

Wie funktioniert CDA ? – Crossed Double Averaging im Schema dargestellt

Günter K. Schenk und Ingmar M. Schenk

Vorbemerkung: Die nachfolgenden Schemata sind eine grafisch vereinfachte Annäherung an die realen Signaleigenschaften des EEGs und der evozierten Potentiale. Die Darstellung der hirnelektrisch aktiven Komponenten in Form von Rechtecken ignoriert signalanalytische Details, die jedoch zu vernachlässigen sind, weil alle grundsätzlichen Aspekte der CDA-Methode dennoch zutreffend und ausreichend beschrieben werden. Die vereinfachte Darstellungsart dient ausschließlich dem didaktischen Verständnis der Methode. Die Methode erfasst die mit der Wahrnehmung, Motorik, Kognition und Hintergrundaktivität zusammenhängenden Potentialformen des Gehirns. Wenn in den nachfolgenden Ausführungen der Einfachheit halber von Wahrnehmung (W-Potential), Motorik (M-Potential), Kognition (C-Potential) und Hintergrundaktivität (H-Aktivität) gesprochen wird, sind immer hirnelektrische Potentialformen oder Spannungswerte gemeint. Nach konventionellem Sprachgebrauch handelt es sich in der Regel um sogenannte spätlatente oder long latency Potentiale des Gehirns oder im Falle der H-Aktivität um hirnelektrische Varianzeigenschaften der Spannungsamplitude.

Einführung – Allgemeines zum reizausgelösten (evozierten) Potential (EP)

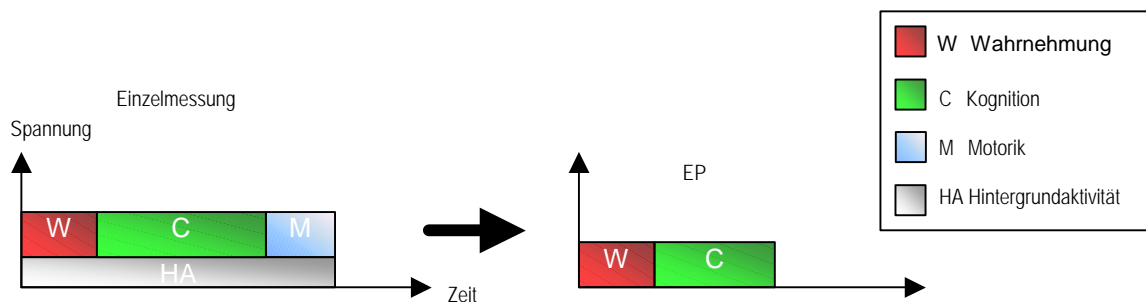


Fig.1a Die funktionellen Komponenten bei der Reaktion auf einen Reiz:
Die Rechtecke symbolisieren auf den folgenden Abbildungen in vereinfachter Form die negativen oder positiven Amplitudenauslenkungen der EEG- oder der Mittelungskurven. Mit W werden die mit der Reizwahrnehmung, mit M die mit der Reaktion und mit C die mit der kognitiven Verknüpfung von Reiz und Reaktion zusammenhängenden Signalabschnitte gekennzeichnet. HA charakterisiert die unspezifische Hirnaktivität, die weder mit W, noch mit C oder M zusammenhängt.

Fig. 1b Die Darstellung im konventionellen EP:
Das gemittelte EP entspricht einem linear reizkorrelierten Mischpotential, bestehend aus der reizkorrelierten Wahrnehmungskomponente (W-Potential) und dem linear reizkorrelierten Anteil der kognitiven Komponente (C-Potential). Die Teilkomponenten des W- und C-Mischpotentials waren bisher unauftrennbar miteinander vermischt. Die jetzt erstmals mögliche Separation der Teilkomponenten ist eine **Innovation der CDA-Methode**. Die reaktionskorrelierte mot. Komponente (M-Potential) fehlt im konventionellen EP gänzlich (siehe dazu auch den nachfolgenden Text).

