

## 4 Ergebnisse:

### 4.1 Nieder- und hochfrequenter Anteil der N. medianus-SEP im Seitenvergleich

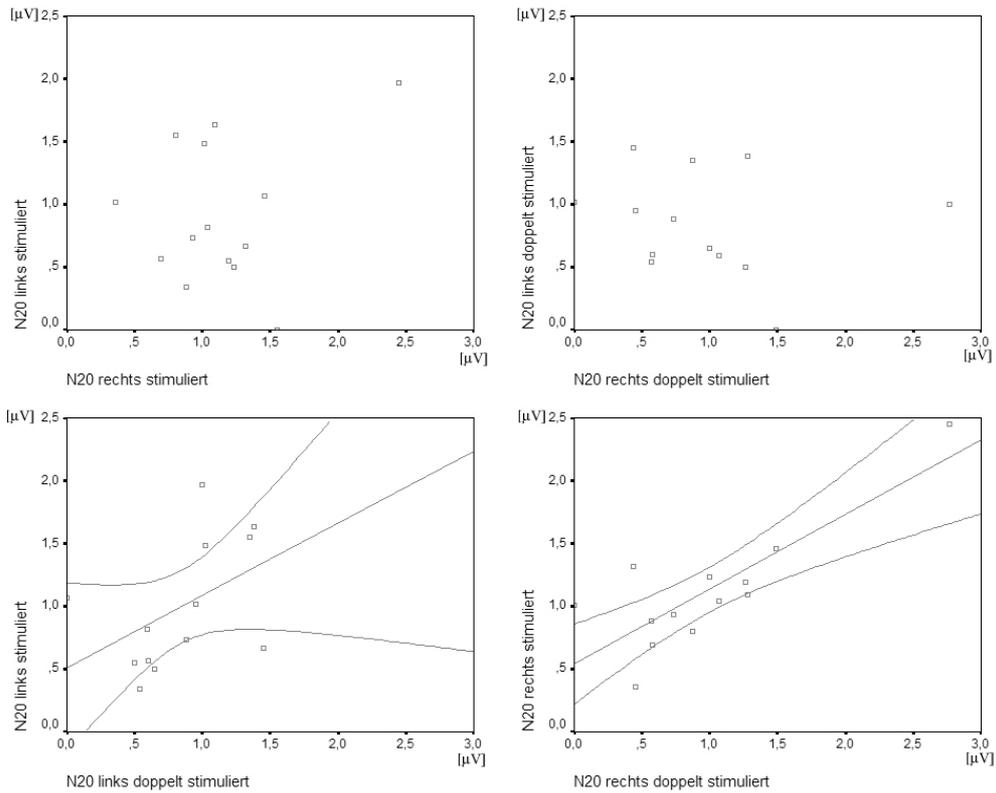
#### 4.1.1 Niederfrequenter Anteil

Die Ergebnisse sind in Tab. 1 und 2 (S. 71 bzw. 72) zu einer Übersicht zusammengefasst.

Der Amplituden-Mittelwert der kontralateralen N20 nach linksseitiger Einfachstimulation beträgt  $0,92 \mu\text{V}$  ( $\pm 0,56 \mu\text{V}$ ), nach rechtsseitiger Einfachstimulation  $1,14 \mu\text{V}$  ( $\pm 0,49 \mu\text{V}$ ). Der Unterschied zwischen beiden ist nicht signifikant ( $P = 0,275$ ; t – Test für unabhängige Stichproben). Die Korrelation ist nicht signifikant (Spearman– rho:  $-0,11$ ,  $P = 0,97$ ).

