



**Universität Karlsruhe (TH)**

**Institut für Sport und Sportwissenschaft (IfSS)**

**Marcel Hardung, Lars Schlenker, Sascha Härtel & Klaus Bös**

# **Daten und Erfahrungen zur Erprobung des Prototyps „Exycle“**



**Karlsruhe im Februar 2005**



## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1 Ziele und Fragestellungen der Erprobungsstudie.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Beschreibung der Untersuchungen .....</b>	<b>4</b>
2.1 Stichprobe .....	4
2.2 Fragebogen.....	4
2.3 Praktische Untersuchung .....	5
2.3.1 Labortest.....	5
2.3.2 Feldtest .....	6
2.3.3 Spiroergometrie.....	7
<b>3 Ergebnisse .....</b>	<b>8</b>
3.1 Deskription.....	8
3.1.1 Fragebogen .....	8
3.1.2 Praxistest .....	14
3.2 Interpretation der Ergebnisse .....	19
3.2.1 Akzeptanz des Prototyps .....	20
3.2.2 Vergleich der Belastungseinstufung.....	25
<b>4 Probleme.....</b>	<b>28</b>
<b>5 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>29</b>
5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse .....	29
5.2 Ausblick nach dem Abschlussgespräch der Testpersonen .....	32



## 1 Ziele und Fragestellungen der Erprobungsstudie

Diese Untersuchung diente der Erprobung und Evaluation einer Neuentwicklung auf dem Fahrradmarkt, dem so genannten „Exycle“ (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Prototyp „Exycle“

Dabei handelt es sich um einen Prototyp, der herkömmlich mit den Beinen angetrieben werden kann, zusätzlich aber die Möglichkeit bietet, mit Armeinsatz Vortrieb zu entwickeln. Dazu wurde die Lenkstange eines handelsüblichen Fahrrades soweit modifiziert, dass die Lenkgriffe auf einer Laufschiene aufeinander zu und wieder voneinander weg bewegt werden können. Durch eine horizontale Bewegung der Lenkgriffe wird die Kraft über Seilzüge auf eine Fahrradkette übertragen und damit das Vorderrad über ein Ritzel angetrieben.

Ziel der Untersuchung war es, herauszufinden, welche Unterschiede in Bezug auf die körperliche Belastung während der Fahrt mit dem „Exycle“ im Vergleich zu einem herkömmlichen Fahrrad bestehen.

Hierzu wurde eine Stichprobe ausgewählt und verschiedenen Tests unterzogen, um erkennen zu können, welche Unterschiede sich nachweisen lassen, wenn das „Exycle“ ohne, und mit Armeinsatz von den Probanden gefahren wird.

Weiterhin war von Interesse wie sich die Akzeptanz zur Nutzung des Prototyps gegenüber den Versuchspersonen verhält, sowie die Einschätzung der Probanden zur Sicherheit und der Bedienungsfreundlichkeit von „Exycle“. Diese Fragestellungen wurden mit Hilfe eines eigens entwickelten Fragebogens geklärt.



## 2 Beschreibung der Untersuchungen

Die Untersuchungen bestehen aus einem Fragebogen und einem praktischen Teil. Der Fragebogen beinhaltet u.a. Angaben zur Person, zu ihrer sportlichen Aktivität und zur Akzeptanz des Prototyps.

Der praktische Teil befasst sich mit der praktischen Erprobung des Prototyps.

### 2.1 Stichprobe

Die Stichprobe für die Untersuchung setzt sich aus 12 Freiwilligen (N=12) zusammen. Sie besteht aus 10 Sportstudenten sowie 2 Mitarbeitern des Instituts für Sport und Sportwissenschaft der Universität Karlsruhe.

Sie teilt sich auf in 8 männliche und 4 weibliche Probanden. Der Median des Alters liegt bei 25. Die Spannweite reicht von 22 bis 56 Jahre. Die männlichen Probanden haben eine mittlere Größe von 1,81 m bei einer Standardabweichung von 0,045 m, sowie ein mittleres Gewicht von 74,28 kg (Standardabweichung = 4,37 kg), was einen durchschnittlichen BMI von  $22,85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$  ergibt.

Die weiblichen Probanden haben eine durchschnittliche Größe von 1,72 m (Standardabweichung = 0,052 m), und eine mittleres Gewicht von 64,50 kg (Standardabweichung = 7,72 kg), woraus sich ein mittlerer BMI von  $21,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$  berechnet.

### 2.2 Fragebogen

Der theoretische Teil ist ein Fragebogen zur Aktivität der Probanden und zur Akzeptanz des Fahrrades. Dieser ist in drei Teile unterteilt.

Teil 1 enthält die Angaben zur Person der Probanden wie Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht. Außerdem die Fragen zur sportlichen Aktivität der Probanden, sowie die Fragen zur Akzeptanz. Dieser wurde vor Testfahrt 1 ausgefüllt.

Teil 2 wurde nach Testfahrt 1 ausgefüllt und enthält die Fragen zur persönlichen Einschätzung der Belastung.



Teil 3 des Fragebogens wurde nach der 2. Testfahrt ausgefüllt und enthält erneut die Akzeptanzfragen aus Teil 1, sowie die Fragen zur Belastungseinschätzung. Ebenfalls enthalten sind Fragen zur Bedienungsfreundlichkeit, Sicherheit, sowie Verbesserungsvorschläge des Prototyps.

Durch die Aufteilung des Fragebogens in 3 unterschiedliche Teile, die zu verschiedenen Zeitpunkten ausgefüllt wurden, konnte gewährleistet werden, dass eventuelle Veränderungen in der Akzeptanz des Prototyps durch die Probanden ebenfalls erfasst wurden.

## **2.3 Praktische Untersuchung**

Die praktischen Tests unterteilen sich in Labor- und Feldtests.

Nach einem Labortest zur Bestimmung der anaeroben Schwelle folgten die praktischen Erprobungen. Diese wurden zu zwei unterschiedlichen Testzeitpunkten durchgeführt, zwischen denen jeweils mindestens 24 Stunden lagen. Der erste Test erfolgte ohne Armeinsatz, die zweite Testfahrt mit Einsatz der Arme.

Mit drei Probanden wurde eine dritte Testfahrt durchgeführt, in der keinerlei Belastungsvorgaben gemacht wurden. Dadurch sollten weitere Erkenntnisse im Vergleich zu den Fahrten mit Belastungsvorgaben gewonnen werden.

### **2.3.1 Labortest**

Zur korrekten Steuerung der Belastung während den beiden Testfahrten wurde im Vorfeld mit jedem Proband ein Laktatstufentest auf einem Fahrradergometer der Firma Ergo Bike, Modell „8008 TRS“, durchgeführt. Dieser diente der Bestimmung der jeweiligen anaeroben Schwelle des Probanden. Die anaerobe Schwelle wurde für diese Untersuchung auf 3 mmol/l festgelegt (vgl. Heck, 1990, S. 59).



Zur Bestimmung der anaeroben Schwelle wurde während der Labortests folgendes WHO-Belastungsschema verwendet:

Tab. 1: verwendetes Belastungsprotokoll

Anfangslast	50 Watt
Stufendauer	2 Minuten
Belastungssteigerung	25 Watt

Die Auswertung der gemessenen Laktatwerte erfolgte mit dem Gerät „Biosen 5030“ der Firma EKF.

### 2.3.2 Feldtest

#### 1. Belastungsvorgaben

Nach der Bestimmung der anaeroben Schwelle im Labor war es nun möglich, die Probanden im Feldtest mit einer individuellen Herzfrequenz an ihrer 3 mmol/l-Schwelle zu belasten.

Die Probanden mussten ein Herzfrequenzfenster von  $\pm 5$  Schlägen während der beiden Testfahrten einhalten. Zur visuellen Kontrolle während der Testfahrt war an der Lenkstange ein Herzfrequenzmonitor angebracht, über den die Probanden ihren Herzschlag verfolgen und kontrollieren konnten. Mittels einer Polar-Schnittstelle konnte nachträglich die Herzfrequenzkurve über die gesamte Fahrtzeit kontrolliert werden.

#### 2. Strecke

Die Strecke wurde im Vorfeld ausgewählt und ausreichend ausgeschildert. Außerdem wurde mit jedem Probanden vor den Testfahrten die Strecke auf eventuelle Unklarheiten durchgesprochen. Es handelte sich dabei um eine standardisierte Strecke mit einer Gesamtlänge von 12,6 km. Das Streckenprofil war komplett eben, bis auf eine kleine Brücke, die sowohl auf dem Hin-, als auch auf dem Rückweg überquert werden musste. Nach 6,3 km befand sich der Wendepunkt. Die Strecke wurde bewusst sehr einfach ausgewählt, um auch ungeübten Fahrern des „Exycles“ ein gefahrloses Fahren zu ermöglichen. Sie war komplett asphaltiert und überwiegend gerade, d.h. es mussten nur sehr wenige Kurven gefahren werden.



### 3. Datenerfassung

Die Kontrolle der Belastung erfolgte bei jedem Probanden durch ein Herzfrequenzmessgerät sowie durch Laktatmessungen zu vier Zeitpunkten: Ruhelaktatwert vor der Belastung, Laktatwert unmittelbar nach der Belastung, sowie die Erholungswerte nach einer und drei Minuten nach Belastungsende.

Weitere Daten, die erfasst wurden:

- Datum
- Wetterbedingungen
- Gesamtzeit
- Durchschnittsgeschwindigkeit

#### 2.3.3 Spiroergometrie

Zusätzlich zu den in Teil 2.3.2 beschriebenen Daten wurden bei einem Probanden während des Labor- sowie auch während der Feldtests spiroergometrische Parameter erfasst (vgl. Abb. 2), mit deren Hilfe genauere Erkenntnisse über die jeweilige Belastung des Probanden gewonnen werden können. Die wesentlichen Parameter hierbei sind die Sauerstoffaufnahme sowie der respiratorische Quotient.



Abb. 2: spiroergometrische Untersuchung auf dem Fahrradergometer



## 3 Ergebnisse

Dieser Teil gliedert sich grob in zwei Teile – Deskription und Interpretation der Ergebnisse. Zunächst sollen in der Deskription die Ergebnisse statistisch aufbereitet und kurz beschrieben werden.

In der Interpretation wird auf interessante Verknüpfungen unterschiedlicher Variablen näher eingegangen.

### 3.1 Deskription

Die Deskription teilt sich auf in die Datenaufbereitung des Fragebogens sowie die Darstellung der Ergebnisse der praktischen Tests.

In der Deskription des Fragebogens wird auf jede Frage einzeln eingegangen und die wichtigsten Sachverhalte werden kurz dargestellt. Fragen, die sich im Laufe der einzelnen Teile des Fragebogens wiederholen, werden gemeinsam abgehandelt.

Im zweiten Teil wird auf die praktische Erprobung des Prototyps eingegangen und die gesammelten Daten werden beschrieben.

