

6. Ergebnisse

In der vorgestellten Arbeit konnte durch die visuelle Präsentation des neu entwickelten Tunnel-Paradigmas der Eindruck von Eigenbewegung im Raum vermittelt werden. Die Verarbeitung des Paradigmas führte bei den untersuchten Probanden zu signifikanten Aktivierungen von zwei Hirnarealen. Im Folgenden werden die erhaltenen Aktivierungsmuster des frontalen und posterioren parietalen Kortex bei den 19 ausgewerteten Probanden gezeigt.

6.1. Aktivierungen des frontalen Kortex

Es wurden 19 funktionelle Datensätze ausgewertet. Bei 17 Probanden konnte ein signifikantes Aktivierungsareal mit Korrelationskoeffizienten zwischen $r > 0,6$ und $r > 0,8$ (siehe Farbskala Abbildung 11) im Bereich des frontalen Kortex bestimmt werden.

Die Aktivierung wurde anhand des Atlas von Damasio (Abbildungen 12a und 12b) anatomisch dem Gyrus frontalis medialis (MFG) zugeordnet. Der Gyrus frontalis medialis befindet sich auf der lateralen Oberfläche des frontalen Kortex. Er liegt rostral des Gyrus praecentralis und wird funktionell dem prämotorischen Kortex zugeordnet. Die posteriore Grenze bildet der Sulcus praecentralis.

Die Aktivierungsareale zeigten eine unterschiedliche große Ausdehnung über die vier untersuchten Schichten, deren Schichtorientierung in der Abbildung 6 dargestellt wird. Die Aktivierungen grenzten zum Teil dorsal bis an den Sulcus praecentralis und medial bis an den Sulcus frontalis superior.

Bei der Auswertung zeigte sich keine Bevorzugung einer Großhirnhemisphäre. So konnte bei 16 Versuchspersonen eine signifikante bilaterale Aktivierung nachgewiesen werden. Bei einem Probanden (Rechtshänder) wurde nur eine rechtshemisphärische Aktivierung dargestellt. Bei keinem Probanden kam es zu einer alleinigen Aktivierung der linken Hemisphäre. In Tabelle 1 wird die Ausdehnung der Aktivierungsareale des frontalen Kortex über die vier untersuchten Schichten der jeweiligen Hemisphäre veranschaulicht.

FRONTAL	Links	Rechts	Bilateral
1. Schicht	7	10	7
2. Schicht	13	13	10
3. Schicht	12	15	11
4. Schicht	13	10	8

Tabelle 1: Ausdehnung der frontalen Aktivierungen

Die funktionellen Bilder sollten ermöglichen, die frontale Aktivierung in Bezug zur Lage des Sulcus centralis zu setzen. Bei allen Probanden wurde daher die Lage des neu bestimmten frontalen Aktivierungsareals genutzt, um anhand der anatomischen Abfolge der Gyri und Sulci den Sulcus centralis zu lokalisieren. In der Abbildung 13a und 13b wird beziehungsweise auf den Atlas von Damasio exemplarisch dargestellt, wie die anatomische Zuordnung des Sulcus centralis anhand der funktionellen Bilder erfolgte. Zunächst wurde das frontale Aktivierungsareal dem Gyrus frontalis medialis zugeordnet. Der an das Areal dorsal angrenzende Sulcus ist der Sulcus praecentralis. An diesen angrenzend befindet sich der Gyrus praecentralis. Darauf folgt der Sulcus centralis, der in der Abbildung 13a und 13b mit SC als Sulcus centralis blau markiert ist.

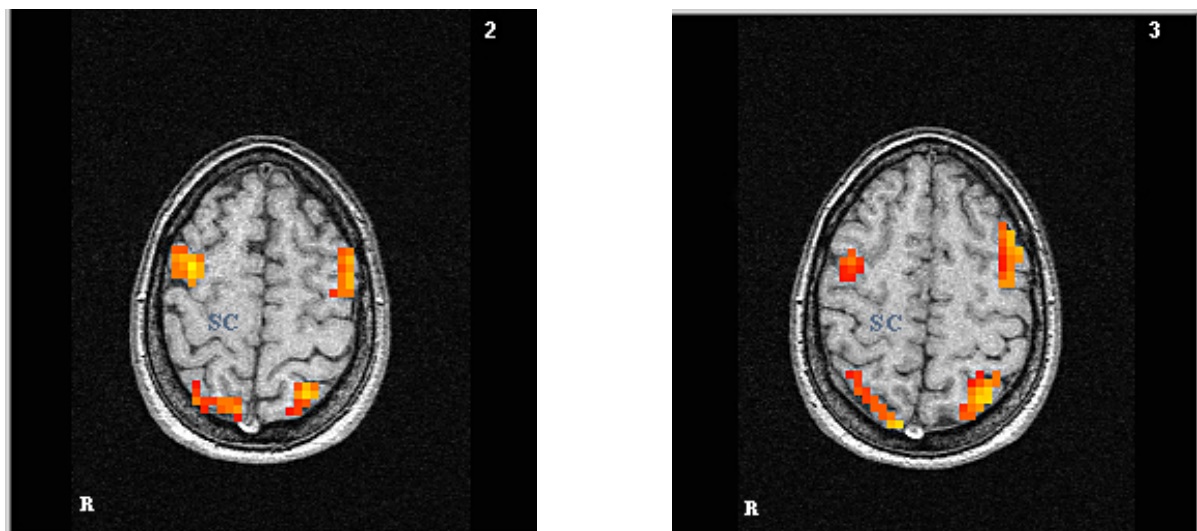


Abbildung 13a und 13b: Frontale Aktivierungen (Proband 7)

Für die Abbildungen gilt, dass die rechte Seite des Bildes die rechte Hemisphäre darstellt.

Bei allen 17 Probanden gelang die Zuordnung des Sulcus centralis anhand der neubestimmten, frontal gelegenen Aktivierungsareale. Ergänzend wurde die motorische Zentralregion durch morphologischen Kriterien auf den anatomischen T1-gewichteten Spinechosequenzen bestimmt. Damit konnte die Eignung der funktionellen Bilder zur Identifikation der Zentralregion gezeigt werden.

6.2. Aktivierungen des parietalen Kortex

Im Bereich des parietalen Kortex konnte bei allen Probanden ein signifikantes Aktivierungsareal mit Korrelationskoeffizienten zwischen $r > 0,6$ und $r > 0,8$ (siehe Farbskala Abbildung 11) gezeigt werden. Diese Aktivierung konnte dem Lobulus parietalis superior (SPL) zugeordnet werden. Der Lobulus parietalis superior grenzt an den posterioren Anteil des Gyrus postcentralis und breitet sich posterior bis zum Sulcus parieto-occipitalis aus. Er reicht medial bis zur Medianlinie. Die anatomische Zuordnung erfolgte anhand des Atlas von Damasio, wie im Kapitel 5.9.2. beschrieben und in den Abbildungen 12a und 12b dargestellt wird.

Bei der Verteilung der Aktivierungen konnte keine Bevorzugung einer Großhirnhemisphäre festgestellt werden. So ließ sich das signifikante Aktivierungsareal bei 18 Probanden bilateral über mindestens eine der vier untersuchten Schichten ausgedehnt darstellen. Bei einem Probanden zeigte sich eine unilaterale Aktivierung rechtshemisphärisch. Bei keinem Probanden kam es zu einer einseitigen linkshemisphärischen Aktivierung.

Die Anzahl der einzelnen Aktivierungen des Lobulus parietalis superior, die bei den 19 Probanden über die vier untersuchten Schichten gezeigt werden konnten, werden in Tabelle 2 zusammengefasst.

PARIETAL	Links	Rechts	Bilateral
1. Schicht	9	10	6
2. Schicht	16	17	14
3. Schicht	17	19	17
4. Schicht	15	16	13

Tabelle 2: Ausdehnung der parietalen Aktivierungen

Als zweite Bedingung konnte bei der Auswertung der funktionellen Bilder die Aktivierung des Lobulus parietalis superior genutzt werden, um die Lokalisation des Sulcus centralis zu

bestimmen. In Abbildungen 14a und 14b wird exemplarisch anhand von zwei Schichten veranschaulicht, wie die anatomische Zuordnung der einzelnen Gyri und Sulci anhand der funktionellen Bilder erfolgte. Der rostral an das Aktivierungsareal angrenzende Gyri wurde als Gyrus postcentralis erkannt. Der an den Gyrus postcentralis rostral angrenzende Sulcus wurde als Sulcus centralis identifiziert (in den Abbildungen 14a und 14b als SC blau markiert).

Die Bestimmung des Sulcus centralis gelang bei allen 19 Probanden anhand der im posterioren parietalen Kortex gelegenen Aktivierungsareale.