Nach linksseitiger Doppelstimulation beträgt der Amplituden-Mittelwert der N20 der zweiten Reizantwort  $0,78 \mu\text{V}$  ( $\pm 0,46 \mu\text{V}$ ), nach rechtsseitiger Doppelstimulation  $1,04 \mu\text{V}$  ( $\pm 0,71 \mu\text{V}$ ). Der Unterschied zwischen beiden ist nicht signifikant ( $P = 0,24$ ; t – Test für unabhängige Stichproben). Die Antworten nach Doppelstimulation des rechten bzw. des linken N. medianus sind nicht signifikant korreliert (Spearman – Rho:  $-0,405$ ;  $P = 0,15$ ).

Der Unterschied zwischen der Amplitude der N20 nach Einfachstimulation und der N20 der zweiten Reizantwort in der Doppelstimulation ist nicht signifikant (links stimuliert:  $P = 0,278$ ; rechts stimuliert:  $P = 0,35$ ; jeweils t– Test für gepaarte Stichproben). Die Korrelation zwischen den niederfrequenten Antworten auf Einfach- und Doppelstimulation ist signifikant (links stimuliert: Spearman-Rho =  $0,594$  /  $P = 0,025$ ; rechts stimuliert: Spearman-Rho =  $0,662$  /  $P = 0,01$ ).

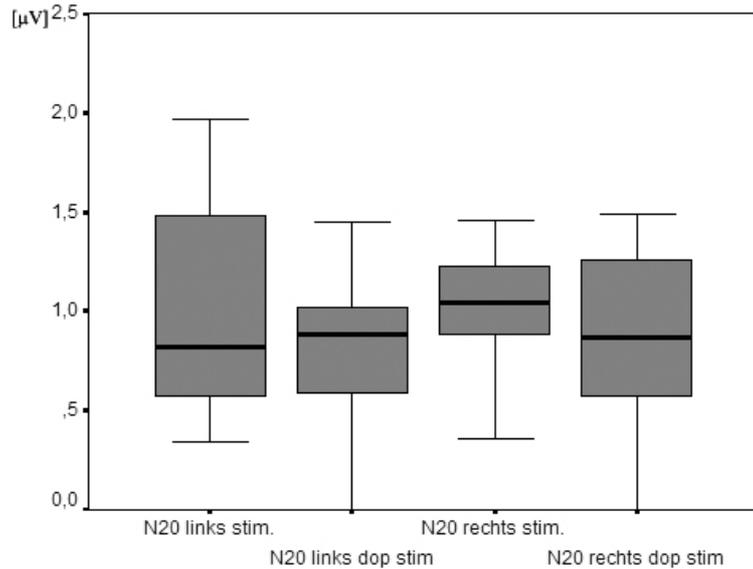
**Abb. 2:**

Obere Reihe: Streudiagramme zur Darstellung der Korrelation von N20 im interhemisphäriellen Vergleich. Im linken Diagramm sind die Amplituden der N20 nach einfacher, rechts als Antwort auf den zweiten Puls der Doppelstimulation, jeweils nach rechtsseitiger (x- Achse) gegen linksseitige Antwort (y-Achse) aufgetragen. Die Korrelation ist nicht signifikant (s. Text).

Untere Reihe: Streudiagramme zur Darstellung der Korrelation von N20 nach Einfach- und Doppelstimulation. Im linken Diagramm sind die Amplituden der N20 nach linkseitiger Stimulation (x-Achse Doppelstimulation, y-Achse Einfachstimulation), im rechten Diagramm nach rechtsseitiger Stimulation aufgetragen. Die Korrelation ist signifikant (s. Text)

**Abb. 3:** Darstellung der Amplitude der N20 nach Einfach- (links stim. bzw. rechts stim.) und Doppelstimulation (links dop stim. und rechts dop stim.) im Seitenvergleich. Die Unterschiede sind nicht signifikant. (s. Text)

Die dicke schwarze Linie zeigt jeweils den Gruppenmedian. Das graue Rechteck zeigt die 25. bis 75. Perzentile. Die Balken reichen von den Minimal- bis zu den Maximalwerten jeder Gruppe.



