

# Trainingseffekte bei Trackpoint-Experten

& Vergleich mit Touchpad

Autorin: Corinna Habets  
Betreut durch Christine Sutter am  
Institut für Psychologie, RWTH Aachen

Fertiggestellt am: 5. Oktober 2005

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Hypothese . . . . .	3
1.2	Zugehörige Versuche . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Methode</b>	<b>3</b>
2.1	Aufgabe der Versuchsperson . . . . .	3
2.2	Versuchsplan . . . . .	4
2.2.1	Variablen . . . . .	4
2.2.2	Versuchspersonen . . . . .	4
2.2.3	Kontrolle von Störvariablen . . . . .	5
2.2.4	Entscheidung über die Hypothese . . . . .	5
2.3	Versuchsaufbau . . . . .	5
2.3.1	Versuchsanordnung . . . . .	5
2.3.2	Versuchszeitraum . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Auswertung &amp; Ergebnisse</b>	<b>6</b>
3.1	Statistische Kennwerte . . . . .	6
3.2	Ergebnisse . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Entscheidung über die Hypothese</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion &amp; Schluss</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Bezugnahme auf den Parallelversuch</b>	<b>8</b>
6.1	Über beide Versuche kontrollierte Störvariablen . . . . .	8
6.2	Gegenüberstellung der Ergebnisse . . . . .	9
6.3	Nicht kontrollierte Störfaktoren . . . . .	9
6.4	Neue Hypothesen . . . . .	10
<b>7</b>	<b>Literatur</b>	<b>11</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>12</b>
8.1	Glossar . . . . .	12
8.2	Fragebogen . . . . .	13
8.3	Instruktionen . . . . .	14

# 1 Einleitung

Diese Untersuchung beschäftigt sich mit der Ergonomie des Laptop-Eingabegerätes Trackpoint. Dabei absolvierten Experten im Umgang mit dem Trackpoint ein Lernexperiment um zu untersuchen, inwieweit sich auch sehr vertraute Benutzer noch verbessern können. Dazu werden Bedienungsgeschwindigkeiten gemessen.

## 1.1 Hypothese

Die Forschungshypothese ist, daß sich auch Trackpoint-Experten über einen langen Zeitraum (1600 Aufgaben) noch verbessern.

Die Nullhypothese ist, daß sich Trackpoint-Experten nicht verbessern können.

## 1.2 Zugehörige Versuche

Diesem Versuch gingen Untersuchungen von Nikookhesal (2005) bzw. Dyckhoff (2005) voraus. Sie untersuchten Novizen am Trackpoint bzw. Touchpad. Deren Leistungen verglichen sie mit der von Experten (Sutter & Ziefle, 2005). Allerdings erstreckte sich der Versuch nur über 32 Aufgaben.

Beim vorliegenden Versuch wurden ausschliesslich Experten für die Bedienung von Trackpoints in einem Lernexperiment (1600 Aufgaben) untersucht, um festzustellen, inwieweit sich Experten noch verbessern können.

Westermann (2005) führte eine Parallelerhebung an Touchpad-Experten durch.

# 2 Methode

## 2.1 Aufgabe der Versuchsperson

Vor und nach der eigentlichen Aufgabe mußten die Versuchspersonen den im Anhang beigefügten Fragebogen ausfüllen (8.2). Dann las die Versuchsleiterin die Instruktionen (8.3) vor.

Die Aufgabe bestand darin, den Cursor mit dem Trackpoint auf ein Quadrat zu bewegen und die Bestätigungstaste zu drücken. Der Bildschirm war bis auf das jeweilige Zielquadrat - immer nur eins - und den Cursor weiss. Das Quadrat hatte zwei mögliche Grössen, zwei mögliche Entfernungen zum Cursor und acht mögliche Winkel zum Cursor. Der Cursor hatte drei mögliche Startpositionen.

Insgesamt führte jede Versuchsperson 1600 dieser Aufgaben durch. Dies dauerte zwischen 45 und 65 Minuten, je nach Durchführungsgeschwindigkeit.

Es ging bei dem Versuch darum, das Ziel möglichst schnell und genau zu treffen. Im Zweifelsfall ging Genauigkeit vor.

Zwischen Aufgabenbeginn (durch Drücken der Leertaste) und Ende (durch Drücken der Bestätigungstaste über dem Zielquadrat) wurde ständig die Zeit und die Cursorposition gespeichert. Alle Daten wurden in einer CSV-Datei gespeichert.