#### 3.1.1 Fragebogen

##### Sportliche Aktivität:

##### *Frage 1 bis 6: Zusammenfassung der sportlichen Aktivität:*

Alle Probanden treiben regelmäßig und schon länger als drei Jahre Sport. In der Regel dauert eine Übungseinheit länger als 40 min. 41 % der Probanden gaben die Intensität ihres Sporttreibens als mittelmäßig, 59 % als hoch an. 83 % der Probanden treiben in der Regel 2-mal oder öfter Sport pro Woche. Die am meisten betriebene Sportart ist Joggen. 75 % der Probanden joggen regelmäßig, 33 % gaben an, regelmäßig Rad zu fahren sowie zu schwimmen.

Zwischen den weiblichen und männlichen Probanden gibt es keine bedeutsamen Unterschiede in Bezug auf Häufigkeit und Intensität der sportlichen Aktivität.

Eine Person ist Leistungssportler in der Sportart Triathlon.





### Akzeptanz, Marktfähigkeit und Kaufbereitschaft des „Exycle“

*Frage 7 und 25: Zusammenfassung des Eindrucks des vorgestellten Prototyps „Exycle“ vor und nach den Testfahrten:*

Insgesamt wurde die Akzeptanz des „Exycle“ nach den Testfahrten etwas besser bewertet als vor den beiden Fahrten (vgl. Tabelle 2). Bei den männlichen Probanden hat sich der Eindruck durch die Testfahrten minimal verschlechtert, bei den weiblichen Probanden dagegen verbessert.

Tab. 2: Bewertung der Akzeptanz des „Exycle“ auf einer Skala von 1 (sehr schlecht) bis 5 (sehr gut)

Eindruck	Vor den Testfahrten	Nach den Testfahrten
Gesamt	3,58	3,67
Männer	3,75	3,625
Frauen	3,25	3,75

Insgesamt wird das „Exycle“ von Anfang an zwischen durchschnittlich und gut beurteilt. Im Vergleich vorher - nachher hatten 50 % der Probanden nach den beiden Testfahrten einen besseren Eindruck vom „Exycle“ als davor. Bei 25 % der Probanden verschlechterte sich die Akzeptanz. Bei 25 % hatten die Testfahrten keinen Einfluss auf die Bewertung des Prototyps.

*Frage 8 und 26: Halten Sie einen solchen Prototyp als durchsetzungsfähig auf dem Markt der Fitnessgeräte?*

Tab. 3: Bewertung der Marktfähigkeit des "Exycle" auf einer Skala von 1 (sehr schlecht) und 5 (sehr gut)

Marktfähigkeit	Vor den Testfahrten	Nach den Testfahrten
Gesamt	2,83	3,0
Männer	2,875	3,5
Frauen	2,75	2,0

Insgesamt wird das „Exycle“ von Anfang an zwischen durchschnittlich und gut beurteilt. Die Marktfähigkeit des „Exycle“ wurde im Mittelwert von allen Probanden nach den Testfahrten etwas besser bewertet als vor den Fahrten (vgl. Tabelle 3). Wobei sich die Einschätzung der Marktfähigkeit bei den Männern verbessert hat, bei den Frauen hingegen verschlechtert.



Auf die Frage, ob sie das „Exycle“ auf dem Markt für durchsetzungsfähig halten, zeigten sich 25 % der Probanden nach den Testfahrten optimistischer, ebenso stuften 25 % die Chancen nach den Testfahrten geringer ein. Bei 50 % der Probanden blieb die Meinung unverändert.

*Frage 9 und 28: Könnten Sie sich vorstellen ein „Exycle“ zu kaufen, wenn dieses auf dem Markt erhältlich wäre?*

Keiner der Probanden beantwortete die Frage mit „ja“, weder vor, noch nach den Testfahrten. 58,3 % gaben „durchschnittlich“ an. 41,6 % antworteten mit „nein“. Zwischen Männern und Frauen gab es keine bedeutsamen Unterschiede. Ein männlicher Proband (8,3 %) gab nach beiden Testfahrten an, dass er im Falle eines Kaufes bereit wäre, 200 Euro mehr auszugeben als für ein herkömmliches Fahrrad.

#### Belastungsbeurteilung der durchgeführten Tests:

*Frage 10 und 13: Schätzen Sie bitte die Belastung auf folgender Skala ein.*

Insgesamt wurde die Belastung gleichbleibend niedrig empfunden, wobei die männlichen Probanden die Belastung bei der zweiten Fahrt etwas geringer, die weiblichen Probanden dagegen deutlich höher empfanden als bei der ersten Testfahrt (vgl. Tabelle 4).

Tab. 4: Mittelwerte der subjektiven Belastungseinschätzung anhand der Borg-Skala von 6 – 20 (6 = sehr, sehr leicht; 20 = sehr, sehr anstrengend)

Belastung	Testfahrt 1	Testfahrt 2
Gesamt	12,5	12,92
Männer	12,5	12,0
Frauen	12,5	14,75

*Frage 11 und 14: Wie bewerten Sie die Belastungsvorgaben?*

Bei der ersten Testfahrt empfand die überwiegende Mehrheit (75 %) die Belastungsvorgabe als „genau richtig“, 8,3 % (1 Proband) als „etwas zu hoch“ und 16,7 % als „etwas zu gering“. Nach der zweiten Testfahrt gaben 58,3 % die Belastungsvorgabe als „genau richtig“, 33,3 % als „etwas zu gering“ und 8,3 % als „viel zu gering“ an. Zwischen Männer und Frauen gab es keine bedeutsamen Unterschiede.



*Frage 12 und 15: Hätten Sie lieber eine andere Art der Belastungssteuerung gehabt?*

Nach der ersten Testfahrt gaben 83,3 % an, dass sie sich keine andere Belastungssteuerung gewünscht haben. Jeweils 8,3 % hätten lieber eine vorgegebene Geschwindigkeit bzw. eine subjektive Belastungssteuerung gehabt. Alle Probanden, die gerne eine andere Vorgabe gehabt hätten, waren männliche Probanden.

Nach Testfahrt 2 waren es 75 % der Probanden, die mit der Vorgabe der Belastungssteuerung zufrieden waren. 8,3 % (eine weibliche Probandin) hätten gerne eine vorgegebene Geschwindigkeit, 16,7 % (zwei männliche Probanden) lieber eine subjektive Belastungssteuerung gehabt.

Beurteilung des Trainings mit dem „Exycle“:*Frage 16: War der Armeinsatz eine starke Erleichterung?*

91,7 % der Probanden gaben an, den Armeinsatz nicht als Erleichterung empfunden zu haben. Davon gaben 18,2 % Prozent (2 Probanden) als Begründung an, dass der Armeinsatz sie leicht behindert habe.

8,3 % (1 Proband) empfanden den Armeinsatz als etwas erleichternd.

*Frage 17: Denken Sie, dass das Training für die Arme effektiv war, d.h. dass mit diesem Gerät Kraftzuwächse bzw. eine Fitnessverbesserung in diesem Bereich möglich sind?*

16,7 % der Probanden antworteten eindeutig mit „ja“, 33,3 % mit „eher ja“. 8,3 % (1 Proband) gaben „durchschnittlich“ und 41,7 % „eher nein“ an.

Insgesamt zeigt sich damit mehrheitlich eine positive Beurteilung des Armeinsatzes.

*Frage 18: Was war für Sie persönlich effektiver: mit oder ohne Armeinsatz?*

33,3 % der Probanden gaben an, dass für sie die Fahrt mit Armeinsatz effektiver war. Sie begründeten dies mit Angaben wie „Hypertrophie der Brustmuskulatur“, „Ganzkörpertraining“, „Trainingseffekt für die Arme“ und „Kraftzuwachs“.

41,7 % empfanden die Fahrt ohne Armeinsatz genauso effektiv wie die Fahrt mit Armeinsatz. 25,0 % waren der Meinung, die Fahrt ohne Armeinsatz sei effektiver gewesen. Sie begründeten dies mit dem besseren Rhythmus und der höheren Geschwindigkeit während der Testfahrt.



*Frage 19: Welche Zielgruppe würde aus Ihrer Sicht für das „Exycle“ in Frage kommen?  
(Mehrfachnennungen möglich)*

Tab. 5: Zielgruppeneignung des "Exycle"

	Gesamt	männlich	weiblich
Leistungssportler	41,7 %	37,5 %	50,0 %
Freizeitsportler	75,0 %	75,0 %	75,0 %
Gesundheitssportler	66,7 %	75,0 %	50,0 %
Senioren	16,7 %	25,0 %	0,0 %
Kinder	8,3 %	12,5 %	0,0 %
keine	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Am häufigsten wurde bei dieser Frage Freizeitsportler (75 % aller Probanden), Gesundheitssportler (66,7 %) und Leistungssportler (41,7 %) angekreuzt (vgl. Tabelle 5).

Ein männlicher Proband ergänzte die vorhandene Auswahl durch die Zielgruppe „interessierte Fitnesssportler“.

*Frage 20: Ist das „Exycle“ in ihren Augen sicher zu fahren bzw. zu steuern?*

Das Fahren des „Exycle“ wurde vornehmlich als sicher bewertet. 33,3 % der Probanden gaben „ja“ an, 41,7 % „eher ja“ und 25 % „eher nein“. Zwei der drei Probanden, die „nein“ ankreuzten, begründeten dies mit einer unsicheren Kurvenlage und einem zu breiten Lenker.

Bei den weiblichen Probanden beantworteten 25 % die Frage mit „ja“, 25 % mit „eher nein“ und 50 % mit „nein“.

Die männlichen Probanden empfanden mit großer Mehrheit, dass das „Exycle“ sicher zu fahren sei (37,5 % „ja“, 50% „eher ja“, 12,5% „nein“).

*Frage 21: Trauen Sie sich zu mit dem „Exycle“ genauso Anstiege und Abfahrten zu befahren wie mit einem herkömmlichen Fahrrad?*

Die meisten Probanden (41,7 %) gaben mit „eher ja“ an, sich sicher auf dem „Exycle“ zu fühlen. 16,7 % (2 Probanden) wählten „ja“, 8,3 % „durchschnittlich“, 25 % „eher nein“ und nur 8,3 % „nein“. Damit gab mehr als die Hälfte an, sicher mit dem Prototyp fahren zu können. Betrachtet man dies geschlechtsspezifisch, fühlten sich 37,5 % der Männer eher unsicher („eher nein“ und „nein“), und 62,5 % eher sicher („eher ja“ und „ja“). Bei den weiblichen Probanden fühlten sich 50 % eher sicher („eher ja“ und „ja“), 25 % eher unsicher („eher nein“ und „nein“) und eine Probandin (25 %) war unentschlossen.



