

MESSUNG DER FLIMMERVERSCHMELZUNGSFREQUENZ (FVF)

Einführung und Anleitung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Institut für
Sportwissenschaft



Autor: Prof. Dr. rer. medic. Josef Wiemeyer
e-mail: wiemeyer@sport.tu-darmstadt.de

© Darmstadt: Institut für Sportwissenschaft 2014

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
1.....Einführung	1
2.....Aufbau und Bestandteile der FVF-Messeinrichtung	2
3.....Anschließen des Interfaces an den Rechner	3
4.....Start des Rechners und Vorbereitung der Messungen	4
4.1. Rechnerstart	4
4.2. Eingabe von Datum und Uhrzeit (optional)	4
4.3. Anlegen eines neuen Verzeichnisses zur Speicherung der Daten	4
4.4. Einrichten der FVF-Messparameter (normalerweise nicht nötig)	5
5.....Durchführung von FVF-Messungen	6
5.1. Vorbemerkungen	6
5.2. Start des FVF-Programms	6
5.3. Eingabe von Laufwerk und Standardpfad für die Datenspeicherung	6
5.4. Hauptmenü	6
5.5. Eichung der Zeitschleife	7
5.6. Eingabe der Probandendaten	8
5.7. Durchführung von Messungen	8
5.8. Ausgabe und Speicherung der Messdaten	10
6.....Auswertung der Messungen	12
6.1. Laden der gespeicherten Daten	12
6.2. Berechnung der psychometrischen Funktionen	13
7.....Zusammenfassung	17
8.....Literatur	18
Anhang: Checkliste	19

1. Einführung

Die Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF) ist die Frequenz, bei der ein intermittierend leuchtender visueller Stimulus nicht mehr als flimmernd, sondern als kontinuierlich leuchtend wahrgenommen wird. Mit Hilfe der FVF wird die Hochfrequenzauflösung des visuellen Systems gemessen.

Unter bestimmten Bedingungen kann mithilfe der FVF das **aktuelle psychophysische Aktivierungsniveau** gemessen werden (Wiemeyer, 1990, 2001, 2002).

Jeder Mensch hat eine individuelle FVF; im Rahmen der Aktivierungsforschung interessiert vor allem die **intraindividuelle Dynamik der FVF**. So kann z. B. ein Anstieg der FVF – z. B. nach konditionellen Belastungen – als Indikator für einen Anstieg des Allgemeinen Zentralnervösen Aktivierungsniveaus (AZAN) interpretiert werden. Dementsprechend zeigt ein Abfall der FVF – z. B. nach Entspannungsmaßnahmen – ein Absinken des AZAN an.

In der Regel durchlaufen FVF-Messungen die folgenden Schritte:

1. Eingabe des Standard-Pfades (Laufwerk, Unterverzeichnis) für die spätere Speicherung der Daten,
2. Vorbereitung des Tubus (Funktionstest und Kalibrierung der LEDs),
3. Eichung der Zeitschleife,
4. Eingabe von Namen und Vornamen der zu messenden Versuchsperson,
5. Messung der Versuchsperson,
6. Auswertung der Messung (ggf. auch später) und
7. Ausgabe der Messdaten auf den Bildschirm und/oder Speicherung der Messdaten auf einer Diskette oder der Festplatte.

In der folgenden Anleitung werden die verschiedenen Arbeitsschritte zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von FVF-Messungen erläutert.

2. Aufbau und Bestandteile der FVF-Messeinrichtung

Die FVF-Messeinrichtung besteht aus drei Teilen (siehe Abbildung 1):

- Einblicktubus mit LEDs und individuell einstellbaren Okularen
- Interface zwischen Tubus und Computer
- Rechner mit Bildschirm

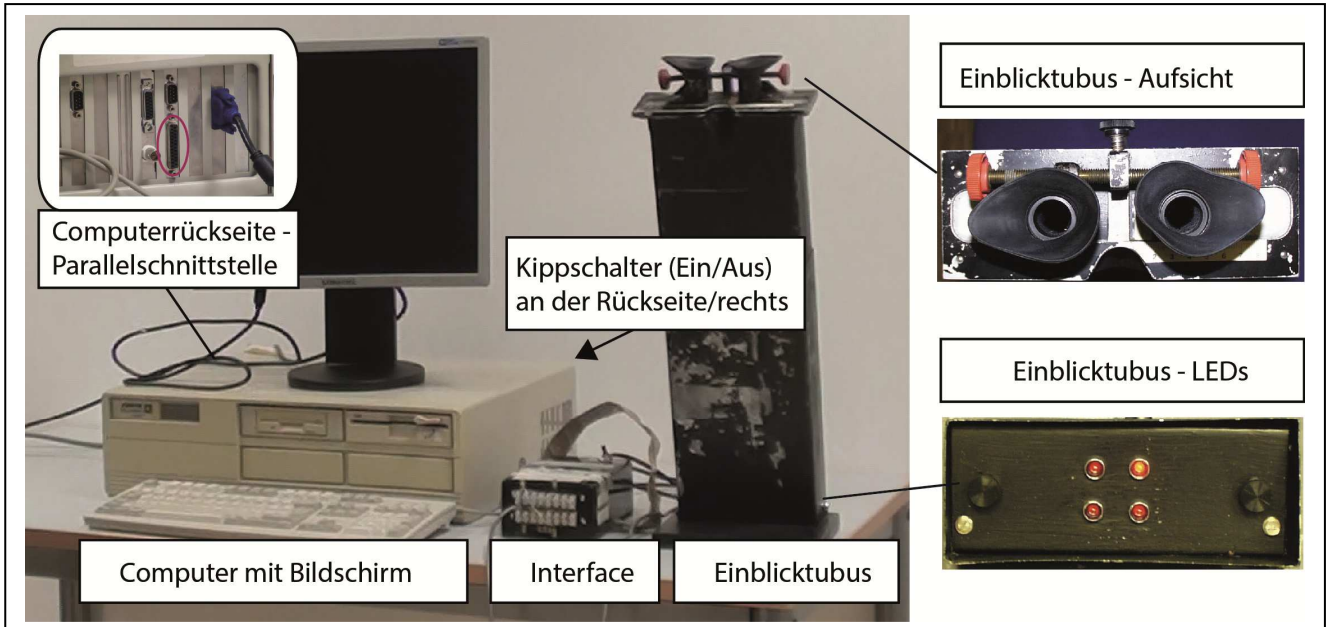


Abbildung 1. Komponenten der FVF-Messeinrichtung

3. Anschließen des Interfaces an den Rechner

Das Interface zwischen Einblicktubus und Rechner wird über eine Parallelschnittstelle mit dem Rechner verbunden (siehe Abbildung 2).

⚠ Achtung! Beim Anschließen des Gerätes sollten sowohl Interface als auch Rechner ausgeschaltet sein!