## 2.2 Versuchsplan

### 2.2.1 Variablen

#### Variation der UV

Die UV ist der Faktor Training. Dieser wird operationalisiert, indem die insgesamt 1600 Aufgaben in 5 Blöcke zu je 320 aufeinanderfolgenden Aufgaben unterteilt werden.

#### Erfassung der AV

- **Geschwindigkeit:**  
Die Beobachtung der Geschwindigkeit lässt sich auf mehrere Parameter wie Umgreifzeit, Bewegungszeit und Gesamtzeit, aufteilen.
- **Umgreifzeit/(UZ)**  
Die Zeit zwischen Drücken der Leertaste und der ersten Cursorbewegung. Da die Leertaste und das Eingabegerät von verschiedenen Händen bedient werden, ist die Bezeichnung hier etwas irreführend.
- **Bewegungszeit/(BZ)**  
Die Geschwindigkeit der Bewegung ab der ersten Cursorbewegung bis zur Vervollständigung der Aufgabe
- **Gesamtzeit/(GZ)**  
Die Gesamtzeit ist die Summe aus Umgreifzeit und Bewegungszeit
- **Genauigkeit der Tastenbedienung:**  
Die Genauigkeit der Tastenbedienung kann anhand der Klickfehler gemessen werden.
- **Klickfehler**  
Ein Klickfehler ist das Auftreten einer gedrückten Eingabetaste außerhalb des Ziels.
- **Müdigkeit, Frust und Schmerzen:**  
Als subjektive Maße wurden die Müdigkeit, der Frust und eventuelle Schmerzen vor und nach der Durchführung des Experiments anhand eines Fragebogens abgefragt.

### 2.2.2 Versuchspersonen

Die sieben Versuchspersonen sind alle Studierende der Informatik, männlich und zwischen 21 und 27 Jahre alt. Das Durchschnittsalter betrug 24 Jahre. Es waren vier Rechtshänder und drei Linkshänder, sowie zwei Brillenträger dabei.

Bei der Selbsteinschätzung ihrer Fähigkeiten am Trackpoint gaben sich die Versuchspersonen im Durchschnitt die Schulnote 1,7.

### 2.2.3 Kontrolle von Störvariablen

Es wurden folgende Faktoren über alle Versuchspersonen konstant gehalten:

- **Position des Bildschirms relativ zum Betrachter:**  
Der Bildschirm befand sich auf einem 18,5 cm hohen Absatz und sein Abstand zur Tischkante betrug 45 cm.
- **Position des Laptops:**  
Der Laptop lag mittig unterhalb des Bildschirms mit einem Abstand von 20 cm zwischen unterer Laptopkante und Tischkante.
- **Raumbeleuchtung:**  
Die Raumbeleuchtung des fensterlosen Versuchszimmers wurde allein durch Leuchtstoffröhren reguliert.
- **Vorlesen der Instruktionen durch die Versuchsleiterin:**  
Jede Versuchsperson bekam Instruktionen vorgelesen, wobei die Versuchsleiterin einzelne festgelegte Schritte vorführte. Insbesondere wurde darauf hingewiesen, dass eine Hand für die Bedienung des Trackpoint und die andere zum Drücken der Bestätigungstaste benutzt werden sollte. Außerdem sollten die Aufgaben so schnell und genau wie möglich bearbeitet werden. Im Zweifelsfall sollte der Genauigkeit der Vorzug gegeben werden.  
Der genaue Wortlaut der Instruktionen die den Versuchspersonen von der Versuchsleiterin vorgelesen wurden, findet sich im Anhang (8.3).
- **Aufgaben:**  
Die Aufgaben kamen in zufälliger Reihenfolge, insgesamt bearbeiteten aber alle Versuchspersonen die gleichen Aufgaben.

### 2.2.4 Entscheidung über die Hypothese

#### Auswertung

Das Versuchsprogramm „Pinöppel“ speichert alle relevanten Daten - vor allem die Mauskoordinaten während der Aufgabenbearbeitung - in einer „.csv“-Datei. Mittels des Programms „Reducer“ werden aus den Rohdaten die Zeiten berechnet. Am Ende liefert „SSPS“ die statistische Auswertung.