Die evozierten Potentiale (EP) des Gehirns werden üblicherweise durch Sinnesreize ausgelöst. Sie werden aus einer Vielzahl von Einzelmessungen der hirnelektrischen Signale (EEG-Messungen) bestimmt, nachdem jeweils ein Sinnesreiz verabreicht wurde. Die Einzelmessungen werden mit einem Mittelungsverfahren (Averaging) verarbeitet, wobei alle regelmäßig (=linear) auftretenden Spannungsschwankungen dargestellt und alle unregelmäßigen Spannungsschwankungen ausgelöscht werden. Die kognitive Komponente C funktioniert beim Menschen nicht so automatenhaft wie bei einem Roboter. Auch im Falle völlig gleichartiger und sich wiederholender kognitiver Anforderungen ist die Zeitspanne der kognitiven Verarbeitung sehr variabel. Beim Reizreaktionsverhalten erfolgt die kognitive Zusammenfügung der Reizwahrnehmung mit der Reaktion auf diesen Reiz nichtlinear. Die nichtlineare Zeitspanne bis zur kognitiven Auslösung der Reaktion lässt sich vereinfacht als Summe eines durchschnittlichen, linearen und eines unregelmäßigen, nichtlinearen Anteils verstehen. Beim Averaging mit dem Reizbeginn als Bezugspunkt werden die reizkorrelierten, also die mit dem Reizbeginn

linear zusammenhängenden Potentialanteile erfasst. Das so aus den Einzelmessungen erhältliche EP ist immer ein Mischpotential. Es besteht aus der linear reizkorrelierten Wahrnehmungskomponente in Form des W-Potentials und aus dem C-Potential, das dem linear reizkorrelierten Anteil der Kognitionskomponente entspricht. Demzufolge ist das EP ein W- und C-Mischpotential. Die jetzt erstmals mögliche Auftrennung dieses Mischpotentials in seine Teilkomponenten W und C ist eine **Innovation der CDA-Methode** (siehe unten).

Das M-Potential ist sozusagen das „Verhaltenspotential“ des Gehirns. Es steht mit der reaktionsspezifischen Motorik, d.h. der Reaktionsausführung in einem strikt linearen Zusammenhang. Das M-Potential wird durch die Kognition ausgelöst. Wegen des nichtlinearen Zeitverhaltens der Kognition folgt das M-Potential auf den Reiz – auch bei gleichen Reizreaktionsaufgaben – in unregelmäßigen (=nichtlinearen) Zeitabständen. Das M-Potential zeigt also keinen linearen Zusammenhang mit dem Reizbeginn. Außerdem entspricht das M-Potential einer Aufeinanderfolge von relativ rasch wechselnden Amplitudenauslenkungen. Aufgrund seiner von Einzelmessung zu Einzelmessung sehr ausgeprägten zeitlichen Variabilität wird das M-Potential beim (reizkorrelierten) EP-Averaging ausgelöscht.

Die Hintergrundaktivität HA ist weder mit dem Reiz, noch mit der Reaktion und auch nicht mit der Kognition linear korreliert; sie wird deswegen vom reizkorrelierten EP abgetrennt und ist in diesem richtigerweise nicht enthalten.

Kommentar: Nach unseren Auswertungen entspricht das C-Potential der Kognition einer (vergleichsweise zu W und C) langsam veränderlichen hirnelektrischen Negativierung. Die Nichtlinearität der Kognition zeigt sich im Zeitverhalten, d.h. in der über die Einzelmessungen jeweils variablen Zeitdauer. Wie schon oben erläutert wurde, wird beim Averaging von der variablen Zeitdauer der Kognition der lineare Anteil erfasst. Er entspricht einem statistischen Durchschnittswert. Das hirnelektrische Abbild des linearen Anteils der Kognition ist das C-Potential. Man kann das C-Potential als durchschnittliche, lineare Schätzung des nichtlinearen Kognitionspotentials ansehen. Auf die Darstellung des kognitiven C-Potentials wird in Teil 3 dieser Abhandlung gesondert eingegangen. Vergleichsweise zum Gleichspannungsverhalten des C-Potentials zeigt das M-Potential relativ rasche Polaritätenwechsel seiner Spannungsauslenkungen. Für das Auslöschen des M-Potentials beim (reizkorrelierten) EP-Averaging sind seine nichtlineare kognitive Auslösung und ebenso seine relativ rasch wechselnden Polaritätseigenschaften verantwortlich.