*Frage 22: Wie bewerten sie die Bedienerfreundlichkeit von „Exycle“?*

Die Bedienerfreundlichkeit wurde insgesamt überwiegend positiv bewertet. 83,3 % bewerteten sie mit gut, 8,3 % mit „durchschnittlich“ und 8,3 % mit „schlecht“.

Die männlichen Probanden bewerteten die Bedienerfreundlichkeit zu 100 % mit gut.

50 % der weiblichen Probanden gaben „gut“ an, 25 % „durchschnittlich“ und 25 % „schlecht“.

*Frage 23: Hat Sie die unterschiedliche Bewegung von Füßen und Händen gestört?*

Diese Frage wurde von allen Probanden verneint. 50 % gaben „nein“ an und 50 % Probanden „eher nein“.

*Frage 24: Verbesserungsvorschläge:*

Sehr auffällig war, dass sämtliche Verbesserungsvorschläge von männlichen Probanden gemacht wurden. Diese sind der Häufigkeit nach aufgelistet:

- Übersetzung für das Vorderrad (N=4)
- Einbau einer Möglichkeit zur Fixierung der Griffe, wenn kein Vortrieb mit den Armen gewünscht ist, z.B. bei Abfahrten (N=2)
- Einen weniger breiten Lenker wünschte sich ein Proband (N=1)
- Eine bessere Kraftdosierung mit den Armen (N=1)

*Frage 27: Würden Sie gerne öfter mit dem „Exycle“ fahren?*

Bei dieser Frage halten sich positive und negative Bewertungen die Waage. 50 % aller Probanden wählte „ja“ (16,7 %) bzw. „eher ja“ (33,3 %). 41,7 % gaben mit „eher nein“ (25 %) bzw. „nein“ (16,7 %) ein negatives Fazit ab. Ein Proband (8,3 %) war unentschlossen. Zwischen den männlichen und weiblichen Probanden konnten keine nennenswerten Unterschiede festgestellt werden.

*Frage 29: Was hat Ihnen mehr Spaß gemacht?*

41,7 % der Probanden hatten bei der Fahrt mit Armeinsatz mehr Spaß. 8,3 % (1 Proband) hatten bei der Fahrt ohne Armeinsatz mehr, 50 % hatten bei beiden Fahrten gleich viel Spaß.

Bei den weiblichen Probanden hatten 50 % mehr Spaß bei der Fahrt mit Armeinsatz und 50 % bewerteten beide Fahrten identisch.



Bei den männlichen Probanden hatten 37,5 % mehr Spaß bei der Fahrt mit Armeinsatz, 50 % bei beiden Fahrten gleich viel, und 12,5 % entschieden sich für die Fahrt ohne Armeinsatz.

### 3.1.2 Praxistest

Während der Praxistests wurden folgende Werte dokumentiert:

Die aktuelle Herzfrequenz mit den zugehörigen Laktatwerten zu vier Zeitpunkten (vor dem Start, unmittelbar nach dem Ende der Testfahrt, Erholungswerte nach 1 und 3 Minuten), sowie die gefahrene Zeit.

#### 1. Herzfrequenzen

Die Herzfrequenz wurde während der gesamten Fahrt im 5-Sekunden-Intervall aufgezeichnet und konnte später am Computer graphisch ausgewertet werden. So konnte sichergestellt werden, dass während der gesamten Testfahrt möglichst gleichmäßig gefahren wurde (vgl. Schaubild 1).

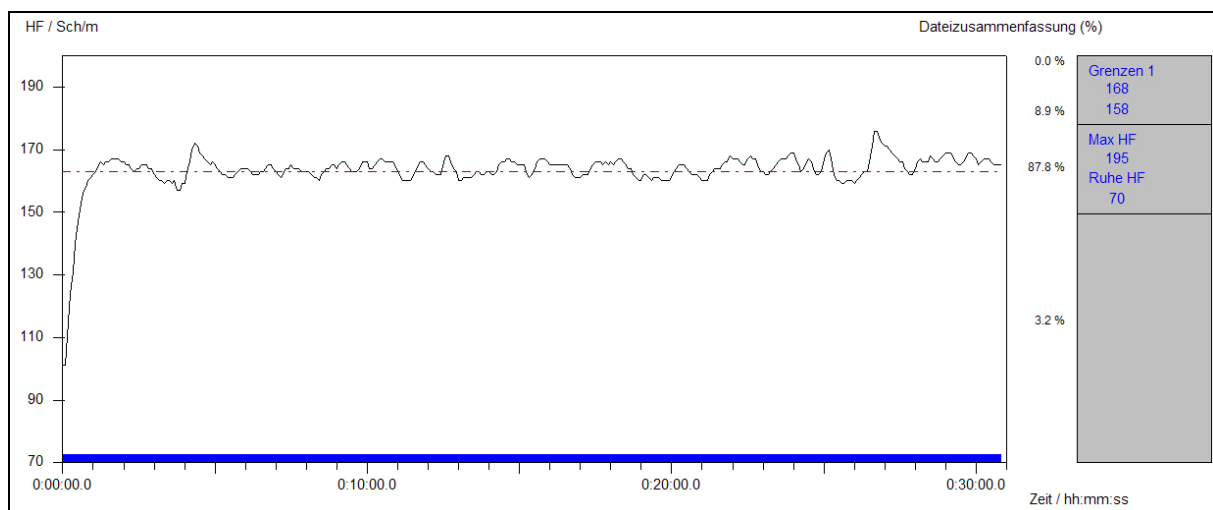


Schaubild 1: Herzfrequenzkurve für Proband Nr. 5 (Testfahrt 1, ohne Armeinsatz, durchschnittliche Herzfrequenz 163, Vorgabe: 163/min; zwischen 158/min und 168/min)

Auffällig bei allen Herzfrequenzgrafiken sind die beiden Belastungsspitzen zu Beginn (ca. 4-5 min) und gegen Ende (ca. 27 min) der Testfahrt. Diese Spitzen sind gekennzeichnet durch das Profil der Teststrecke, das bis auf eine kleine Brücke, die zweimal überquert werden musste, annähernd eben war.



Aufgrund der guten Kontrolle der Herzfrequenz kann gesagt werden, dass alle Probanden bei beiden Testfahrten problemlos die Herzfrequenzgrenzen einhalten konnten. In Testfahrt 1 erreichten fünf Probanden exakt ihre Herzfrequenzvorgabe, in Testfahrt 2 waren es vier. Die höchste Abweichung der mittleren Herzfrequenz von der Vorgabe betrug in Testfahrt 1 vier Schläge/min, in Testfahrt 2 nur zwei Schläge/min.

## 2. Laktatwerte

Eine weitere wichtige Kontrollgröße stellt die Laktatkonzentration im Blut dar. In Schaubild 2 sind alle unmittelbar nach Belastungsende gemessenen Laktatwerte für Testfahrt 1 und Testfahrt 2 dargestellt. Auf die Darstellung der Vorstart- und Erholungswerte wird verzichtet, da sich daraus keine weiteren nennenswerten Erkenntnisse ableiten lassen.

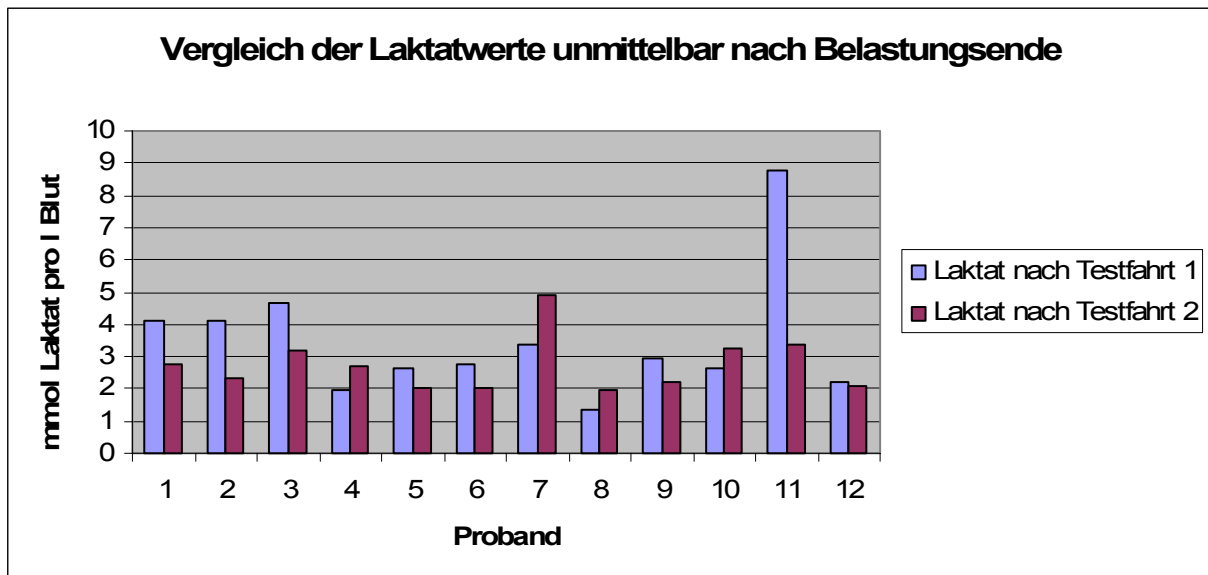


Schaubild 2: Laktatwerte nach Belastungsende für Testfahrt 1 und 2 in mmol/l Blut

Auffällig sind die hohen Laktatwerte, die Proband 11 in Testfahrt 1 erreicht hat. Bei diesem Probanden handelt es sich um einen aktiven Triathleten, der sich zum Zeitpunkt der Testdurchführung in der Vorbereitungsphase für die kommende Saison befand. Bei dem Ergometertest wurde eine Herzfrequenz von 168 Schlägen/min bei 3 mmol/l Laktat für diesen Probanden ermittelt. Problematisch für die Feldtests ist der enge Übergangsbereich für diesen Probanden. Bereits eine leichte Abweichung nach oben kann zu stark überhöhten Laktatwerten führen, wie es bei Testfahrt 1 der Fall war (durchschnittliche Herzfrequenz bei Testfahrt 1:



169/min). Außerdem lässt sich auf dem Herzfrequenzprotokoll ein leichter Anstieg der Herzfrequenz gegen Ende der Belastung feststellen.

Acht Probanden wiesen in Testfahrt 2 einen geringeren Laktatwert auf als in Testfahrt 1, vier Probanden erreichten einen höheren Wert.

### 3. Gefahrene Zeiten

Der Vergleich der gefahrenen Zeiten in Testfahrt 1 und Testfahrt 2 lässt auf den ersten Blick erkennen, dass kein Proband bei der Fahrt mit Armeinsatz schneller war als bei der Fahrt ohne Armeinsatz (vgl. Schaubild 3). Die geringste Zeitabweichung von Fahrt 1 zu Fahrt 2 betrug bei Proband 9 lediglich 4 Sekunden, Proband 2 erreichte mit 3 Minuten und 5 Sekunden die größte Zeitabweichung.