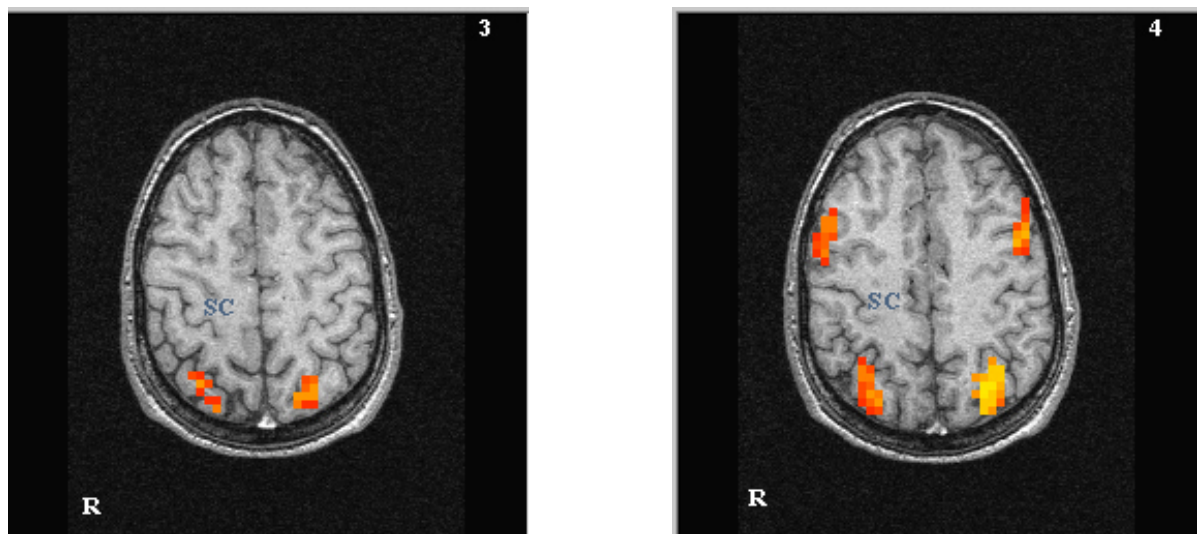


Abbildung 14a und 14b: Parietale Aktivierungen (Proband 5)

Für die Abbildungen gilt, dass die rechte Seite des Bildes die rechte Hemisphäre darstellt.

6.3. Individuelle Aktivierungsareale

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse von 16 Probanden exemplarisch dargestellt. Dabei wird die dreidimensionale Ausdehnung der Aktivierungen über die vier untersuchten Schichten abgebildet und tabellarisch zusammengefasst. Die Aktivierungsareale werden anhand ihrer Ausbreitung und der jeweiligen Korrelationskoeffizienten, deren Werte durch die Farbskala (Abbildung 11) auf den einzelnen Abbildungen veranschaulicht sind, beschrieben.

Aktivierungsareale mit einer großflächigen Ausdehnung bzw. Korrelationskoeffizienten von $r > 0,70$ bis $r > 0,80$ wurden in dieser Arbeit als ausgeprägt (++) bewertet. Eine Ausdehnung wurde als großflächig bezeichnet, wenn auf einer Schicht mehr als 15 nebeneinander liegende Pixel aktiviert wurden, bei einer im Kapitel 5.2. festgelegten Pixelgröße von $4 \times 4 \text{ mm}^2$. Akti-

vierungsareale mit einer kleinflächigen Ausdehnung bzw. mit Korrelationskoeffizienten zwischen $r > 0,60$ und $r > 0,70$ wurden als weniger ausgeprägt (+) eingeschätzt. Dabei wurde eine Ausdehnung als kleinflächig bewertet, wenn auf einer Schicht weniger als 15 Pixel nebeneinander liegen. In der tabellarischen Auswertung erhielten die Areale, die keine Aktivierung zeigten, den Wert 0.

Für die Abbildungen der vier untersuchten Schichten gilt, dass die rechte Seite des Bildes die rechte Hemisphäre darstellt. Die tabellarische Auswertung der Aktiverungsareale bezieht sich auf die folgenden Abkürzungen: linker superior parietaler Lobulus = li SPL, rechter superior parietaler Lobulus = re SPL, linker Gyrus medialis frontalis = li MFG und rechter Gyrus medialis frontalis = re MFG.

Proband 1 (JN)

Der Proband 1 (JN) zeigte in der ersten Schicht großflächige Aktivierungen im Bereich des Lobulus parietalis superior bilateral, die sich über die kaudalen Schichten erstreckten. In der zweiten Schicht fand sich eine kleinflächige Aktivierung des medialen frontalen Gyrus rechts, die sich über die dritte Schicht erstreckte. In der dritten Schicht konnte zusätzlich eine Aktivierung des Gyrus frontalis medialis links nachgewiesen werden, die auch auf der vierten Schicht abgrenzbar war.

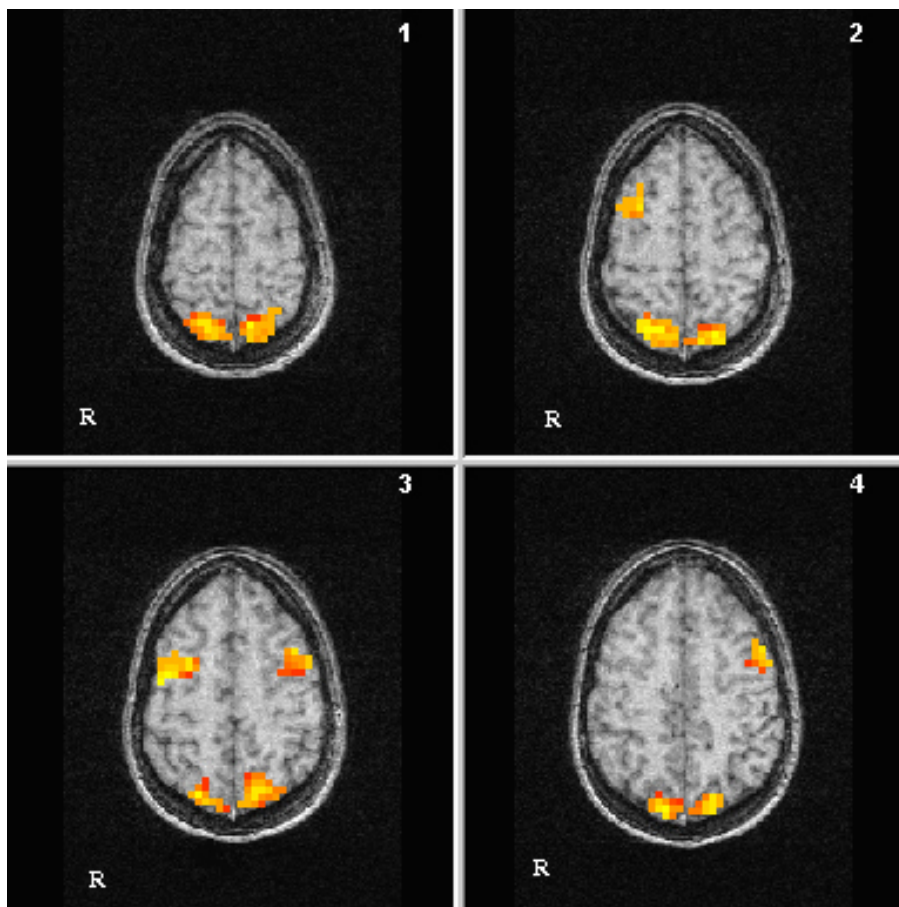


Abbildung 15: Proband 1 (JN)

1. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	++	++	O	O
2. Schicht	++	++	++	O
3. Schicht	++	++	++	++
4. Schicht	++	++	O	++

Proband 2 (HF)

Die Abbildung zeigt die Aktivierungen der 2. Versuchsperson (HF). In der ersten Schicht konnten kleinflächige Aktivierung mit hohen Korrelationskoeffizienten des superioren parietalen Lobulus bilateral dargestellt werden, die sich bis zu der sehr kaudal gelegenen dritten und vierten Schicht erstreckten. Eine großflächige Aktivierung des medialen frontalen Gyrus fand sich in der dritten Schicht rechts und in der vierten Schicht bilateral.

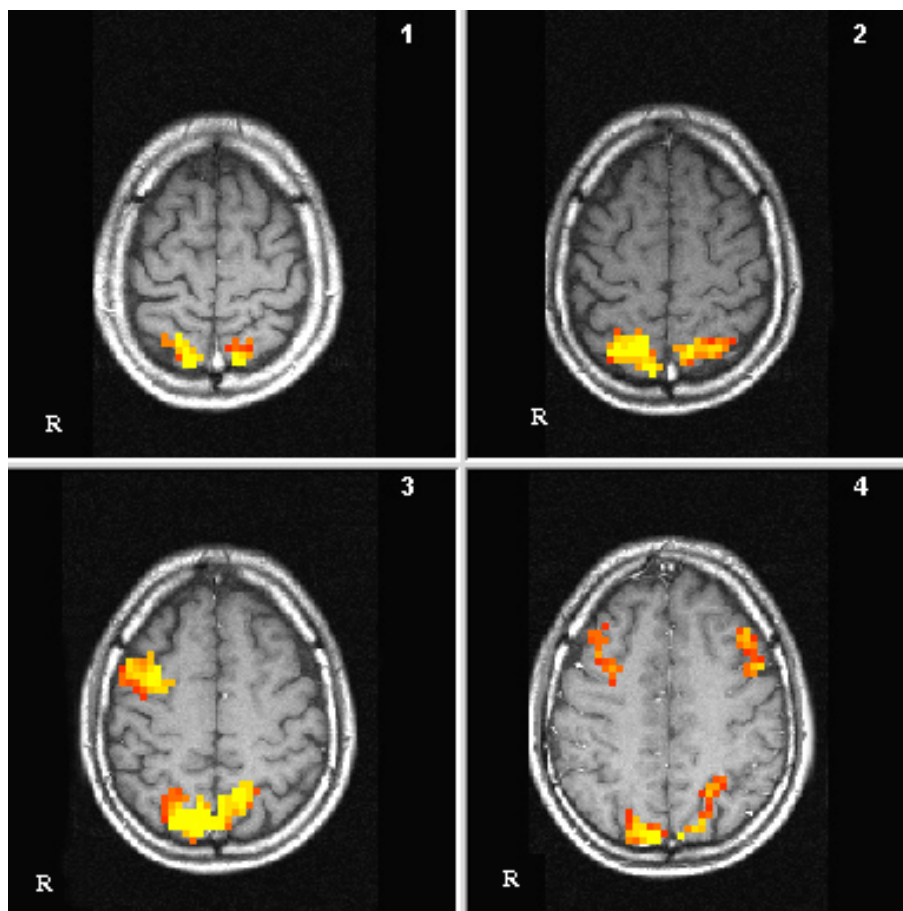


Abbildung 16: Proband 2 (HF)

2. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	++	++	O	O
2. Schicht	++	++	O	O
3. Schicht	++	++	++	O
4. Schicht	++	+	+	++

Proband 3 (AG)

Beim Proband 3 (AG) konnte in der ersten Schicht eine kleinflächige Aktivierung im medialen frontalen Gyrus beidseits gemessen werden, die sich über die weiter kaudal gelegenen Schichten ausdehnte. In der zweiten Schicht fand sich eine Aktivierung des superioren parietalen Lobulus links. Die dritte und vierte Schicht zeigten eine bilaterale Aktivierung des superioren parietalen Lobulus mit hohen Korrelationskoeffizienten linksseitig.