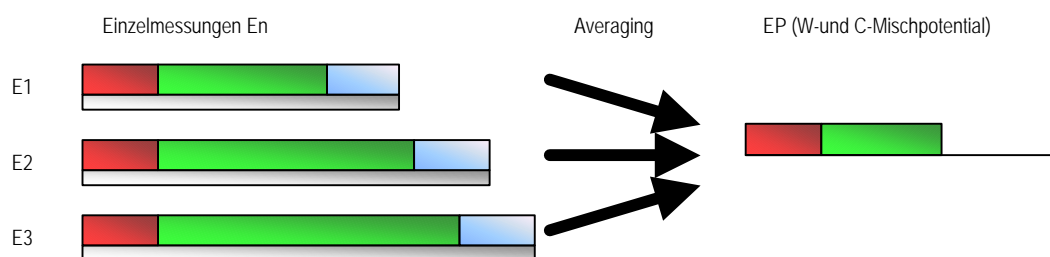


Fig. 2 Die Nichtlinearität der kognitiven Komponente C:
Die Darstellung zeigt die unterschiedliche Dauer der kognitiven Komponente C, die zur Folge hat, dass die motorische Komponente M im Mittelungsergebnis des konventionellen EP (rechts) ausgelöscht wird. Das EP selbst ist ein bisher unauftrennbares Gemisch aus W und C. Das konventionelle EP-Averaging wird bei der Anwendung der CDA-Methode ebenfalls durchgeführt. Das Ziel ist jedoch die Auftrennung des damit erhältlichen W- und C-Mischpotentials in seine Teilkomponenten. Diese Auftrennung ist durch die Anwendung der CDA-Methode möglich und stellt eine bedeutsame **Innovation der CDA-Methode** dar (siehe Teil 1, Schritt 1, Teil 2, Schritt 5 sowie Teil 3).

Die CDA-Methode ermöglicht auf einfache Weise das Aufschlüsseln der EEG-Kurven von Reiz-/Reaktionsabschnitten in vier Komponenten, die den zerebralen Basisfunktionen der Wahrnehmung, Kognition, Motorik und der Hintergrundaktivität entsprechen. Damit CDA funktioniert, muss der Proband auf einen Reiz reagieren. Aus der Anwendung der CDA-Methode resultieren insgesamt 4 Averages. Zwei davon sind Mischpotentiale, die auf je zwei zerebrale Basisfunktionen zurückzuführen sind; die anderen beiden Averages beziehen sich auf jeweils nur eine zerebrale Basisfunktion.

Im folgenden Text wird die Auftrennung in die hirnelektrischen Korrelate der zerebralen Basisfunktionen Schritt für Schritt erklärt.

CDA-Verfahren Teil 1 - Darstellung des rein reaktionskorrelierten Potentials (Motorpotential)

Ziel ist die Erfassung des von reizkorrelierten (W- und C-) Anteilen völlig freien, ausschließlich mit der Reaktion korrelierten Potentials (M-Potential). Dieses Ziel wird in vier Schritten erreicht.

Schritt 1: Das konventionelle EP-Averaging ist auch das erste Averaging der CDA-Methode. Das EP wird aus den Einzelmessungen E_n mit dem Reizbeginn als Bezugspunkt (=Nullpunkt) bestimmt (Fig. 2). Wie oben in der Einführung erläutert wurde, ist das EP jedoch ein (zunächst) unauftrennbares Mischpotential, weil gemeinsam mit dem W-Potential auch der linear mit dem Reizbeginn korrelierte Anteil der (nichtlinearen) kognitiven Hirnaktivität in Form des C-Potentials in das EP mit eingeht. Das kognitiv ausgelöste, vom Reiz anterograd in unregelmäßigen (=nichtlinearen) Zeitabständen folgende M-Potential wird – siehe Einführung! - beim EP-Averaging ausgelöscht (Fig. 2, rechts).

Schritt 2: Das konventionelle EP, also das W- und C-Mischpotential, wird von den Einzelmessungen (Single Sweeps) E_n subtrahiert. Dadurch wird aus jeder Einzelmessung E_n der durchschnittliche reizkorrelierte Aktivitätsanteil (W und C) entfernt. Die daraus resultierenden Einzelkurven E_n' sind aufgrund des Subtraktionsvorgangs frei von linear reizkorrelierten Aktivitätsanteilen. Die E_n' enthalten jedoch noch das mit der Reaktion linear korrelierte M-Potential (das mit dem Reiz nicht linear zusammenhängt). Außerdem enthalten die E_n' die weder mit dem Reiz, noch mit der Reaktion, noch mit der Kognition korrelierte HA (Fig. 3). Die durch **Subtraktion** erfolgende **Entfernung reizkorrelierter Anteile** aus den E_n ist ein entscheidender, über alle bisherigen Ansätze hinausgehender **innovativer Schritt der CDA-Methode**. Die nach einem derartigen Subtraktionsvorgang vorliegenden Einzelmessungen werden durch ein hochgesetztes Strichzeichen gekennzeichnet. Aus E_n entstehen auf diese Weise die E_n' .

