kwab
- Op 7T zien we die kaarten zich uitstrekken over de hele cortex



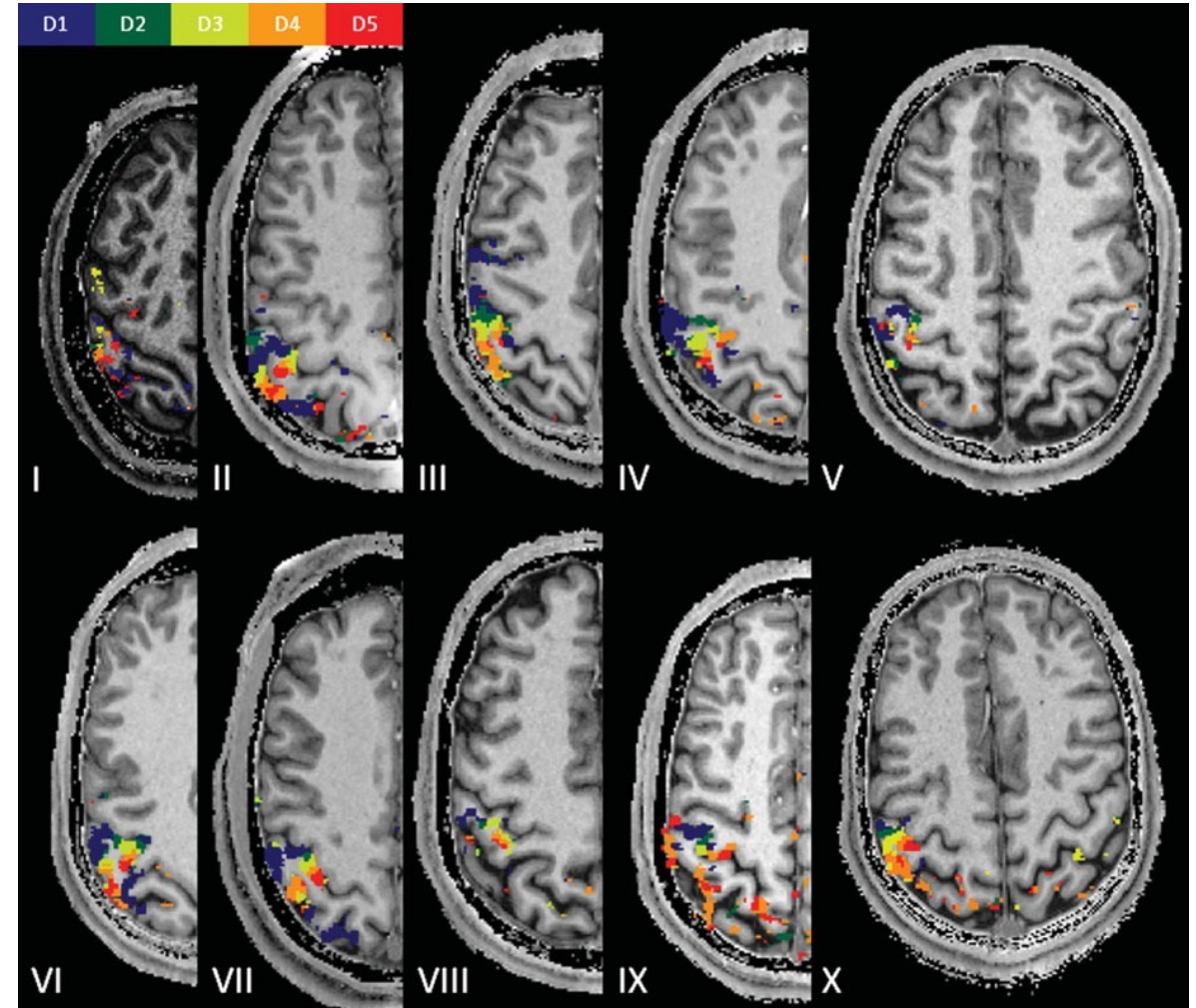
Somatotopie

Homunculus mapping

- 'Mannetje' in het brein
- Al onze output is motor
- Lichaamskaart
 - Motor gebieden
 - Sensoriele gebieden
- 1.3mm isotroop om vingergebieden te scheiden