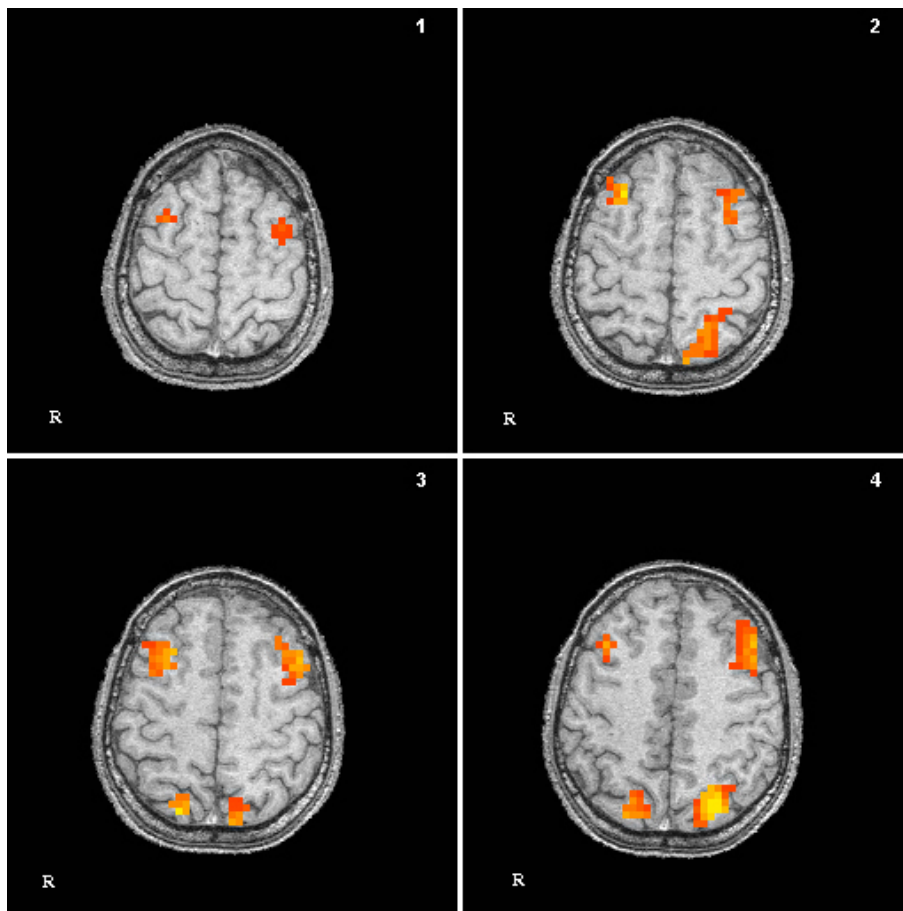


Abbildung 17: Proband 3 (AG)

3. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	O	O	+	+
2. Schicht	O	++	++	++
3. Schicht	++	+	++	++
4. Schicht	+	++	+	++

Proband 4 (MJ)

Die Abbildung zeigt die Ausdehnung der Aktivierungsareale der Versuchsperson 4 (MJ). Die erste Schicht stellte eine Aktivierung des medialen frontalen Gyrus bilateral und eine kleinflächige Aktivierung des superioren parietalen Lobulus links dar. Die Aktivierung des Gyrus medialis frontalis rechts erstreckte sich über die vier gemessenen Schichten, links reichte die Aktivierung über drei Schichten. In der zweiten Schicht liess sich eine bilaterale Aktivierung des Lobulus parietalis superior darstellen, die sich beidseits bis zur vierten Schicht ausdehnte.

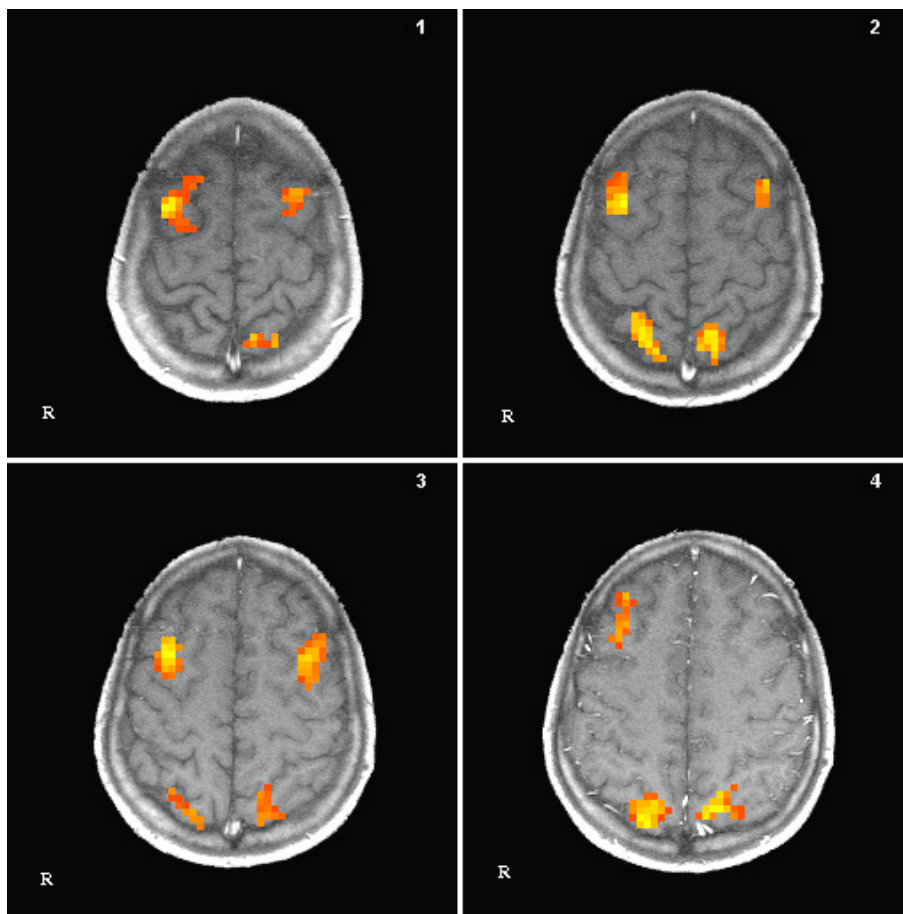


Abbildung 18: Proband 4 (MJ)

4. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	O	+	++	++
2. Schicht	++	++	++	+
3. Schicht	+	++	++	++
4. Schicht	++	++	++	O

Proband 5 (FD)

Beim Proband 5 (FD) konnte eine Aktivierung des Lobulus parietalis superior beidseits über alle vier Schichten gemessen werden. Zusätzlich wurde eine Aktivierung des medialen frontalen Gyrus rechts in der ersten Schicht und in der zweiten Schicht auf der linken Hemisphäre gezeigt. In der vierten Schicht wurde eine bilaterale Aktivierung des medialen frontalen Gyrus abgebildet.

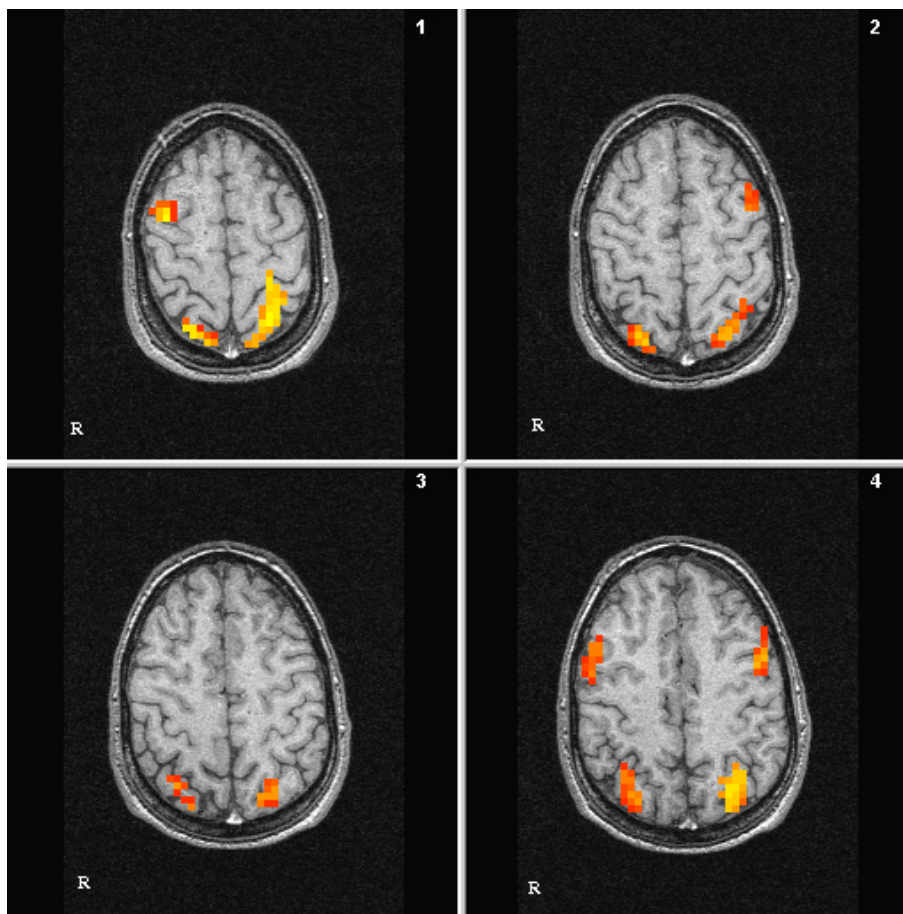


Abbildung 19: Proband 5 (FD)

5. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	++	++	++	O
2. Schicht	+	++	O	+
3. Schicht	+	+	O	O
4. Schicht	++	++	+	+

Proband 6 (KG)

Bei der Versuchsperson 6 (KG) wurden etwas mehr kaudal gelegene Schichten gemessen. Die erste Schicht stellte eine kleinflächige Aktivierung des superioren parietalen Lobulus rechts dar. In der zweiten Schicht konnte eine kleinflächige Aktivierung des medialen frontalen Gyrius bilateral nachgewiesen werden, die sich rechts bis zur vierten Schicht ausdehnte und links bis zur dritten Schicht reichte. In den kaudal gelegenen Schichten zeigten sich bilaterale occipitale Aktivierungen.

