

# **UTAS**

## **Multifokale Software**

### **Benutzerhandbuch**

Heft Datum: 2025-01-28



**CE**  
2797

**Rx only**

**Art.-Nr. 96-014-DE**

EN - <http://www.lkc.com/IFUs>Printable instructions for use (IFU) in multiple languages are stored on the UTAS computer as PDF files in the IFU folder on the computer desktop screen, or go to [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

DE - Druckbare Nutzungsanweisungen (IFU) in mehreren Sprachen werden auf dem UTAS-Computer als PDF-Dateien im IFU Ordner auf Ihrem Desktop gespeichert. Alternativ können Sie [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs) besuchen.

ES - En el ordenador UTAS hay almacenadas como archivos PDF instrucciones imprimibles de uso en varios idiomas, en la carpeta IFU del escritorio del ordenador, o acceda a [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

FR - Des instructions d'utilisation à imprimer (IFU) dans plusieurs langues sont stockées sur l'ordinateur UTAS sous forme de fichiers PDF dans le dossier IFU présent sur le bureau. Vous pouvez également les obtenir sur [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

IT - Le istruzioni per l'uso stampabili (IFU) in più lingue sono archiviate sul computer UTAS come file PDF nella cartella IFU sul desktop. In alternativa, sono reperibili all'indirizzo [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

PL - Instrukcje obsługi (IFU) do druku w wielu językach przechowywane są na komputerze UTAS jako pliki PDF w folderze IFU na pulpicie komputera lub na stronie [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

## Europäische Regulierungsdaten

Gebrauchsanweisungen in anderen Sprachen finden Sie unter [www.lkc.com/IFUs](http://www.lkc.com/IFUs)

Um ein gedrucktes Exemplar dieses Handbuchs anzufordern, senden Sie bitte eine E-Mail an [support@lkc.com](mailto:support@lkc.com) und fügen Sie die folgenden Informationen bei:

- 1) Firmenname
- 2) Ihr Name
- 3) Postanschrift
- 4) Die Seriennummer Ihres Geräts
- 5) Die Teilenummer des Handbuchs, das Sie benötigen

Um die richtige Teilenummer zu finden, öffnen Sie die PDF-Datei in der Gebrauchsanweisung in der gewünschten Sprache und suchen Sie die Teilenummer, die Teilenummer wird entweder auf der Vorder- oder Rückseite der Gebrauchsanweisung angezeigt. Die Teilenummer des Handbuchs sieht in etwa so aus: 96-123-AB.

Ihre Bedienungsanleitung wird Ihnen innerhalb von 7 Tagen zugesandt.

**Referenz 96-020 UTAS Hardware Manual für vollständige regulatorische Informationen.**

LKC Technologies, Inc..  
2 Professional Drive, Suite 222  
Gaithersburg, MD 20879  
USA  
301.840.1992  
[Support@LKC.com](mailto:Support@LKC.com)  
[www.LKC.com](http://www.LKC.com)

Copyright © 2008 – 2025, LKC Technologies Inc., Alle Rechte vorbehalten

### **LKC PRODUKTLEBENSDAUER**

UTAS ist der Handelsname für dieses Gerät und die gesamte zugehörige Software. Die Lebensdauer eines UTAS beträgt 5 Jahre ab dem ursprünglichen Versanddatum des UTAS. LKC wird alle UTAS warten, die sich innerhalb seiner Lebensdauer befinden.

### **SOFTWARELIZENZ**

Die UTAS Software ist ein urheberrechtlich geschütztes Produkt von LKC Technologies, Inc. und ist im Rahmen der folgenden Lizenzvereinbarung in der UTAS enthalten:

Die Software darf nur in Verbindung mit dem UTAS verwendet werden. Der Käufer der UTAS darf Kopien der Software zur Erleichterung der Nutzung anfertigen, sofern der LKC Copyright-Vermerk bei jeder Kopie erhalten bleibt. Diese Lizenz verbietet ausdrücklich die Verwendung dieser Software mit Geräten, die keine LKC Technologies, Inc. UTAS Interface Unit enthalten. Zusätzliche Kopien der Software können erworben werden, um Berichte über UTAS Daten unter Verwendung eines eigenständigen Computersystems zu erstellen.

## **Inhaltsverzeichnis**

Inhaltsverzeichnis.....	4
Verwendungszweck und vorgesehene Benutzer .....	6
Klinischer Nutzen .....	6
Beabsichtigte Zielgruppen.....	6
Anwendungshinweise .....	6
Multifokale softwarespezifische Tests.....	6
Vorsichtsmaßnahmen für die Softwareinstallation .....	7
UTAS einrichten .....	8
Anordnung der Hardware.....	8
Software-Installation .....	8
Upgrade auf MFERG oder MFVEP .....	9
Softwarekonfiguration - Voreinstellungen.....	9
Exportieren von Daten.....	11
Sichern von Daten.....	12
Multifokales ERG .....	13
1.0 Einführung.....	13
1.1 Was ist ein multifokaler Test? .....	13
1.2 Wie funktioniert ein multifokales ERG?.....	13
1.3 M-Sequenzen und Kerne.....	13
1.4 Sichtfeld.....	14
1.5 Wann ist das mfERG sinnvoll? .....	14
1.6 Wann ist das mfERG nicht sinnvoll? .....	15
2.0 Vorbereitung auf eine mfERG-Aufnahme .....	15
2.1 Der Patient.....	15
2.2 Elektroden.....	16
2.4 Ambientebeleuchtung.....	20
2.5 Probleme mit sehbehinderten Patienten.....	20
2.6 Überwachung der Fixation .....	20
3.0 Ausführen des Tests .....	21
3.1 Art der Prüfung.....	22
3.2 Patienteninformationen.....	22
3.3 Kanäle und Labels.....	22
3.4 Musterauswahl.....	22
3.5 Aufzeichnen von Daten .....	25
3.6 Aufzeichnen.....	26
4.0 MFERG-Datenanalyse und -Bericht .....	30
4.1 Auffinden von Patientendaten .....	30
4.2 Analyse der Daten .....	31
Kurzanleitung für MFERG-Aufnahmen.....	38
Kurzanleitung für MFERG-Berichte .....	40
MFERG-Interpretationsleitfaden.....	41
Multifokale VEP .....	50
1.0 Einführung.....	50
1.1 Was ist ein multifokaler Test? .....	50
1.2 Wie funktioniert ein multifokales VEP? .....	50
1.3 M-Sequenzen und Kerne.....	50

1.4 Sichtfeld.....	51
1.5 Wann ist der mfVEP sinnvoll? .....	51
1.6 Wann ist der mfVEP nicht sinnvoll? .....	51
2 Vorbereitung auf eine mfVEP-Aufnahme .....	51
2.1 Der Patient.....	51
2.2 Elektroden.....	52
2.3 Ambientebeleuchtung.....	53
2.4 Probleme mit sehbehinderten Patienten.....	53
2.6 Überwachung der Fixation .....	54
3.0 Ausführen des Tests .....	54
3.1 Art der Prüfung.....	55
3.2 Patienteninformationen.....	56
3.3 Kanäle und Labels.....	56
3.4 Musterauswahl.....	56
3.5 Aufzeichnen von Daten .....	58
3.6 Aufzeichnen.....	59
4.0 MFVEP Datenanalyse und Bericht .....	63
Leitfaden zur multifokalen Fehlerbehebung .....	65
Reinigung zwischen den Patienten .....	66
Reinigung der Stirn- und Kinnstützen.....	66
Referenzen.....	67

## **Verwendungszweck und vorgesehene Benutzer**

UTAS ist ein elektrophysiologisches Gerät, das als Diagnose- und Krankheitsmanagementhilfe bei Sehstörungen oder Augenerkrankungen verwendet wird.

UTAS führt Elektroretinogramm (ERG), Elektrookulogramm (EOG), visuell evoziertes Potenzial (VEP), multifokales ERG / VEP und die Messung psychophysischer Reaktionen des visuellen Systems, einschließlich dunkler Adaptometrie, durch.

Diese Software wird nur qualifizierten Angehörigen der Gesundheitsberufe zum Verkauf angeboten. Die unsachgemäße Verwendung dieser Software kann zu Verletzungen des Patienten führen.

### **Klinischer Nutzen**

Unterstützung von Angehörigen der Gesundheitsberufe bei der Diagnose und Behandlung von Funktionsstörungen/Erkrankungen der Augen- oder Sehbahn oder zur Gewährleistung der Arzneimittelsicherheit.

### **Beabsichtigte Zielgruppen**

Es gibt keine spezifischen Zielgruppen.

### **Anwendungshinweise**

UTAS ist indiziert für die Messung visueller elektrophysiologischer Potentiale, einschließlich Elektroretinogramm (ERG) und visuell evoziertes Potenzial (VEP). UTAS ist auch für die Messung psychophysischer Reaktionen des visuellen Systems, einschließlich dunkler Adaptometrie, indiziert. UTAS ist als Hilfe bei der Diagnose und dem Krankheitsmanagement bei Sehbahnstörungen oder Augenerkrankungen (e.g. diabetische Retinopathie, Glaukom) gedacht.

### **Multifokale softwarespezifische Tests**

Die LKC Technologies Multifocal-Software führt die multifokalen ERG- und VEP-Tests sowie Muster-ERG und VEP durch, um die Diagnose und das Krankheitsmanagement von Sehbahnstörungen oder Augenerkrankungen zu unterstützen.

Die LKC Technologies Multifocal-Software ist nur für die Verwendung mit Läufen auf dem UTAS-Gerät von LKC vorgesehen. Die Software läuft nur auf Computern mit einem Betriebssystem von Windows 10 oder höher und mit einer ganz bestimmten Videosteuerungshardware. LKC unterstützt nur UTAS Computer, die von LKC speziell für diese Software geliefert wurden. Referenz 96-020 UTAS Hardware User Manual für Details zu UTAS Hardware und regulatorischen Informationen.

## **Vorsichtsmaßnahmen für die Softwareinstallation**

### ***Software-Installation***



**WARNUNG:** Die Installation von Software auf dem UTAS Windows-Computer, die nicht direkt von LKC bereitgestellt wird, kann dazu führen, dass das UTAS Gerät nicht mehr funktioniert oder unerwartet abstürzt.

Der LKC UTAS ist ein eigenständiges Präzisions-Medizinprodukt. Der mit Ihrem Gerät gelieferte Computer wurde speziell für einen bestimmten Zweck hergestellt und konfiguriert.

Die Garantie für Ihre UTAS deckt keine Probleme ab, die durch die Installation nicht genehmigter Software auf dem Computer verursacht werden. Das UTAS ist ein medizinisches Gerät, das einen Windows-basierten Computer verwendet. Die Installation zusätzlicher Software auf dem UTAS Computer kann zu einem unsachgemäßen Betrieb des UTAS führen. Es liegt in der Verantwortung des Kunden, sicherzustellen, dass zusätzliche Software, die auf dem UTAS Computer installiert ist, die Leistung seines UTAS Geräts nicht beeinträchtigt. LKC ist nicht haftbar oder verantwortlich für unsachgemäßen Betrieb des UTAS, der durch vom Kunden installierte Software verursacht wird.

**Daher empfiehlt LKC dringend, das UTAS als eigenständiges Medizinprodukt zu verwenden. LKC empfiehlt außerdem dringend:**

**Der Benutzer ändert keine Benutzerberechtigungen oder Softwareeinstellungen.**

**Es dürfen keine nicht von LKC zugelassenen Softwareprodukte auf dem UTAS installiert werden.**

**Darüber hinaus ist die mitgelieferte Multifocal-Software nicht eigenständig und nur für die Verwendung mit dem UTAS vorgesehen.**

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Access, etc.) wurde mit unserer Software getestet und stört nicht. Es ist daher sicher, Microsoft Office auf dem PC der UTAS zu installieren, um Berichte zu generieren und Daten zu analysieren. Es wird empfohlen, alle Office-Anwendungen zu schließen, wenn die Multifocal-Software ausgeführt wird.

## UTAS einrichten

### Anordnung der Hardware

In den meisten Fällen wird Ihre Hardware von LKC Technologies Biomedical Engineers installiert und arrangiert. In den Fällen, in denen dies nicht der Fall ist, müssen Sie diese Richtlinien befolgen.

Der multifokale Monitor sollte hinter der Kinnstützbasis platziert werden. Der Abstand vom Display zum Auge des Patienten bestimmt das Winkelsichtfeld für den multifokalen Stimulus. Der Abstand zwischen dem Bildschirm und der Mitte der Stirnstütze sollte mit den Maßen übereinstimmen, die auf dem Etikett an der Vorderseite des Monitors angegeben sind.

Die Höhe der Kinnstütze sollte so eingestellt werden, dass die Augen eines normalen Probanden ungefähr auf Höhe der Fixierung "X" in der Mitte des Bildschirms sind. Um 99 % der Bevölkerung unterzubringen, muss die Kinnstütze nur um  $\pm 1"$  von der nominellen Position entfernt eingestellt werden. Diese kleine Anpassung ist in der Regel unnötig, da der Patient leicht nach oben oder unten schauen kann, um richtig zu fixieren.



Die Fixierkamera wird am oberen Rand des Monitors von rechts nach links zentriert montiert. Die Neigung der Kamera sollte so eingestellt werden, dass sie eine gute Sicht auf die Augen eines Motivs bietet, dessen Kinn sich auf der Kinnstütze befindet.

### Software-Installation

In den meisten Fällen wird Ihre Software von LKC Technologies Biomedical Engineers installiert. In den Fällen, in denen dies nicht der Fall ist, befolgen Sie diese Anweisungen:

- Führen Sie die MFERGSETUP.EXE Datei aus (doppelklicken Sie darauf).
- Befolgen Sie die Anweisungen, um die Software zu installieren.

Führen Sie nach der Installation der Software die Multifocal-Software aus. Es erscheint ein Feld, in dem Sie nach einem Softwareschlüssel gefragt werden. Dieser Softwareschlüssel muss von Mitarbeitern von LKC Technologies generiert werden und ist spezifisch für Ihren Computer. mfERG und mfVEP haben zwei unterschiedliche Softwareschlüssele. Wenn Sie beide Teile der Software bestellen, benötigen Sie zwei Schlüssel. So senden Sie die erforderlichen Informationen an LKC, damit Schlüssel generiert werden können:

Warten Sie, bis die Abfrage der Nummer auf dem Bildschirm angezeigt wird, und drücken Sie dann die Drucktaste auf Ihrer Tastatur. Dadurch wird ein Bitmap-Bild des Bildschirms in die Windows-Zwischenablage kopiert.

Öffnen Sie WordPad (klicken Sie im Startmenü auf All Programme -> Zubehör -> WordPad) und fügen Sie die Zwischenablage in das Dokument ein.

Speichern Sie das Dokument und senden Sie es an LKC.

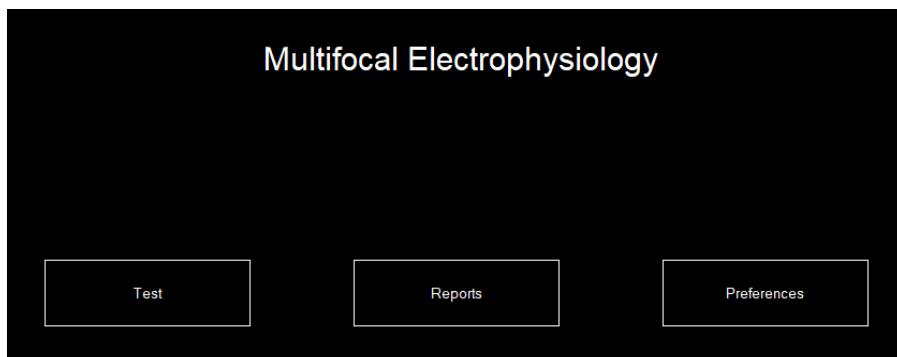
Wenn die Multifokaltaste(n) an Sie gesendet werden, werden sie MFERG genannt . KEY und MFVEP. SCHLÜSSEL. Kopieren Sie diese Datei in das Verzeichnis C:\DataMFERG, um Ihre Software zu aktivieren. Wenn Sie Fragen haben, rufen Sie bitte die LKC Customer Support Hotline an oder senden Sie eine E-Mail.

## **Upgrade auf MFERG oder MFVEP**

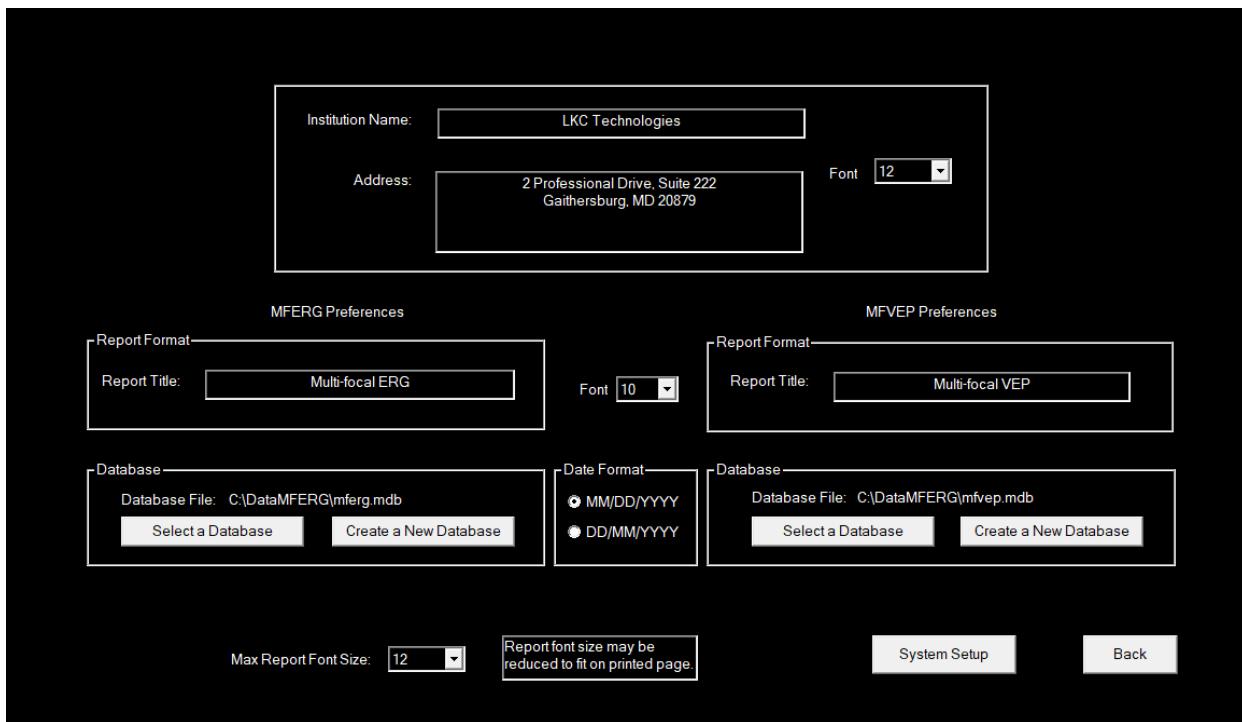
Wenn Sie bereits über einen Lizenzschlüssel für MFERG oder MFVEP verfügen und ein Upgrade auf eine vollständige MFERG + MFVEP-Konfiguration durchführen möchten, gehen Sie auf die Seite Einstellungen und notieren Sie sich die Computer-ID Ihres UTAS. Senden Sie diese ID# per E-Mail an [support@lkc.com](mailto:support@lkc.com) mit der Bitte um einen MFERG- oder MFVEP-Lizenzschlüssel (es können Kosten anfallen).

## **Softwarekonfiguration - Voreinstellungen**

Doppelklicken Sie auf das mfERG-Symbol auf Ihrem Desktop.



Gehen Sie zum Bildschirm "Einstellungen"



Geben Sie Ihre Praxisinformationen in die obersten Felder ein. Diese Kopfzeile wird auf jeder Seite des Berichts ausgedruckt.

Sie können unterschiedliche Titel für MFERG- und MFVEP-Berichte eingeben, die auf den gedruckten Berichten angezeigt werden.

### **Wählen Sie eine Datenbank aus**

Wenn Sie auf diese Schaltfläche klicken, können Sie die Standarddatenbank ändern. Wenn Sie auf die Schaltfläche klicken, erscheint ein Bildschirm, in dem die Namen aller verfügbaren mfERG-Datenbanken aufgelistet sind. Doppelklicken Sie auf diejenige, die Sie auswählen möchten, oder klicken Sie einmal darauf und klicken Sie dann auf **OK**. Der Name der Standarddatenbank wird rechts neben der Schaltfläche angezeigt.

### **Erstellen einer neuen Datenbank**

Wenn Sie auf diese Schaltfläche klicken, werden Sie zur Eingabe des Namens einer neuen Datenbank aufgefordert. Sie können keine Datenbank erstellen, wenn bereits eine Datenbank mit demselben Namen vorhanden ist. Wenn Sie eine neue Datenbank erstellen, wird diese automatisch als Standarddatenbank ausgewählt.

Verschiedene Datenbanken werden verwendet, um MFERG- und MFVEP-Daten zu speichern.