Schritt 3: Hierzu wird die Reaktionszeit benötigt. Sie beschreibt den Zeitabstand vom Reizbeginn bis zur Reaktionsauslösung (Fig.4a). Es wird eine Transformation der einzelnen Subtraktionskurven E_n' durchgeführt. Dazu werden die E_n' entsprechend der Reaktionszeit als neuen Bezugspunkt (=Nullpunkt) angeordnet. Durch die neue Anordnung werden aus den E_n' die neuen Einzelmessungen $E_n'(T)$. Sie enthalten wegen der zuvor in Schritt 2 durchgeführten Subtraktion keine reizkorrelierten Anteile mehr, jedoch noch das reaktionskorrelierte M-Potential und die HA (siehe Fig. 3 und Fig. 4b).

Grundsätzlich gilt, dass für jede Einzelmessung immer ein Wechsel des Bezugs-/Referenzpunktes vorgenommen werden kann, so dass z. B. statt des Reizbeginns der Zeitpunkt der Reaktion zum Bezugs-/Referenzpunkt (=Nullpunkt) wird (siehe dazu Fig. 4b). Wir bezeichnen einen solchen Wechsel als Transformation von Einzelmessungen. Transformierte Einzelmessungen werden durch die Hinzufügung von (T) gekennzeichnet. Bei der Anwendung der CDA-Methode werden solche Transformationen z. B. im vorliegenden Schritt 3 durchgeführt, in Form der Transformation der E_n' , die kein EP mehr enthalten, in die neuen Einzelmessungen $E_n'(T)$ (Fig. 4b, links). Eine analoge Transformation, jedoch ohne vorausgehenden Subtraktionsvorgang wird mit den Einzelmessungen E_n in Schritt 1 von Teil 2 vorgenommen, auf den unten noch eingegangen wird.

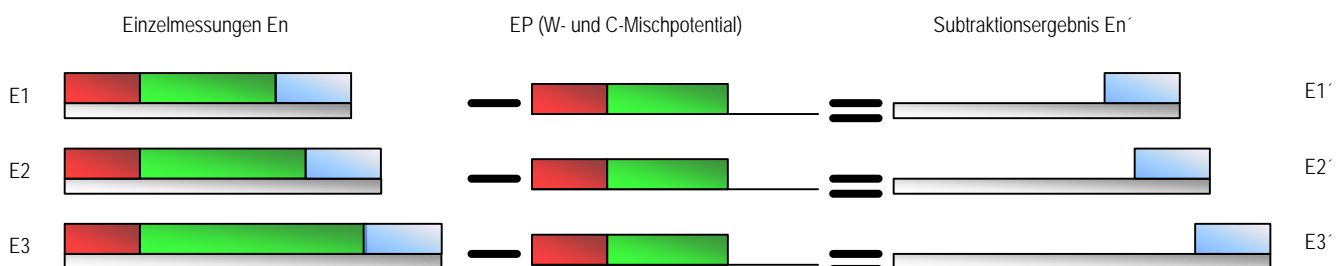


Fig. 3 Schematisierte Subtraktion des EP von den Einzelmessungen E_n (Schritt 2, Teil 1):
Der Average EP, also das W- und C-Mischpotential (Mitte), wird von jeder Einzelmessung E_n (links) subtrahiert. Das Subtraktionsergebnis sind die E_n' (rechts). Sie enthalten keine reizkorrelierten Anteile mehr, sondern nur noch das reaktionskorrelierte M-Potential - das mit dem Reiz nicht linear zusammenhängt - und das noch eine Vermischung mit der Hintergrundaktivität HA aufweist. Der Subtraktionsschritt ist die entscheidende, über alle bisherigen Ansätze hinausgehende **Innovation der CDA-Methode** (betrifft signalanalytischer Details siehe die einleitende Vorbemerkung).

Schritt 4: Mit der Anordnung der $En'(T)$ wird das zweite Averaging der CDA-Methode durchgeführt (Fig. 4b). Als Ergebnis erhält man das rein reaktionskorrelierte Potential (M-Potential), das aufgrund der Subtraktion in Schritt 2, völlig frei ist von linear reizkorrelierten Potentialanteilen (Fig. 4b, rechts). Das mit Teil 1 der CDA-Methode angestrebte Ziel wurde durch die Schritte 1 bis 4 zweifelsfrei erreicht.