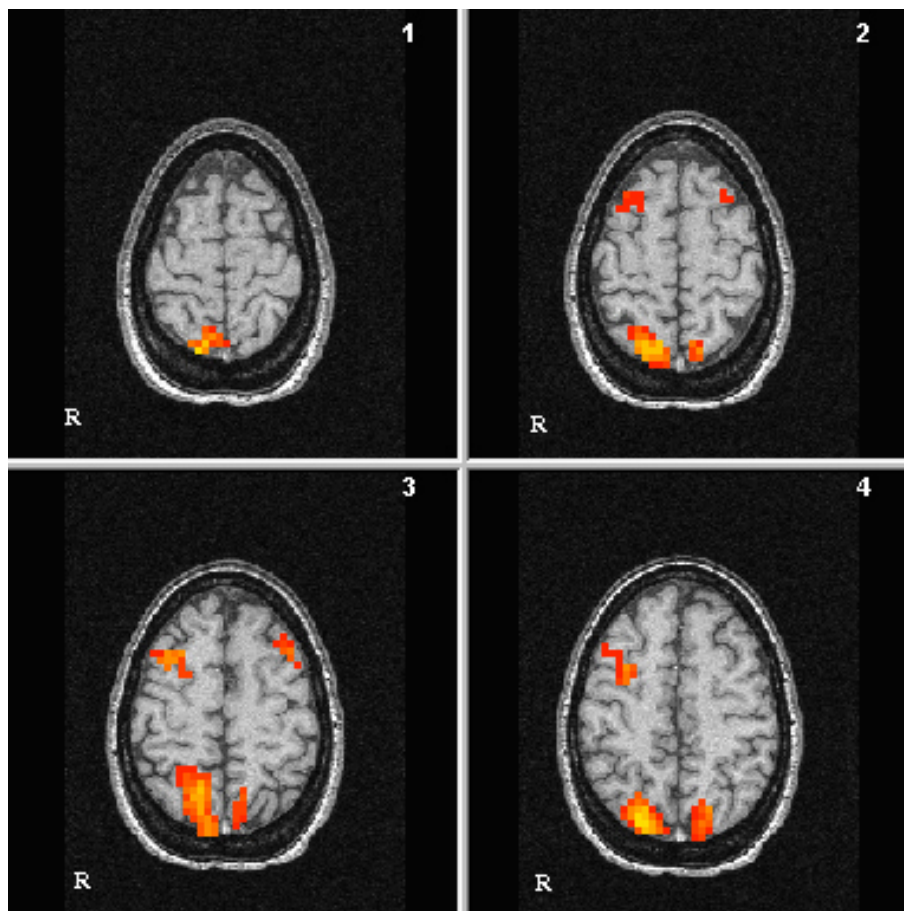


Abbildung 20: Proband 6 (KG)

6. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	++	O	O	O
2. Schicht	++	+	+	+
3. Schicht	++	+	++	+
4. Schicht	O	O	+	O

Proband 7 (VV)

Die Abbildung stellt die Ausdehnung der Aktivierungsareale über die untersuchten Schichten der 7. Versuchsperson (VV) dar. Eine bilaterale Aktivierung des medialen frontalen Gyrus erstreckte sich über alle vier Schichten. In der ersten Schicht wurde eine Aktivierung des suparienen parietalen Lobulus links mit einer kleinflächigen Ausdehnung gezeigt, die über alle Schichten abgrenzbar war. In der zweiten Schicht war eine Aktivierung des suparienen parietalen Lobulus rechts zu sehen, die sich in der dritten Schicht nach lateral ausdehnte. Diese Aktivierung setzte sich in der vierten Schicht fort und reichte über den Sulcus intaparietalis nach lateral.

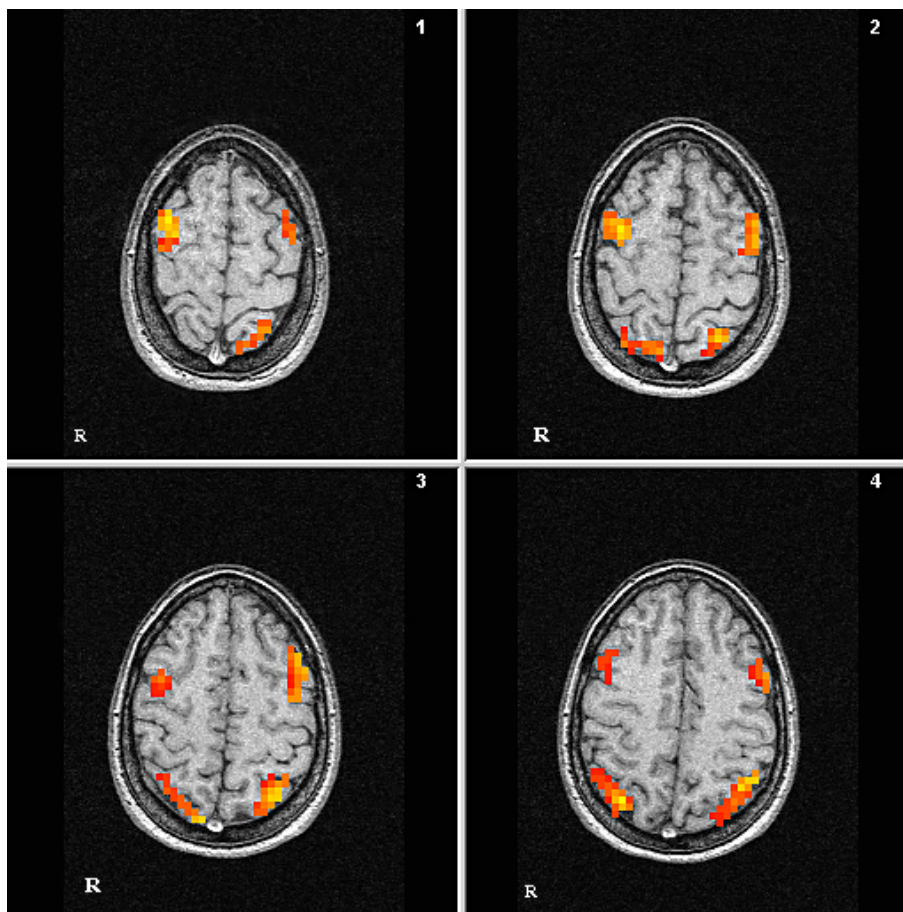


Abbildung 21: Probant 7 (VV)

7. Probant	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	O	+	++	+
2. Schicht	++	+	++	++
3. Schicht	+	++	+	++
4. Schicht	++	++	+	+

Proband 8 (CQ)

Beim 8. Probanden (CQ) konnte eine bilaterale Aktivierung des Gyrus frontalis medialis dargestellt werden, die sich über die vier untersuchten Schichten erstreckte. In der zweiten Schicht kam es zu einer bilateralen, kleinflächigen Aktivierung mit hohen Korrelationskoeffizienten des superioren parietalen Lobulus. Diese Aktivierung dehnte sich über die dritte und vierte Schicht aus.

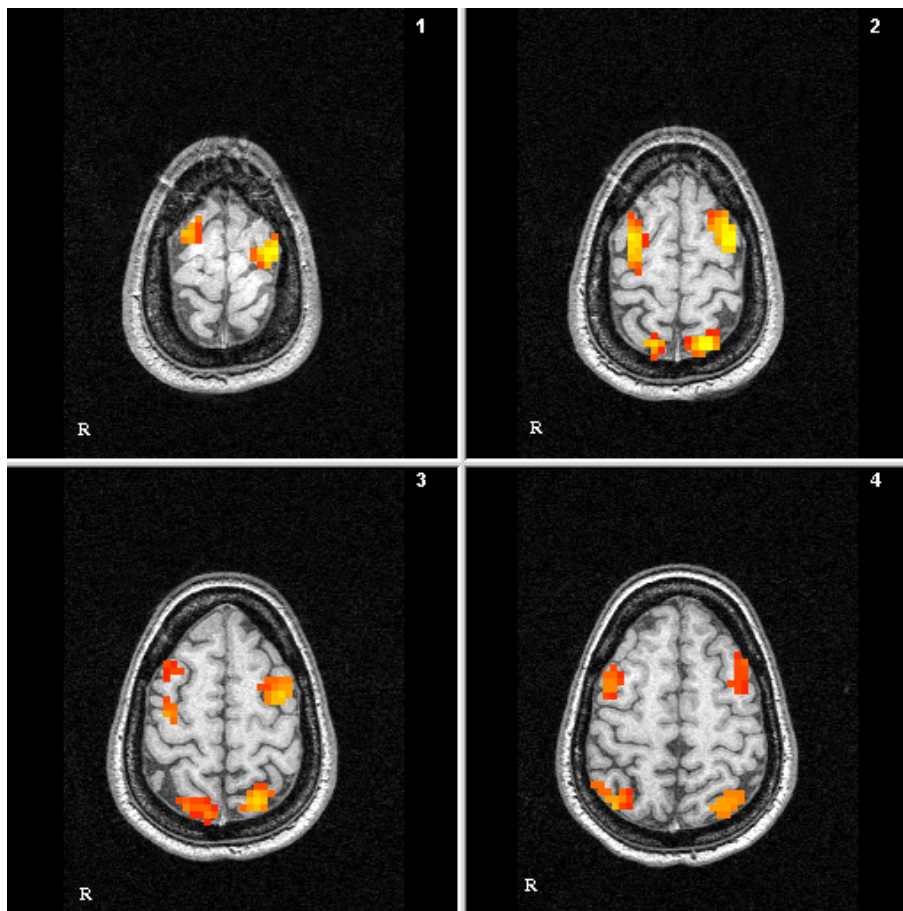


Abbildung 22: Proband 8 (CQ)

8. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	O	O	++	++
2. Schicht	++	++	++	++
3. Schicht	++	++	+	++
4. Schicht	++	++	+	+

Proband 9 (PPC)

Die Abbildung stellt die Aktivierungen des 9. Proband (PPC) mit deren Ausdehnung über die untersuchten Schichten dar. Eine Aktivierung des Gyrus frontalis medialis konnte rechts über vier Schichten, links über drei Schichten nachgewiesen werden. Zu einer Aktivierung des Lobulus parietalis superior kam es beidseits, rechts mit einer großflächigen Ausdehnung über alle Schichten und links über drei Schichten. Eine kleine, medial gelegene Aktivierung in der zweiten Schicht wird als Gefäßdarstellung gewertet.

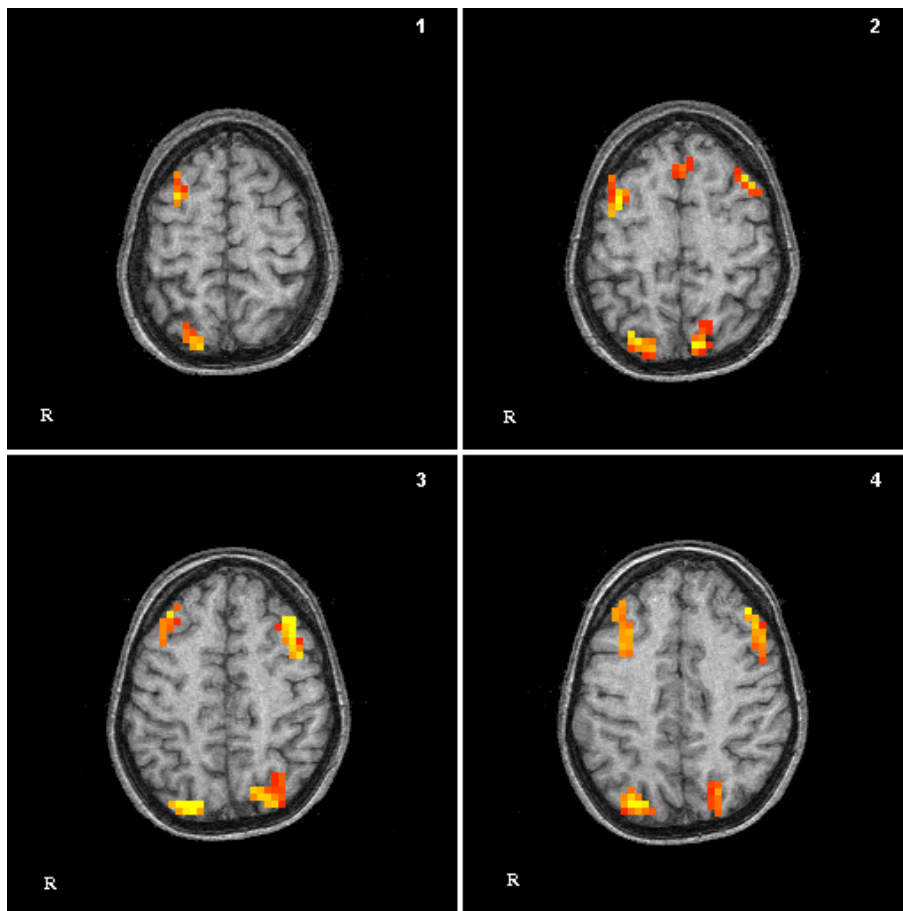


Abbildung 23: Proband 9 (PPC)

9. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	+	O	+	O
2. Schicht	++	+	++	++
3. Schicht	++	++	++	++
4. Schicht	++	+	++	++

Proband 10 (TUK)

Der 10. Proband (TUK) wies in der ersten Schicht kleinflächige Aktivierungen des superioren parietalen Lobulus mit hohen Korrelationskoeffizienten beidseits auf. Diese erstreckte sich rechts über alle untersuchten Schichten und liess sich links über drei Schichten nachweisen. Eine Aktivierung des Gyrus frontalis medialis zeigte sich bilateral über zwei Schichten.

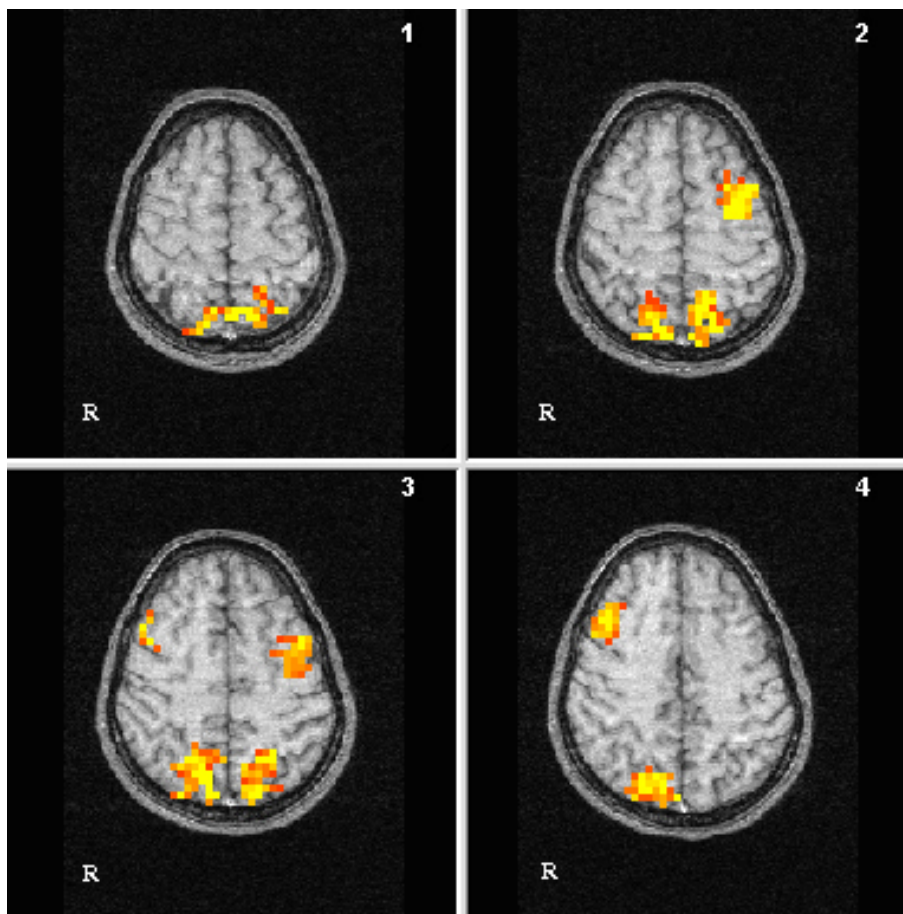


Abbildung 24: Proband 10 (TUK)

10. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	++	++	O	O
2. Schicht	++	++	O	++
3. Schicht	++	++	++	++
4. Schicht	++	O	++	O

Proband 11 (EB)

Bei der 11. Versuchsperson (EB) kam eine Aktivierung des medialen frontalen Gyrius rechts über drei Schichten zur Darstellung. Links konnte eine kleinflächige Aktivierung des Gyrius frontalis medialis in der zweiten und vierten Schicht gezeigt werden. Eine Aktivierung des posterioren parietalen Kortex wurde rechts über vier Schichten nachgewiesen, die in den kaudalen Schichten lateral im Lobulus parietalis inferior gelegen war. Links war eine lateral im posterior parietalen Kortex lokalisierte Aktivierung in der zweiten und vierten Schicht zu sehen.