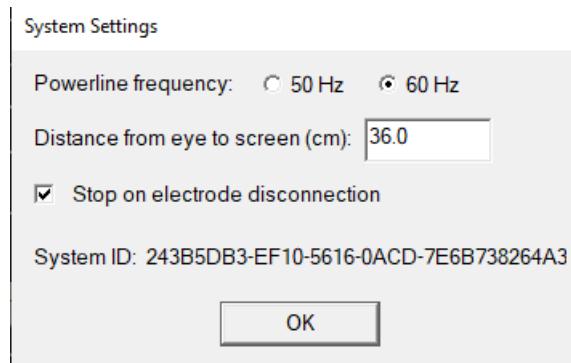
Alle multifokalen Datenbanken werden im Ordner C:\DataMFERG gespeichert



**Sie dürfen keine Daten aus mfERG Version 2.0.0 oder höher in einer Datenbank speichern, die mfERG-Datensätze aus einer früheren Version von mfERG enthält. Die Datensätze sind nicht kompatibel.**

## UTAS einrichten

Durch Klicken auf die Schaltfläche "System-Setup" können Benutzer bestimmte Einstellungen für die Software ändern:



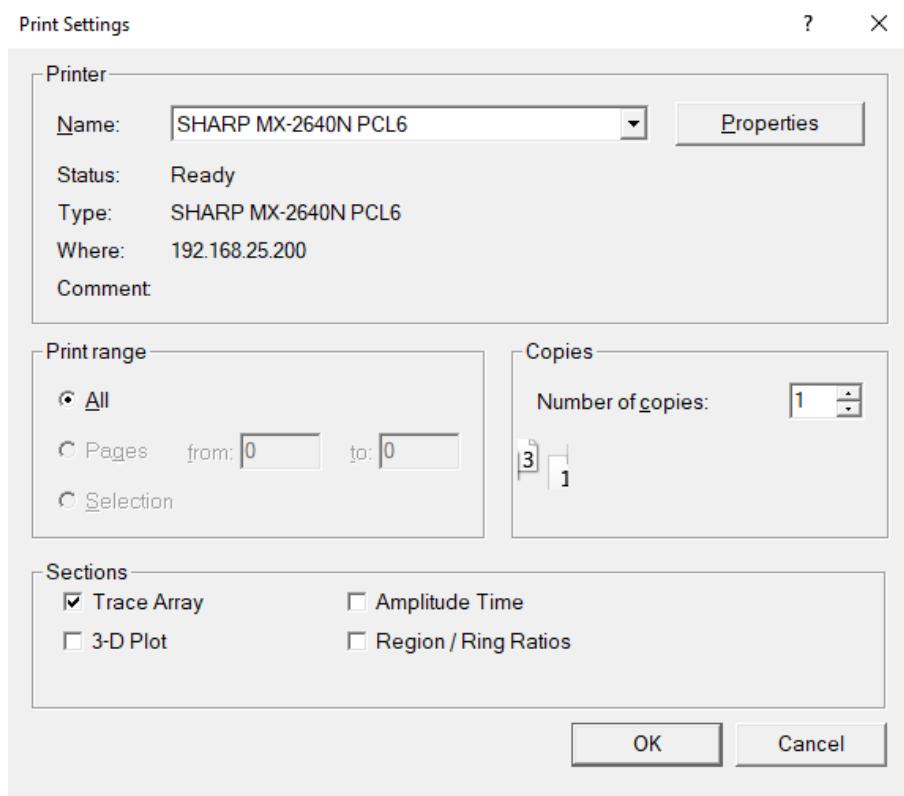
- Der Benutzer kann die Haupt-Powerline-Frequenz auswählen, die das Gerät als Standard für die Filterung festlegen soll
- Der Benutzer kann den Abstand zwischen dem Auge und dem Monitor basierend auf der Größe und dem Sichtfeld des Monitors anpassen
- Der Benutzer kann auswählen, ob die Option zum Trennen der Elektrode während der Prüfung aktiviert werden soll. Das Deaktivieren der Option zum Trennen von Elektroden führt dazu, dass das Gerät Elektrodentrennungssereignisse ignoriert.

## Exportieren von Daten

Um Daten oder Grafiken in einer der Analyseansichten zu drucken oder zu exportieren, klicken Sie auf eine der Schaltflächen unten links auf dem Bildschirm.

Nach einem Klick auf die Schaltfläche Drucken erscheint ein Optionsbildschirm (siehe unten), in dem Sie den Drucker und die gewünschten Analyseansichten auswählen können. Alle ausgewählten Ansichten werden auf derselben Seite gedruckt. Sie können eine, mehrere oder alle Analyseansichten auf einer einzigen Seite drucken.

Nachdem Sie auf die Schaltfläche **"Daten exportieren"** oder **"Grafik exportieren"** geklickt haben, erscheint ein Popup-Menü, mit dem Sie die exportierten Daten/Grafiken in die Zwischenablage verschieben oder direkt in einer .txt Datei (für Daten) oder .png, .jpg oder .bmp Datei (für Grafiken) speichern können.



## Sichern von Daten

LKC empfiehlt, bestehende Datenbanken zu sichern, um sicherzustellen, dass Patientendaten nicht unerwartet verloren gehen. Daher empfiehlt es sich, die Daten häufig zu sichern. Wie oft, hängt davon ab, wie viele Daten bereit sind, verloren zu gehen. Um eine Datenbank zu sichern, wechseln Sie zum lokalen Laufwerk C. Suchen Sie auf dem lokalen Laufwerk C den Ordner DataMFERG. Suchen Sie die gewünschte Datenbankdatei mit der Endung Dateityp .mdb. Kopieren Sie die Datenbank, und speichern Sie sie zur Sicherung auf einem externen Laufwerk oder Server. Es wird empfohlen, Datenbanken in einem anderen Dateisystem als der ursprünglichen Datenbank zu sichern.

# Multifokales ERG

## 1.0 Einführung

### **1.1 Was ist ein multifokaler Test?**

Multifokale Tests sind eine Möglichkeit, ein Elektroretinogramm (ERG) aus vielen Regionen der Netzhaut aufzuzeichnen, um eine Karte der Netzhautfunktion zu erhalten. Bei einem multifokalen Test wird ein Computerbildschirm als Stimulator verwendet und in mehrere kleinere Testbereiche unterteilt. Jeder Testbereich wird durch eine Ein-Aus-Sequenz stimuliert, die sich zeitlich von allen anderen Testbereichen unterscheidet. Evozierte Antworten werden gleichzeitig aus allen stimulierten Bereichen gesammelt, und die resultierenden Daten werden nach der Aufzeichnung verarbeitet, um die einzelnen Antworten zu extrahieren.

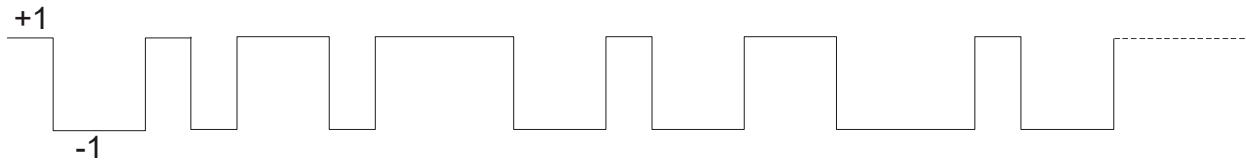
### **1.2 Wie funktioniert ein multifokales ERG?**

Im mfERG ist der Bildschirm, den der Patient sieht, in eine Reihe von sechseckigen Elementen unterteilt – von 19 bis 241. Jedes Sechseck stimuliert einen kleinen Teil der Netzhaut, und das mfERG ermöglicht es, die Reaktion dieses Teils getrennt von anderen Teilen der Netzhaut aufzuzeichnen. Die Amplitude der Reaktion der gesunden Netzhaut ist proportional zur Anzahl der Photorezeptoren, die im stimulierten Bereich enthalten sind. Es ist üblich, die mfERG-Sechsecke so zu skalieren, dass ungefähr die gleiche Anzahl von Photorezeptoren von jedem Sechseck stimuliert wird, damit jedes Sechseck ein ähnliches Signal-Rausch-Verhältnis aufweist. Dies führt zu einem Muster, das kleine Sechsecke im zentralen Bereich und größere Sechsecke mit zunehmendem Abstand zur Fovea aufweist.

Multifokale ERGs sind photopische (lichtadaptierte) Tests und liefern Informationen über die zapfenbasierte Sehbahn. Wie bei herkömmlichen ERGs wird das vom Auge aufgezeichnete Signal hauptsächlich von Zapfen, On- und Off-Bipolarzellen, Müller- und möglicherweise Ganglienzellen abgeleitet. Das mfERG ist jedoch nicht nur "ein kleines ERG". Für eine vollständige Diskussion siehe [Hood, 2000].

### **1.3 M-Sequenzen und Kerne**

Theoretisch ist es möglich, die Antwort jedes einzelnen Sechsecks abzurufen, solange jedes der Sechsecke/Sektoren in einer anderen Reihenfolge blinkt. In der Praxis ist die beste Methode, die Sechsecke zu flashen, die Verwendung einer *pseudo-zufälligen binären Sequenz*. Eine pseudozufällige binäre Sequenz hat 2 Zustände, die mit +1 und -1 bezeichnet werden, und ändert ihre Zustände in gleichmäßig verteilten Intervallen. In jedem Intervall beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass die Sequenz +1 oder -1 ist, 50 %. Eine typische Sequenz könnte wie folgt aussehen:



Jedes ungefähr 1/4" in der obigen Grafik stellt eine einzelne Stimulusperiode (13,9 ms) auf dem Bildschirm dar; Wenn der Sequenzwert +1 ist, wird das Sechseck/Sektor geblinkt, und wenn der Sequenzwert -1 ist, wird das Sechseck/Sektor nicht geblinkt. Die Blitzdauer beträgt ca. 7 ms. Jedes Sechseck/Sektor hat eine andere Sequenz von Blitzen.

Pseudo-zufällige binäre Sequenzen wiederholen sich schließlich. Eine Sequenz, die alle möglichen Permutationen einer Gruppe von zusammenhängenden Zuständen durchläuft, bevor sie sich wiederholt, wird als "maximale Sequenz" oder m-Sequenz bezeichnet. Die m-Sequenzen, die im 103-Hexagon-Stimulus verwendet werden, verwenden beispielsweise Permutationen einer Gruppe von 15 oder 16 zusammenhängenden Zuständen und wiederholen sich nach 32.768 oder 65.536 Elementen. Diese werden als "lange m-Sequenzen" bezeichnet.

Das Signal für ein einzelnes Sechseck aus den aufgezeichneten Daten zu extrahieren ist einfach – man addiert einfach alle Spuren, in denen der Blitz aufgetreten ist (Sequenzwert = +1) und subtrahiert davon alle Spuren, bei denen der Blitz nicht aufgetreten ist (Sequenzwert = -1). Das Ergebnis ist die Reaktion der Netzhaut, die von diesem Sechseck bedeckt ist, auf einen Lichtblitz. Dies wird auch als *Kernel erster Ordnung* des mfERG bezeichnet.

Mit Hilfe der maximalen Länge pseudozufälliger binärer Sequenz (m-Sequenz) ist es auch möglich, andere Effekte zu untersuchen. Der *Kern zweiter Ordnung* des mfERG misst den Einfluss eines vorangegangenen Blitzes auf die Reaktion auf den aktuellen Blitz und ist somit ein Maß für die Anpassung der Netzhaut (insbesondere der Ganglienzellaktivität). Der Kern zweiter Ordnung ist schwieriger zu erfassen und zu interpretieren und wird im Allgemeinen nicht klinisch verwendet.

## 1.4 Sichtfeld

Das Sichtfeld des Multifokals wird durch 2 Faktoren bestimmt – die Größe des Bildschirms und die Entfernung vom Monitor zum Patienten. Die Größe der Muster, die im LKC Multifokal verwendet werden, hängt von der Größe des Bildschirms ab, wobei unsere Richtlinien für den Betrachtungsabstand und dann das Gesamtsichtfeld von 45° ( $\pm 5^\circ$ ) βεφολγτ ωερδεν. Weitere Informationen zur Berechnung der visuellen Subtension von monitorbasierten Stimuli finden Sie in den ISCEV-Kalibrierungsrichtlinien. [CSC, 2003]

## 1.5 Wann ist das mfERG sinnvoll?

Das mfERG ist in erster Linie nützlich bei der Erkennung von Erkrankungen der zentralen und mittleren peripheren Netzhaut, bei denen Flecken mit Netzhautfunktionsstörungen

aufreten können. Zu den Erkrankungen, bei denen sich das mfERG als besonders nützlich erwiesen hat, gehören:

- Hydroxychloroquin (Plaquenil) Retinopathie
- Diabetische Retinopathie
- Frühe altersbedingte Makuladegeneration
- White-Dot-Syndrome wie MEWDS, AZOOR und multifokale Choroiditis
- Astvenenverschluss und zentraler retinaler Venenverschluss
- Morbus Stargardt
- Okkulte Makuladystrophie / Fokale Zapfendystrophie
- Unerklärlicher Sehverlust

## **1.6 Wann ist das mfERG nicht sinnvoll?**

Da das mfERG auf eine sorgfältige Patientenfixierung angewiesen ist, um aussagekräftige Aufzeichnungen zu erhalten, ist es bei Erkrankungen, bei denen der Patient ein großes zentrales Skotom hat, weniger nützlich. Bei Erkrankungen dieser Art fixiert der Patient entweder 1) mit einem bevorzugten Netzhautlocus außerhalb der Fovea oder 2) unregelmäßig. In beiden Fällen können ungenaue oder irreführende mfERG-Ergebnisse erzielt werden. Zu den Erkrankungen mit großen zentralen Skotomen gehören:

- Fortgeschrittene altersbedingte Makuladegeneration
- Signifikantes diabetisches Makulaödem
- Fortgeschrittene Stargardt-Krankheit
- Fortgeschrittene Retinitis pigmentosa mit Makulaverschlechterung

Andere Erkrankungen, die ebenfalls dazu führen können, dass ein Patient nicht in der Lage ist, ausreichend für den mfERG-Test zu fixieren, sind:

- Nystagmus
- Takt
- Schädel-Hirn-Trauma

## **2.0 Vorbereitung auf eine mfERG-Aufnahme**

### **2.1 Der Patient**

Vor der Aufnahme sollte der Patient mit einem kurzzeitigen Mydriatic wie 1% Tropicamid (*Mydriacyl*, *Mydral* usw.) dilatiert werden. Warten Sie mindestens 15 Minuten, bis das Medikament wirkt. Der Patient sollte **für** diesen Test nicht dunkel angepasst sein, aber wenn er hellem Licht ausgesetzt war (z. B. von Spaltlampe, Fundusfotografie, Fluoreszenzangiographie), warten Sie mindestens 10 Minuten vor dem Test.

Da dieser Test eine lange Fixierung ohne Blinzeln erfordert (jeweils 15 Sekunden), empfehlen wir, ein Lokalanästhetikum sowohl im Auge als auch bei der Aufzeichnung nur von einem Auge aus zu verwenden. Die Anästhesie im kontralateralen Auge erleichtert es dem Patienten, während des Tests nicht zu blinzeln.

## 2.2 Elektroden



***Schlechter oder instabiler Elektrodenkontakt ist eine der Hauptursachen für mfERG-Aufnahmen von schlechter Qualität. Wir empfehlen Ihnen, besonders auf die richtige Vorbereitung, Platzierung und Reinigung der Elektroden für die mfERG-Aufzeichnung zu achten.***

### 2.2.1 Aktive Elektrode

Die besten mfERG-Aufnahmen werden mit bipolaren Kontaktlinsenelektroden wie der rechts gezeigten Burian-Allen-Elektrode oder der Mayo-Bipolarelektrode aufgenommen. Wenn Sie eine bipolare Elektrode verwenden, stecken Sie die Kontaktlinse (weißer oder roter Draht) in Kanal 1+ und das Spekulum (schwarzer Draht) in Kanal 1-. Wenn Sie binokular aufnehmen, stecken Sie die zweite Elektrode auf ähnliche Weise in Kanal 2. Die Burian-Allen-Elektrode ist auch in einer monopolaren Konfiguration erhältlich; monopolare Burian-Allen Elektroden erfordern die Verwendung einer separaten indifferenten Elektrode (siehe Abschnitt 2.2.2). Mit dieser Elektrode sollte ein Anästhetikum auf das Auge aufgetragen werden.

Mit der DTL Elektrode erhalten Sie gute mfERG-Aufnahmen. Die DTL Plus-Elektrode (erhältlich von LKC Technologies) verfügt über 2 selbstklebende Schaumstoffpads, um das Gewinde an Ort und Stelle zu halten. Reinigen Sie die Nase in der Nähe des Nasenkanthus und die Haut in der Nähe des Schläfenkanthus mit Alkohol und lassen Sie sie trocknen. Legen Sie das kleinere Schaumstoff-Klebepad mit dem Faden in Richtung Auge auf den Nasenkanthus. Während der Patient nach oben schaut, drapieren Sie den Faden auf der Sklera über dem Unterlid und befestigen Sie dann das größere Klebeschaumpolster auf der Haut in der Nähe des Schläfenkanthus. Wenn der Patient geradeaus schaut, sollte der Faden Kontakt mit der Hornhaut haben. Die Anästhesie ist bei dieser Elektrode optional.

ERG Jet Elektroden können auch als monopolare Elektroden verwendet werden. Bei diesen Elektroden handelt es sich um Kontaktlinsenelektroden mit einem Goldring-Kontaktbereich. Mit dieser Elektrode sollte ein Anästhetikum auf das Auge aufgetragen werden.



## 2.2.2 Indifferente Elektrode

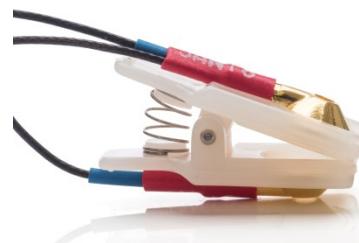
Wenn Sie eine monopolare Elektrode verwenden, platzieren Sie die indifferente (Referenz-)Elektrode in der Nähe des Schläfenkanthus des Auges, von dem aus Sie aufzeichnen, oder abwechselnd auf der Stirn. Reinigen Sie in jedem Fall die Stelle der Elektrode mit einem Vorbereitungspad oder Alkohol, um Hautöle, Make-up usw. zu entfernen, bevor Sie die Elektrode anbringen.

Wenn Sie den Schläfenkanthus verwenden, verwenden Sie eine Goldbecherelektrode (VEP) mit Elektrodencreme (kein Gel) und platzieren Sie sie so nah wie möglich am Schläfenkanthus. (Wenn Sie eine DTL Plus-Elektrode verwendet haben, legen Sie zuerst die DTL an, da das selbstklebende Schaumstoffpolster genau positioniert werden muss. Platzieren Sie dann die indifferente Elektrode.) Verbinden Sie die aktiven Elektroden mit Kanal 1 + (und 2 + bei Aufnahme von zwei Augen) und die indifferente Elektrode mit Kanal 1 – (und 2 – ).

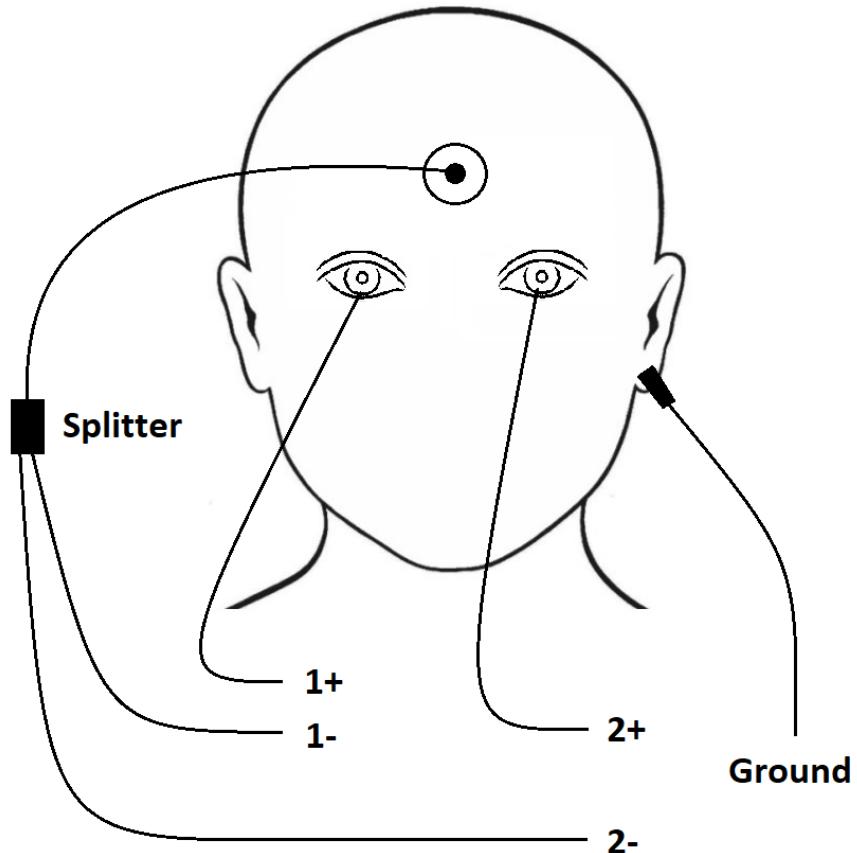
Wenn Sie die Stirn für Ihre indifferente Elektrode wählen, verwenden Sie eine ECG Elektrode und eine Masseklemme. Oder Sie können eine Goldbecherelektrode (VEP) mit Elektrodencreme verwenden.

## 2.2.3 Masse-Elektrode

Eine Ohrclip-Elektrode eignet sich hervorragend als Boden. Ein Ohrläppchen mit Alkohol reinigen und trocknen lassen. Geben Sie Elektrodengel (keine Creme) in beide Becher der Elektrode und legen Sie es auf das vorbereitete Ohrläppchen. Schließen Sie diese Elektrode an den Masseeingang (G) an.