Berechnet werden die durchschnittliche Umgreif-, Bewegungs- und Gesamtzeit, sowie die durchschnittliche Anzahl Klickfehler, aller Versuchspersonen für jeden der fünf Blöcke. Bei der Berechnung der Mittelwerte für die drei Zeiten wurden die fehlerhaften Durchgänge nicht berücksichtigt.

## 2.3 Versuchsaufbau

### 2.3.1 Versuchsanordnung

Ein „Toshiba Satellite 1730“-Laptop, der einen Trackpoint hat, wurde an ein externes TFT-Display angeschlossen.

Der Versuchsraum war ruhig und ablenkungsfrei. Er hatte kein Tageslicht, sondern wurde von Leuchtstoffröhren erhellt.

### 2.3.2 Versuchszeitraum

Der Versuch wurde im Juni und Juli 2005 am Psychologischen Institut der RWTH Aachen durchgeführt.

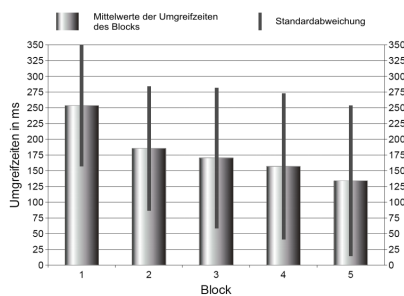
## 3 Auswertung & Ergebnisse

### 3.1 Statistische Kennwerte

Die 1600 Aufgaben wurden in fünf Blöcke zu je 320 aufeinanderfolgenden Aufgaben unterteilt. Berechnet wurde die durchschnittliche Umgreif-, Bewegungs- und Gesamtzeit, sowie die durchschnittliche Anzahl Klickfehler aller Versuchspersonen für jeden der fünf Blöcke. Bei der Berechnung der Mittelwerte für die drei Zeiten wurden die fehlerhaften Durchgänge nicht berücksichtigt.

### 3.2 Ergebnisse

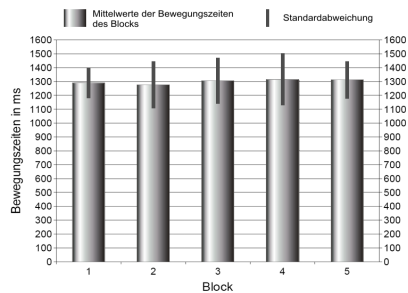
#### Umgreifzeiten



Block	Mittelwert	Standardabw.
1	253,38	95,81
2	185,31	98,41
3	170,27	111,54
4	156,77	115,72
5	133,75	119,46

Obwohl die Umgreifzeiten von durchschnittlich 253ms im ersten Block auf 133ms im letzten Block sinken, ergab eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Faktor „Block“ keinen signifikanten Haupteffekt (Signifikanz: 0,426). Es konnte folglich statistisch keine signifikante Verbesserung der Umgreifzeiten über die fünf Blöcke gesichert werden.

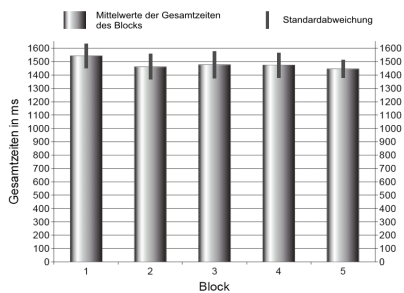
## Bewegungszeiten



Block	Mittelwert	Standardabw.
1	1288,98	105,01
2	1276,89	168,08
3	1306,32	161,91
4	1315,9	185,7
5	1311,89	134,14

Die Bewegungszeiten der Versuchspersonen steigen von durchschnittlich 1289ms im ersten Block auf 1311ms im letzten Block. Eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Faktor „Block“ ergab keinen signifikanten Haupteffekt (Signifikanz: 0,82). Es konnte folglich statistisch keine signifikante Verbesserung der Bewegungszeiten über die fünf Blöcke gesichert werden.

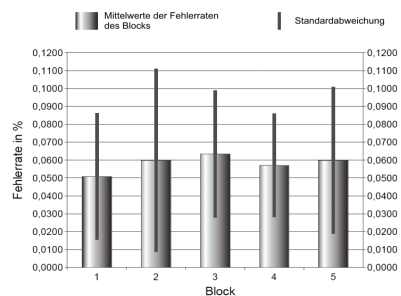
## Gesamtzeiten



Block	Mittelwert	Standardabw.
1	1542,36	89,2
2	1462,2	97,56
3	1476,59	100,52
4	1472,67	91,29
5	1445,64	65,73

Eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Faktor „Block“ ergab keinen signifikanten Haupteffekt (Signifikanz 0,195). Es konnte folglich statistisch keine signifikante Verbesserung der Gesamtzeiten über die fünf Blöcke gesichert werden.