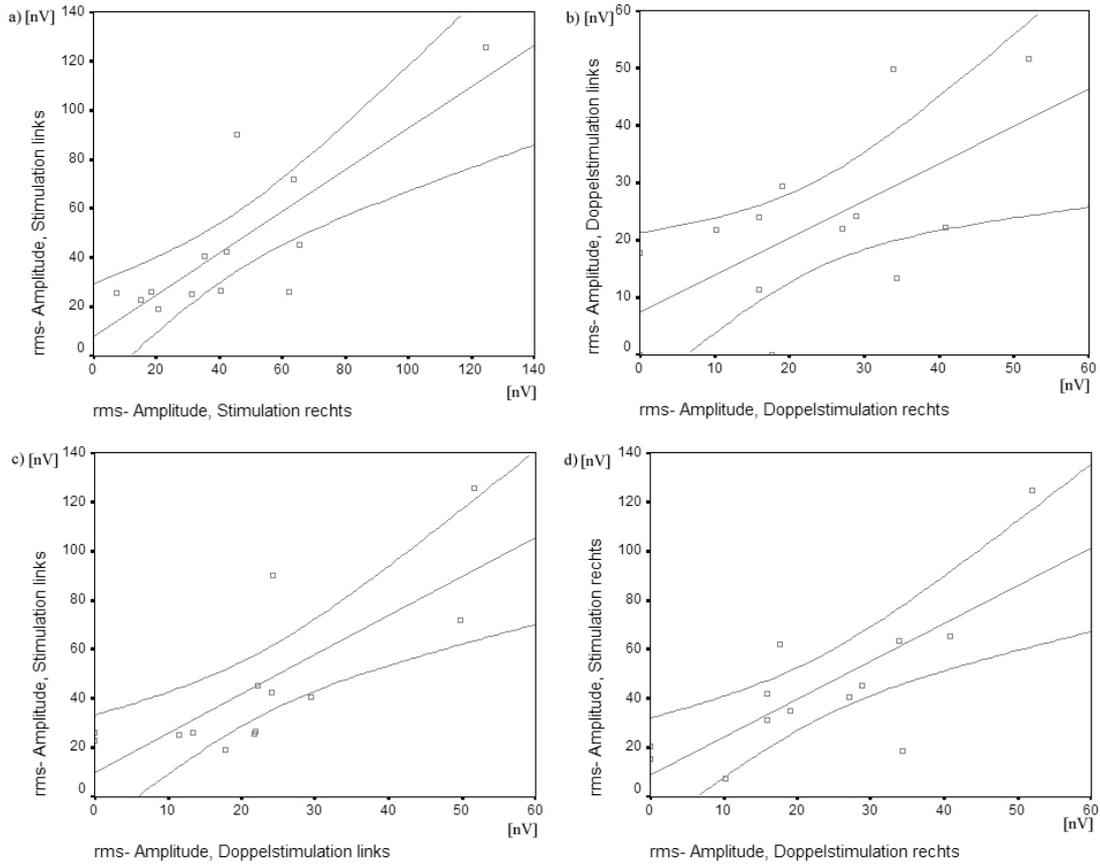
#### 4.1.2 Hochfrequenter Anteil

Die Ergebnisse sind in Tab. 1 und 2 (S. 71 bzw. 72) zu einer Übersicht zusammengefasst.

Nach Einfachstimulation konnte bei allen untersuchten Vpn eine hochfrequente Antwort nachgewiesen werden. Der Mittelwert der rms-Amplitude nach linksseitiger Einfachstimulation beträgt 45,7 nV ( $\pm 30,8$  nV), nach rechtsseitiger Einfachstimulation 44,0 nV ( $\pm 29,5$  nV). Der Unterschied zwischen beiden ist nicht signifikant ( $P = 0,881$ ; t – Test für unabhängige Stichproben). Die Antworten nach links- bzw. rechtsseitiger Stimulation sind signifikant korreliert (Spearman – Rho: 0,578,  $P = 0,00025$ ).