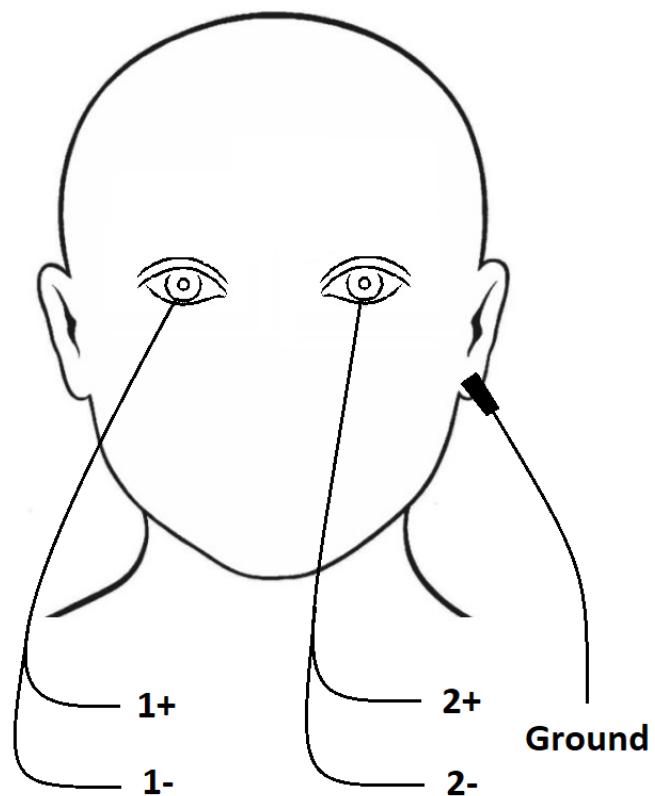


**ERG-Aufbau mit monopolaren Elektroden (z. B. ERG-Jet, DTL).** Beachten Sie, dass es sich bei der Erdungselektrode um einen Ohrclip handelt, der mit Gel gefüllt ist, die Referenzelektroden sind Goldschalenelektroden, die mit Creme gefüllt sind, und die positive oder aktive Elektrode wird hier mit einer monopolaren Hornhautlinse gezeigt (behalten Sie den gleichen Aufbau für jede andere Art von monopolärer ERG-Elektrode bei).



Monopolare Elektrodenplatzierung (ERG-Jet, DTL...)

**ERG/MFERG-Aufbau mit bipolaren Elektroden (Burian-Allen).** Beachten Sie, dass es sich bei der Erdungselektrode um einen Ohrclip handelt, der mit Gel gefüllt ist.



**Bipolare Kontaktlinsen-Elektrodenplatzierung**

## 2.3 Lichtbrechung

"Es gibt einige Kontroversen darüber, ob die Sehschärfe für das mfERG entscheidend ist, zumindest innerhalb eines Bereichs von  $\pm 6$ D von Emmetropie, so dass einige Experten die Refraktion innerhalb dieser Grenzen für unnötig halten." [Marmor, 2003]

Wenn Sie sich dafür entscheiden, Ihre Patienten vor der Aufnahme zu brechen, empfehlen wir Ihnen, eine +3 D (Dioptrienlinse) hinzuzufügen, um den Abstand des Aufzeichnungsbildschirms (~30 cm) auszugleichen. Darüber hinaus sollten Sie sich darüber im Klaren sein, dass eine signifikante refraktive Korrektur die Netzhautgröße der Musterelemente verändert und Ihre Fähigkeit, die Ergebnisse zwischen Patienten zu vergleichen, einschränken kann.

## 2.4 Ambientebeleuchtung

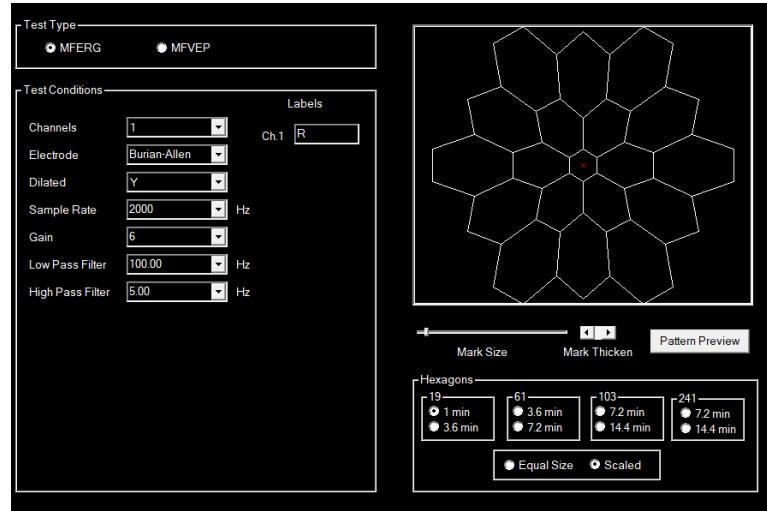
Der mfERG ist ein photopischer Test und sollte bei eingeschaltetem Raumlicht durchgeführt werden. Die ideale Lichtintensität für die Raumbeleuchtung ist eine, die eine Beleuchtung des Motivs erzeugt, die nahe an dem Durchschnitt des Stimulusschirms ( $100 \text{ cd/m}^2$ ) liegt. Wenn die Raumbeleuchtung zu hell ist, kann es zu Reflexionen auf dem Patientendisplay kommen, die die Aufzeichnung des mfERG stören.

## 2.5 Probleme mit sehbehinderten Patienten

Patienten mit erheblicher zentraler Sehbehinderung haben Schwierigkeiten, sich auf den Bildschirm zu fixieren. Das übliche Fixierungsziel ist ein kleines "X" in der Mitte des zentralen Sechsecks. Dieses Fixationsziel kann verlängert und verdickt werden. Das **Steuerelement**

**"Markierungsgröße"** bestimmt die Länge der Schenkel des "X", während das Steuerelement **"Verdickung markieren"** die Dicke der Schenkel bestimmt.

Patienten mit schlechtem zentralem Sehvermögen können manchmal fixieren, indem sie das vergrößerte "X" in ihrem verbleibenden Sehvermögen zentrieren. Dies ist jedoch ein Schritt der Verzweiflung, da es unwahrscheinlich ist, dass ihre Fixierung stabil genug für gute mfERG-Aufnahmen bleibt. Im Allgemeinen sollten Sie die Fixierung "X" nicht von der Standardgröße ändern, da dies einen größeren Teil der mfERG-Sechsecke verdeckt, was zu einer verringerten Antwortamplitude führt.



## 2.6 Überwachung der Fixation

Es wird eine Kamera zur Verfügung gestellt, mit der Sie den Patienten während der multifokalen Untersuchung überwachen können. Die Kamera wird an der Oberkante des

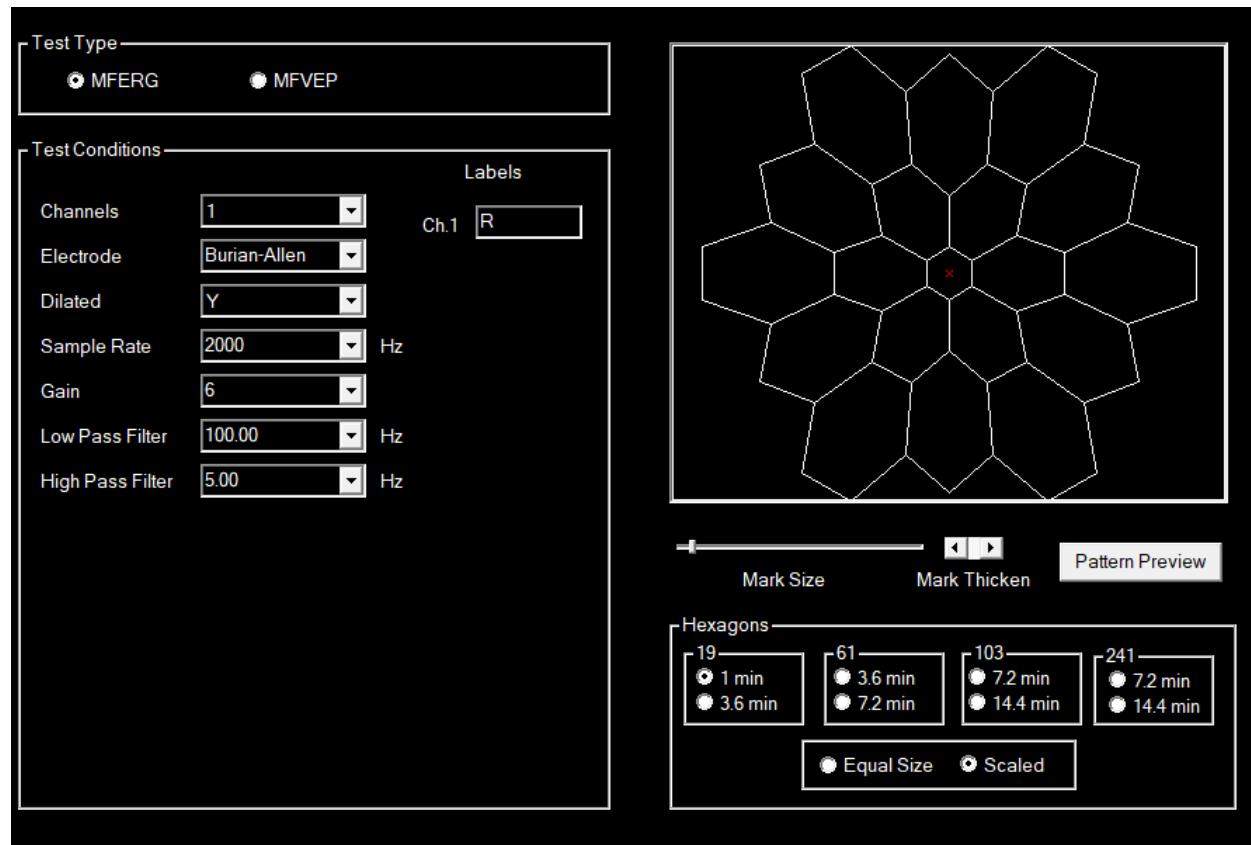
Stimulatormonitors montiert. Das Bild der Kamera wird auf dem Bedienerbildschirm des Computers angezeigt. Mit dieser Kamera können Sie sehen, ob:

- der Patient blinzt oder bewegt seine Augen,
- eine Elektrode herausgefallen ist, oder
- Der Patient ist stark defixiert.

Mit der Kamera können Sie nicht feststellen, ob der Patient leicht abfixiert ist, wie dies bei einem Patienten mit einem zentralen Skotom der Fall ist, der einen alternativen bevorzugten Netzhautort verwendet. Mit nichts Geringerem als einer Netzhautkamera können Sie feststellen, ob das zentrale Sechseck direkt auf die Fovea fällt.

### **3.0 Ausführen des Tests**

Öffnen Sie die Multifocal-Software und wählen Sie *Test* aus.



### 3.1 Art der Prüfung

Wählen Sie MFERG, wenn die Option nicht angezeigt wird, bedeutet dies, dass Sie keine MFERG-Lizenz haben. Informationen zum Upgrade finden Sie im Abschnitt UTAS Setup in diesem Handbuch.

### 3.2 Patienteninformationen

Nachname oder Ausweis und Geburtsdatum sind erforderlich, um einen Test zu starten.

Patient Information	
Last Name	<input type="text"/>
First Name	<input type="text"/>
Middle Initial	<input type="text"/>
Sex	<input type="button" value="▼"/>
Identification	<input type="text"/>
Date of Birth	<input type="text"/>
Diagnosis	<input type="text"/>

### 3.3 Kanäle und Labels

Kanalnummer: Alle UTASs können monokular oder binokular aufzeichnen. Die Software wählt automatisch das rechte Auge in Kanal 1 und das linke Auge in Kanal 2.



**Wenn Sie jeweils nur mit 1 Auge/1 Kanal aufnehmen, verwenden Sie immer Kanal 1.**

Test Conditions		Labels
Channels	<input type="button" value="1"/>	Ch.1 <input type="text" value="R"/>
Electrode	<input type="button" value="Sensor Strip"/>	
Dilated	<input type="button" value="Y"/>	
Sample Rate	<input type="button" value="2000"/>	Hz
Gain	<input type="button" value="6"/>	
Low Pass Filter	<input type="button" value="500.00"/>	Hz
High Pass Filter	<input type="button" value="0.30"/>	Hz

### 3.4 Musterauswahl

Bei der Auswahl eines mfERG-Tests sind drei Elemente zu berücksichtigen:

- Anzahl der Sechsecke
- Skalierung von Sechsecken
- Länge der m-Sequenz

Die mfERG-Software bietet Ihnen mehrere Auswahlmöglichkeiten für die Anzahl der Sechsecke und die Länge der m-Sequenz, um Ihre klinischen Anforderungen zu erfüllen.

## Anzahl der Sechsecke

Je größer die Anzahl der Sechsecke ist, von denen Sie aufnehmen, desto kleiner ist das Signal von jedem Sechseck. Da das während der Aufzeichnung erzeugte Rauschen unabhängig von der Größe des Sechsecks ist, bieten größere Sechsecke (die höhere Signale erzeugen) ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis und ermöglichen somit kürzere Aufnahmezeiten eines Patienten. Daher sollten Sie im Allgemeinen mit der kleinsten Anzahl von Sechsecken aufnehmen, mit denen Sie die Störung beheben können. Wir stellen fest, dass 61 Sechsecke einen guten Kompromiss für viele Erkrankungen darstellen.

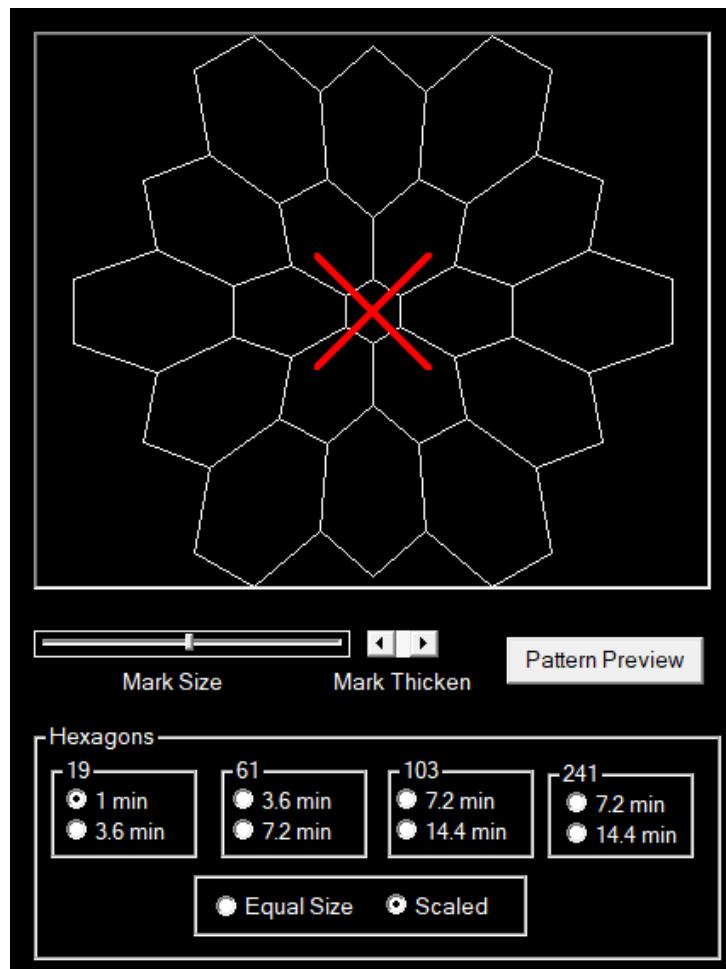
## Skalierung von Sechsecken

Wenn Sie mit menschlichem Auge aufnehmen, empfehlen wir die Verwendung der skalierten Sechsecke. Die Skalierung der Sechsecke mit Exzentrizität ist derart, dass jedes Sechseck ungefähr die gleiche Anzahl von Kegeln stimuliert, was zu annähernd gleichen Amplitudenantworten in jedem Sechseck führt.

Wenn Sie von Tieren aufnehmen, empfehlen wir die Verwendung von gleich großen Sechsecken. mfERGs, die gleich große Sechsecke verwenden, lassen sich leichter interpretieren, wenn die Fixierung unsicher ist. Darüber hinaus haben viele Tierarten Zapfendichteprofile, die sich deutlich von denen des Menschen unterscheiden.

## M-Sequenzen

Längere M-Sequenzen ermöglichen eine bessere Mittelung der Daten und sorgen so für leisere Aufnahmen. Bei der Verwendung von verrauschten Elektroden, wie z. B. DTL Elektroden, sollte eine längere m-Sequenz verwendet werden. Im Allgemeinen nimmt das Rauschen um die Quadratwurzel der Aufnahmezeit ab, so dass eine 4-fache Dauer des Rauschens das Rauschen auf etwa 1/2 seines ursprünglichen Wertes reduziert. LKC klassifiziert m-Sequenzen nach der ungefähren Zeit, die benötigt wird, um eine Aufnahme abzuschließen. (Da wir Stimuli mit einer Rate von 72 Hz präsentieren, gibt es  $72 \times 60 = 4320$  Stimuli pro Minute.)



Aufzeichnen von Time	Länge der m-Sequenz
1 Minute	4 096 (12 Bit)
4 min	16 384 (14 Bit)
8 Minuten	32 768 (15 Bit)
15 Minuten	65 536 (16 Bit)

Die empfohlenen Aufzeichnungszeiten für verschiedene Elektroden sind:

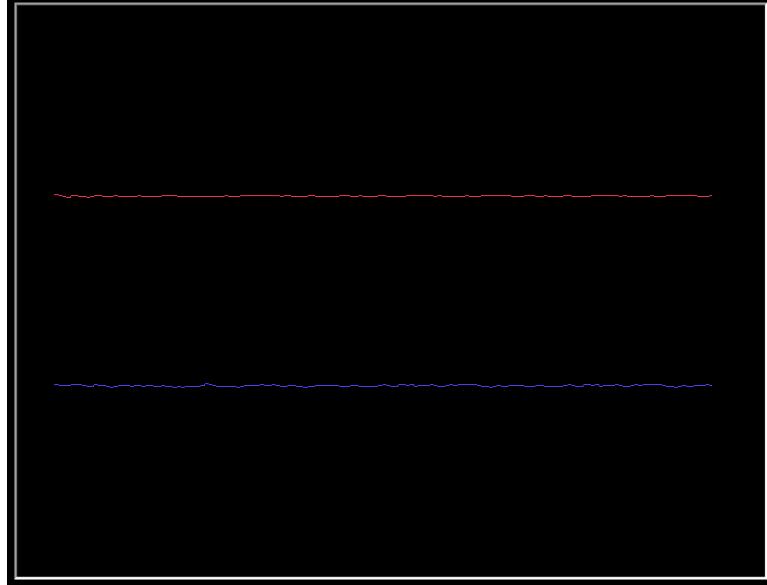
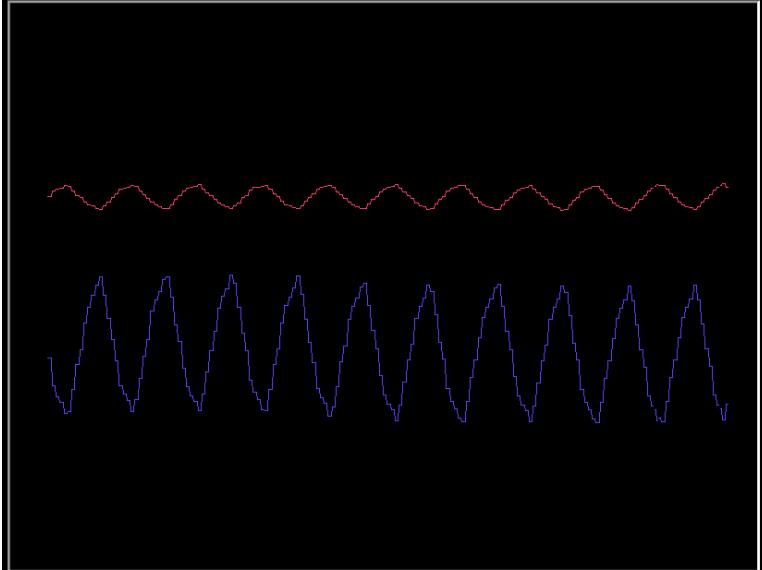
Sechsecke	Aufnahme mit Burian-Allen Elektroden	Aufzeichnung mit DTL Elektroden oder ERG Jet
19	1 Minute	4 min
61	4 min	8 Minuten
103	8 Minuten	15 Minuten
241	8 min zweimal aufgezeichnet und gemittelt	15 Minuten 4 Mal aufgezeichnet und gemittelt

### 3.5 Aufzeichnen von Daten



#### Grundlinie

Nachdem die Elektroden auf dem Patienten platziert und an den Verstärker oder das Patientenkabel angeschlossen wurden, sollten Sie die Baseline durchführen, um sicherzustellen, dass alle Verbindungen ordnungsgemäß funktionieren und der Patient in der Lage ist, die Fixierung stabil zu halten. Lassen Sie den Patienten sein Kinn in die Kinnstütze stecken und passen Sie bei Bedarf die Höhe der Stirnstütze an. Lassen Sie den Patienten dann direkt auf die rote Fixierung "X" auf dem Bildschirm schauen. Klicken Sie auf **Baseline**. Das UTAS beginnt mit der Datenerfassung, ohne einen Stimulus zu präsentieren, und ermöglicht es Ihnen, die Ausgangsdaten des Patienten zu beobachten. Im Folgenden finden Sie Beispiele für gute und schlechte Baseline-Ablaufverfolgungen.