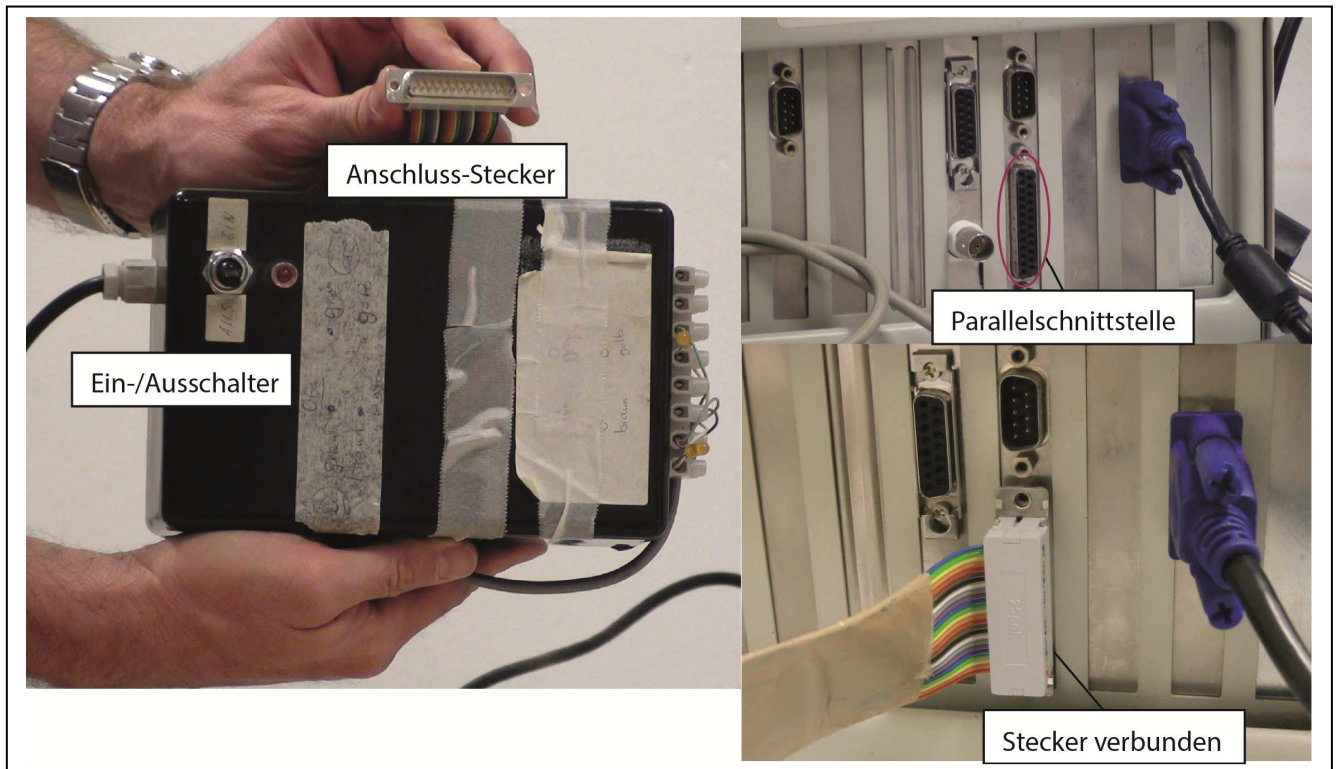


Abbildung 2. Interface mit Anschluss-Stecker und Kipp-Schalter (links) – Rechts: Anschluss des Interfaces an den Rechner (Parallelschnittstelle)

4. Start des Rechners und Vorbereitung der Messungen

⚠ **Achtung!** Vor dem Start des Rechners sollte das Interface mit dem Rechner verbunden und eingeschaltet sein! Das System muss manchmal mehrfach gestartet werden.

4.1. Rechnerstart

Zunächst wird der Rechner eingeschaltet. Hierzu wird ein Kippschalter auf der rechten Rechner-Rückseite umgelegt (siehe Abbildung 1).

Nach dem Einschalten lädt das Betriebssystem und es erscheint ein Prompt (siehe auch Abbildung 3):

C:\



Abbildung 3. Bildschirmanzeige nach dem Computerstart

⚠ **Achtung!**

Es kann passieren, dass der Computer mehrmals gestartet werden muss.

Wenn die Meldung „Betriebssystem kann nicht geladen werden.“ erscheint, bitte den Rechner ausschalten, kurz warten und dann wieder einschalten!

4.2. Eingabe von Datum und Uhrzeit (optional)

Sie können zunächst Datum und Zeit eingeben:

- Eingabe des Datums: **date**
Danach kann das Datum eingegeben werden – Format: tt.mm.jjjj
- Eingabe der Zeit: **time**
Danach kann die Uhrzeit eingegeben werden – Format: ss.mm

4.3. Anlegen eines neuen Verzeichnisses zur Speicherung der Daten

Beim ersten Messen sollte ein eigenes Verzeichnis auf der Festplatte angelegt werden:

Eingabe: **md <name: maximal 8 Zeichen>**

Beispiel: **md FVF_M001**

4.4. Einrichten der FVF-Messparameter (normalerweise nicht nötig)

Nun muss in das Verzeichnis gewechselt werden, in dem sich das FVF-Programm befindet:

Eingabe: **cd FVF_RZA**

Danach kann das Programm zur Einrichtung der FVF-Messparameter gestartet werden

Eingabe: **fvfinst**

Es können die folgenden Parameter eingestellt werden:

Tabelle 1. Im Programm „fvfinst“ wählbare FVF-Parameter

Parameter	Option
Anzahl der Alternativen	2 oder 4 (2 Alternativen erlauben schnellere Messungen – bei einer Ratewahrscheinlichkeit von 50%)
Anfangsfrequenz [Hz]	Frei wählbar (1. Messung: 25 Hz)
Steigerungsstufe [Hz]	Frei wählbar (1. Messung 5 Hz; danach 1 Hz)
Darbietungsdauer pro LED [Sekunden]	Frei wählbar (Standard: 1.25 s – nicht ändern!)
Pausendauer pro LED [Sekunden]	Frei wählbar (Standard: 0.20 s – nicht ändern!)
Pause pro Messzyklus [Sekunden]	Frei wählbar (Standard: 1.5 s – nicht ändern!)
Messzyklen pro Frequenzstufe	Freiwählbar (Standard: 8 – bei 2 Alternativen)
Hell-Dunkel-Quotient	Hell zu Dunkel = 1 : 2 (nicht ändern)
Abbruchkriterium	Frei wählbar (7 Falschnennungen bei 8 Zyklen)

Nach Abspeichern der gewählten Parameter kann das Programm beendet werden.