## Fehlerrate



Block	Mittelwert	Standardabw.
1	0,0509	0,0353
2	0,0598	0,0510
3	0,0634	0,0354
4	0,0571	0,0289
5	0,0598	0,0409

Die Klickfehlerrate der Versuchspersonen bewegt sich zwischen 0,05 und 0,06. Eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Faktor „Block“ ergab keinen signifikanten Haupteffekt (Signifikanz 0,66). Die Fehlerrate ist also vernachlässigbar.

## 4 Entscheidung über die Hypothese

Da sich für keine der Zeiten ein signifikanter Haupteffekt ergibt, kann auch insgesamt keine signifikante Verbesserung gesichert werden. Die Forschungshypothese ist daher abzulehnen und die Nullhypothese anzunehmen. Experten im Umgang mit Trackpoints verbessern sich durch Training nicht mehr signifikant.

## 5 Diskussion & Schluss

Alle Versuchsteilnehmer waren bereits sehr vertraut mit dem Trackpoint. Auf dem Fragebogen gaben sie sich im Durchschnitt die Schulnote 1,7.

Es ist zu vermuten, dass die Versuchspersonen schon ihre persönliche Höchstgeschwindigkeit mit dem Trackpoint erreicht hatten. Diese Einschätzung wird auch von der geringen Streuung bestätigt.

## 6 Bezugnahme auf den Parallelversuch

Im folgenden möchte ich mich auf den parallel von Benedikt Westermann durchgeführten Versuch beziehen. Er entspricht dem vorliegenden völlig, bis auf das untersuchte Eingabegerät. Herr Westermann untersuchte Touchpads.

Dadurch kommt als zusätzliche Unabhängige Variable die Art des Eingabegeräts hinzu.

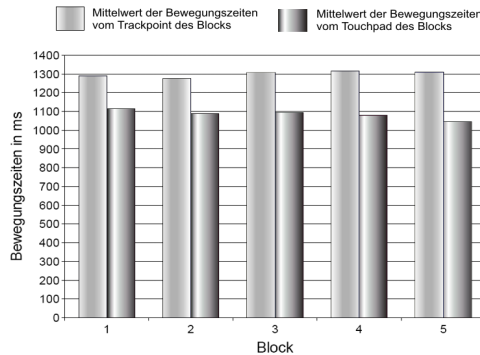
### 6.1 Über beide Versuche kontrollierte Störvariablen

Die für diesen Versuch kontrollierten Störvariablen wurden auch für den Parallelversuch kontrolliert. Zusätzlich wurden für beide Versuche zusammen die folgenden Faktoren vereinheitlicht:

- **Bildschirm:**  
Es wurden nicht die internen Bildschirme der Laptops verwendet, sondern ein externes TFT-Display.
- **Cursorgeschwindigkeit:**  
Die Geschwindigkeitseinstellung für den Cursor lag für beide Eingabegeräte bei ca. 1500 Pixel pro Sekunde. Für das Touchpad ist dies eine mittlere Geschwindigkeit, für den Trackpoint war es die höchstmögliche Einstellung.

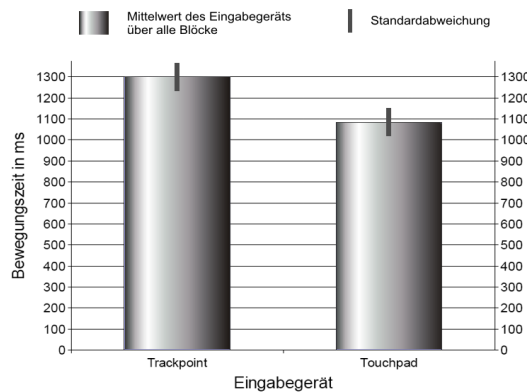
## 6.2 Gegenüberstellung der Ergebnisse

Da abgesehen vom Eingabegerät die Aufgaben gleich abliefen, werden nur die Bewegungszeiten der beiden Untersuchungen verglichen.