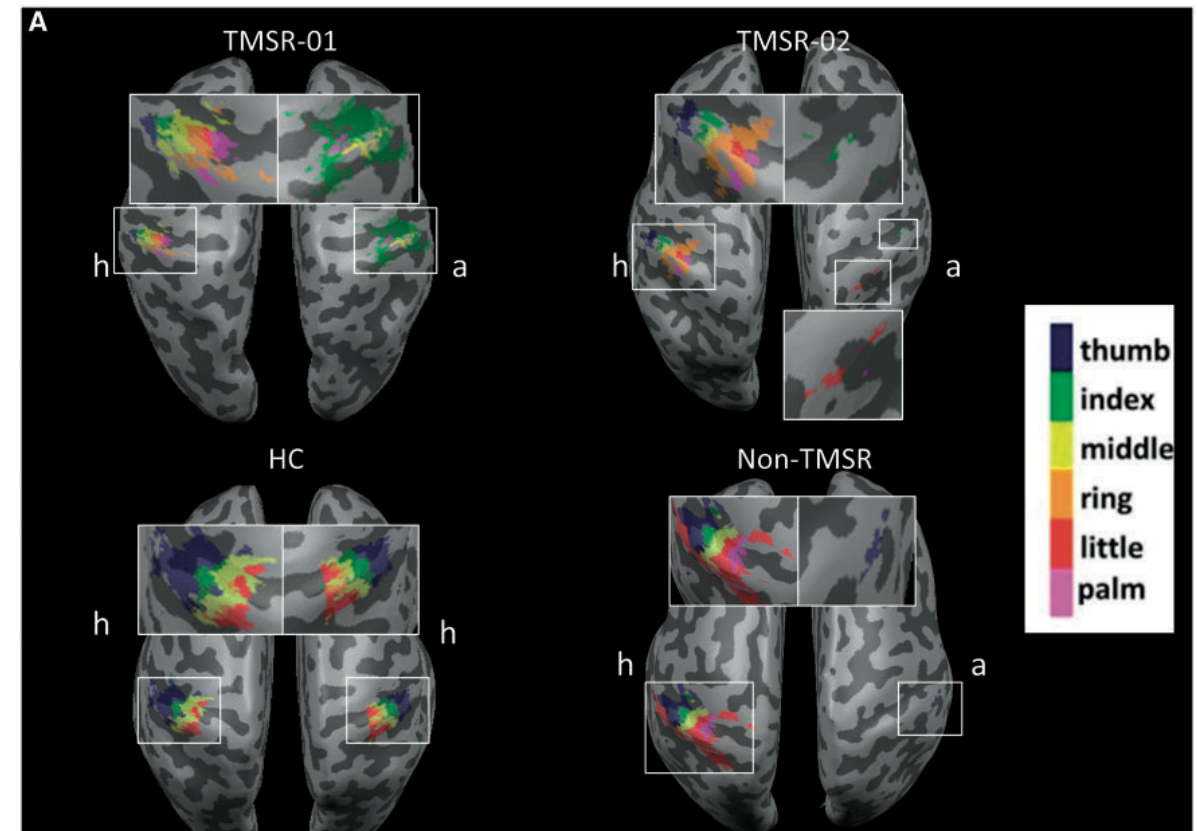
Vervolg, gebruik in tactiele illusie



Klinische toepassing

Verlies van een ledemaat