<p>Gute Ausgangsbasis</p>	
<p>Schlechtes Ausgangsszenario</p> <p>Diese Baseline weist übermäßiges Netzrauschen (50/60 Hz) auf. Es wird höchstwahrscheinlich durch eine schlechte Elektrodenverbindung verursacht, obwohl es auch andere mögliche Erklärungen für das Rauschen gibt.</p> <p>Die Analyse umfasst die Entfernung von Stromleitungsstörungen, so dass eine vollständige Beseitigung von Stromleitungsstörungen nicht erforderlich ist.</p>	

### 3.6 Aufzeichnen

Die Software LKC mfERG unterteilt Aufnahmen in eine Reihe von Segmenten. Während jedes Segments muss der Patient das Fixationsziel fixieren, ohne zu blinzeln. Nach jedem Segment kann der Patient blinzeln oder sich ausruhen, bevor er fortfährt. Längere *m*-Sequenzen haben mehr Segmente.

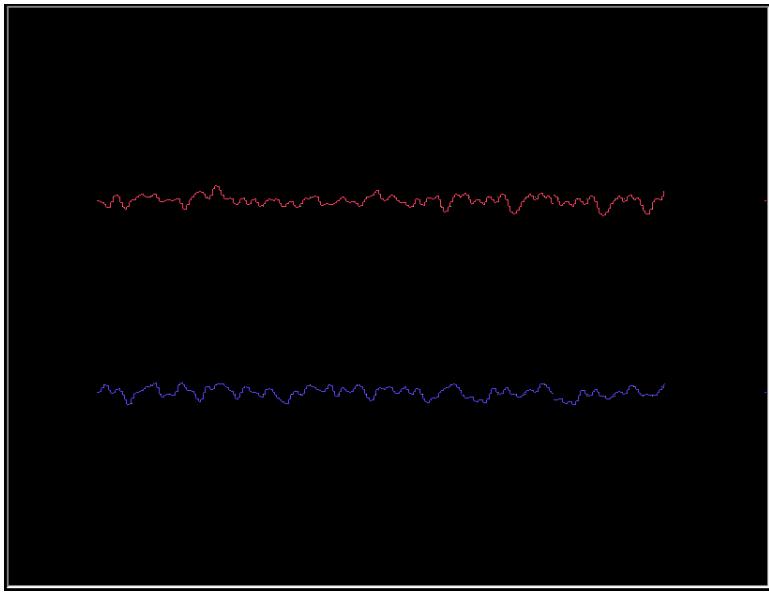
Jedes Segment besteht aus einer Reihe von Schritten. Jeder Schritt ist eine Stimuluspräsentation, also 72 Schritte pro Sekunde. Es gibt 1024 Schritte pro Segment, also ist ein Segment  $1024 / 72 = 14$  Sekunden lang, plus ein weiterer Bruchteil einer

Sekunde für die Synchronisierung und das Überblenden der Segmente miteinander. Der Fortschritt jedes Segments wird auf dem Bildschirm als Bruchteil der Gesamtzahl der Schritte im Segment angezeigt, z. B. 257/1024. Der Fortschritt des Segments wird alle 16 Schritte aktualisiert.

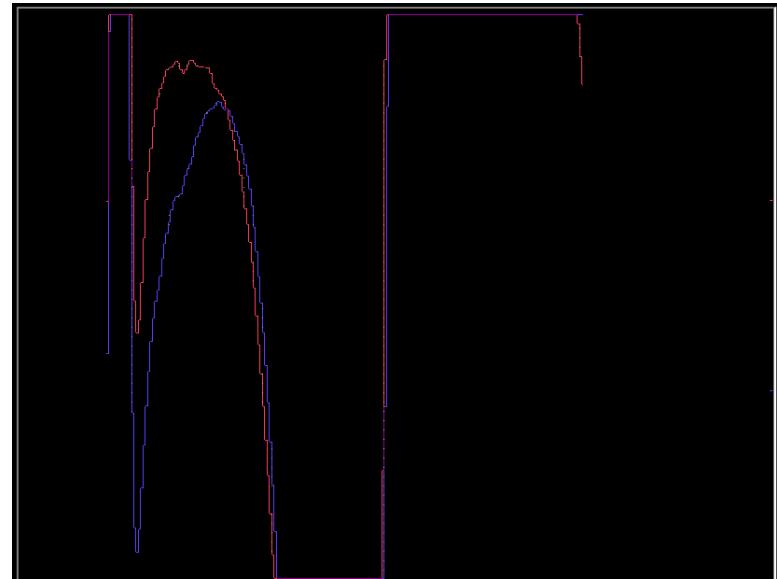
Während der Aufzeichnung werden in einem Fenster die Daten von jeweils 16 Schritten angezeigt. Sie sollten die angezeigten Daten sorgfältig beobachten, um sicherzustellen, dass keine Augenbewegungen oder andere Artefakte die Aufnahme verunreinigen. Beispiele für gute und schlechte Ablaufverfolgungen sind unten aufgeführt. Wenn die aufgezeichneten Daten außerhalb des Fensters zu liegen scheinen, ist das Artefakt im Allgemeinen inakzeptabel groß, und dieses Segment sollte erneut aufgezeichnet werden.

Während der Aufzeichnung eines Segments **kann Interrupt** verwendet werden, wenn der Patient blinzelt oder sich bewegt und Sie das aktuelle Segment wiederholen müssen.

Dies ist eine gute Aufzeichnungsspur während der Erfassung.

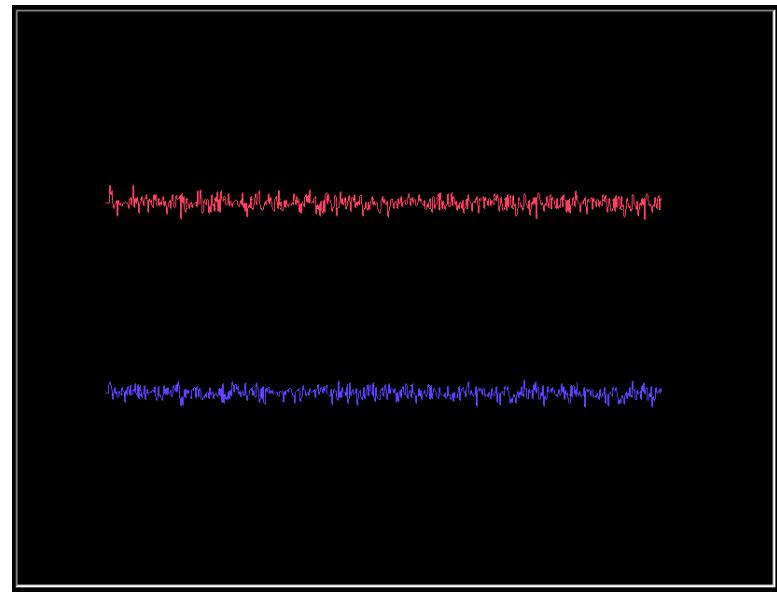


Dies ist ein Beispiel für ein Blinkartefakt während der Aufnahme. Wenn zu viele Blinkartefakte auftreten, sollte das Segment unterbrochen (klicken Sie auf die **Schaltfläche Unterbrechen**) und wiederholt werden (klicken Sie auf die **Schaltfläche Repeat**).

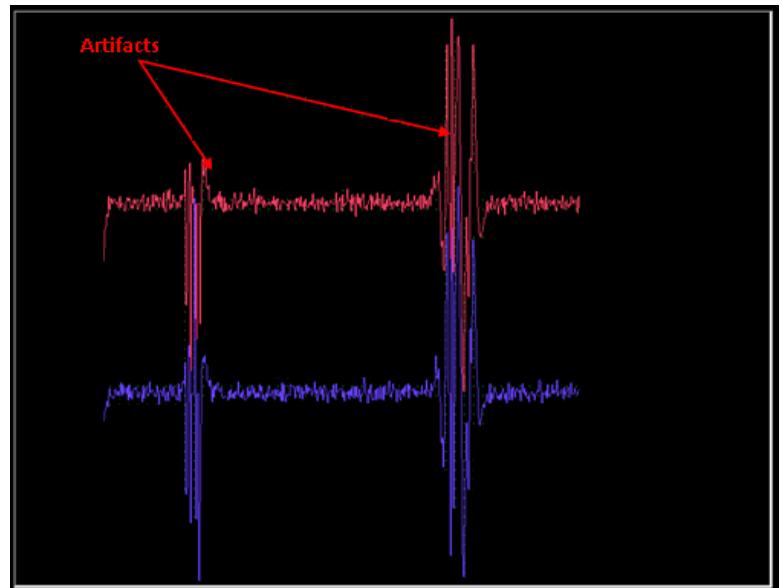


Am Ende des Segments wird eine initiale Verarbeitung durchgeführt, um Artefakte zu eliminieren, und das Segment wird angezeigt. An dieser Stelle kann das Segment wiederholt werden oder Sie können mit dem **Next Segment fortfahren**.

Das ist eine gute Aufnahme. Die Reaktion des Auges auf das mfERG-Signal ist sichtbar (kleine Wavelets), es gibt keine großen Augenbewegungen, und alle Daten liegen innerhalb der Grenzen des Displays und sind relativ konsistent in der Amplitude.



Dabei handelt es sich um ein Segment, das zwei große Augenbewegungen enthält. Die Augenbewegung hat eine größere Amplitude als der Rest der Wellenform. Blinkartefakte werden von den Verarbeitungsalgorithmen entfernt. Wenn die über dem Diagramm angezeigten %-Artefakte jedoch größer als einige Prozent sind, sollte das Segment erneut aufgezeichnet werden. Wählen Sie in diesem Fall **Repeat Segment**, um erneut aufzunehmen.



Setzen Sie die Aufnahme fort, bis alle Segmente fertig sind. Klicken Sie anschließend auf **Test speichern**, um die Daten zu speichern.

Sobald die Daten gespeichert wurden, wird der **Analysebildschirm** angezeigt.

## **4.0 MFERG-Datenanalyse und -Bericht**

Die mfERG-Ergebnisse können durch den verwendeten Stimulator beeinflusst werden, daher sollten der Hersteller und das Modell des Stimulators in die Berichte aufgenommen werden, um den Vergleich der mfERG-Daten mit den Ergebnissen eines UTAS mit einem anderen Stimulatortyp zu erleichtern.

### **4.1 Auffinden von Patientendaten**

Test Type  
 MFERG  MFVEP

Patient Information

Last Name: Dowd  
First Name: Elwood  
Middle Initial: P Gender: M  
Date of Birth: 02-20-1904  
ID: \_\_\_\_\_  
Diagnosis: \_\_\_\_\_  
Test Date: \_\_\_\_\_

Search  Clear All   
Back

Multifocal Electrophysiology

Test  Reports  Preferences

Starten Sie Multifocal Software und gehen Sie zu **Berichte**.

Wählen Sie MFERG unter Testtyp aus

Geben Sie dann Ihre Suchparameter ein (Beispiel rechts)

Wenn Sie auf **Suchen klicken** , werden alle mfERG-Aufzeichnungen mit den entsprechenden Parametern angezeigt.

**Alle löschen** löscht alle Patienteninformationsfelder

Klicken Sie auf **Zurück** , um zum Main Menu zu gelangen

Wählen Sie bis zu 4 Aufnahmen aus der Liste aus. Aufzeichnungen müssen den gleichen **Testtyp** und **die gleiche Testlänge** aufweisen, um zusammen abgerufen werden zu können.

Wählen Sie mit einem Linksklick mit der Maus aus.

Index	Name	BirthDate	TestDate	TestType	TestLength	Label/Eye	
0	test	01/01/2011	09/23/2019	19	1 min	R	
1	test	01/01/2011	09/23/2019	19	1 min	R	
2	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	19	1 min	R	
3	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	19	1 min	L	
4	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	61	3.6 min	R	
5	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	61	3.6 min	L	
6	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	103	7.2 min	R	
7	Doe, John	03/01/1970	09/23/2019	103	7.2 min	L	
8	mf-557	08/08/1999	10/30/2019	19	1 min	R	
9	JS	09/06/1990	10/31/2019	61	7.2 min	R	
10	JS	09/06/1990	10/31/2019	61	7.2 min	L	
11	mf570	08/08/1999	11/18/2019	19	1 min	R	
12	mf553	08/08/1999	11/18/2019	19	1 min	Right	
13	mf553	08/08/1999	11/18/2019	19	1 min	Left	

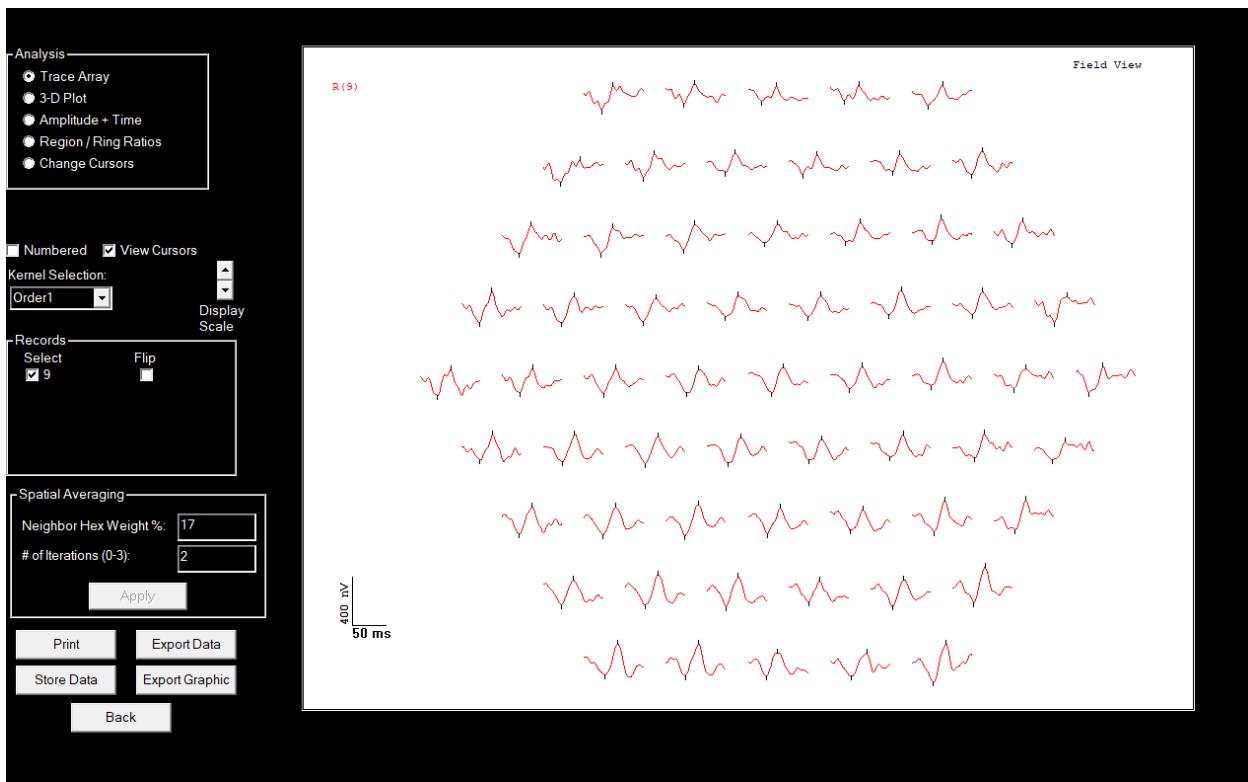
Klicken Sie auf **Next**, um zur Seite Analyse zu gelangen

## 4.2 Analyse der Daten

Für alle mfERG-Analysen ist der Kernel 1. Ordnung die Standardauswahl.

### Trace-Array

In der **Trace-Array-Ansicht** werden die einzelnen mfERG-Wellenformen für jedes Sechseck angezeigt. Dies ist die wichtigste Ansicht Ihrer Daten, da sie zeigt, ob Artefakte vorhanden sind, und Sie die mfERG-Wellenformen am besten interpretieren können. Sie sollten die Trace-Wellenform-Ansicht immer als Teil eines Berichts drucken. Trace-Arrays werden in der Halbbildansicht dargestellt: Die Wellenform ganz rechts ergibt sich aus dem Sechseck ganz rechts auf dem Display (es sei denn, **Umkehren** ist aktiviert), und die oberste Reihe von Wellenformen ergibt sich aus der obersten Reihe von Sechsecken auf dem Display.



Sie können die Vergrößerung der Wellenformen auf dem Bildschirm anpassen, indem Sie den **Schieberegler "Anzeigeskala"** verwenden. Wenn Sie auf den Pfeil nach oben klicken, werden die Wellenformen vergrößert. Die Skala unten links auf dem Bildschirm ändert sich, sodass die korrekte Wellenformamplitude angezeigt wird.

- **Numeriert** Aktiviert die fortlaufende Nummerierung der einzelnen Ablaufverfolgungen.
- **Ansichtscursor** Zeigt die von der Software gesetzten Markierungen für N1 und P1 an (Standardeinstellungen wie aktiviert)
- **Schnipsen** Spiegelt die Wellenformen um eine vertikale Linie. Es lässt ein rechtes Auge als linkes Auge erscheinen oder umgekehrt. Es kann nützlich sein, wenn sich rechte und linke Augen überlappen.

In diesem Bildschirm sollten Sie sich die Platzierung der Cursor auf den Wellenformen ansehen (das **Kontrollkästchen Cursor anzeigen** muss aktiviert sein, um die Cursor zu sehen). Wenn es Sechsecke gibt, bei denen die Cursor falsch platziert zu sein scheinen, können Sie diese mit **der Option "Cursor ändern"** in der linken oberen Ecke des Bildschirms anpassen, wie unten beschrieben.

Wenn Sie mehrere Datensätze ausgewählt haben, können Sie die Anzeige einzelner Wellenformen aktivieren oder deaktivieren, indem Sie das **Kontrollkästchen Auswählen** daneben aktivieren.

Wenn Sie das **Kontrollkästchen "Durchschnitt"** aktivieren, wird der Durchschnitt aller ausgewählten Wellenformen angezeigt.

## Cursor ändern



Die Cursor werden mithilfe einer Template-Stretching-Routine automatisch auf den Wellenformen platziert. [Hood 1998]. Während bei dieser Technik die Cursor für N1 und P1 fast immer an der richtigen Position platziert werden, sollten Sie die Platzierung der Cursor auf der Wellenform überprüfen. Wenn Sie der Meinung sind, dass sie angepasst werden müssen, können Sie dies auf dem **Bildschirm "Cursor ändern"** tun. Wenn Sie auf das Optionsfeld **Cursor ändern klicken**, wird der Bildschirm auf der rechten Seite angezeigt.

Sie können die Antwort von jedem Sechseck anzeigen, indem Sie auf den Schieberegler oben links auf dem Bildschirm klicken. Wenn Sie mit der Cursorposition nicht einverstanden sind, können Sie die Platzierung der Cursor auf N1 und P1 mit der Maus anpassen.

**Klicken Sie unter die Wellenform, um den Cursor für N1 zu platzieren**

**Klicken Sie über die Wellenform, um den Cursor für P1 zu platzieren**

Wenn Sie alle Fehler bei der Cursorplatzierung korrigiert haben, können Sie mit der Analyse Ihrer Wellenformen fortfahren. Hinweis: Anpassungen an den Cursorpositionen werden nicht mit der Wellenform gespeichert.

Wenn mehrere Wellenformen ausgewählt und gemittelt wurden, **können Sie mit Cursor ändern die Cursorplatzierung auf dem Durchschnitt der ausgewählten Wellenformen ändern**.

## Amplitude und Time

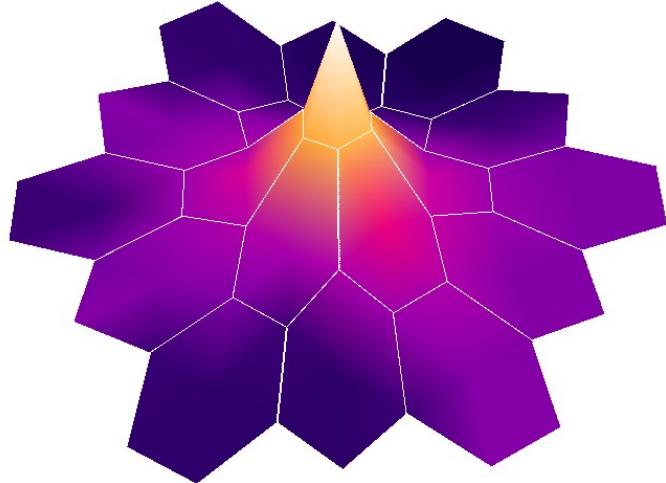
Wenn Sie die numerischen Werte der einzelnen Hexagonamplituden und impliziten Zeiten sehen möchten, klicken Sie auf die **Analyse Amplitude und Time**. Auf dem

Bildschirm werden die Wellenformamplitude (P1 – N1) als Spannung und die implizite Zeit von P1 in Millisekunden angezeigt. Dies wird durch die Legende unten links im Grafikbereich angezeigt. Sie können die Nummerierung der Sechsecke deaktivieren, indem Sie das Kontrollkästchen **Nummeriert** deaktivieren .



Wenn mehrere Wellenformen ausgewählt und gemittelt wurden, zeigt diese Ansicht die Amplitude und Zeit der Cursor der gemittelten Wellenform an.