Block	Trackpoint [ms]	Touchpad [ms]
1	1288,98	1115,79
2	1276,89	1087,53
3	1306,32	1094,54
4	1315,9	1078,52
5	1311,89	1045,64

Wie man im Diagramm erkennt, sind die Touchpad-Experten durchgängig ca. 200ms schneller als die Trackpoint-Experten. Über alle Durchgänge gemittelt sieht man die scheinbare Überlegenheit des Touchpad noch deutlicher:



Device	Bewegungszeit [ms]	Standardabweichung [ms]	95% Konfidenzintervall	
			unteres	oberes
Trackpoint	1300	64,12	1160,30	1439,69
Touchpad	1084,41	64,12	944,71	1224,10

In diesem Versuch schneidet das Touchpad deutlich besser ab, als der Trackpoint.

## 6.3 Nicht kontrollierte Störfaktoren

Um Vergleichbarkeit mit dem parallel laufenden Touchpad-Versuch zu gewährleisten, wurde die Cursorgeschwindigkeit für beide Eingabegeräte gleich schnell eingestellt.

Allerdings gibt es einen grundlegenden Unterschied zwischen Trackpoint und Touchpad:

Beim **Touchpad** muss man, wenn man den Rand des Touchpad erreicht hat, aber noch nicht das Ziel auf dem Bildschirm, umgreifen. Also den Finger heben und neu aufsetzen. Das kostet Zeit und ist unerwünscht.

Der Trackpoint hingegen, der auf Druck reagiert, kann unbegrenzt in jede Richtung gedrückt werden, ohne Nachteile.

Eine langsame Geschwindigkeit des „Maus“zeigers ist also beim Trackpoint eher vertretbar als beim Touchpad. Tatsächlich wurde die Einstellung des Trackpoint beim Versuch von den meisten Teilnehmern als zu schnell empfunden.

Das Fadenkreuz im Versuchsprogramm beispielsweise „sprang“. Schon die allerfeinste Berührung des Trackpoints bewegte den Zeiger drei Pixel weiter. Dies war ein konstanter Fehler, so daß von den möglichen Positionen im Zielquadrat im Grunde nur ein Drittel übrigblieb.

Es ist also gut möglich, daß die Gleichbehandlung der Eingabegeräte den Trackpoint benachteiligt hat.

#### **6.4 Neue Hypothesen**

Es ist zu klären, inwieweit die bisher ermittelte Unterlegenheit des Trackpoints verschwindet, wenn die Versuchsteilnehmer ihr gewohntes Tempo einstellen können. Aber natürlich ist dies nur äußerst schwierig operationalisierbar.

## 7 Literatur

- **Christine Sutter (2001)**  
„Auswirkungen alternativer Eingabegeräte am Notebook auf motorische Leistungsmaße“, unveröffentlichte Diplomarbeit, RWTH-Aachen
- **Azadeh Nikookhesal (2005)**  
„Trackpoint-Untersuchung - Auswirkungen auf motorische Leistungsmaße und Vergleich mit Touchpad“, unveröffentlichte Praktikumsarbeit
- **Ulrich Tränkle, Detlef Deutschmann (1991)**  
„Factors influencing speed and precision of cursor positioning using a mouse“, erschienen in „Ergonomics“, Vol. 34, No. 2
- **Christine Sutter, Martina Ziefle (2005)**  
„Interacting With Notebook Input Devices: An Analysis of Motor Performance and Users' Expertise“, erschienen in „Human Factors“, Vol. 47, No.1

## 8 Anhang

### 8.1 Glossar

(Alphabetisch sortiert.)

- **Bestätigungstaste**  
Löst einen „Klick“ aus. Ersetzt bei Laptops die linke Maustaste
- **Bewegungszeit/(BZ)**  
Die Geschwindigkeit der Bewegung ab der ersten Cursorbewegung bis zur Vervollständigung der Aufgabe
- **Gesamtzeit/(GZ)**  
Die Gesamtzeit ist die Summe aus Umgreifzeit und Bewegungszeit
- **Klickfehler**  
Ein Klickfehler ist das Auftreten einer gedrückten Eingabetaste außerhalb des Ziels.
- **Touchpad**  
Ein berührungssensibles Feld - meist unterhalb der Tastatur
- **Trackpoint**  
Ein druckempfindlicher Knopf - meist innerhalb der Tastatur
- **Umgreifzeit/(UZ)**  
Die Zeit zwischen Drücken der Leertaste und der ersten Cursorbewegung. Da die Leertaste und das Eingabegerät von verschiedenen Händen bedient werden, ist die Bezeichnung hier etwas irreführend.