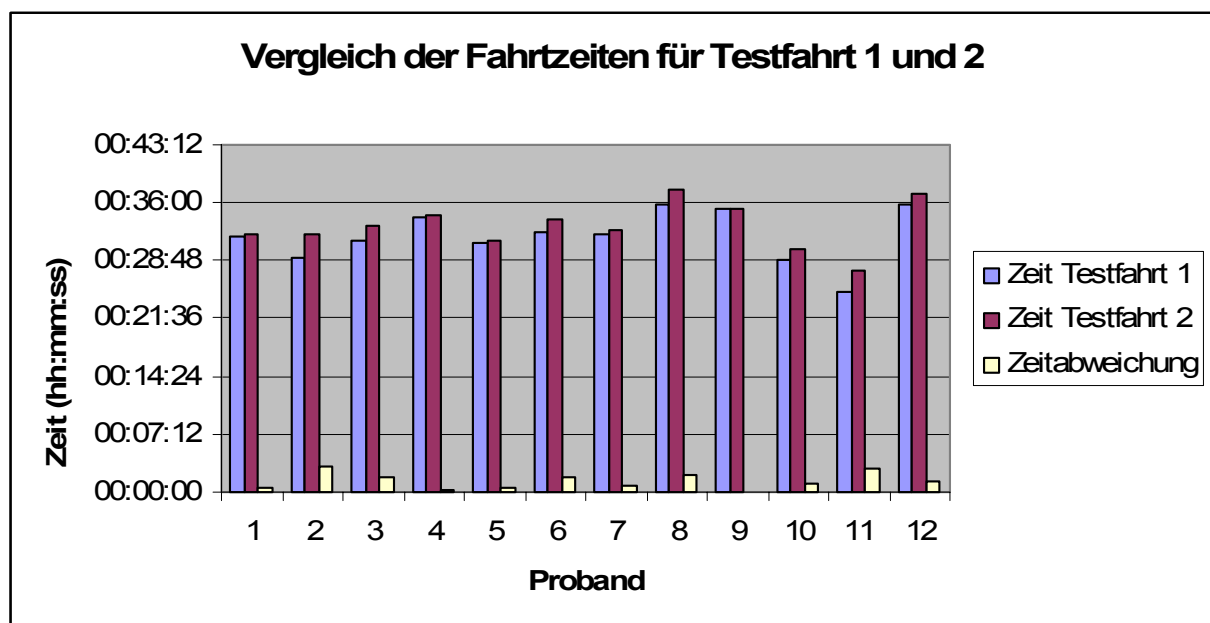


Schaubild 3: Vergleich der Fahrtzeiten mit Zeitabweichung

### 4. Spiroergometrie

Der Vergleich der Daten von Testfahrt 1 mit den Daten von Testfahrt 2 zeigt keine bemerkenswerten Unterschiede. Die Differenzen der gemessenen Parameter sind bei beiden Testfahrten sehr gering, was auf die Limitierung der Herzfrequenz zurückzuführen ist.

Die wichtigsten Daten, die bei der Spiroergometrie aufgezeichnet wurden, sind in Tabelle 6 dargestellt.





Tab. 6: Ergebnisse der spiroergometrischen Messungen während der beiden Testfahrten

Messgröße	Messwert	Testfahrt 1	Testfahrt 2
<b>Herzfrequenz</b> $\left[ \frac{1}{\text{min}} \right]$	Abbruch	117	121
	Mittelwert	120	122
	Minimum	87	93
	Maximum	137	137
<b>Absolute O<sub>2</sub>-Aufnahme</b> $\left[ \frac{l}{\text{min}} \right]$	Abbruch	1,90	1,81
	Mittelwert	2,03	1,98
	Minimum	0,68	0,69
	Maximum	2,56	2,58
	% der VO <sub>2</sub> max	56,3 %	54,9 %
<b>Relative O<sub>2</sub>-Aufnahme</b> $\left[ \frac{ml}{\text{min}} \cdot \frac{1}{kg} \right]$	Abbruch	26	25
	Mittelwert	28	27
	Minimum	9	9
	Maximum	35	35
	% der VO <sub>2</sub> max	57,1 %	55,1 %
<b>Respiratorischer Quotient</b>	Abbruch	0,89	0,97
	Mittelwert	0,94	0,98
	Minimum	0,77	0,83
	Maximum	1,12	1,16

### 5. Testfahrt ohne Belastungsvorgaben

Als Abschluss der gesamten Testphase wurden drei Probanden ausgewählt, die erneut die

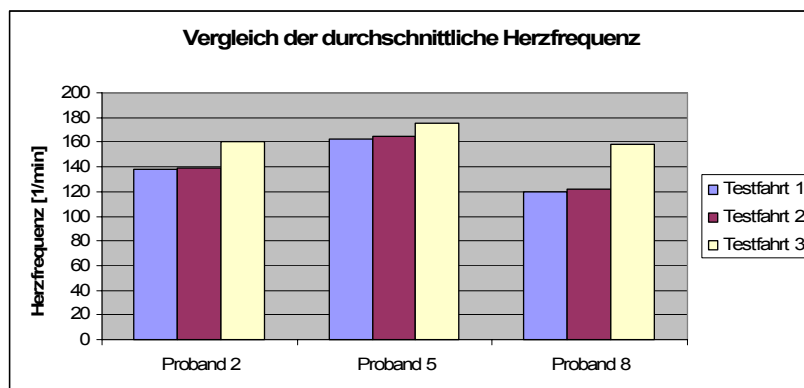


Schaubild 4: Vergleich der durchschnittlichen Herzfrequenz

Teststrecke mit dem „Excycle“ abfahren sollten. Wie in Testfahrt 2 sollte ebenfalls mit Einsatz der Arme gefahren werden, allerdings wurden darüber hinaus keinerlei Vorgaben gemacht – weder eine Herzfrequenz noch eine Vorgabe zum Einsatz der

Arme. Der Proband konnte also die Intensität frei wählen. Die einzige Anweisung lautete: „Es soll Spaß machen!“.

In den Schaubildern 4 und 6 sind Vergleiche für jeden Probanden für die wichtigsten Parameter dargestellt. Als wichtige Zusatzinformation soll noch erwähnt sein, dass alle drei Probanden während der Testfahrt intervallartig die Arme zur Vortriebsentwicklung einsetzten.



Sehr auffällig ist, dass alle drei Probanden sich weitaus höheren Belastungen ausgesetzt haben als während den anderen beiden Testfahrten. Die sehr viel höheren Werte bei den Herzfrequenzen unmittelbar nach Belastungsende werden durch die gemessenen durchschnittlichen Werte bestätigt, was sich auch in der graphischen Auswertung widerspiegelt (vgl. Schaubild 5). Die Belastung während der gesamten Fahrzeit lag bei allen drei Probanden auf einem sehr viel höheren Niveau.

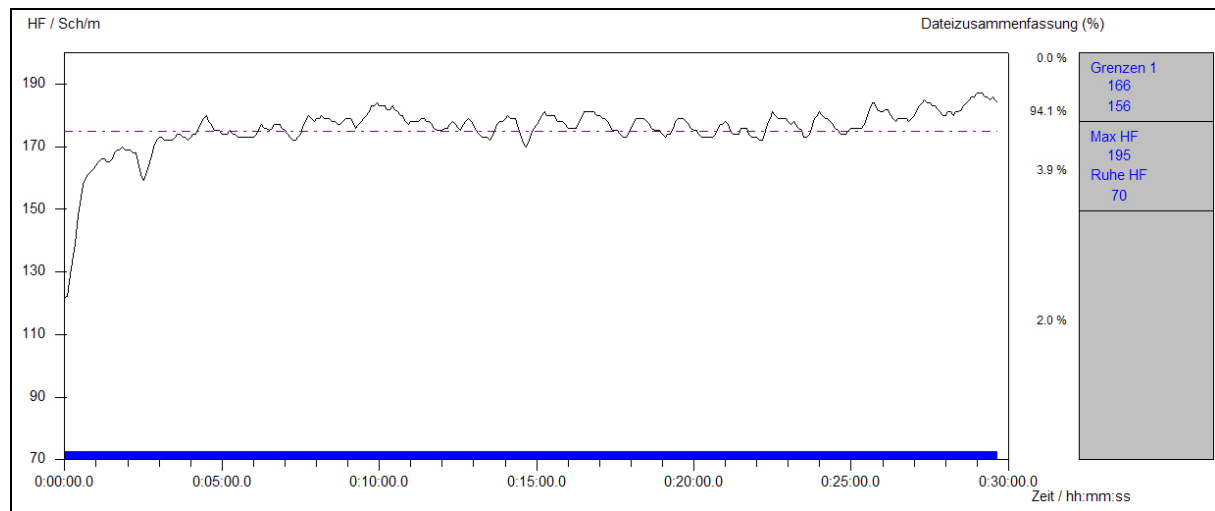


Schaubild 5: Herzfrequenzkurve für Proband Nr. 5 (Testfahrt 3, ohne Vorgabe, durchschnittl. Herzfrequenz 175)

Durch die sehr hohe Belastung erreichten die Probanden auch sehr hohe Laktatwerte (vgl.

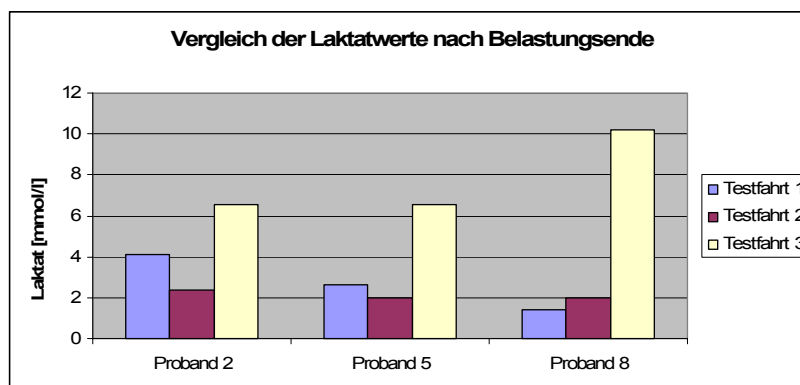


Schaubild 6: Vergleich der Laktatwerte

Schaubild 6). Dies deutet darauf hin, dass bei einem nicht diagnostisch-kontrollierten bzw. herzfrequenzüberwachten Einsatz des „Exycles“ sehr hohe Belastungsnormative auftreten können. Dies würde gegen

einen Einsatz im Gesundheitssport sprechen. Jedoch kann diesem Problem vorgebeugt werden; indem der Endverbraucher explizit auf diese Tatsache hingewiesen wird, bzw. die Verwendung eines Herzfrequenzmonitors ausdrücklich empfohlen wird.