## 3D-Handlung

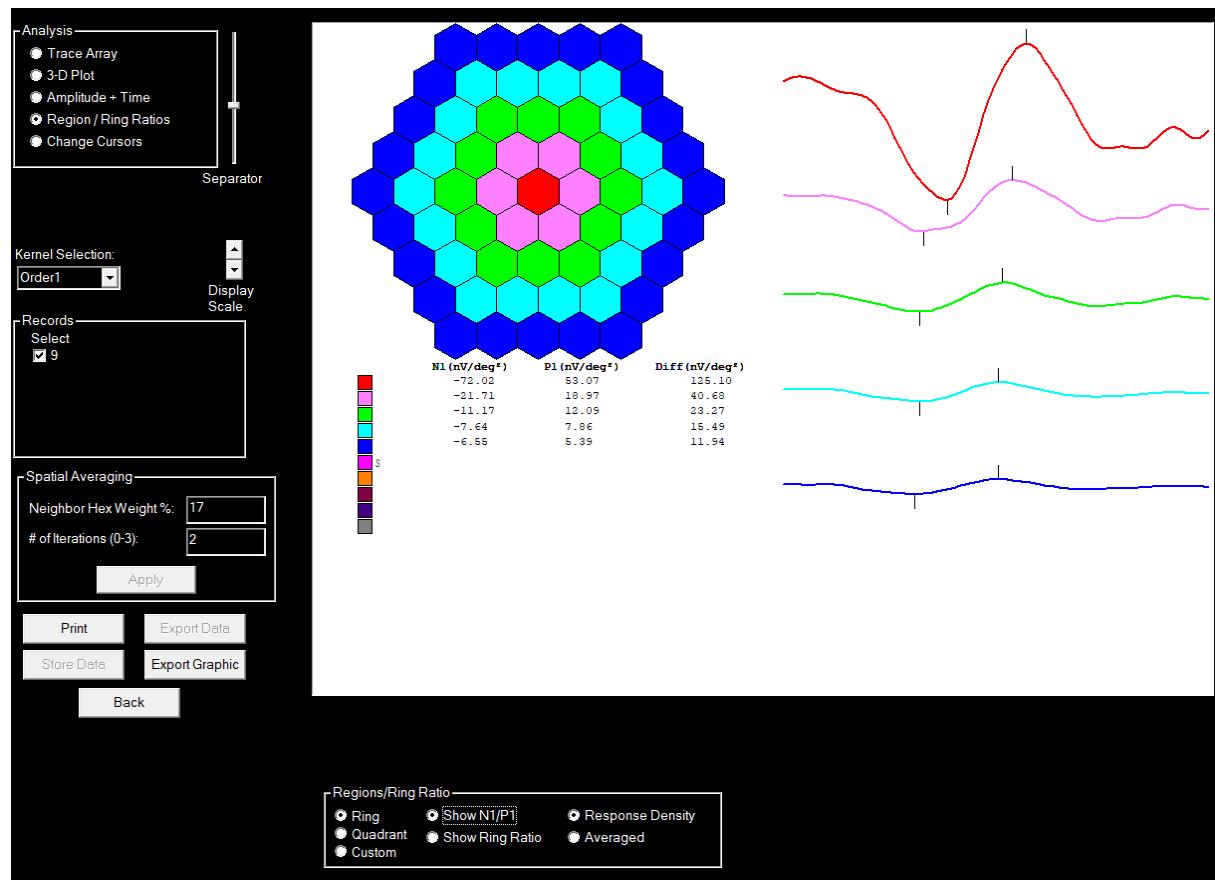


Das 3D-Diagramm ist wohl das am häufigsten missbrauchte mfERG-Datendisplay, im 3D-Diagramm werden die Daten in nV/Grad<sup>2</sup> dargestellt. Das heißt, der Wert des mfERG für ein Sechseck wird durch die Fläche des Sechsecks (in Quadratgrad des Blickwinkels) dividiert. Da die Zapfendichte in der Fovea am größten ist, sollte das 3D-Diagramm einen Anstieg der Amplitude an der Fovea zeigen. Dr. Don Hood von der Columbia University hat jedoch gezeigt, dass ein überzeugend normales 3D-Diagramm erzeugt werden kann, indem die Elektroden in ein Becherglas mit Kochsalzlösung gelegt werden. Dies ist wahr, da das Rauschen in jedem Sechseck konstant ist, sodass das skalierte 3D-Diagramm ein nahezu normales Erscheinungsbild hat. Daher ist es wichtig, die Spurwellenformen zu betrachten, bevor Sie versuchen, das 3D-Diagramm zu interpretieren.

Sie können das Erscheinungsbild des 3D-Diagramms ändern, indem Sie eine der beiden Ebenen mit den Schieberegulern direkt nach rechts und direkt unter dem Diagrammbereich neigen.

## Mittelwertbildung von Regionen

Bei einigen Erkrankungen ist das mfERG in einem regionalen Muster betroffen. Zum Beispiel werden bei der Plaquinil-Toxizität die mfERG-Amplituden in den perizentralen Ringen beeinflusst. In diesen Fällen kann es sinnvoll sein, Regionen des mfERG für die Analyse zu gruppieren. Siehe [Lyons 2007] für ein gutes Beispiel dafür. Wenn Sie zum ersten Mal auf die **Schaltfläche Region/Ringverhältnis** klicken , wird ein Bildschirm angezeigt, in dem alle Sechsecke zu einer einzigen Antwort gemittelt werden.



Die mfERG-Software bietet Ihnen die Möglichkeit, Ihre eigenen Regionen und zwei gemeinsame Standard-Regionalgruppen zu erstellen.

## ***Erstellen eigener Regionen***

Um eine Region Ihres eigenen Designs zu erstellen, müssen Sie zunächst **im Feld Regionen/Ringverhältnis auf Benutzerdefiniert klicken**. Wählen Sie dann eines der farbigen Kästchen unten links auf dem Bildschirm aus. Neben dem Feld sollte ein kleiner Buchstabe "S" angezeigt werden, der anzeigt, dass es ausgewählt ist. Klicken Sie auf die Sechsecke, die Sie in diesen Bereich aufnehmen möchten. Fahren Sie mit der Auswahl von Gruppen und dem Einfügen von Sechsecken fort, bis alle Gruppen definiert sind. Es können bis zu 10 Gruppen definiert werden.

## ***Vordefinierte Regionen***

Die gebräuchlichsten Regionen für die Analyse von mfERG-Daten sind Ringe und Quadranten.

Wenn Sie **Ringbereiche auswählen auswählen**, erstellt die Software automatisch Ringregionen, wie in der Abbildung oben auf der Seite gezeigt. Siehe obiges Beispiel für einen 19-eckigen mfERG-Ringbereich.

Wenn Sie Quadrantenregionen auswählen, unterteilt die Software die Sechsecke automatisch in Quadranten. Einige Sechsecke können in mehr als einem Quadranten enthalten sein. Dies wird in der Grafik angezeigt, wenn dies der Fall ist.

## ***Messend***

Sobald Ihre Regionen definiert sind, können Sie sie messen, indem Sie **im Menü N1/P1 anzeigen auswählen**. Die Software platziert automatisch den Cursor auf den gemittelten Wellenformen für jede Region und bestimmt die Amplitude und Latenz von N1, P1 und P1-N1. Diese werden im Diagrammbereich angezeigt. Sie können die Platzierung dieser Cursor manuell anpassen, indem Sie auf das Kästchen klicken, das der Farbe der Welle entspricht, die Sie anpassen möchten (ein "S" wird neben dem ausgewählten Kästchen angezeigt, um anzuzeigen, dass es ausgewählt wurde), dann klicken und die Cursor an die gewünschte Position ziehen. Die Amplituden- und Latenzwerte werden automatisch aktualisiert, wenn Sie Änderungen vornehmen.

Wenn "Ring" als **"Regionsauswahl"** ausgewählt wurde, können Sie auch **"Ringverhältnis anzeigen"** als Maß auswählen.

## ***Ringanalyse-Einheiten***

Es gibt zwei verschiedene Einheiten, um die Wellenformen anzuzeigen, entweder **die Antwortdichte**, die Ihnen die Ringmittelwerte skaliert, die mit der Größe des Sechsecks in nV/Grad 2 skaliert werden, oder **die gemittelte**, die den einfachen Durchschnitt aller Sechsecke der gleichen Farbe in nV darstellt.

## **Kurzanleitung für MFERG-Aufnahmen**

1. Vor Beginn der Untersuchung sollte der Patient vollständig dilatiert werden (siehe Handbuch zur Patientenrefraktion).
2. Schließen Sie auf dem Computer alle anderen Anwendungen und starten Sie die multifokale Software.
3. Wählen Sie MFERG als Testtyp aus. Geben Sie alle zutreffenden Patienten- und Kanalinformationen ein (wählen Sie 2 Kanäle, wenn Sie binokular aufzeichnen). Es müssen mindestens der Nachname oder die Identifizierung und das Geburtsdatum angegeben werden.
4. Wählen Sie das gewünschte Muster (19 Sechsecke – 1 Minute, 61 – 4 Minuten, 103 Sechsecke – 8 Minuten, 241 Sechsecke – zweimal 8 Minuten aufnehmen).
5. Wenn Sie sich in einem mäßig hellen Raum befinden, bringen Sie die Elektroden gemäß dem mfERG-Aufbaudiagramm an. Achten Sie darauf, die Augen mit einem Lokalanästhetikum zu betäuben und die Kontaktlinse mit Goniosol oder einer anderen 2%igen Methylcellulose zu füllen. Platzieren Sie die Elektroden gemäß der Zeichnung. **HINWEIS: WENN SIE NUR VON EINEM AUGE AUFNEHMEN, VERWENDEN SIE IMMER KANAL 1, UM KONTRALATERALES AUGE ZU BETÄUBEN, WENN SIE NUR VON EINEM AUGE AUFNEHMEN, UM DAS BLINZELN ZU REDUZIEREN.**
6. Legen Sie den Patienten 14" vom Mustermanager entfernt auf die Kinnstütze. Passen Sie die Fixierkamera bei Bedarf an.
7. Starten Sie **die Mustervorschau** und passen Sie dann die Markierungsgröße an, damit der Patient fixieren (Größe oder Dicke ändern) kann.
8. Klicken Sie auf **Next**, um zum Aufnahmefeldschirm zu gelangen. Klicken Sie auf **Baseline**, um den Geräuschpegel zu überprüfen. Die Baseline sollte relativ rauschfrei sein.
9. Sobald Sie eine relativ flache Baseline haben, wählen Sie die **Schaltfläche Aufzeichnen** aus . Dadurch wird die Aufzeichnung des ersten Segments gestartet.
10. Wenn das Aufnahmesegment frei blinkte, gehen Sie zum nächsten Segment, indem Sie auf **Next Segment klicken** (wenn Sie dieses Segment wiederholen möchten, klicken Sie auf **Repeat Segment**).
11. Gehen Sie alle Segmente durch (4 Segmente für 19 Sechsecke, 16 für 61 Sechsecke und 32 Segmente für 103 Sechsecke...). Speichern Sie am Ende aller Segmente die Daten, indem Sie auf die **Schaltfläche Test speichern** klicken .
12. Das **Bild Analyse** wird angezeigt. Werten Sie die Ergebnisse aus und wiederholen Sie die Aufzeichnung gegebenenfalls.
13. Wenn Sie mit dem 241-Sechseck-Muster aufnehmen, müssen Sie für jedes Auge zweimal aufnehmen und später mitteln.
14. Entfernen Sie die Elektroden vom Patienten.

15. Siehe LKC Benutzerhandbuch für die Datenanalyse.

## **Kurzanleitung für MFERG-Berichte**

1. Starten Sie auf dem Computer die Multifocal-Software und gehen Sie zu Berichten
2. Wählen Sie MFERG als Testtyp aus
3. Geben Sie den Nachnamen des Patienten oder die ID-Nummer ein und klicken Sie auf **Suchen**
4. Aufnahme(n) auswählen
5. Wählen Sie die Aufnahme aus, die Sie ausdrucken möchten (e.g., 19 Sechsecke rechtes Auge). Bei 241 Sechsecken sollten Sie zweimal aufgenommen haben – wählen Sie die beiden Aufnahmen aus und mitteln Sie sie.
6. Überprüfen Sie die Cursorplatzierung in der **Ansicht "Trace-Anordnung"**, und verschieben Sie die Cursor bei Bedarf in der **Ansicht "Cursor verschieben"**
7. Drucken der gewünschten Ansichten

## **MFERG-Interpretationsleitfaden**

### ***Einleitung***

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, wie das multifokale ERG betrachtet und analysiert werden kann. Im Folgenden finden Sie allgemeine Richtlinien zum Verständnis und zur Interpretation von mfERG-Daten.

### ***Trace-Arrays***

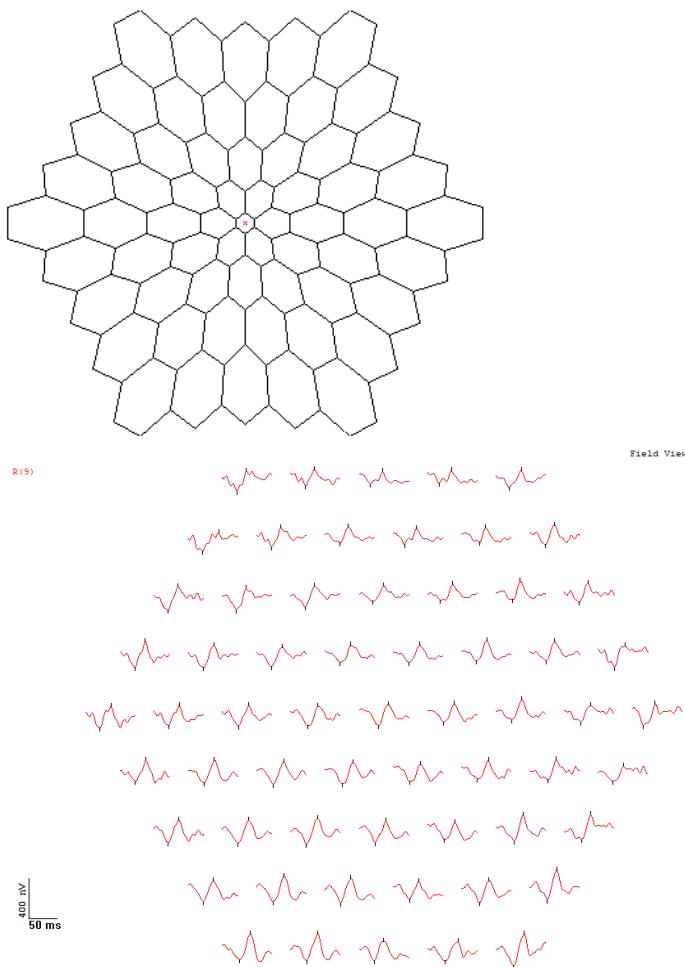
"Das Trace-Array ist die grundlegende mfERG-Anzeige und sollte immer in den Bericht über klinische Ergebnisse aufgenommen werden."

— ISCEV mfERG-Leitlinie [2]

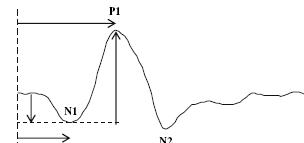
Das Trace Array ist der nützlichste Weg, um die multifokale ERG zu visualisieren und zu verstehen. Sie sollten Ihre Analyse eines mfERG immer mit einem Blick auf das Trace-Array beginnen.

### ***Wie sieht eine gute Aufnahme aus?***

Das Trace Array ist die Darstellung der einzelnen multifokalen ERG-Wavelets, die auf die gleiche Weise wie die Stimuluspräsentation angeordnet sind. Die Sechsecke im multifokalen Stimulus sind so skaliert, dass bei normalen Probanden die mfERG-Antwort in jedem Sechseck ungefähr die gleiche Amplitude hat. Das skalierte Stimulus-Array und ein typisches 61-Hexagon-Trace-Array eines normalen Probanden sind unten dargestellt.



Jedes multifokale Wavelet hat 3 Hauptmerkmale, eine anfängliche negative Ablenkung (N1), gefolgt von einer positiven Ablenkung (P1), gefolgt von einer weiteren negativen Ablenkung (N2). Ein Beispiel ist rechts dargestellt (Bild von [2]).

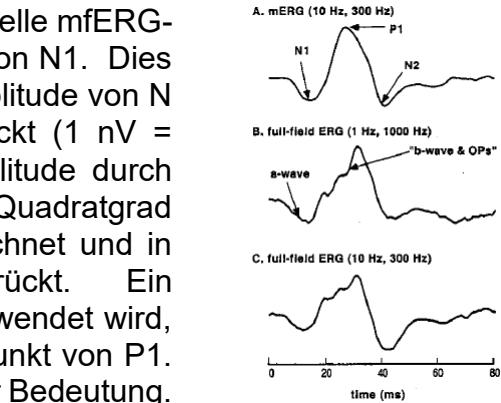


Die multifokale ERG-Reaktion auf jedes Hexagon kann als "Mini-photopisches ERG" betrachtet werden. Die Komponenten des mfERG-Tracing sind nicht exakt identisch mit denen eines ganzfeld-photopischen ERG, aber sie sind sehr ähnlich. N1 besteht aus den gleichen Komponenten wie die a-wave der Ganzfeld-ERG und P1 aus den gleichen Komponenten wie die b-wave und OPs der Ganzfeld-ERG. Weitere Informationen finden Sie unter [1] auf Seite 42 für weitere Einzelheiten. Ein Vergleich mit den Komponenten des photopischen Standard-ERG ist rechts dargestellt (Bild von [1]). Das obere Tracing zeigt ein multifokales ERG-Tracing. Die unteren 2 Spuren zeigen ein photopisches Ganzfeld-ERG mit normalen Verstärker- und Filtereinstellungen und mit Verstärker- und Filtereinstellungen, die den Aufnahmebedingungen des mfERG entsprechen. Beachten Sie, dass die P1 Die Komponente erscheint früher im mfERG als die b-wave im Ganzfeld-ERG.

Das nützlichste diagnostische Maß für die individuelle mfERG-Verfolgung ist die Amplitude von P1, gemessen von N1. Dies wird als "N1-P1-Amplitude" bezeichnet. Die Amplitude von N1-P1 wird typischerweise in Nanovolt ausgedrückt (1 nV = 0,001  $\mu$ V). In einigen Fällen wird die N1-P1-Amplitude durch die Fläche des stimulierenden Sechsecks in Quadratgrad normalisiert; dies wird als "Antwortdichte" bezeichnet und in Nanovolt pro Quadratgrad (nV/deg<sup>2</sup>) ausgedrückt. Ein weiteres diagnostisches Maß, das manchmal verwendet wird, ist die implizite P1-Zeit – die Zeit bis zum Höhepunkt von P1. Die Eigenschaften von N2 sind nicht von klinischer Bedeutung.

Die Amplitude einer ERG-Wellenform ist proportional zur stimulierten Fläche (gemessen in Quadratgraden) und zur durchschnittlichen Photorezeptordichte. Bei einem Ganzfeld-ERG liegt der stimulierte Bereich des Auges (etwa 150° x 120°) in der Größenordnung von 20.000 Grad<sup>2</sup>, während ein typisches multifokales Sechseck (für einen 61-Hexagon-Stimulus) in der Größenordnung von 100 Grad<sup>2</sup> liegt. Während also die Amplitude eines normalen photopischen Ganzfeld-ERG in der Größenordnung

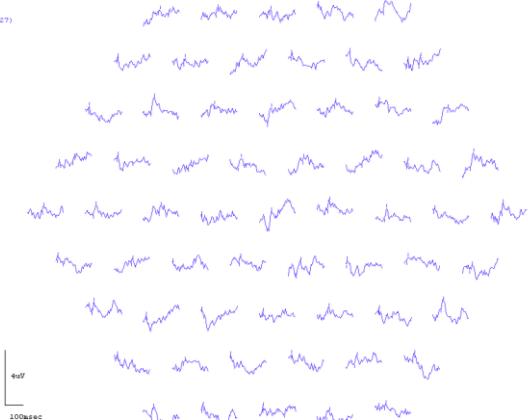
von 100



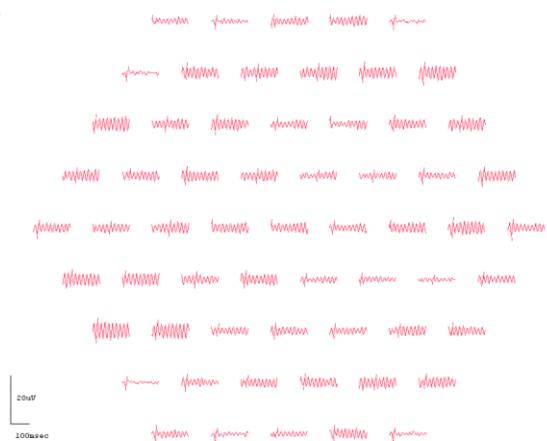
μV liegt, liegt die Amplitude eines mfERG-Sechsecks in der Größenordnung von 1/2 μV oder etwa 500 nV.