Der Mittelwert der rms-Amplitude der „hochfrequenten“ Antwort auf den zweiten Puls der Doppelstimulation nach linksseitiger Doppelstimulation beträgt 20,6 nV ( $\pm 16$  nV), nach rechtsseitiger Doppelstimulation 22,2 nV ( $\pm 14,9$  nV). Der Unterschied zwischen beiden ist nicht signifikant ( $P = 0,785$ ; t – Test für unabhängige Stichproben). Die Antworten nach Doppelstimulation des rechten bzw. des linken N. medianus sind signifikant korreliert (Spearman – Rho: 0,625,  $P = 0,017$ ).

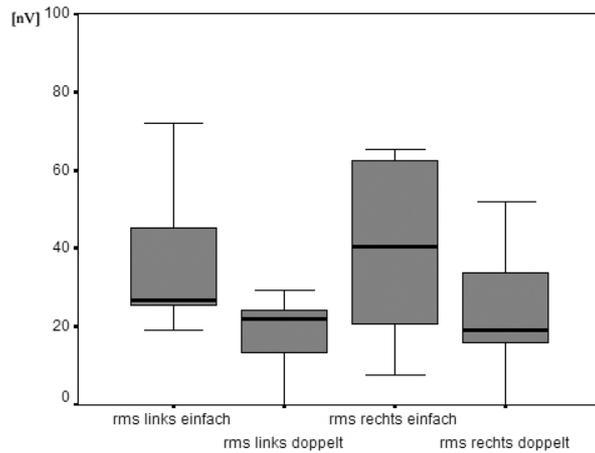
Der Unterschied zwischen der hochfrequenten Antwort nach Einfachstimulation und nach Doppelstimulation ist signifikant (links stimuliert:  $P = 0,006$ ; rechts stimuliert:  $P = 0,002$ ; jeweils t – Test für gepaarte Stichproben). Die Korrelation zwischen den niederfrequenten Antworten auf Einfach – und Doppelstimulation ist signifikant (links stimuliert: Spearman-Rho = 0,656 /  $P = 0,011$ ; rechts stimuliert: Spearman – Rho = 0,7 /  $P = 0,005$ ).

**Abb. 4:**

Obere Reihe: Streudiagramme zur Darstellung der Korrelation der rms-Amplitude im interhemisphäriellen Vergleich: Im linken Diagramm sind die rms-Amplituden nach einfacher, rechts als Antwort auf den zweiten Puls der Doppelstimulation, jeweils nach rechtsseitiger (x-Achse) gegen linksseitige Antwort (y-Achse) aufgetragen. Die Korrelation ist signifikant (s. Text).

Untere Reihe: Streudiagramme zur Darstellung der Korrelation von rms-Amplitude nach Einfach- und Doppelstimulation. Im linken Diagramm sind die rms-Amplituden nach linkseitiger Stimulation (x-Achse Doppelstimulation, y-Achse Einfachstimulation), im rechten Diagramm nach rechtsseitiger Stimulation aufgetragen. Die Korrelation ist signifikant (s. Text)

**Abb. 5:** Seitengetrennte Darstellung der Unterschiede in der rms-Amplitude nach einfacher linksseitiger (rms links einfach) und rechtsseitiger (rms rechts einfach) sowie nach doppelter linksseitiger (rms links doppelt) und rechtsseitiger (rms rechts doppelt) Stimulation. Die Unterschiede zwischen der Amplituden nach einfacher und doppelter Stimulation sind signifikant. (s. Text)  
Darstellung wie in Abb. 3.



### 4.1.3 Seitenvergleich

Eine vergleichende Untersuchung der Lateralisierung im hoch- und niederfrequenten Bereich ist durch die unterschiedliche Größenordnung erschwert. Nach Normalisierung auf 0 (siehe Material und Methoden, Seite 15) wird es möglich, geläufige statistische Verfahren anzuwenden.