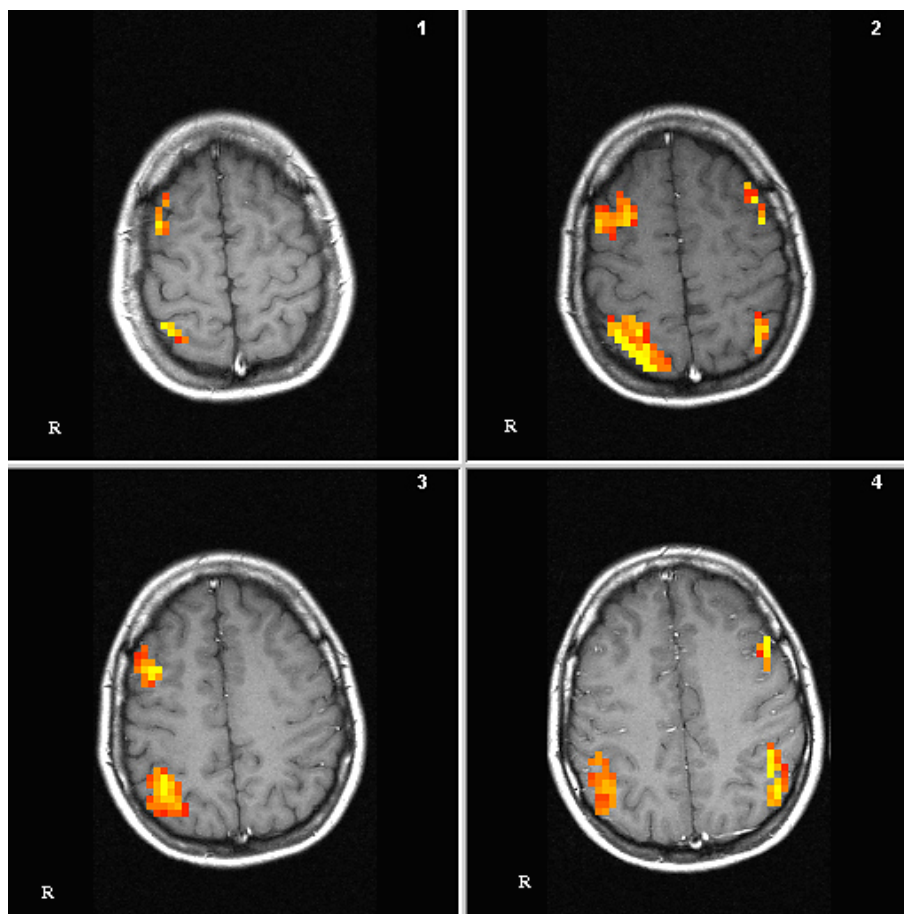


Abbildung 25: Proband 11 (EB)

11. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	++	O	++	O
2. Schicht	++	+	++	++
3. Schicht	++	O	++	O
4. Schicht	O	O	O	++

Proband 12 (MD)

Der Proband 12 (MD) zeigte eine Aktivierung des Lobulus parietalis superior beidseits, die sich links über vier Schichten und rechts über drei Schichten ausgedehnt nachweisen liess. In der zweiten Schicht kamen kleinflächige, bilaterale Aktivierungen des medialen frontalen Gyri zur Darstellung. Diese erstreckten sich links bis zur vierten Schicht und rechts über zwei Schichten.

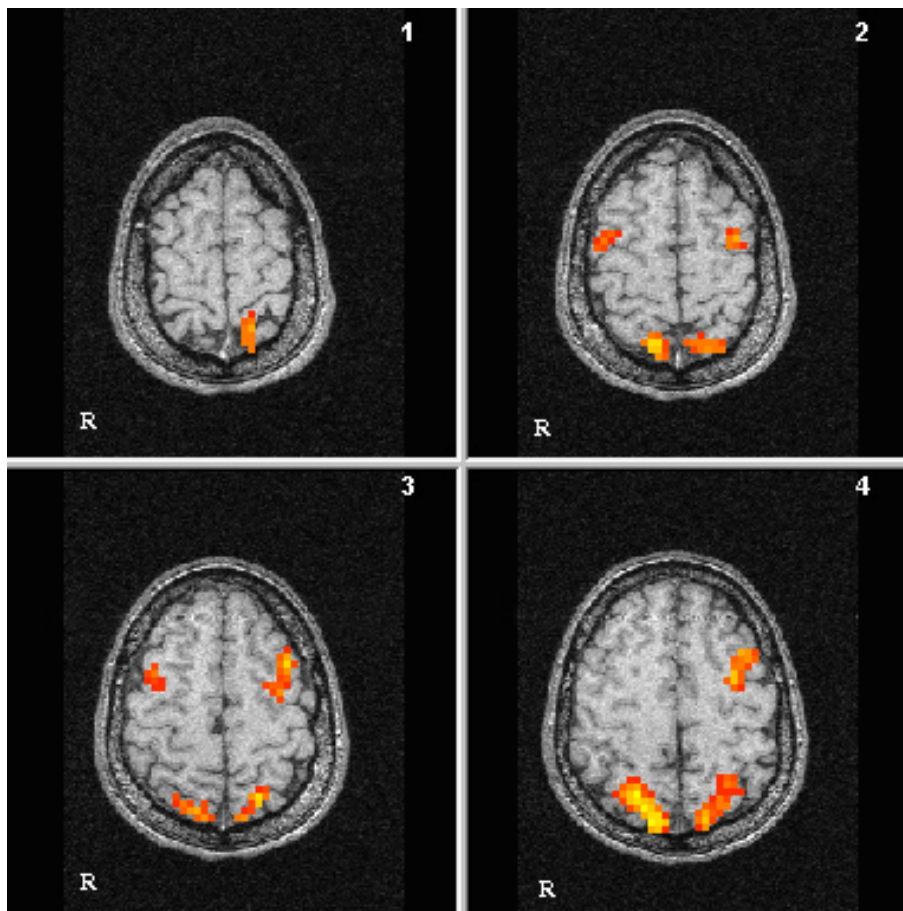


Abbildung 26: Proband 12 (MD)

12. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	O	+	O	O
2. Schicht	+	+	+	+
3. Schicht	+	+	+	++
4. Schicht	++	++	O	++

Proband 13 (OK)

Bei der 13. Versuchsperson (OK) wurden in der ersten und zweiten Schicht eine bilaterale Aktivierung des medialen frontalen Gyrus nachgewiesen. Im parietalen Kortex konnten bilateral großflächige Aktivierungen des suparienen parietalen Lobulus gezeigt werden. Die vierte, sehr kaudal gelegene Schicht wies eine Aktivierung des occipitalen Kortex rechts auf.

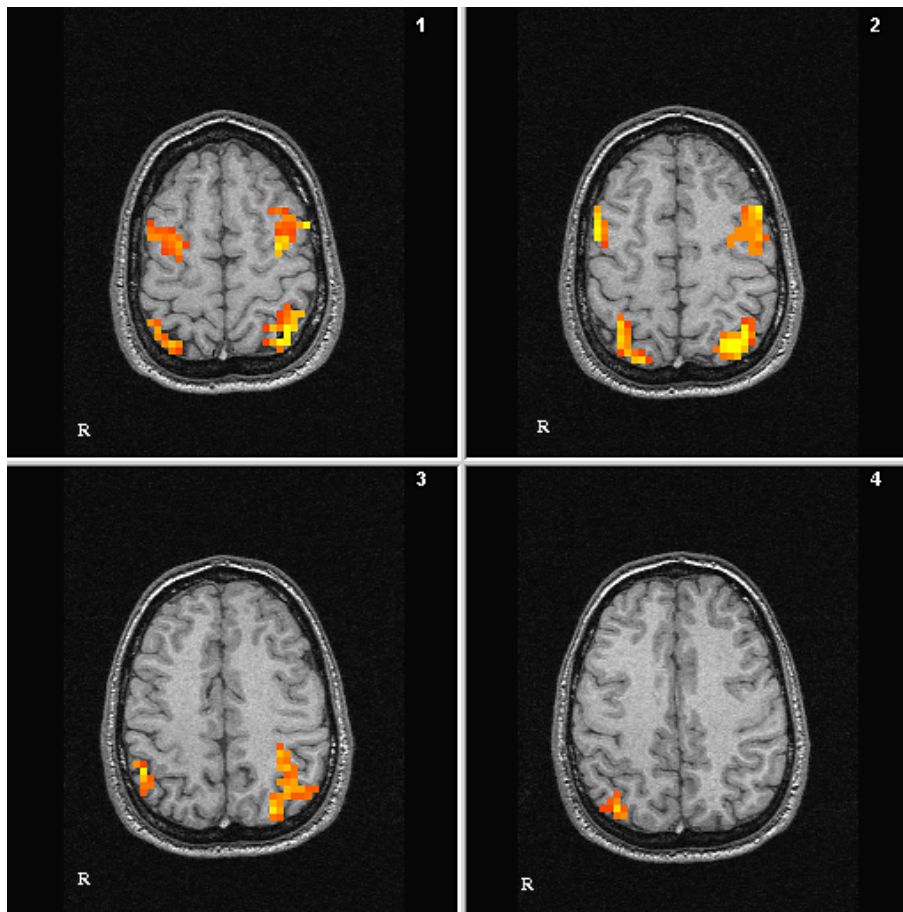


Abbildung 27: Proband 13 (OK)

13. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	++	++	++	++
2. Schicht	++	++	++	++
3. Schicht	+	++	O	O
4. Schicht	O	O	O	O

Proband 14 (MN)

Bei dem 14. Probanden (MN) konnte in der ersten Schicht weder eine frontale noch eine parietale Aktivierungen nachgewiesen werden. In der zweiten Schicht fand sich eine kleinflächige Aktivierung des medialen frontalen Gyrus rechts, die sich über drei Schichten ausdehnte. Eine Aktivierung des linken medialen frontalen Gyrus konnte in zwei Schichten dargestellt werden. Im Bereich des Lobulus parietalis superior kam es bilateral über drei Schichten zu einer Aktivierung.