5. Durchführung von FVF-Messungen

5.1. Vorbemerkungen

Da jeder Mensch eine spezifische FVF hat, muss das individuelle Baseline-Niveau zunächst bestimmt werden. Dazu werden zwei Messungen durchgeführt (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2. Anfangsfrequenz und Schrittweite der ersten beiden (baseline)-Messungen und der weiteren Messungen

Parameter	1. Messung (baseline 1)	2. Messung (baseline 2)	Alle weiteren Messungen
Anfangsfrequenz [Hz]	25	Individuelle FVF - 5	Individuelle FVF - 5
Schrittweite [Hz]	5	1	1

5.2. Start des FVF-Programms

Nach dem Wechsel in das korrekte Verzeichnis (FVF_RZA) kann das Programm gestartet werden:

Eingabe: **fvf**

5.3. Eingabe von Laufwerk und Standardpfad für die Datenspeicherung

Das Programm verlangt zunächst die Eingabe eines Standard-Pfades (siehe Abbildung 4), wo eventuell anfallende Messdaten abgelegt werden. Hier sollte der Name des Verzeichnisses angegeben werden, welches für die Messungen eingerichtet wurde (siehe Abschnitt 4.3; Beispiel: FVF_M001).

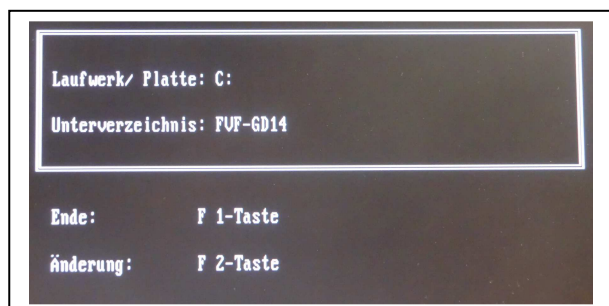


Abbildung 4. Eingabe von Laufwerk und Unterverzeichnis für die Datenspeicherung

Normalerweise sollte der Speicherpfad zu Beginn des gesamten Messzyklus festgelegt werden (Tipp: Geeigneten Ordernamen wählen, z. B. FVF_M001).

Es besteht aber auch die Möglichkeit, den Speicherpfad direkt bei der Speicherung einzugeben.

5.4. Hauptmenü

Im Anschluss an das Standard-Pfad-Menü erscheint das Hauptmenü (Abbildung 5). Es bestehen die folgenden Wahlmöglichkeiten:

1. Eingabe der Probanden-Daten (Name und Vorname) – siehe Abschnitt 5.6
2. Durchführung der Messung* (siehe Abschnitt 5.7)
3. Berechnung der psychometrischen Funktion* (siehe Abschnitt 6.2)
4. Ausgabe der Daten* (siehe Abschnitt 5.8)
5. Auswertung bereits gespeicherter Daten* (siehe Abschnitt 6.1)
6. Funktionstests (LEDs)
7. Eichung der Zeitschleife* (siehe Abschnitt 5.5)
8. Kalibrierung der LEDs
9. Änderung des Speicherortes

Die mit * gekennzeichneten Menüpunkte werden im folgenden Text erläutert.

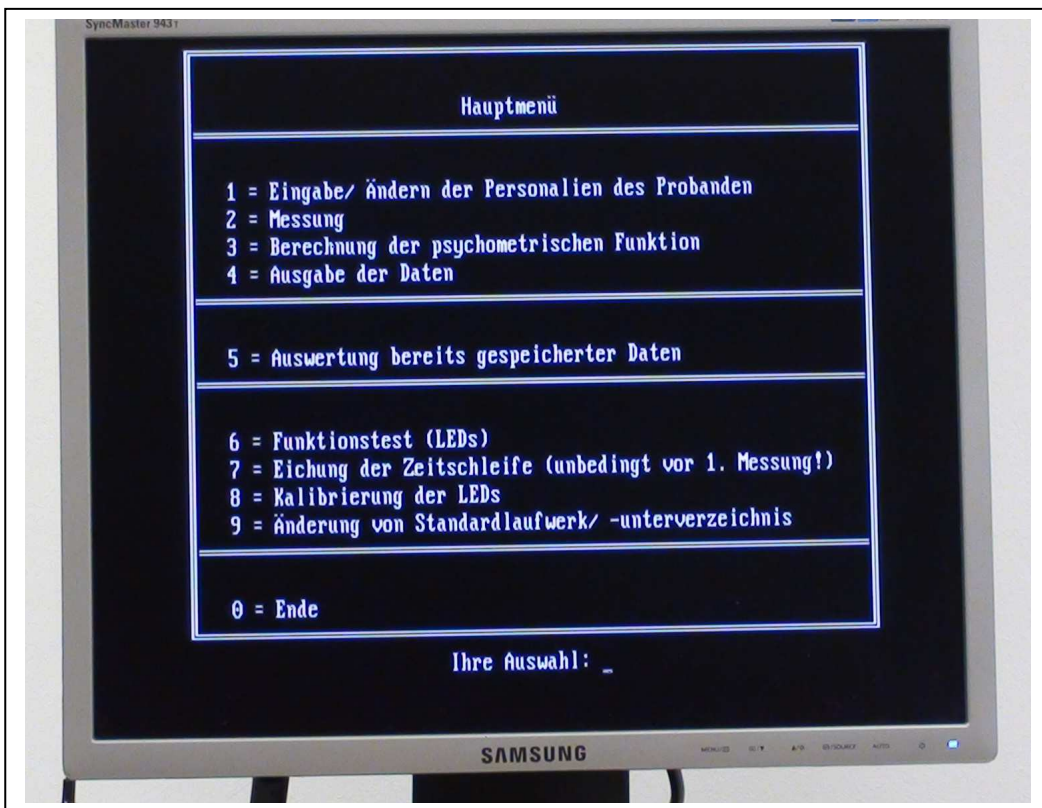


Abbildung 5. Start-Menü des FVF-Messprogramms

5.5. Eichung der Zeitschleife

⚠ Achtung! Zu Beginn eines jeden Messtages sollte diese Programmfunktion aufgerufen werden, um die jeweiligen Frequenzen genau zu reproduzieren!

Wenn dieser Menüpunkt durch Eingabe der „7“ ausgewählt wurde, beginnt das Programm mit der Eichung der Zeitschleife.

⚠ Achtung! Vor Beginn der Eichung sollte das FVF-Gerät angeschlossen und das Interface eingeschaltet sein!

Abbildung 6 zeigt, wie das Ergebnis der Kalibrierung ausgegeben wird. Durch Eingabe von „1“ werden die Werte gespeichert.