*Für diejenigen, die gerade erst mit mfERG beginnen, empfehlen wir dringend, eine Reihe von mindestens 10 normalen Kontrollen aufzuzeichnen. Dadurch wird sichergestellt, dass 1) die Aufnahmetechnik korrekt ist und 2) Sie in der Lage sein werden, ein normales mfERG zu erkennen.*

### Quellen von Artefakten in der mfERG.



**Augenbewegungen.** Die wahrscheinlich häufigste Artefaktquelle im mfERG sind übermäßige Augenbewegungen, Schielen und Blinzeln. Da das Muskelsignal (EMG) von Augen- oder Lidbewegungen Hunderte von mV messen kann

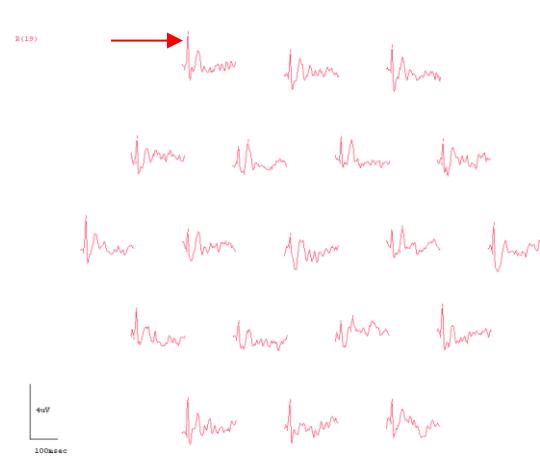


, κανν εσ δασ ζυγρυνδε λιεγενδε μυλτιφοκαλε Σιγναλ λειχητ ωερσχηλειερν. Δασ πριμ™ ρε Ερκεννυνγσμερκμαλ διεσεσ Αρτεφακτσ ιστ εινε αβφαλλενδε Βασισλινιε μιτ ωενιγ οδ ερ κεινερ ερκεννβαρεν mfERG-Wellenform. Die Steigung kann entweder positiv oder negativ sein.

**Netzgeräusche.** Netzrauschen entsteht Stromleitung, die in die Elektroden Aufzeichnung des mfERG verwendet werden. Verschmutzung durch Netzgeräusche ist ein leicht an seinem periodischen sinusförmigen Erscheinungsbild zu erkennen. Ein Beispiel für Netzstörungen (aufgezeichnet mit 60 Hz Stromleitungen) ist rechts dargestellt. In dieser Aufzeichnung ist kein mfERG-Signal vorhanden. Es ist ein reines Artefakt. Wenn Ihr mfERG so aussieht, muss es erneut aufgezeichnet werden.

**Überwachen Sie das Artefakt.** Der Monitor, der zur Aufzeichnung des mfERG verwendet wird, erzeugt synchron zur Stimuluspräsentation eine geringe Menge an Interferenzen. Diese Interferenz kann von den Elektroden aufgenommen werden und als Teil des mfERG-Tracing auftreten. Die übliche Ursache für die Störung ist ein schlechter Elektrodenkontakt oder eine zu nahe am Monitor liegende Elektrodendrähte. Die Interferenz manifestiert sich als Spitze (die positiv oder negativ verlaufen kann) am Anfang der Spurwellenform. Ein Beispiel für ein Monitorartefakt ist in vielen der Abzeichnungen in der Aufzeichnung rechts zu sehen.

durch Störungen in der eingekoppelt sind, die zur Die häufigste Ursache für die schlechter Elektrodenkontakt. Ein Beispiel für Netzstörungen (aufgezeichnet mit 60 Hz Stromleitungen) ist rechts dargestellt. In dieser Aufzeichnung ist kein mfERG-Signal vorhanden. Es ist ein reines Artefakt. Wenn Ihr mfERG so aussieht, muss es erneut aufgezeichnet werden.



### Was ist mit dem toten Winkel?

Bei mfERG-Aufzeichnungen mit den 19-, 61- oder 103-Hexagon-Mustern ist es sehr gut möglich, dass kein Stimulus-Hexagon vollständig in die Papille fällt. Darüber hinaus kann eine geringe Fixationsinstabilität zu einer gewissen Stimulation der benachbarten

Netzhaut führen, selbst wenn ein Sechseck weitgehend in die Papille fällt. Für die Sechseckmuster 19 und 61 wird der blinde Fleck also wahrscheinlich nicht sichtbar sein; Beim 103-Sechseckmuster kann der tote Winkel sichtbar sein oder auch nicht. Bei einer Darstellung von 241 Elementen sollte mindestens ein Sechseck vollständig in die Papille fallen, wenn eine stetige Fixierung beibehalten wird, was zu einem sichtbaren blinden Fleck auf dem mfERG-Trace-Array führt.

### Die Auswirkungen des Alters auf das mfERG

mfERG N1-Die P1-Amplitude zeigt eine lineare Abnahme mit dem Alter von ca. 0,9 % pro Jahr vom 10. bis zum 80. Lebensjahr, während die implizite P1-Zeit mit einer Rate von ca. 1,3 % pro Jahr zunimmt. [5] Diese Altersveränderung sollte bei der Betrachtung der numerischen Ergebnisse für einen bestimmten Patienten berücksichtigt werden.

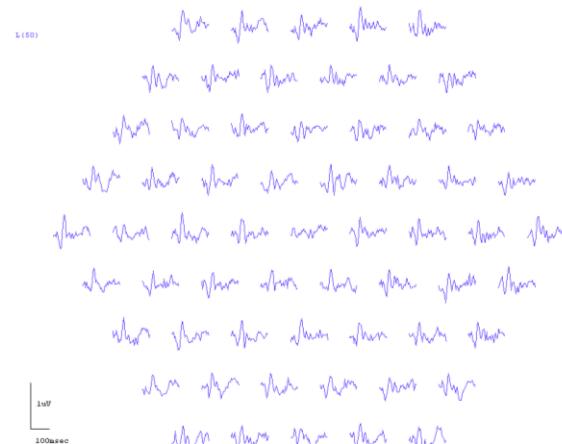
### Die Auswirkungen von Netzhauterkrankungen auf das mfERG

Da das mfERG das ERG lokal misst, ist es sehr nützlich, um Lokalisationen der Erkrankung oder – im Falle von Erkrankungen wie Retinitis pigmentosa – Lokalisationen mit lokalisierter Restfunktion zu identifizieren. Der Haupteffekt der meisten Netzhauterkrankungen besteht darin, die Amplitude von P 1 zu verringern.

Für die meisten Bedingungen, unter denen das mfERG nützlich ist, zeigt das Trace-Array einige Bereiche mit normaler Funktion und einige Bereiche mit abnormaler Funktion. Zum Beispiel zeigt ein Patient mit früher Makuladegeneration in der Regel normale periphere Tracings und abgeschwächte mfERG-Wavelets in der Mitte des Trace-Arrays.

Ein simuliertes AMD Tracing ist rechts zu sehen. Die Simulation wurde erstellt, indem das Licht des zentralen Sechsecks bei der Aufnahme mit einem normalen Auge blockiert wurde.

Andere Störungen manifestieren sich im Spurenfeld als Bereiche mit verminderter N1-P1-Amplitude in den Bereichen mit funktioneller Beeinträchtigung.



### Lokalisationen und Mechanismen von Netzhautschäden und Veränderungen im mfERG

[Übernommen aus der Referenz 1]

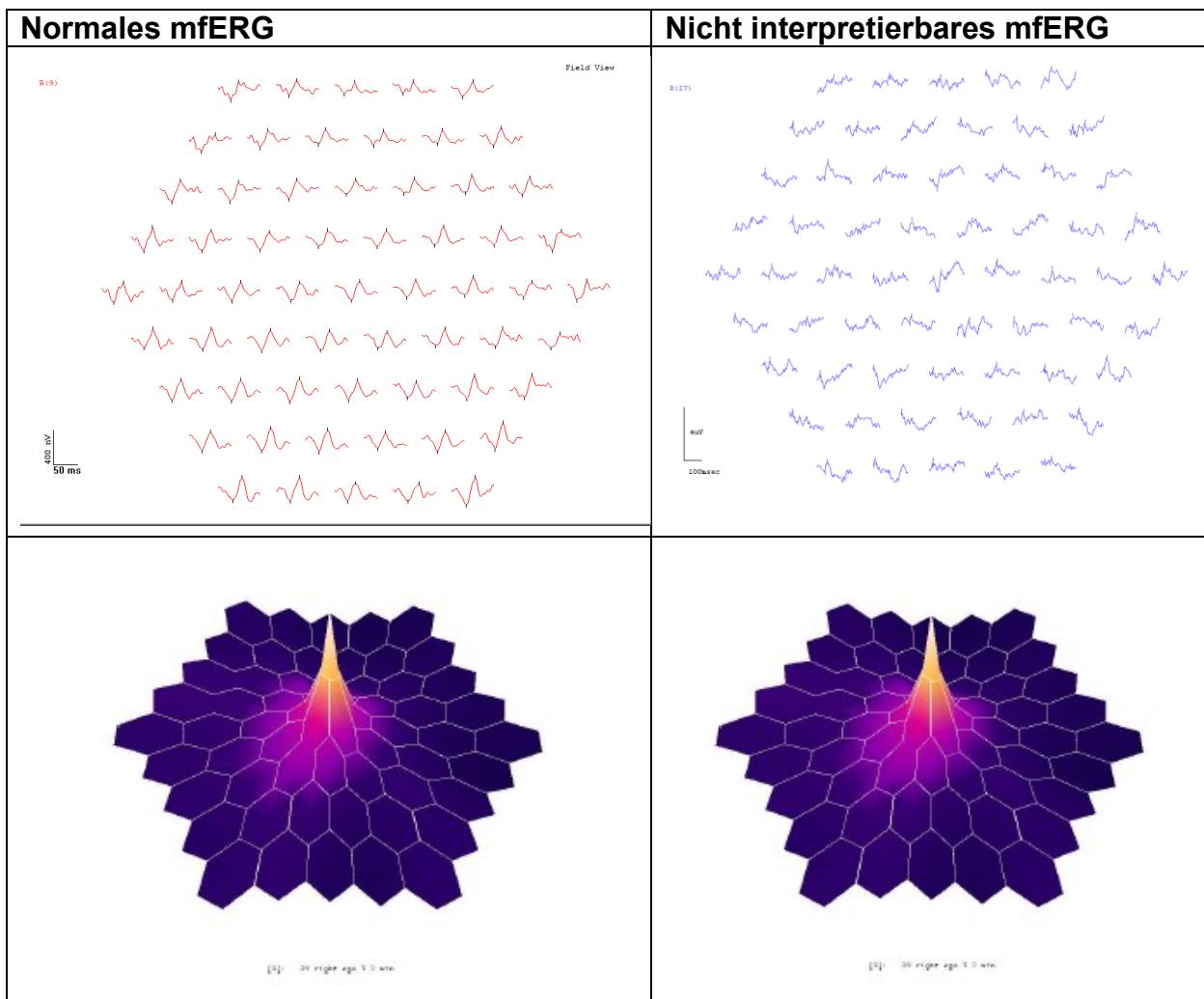
Schäden an	Mechanismus	P1 Amplitude	P1 Time
Zapfen-Rezeptor	Beschädigung des äußeren Segments	Kleiner	Moderate Verzögerung
	Zellverlust	Kleiner	Normal
Äußere plexiforme Schicht	Veränderte synaptische Übertragung	Kleiner oder größer	Große Verzögerung

On-Bipolarzellen	Zellverlust	Kleiner	Moderate Verzögerung
Off-Bipolarzellen	Zellverlust	Größer	Etwas schneller (?)
Innere plexiforme Schicht	Veränderte synaptische Übertragung oder Zellverlust	Approx. normal (Formveränderungen)	Kleine Verzögerung
Ganglienzellen	Zellverlust	Ca. normal	Ca. normal

## Der 3D-Plot

Das 3D-Diagramm ist ein Flächendiagramm der Amplitude P1 – N1, skaliert mit der Größe des Sechsecks. Sie wird daher in Nanovolt pro Quadratgrad (nV/deg<sup>2</sup>) angegeben. Theoretisch ermöglicht dies die Visualisierung der Funktion im fovealen Bereich. Die 3D-Darstellung liefert zwar ein hübsches Bild, ist aber im Allgemeinen nicht für die Diagnose geeignet.

Dies kann nicht oft genug betont werden: **Die 3D-Darstellung kann in ihrem Erscheinungsbild äußerst trügerisch sein und sollte im Allgemeinen nicht zur Diagnose verwendet werden.** Im Folgenden finden Sie Beispiele für ein gutes mfERG und ein völlig uninterpretierbares mfERG und die entsprechenden 3D-Plots:



Beachten Sie, dass das "Müll"-mfERG auf der rechten Seite einen völlig normal aussehenden 3D-Plot hat. Ein prominenter mfERG-Forscher (Don Hood von der Columbia University) hat gezeigt, dass ein normal aussehendes 3D-Diagramm entsteht, wenn die Aufzeichnungselektroden in einem Becherglas mit Kochsalzlösung platziert werden.

## **Ring-Verhältnisse**

mfERG-Ringverhältnisse sind Messungen der Antwortdichte (in nV/deg<sup>2</sup>), die durch die Mittelung von Ringen konzentrisch zum Fixationspunkt erzeugt werden. Sie werden am häufigsten mit dem 61-Sechskant-mfERG verwendet, der rechts abgebildet ist. (Die Skalierung der Sechsecke mit der Kegeldichte ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.) Ringverhältnisse werden erstellt, indem das Verhältnis der Antwortdichte des zentralen Sechsecks (Ring 1) zur durchschnittlichen Antwortdichte eines peripheren Rings genommen wird.

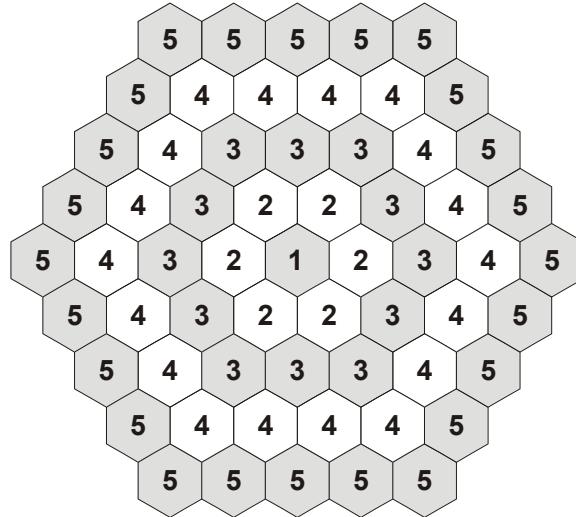
Ringverhältnisse haben mehrere nützliche diagnostische Eigenschaften: Sie variieren nicht mit dem Alter, und ihre Variabilität (Variationskoeffizient) ist viel geringer als die der Ringmittelwerte.

Ringverhältnisse ermöglichen eine sehr empfindliche und spezifische Früherkennung der Plaquenil-Toxizität. [3] Erhöhte Werte von R1:R2 und/oder R1:R3 deuten auf Toxizität bei Patienten hin, die Plaquenil einnehmen. Die von der mfERG-Software berechneten Ringverhältnisse können mit den in [3, 4].

Ringverhältnisse sind auch nützlich bei der Erkennung von Makulaerkrankungen, bei denen niedrige Werte von R<sub>1</sub>:R<sub>4</sub> kann auf eine signifikant verminderte Makulareaktion relativ zur Peripherie hinweisen. Untere Grenzwerte für die Verwendung bei der Beurteilung von Makulaerkrankungen finden sich in [4].

## **Stimulus-Quelle**

Die genaue Art des Stimulators, der auf einem mfERG verwendet wird, kann die Amplitude und Wellenform von mfERGs beeinflussen, so dass es unerlässlich ist, die Art der Anzeige anzugeben und die Details des Herstellers und des Modells anzugeben, wenn Ergebnisse gemeldet werden, die mit UTASs mit verschiedenen Stimulatoren verglichen werden können.



## **Referenzen:**

1. Hood DC. Assessing retinal function with the multifocal technique. *Progr Retin Eye Res.* 19:607-46, 2000.
2. Hoffmann, M.B., Bach, M., Kondo, M. et al. ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG) (2021 update). *Doc Ophthalmol* 142, 5–16 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10633-020-09812-w>
3. Lyons JS, Severns ML. Der Nachweis einer frühen Hydroxychloroquin-Netzhauttoxizität wurde durch die Ringverhältnisanalyse der multifokalen Elektroretinographie verbessert. *Am J Ophthalmol* 143: 801-9, 2007.
4. Lyons JS, Severns ML. Verwendung multifokaler ERG-Ringverhältnisse zur Erkennung und Verfolgung der Plaquenil-Netzhauttoxizität: eine Übersichtsarbeit. *Doc Ophthalmol* 118:29-36, 2009.
5. Tzekov RT, Gerth C, Werner JS. Szenenanalyse von Komponenten des humanen multifokalen Elektroretinogramms: ein lokalisierter Ansatz. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 242:549-60, 2004.

# Multifokale VEP

## 1.0 Einführung

### **1.1 Was ist ein multifokaler Test?**

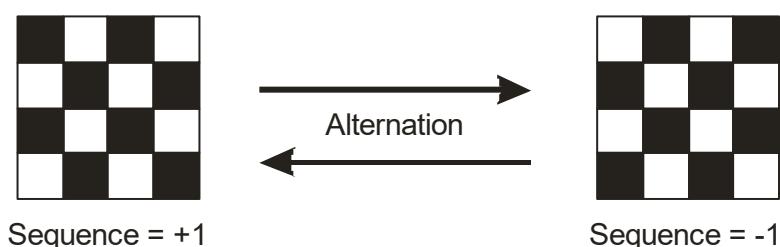
Multifokale Tests sind eine Möglichkeit, ein visuell evoziertes Potenzial (VEP) aus vielen Regionen aufzuzeichnen, um eine Karte der visuellen Funktion zu erhalten. Bei einem multifokalen Test wird ein Computerbildschirm als Stimulator verwendet und in mehrere kleinere Testbereiche unterteilt. Jeder Testbereich wird durch eine Ein-Aus-Sequenz stimuliert, die sich zeitlich von allen anderen Testbereichen unterscheidet. Evozierte Antworten werden gleichzeitig aus allen stimulierten Bereichen gesammelt, und die resultierenden Daten werden nach der Aufzeichnung verarbeitet, um die einzelnen Antworten zu extrahieren.

### **1.2 Wie funktioniert ein multifokales VEP?**

Im mfVEP ist der Bildschirm, den der Patient sieht, in eine Reihe von Sektoren unterteilt – von 4 bis 60. Jeder Abschnitt stimuliert einen kleinen Teil der Netzhaut und die Informationen werden über den Sehnerv an die Sehrinde übertragen. mfVEP ermöglicht es, die Reaktion dieses Teils getrennt von anderen Teilen des visuellen Kortex aufzuzeichnen.

### **1.3 M-Sequenzen und Kerne**

Bitte lesen Sie den Abschnitt über "m-Sequenzen und Kernel" im mfERG-Abschnitt dieses Handbuchs, um die Grundlagen zu verstehen. Im Gegensatz zum mfERG ist der Stimulus im mfVEP in der Regel kein blinkender Stimulus. Stattdessen handelt es sich um eine Abwechslung des Musters in einem bestimmten Sektor.



Ein Stimulus wird dem VEP Muster nur dann entlockt, wenn ein Wechsel auftritt, d.h. wenn sich das Muster während eines Frames in einem Zustand und während des folgenden Frames in einem Zustand befindet. Um das Signal für einen einzelnen Sektor aus den aufgezeichneten Daten zu extrahieren, addiert man alle Leiterbahnen, bei denen ein Wechsel stattgefunden hat (Sequenz geändert von  $+1 \rightarrow -1$  oder von  $-1 \rightarrow +1$ ) und subtrahiert alle Spuren, bei denen keine Änderung stattgefunden hat (Sequenzwert  $+1 \rightarrow +1$  oder  $-1 \rightarrow -1$ ). Das Ergebnis ist die Reaktion des visuellen Systems (von der Netzhaut über den Sehnerv bis zum primären visuellen Kortex) auf den Wechselreiz. Dies wird als *Kernel zweiter Ordnung* des mfVEP bezeichnet.

## 1.4 Sichtfeld

Das Sichtfeld des multifokalen Stimulus wird durch 2 Faktoren bestimmt – die Größe des Bildschirms und die Entfernung vom Monitor zum Patienten. Positionieren Sie den Monitor so, dass der Abstand zwischen dem Patienten und dem Monitor mit dem auf dem Etikett an der Vorderseite des Monitors angegebenen Abstand übereinstimmt. Folgt man dem Betrachtungsabstand auf der Vorderseite des Monitors, ergibt sich ein Gesamtsichtfeld von  $45^\circ$  ( $\pm 5^\circ$ ). Weitere Informationen zur Berechnung der visuellen Subtension von monitorbasierten Stimuli finden Sie in den ISCEV-Kalibrierungsrichtlinien. [CSC, 2003]

## 1.5 Wann ist der mfVEP sinnvoll?

mfVEP bietet eine objektive Bewertung der topographischen Sehfunktion. Bei einem normalen Probanden sind die mfVEP des linken und rechten Auges nahezu identisch. Jeder signifikante Unterschied zwischen zwei Augen deutet auf eine Anomalie hin. mfVEP hat eine hohe räumliche Auflösung in der fovealen Region.

Benutzungen:

- Hilfe bei der Diagnose eines Glaukoms.
- Zur Bestätigung eines unzuverlässigen Gesichtsfeldtests.
- Helfen Sie bei der Diagnose von Optikusneuritis, MS und Kompressionstumoren in der Sehbahn. Die Latenz des mfVEP wird durch diese Bedingungen verändert. Beachten Sie, dass die ischämische Optikusneuropathie (ION) der akuten MS-Phase in Bezug auf das Syndrom sehr ähnlich ist, aber keine Verzögerung bei VEP verursacht.
- Zur Bestätigung des funktionellen Gesichtsfeldes.