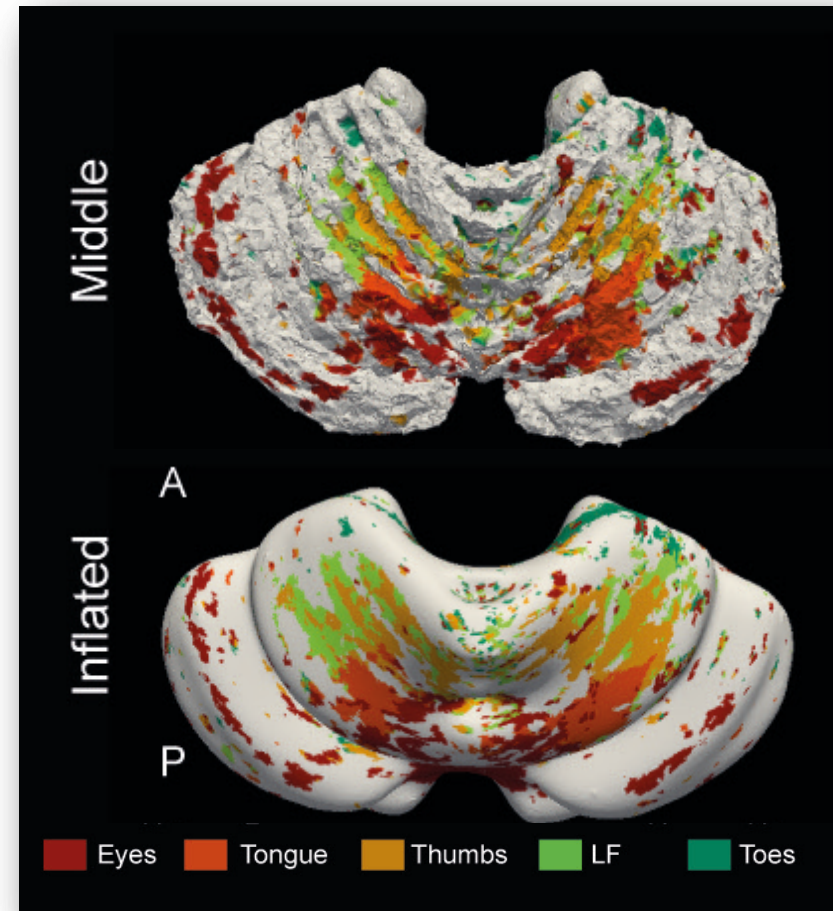
- Somatotope kaarten
- Verlies van inkomende signalen betekent niet dat de kaarten in de hersenen verloren gaan.