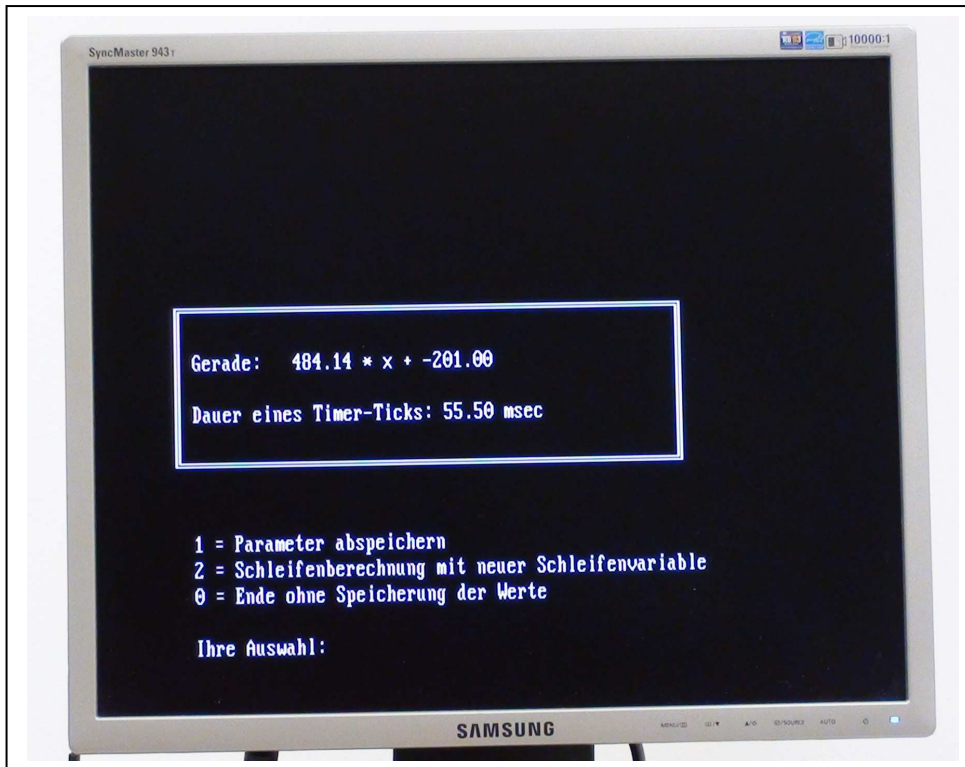


Abbildung 6. Ergebnisdarstellung der Zeitschleifen-Kalibration

5.6. Eingabe der Probandendaten

Durch Drücken der Taste „1“ wird dieser Menüpunkt ausgewählt.

Es können Name und Vorname des Probanden eingegeben werden. Die ersten 8 Buchstaben werden zur automatischen Speicherung verwendet – Beispiel: Mustermann → Musterma.dat).

5.7. Starten der Messungen

Die Messungen werden durch Eingabe von „2“ gestartet.

Zunächst können Messdaten aus vergangenen Messungen des Probanden als Grundlage für die Bestimmung der Anfangsfrequenz geladen werden.

⚠ Achtung!

Diese Option macht nur dann Sinn, wenn bereits mindestens eine Messung erfolgt ist.

Bei der ersten Messung muss die entsprechende Frage mit „n“ (= Nein) beantwortet werden.

Danach können die Messbedingungen eingegeben werden. Hier steht eine Zeile zur Verfügung. Für die erste Messung kann man z. B. „baseline 1“ eingeben.

Aktuell, d.h. für die eine Messung, können die Parameter (z.B. Anzahl der Alternativen, Schrittweite) verändert werden. Diese Parameter entsprechen denen, welche auch durch das Programm „fvfinst“ (siehe 4.4) permanent geändert werden können. Sinnvoll ist es z. B., bei der ersten FVF-Messung die Schrittweite vorübergehend auf 5 Hz zu ändern, um zu lange Messzeiten zu vermeiden.

⚠ Achtung!

Dauerhafte Änderungen der FVF-Messparameter sollten über das Programm „fvfinst“ geändert werden.

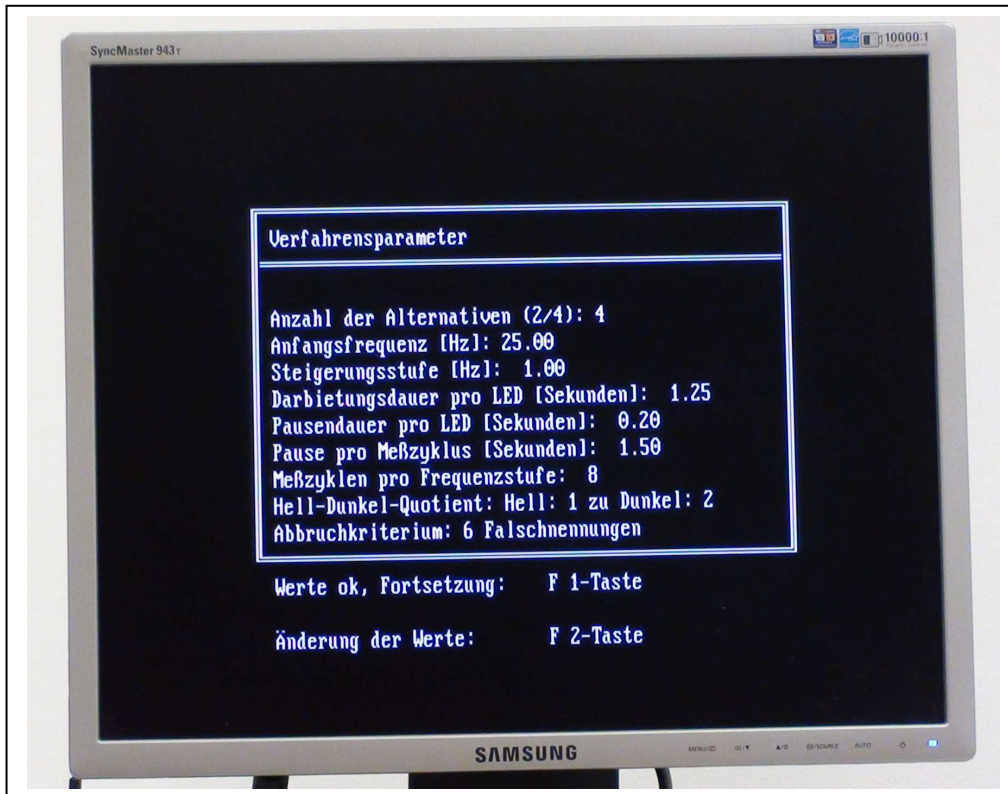


Abbildung 7. Auswahltabelle zur vorübergehenden Änderung der FVF-Parameter

Auftretende Diskrepanzen zwischen flimmernder und vom Probanden benannter LED, welche als potenzielle Rateversuche bewertet werden, können zusätzlich akustisch (durch Piepton) signalisiert werden.

Die Messung kann nun – nach entsprechender Instruktion – gestartet werden.

Dazu sollten die Probanden VORHER kurz instruiert werden:

Sie werden nun in kurzer Folge zwei/ vier Lichtreize sehen. Ein Lichtreiz wird flimmern. Ihre Aufgabe ist es, die flimmernde Lichtquelle zu finden und zu benennen.

Antworten Sie bitte nur, wenn Sie den Flimmerreiz sicher erkannt haben.

Es kann auch vorkommen, dass keine Lichtquelle flimmert. Diese Versuche werden eingestreut, um Ihr Antwortverhalten zu prüfen.