Zwei Probanden (Proband 5 und 8) führen in Testfahrt 3 die schnellste Gesamtzeit aller Testfahrten. Proband 5 war 1:10 min, Proband 8 sogar 4:57 min schneller als in Testfahrt 1. Proband 2 fuhr nahezu die gleiche Zeit wie in Testfahrt 1 und war nur 10 Sekunden langsamer.



### 3.2 Interpretation der Ergebnisse

Aufgrund der Gliederung des Fragebogens in unterschiedliche Teile, die zu verschiedenen Zeitpunkten der Testdurchführung ausgefüllt wurden, ist es möglich, eine eventuelle Veränderung der Akzeptanz des Prototyps zu verfolgen und festzustellen.

Ebenso interessant wie der Verlauf der Akzeptanz ist die Veränderung des subjektiven Belastungsempfindens, das unmittelbar nach Belastungsende anhand der Borg-Skala abgefragt wurde.

Im Folgenden werden diese Zusammenhänge detaillierter beschrieben und ausgewertet.



### 3.2.1 Akzeptanz des Prototyps

Der Fragebogen beinhaltet drei Fragen zur Akzeptanz des Fahrrades. Diese drei Fragen finden sich in annähernd identischer Form sowohl in Teil 1, der vor Testfahrt 1 ausgefüllt wurde, als auch in Teil 3, der nach Absolvierung aller Testfahrten ausgefüllt wurde. Bevor die Probanden Teil 1 des Fragebogens erhielten, wurde ihnen der Prototyp lediglich vorgestellt. Kein Proband hatte demnach die Möglichkeit, sich mit dem „Exycle“ vertraut zu machen; bzw. eine kurze Testfahrt zu absolvieren.

#### 1. Eindruck des Prototyps auf den Probanden

Die erste Frage zur Akzeptanz lautet in Teil 1 des Fragebogens:

„7. Was ist Ihr erster Eindruck von dem vorgestellten Prototyp „Exycle“?“.

In Teil 3 des Fragebogens wiederholt sich die Frage folgendermaßen:

„25. Was ist Ihr jetziger Eindruck von dem vorgestellten Prototyp „Exycle“?“.

Als Antwortmöglichkeiten waren 5 Abstufungen von „sehr gut“ bis „sehr schlecht“ vorgegeben. Schaubild 7 zeigt die Antwort jedes Probanden vor und nach den Testfahrten. Insgesamt stuften fünf Probanden den Prototyp nach den Testfahrten jeweils eine Kategorie besser ein. Zwei Probanden stuften ihre Einschätzung um eine Kategorie, ein Proband sogar um zwei Kategorien herunter. Vier behielten ihre Angabe bei.

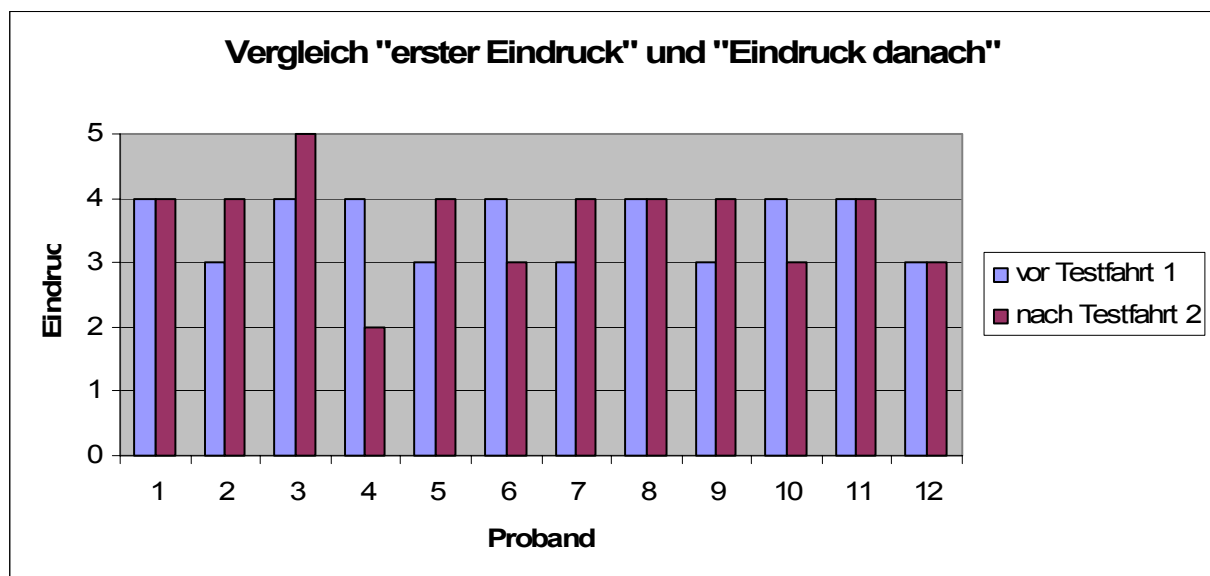


Schaubild 7: Vergleich „erster Eindruck“ und „Eindruck danach“  
(1 = sehr schlecht; 2 = schlecht; 3 durchschnittlich; 4 = gut; 5 = sehr gut)



Im Mittelwertvergleich liegen beide Befragungszeitpunkte annähernd gleichauf. Zeitpunkt 1 weist einen Mittelwert von 3,58 (Skala: 3 = durchschnittlich, 4 = gut) bei einer Standardabweichung von 0,515 auf, während sich für Zeitpunkt 2 ein Mittel von 3,67 (Skala: 3 = durchschnittlich, 4 = gut) bei einer Standardabweichung von 0,778 errechnet.

Interessant dabei ist eine geschlechterspezifische Betrachtungsweise. Demnach stammen sämtliche negativen Einschätzungsverläufe von den männlichen Probanden. Warum es sich dabei ausschließlich um männliche Probanden handelt, lässt sich nicht klären, jedoch kann analysiert werden, wie sich diese Bewertung begründen lässt. Denn alle drei Probanden, die ihre Einschätzung herabgestuft haben, bewerten die Bedienerfreundlichkeit mit „gut“ (vgl. Frage 22) und sagen aus, dass die unterschiedliche Bewegung von Füßen und Händen sie „eher nicht“ bzw. „nicht“ gestört hat (vgl. Frage 23).

Für einen Probanden könnte der Grund in der Sicherheit des Prototyps liegen. Dieser schätzt das „Exycle“ als „eher unsicher“ zu fahren ein (vgl. Frage 20) und traut sich „eher nicht“ zu; mit dem Prototyp Anstiege und Abfahrten genau so zu befahren wie mit einem herkömmlichen Fahrrad (vgl. Frage 21). Die anderen beiden Testfahrer bewerten die Sicherheit dagegen als positiv bis sehr positiv.

Bei diesen beiden Probanden liegt der Grund für die schlechtere Bewertung verstärkt in der Art der Belastung. Denn obwohl beide Probanden die Effektivität des Trainings für die Arme als „eher positiv“ bewerten (vgl. Frage 17, Antwort „eher ja“), war für beide die Fahrt ohne Armeinsatz effektiver (vgl. Frage 18). Für einen Probanden deshalb, weil ohne Armeinsatz eine „höhere Geschwindigkeit“ erzielt werden kann, für den anderen Probanden aufgrund des „besseren Rhythmus“.

Die Frage, ob sie gerne öfter mit dem „Exycle“ fahren würden (vgl. Frage 27), beantworten alle drei Probanden mit „eher nein“ bzw. „nein“.

## *2. Einschätzung der Marktfähigkeit des Prototyps*

Die zweite Frage zur Akzeptanz zielt auf die Marktfähigkeit eines solchen Prototyps ab:

„Halten Sie einen solchen Prototyp als durchsetzungsfähig auf dem Markt der Fitnessgeräte?“ Diese Frage wiederholt sich in identischer Form in Teil 3 des Fragebogens wieder.

Antwortmöglichkeiten sind in 5 Abstufungen vorgegeben („ja“, „eher ja“, „vielleicht“, „eher nein“ und „nein“). Schaubild 8 zeigt die Antwort jedes Probanden vor und nach den Testfahr-



ten. Insgesamt stufte ein Proband den Prototyp nach den Testfahrten eine Kategorie, zwei Probanden sogar um zwei Kategorien besser ein. Dagegen stuften drei Probanden ihre Einschätzung um eine Kategorie herunter. Sechs behielten ihre Angabe bei.

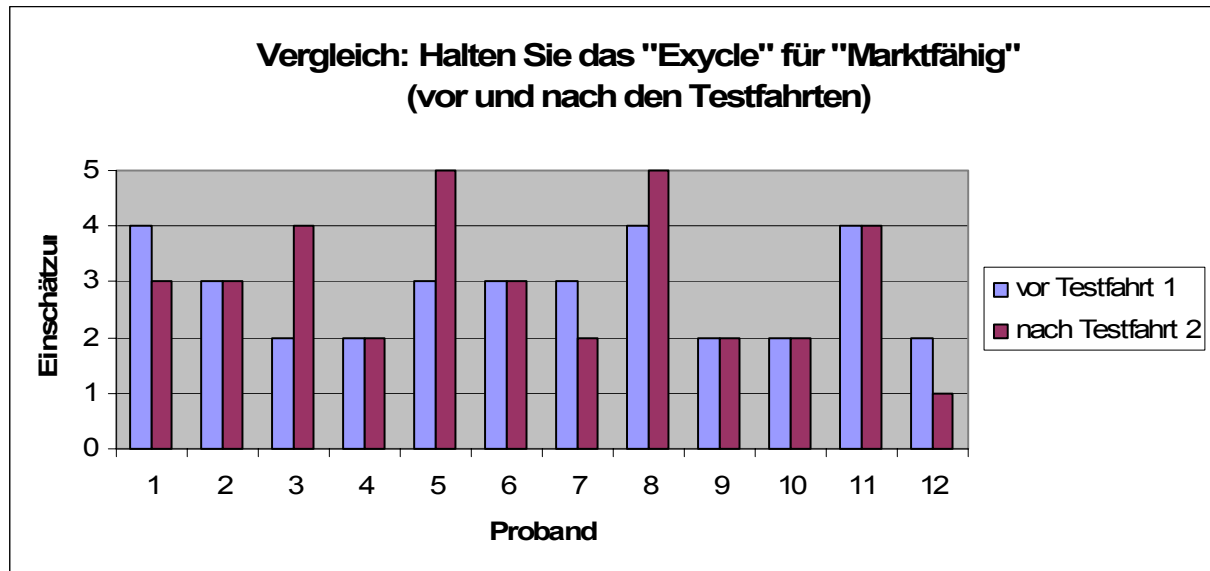


Schaubild 8: Vergleich: Halten Sie das „Exycle“ für „Marktfähig“ (vor und nach den Testfahrten)  
(1 = nein; 2 = eher nein; 3 = vielleicht; 4 = eher ja; 5 = ja)

Auffällig ist, dass im Mittelwertvergleich beide Befragungszeitpunkte annähernd gleichauf liegen. Zeitpunkt 1 weist einen Mittelwert von 2,83 (Skala: 2 = eher nein, 3 = vielleicht) bei einer Standardabweichung von 0,835 auf, während sich für Zeitpunkt 2 ein Mittel von genau 3,00 (Skala: 3 = vielleicht), bei einer sehr hohen Standardabweichung von 1,279 errechnet. Diese Daten belegen schon, dass bei dieser Frage die Meinungen sehr weit auseinander gehen. Die Spannweite der Antworten nach den Tests erstreckt sich über sämtliche Antwortmöglichkeiten.