## 1.6 Wann ist der mfVEP nicht sinnvoll?

Der mfVEP erfordert sowohl eine angemessene Fixierung als auch eine korrekte Fokussierung für eine genaue Aufzeichnung. Jede Erkrankung, die eine adäquate Fixierung (e.g., zentrales Skotom) oder eine adäquate Fokussierung (e.g., dichte Katarakt oder Mydriasis) verhindert

## 2 Vorbereitung auf eine mfVEP-Aufnahme

### 2.1 Der Patient

- Der Patient sollte **für** diesen Test nicht dunkel angepasst sein. Wenn sie sehr hellem Licht ausgesetzt waren (z. B. Spaltlampe, Fundusfotografie, Fluoreszenzangiographie), warten Sie mindestens 10 Minuten vor dem Test.
- Der Patient sollte für diesen Test nicht geweitet werden.
- Eine gute Nahbrechung ist wichtig. Der gesamte Bildschirm muss scharf sein, daher sollten presbyopen Patienten mit multifokalen Linsen (einschließlich Bifokallinsen / Trifokallinsen) mit Versuchsfassungen mit einem Plus Add

gebrochen werden, um den Bildschirmabstand zu kompensieren (erfordert ca. 3,5D plus Add).

## 2.2 Elektroden



**Schlechter oder instabiler Elektrodenkontakt ist eine der Hauptursachen für mfVEP-Aufnahmen von schlechter Qualität. Wir empfehlen Ihnen, bei der mfVEP-Aufzeichnung besonders auf die richtige Elektrodenvorbereitung, -platzierung und -reinigung zu achten.**

Bei den Aufzeichnungselektroden handelt es sich um Goldschalenelektroden, wie rechts gezeigt. Für jeden Aufnahmeort wird eine dieser Elektroden benötigt (bis zu 3 Kanäle). Eine weitere Elektrode für den Boden, die normalerweise auf der Stirn oder dem Ohrläppchen platziert wird, und eine für die Referenz, die normalerweise bei Cz platziert wird.

Reinigen Sie gründlich, um alle Hautfette und andere Ablagerungen zu entfernen, die einen guten Kontakt beeinträchtigen könnten, und lassen Sie den Alkohol trocknen.

Verwenden Sie 2-zu-1- oder 3-zu-1-Splitter, um die negativen (-) Positionen des Stirnreferenzkanals miteinander zu verbinden. Stecken Sie die Referenzelektrode (Cz) in den Splitter.

Lokalisieren Sie jede Aufzeichnungselektrodenstelle. Scheiteln Sie das Haar, um die Kopfhaut an der Aufnahmestelle freizulegen, und schrubben Sie kräftig mit einem Elektrodenvorbereitungspad. (Wenn das Haar des Patienten lang ist, können Haarklammern helfen, das Haar während dieses Vorgangs aus dem Weg zu halten.)

**Es ist wichtig, die Kopfhaut gründlich zu reinigen, um einen guten Elektrodenkontakt zu erhalten.**

Verwenden Sie einen großzügigen Klecks Elektrodencreme (kein Gel) und kleben Sie das Haar auf jeder Seite des Scheitels auf die Kopfhaut. Das ist chaotisch, aber es ist der beste Weg, um die Kopfhaut freizulegen. Sobald das Haar festgeklebt ist, geben Sie eine großzügige Portion Elektrodencreme in den Becher der Elektrode und drücken Sie die Elektrode fest an. Decken Sie die Elektrode mit einem 2 bis 3 cm (1 bis 1 1/2 Zoll) großen Quadrat Seidenpapier ab und drücken Sie sie erneut fest an.

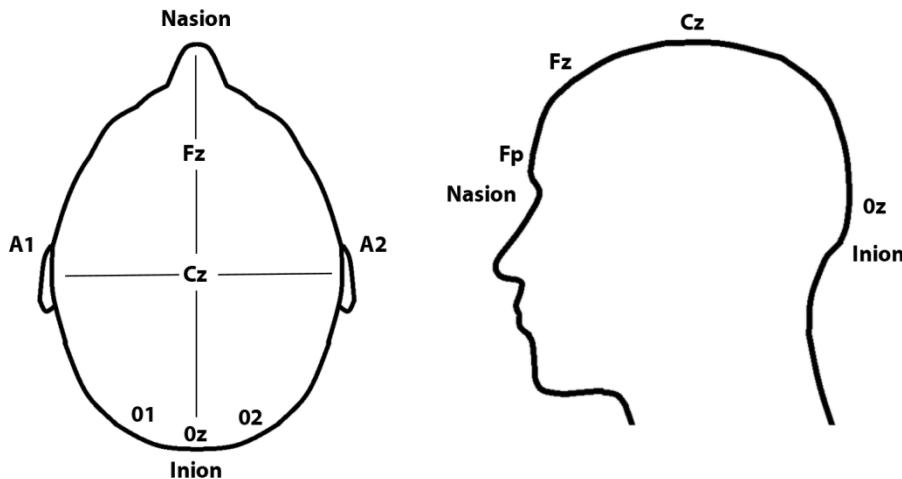
Repeat dieses Verfahren für jede Elektrode an. Stecken Sie die Elektroden in die positive (+) Seite der Verstärkereinheit und achten Sie darauf, welche Elektrode an welchen Kanal angeschlossen ist.

Vorgeschlagene Elektrodenplatzierung (es gibt viele mögliche Elektrodenanordnungen):

Position der Elektrode	Verstärker-Anschluss
------------------------	----------------------



Geschliffen am Fp oder Ohrläppchen	Boden
Referenz bei Cz mit einem 1 bis 3 Splitter	1-, 2- und 3-
Aufzeichnungselektrode #1 bei Oz	1+
Aufzeichnungselektrode #2 einen Zoll über Oz	2+
Aufzeichnungselektrode #3 einen Zoll unter Oz.	3+



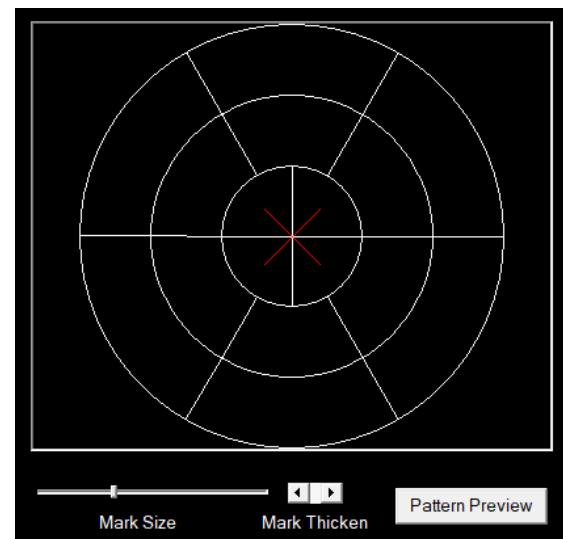
## 2.3 Ambientebeleuchtung

Die mfVEP sollte bei eingeschaltetem Raumlicht durchgeführt werden. Die ideale Lichtintensität für die Raumbeleuchtung ist eine, die eine Beleuchtung des Motivs erzeugt, die nahe an dem Durchschnitt des Stimulusschirms ( $100 \text{ cd/m}^2$ ) liegt. Wenn die Raumbeleuchtung zu hell ist, kann es zu Reflexionen des Patientendisplays kommen, die die Aufzeichnung des mfVEP stören.

## 2.4 Probleme mit sehbehinderten Patienten

Patienten mit erheblicher zentraler Sehbehinderung haben Schwierigkeiten, sich auf den Bildschirm zu fixieren. Das übliche Fixierungsziel ist ein kleines "X" in der Mitte des Bildschirms. Dieses Fixationsziel kann verlängert und verdickt werden. Das Steuerelement "Markierungsgröße" bestimmt die Länge der Schenkel des "X", während das Steuerelement "Verdickung markieren" die Dicke der Schenkel bestimmt.

Patienten mit schlechtem zentralem Sehvermögen können manchmal fixieren, indem sie das vergrößerte "X" in ihrem verbleibenden Sehvermögen zentrieren.



## 2.6 Überwachung der Fixation

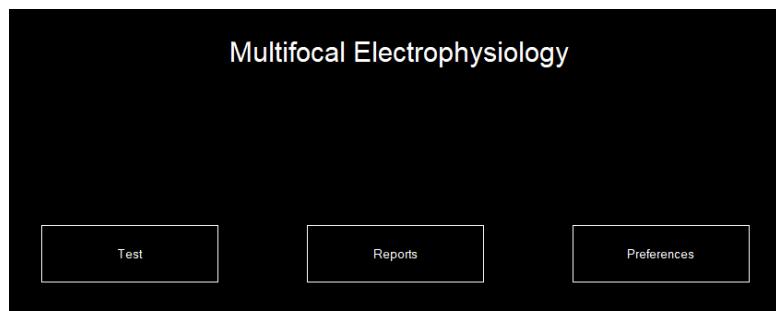
Es wird eine Kamera zur Verfügung gestellt, mit der Sie den Patienten während der multifokalen Untersuchung überwachen können. Die Kamera wird an der Kinnhalterbaugruppe unterhalb und vor dem Musterstimulatormonitor montiert. Das Bild der Kamera wird auf dem Bedienerbildschirm des Computers angezeigt. Mit dieser Kamera können Sie sehen, ob:

- der Patient schließt die Augen,
- Der Patient ist stark defixiert.

Mit der Kamera können Sie nicht feststellen, ob der Patient leicht abfixiert ist, wie dies bei einem Patienten mit einem zentralen Skotom der Fall ist, der einen alternativen bevorzugten Netzhautort verwendet. Mit nichts Geringerem als einer Netzhautkamera können Sie feststellen, ob der Reiz auf der Fovea zentriert ist.

## 3.0 Ausführen des Tests

Öffnen Sie die Multifocal-Software und wählen Sie *Test* aus.



**Patient Information**

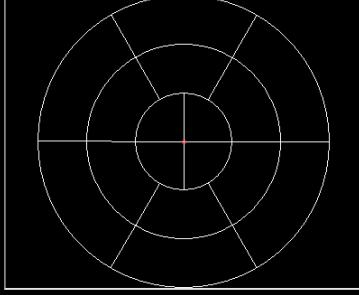
Last Name   
 First Name   
 Middle Initial  Sex   
 Identification   
 Date of Birth   
 Diagnosis

**Test Type**  
 MFERG  MFVEP

**Test Conditions**

Channels	<input type="text" value="2"/>	Labels
Electrode	<input type="dropdown" value="Gold Cup"/>	Ch.1 <input checked="" type="checkbox" value="Horizontal"/> Ch.2 <input type="checkbox" value="Vertical"/>
Sample Rate	<input type="text" value="2000"/>	Hz
Gain	<input type="text" value="6"/>	
Low Pass Filter	<input type="text" value="100.00"/>	Hz
High Pass Filter	<input type="text" value="5.00"/>	Hz

**Eyes Tested**  
 Right  
 Left  
 Both



Mark Size


Mark Thick

Pattern Preview

**Sectors**

<input checked="" type="radio"/> 4 1.8 min	<input checked="" type="radio"/> 16 3.6 min	<input checked="" type="radio"/> 60 7.2 min
<input checked="" type="radio"/> Reversal		

### 3.1 Art der Prüfung

Wählen Sie MFVEP, wenn die Option nicht angezeigt wird, bedeutet dies, dass Sie keine mfVEP-Lizenz haben. Lesen Sie den Abschnitt UTAS Setup in diesem Handbuch, um zu erfahren, wie Sie ein Upgrade durchführen können.

## 3.2 Patienteninformationen

Nachname oder Ausweis und Geburtsdatum sind erforderlich, um einen Test zu starten.

-Patient Information-

Last Name	Dowd		
First Name	Elwood		
Middle Initial	P	Sex	M
Identification			
Date of Birth	02-29-1904		
Diagnosis			

## 3.3 Kanäle und Labels

Je mehr Kanäle Sie aufnehmen, desto besser ist das Ergebnis.

Wählen Sie die Anzahl der Kanäle aus, aus denen aufgenommen werden soll, und geben Sie Beschriftungen ein.

Wählen Sie das Auge oder die zu testenden Augen aus. Pflastern Sie alle Augen, die nicht getestet werden sollen.

Test Type

MFERG     mfVEP

Test Conditions

Channels	3	Labels
Electrode	Gold Cup	Ch.1 oz
		Ch.2 2
		Ch.3 3
Sample Rate	2000	Hz
Gain	6	
Low Pass Filter	100.00	Hz
High Pass Filter	5.00	Hz

Eyes Tested

Right  
 Left  
 Both

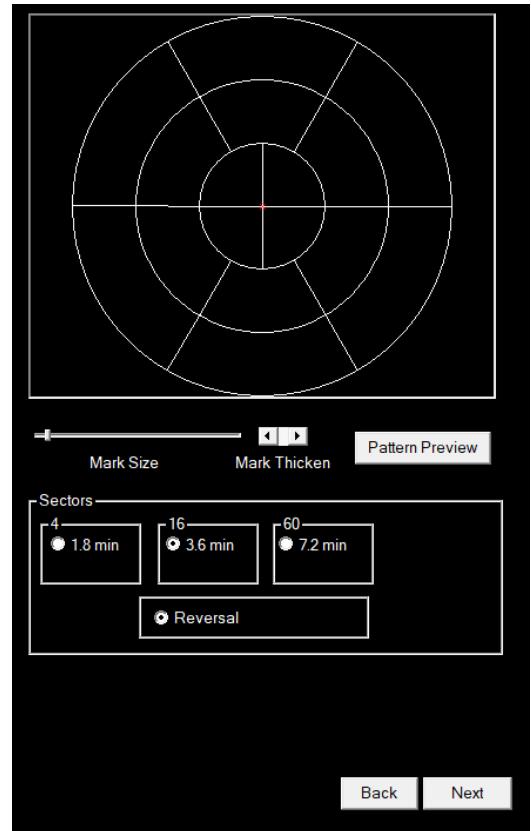
## 3.4 Musterauswahl

Die mfVEP-Software bietet Ihnen mehrere Auswahlmöglichkeiten für die Anzahl der Ringsegmente (Sektoren) und die Länge der m-Sequenz, um Ihren klinischen Anforderungen gerecht zu werden.

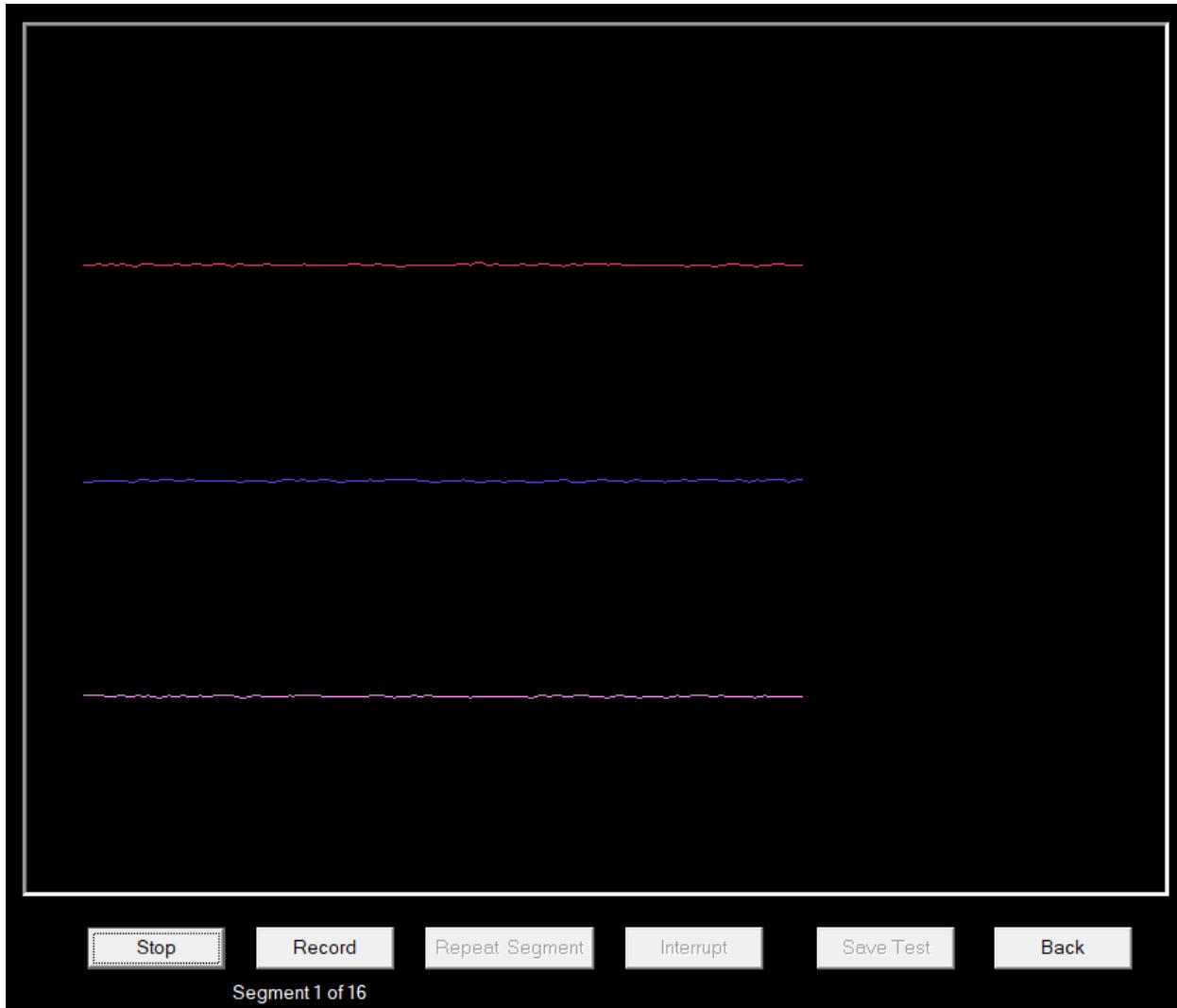
## Anzahl der Sektoren

Je größer die Anzahl der Sektoren, aus denen Sie aufnehmen, desto kleiner ist das Signal von jedem Sektor. Da das während der Aufzeichnung erzeugte Rauschen unabhängig von der Sektorgröße ist, bieten größere Sektoren (die höhere Signale erzeugen) ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis und ermöglichen somit kürzere Aufnahmezeiten eines Patienten.

Das Steuerelement **"Markierungsgröße"** bestimmt die Länge der Schenkel des "X", während das Steuerelement **"Verdickung markieren"** die Dicke der Schenkel bestimmt.

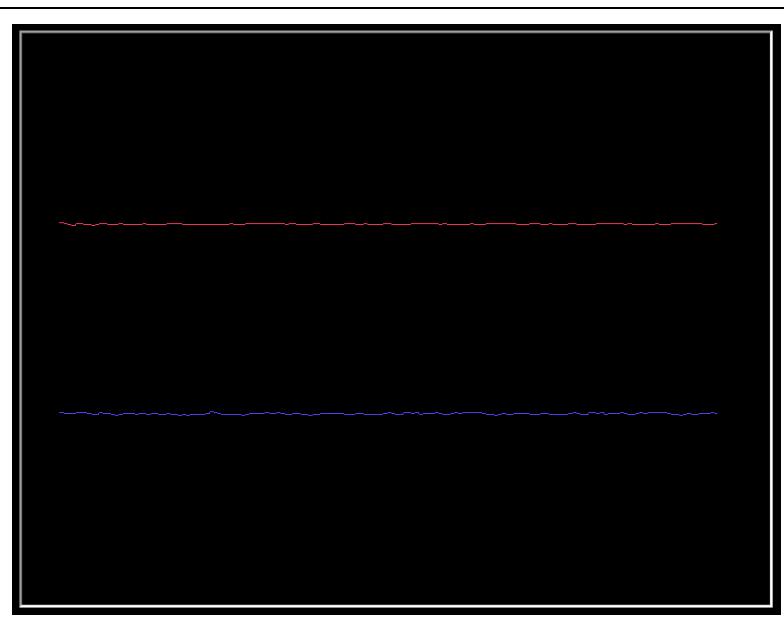
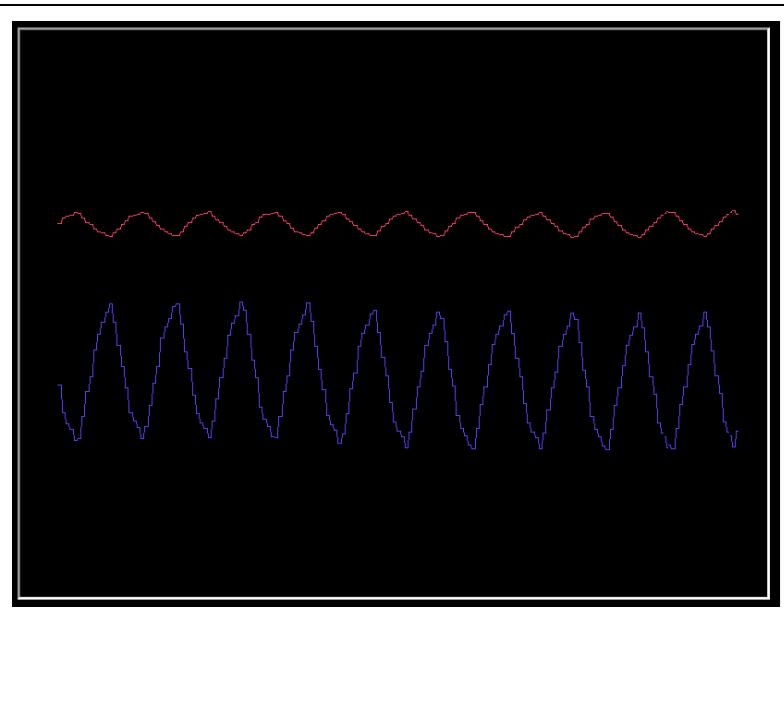


### 3.5 Aufzeichnen von Daten



#### Grundlinie

Nachdem die Elektroden auf dem Patienten platziert und an den Verstärker oder das Patientenkabel angeschlossen wurden, sollten Sie die Baseline durchführen, um sicherzustellen, dass alle Verbindungen ordnungsgemäß funktionieren und der Patient in der Lage ist, die Fixierung stabil zu halten. Lassen Sie den Patienten sein Kinn in die Kinnstütze stecken und passen Sie bei Bedarf die Höhe der Stirnstütze an. Lassen Sie den Patienten dann direkt auf die rote Fixierung "X" auf dem Bildschirm schauen. Klicken Sie auf **Baseline**. Das UTAS beginnt mit der Datenerfassung, ohne einen Stimulus zu präsentieren, und ermöglicht es Ihnen, die Ausgangsdaten des Patienten zu beobachten. Im Folgenden finden Sie Beispiele für gute und schlechte Baseline-Ablaufverfolgungen.