## 8.2 Fragebogen

### Fragebogen zur Trackpoint-Untersuchung

Teilnehmer-ID:	_____			
Alter:	_____			
Geschlecht:	Männlich	<input type="checkbox"/>	Weiblich	<input type="checkbox"/>
Studium/Beruf:	_____			
Brillenträger:	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
Händigkeit:	Linkshänder	<input type="checkbox"/>	Rechtshänder	<input type="checkbox"/>

Maus-Erfahrung:	_____ Jahre
Touchpad-Erfahrung:	_____ Jahre
Trackpoint-Erfahrung:	_____ Jahre
Benutzung Trackpoint:	_____ Stunden/Tag
Regelmäßig benutzte Anwendungen mit Trackpoint:	_____
Wie löst Du normalerweise einen „Mausklick“ aus? (Mehrfachauswahl möglich)	<input type="checkbox"/> Durch Berührung des Trackpoints <input type="checkbox"/> Durch Drücken eines Knopfes unter dem Trackpoint
Wieviele verschiedene Trackpoints werden z.Z. verwendet?	_____
Wie schätzen sie ihre Fähigkeiten mit dem Umgang von Trackpoint ein?	<input type="checkbox"/> sehr gut <input type="checkbox"/> gut <input type="checkbox"/> befriedigend <input type="checkbox"/> ausreichend <input type="checkbox"/> mangelhaft <input type="checkbox"/> ungenügend

Vor dem Experiment:

Müdigkeit:	Keine	<input type="checkbox"/>	Leichte	<input type="checkbox"/>	Mittlere	<input type="checkbox"/>	Starke	<input type="checkbox"/>
Frust:	Keinen	<input type="checkbox"/>	Leichten	<input type="checkbox"/>	Mittleren	<input type="checkbox"/>	Starken	<input type="checkbox"/>
Schmerzen	Keine	<input type="checkbox"/>	Leichte	<input type="checkbox"/>	Mittlere	<input type="checkbox"/>	Starke	<input type="checkbox"/>

Nach dem Experiment:

Müdigkeit:	Keine	<input type="checkbox"/>	Leichte	<input type="checkbox"/>	Mittlere	<input type="checkbox"/>	Starke	<input type="checkbox"/>
Frust:	Keinen	<input type="checkbox"/>	Leichten	<input type="checkbox"/>	Mittleren	<input type="checkbox"/>	Starken	<input type="checkbox"/>
Schmerzen	Keine	<input type="checkbox"/>	Leichte	<input type="checkbox"/>	Mittlere	<input type="checkbox"/>	Starke	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen zu dem Versuch und dessen Ablauf:

### 8.3 Instruktionen

Alles was in spitzen Klammern („<“, „>“) steht, wird nicht vorgelesen, sondern entspricht einer Regieanweisung.

Instruktionen <vorzulesen>

Bitte benutze eine Hand um den Mauszeiger zu bewegen und die andere um die Leertaste und die Bestaetigungstaste zu bedienen. Bitte benutze nicht die Tap-Funktion des Eingabegeraets um zu klicken, sondern die Bestaetigungstaste.

<Tasten zeigen>

Auf dem Bildschirm siehst Du die Aufforderung "Bitte druecken Sie die Leertaste" . Damit startest Du die einzelnen Aufgaben. Nachdem Du die Leertaste gedruickt hast, bewege das Fadenkreuz so schnell wie moeglich in das Zielquadrat.

Sobald sich das Fadenkreuz innerhalb des Ziels befindet, verfaerbt sich das Quadrat gruen. Du beendest die Aufgabe mit dem Druucken der Bestaetigungstaste.

Die Aufgabe verschwindet und durch Druucken der Leertaste beginnt die naechste Aufgabe.

Nun fuehre ich Dir die erste Aufgabe als Beispiel vor. Danach gibt es noch vier Uebungsaufgaben bevor es losgeht.

<Aufgabe vorfuehren>

Bei diesem Versuch geht es um Schnelligkeit und Genauigkeit. Im Zweifelsfall ist Genauigkeit wichtiger. Bitte versuch nicht, die Grenzen des Versuchprogramms auszutesten. Das macht die Ergebnisse wertlos. <betont und eindringlich>

Insgesamt bearbeitest Du fuer den Versuch 1600 Aufgaben. Nach ca. 900 Aufgaben wird eine Pause gemacht.