Unterscheidet man hier wieder nach Geschlechtern, liegen die Ergebnisse vor den Tests noch sehr eng beieinander (männlich:  $\bar{x} = 2,875$ , weiblich:  $\bar{x} = 2,75$ ). Betrachtet man dies nach den Tests, klafft eine riesige Lücke zwischen den männlichen ( $\bar{x} = 3,5$ ) und den weiblichen ( $\bar{x} = 2,0$ ) Probanden. Diese Tatsache erklärt auch die stark erhöhte Standardabweichung nach den Tests. Bis auf eine Ausnahme haben alle weiblichen Probanden ihre Einschätzung um eine Kategorie herabgestuft (vgl. Schaubild 9).



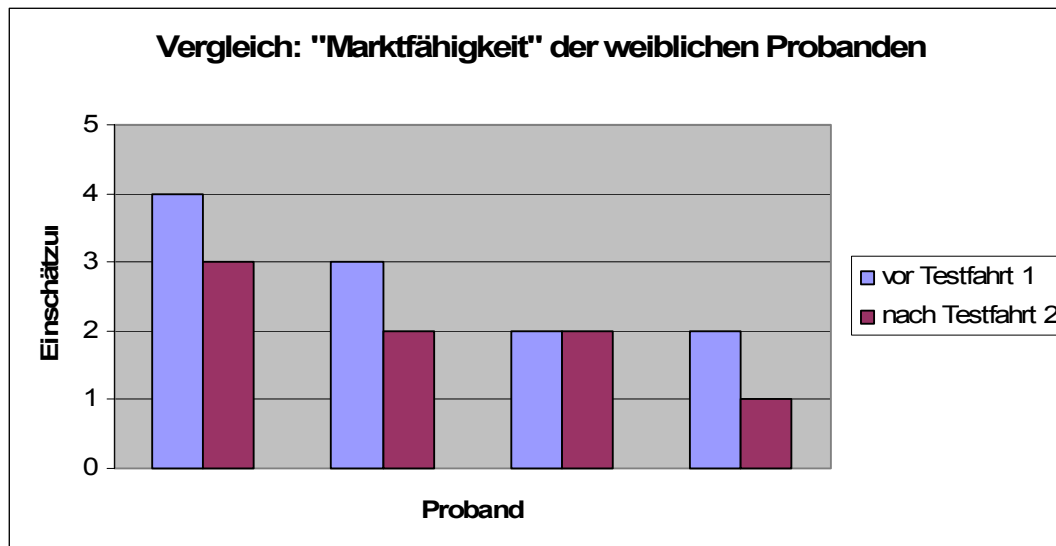


Schaubild 9: Vergleich: „Marktfähigkeit“ der weiblichen Probanden  
(1 = nein; 2 = eher nein; 3 = vielleicht; 4 = eher ja; 5 = ja)

Dagegen haben die männlichen Probanden mehrheitlich ihre Meinung beibehalten (5 Probanden), ein Proband stufte die Marktfähigkeit nach den Testfahrten um eine Kategorie (von „eher ja“ auf „ja“), zwei Probanden sogar um zwei Kategorien herauf. Somit entfallen alle positiven Bewertungen auf die männlichen Probanden.

Aus den gewonnenen Ergebnissen könnte nun die Schlussfolgerung resultieren, dass ein solcher Prototyp wohl eher die männliche Kundschaft ansprechen wird. Für detailliertere Erkenntnisse ist die Stichprobe allerdings zu klein. Jedoch zeigt selbst eine kleine Stichprobe bereits interessante Tendenzen auf.

### 3. Einstufung zum Kaufanreiz

Die letzte Frage aus der Kategorie „Akzeptanz“ stellt die Frage nach dem Kaufanreiz. Die Frage „Können Sie sich vorstellen ein „Exycle“ zu kaufen, wenn dieses auf dem Markt erhältlich wäre?“ wiederholt sich identisch in Teil 3. Außerdem wurden zwei Zusatzfragen gestellt, wenn der Proband mit „ja“ antwortet: „Wenn ja, wie viel würden Sie dafür maximal ausgeben?“ und „Welchen Mehrpreis zu einem herkömmlichen Fahrrad wären Sie bereit zu zahlen?“. Als Antwortmöglichkeiten waren „nein“, „vielleicht“ und „ja“ vorgegeben. In Schaubild 10 sind die Einschätzungen der Probanden grafisch dargestellt.



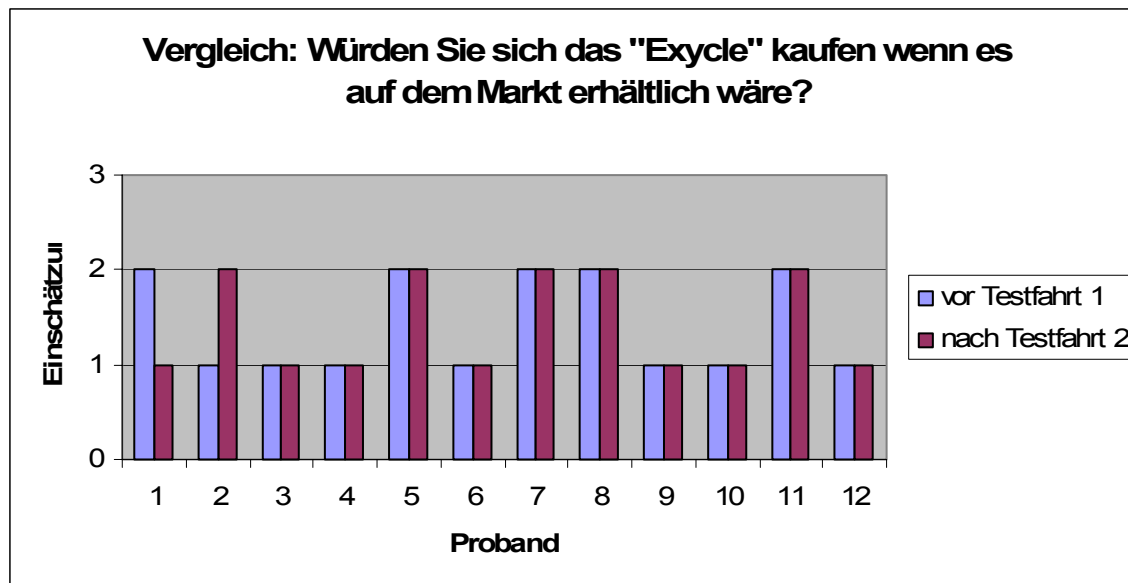


Schaubild 10: Vergleich: Würden Sie sich das „Exycle“ kaufen wenn es auf dem Markt erhältlich wäre? (1 = nein; 2 = vielleicht; 3 = ja)

Insgesamt antworteten sowohl vor als auch nach den Testfahrten sieben Probanden „nein“ auf die Kauffrage, fünf kreuzten „vielleicht“ an. Somit erübrigt sich der Mittelwertvergleich. Auffällig ist aber dass keiner der Probanden zu keinem Zeitpunkt „ja“ angekreuzt hat. Lediglich zwei Probanden änderten ihre Meinung im Laufe der Testfahrten. Jeweils ein Proband stufte seine Meinung nach oben, einer nach unten. Eine geschlechterspezifische Aufteilung zeigt, dass ein männlicher Proband seine Meinung heraufgesetzt hat, und eine weibliche Probandin den Kaufanreiz geringer einstufte. Somit teilt sich die Stichprobe zu den unterschiedlichen Befragungszeitpunkten wie folgt auf:

Tab. 7: geschlechterspezifische Aufteilung des Kaufanreizes

	Testfahrt 1		Testfahrt 2	
	männlich	weiblich	männlich	weiblich
nein	5	2	4	3
vielleicht	3	2	4	1
ja	0	0	0	0

Proband Nr. 2, der nach den Testfahrten seine Einstufung heraufgesetzt hatte, antwortete auch auf die Frage ob er gerne öfter mit dem „Exycle“ fahren würde mit „eher ja“. Dagegen gab er bei der Frage, was mehr Spaß gemacht hat, die Fahrt ohne Armeinsatz an. Dennoch scheint der Prototyp das Interesse des Probanden geweckt zu haben, denn der Proband gab außerdem an, dass er bereit wäre einen Mehrpreis von 200 Euro zu einem herkömmlichen Fahrrad in Kauf zu nehmen.





Die Probandin, die nach den Testfahrten ihre Meinung von „vielleicht“ auf „nein“ zurückgenommen hat, gab im Gegensatz zu Proband Nr. 2 „eher nein“ als Antwort auf die Frage „Würden Sie gerne öfter mit dem „Exycle“ fahren“ an. Ebenfalls im Gegensatz dazu, steht der Spaßfaktor, denn gerade der einzigen Probandin, die den Kaufanreiz geringer eingestuft hat, machte die Fahrt mit Armeinsatz mehr Spaß als die Fahrt ohne Armeinsatz.

Eventuell spielte es bei dieser Frage eine Rolle, dass es sich bei dieser Stichprobe hauptsächlich um Studenten handelte, die über eine geringere Kaufkraft verfügt als die eigentliche Zielgruppe für ein solches Fitnessgerät.

### 3.2.2 Vergleich der Belastungseinstufung

Ein weiterer Gesichtspunkt, der interessante Vergleiche bietet, ist die subjektive Einstufung der Belastung anhand der Borg-Skala. Dazu wurden die Probanden unmittelbar nach Beendigung der beiden Testfahrten im Fragebogen aufgefordert, die zuvor geleistete körperliche Belastung anhand einer Skala von 6 – 20 einzustufen. Die Borg-Skala projiziert das subjektive Anstrengungsempfinden einer physikalischen Leistung in einen numerischen Wert (vgl. Tabelle 8). Diese Skala hat daneben die Eigenschaft, dass durch Multiplikation mit 10 die zugehörige Herzfrequenz unter dynamischer Belastung näherungsweise bestimmt werden kann (Skalenwert x 10 = Herzfrequenz).