Der Mittelwert der normalisierten Seitenabweichung beträgt für die N20 nach Einfachstimulation  $0,14 (\pm 0,37)$  und nach Doppelstimulation  $0,08 (\pm 0,55)$  und damit eine Lateralisierung nach links, d.h. höhere Amplituden nach rechtsseitiger Stimulation (siehe Tab. 3). Stärkere Antworten nach rechtsseitiger Einfachstimulation zeigten 10 von 14 Vpn, 7 Männer und drei Frauen (links: 4/14, 4 Männer). Stärkere Antworten nach rechtsseitiger Doppelstimulation zeigten 7 von 14 Vpn, darunter 5 Frauen und zwei Männer (rechts: 7/14, zwei Männer, 5 Frauen).

Der Mittelwert der normalisierten Seitenabweichung beträgt für die  $\sigma$ -Aktivität nach Einfachstimulation  $-0,04 (\pm 0,24)$ , gleichbedeutend mit einer Lateralisierung nach rechts, und nach Doppelstimulation  $0,09 (\pm 0,54)$  und damit einer Lateralisierung nach links (höhere Amplitude nach rechtsseitiger Stimulation). Stärkere Antworten nach einfacher linksseitiger Stimulation zeigten 9 von 14 Vpn, darunter 3 Frauen und 6 Männer (rechts: 5/14, 4 Männer, eine Frau).

Nach linksseitiger Doppelstimulation zeigten 8 von 13 Vpn eine relativ höhere Reizantwort, darunter 6 Männer und zwei Frauen (rechts 5/14, 4 Männer, eine Frau).

Die Seitenabweichung (Lateralisation) ist zwischen hoch- und niederfrequentem Anteil nicht signifikant korreliert (Einfachstimulation: Spearman-rho = 0,235, P = 0,418; Doppelstimulation: Spearman-rho: 0,236, P = 0,072; jeweils zweiseitige Testung).

Nieder- und hochfrequenter Anteil zeigen eine signifikant unterschiedliche Lateralisation. Da es sich um ordinalskalierte Werte handelt, wird hier der Mann-Whitney U-Test verwendet. Es ergibt sich nach Einfachstimulation: P = 0,007; nach Doppelstimulation: P = 0,01.

#### **4.2 Unterschiede hochfrequenter SEP-Anteile nach Stimulation von sensomotorischem N. medianus und rein sensiblem Ast des N. radialis.**

Bei allen 11 ausgewerteten Vpn wurde nach Einfachstimulation des N. medianus jeweils eine gut abgrenzbare hochfrequente Aktivität gefunden. Die rms-Amplitude betrug im Mittel  $55,75 \text{ nV} \pm 29,5 \text{ nV}$ . Da das Interstimulusintervall 20 ms betrug, war im Doppelpuls-Paradigma die Antwort auf den ersten Puls durch den Reizartefakt der zweiten Reizung überlagert und dadurch nicht beurteilbar. Die rms-Amplitude der Reizantwort auf den zweiten Puls war durchgängig reduziert.

Die mittlere Amplitude betrug nun  $28,4 \text{ nV} \pm 19 \text{ nV}$ . Das entspricht einer Reduktion um 49,1%. Bei einer Vpn war die hochfrequente Aktivität nach Doppelstimulation nicht mehr vom Rauschen zu unterscheiden. Die Antwort auf Einfachstimulation und auf den zweiten Puls der Doppelstimulation waren signifikant miteinander korreliert (P= 0,001; Korrelation nach Pearson) und signifikant voneinander unterschiedlich ( $p < 0,001$ , t – Test für gepaarte Stichproben).