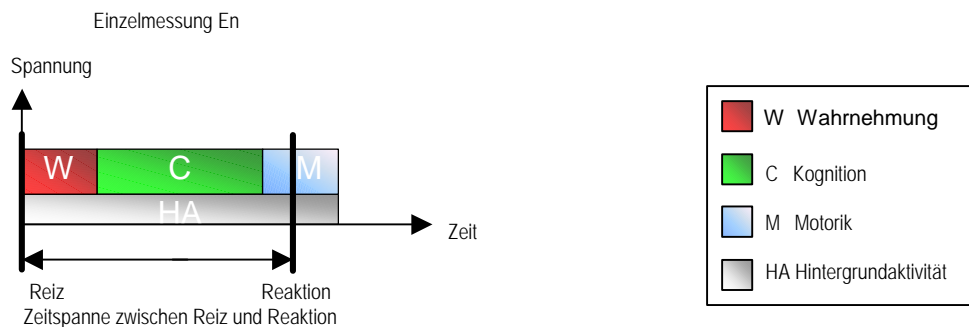


Fig.4a Die funktionellen Komponenten der Einzelmessungen En und die Beziehung zur Reaktionszeit: Die Rechtecke symbolisieren in vereinfachter Form die negativen oder positiven Amplitudenauslenkungen der EEG- oder der Mittelungskurven. Anhand der Reaktionszeit kann grundsätzlich ein Wechsel des Bezugs-/Referenzpunktes (=Nullpunkt) vorgenommen werden, z. B. vom Reizbeginn zum Zeitpunkt der Reaktionsauslösung. Wir bezeichnen solche Wechsel des Bezugs-/Referenzpunktes als Transformation von Einzelmessungen. Die transformierten Einzelmessungen werden durch die Hinzufügung von (T) gekennzeichnet. Der jeweils zweite Bezugs-/Referenzpunkt ist vom Reizbeginn gesehen in anterograder und vom Zeitpunkt der Reaktion aus in retrograder Richtung positioniert.

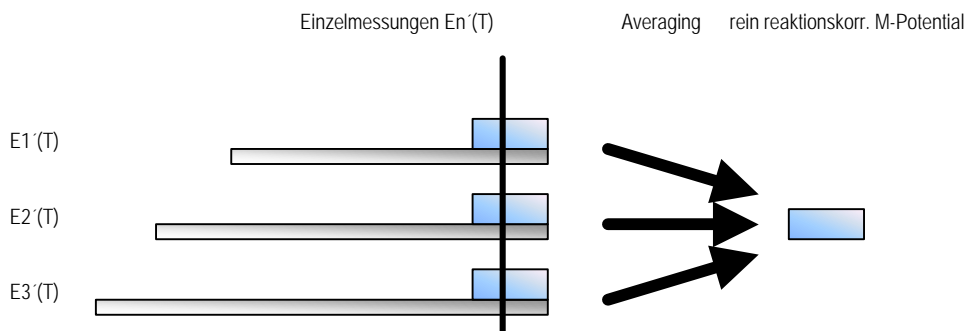


Fig. 4b Transformation mit anschließendem Averaging (zweites Averaging der CDA-Methode): Wie oben gezeigt wurde, entsprechen die En' den neuen Einzelmessungen aus denen jeweils das linear reizkorrelierte EP entfernt wurde. Für die Transformation der En' wird die jeweilige Reaktionszeit zum neuen Bezugspunkt (=Nullpunkt). Durch die Transformation entstehen wiederum neue Einzelmessungen (oder Single Sweeps), die als $En'(T)$ bezeichnet werden. Wie die En' , so enthalten auch die transformierten $En'(T)$ keine linear reizkorrelierten Anteile mehr. Die $En'(T)$ weisen nur noch das M-Potential und die HA auf. Mit dem nachfolgend über die $En'(T)$ durchgeführten Averaging wird das rein reaktionskorrelierte Potential, d.h. das M-Potential der reaktionsspezifischen Motorik, erfasst. Die Hintergrundaktivität HA hängt weder mit W oder M, noch mit C zusammen. HA ist ohne Einfluss auf das erzielte Average-Ergebnis in Form des M-Potentials. Zur quantitativen Bestimmung der HA siehe unten Teil 4.

CDA-Verfahren Teil 2 – Darstellung des rein reizkorrelierten Potentials (W-Potential)

Ziel ist die Erfassung des von reaktionskorrelierten (M- und C-) Anteilen völlig freien, ausschließlich mit dem Reiz korrelierten Potentials (W-Potential). Dieses Ziel wird anhand von fünf Einzelschritten erreicht.

Schritt 1: Die Transformation der original registrierten Einzelmessungen (Single Sweeps) En , auf die Reaktionszeit als den neuen Bezugspunkt, wird jetzt als Erstes durchgeführt (Fig. 5). Das Ergebnis sind die transformierten Einzelmessungen $En(T)$ (siehe Prinzip der Transformation Teil 1, Fig.4a&b).