Falls der Proband doch rät (Indiz: Benennung einer falschen LED), wird die folgende Standardinstruktion eingesetzt:

Bitte nicht raten!

Die Ansteuerung der LEDs kann am Bildschirm verfolgt werden (siehe Abbildung 8).

Die Antworten des Probanden werden vom Versuchsleiter über die Tastatur (ohne Enter-Taste) eingegeben (siehe Abbildung 8). Entweder wird die benannte LED eingegeben oder eine „0“ (wenn keine LED erkannt wird).

Bei Erreichen bzw. Überschreiten des Abbruchkriteriums wird die Messung beendet.

Während der Messung bestehen - bei Falsch-Nennungen des Probanden - verschiedene Eingriffsmöglichkeiten (z.B. Fortsetzung der Messungen, Nicht-Berücksichtigung einer Falsch-Antwort, Neu-Beginn der Messung oder Abbruch). Diese Eingriffsmöglichkeiten werden in einem speziellen Menü angezeigt.

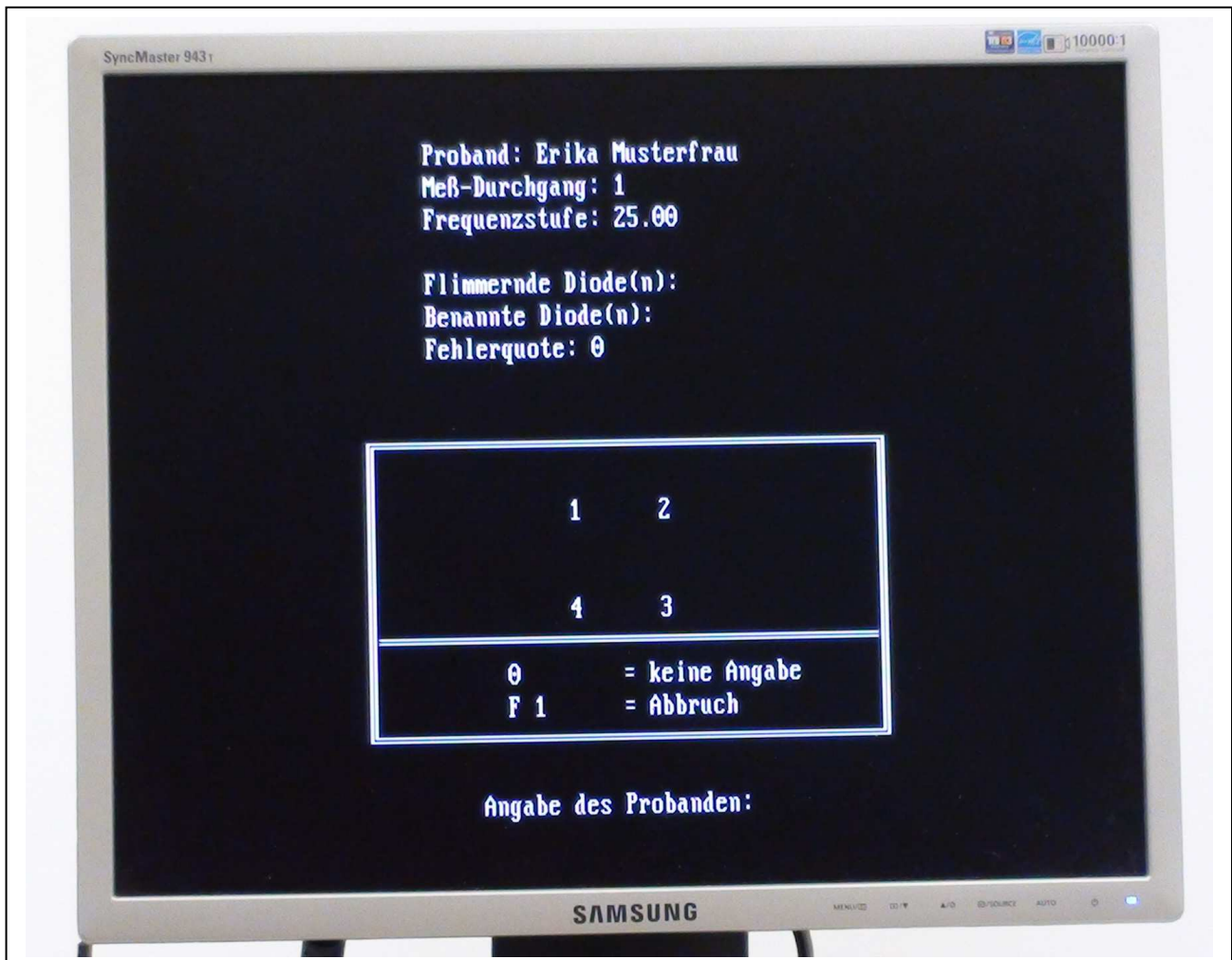


Abbildung 8. Anzeige während der FVF-Messungen

⚠ Achtung!

Die Messdaten sollten unmittelbar nach der Messung gespeichert werden, um einen Datenverlust zu vermeiden!

5.8. Ausgabe und Speicherung der Messdaten

Nach der Beendigung der Messung sollten die Messdaten sofort gespeichert werden. Hierzu stehen unter dem Menüpunkt „4“ drei Optionen zur Verfügung (siehe Abbildung 5):

- Ausgabe auf den Bildschirm (zur Kontrolle)
- Ausgabe auf Diskette (damit ist auch die Festplatte gemeint)
- Ausgabe auf den Drucker (keine Option)

⚠ Achtung!

Ab der zweiten Messung eines Probanden wird eine Meldung angezeigt, dass bereits eine Datei mit dem Namen des Probanden existiert!

Das System fragt, ob die bestehenden Daten überschrieben werden sollen.

Geben Sie bitte „n“ (für „Nein“) ein, sonst gehen die gespeicherten Daten der vorherigen Messung(en) verloren!

Nach jedem Messtag sollten die Daten zusätzlich auf eine Diskette gespeichert werden (Backup). Dabei wird in folgenden Schritten vorgegangen:

1. Beenden des FVF-Messprogramms – Eingabe von „0“
2. Wechsel in das Hauptverzeichnis – Eingabe: **cd ..**
3. Wechsel in das Datenverzeichnis – Eingabe: **cd <name>**
4. Kopieren der Daten: - Eingabe: **copy *.dat <Ziellaufwerk: a: oder b:>**

6. Auswertung der Messungen

Die Auswertung der Messung geschieht in zwei Schritten:

1. Laden der Daten (Abbildung 5: Menüpunkt „5“ – Auswertung bereits gespeicherter Daten)
2. Berechnung der psychometrischen Funktion (Abbildung 5: Menüpunkt „3“)

6.1. Laden der gespeicherten Daten

Das Laden (Einlesen) der Daten erfolgt in folgenden Schritten:

1. Eingabe des Namens der einzulesenden Datei (siehe Abbildung 9)
2. nochmalige Möglichkeit, die Angaben zur einzulesenden Datei zu verändern
3. Durchblättern der Datensätze der einzulesenden Datei und Auswahl des einzulesenden Datensatzes (siehe Abbildung 10)
4. Einlesen des ausgewählten Datensatzes, der dann ausgegeben (Menü-Punkt "4") oder analysiert (Menü-Punkt "3") werden kann.