Tab. 8: Abstufungen der Borg-Skala

6	
7	<b>Sehr, sehr leicht</b>
8	
9	<b>Sehr leicht</b>
10	
11	<b>Recht leicht</b>
12	
13	<b>Etwas anstrengender</b>
14	
15	<b>Anstrengend</b>
16	
17	<b>Sehr anstrengend</b>
18	
19	<b>Sehr, sehr anstrengend</b>
20	



Schaubild 11 zeigt die Einstufung jedes einzelnen Probanden für Testfahrt 1 sowie für Testfahrt 2. Ein Vergleich der Mittelwerte aller Probanden zeigt einen geringen Anstieg von 12,50 (Standardabweichung  $s = 1,508$ ) für Testfahrt 1 auf 12,92 ( $s = 2,065$ ) für Testfahrt 2. Zwar können durch den Mittelwert keine direkten Rückschlüsse auf einzelne Probanden gezogen werden, jedoch gibt der Mittelwert eine wichtige Tendenz an, denn die Belastung war bei beiden Testfahrten für jeden Probanden gleich. Das deutet bereits an, dass die Probanden bei gleicher Belastungsvorgabe die Belastung mit Armeinsatz subjektiv anstrengender empfanden. Insgesamt stufen sechs Probanden die Belastung für Testfahrt 2 höher ein, drei geringer und drei stuften sie gleich hoch ein.

Nach Geschlecht aufgeteilt, errechnen sich für die männlichen Probanden Mittelwerte von 12,5 und 12,0, für die weiblichen Probanden von 12,5 und 14,75. Es stufen jeweils sowohl drei männliche (37,5 %) als auch drei weibliche Probanden (75 %) die Belastung höher ein. Alle drei Probanden, die die Belastung geringer einstufen, sind männlich (37,5 %) was sich auch im Mittelwert niederschlägt, der für Testfahrt 2 um 0,5 geringer ist. Zwei männliche Probanden (25 %) und eine weibliche Probandin (25 %) stufen die Belastung beider Testfahrten gleich ein. Es zeigt sich also, dass prozentual mehrheitlich die weiblichen Probandinnen den Armeinsatz als anstrengender empfanden.

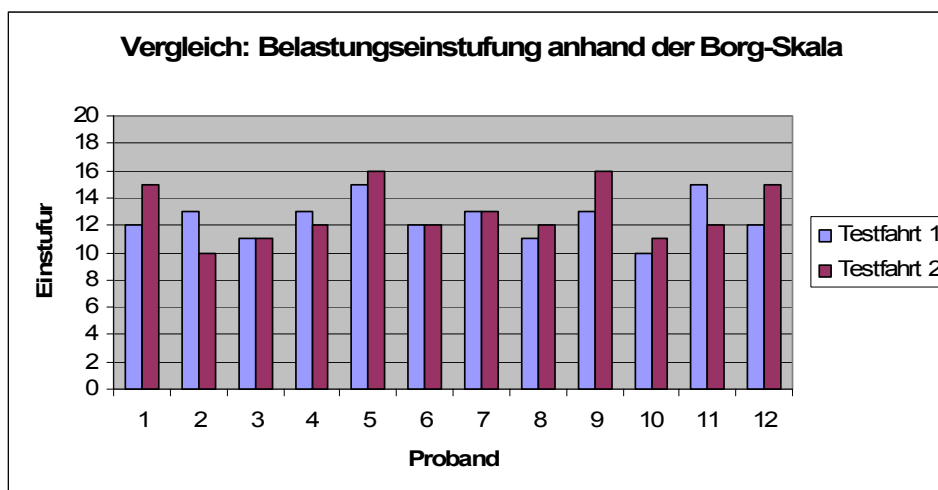


Schaubild 11: Vergleich: Belastungseinstufung anhand der Borg-Skala (vgl. Tabelle 6)

Interessant ist nun der Vergleich der subjektiven Belastungseinstufung mit der objektiven Belastung jedes einzelnen Probanden anhand der gemessenen Herzfrequenzen und Laktatwerte. Zunächst muss gesagt werden, dass alle Probanden ihre vorgegebene durchschnittliche Herzfrequenz während der beiden Testfahrten einhielten. Die Differenz zwischen den beiden



durchschnittlichen Herzfrequenzwerten war bei keinem Probanden größer als 4 Schläge. Bei den sechs Probanden, die in Testfahrt 2 eine höhere Herzfrequenz aufwiesen, hatte lediglich ein Proband auch einen höheren Laktatwert. In Tabelle 9 sind alle Probanden mit ihren objektiven Belastungskriterien jeweils für Testfahrt 1 und für Testfahrt 2 aufgelistet.

Anhand der Tabelle wird deutlich, dass sehr viele Probanden ihre Belastung geringer einschätzen als sie objektiv gemessen wurde (Multiplikation des Wertes der Borg-Skala mit 10 ergibt näherungsweise die zugehörige Herzfrequenz unter dynamischer Belastung). Beim Vergleich der Mittelwerte der durchschnittlichen Herzfrequenzen und der Werte der Borg-Skala fällt bei den weiblichen Probanden auf, dass diese bei Testfahrt 1 mit einer Einschätzung von 12,5 (entspricht einer Herzfrequenz von 125 Schlägen/min) weiter vom realistischen Wert entfernt sind (Mittelwert der durchschnittlichen Herzfrequenzen bei Testfahrt 1 = 152,25) als die männlichen Probanden (Durchschnitt der Borg-Skala-Werte: 12,5 = 125er Herzfrequenz). Für Testfahrt 2 ist die Einschätzung der weiblichen Probanden sehr realistisch mit 14,75, was einer Herzfrequenz von gerundeten 148 Schlägen/min entspricht, bei einem Mittelwert der durchschnittlichen Herzfrequenz von 153 Schlägen/min. Die Tendenz der männlichen Probanden ist gerade gegenteilig, hier liegen die Mittelwerte der durchschnittlichen Herzfrequenz bei 144,375, und die durchschnittliche Selbsteinschätzung bei 12,0 (120er Herzfrequenz).

Tab. 9: objektive Belastungskriterien der Probanden für Testfahrt 1 und Testfahrt 2 (Vorgabe HF = vorgegebene Herzfrequenz; HF = durchschnittliche Herzfrequenz während der gesamten Testfahrt; Laktat = gemessener Laktatwert am Ende der Belastung; Borg = subjektive Selbsteinschätzung des Probanden anhand der Borgskala; gelb eingefärbt = weibliche Probanden)

Proband	Testfahrt 1				Testfahrt 2			
	Vorgabe HF	HF	Laktat	Borg	Vorgabe HF	HF	Laktat	Borg
1	155	156	4,01	12	155	156	2,77	15
2	138	138	4,09	13	138	139	2,35	10
3	131	131	4,68	11	131	130	3,16	11
4	139	139	1,96	13	139	138	2,68	12
5	163	163	2,65	15	163	165	2,00	16
6	147	145	2,76	12	147	147	2,02	12
7	161	161	3,35	13	161	159	4,91	13
8	120	120	1,38	11	120	122	1,97	12
9	151	147	2,93	13	151	151	2,21	16
10	146	147	2,64	10	146	146	3,27	11
11	168	169	8,80	15	168	168	3,39	12
12	147	145	2,21	12	147	146	2,07	15



Diese Feststellung wirft einige Fragen auf, denn weshalb empfinden Frauen eine Fahrt mit Armeinsatz sehr viel anstrengender als eine normale Fahrt mit einem Fahrrad ohne Armeinsatz im Gegensatz zu der umgekehrten Tendenz der männlichen Probanden?

Ein möglicher Ansatz könnten die unterschiedlichen körperlichen Voraussetzungen der beiden Geschlechter sein. Ein stark erhöhter Anteil der arbeitenden Muskulatur, speziell im Oberkörper, während der Fahrt mit Armeinsatz könnte von einem muskulär kräftiger gebauten männlichen Probanden eventuell leichter kompensiert werden als von einer körperlich unterlegenen Frau.

Ein anderer Punkt ist die vorgegebene Herzfrequenz. Die weiblichen Probanden erreichten in den Labortests durchweg Herzfrequenzen, die sehr viel näher an ihrer maximalen Herzfrequenz lagen (Durchschnitt der Herzfrequenzen an der 3 mmol/l-Schwelle: 153,5 Schlägen/min). Lediglich zwei männliche Probanden erreichten eine höhere Herzfrequenz für ihre 3 mmol/l-Schwelle als alle weiblichen Probanden (Durchschnitt der Herzfrequenzen an der 3 mmol/l-Schwelle der männlichen Probanden: 144 Schlägen/min). Diese Erklärung für die erhöhte subjektive Einschätzung erscheint unter Einbeziehung der dargelegten Fakten als die wahrscheinlichere Antwort auf die aufgeworfene Frage. Denn eine Differenz der Herzfrequenz von annähernd 10 Schlägen/min ist eine sehr beachtliche Differenz.

#### 4 Probleme

Wie bei jeder wissenschaftlichen Untersuchung sieht man sich zu Beginn, während der Durchführung und bei der Auswertung mit den verschiedensten Problemen konfrontiert. Diese sollen im folgenden Teil erläutert werden.

Das größte Problem während unserer Vorüberlegungen zu den Tests lag in der Belastungsvorgabe während der beiden Testfahrten. Es musste ein Kompromiss zwischen Spaßfahren und einer Fahrt mit Trainingseffekt gefunden werden, ohne dass dabei die Standardisierung verloren geht.

Deshalb gab es mehrere Überlegungen. Dazu gehörte die Vorgabe einer Geschwindigkeit oder auch eine subjektive Belastungsvorgabe. Letztendlich entschlossen wir uns dafür, der gesamten Testreihe einen Laktatstufentest vorzuschalten, um jeden Probanden individuell an seiner anaeroben Schwelle belasten zu können. Um trotz der strikten Vorgaben dennoch ein



Bild davon zu bekommen, wie sich Probanden belasten, wenn sie nur zum Spaß mit dem Prototyp fahren, entschlossen wir uns, mit drei Probanden im Anschluss an die ersten beiden Testfahrten eine dritte durchzuführen, in der keinerlei Belastungsvorgaben gemacht wurden.

Bei der Übertragung der Laborwerte auf die Feldtests trat das bekannte Problem auf, dass die Feldwerte teilweise sehr stark von den gemessenen Laborwerten abwichen. Doch durch die Vorgabe, bei der zweiten Testfahrt an der gleichen Herzfrequenz zu fahren, wurde dennoch gewährleistet, dass vergleichbare Ergebnisse erzielt wurden, die aussagekräftige Daten hervorbrachten.

Bei der zweiten Testfahrt wurden die Probanden durch die vorgegebene Herzfrequenz an einem intensiveren Armeinsatz gehindert, da sich der Armeinsatz stark auf die Herzfrequenz auswirkt. Daher erwies es sich als sehr sinnvoll, mit 3 Probanden eine dritte Testfahrt ohne Belastungsvorgaben durchzuführen.

Da die Testfahrten im Dezember stattfanden, waren die Temperaturen mit 3-8°C recht niedrig. Die geringen Temperaturen könnten sich eventuell negativ auf die Bewertung einiger Fragen ausgewirkt haben.