Die nach der Transformation vorliegenden $E_n(T)$ enthalten – genauso wie die E_n – noch komplett die Komponenten aller vier zerebralen Basisfunktionen (W, C, M, HA). Der Unterschied zwischen den Einzelmessungen E_n und den transformierten Einzelmessungen $E_n(T)$ besteht lediglich darin, dass von der Reaktionszeit als Bezugspunkt gesehen, jetzt die Wahrnehmungskomponente W der Reaktion in unregelmäßigen Zeitabständen (retrograd) vorausgeht. Verantwortlich für dieses nichtlineare Zeitverhalten von W ist die kognitive Komponente C. Ihre von Einzelmessung zu Einzelmessung jeweils unterschiedlich lange Dauer kommt zustande, weil zwischen der Reizwahrnehmung und der Reaktionsauslösung grundsätzlich kein linear gesetzmäßiger Zusammenhang besteht. Das Zusammenfügen von Reizwahrnehmung und efferenter Reaktionsantwort ist eine stets von Neuem zu erbringende, nichtlineare Hirnleistungsfunktion. Die Wahl eines rein signalanalytisch begründeten Bezugs-/Referenzpunktes hat darauf keinen Einfluss. (Die Nichtlinearität wird nach der Transformation mit der Reaktionszeit als Bezugs-/Referenzpunkt lediglich durch das W-Potential in retrograder Richtung angezeigt.) Durch die Transformation kommt es in den Einzelmessungen $E_n(T)$ zur Darstellung stabil übereinander stehender, d.h. linear mit der Reaktionszeit korrelierter M-Potentiale (Fig. 5, links).

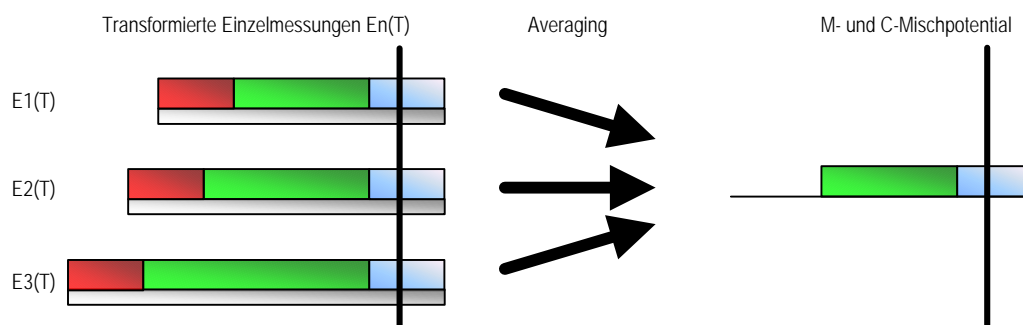


Fig.5 Transformation der Einzelmessungen E_n in $E_n(T)$ und nachfolgendes Averaging (drittes Averaging der CDA-Methode): Basierend auf der pro Einzelmessung bekannten Reaktionszeit des Probanden erfolgt eine Transformation der Einzelmessungen E_n in die transformierten Einzelmessungen $E_n(T)$. Das anschließend über die $E_n(T)$ durchgeführte Averaging extrahiert ein reaktionskorreliertes Mischpotential aus motorischer und kognitiver Komponente (M- und C-Mischpotential).

Schritt 2: Mit diesem Schritt erfolgt das dritte Averaging der CDA-Methode (Fig. 5). Die Mittelung wird über die transformierten Einzelmessungen $E_n(T)$ vorgenommen. Das Ergebnis ist ein Mischpotential, bestehend aus dem linear reaktionskorrelierten M-Potential, das zunächst unauftrennbar mit dem linearen Anteil der (nichtlinearen) kognitiven Komponente C vermischt ist (M- und C-Mischpotential). Das jeweils in unregelmäßigen Zeitabständen vorausgehende, nur mit dem Reiz – nicht aber mit der Reaktion – linear zusammenhängende W-Potential wird bei diesem Averaging ausgelöscht. Die Hintergrundaktivität HA ist weder mit der Reaktion, noch mit dem Reiz und auch nicht mit der Kognition linear korreliert; sie wird deswegen vom M- und C-Mischpotential abgetrennt und ist in diesem erwartungsgemäß nicht enthalten.

Als bedeutsame **Innovation** kann mittels **der CDA-Methode** das M- und C-Mischpotential (genauso wie das oben besprochene W- und C-Mischpotential) erstmals in seine Teilkomponenten aufgetrennt werden (siehe oben Teil 1 \approx M-Potential, Teil 2 \approx W-Potential und unten Teil 3 \approx C-Potential).