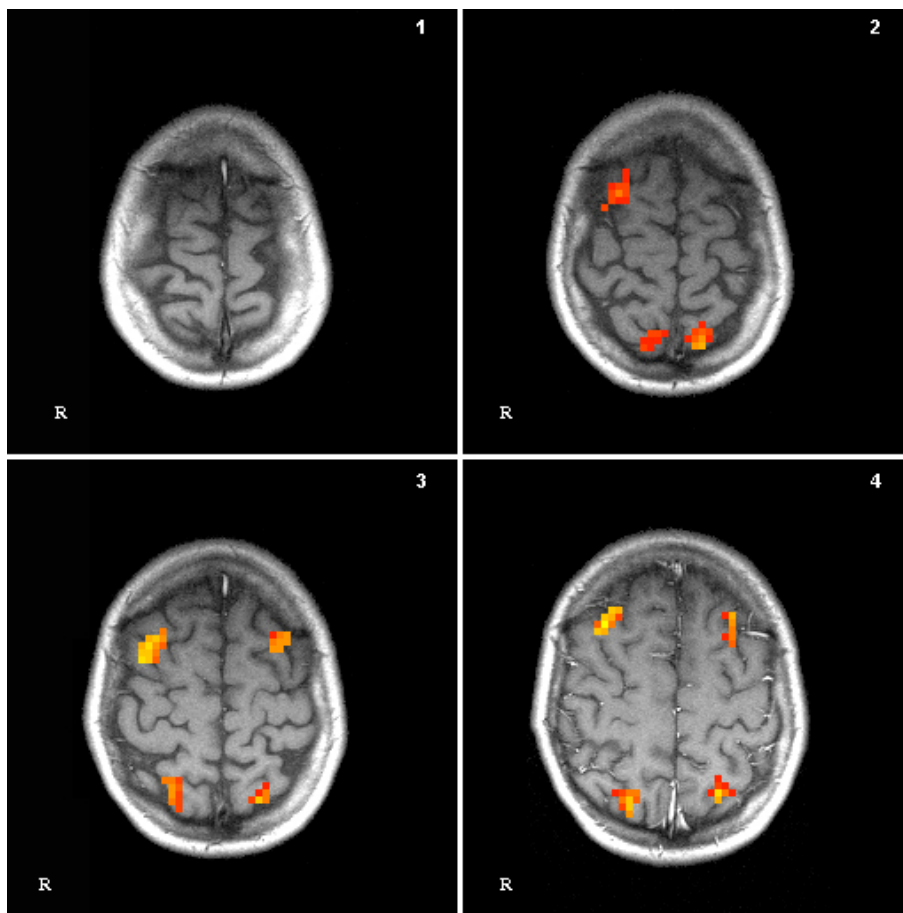


Abbildung 28: Proband 14 (MN)

14. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	O	O	O	O
2. Schicht	+	+	+	O
3. Schicht	+	+	++	++
4. Schicht	+	+	++	+

Proband 15 (MM)

Die 15. Versuchsperson (MM) wies Aktivierungen des superioren parietalen Lobulus bilateral über alle vier Schichten auf. In der zweiten Schicht fand sich eine frontale Aktivierung, die an den Sulcus frontalis superior angrenzte und ausgedehnt über die dritte Schicht zur Darstellung kam. In der dritten und vierten Schicht konnten, bei leicht gekippter Schichtführung, zusätzlich Aktivierungen des Okzipitallappens beidseits nachgewiesen werden.

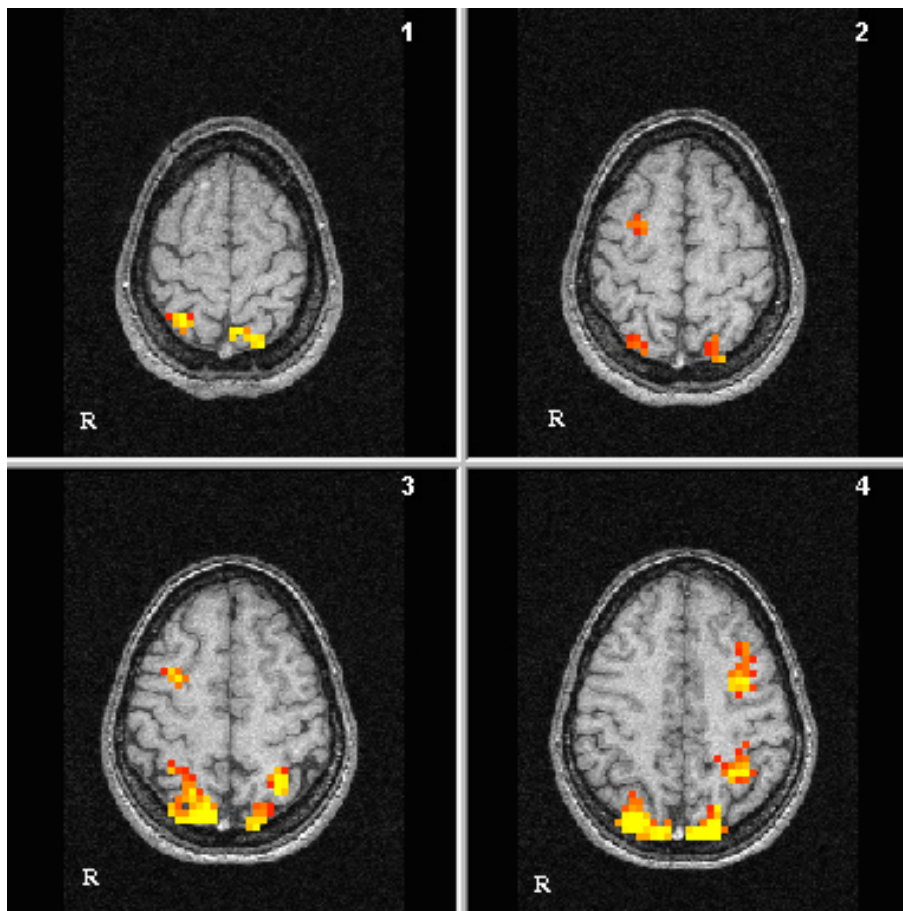


Abbildung 29: Proband 15 (MM)

15. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	++	++	O	O
2. Schicht	+	+	+	O
3. Schicht	++	++	++	O
4. Schicht	O	++	O	++

Proband 16 (TL)

Beim 16. Probanden (TL) konnte eine Aktivierung des Lobulus parietalis superior nachgewiesen werden, die sich über drei Schichten ausdehnte. In der dritten Schicht wurde eine kleinflächige Aktivierung mit hohen Korrelationskoeffizienten des Lobulus parietalis superior links dargestellt. Zusätzlich konnte in der dritten Schicht eine kleinflächige Aktivierung des Gyrus frontalis medialis rechts gezeigt werden. In der vierten Schicht wurde eine Aktivierung des occipitalen Kortex rechts nachgewiesen.

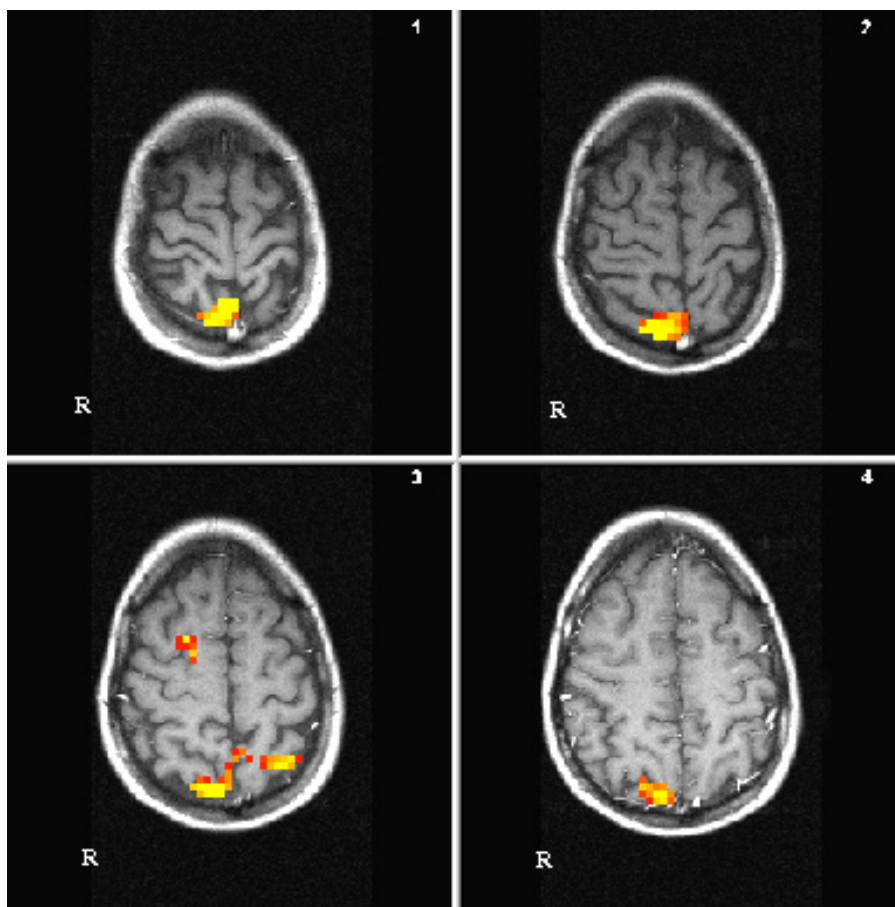


Abbildung 30: Proband 16 (TL)

16. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	++	O	O	O
2. Schicht	++	O	O	O
3. Schicht	++	++	+	O
4. Schicht	O	O	O	O

Probanden 17 bis 19

Bei den übrigen drei Probanden konnten vergleichbare Ausdehnungen der Aktivierungen des frontalen und des posterioren parietalen Kortex nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse sind in tabellarischer Form zusammengefasst.

17. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	O	O	O	O
2. Schicht	O	++	O	O
3. Schicht	+	++	O	O
4. Schicht	O	++	O	O

18. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	O	O	O	O
2. Schicht	+	O	O	O
3. Schicht	+	+	O	O
4. Schicht	O	+	O	O

19. Proband	re SPL	li SPL	re MFG	li MFG
1. Schicht	O	O	+	+
2. Schicht	+	O	O	+
3. Schicht	+	O	O	+
4. Schicht	O	O	O	O

6.4. Ergebnisse der ergänzenden Versuche

6.4.1. Langsamer Tunnel

Im Rahmen der ergänzenden Versuche (Kapitel 4.3.) wurde die optimale Geschwindigkeit der subjektiv empfundenen „Tunnelfahrt“ ermittelt. Jeweils fünf Probanden sahen sich unter den eigentlichen Messbedingungen im Kernspintomographen das Tunnel-Paradigma in einer „langsamen“ und in einer „schnellen“ Version an. Bei der Auswertung der Ergebnisse zeigte sich, dass die Präsentation der langsamen Tunnelversion bei allen Probanden zu einer Aktivierung des frontalen, prämotorischen Kortex und des posterioren parietalen Kortex führte. Die Aktivierungen zeigten sich jedoch weniger ausgeprägt als bei der Präsentation der schnellen Tunnelversion im Hauptversuch.