Somatotopie kleine hersenen

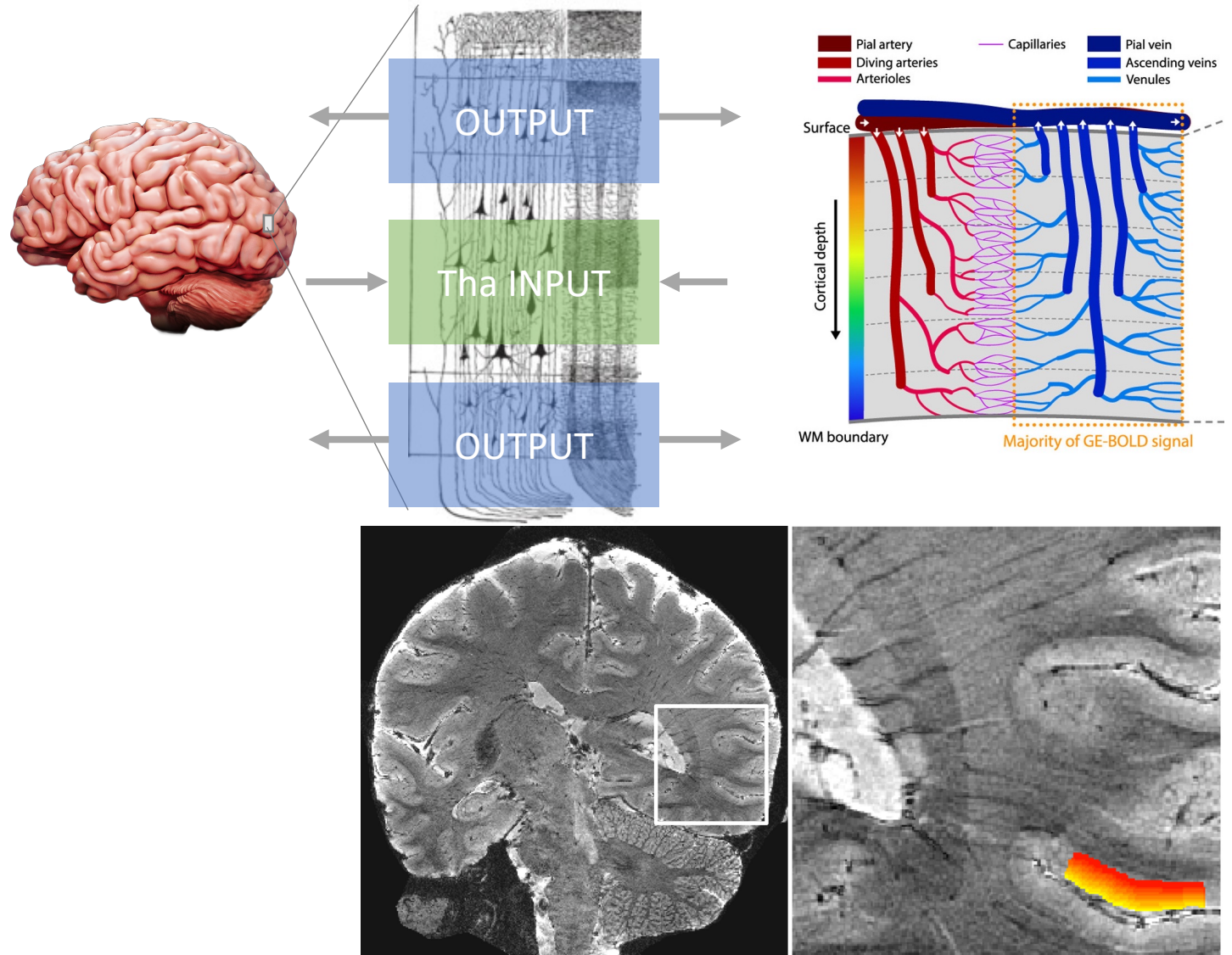
Cerebellaire kaarten

- Ook in de kleine hersenen; vinger gebieden te zien met 7T
- Completere lichaams kaarten volgen dezelfde lijn