Schritt 3: Das M- und C-Mischpotential wird von den transformierten Einzelmessungen $E_n(T)$ subtrahiert (siehe Fig. 6). Dadurch wird aus jeder transformierten Einzelmessung $E_n(T)$ der durchschnittliche reaktionskorrelierte Aktivitätsanteil (M und C) entfernt. Die daraus entstehenden Einzelmessungen $E_n(T)'$ sind aufgrund der Subtraktion frei von linear reaktionskorrelierten Aktivitätsanteilen. Sie enthalten jedoch noch das mit dem Reiz linear zusammenhängende W-Potential und die weder mit der Reaktion, noch mit dem Reiz linear korrelierte HA (die auch keine Korrelation mit der Kognition aufweist). Die durch **Subtraktion** erfolgende Entfernung reaktionskorrelierter Anteile aus den $E_n(T)'$ ist wiederum ein entscheidender, über alle bisherigen Ansätze hinausgehender **innovativer Schritt der CDA-Methode**.

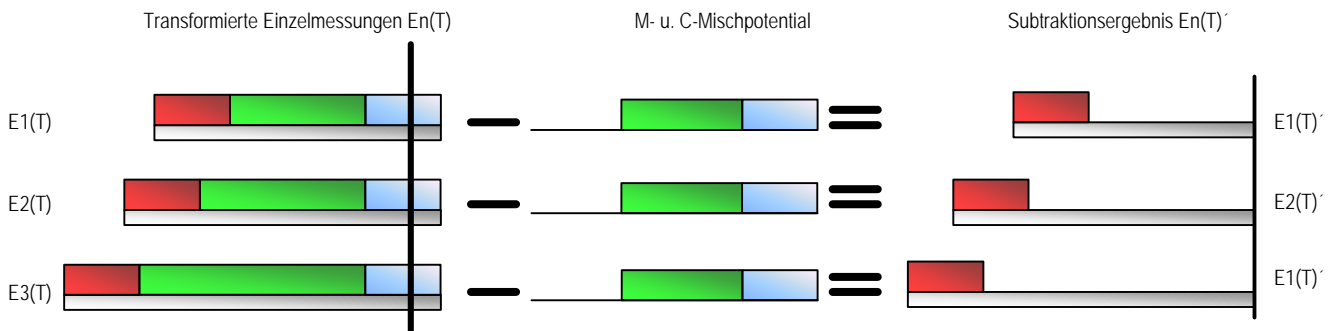


Fig. 6 Schematisierte Subtraktion des M- und C-Mischpotentials von den transformierten Einzelmessungen $E_n(T)$: Das M- und C-Mischpotential (Mitte) wird von jeder Einzelmessung $E_n(T)$ (links) subtrahiert. Das Subtraktionsergebnis sind die $E_n(T)'$ (rechts). Sie enthalten keine reaktionskorrelierten Anteile mehr, sondern nur noch das reizespezifische W-Potential – das mit der Reaktion nicht linear zusammenhängt – und das noch eine Vermischung mit der Hintergrundaktivität HA aufweist. Auch dieser Subtraktionsschritt ist eine entscheidende, über alle bisherigen Ansätze hinausgehende **Innovation der CDA-Methode** (betreffs signalanalytischer Details siehe die einleitende Vorbemerkung).

Schritt 4: Die als Subtraktionsergebnis erhaltenen Einzelmessungen $E_n(T)'$ werden nun auf den Reizbeginn als ursprünglichen Bezugspunkt zurücktransformiert. Dadurch entstehen als neue Einzelmessungen die $E_n(T)'(T)$. Sie enthalten wegen der in Schritt 3 durchgeführten Subtraktion des M- und C-Mischpotentials keine reaktionskorrelierten Potentialanteile mehr, sondern nur noch das mit der HA vermischte reizespezifische W-Potential (Fig. 6).