Nach Einfachstimulation des N. radialis war bei 5 von 11 Vpn eine burst-Amplitude über der Rauschamplitude detektierbar. Im Mittel betrug diese  $24,65 \text{ nV} \pm 5,7 \text{ nV}$ . Von diesen 5 zeigte sich nach Doppelstimulation in zwei Fällen eine Reduktion der mittleren Amplitude. In drei Fällen fand sich keine Veränderung oder sogar ein leichter Anstieg der rms-Amplitude (3%, 7%, 11%). Bei einer Vpn konnte nach Einfachstimulation keine, jedoch nach Doppelstimulation eine vom Rauschen unterschiedene Antwort aufgezeichnet werden (siehe Abb. 6).

Nach Doppelstimulation des N. radialis ergab sich im Mittel eine höhere Amplitude als nach Einfachstimulation im  $\sigma$ -Anteil (Einfachstimulation  $24,65 \text{ nV} \pm 5,7 \text{ nV}$ ; Doppelstimulation  $25,11 \text{ nV} \pm 8 \text{ nV}$ ) (siehe Abb. 7). Der Unterschied zwischen der Antwort auf

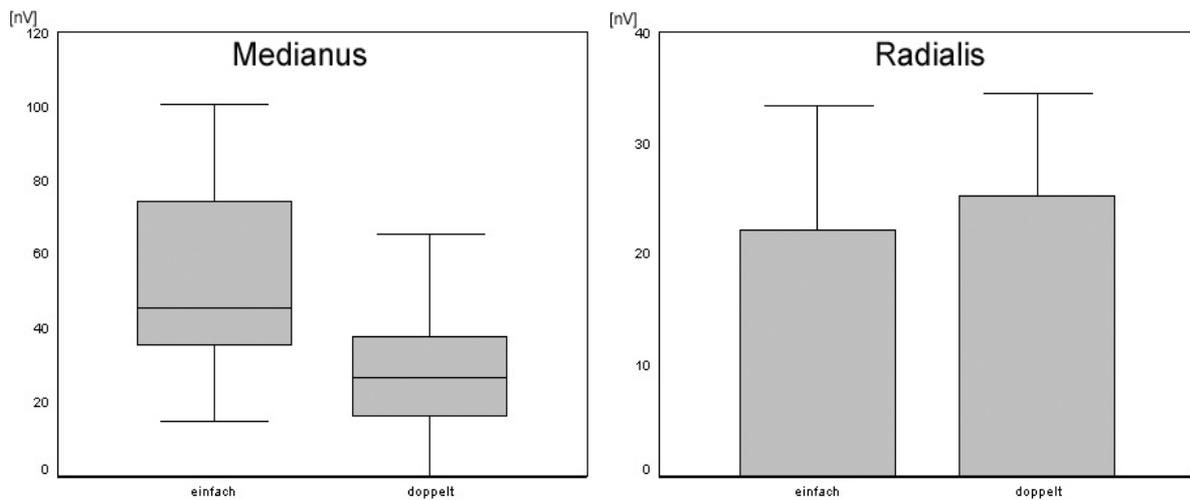
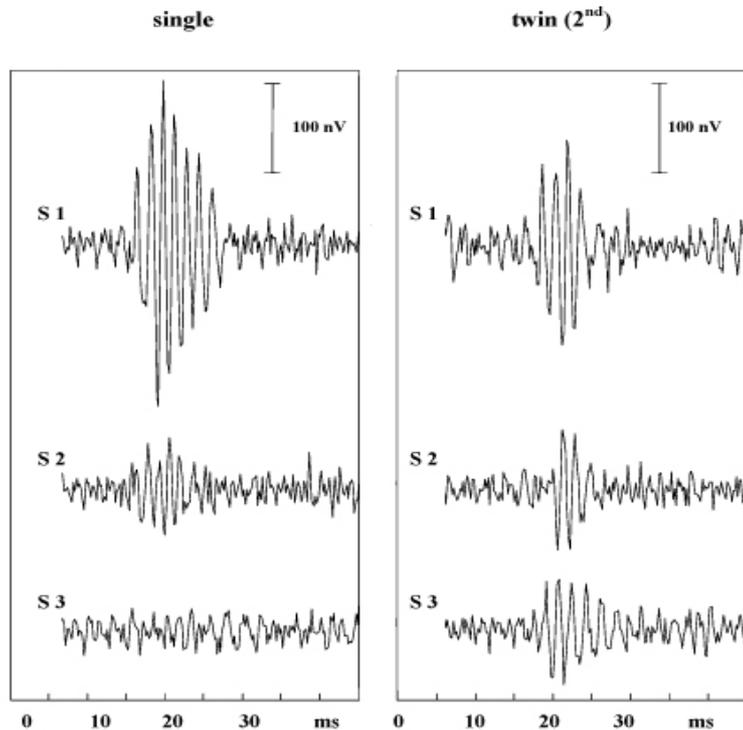
Einfachstimulation und auf den zweiten Puls der Doppelstimulation ist jedoch nicht signifikant ( $P = 0,954$ ). Die Ergebnisse sind in Tab. 4 zusammengefasst.