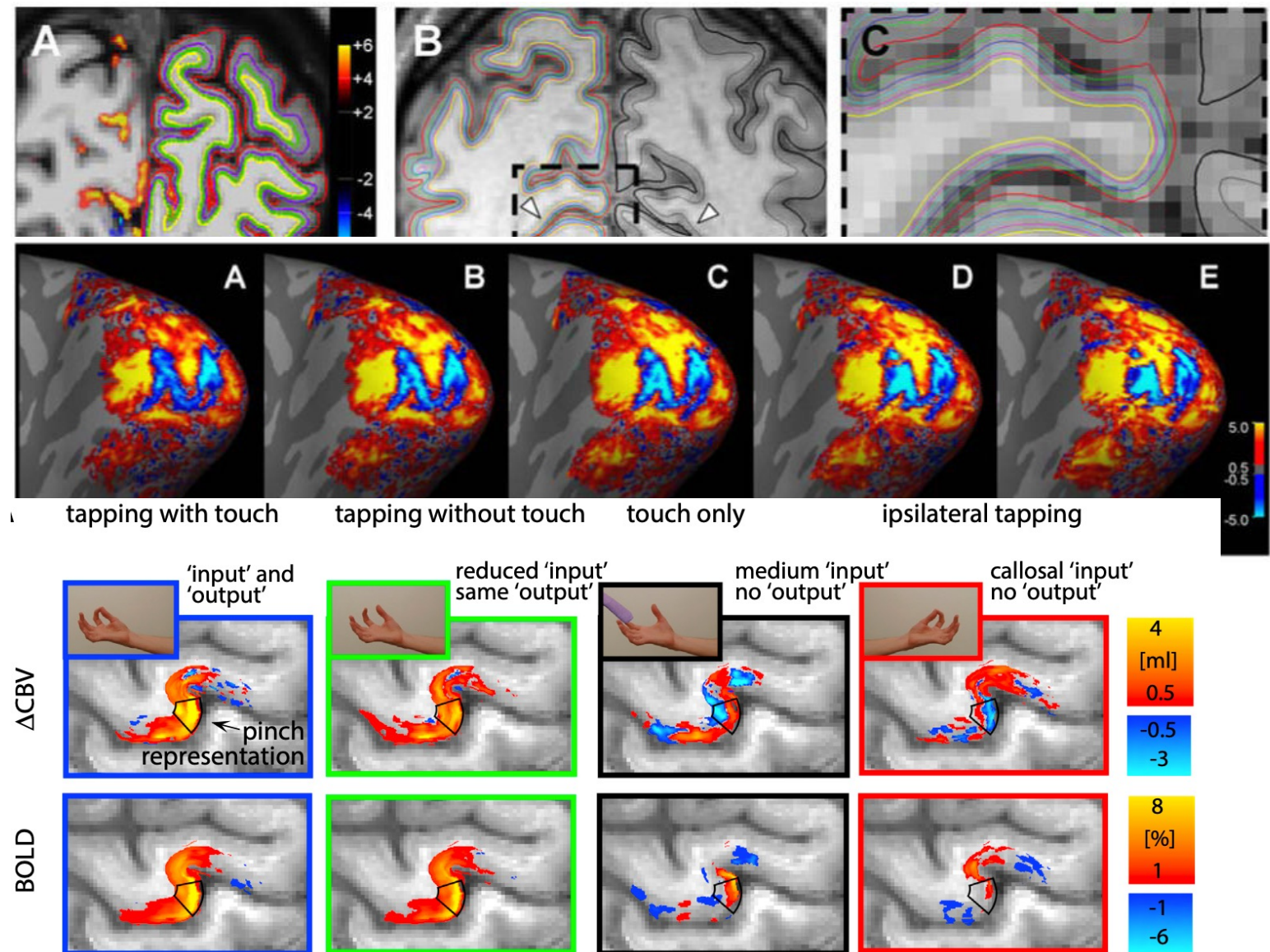
Hoog resolutie: mesoschaal

- The functionele 'eenheden' van het brein zijn de kolommen en lagen binnen de grijze stof
- Cortex is 2-4 mm dik;
- Submillimeter resolutie nodig
- Bloed toevoer/afvoer helpt niet mee