Während der Untersuchungsdurchführung und der Auswertung der gesamten Tests und Testdaten kam es zu keinen weiteren Problemen. Die beschriebenen Probleme sollen hier nur der Vollständigkeit wegen erwähnt sein. Die Untersuchung konnte wie geplant und ohne Mängel durchgeführt werden. Es sollen hier nur Anregungen für weitere Untersuchungsmethoden gegeben werden.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

### **5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Ziel dieser Untersuchung war es, den neu entwickelten Prototypen „Exycle“ bezüglich seiner Belastungskomponenten zu erproben und Informationen zu gewinnen, in welcher Hinsicht weitere Verbesserungen die Entwicklung des Prototypen vorantreiben können.

Dafür fuhren zwölf Probanden zwei Testfahrten zunächst ohne, später mit Armeinsatz, mit einer zuvor im Labor ermittelten individuellen Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle. Die Belastung während der Tests wurde mittels Herzfrequenzmonitor und Laktatproben kontrolliert. Ein Proband wurde zusätzlich sowohl im Labortest als auch bei den beiden Feldtests mit



einem Gerät zur Atemgasanalyse überwacht. Drei Probanden absolvierten darüber hinaus eine dritte Testfahrt, in der keine Vorgaben zur Intensität oder zum Armeinsatz gemacht wurden. Neben den praktischen Testfahrten wurde von jedem Probanden ein Fragebogen ausgefüllt, in dem Fragen zur körperlichen Aktivität, zur Akzeptanz des Prototypen, zur Belastungseinschätzung, zur Sicherheit und zur Bedienungsfreundlichkeit zu beantworten waren. Durch den Aufbau des Fragebogens konnte die Meinungsentwicklung der Probanden im Verlaufe der Testfahrten zur Akzeptanz und zu den Belastungsvorgaben nachvollzogen werden.

Aus der Auswertung des Fragebogens können die Ergebnisse wie folgt zusammengefasst werden:

- Alle Probanden treiben schon über 3 Jahre Sport, und das mindestens 2-mal pro Woche.
- Der Eindruck des Prototyps stieg durch die Testfahrten im Mittel leicht an, ebenso die Einschätzung der Marktfähigkeit.
- Keiner der Probanden, weder vor noch nach den Testfahrten, konnte sich vorstellen, das „Exycle“ zu kaufen, was eventuell auf die Kaufkraft der überwiegend studentischen Stichprobe zurückzuführen ist.
- Die empfundene Belastung war bei beiden Testfahrten niedriger als die objektiv gemessene, jedoch empfand die überwiegende Anzahl der Probanden die vorgegebene Belastung als genau richtig. Mit der gewählten Art der Belastungssteuerung war ebenfalls der Großteil der Probanden zufrieden.
- Mit Ausnahme eines Probanden empfand keiner den Armeinsatz während der Fahrt als Erleichterung.
- Die Möglichkeit mit dem „Exycle“ Trainingseffekte im Bereich der Kraft zu erzielen, wurde von 50% positiv bewertet. Die Mehrheit von 41,7 % aller Probanden bewertet die Effektivität im Vergleich zwischen der Fahrt ohne und mit Armeinsatz als gleich hoch.
- Als mögliche Zielgruppe wurden sowohl Leistungssportler als auch Freizeitsportler und Gesundheitssportler genannt.
- Mit 75 % gab die überwiegende Mehrheit an, dass das Exycle sicher zu fahren sei. Eine leichte Mehrheit äußerte sich auch positiv auf die Frage, ob mit dem „Exycle“ Anstiege und Abfahren genauso zu bewältigen seien wie mit einem herkömmlichen Fahrrad.



- Die Bedienerfreundlichkeit des „Exycle“ wurde überwiegend mit „gut“ und „sehr gut“ bewertet. Die unterschiedliche Bewegung von Füßen und Händen hat keinen Probanden gestört.
- Die Hälfte der Probanden würde das „Exycle“ gerne öfter fahren. 41,6% hatten mehr Spaß bei der Fahrt mit Armeinsatz, 8,3% bei der Fahrt ohne Armeinsatz. 50% hatten bei beiden Fahrten gleich viel Spaß.

Aus den praktischen Untersuchungen können folgende Erkenntnisse aufgelistet werden:

- Während den ersten beiden Testfahrten wurden die vorgegebenen Herzfrequenzen problemlos von allen Probanden eingehalten. Die größte Abweichung der mittleren Herzfrequenz von der Vorgabe betrug 4 Schläge/min.
- Die Laktatwerte wiesen meist eine starke Abweichung von den zuvor im Labor getesteten Werten auf. Durch die gleiche Belastungsvorgabe in beiden Testfahrten kann trotzdem festgestellt werden, dass für die gleiche Belastung bei acht Probanden ein zum Teil stark reduzierter Laktatwert gemessen wurde. Lediglich vier Probanden erreichten in Testfahrt 2 einen höheren Wert als in Test 1.
- Die gemessenen Zeiten sprechen eine sehr deutliche Sprache. Alle Probanden fuhren in Test 2 eine langsamere Zeit. Dies weist deutlich auf eine stärkere Beeinflussung der Herzfrequenz durch die Armarbeit hin, was auch die Laktatwerte, die bei einem Großteil der Probanden geringer war, beeinflusst hat. Die größte Zeitabweichung betrug 3:05 min, die geringste lediglich 4 Sekunden.
- Die Daten der Spiroergometrie weisen keine auffälligen Unterschiede zwischen den beiden Testfahrten auf, was durch die Vorgabe der Herzfrequenz zu begründen ist.
- Sehr auffällig in Testfahrt 3 war, dass sich alle drei Probanden spontan sehr viel höher belastet haben. Die Abweichung der durchschnittlichen Herzfrequenz von den zuvor in Test 1 und zwei gefahrenen Herzfrequenzen betrug zwischen 10 und 36 Schlägen pro Minute. Ebenfalls stark erhöht waren die Laktatwerte. Dies wirkte sich in einer meist schnelleren Zeit aus.
- Vorsicht ist also geboten bei einem gesundheitssportlichen Einsatz des „Exycles“. Hier ist von einer unüberwachten Nutzung ohne Verwendung eines Herzfrequenzmonitors und vorheriger Aufklärung möglicher Risiken unbedingt abzuraten.



## 5.2 Ausblick nach dem Abschlussgespräch der Testpersonen

Nach Abschluss der Testfahrten fanden sich alle Probanden zu einer Nachbesprechung ein. Alle Probanden sollten in einer Diskussionsrunde die Möglichkeit haben, ihre Meinung zu der Art und Weise der durchgeführten Testfahrten, sowie zum „Exycle“ konstruktiv zu äußern. Ziel der Nachbesprechung war es, nochmals weitere Anregungen zur Verbesserung des „Exycles“ zu erhalten, sowie mögliche Einsatzgebiete und Einsatzmöglichkeiten zu finden, da der ausgefüllte Fragebogen nicht alle Bereiche abdecken konnte.

Folgendes kann festgehalten werden:

- Die subjektiven Aussagen der Probanden bestätigten die objektiv gemessenen Daten, dass es keine Probleme bei der Einhaltung der Belastungsvorgaben gab. Dies war zwar bei der zweiten Testfahrt schwieriger, wurde jedoch von allen Probanden hervorragend gelöst.
- Die möglichen Einsatzgebiete des „Exycle“ sind vielfältig. Es ist für Gesundheitssportler ein sinnvolles Trainingsgerät, da sich durch den Armeinsatz ein erhöhter Energieumsatz ergibt und ein größerer Anteil der Muskulatur trainiert wird, so dass es sich gut zum Training im aeroben Bereich und als Trainingsgerät zur Gewichtsreduzierung eignet. Mit ihm lassen sich die Vorzüge eines Ganzkörpertrainingsgeräts wie dem Crosstrainer in der freien Natur genießen.
- Ebenso können geübte Fitnesssportler und Kraftsportler das „Exycle“ zum Zwecke der Hypertrophie und zur Verbesserung der Kraftausdauer nutzen. Ausschlaggebend ist immer die Intensität und Dauer der Belastung.
- Um das „Exycle“ gesundheitssportlich zu nutzen bietet sich ein kontinuierlicher Armeinsatz mit geringer Intensität an.
- Für Fitnesssportler (Kraftsportler) würde sich ein Intervalltraining mit hohen Intensitäten anbieten.
- Eine Gangschaltung könnte neben einer gezielten Trainingssteuerung zusätzlich auch einen verbesserten Vortrieb ermöglichen.





- In diesem Zusammenhang wäre eventuell noch eine elektromyographische Untersuchung interessant, um exakt festzustellen, welche Muskulatur in welchem Maße beansprucht wird.
- Zur Verbesserung der Handhabung des „Exycle“ wurde vor allem die Möglichkeit der Fixierung der Griffe genannt. Wenn sich die Griffe während der Fahrt problemlos fixieren lassen würden, wäre es möglich, bei Anstiegen kurzfristig in einen sicheren Wiegetritt zu wechseln, bzw. bei schnellen Abfahrten eine bessere Kontrolle über das Gerät zu haben.
- Ebenso wurde vorgeschlagen, Griffe in L-Form zu verwenden, um auch die Möglichkeit zu haben, die Griffe wie bei einem herkömmlichen Fahrrad wagerecht zu halten.
- Eine Gangschaltung für die Übersetzung am Vorderrad ist unumgänglich um den Armeinsatz gezielt dosieren zu können.
- Es ließ sich feststellen, dass die weiblichen Probanden dem „Exycle“ insgesamt skeptischer gegenüberstehen als die männlichen Probanden, was sich bereits auch in der Auswertung des Fragebogens gezeigt hat. Aufgrund der kleinen Stichprobe können diese Aussagen allerdings nicht als repräsentativ gesehen werden.
- Abschließend lässt sich sagen, dass das „Exycle“ in unseren Augen sehr wohl eine Chance hat, sich auf dem Markt der Fitnessgeräte durchzusetzen. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass einige Änderungen und Verbesserungsvorschläge bedacht und verwirklicht werden.
- Durch die vielfältigen Trainingsmöglichkeiten, die das „Exycle“ bietet, wird eine breite Masse von Interessenten angesprochen. Somit ist es als ein Sportgerät denkbar, mit dem ein sinnvolles Ganzkörpertraining im Freien durchgeführt werden kann.
- Eventuell wäre es sinnvoll, mit dem „Exycle“ eine Informationsbroschüre zu liefern, die explizit auf die verschiedenen Trainingsmöglichkeiten hinweist und konkrete Trainingsempfehlungen enthält und vor allem auf mögliche gesundheitliche Risiken, die bei der Benutzung auftreten können, hinweist. Eine solche Broschüre könnte entscheidend dazu beitragen, dass die Kunden effektiv mit dem Exycle ihre individuellen Trainingsziele erreichen und sich so z.B. Gesundheitssportler nicht überlasten.