Im Mittel zeigt sich also eine signifikante Reduktion der rms-Amplitude nach Doppelstimulation des N. medianus im Vergleich zur Amplitude nach Einfachstimulation. Die Amplitude nach Einfach- bzw. Doppelstimulation des N. radialis ist im Mittel nicht unterschiedlich.

Mittels des exakten Fischer-Yates-Testes für kleine Stichproben wurde der Unterschied für das Merkmal „vollständige Erholung nach Doppelstimulation“ zwischen den beiden Gruppen „Medianus stimuliert“ und „Radialis stimuliert“ untersucht. Vollständige Erholung bedeutet hier eine rms-Amplitude der Antwort auf den zweiten Reiz der Doppelstimulation, die mindestens genauso groß ist wie die Amplitude der Antwort auf Einfachstimulation. Hierbei ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit von  $p < 0,007$  für die Annahme, dass die Verteilung der positiven Merkmalsausprägung in beiden Gruppen gleich ist. In anderen Worten: Das recovery Verhalten der burst-Antwort auf Doppelstimulation ist für die hier untersuchten Nerven signifikant unterschiedlich.

Bei einer Kontrolluntersuchung nach 12 Monaten konnte bei zwei noch verfügbaren Probanden das recovery-Verhalten (volle Erholung in 20ms in einem und Verminderung der Amplitude im anderen Fall) repliziert werden.

**Abb. 6:** Beispiele für die unterschiedlichen Möglichkeiten der Amplitudenänderung nach Einfach- (links: single) bzw. Doppelstimulation (rechts, twin) des N. radialis (R. superficialis). Vpn 1 (S1) zeigt das aus den Untersuchungen des N. medianus bekannte Verhalten der Amplitudenreduktion nach Doppelpulsstimulation. Vpn 2 (S2) zeigt im Mittel keinen Unterschied bei beiden Reizmodalitäten. Vpn 3 (S3) reagiert auf Doppelstimulation mit Erhöhung der Amplitude. (Aus (Mackert et al. 2000))



**Abb. 7:** Boxplot der Amplituden nach Einfach – bzw Doppelstimulation von N. medianus (Medianus, links) bzw Ramus superficialis nervi radialis (Radialis, rechts). Dargestellt sind der Median (als schwarze Linie in der Box), 25. bis 75. Perzentile (die Box) und die Extremwerte (Balken). Für die Darstellung vgl. Abb. 5. Man beachte die unterschiedliche Skalierung. Nach Medianusstimulation ergibt sich eine signifikant niedrigere Amplitude nach Doppelstimulation ( $p < 0,001$ ). Die Amplituden nach Einfach- und nach Doppelstimulation sind nach Radialisstimulation nicht unterschiedlich ( $P = 0,954$ ). Details siehe Text.