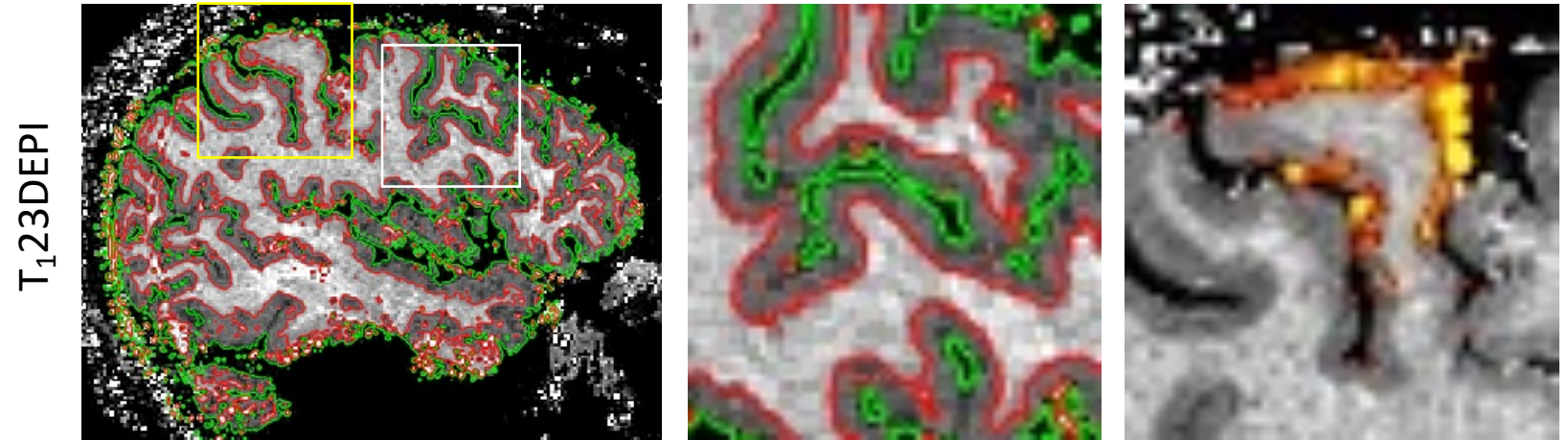
Functie van lagen in het humane brein

- 0.8 mm resolutie, interpolatie
- Input-output verschillen



MRI methoden

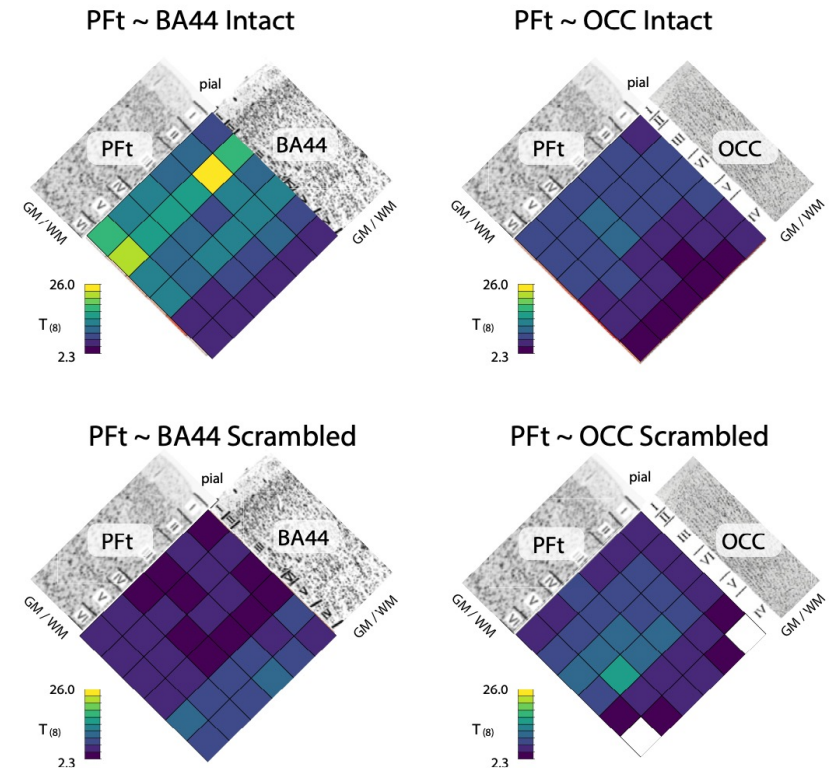
- Goed aansluiten van functionele (vervormde) beelden bij anatomisch correct gedefinieerde lagen
- T123DEPI