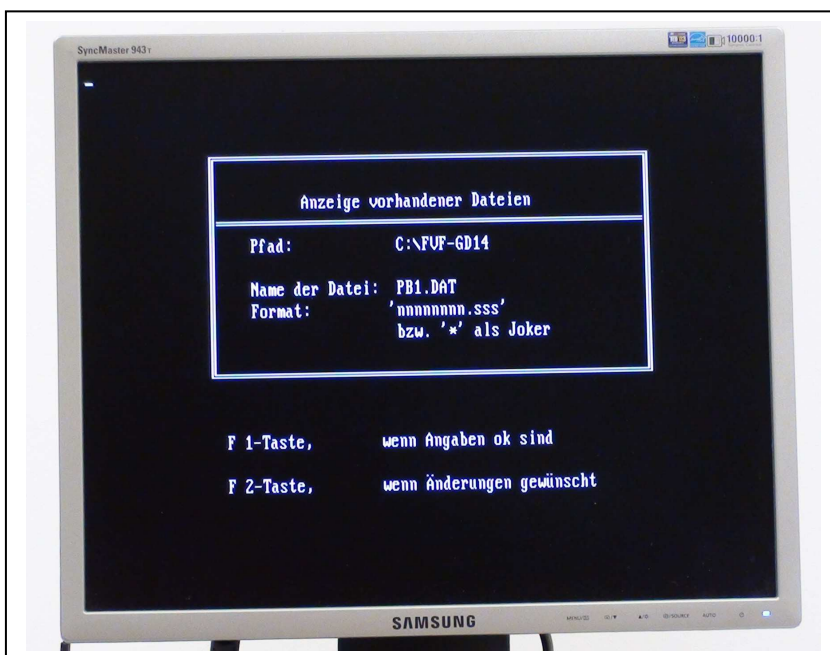


Abbildung 9. Anzeige/ Laden gespeicherter Daten - Eingabe des Dateinamen

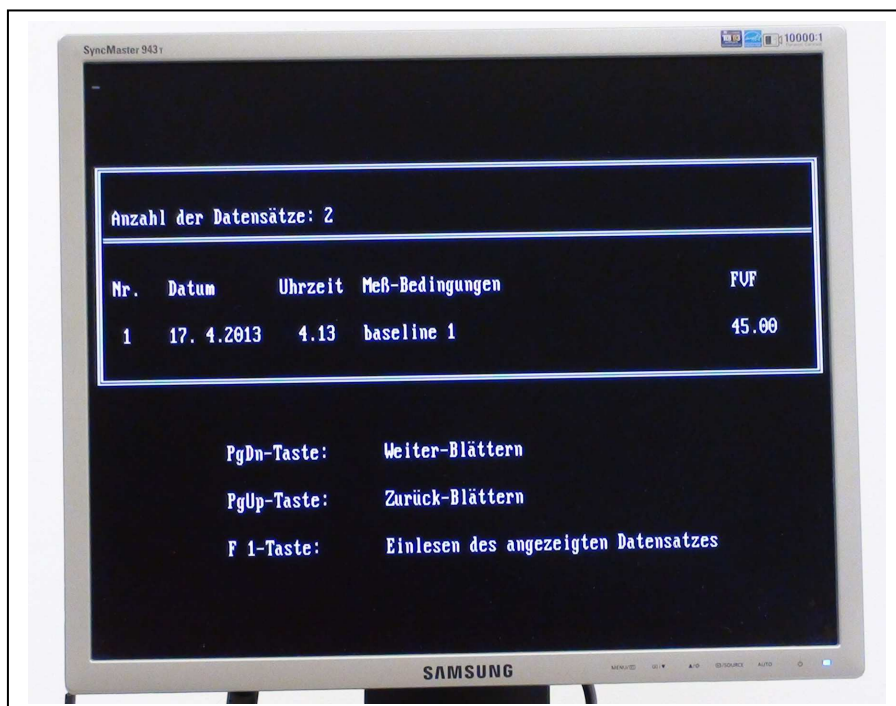


Abbildung 10. Anzeige der gespeicherten Datensätze

6.2. Berechnung der psychometrischen Funktionen

Da die Original-Messdaten immer verrauscht sind, müssen Glättungs- oder Approximationsverfahren eingesetzt werden.

An die FVF-Messdaten können zwei verschiedene Funktionsarten angepasst werden (siehe Tabelle 3):

- Sigmoidale Funktionen – 2 Optionen:
 - Weibull-Funktion
 - logistische Funktion
- lineare Funktionen – 2 Optionen:
 - Methode der kleinsten Fehlerquadrate
 - Interpolation zwischen zwei Eckpunkten (letzter Null-Fehler-Durchgang und letzter Messdurchgang)

Tabelle 3. Psychometrische Funktionen und Anwendungsvoraussetzungen

Funktion	Anwendungsvoraussetzungen
Sigmoid: Weibull $y = 1 - e^{-a \cdot x^2}$	Bei sigmoidem Übergang von 0 Fehlern auf Abbruchkriterium – nicht anwendbar bei Sprung von 0 Fehlern auf Abbruchkriterium
Sigmoid: logistisch $y = 1 / (1 + e^{-b \cdot x - a})$	Bei sigmoidem Übergang von 0 Fehlern auf Abbruchkriterium – nicht anwendbar bei Sprung von 0 Fehlern auf Abbruchkriterium
Linear: einfache Regression $y = m \cdot x + b$	Bei linearem Übergang von 0 Fehlern auf Abbruchkriterium
Linear: Interpolation	Nur bei sprunghaftem Übergang von 0 Fehlern auf Abbruchkriterium