Bei der im Anschluss an den Vorversuch durchgeführten Befragung der Probanden ergab sich, dass die schnellere Tunnelversion subjektiv den stärkeren Eindruck einer kurvenreichen Bewegung im Raum vermittelte.

6.4.2. Elektrophysiologische Untersuchung

Die Probanden gaben in der Nachbefragung an, dass sie beim aufmerksamen Verfolgen des Tunnel-Paradigmas den Eindruck erhielten, sich „mit in die Kurven zu legen“ und dabei eine Anspannung der unteren Rücken- und Glutealmuskulatur bemerkten. Um eine mögliche Anpassungsreaktion des Körpers auf die wahrgenommene Bewegung im Raum zu klären, wurde wie im Kapitel 5.8.3. beschrieben, bei zwei Probanden eine elektrophysiologische Untersuchung durchgeführt.

Bei der Auswertung der Daten zeigte sich, dass es bei den zwei untersuchten Probanden nach der Präsentation des Tunnels mit einer Zeitverzögerung von etwa 15 Sekunden zu einer tonischen Aktivierung des Musculus erector spinae und der Glutealmuskulatur kam. Die Aktivierung war signifikant von der Grundaktivierung verschieden und dauerte zehn bis 12 Sekunden länger an als die präsentierte Sequenz des Tunnels. Danach trat eine Grundaktivität ein, die dem Ruhetonus entsprach. Die erfassten Aktivitätsänderung während der Präsentation des Paradigmas werden in der Abbildung 31 dargestellt.

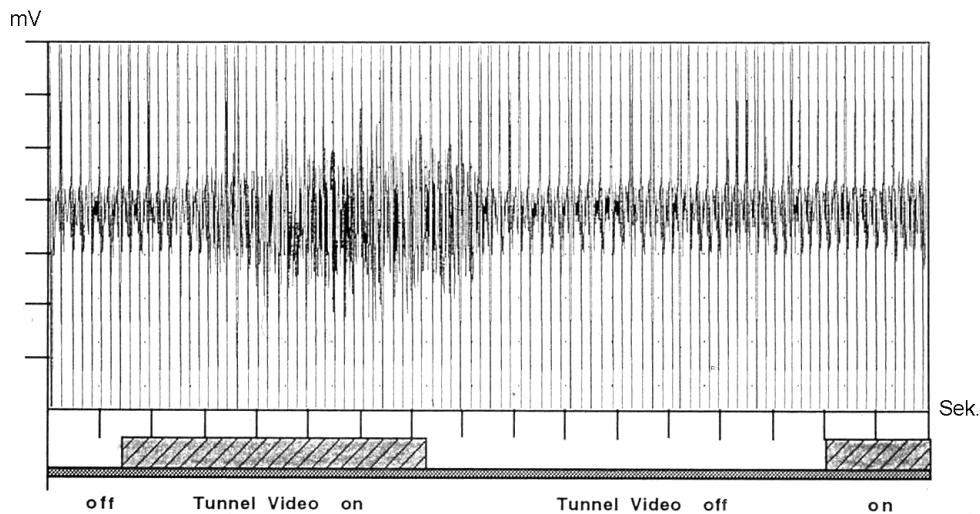


Abbildung 31: Ableitung der bipolaren Oberflächenelektroden

Es gelang bei den zwei untersuchten Probanden die wahrgenommene Anspannungsreaktion der Rücken- bzw. Glutealmuskulatur zu bestimmen. Da es durch die beschriebene Anspannungsreaktion während der fMRT zu keinen zusätzlichen Bewegungsartefakten kam, wurde der beschriebene Effekt während des Hauptversuchs toleriert.

6.4.3. Kalorische Spülung

Bei der Präsentation des Tunnels im Rahmen der Vorversuche bemerkten einige Probanden ein Schwindelgefühl. Um eine gegebenenfalls zusätzliche vestibuläre kortikale Aktivierung erklären zu können, wurde bei drei Probanden eine kalorische Spülung, wie im Kapitel 5.8.4. beschrieben, durchgeführt.

Eine für diesen Vorversuch zusätzlich zu den axialen Bildern durchgeführte koronare Schichtorientierung mit vier Schichten durch den Hirnstamm ergab zunächst Aktivierungen im Bereich des Hirnstammes, die jedoch bei einer Wiederholung der Messungen bei weiteren Probanden nicht gezeigt werden konnten. Bei diesem Experiment zeigten sich keine dem Paradigma entsprechenden Aktivierungsareale im posterioren parietalen Kortex, so dass von einer Fortführung der kalorischen Spülung im Hauptversuch abgesehen wurde.

6.4.4. Fingertapping

Zehn Probanden führten ergänzend zum Hauptversuch das so genannte „Fingertapping“ durch. Dabei mussten die Probanden als Aufgabenstellung, wie im Kapitel 5.8.5. beschrieben wird, mit einer Bewegung die Finger II bis V zum Daumen opponieren. Bei allen zehn Probanden konnte durch das Fingertapping-Paradigma eine Aktivierung im Handareal des Gyrus praecentralis gezeigt werden (Abbildung 32). Die anatomische Korrelation erfolgte anhand des Atlas von Damasio (Abbildungen 12a und 12b).

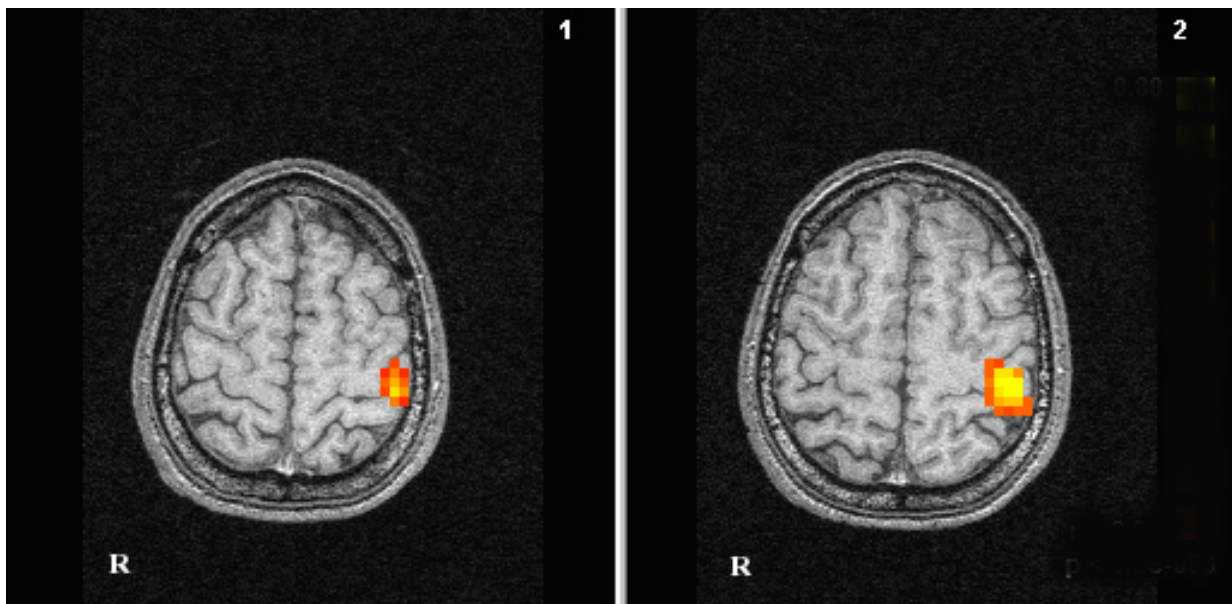


Abbildung 32: Aktivierungen bei Fingertapping rechts

6.5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend wurden die funktionellen Datensätze von 19 Probanden ausgewertet und jeweils auf die anatomischen T1 gewichteten MRT-Bilder der einzelnen Probanden projiziert. Die Aktivierungen konnten somit für jeden Probanden individuell ausgewertet werden.

Die Präsentation des visuellen Tunnel-Paradigmas führte bei allen ausgewerteten Datensätzen zu signifikanten Aktivierungen mit Korrelationskoeffizienten zwischen $r > 0,6$ und $r > 0,8$. Bei allen Probanden konnten zwei voneinander unterscheidbare Aktivierungsareale in beiden

Hemisphären nachgewiesen werden. Das eine Aktivierungsareal wurde dem frontalen Kortex zugeordnet, das andere signifikante Aktivierungsareal befand sich im posterioren parietalen Kortex. Bei der Auswertung der Ergebnisse zeigte sich eine geringfügig unterschiedlich große Ausdehnung der aktivierten Areale über die vier untersuchten Schichten, wobei die größte Ausdehnung meistens in der zweiten und dritten Schicht gefunden wurde. Insgesamt hat das visuelle Tunnel-Paradigma bei allen 19 Probanden zu Aktivierungen des posterioren parietalen Kortex und bei 17 Probanden zu Aktivierungen des prämotorischen Kortex geführt.

Bei allen Probanden ermöglichten die neu dargestellten frontalen und posterioren parietalen Aktivierungsareale indirekt die Bestimmung des Sulcus centralis. Dabei lagen die Aktivierungsareale jeweils rostral und dorsal der Zentralregion.