Input / output patronen

Observatie van acties

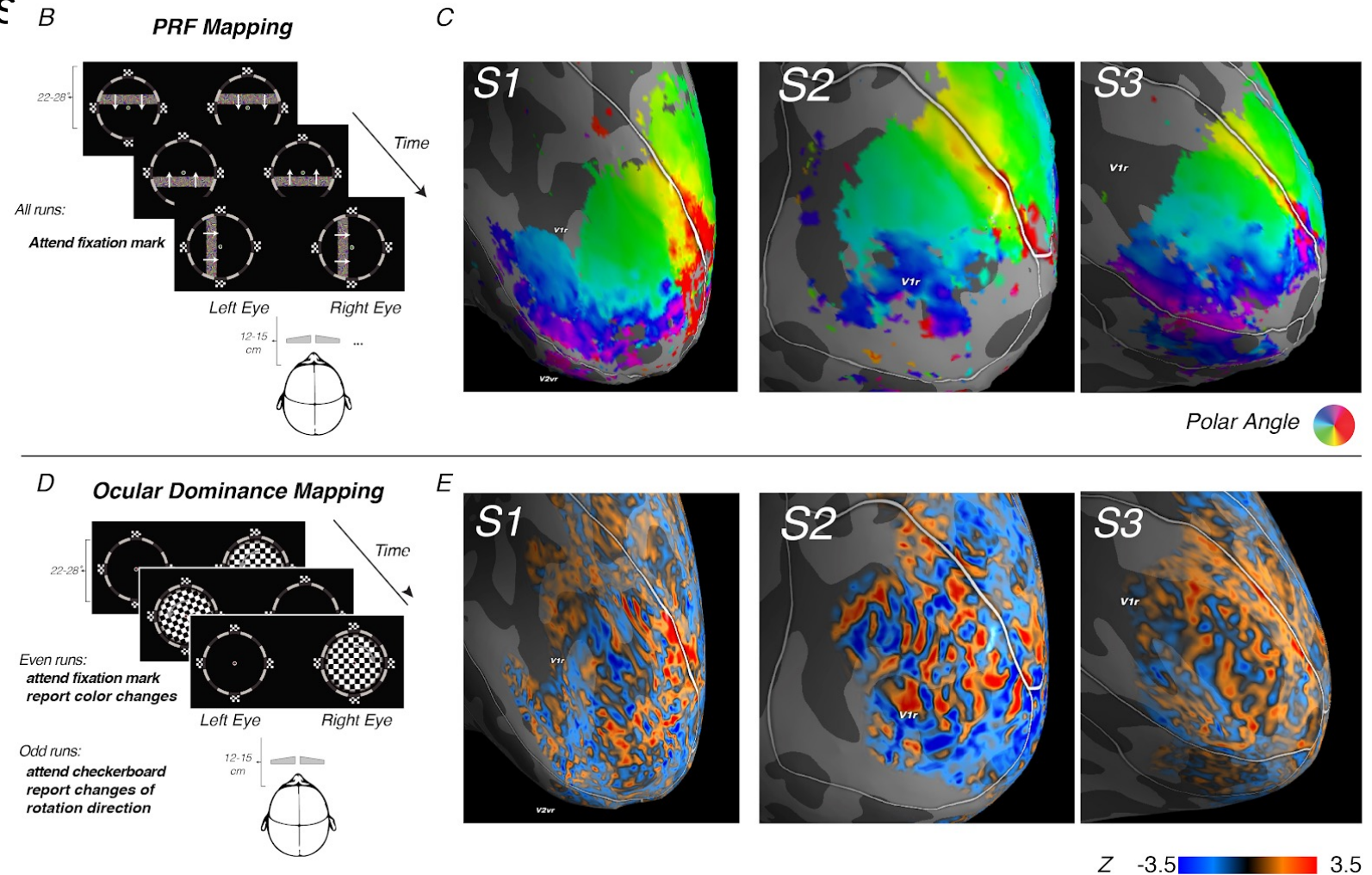
- Intact vs scrambled filmpjes
 - Intact: motor sequentie, camera switch
 - Scrambled: motor sequentie, random
- Parietale ROI:
 - Scrambled; meer feed-forward / visual connectivity
 - Intact; meer feedback / premotor, BA44 connectivity