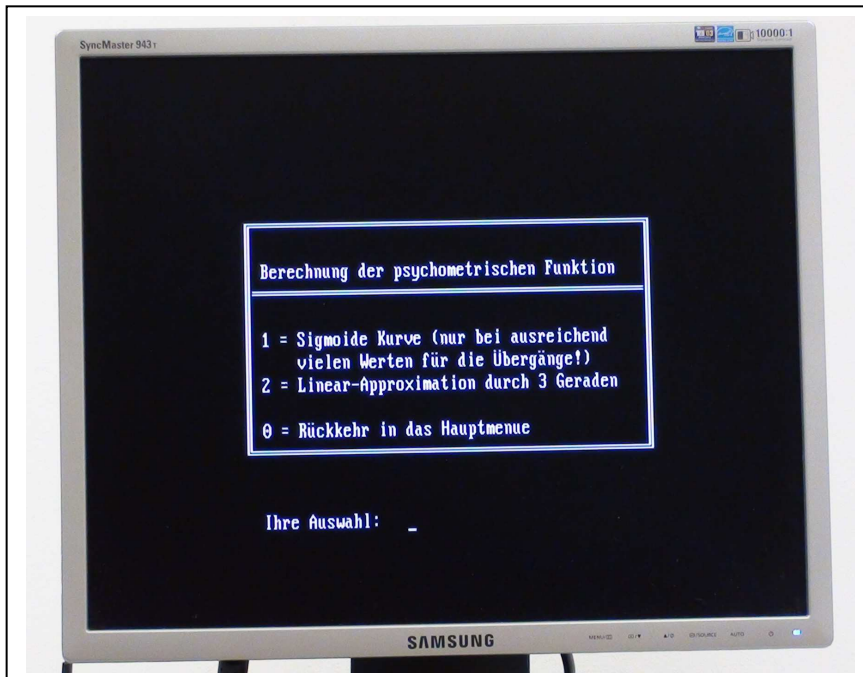


Abbildung 11. Auswahlmenü zur Berechnung der psychometrischen Funktion

⚡ Grundsätzlich sollten sowohl die linearen als auch die sigmoiden Verfahren berechnet werden. Die Kurve mit dem höchsten Bestimmtheitsquotienten (B oder r^2) sollte für die Berechnung der FVF berücksichtigt werden.

Die Berechnung erfolgt in folgenden Schritten:

1. Auswahl der psychometrischen Funktion (siehe Abbildung 11)
2. Festlegung des berücksichtigten Datenbereichs (Anfangsfrequenz; siehe Abbildung 12)
3. Ausgabe der Ergebnisse – Prüfung des Bestimmtheitsmaßes (siehe Abbildung 13)
4. Berechnung der approximierten Werte (siehe Abbildung 14)
5. Berechnung der FVF (Standardkriterium: Fehlerquote von 50%)



Abbildung 12. Festlegung des Datenbereichs für die Approximation

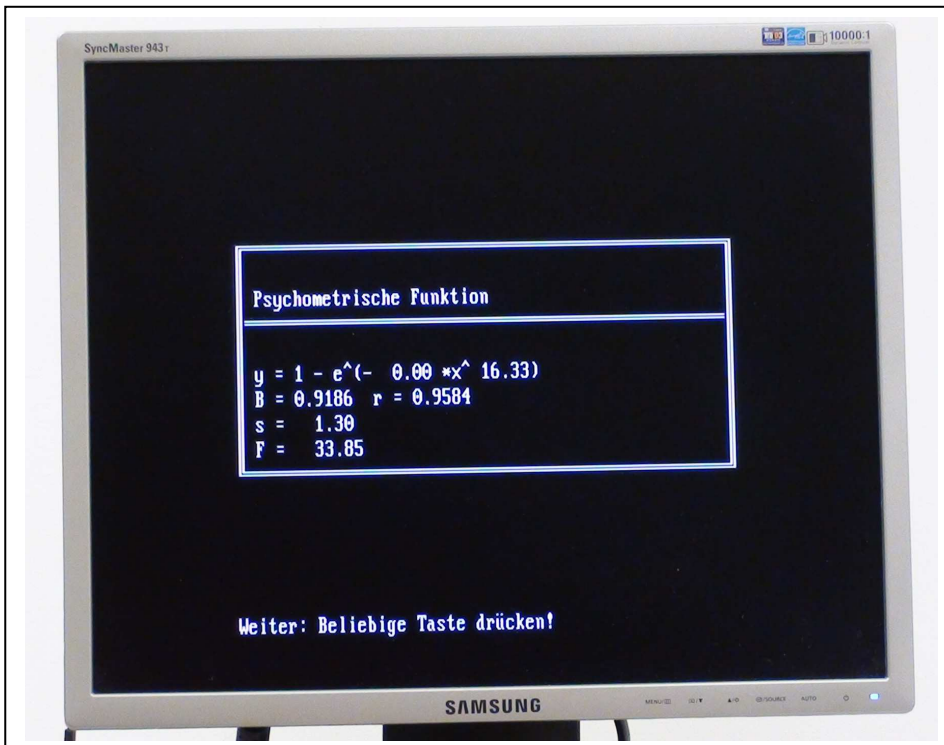


Abbildung 13. Ausgabe der Ergebnisse der Approximation (Beispiel: sigmoide Weibull-Funktion)

Wie in Abbildung 13 zu erkennen ist, werden die folgenden Ergebnisse ausgegeben:

- Parameter der psychometrischen Funktion
- Bestimmtheitsmaß B (= r^2) und Korrelationskoeffizient r
- Streuung der realen Werte um die Regressionskurve (s)
- F-Wert zu Bestimmung der Anpassungsgüte

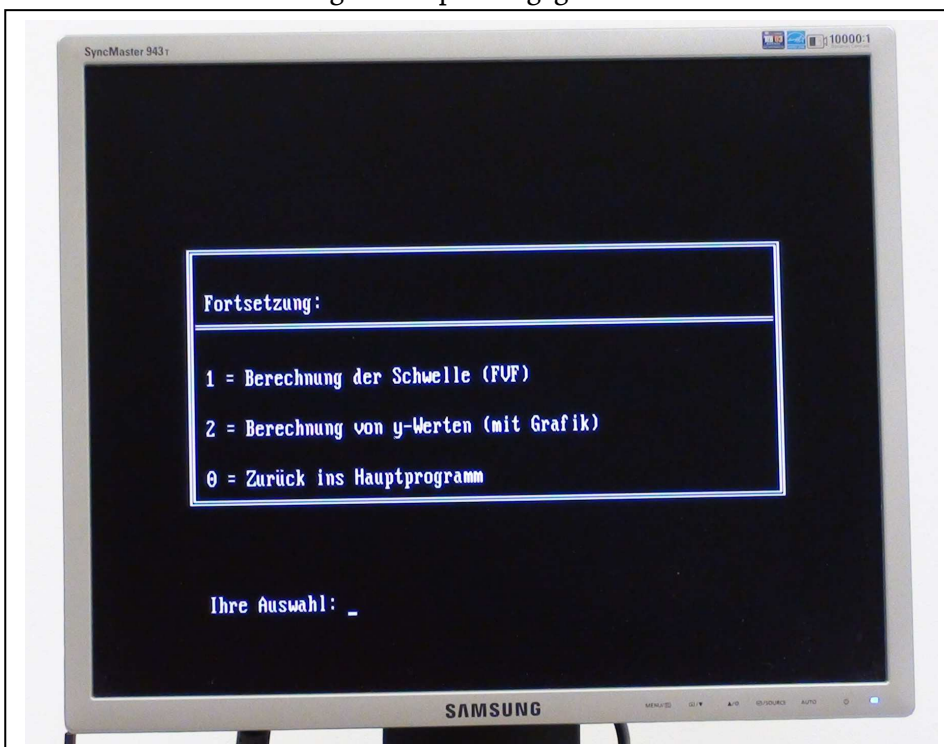


Abbildung 14. Auswahlmenü zur Berechnung der FVF bzw. der Werte für eine grafische Darstellung der psychometrischen Funktion

Bei der Berechnung des FVF-Wertes werden die folgenden Daten ausgegeben (Abbildung 15):

- FVF (Standardkriterium: Fehlerquote von 50%)
- Steigung an der FVF (erste Ableitung)
- Anzahl der Falschantworten vor Erreichen der FVF

Der wichtigste Parameter ist die FVF; die anderen Indikatoren können zur Bestimmung der Zuverlässigkeit der FVF-Messungen genutzt werden.