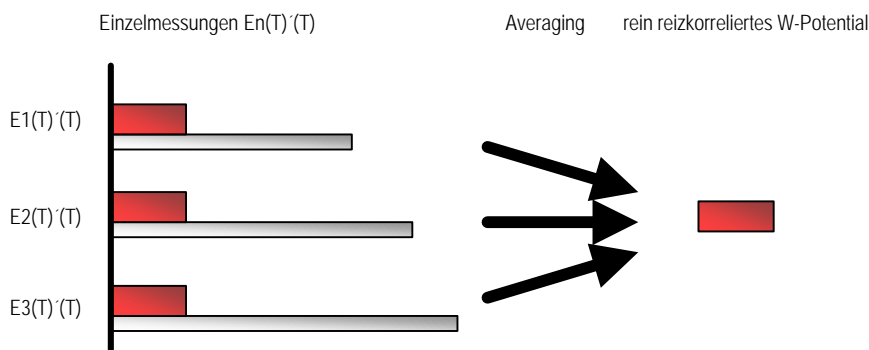


Fig. 7 Rücktransformation auf den Reizbeginn und nachfolgendes Averaging (viertes Averaging der CDA-Methode): Wie oben gezeigt wurde, entsprechen die $E_n(T)'$ den neuen Einzelmessungen, aus denen jeweils das linear reaktionskorrelierte M- und C-Mischpotential durch Subtraktion entfernt wurde. Durch die Rücktransformation der $E_n(T)'$ auf den Reizbeginn als ursprünglichen Bezugspunkt entstehen wiederum neue Einzelmessungen, die als $E_n(T)'(T)$ bezeichnet werden. Wie die $E_n(T)$, so enthalten auch die $E_n(T)'(T)$ keine linear reaktionskorrelierten Anteile mehr. Die $E_n(T)'(T)$ weisen nur noch das W-Potential und die HA auf. Mit dem nachfolgend über die $E_n(T)'(T)$ durchgeführten Averaging wird das rein reizespezifische Potential, das W-Potential der reizespezifischen Wahrnehmung, erfasst. Die Hintergrundaktivität HA hängt weder mit M oder W, noch mit C zusammen, HA ist ohne Einfluss auf das erzielte Average-Ergebnis in Form des W-Potentials. Zur quantitativen Bestimmung der HA siehe unten Teil 4.

Schritt 5: Über die auf den Reizbeginn rücktransformierten Einzelmessungen $E_n(T)'(T)$ wird das vierte Averaging der CDA-Methode durchgeführt. (Fig. 7). Als Ergebnis erhält man das rein reizespezifische W-Potential, das völlig frei ist von linear reaktionskorrelierten Potentialanteilen. Das mit Teil 2 der CDA-Methode angestrebte Ziel wurde durch die Schritte 1 bis 5 auch in diesem Fall eindeutig erreicht.

Bemerkung zur Bezeichnung „Crossed Double Averaging (CDA)“:

Bei vollständiger Anwendung der CDA-Methode kommt es zu insgesamt vier Mittelungsschritten, die als Ergebnis vier Averages ergeben. Davon sind 2 Averages Endergebnisse in Form des W- bzw. M-Potentials. Die anderen beiden Averages (die Mischpotentiale) sind lediglich Zwischenergebnisse für die Bestimmung des W- und M-Potentials sowie des kognitiven C-Potentials (siehe unten Teil 3). Die Mittelungen, die zu diesen vier Averages führen, werden einerseits mit dem Reizbeginn und andererseits mit der Reaktionszeit als Bezugs-/Referenzpunkte durchgeführt. Wenn das Averaging zuerst mit dem Reizbeginn als Bezugspunkt vorgenommen wird, folgt anschließend das Averaging mit der Reaktionszeit als Bezugspunkt (Teil 1 der CDA-Methode). Und vice versa: wenn das Averaging zuerst mit der Reaktionszeit als Referenzpunkt begonnen wird, folgt anschließend die Mittelung mit dem Reizbeginn als Referenzpunkt (Teil 2 der CDA-Methode). Die Reihenfolge der für das Averaging genutzten Bezugs-/Referenzpunkte wird in Teil 1 und 2 der CDA-Methode jeweils kreuzförmig ausgetauscht. Das Charakteristikum der überkreuzten Reihenfolge der Referenzpunkte in Teil 1 und 2 der CDA-Methode erklärt die Bezeichnung als „Crossed Double Averaging (CDA)“.

Der innovative Kern der CDA-Methode ist jedoch der Subtraktionsschritt, infolge dessen der jeweils primär erhältliche Average aus den Einzelmessungen entfernt wird, so dass in dem sekundär erhältlichen Average keine Anteile des primär gewonnenen Average mehr enthalten sein können.

Der Subtraktionsschritt erfolgt je einmal in Teil 1 und 2 der CDA-Methode und ist die Vorbedingung, dass Crossed Double Averaging überhaupt durchführbar ist. Ein Crossed Double Averaging ohne Subtraktionsschritt wäre unsinnig.

Allein schon aus der Bezeichnung Crossed Double Averaging ist erkennbar, dass CDA ein innovatives Verfahren ist. CDA ermöglicht bisher nicht bekannte Zugriffe auf die hirnelektrischen Signale.

In Bearbeitung:

CDA-Verfahren Teil 3 – Darstellung des kognitiven C-Potentials

CDA-Verfahren Teil 4 – Darstellung der Hintergrundaktivität HA