Zeer kleine structuren - kolommen

Ocular dominance columns

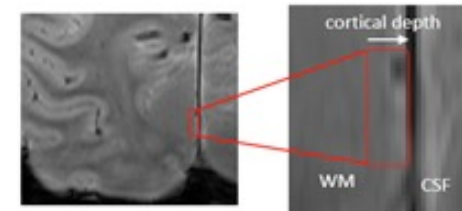
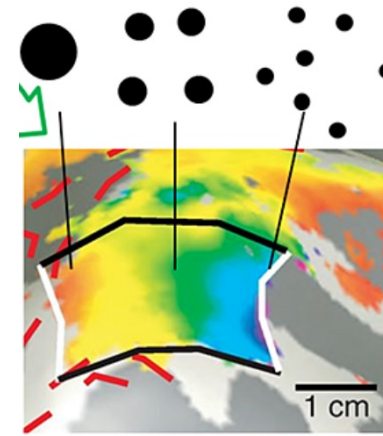
- ~250 μ m diameter in visuele cortex
- Processing per kolom (oog) en laag (input/output)
- Een taak kan aandacht/feedback verleggen bij constante input



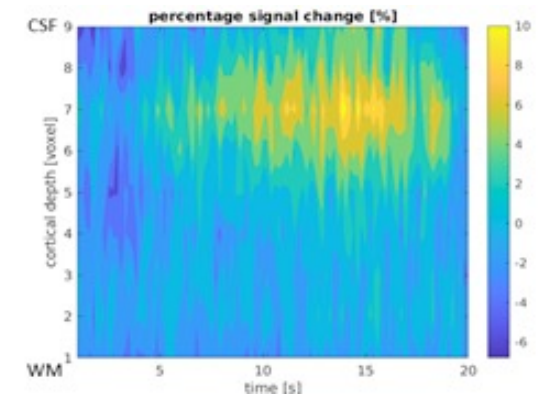
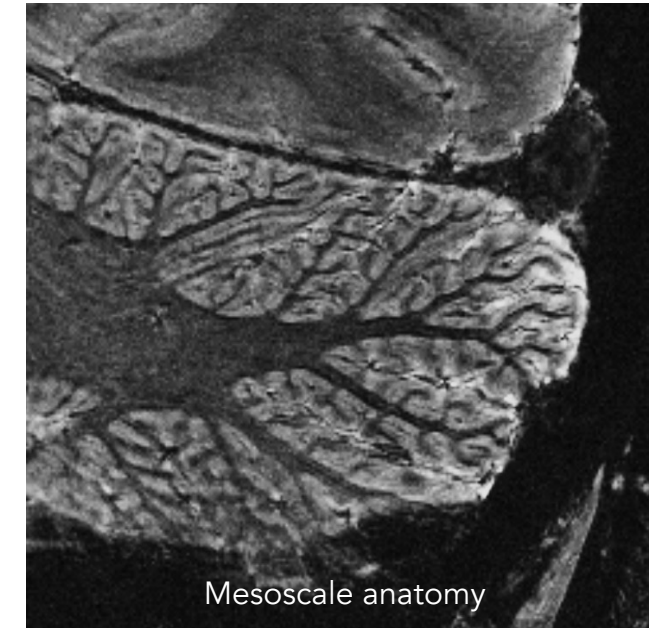
7T in de neurowetenschappen

een wereld van verschil

- Veel hogere resolutie
 - Functioneel en structureel
- Mogelijkheid voor het bestuderen van 'subtiele' activatie



Subsecond, submillimeter linescan



Thank you!

- Nikos Priovoulos
- José Marques
- Wietske
Zuiderbaan
- Pilou Bazin
- Roberto Martuzzi
- Icaro Oliveira
- Matthan Caan
- Emma Brouwer
- Tomas Knapen
- Luisa Raimondo
- Daan van Es
- Yohan Boillat