⚠ Achtung! Die berechnete FVF sollte NICHT gespeichert werden, denn dann würden bei weiteren Messungen Dezimalzahlen als Anfangsfrequenzen benutzt.

Es besteht auch die Möglichkeit, sich die psychometrische Funktion grafisch darstellen zu lassen. Dazu werden zunächst die y-Koordinaten für die Kurve berechnet und nachfolgend grafisch angezeigt.

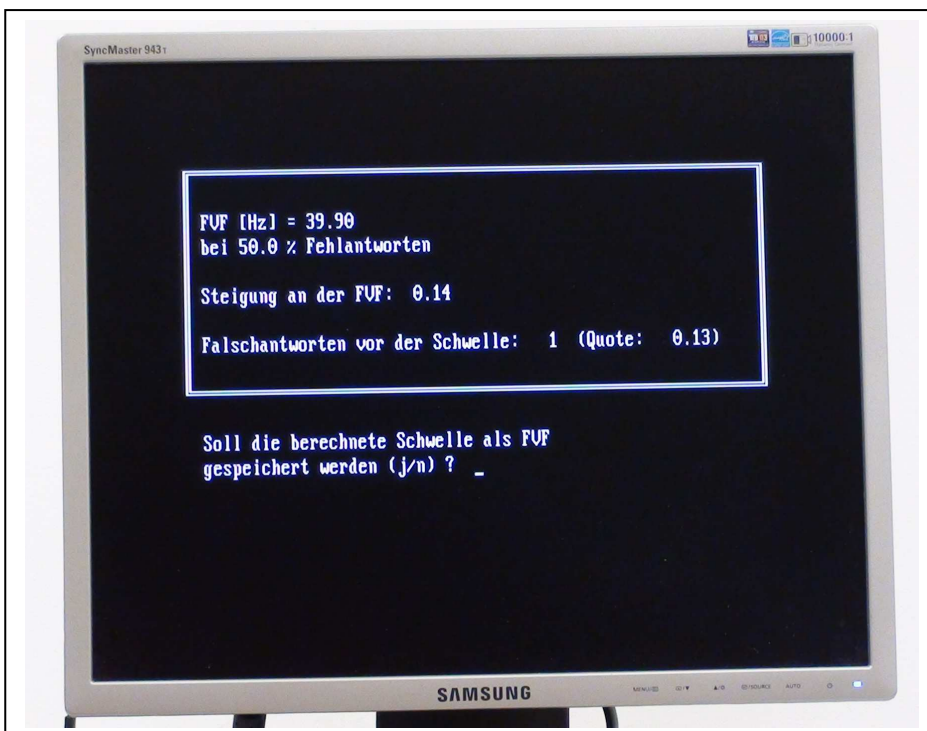


Abbildung 15. Berechnung der FVF auf der Grundlage einer psychometrischen Funktion – Ausgabe der Ergebnisse

7. Zusammenfassung

Mit den Informationen dieser Anleitung sollten es nun möglich sein, FVF-Messungen vorzubereiten, durchzuführen und auszuwerten.

Im Anhang befindet sich eine Kurzanleitung, die noch einmal alle Verfahrensschritte aufführt.

8. Literatur

- Wiemeyer, J. (1990). *Zentralnervöse Aktivierung und sportliche Leistung*. Köln: Strauß.
- Wiemeyer, J. (2001). Die Flimmerverschmelzungsfrequenz – Ein multifaktorieller psychophysischer Indikator im Sport. *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde & Augenärztliche Fortbildung*, 22, 426-432.
- Wiemeyer, J. (2002). Flimmerverschmelzungsfrequenz und zentralnervöse Aktivierung. *Neurologie & Rehabilitation*, 8 (1), 29-34.

Anhang: Checkliste

Kurzanleitung zur Vorbereitung und Durchführung von FVF-Messungen

Schritt	DOS-Befehl bzw. Bemerkung
1. Gerät an den Computer anschließen!	(erst nach dem Anschließen einschalten!)
2. Interface einschalten (Kippschalter)!	
3. Computer durch Betätigung des Kippschalters (Rückseite, rechts) starten!	
4. Ggf. Datum und Uhrzeit eingeben	date time
5. In das Verzeichnis „FVF_RZA“ wechseln!	cd FVF_RZA
6. Ggf. FVF-Messparameter ändern	fvfinst
7. FVF-Messprogramm starten	fvf
8. Speicherpfad angeben	
9. Zeitschleife kalibrieren	(Menüpunkt „7“)
10. Probanden-Daten eingeben	(Menüpunkt „1“)
11. Messung starten	(Menüpunkt „2“)
• Einlesen vorheriger Daten quittieren	(„n“ bei 1. Messung; „j“ bei weiteren Messungen)
• Messbedingungen eingeben	(eine Textzeile)
• Verfahrensparameter prüfen und ggf. kurzfristig ändern	(1. Messung: Schrittweite auf 5 Hz einstellen)
• Option „Rateversuche akustisch signalisieren“ auswählen oder ablehnen	(Eingabe: „j“/ „n“)
• Start der Messungen	(Tastendruck)
• Eingabe der jeweils durch den Pb benannten LED über die Tastatur	(1 – links/oben; 2 – rechts/oben; 3 – rechts/unten; 4 – links/unten; 0 – keine Angabe)
• Ggf. entscheiden, wie mit Rateversuchen verfahren werden soll	(Standard: „1“ – Fortsetzung der Messung)
12. Mess-Daten abspeichern (danach kann eine weitere Messung durchgeführt werden)	(Menüpunkt „4“) (Optionen: „1“ – Ausgabe auf Bildschirm „2“ – Ausgabe auf Diskette) (Vorsicht bei Abspeichern des 2. und folgenden Messung – Abfrage nach Überschreiben mit „n“ beantworten!)
13. Mess-Daten auf Diskette kopieren (nach jedem Messtag)	(Messprogramm beenden – „0“) cd .. cd <name des Datenverzeichnisses> copy *.dat <ziellaufwerk: a: oder b:>
14. Messungen auswerten	
• Einlesen der Daten	(Menüpunkt „5“)
• Berechnung der psychometrischen Funktion (mit grafischer Darstellung und Berechnung der FVF)	(Menüpunkt „3“)