<p>Gute Ausgangsbasis</p>	
<p>Schlechtes Ausgangsszenario</p> <p>Diese Baseline weist übermäßiges Netzrauschen (50/60 Hz) auf. Es wird höchstwahrscheinlich durch eine schlechte Elektrodenverbindung verursacht, obwohl es auch andere mögliche Erklärungen für das Rauschen gibt.</p> <p>Die Analyse umfasst die Entfernung von Stromleitungsstörungen, so dass eine vollständige Beseitigung von Stromleitungsstörungen nicht erforderlich ist.</p>	

### 3.6 Aufzeichnen

Die Software LKC mfERG unterteilt Aufnahmen in eine Reihe von Segmenten. Während jedes Segments muss der Patient das Fixationsziel fixieren, ohne zu blinzeln. Nach jedem Segment kann der Patient blinzeln oder sich ausruhen, bevor er fortfährt. Längere *m*-Sequenzen haben mehr Segmente.

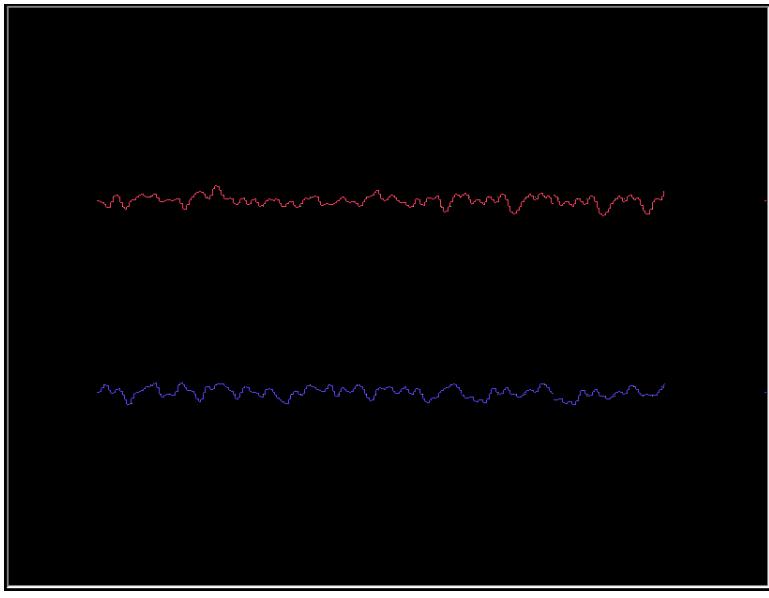
Jedes Segment besteht aus einer Reihe von Schritten. Jeder Schritt ist eine Stimuluspräsentation, also 72 Schritte pro Sekunde. Es gibt 1024 Schritte pro Segment, also ist ein Segment  $1024 / 72 = 14$  Sekunden lang, plus ein weiterer Bruchteil einer

Sekunde für die Synchronisierung und das Überblenden der Segmente miteinander. Der Fortschritt jedes Segments wird auf dem Bildschirm als Bruchteil der Gesamtzahl der Schritte im Segment angezeigt, z. B. 257/1024. Der Fortschritt des Segments wird alle 16 Schritte aktualisiert.

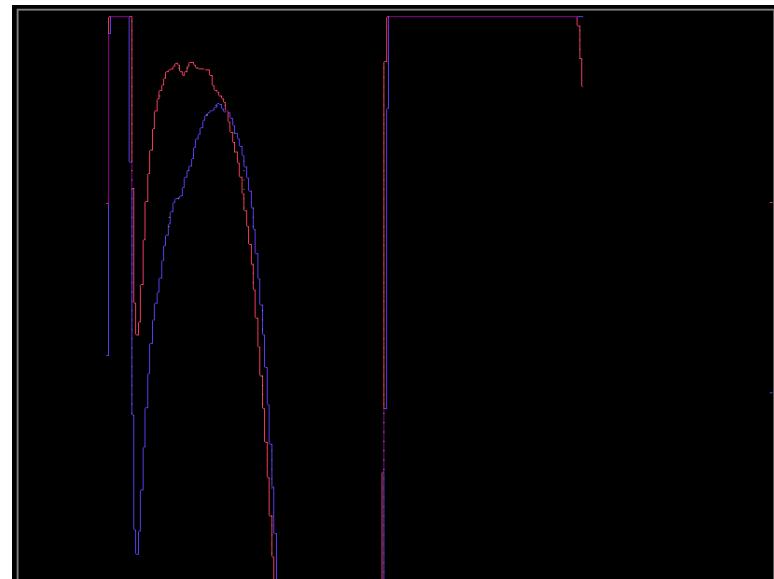
Während der Aufzeichnung werden in einem Fenster die Daten von jeweils 16 Schritten angezeigt. Sie sollten die angezeigten Daten sorgfältig beobachten, um sicherzustellen, dass keine Augenbewegungen oder andere Artefakte die Aufnahme verunreinigen. Beispiele für gute und schlechte Ablaufverfolgungen sind unten aufgeführt. Wenn die aufgezeichneten Daten außerhalb des Fensters zu liegen scheinen, ist das Artefakt im Allgemeinen inakzeptabel groß, und dieses Segment sollte erneut aufgezeichnet werden.

Während der Aufzeichnung eines Segments **kann Interrupt** verwendet werden, wenn der Patient blinzelt oder sich bewegt und Sie das aktuelle Segment wiederholen müssen.

Dies ist eine gute Aufzeichnungsspur während der Erfassung.

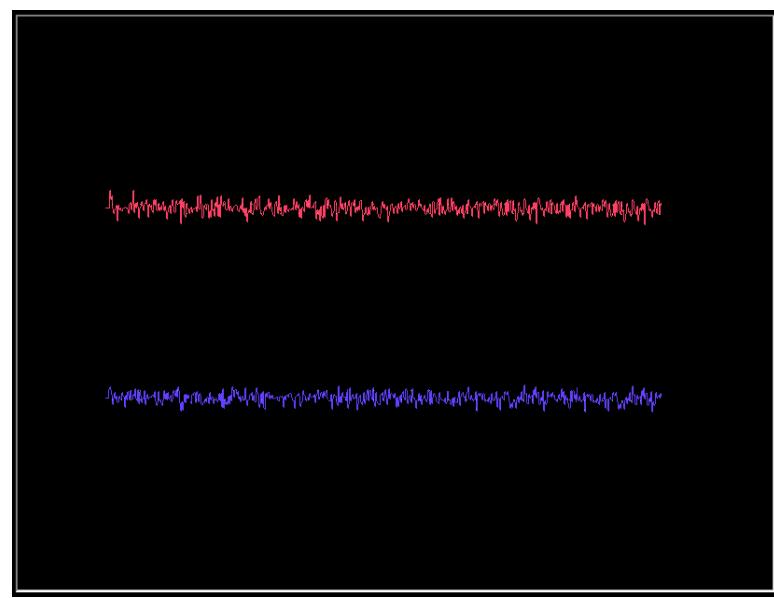


Dies ist ein Beispiel für ein Blinzelartefakt oder ein Muskelzucken während der Aufnahme. Wenn zu viele Blinkartefakte auftreten, sollte das Segment unterbrochen (klicken Sie auf die **Schaltfläche Unterbrechen**) und wiederholt werden (klicken Sie auf die **Schaltfläche Repeat**).

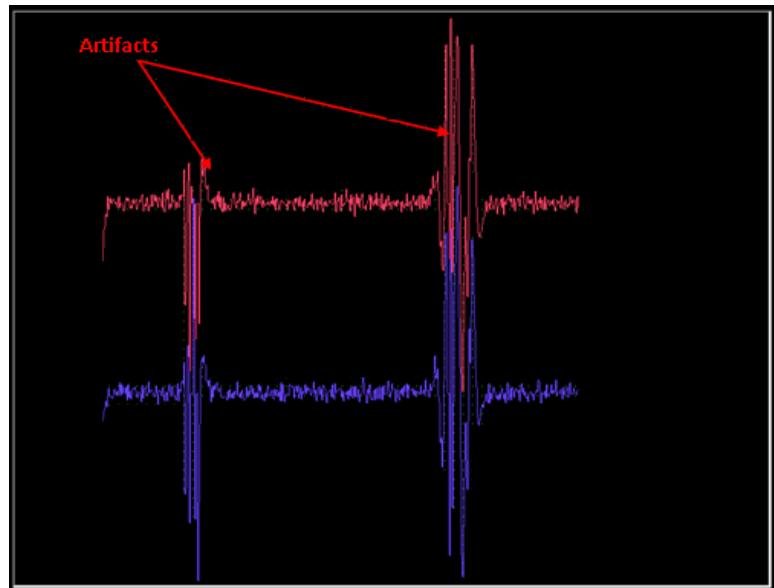


Am Ende des Segments wird eine initiale Verarbeitung durchgeführt, um Artefakte zu eliminieren, und das Segment wird angezeigt. An dieser Stelle kann das Segment wiederholt werden oder Sie können mit dem **Next Segment fortfahren**.

Das ist eine gute Aufnahme. Die Reaktion des Auges auf das mfERG-Signal ist sichtbar (kleine Wavelets), es gibt keine großen Augenbewegungen, und alle Daten liegen innerhalb der Grenzen des Displays und sind relativ konsistent in der Amplitude



Dabei handelt es sich um ein Segment, das zwei große Augenbewegungen enthält. Die Augenbewegung hat eine größere Amplitude als der Rest der Wellenform. Blinkartefakte werden von den Verarbeitungsalgorithmen entfernt. Wenn die über dem Diagramm angezeigten %-Artefakte jedoch größer als einige Prozent sind, sollte das Segment erneut aufgezeichnet werden. Wählen Sie in diesem Fall **Repeat Segment**, um erneut aufzunehmen.



Setzen Sie die Aufnahme fort, bis alle Segmente fertig sind. Klicken Sie anschließend auf **Test speichern**, um die Daten zu speichern.

Sobald die Daten gespeichert wurden, wird der **Analysebildschirm** angezeigt.

**Um eine gute MFVEP-Qualität zu erhalten, wird empfohlen, die Aufnahme mindestens 2 weitere Male zu wiederholen und dann den Durchschnitt der Ergebnisse zu bilden.**

## 4.0 MFVEP Datenanalyse und Bericht

Starten Sie Multifocal Software und gehen Sie zu **Berichte**.

**Alle löschen** löscht alle Patienteninformationsfelder

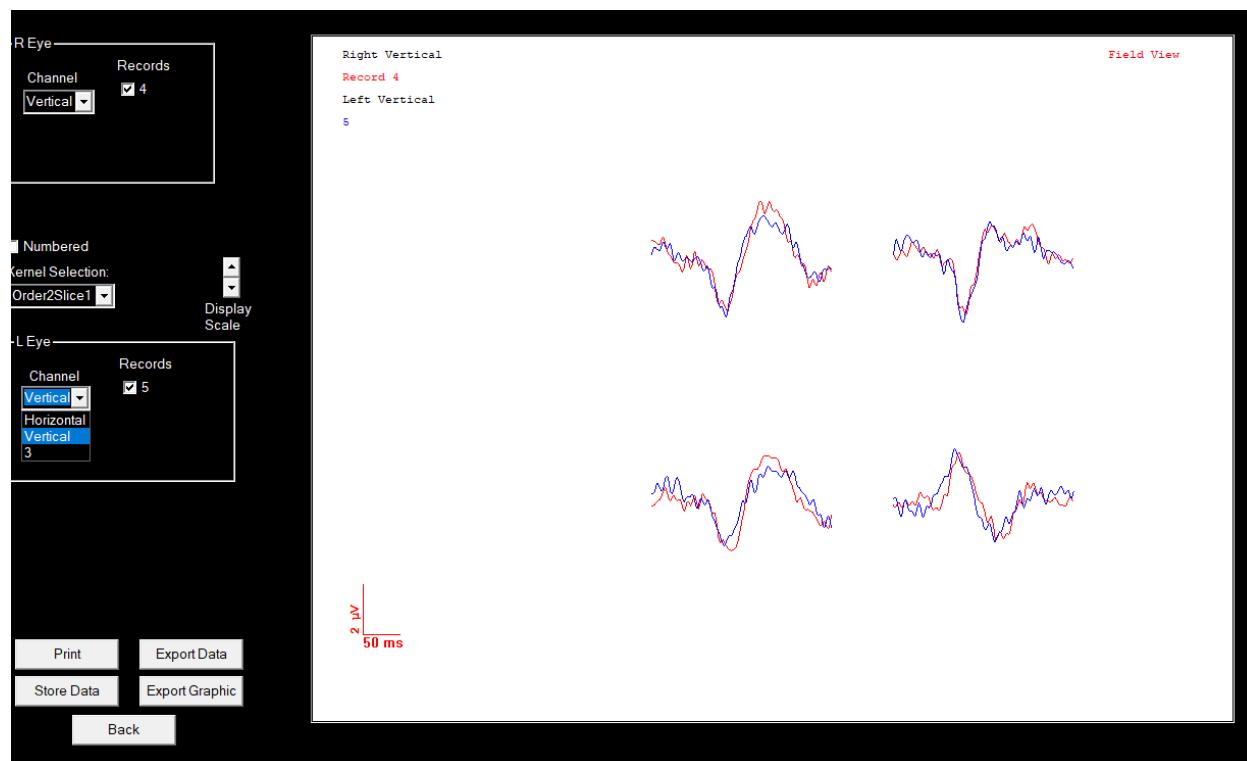
Klicken Sie auf **Zurück** , um zum Main Menu zu gelangen

Wählen Sie **MFVEP** unter **Testtyp aus**, die Datenbank zeigt dann alle gespeicherten Tests an.

Geben Sie den Nachnamen oder die ID des Patienten ein, für den Sie einen Bericht erstellen möchten, und klicken Sie auf **Suchen**.

Wählen Sie insgesamt bis zu 4 Aufnahmen aus. Aufnahmen für das rechte Auge können mit Aufnahmen für das linke Auge oder für beide Augen ausgewählt werden, Aufnahmen für das linke Auge können mit Aufnahmen für das rechte Auge oder für beide Augen ausgewählt werden, aber Aufnahmen für das linke Auge, das rechte Auge und beide Augen können nicht gleichzeitig analysiert werden. Die Aufzeichnungen müssen außerdem den gleichen **Testtyp** und **die gleiche Testlänge** aufweisen , um zusammen abgerufen werden zu können.

Wählen Sie mit einem Linksklick mit der Maus aus. Wählen Sie **Next** und der Analysebildschirm wird angezeigt



Stellen Sie sicher, dass die entsprechenden Datensätze überprüft werden, um die gewünschten Wellenformen zu überprüfen. Vergleichen Sie die einzelnen Kanäle und überprüfen Sie die Wellenformen auf Fehler.

Sie können den Pfeil nach oben und unten auf der **Anzeigeskala verwenden**, um die Größe der Wellenform anzupassen.

Um die Kanäle zu ändern, verwenden Sie die Dropdown-Liste in der R-Eye-Box. In diesem Beispiel haben wir 3 Aufzeichnungselektroden verwendet, die an den Positionen Horizontal, Vertikal und 3 beschriftet sind.

Qualitativ stellen depressive oder verzögerte Reaktionen Anomalien dar. Wenn Sie sich die einzelnen Kanäle ansehen, erhalten Sie einen Einblick, in welchen Bereichen es im Vergleich zu benachbarten Sektoren oder separaten Kanälen zu visuellen Verlusten kommt.

Die mfVEP-Antworten können verwendet werden, um räumlich lokalisierte VEP Antworten zu bestimmen. Da die Elektroden über der Okzipitalregion platziert werden, ermöglicht die Aufzeichnung Reaktionen, die von einer Komponente des primären visuellen Kortex dominiert werden. Es gibt eine Reihe von Anwendungen, die dieser Test im Bereich der Neuroophthalmologie als Hilfsmittel bei der Diagnose hat. Dazu gehören unter anderem:

1. **Multiple Sklerose, Glaukom, Optikusatrophien, ischämische Optikusneuropathien:** Es konnte gezeigt werden, dass die mfVEP-Antworten linear mit lokalen Veränderungen in verhaltensgemessenen sensitiven Tests, wie z.B. dem Humphrey-Gesichtsfeld, korreliert werden können. Dies deutet darauf hin, dass es sich bei der mfVEP um eine Methode zur Charakterisierung des Verlustes von retinalen Ganglienzellen handelt. In einigen Fällen kann die Verwendung von mfVEP Anomalien in lokalisierten Bereichen vor den Gesichtsfeldanomalien zeigen. Es kann auch bei Patienten angewendet werden, die Probleme mit der Durchführung des HVF-Tests haben.
2. **Nicht-organischer Sehverlust:** Ähnlich wie beim herkömmlichen VEP kann mit dem mfVEP ein funktioneller Sehverlust ausgeschlossen werden. Es bietet auch den Vorteil, dass eine topografische Darstellung des Sehverlusts erstellt werden kann, die dann mit dem Gesichtsfeld des Patienten korreliert werden kann.

**Obwohl das multifokale VEP eine Vielzahl klinischer Anwendungen hat, wird es noch in einem klinischen und Forschungskontext erforscht und entwickelt.**

## Leitfaden zur multifokalen Fehlerbehebung

Symptom	Vorgeschlagene Maßnahmen
Der Bildschirm mit dem Kamerabild fehlt im Aufnahmefenster.	Stellen Sie sicher, dass die Kamera an einen USB angeschlossen ist Versuchen Sie, die Software neu zu starten – manchmal registriert sich die Kamera beim ersten Mal nicht.
Ich bekomme eine völlig flache Linie, wenn ich Baseline oder Aufzeichnung ausführe.	Trennen Sie die USB-Verbindung vom UBA zum Computer und schließen Sie sie dann wieder an.
Übermäßige 50 Hz / 60 Hz Interferenz	Es kann sein, dass eine Elektrode keinen guten Kontakt herstellt. Referenz- und Aufzeichnungselektroden prüfen. Im Inneren der Elektrode kann ein Draht gebrochen sein.
Gebrochene Burian-Allen Elektrode (gebrochene Linse oder Spekulum)	Tauschen Sie die Elektrode aus

## **Reinigung zwischen den Patienten**

### **Reinigung der Stirn- und Kinnstützen**

Der Patient kommt während des Tests mit der Stirnstütze und der Kinnstütze in Kontakt. Diese sollten zwischen den Anwendungen gereinigt und desinfiziert werden, um die Ausbreitung von Hautinfektionen zu verhindern.

Die einfachste Methode zur Reinigung und Desinfektion der Stirnstütze und der Kinnstütze besteht darin, sie mit einer 70%igen Isopropylalkohollösung abzuwischen. Die Verwendung eines Desinfektionstuchs ist eine gute Möglichkeit, dies zu tun. Sie können auch die Stirnstütze und die Kinnstütze mit einer Glutaraldehydlösung reinigen.

## Referenzen

Auf die folgenden Veröffentlichungen wird im Handbuch verwiesen.

- [CSC 2003] Calibration Standards Committee of ISCEV. Guidelines for calibration of stimulus and recording parameters used in clinical electrophysiology of vision. *Documenta Ophthalmologica* 107: 185–93, 2003.
- [Hood 1998] Hood DC, Li J. A technique for measuring individual multifocal ERG records. In Yager D (ed.) *Non-invasive assessment of the visual system. Optical Society of America, Trends in Optics and Photonics* 11:33-41, 1998.
- [Hood 2000] Hood DC. Assessing retinal function with the multifocal technique. *Prog Retinal Eye Res* 19:607-646, 2000.
- [Hood 2002] Hood DC, Zhang X, Hong J, and Chen C. Quantifying the benefits of additional channels of multifocal VEP recording. *Documenta Ophthalmologica* 104:303-320, 2002.
- [Hood 2002] Hood DC. The multifocal electroretinographic and visual evoked potential techniques. *Principles and practice of clinical electrophysiology of vision* 197-205, 2006.
- [Hoffman 2021] Hoffmann, M.B., Bach, M., Kondo, M. et al. ISCEV standard for clinical multifocal electroretinography (mfERG) (2021 update). *Doc Ophthalmol* **142**, 5–16 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10633-020-09812-w>
- [Marmor 2003] Marmor M, et al. Guidelines for basic multifocal electroretinography (mfERG). *Doc Ophthalmol* 106:105-15, 2003.
- [Lyons 2007] Lyons JS, Severns ML. Detection of early hydroxychloroquine toxicity enhanced by ring ration analysis of multifocal electroretinography. *Am J Ophthalmol* 143:801-9, 2007.
- [Sutter 1986] Retinal area response mapping using simultaneous multi-area stimulation with binary sequences and objective response analysis. US Patent Number 4,846,567.
- [Sutter 2001] Sutter EE. Imaging visual function with the multifocal m-sequence technique. *Vision Res* 41:1241-55, 2001.