



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Radikalbelastung bei Flugreisen

angestrebter akademischer Grad

Magister/Magistra der Pharmazie (Mag.pharm.)

Verfasserin / Verfasser:	Barbara Gabriel
Matrikel-Nummer:	0001314
Studienrichtung /Studienzweig (lt. Studienblatt):	Pharmazie A449
Betreuerin / Betreuer:	Dr. Martin Czejka
Wien, im August 2011	



## **DANKSAGUNG**

Während des Studiums und der Erstellung meiner Diplomarbeit haben mich viele Personen unterstützt, sowohl mit Zuspruch, als auch mit Taten.

Dafür möchte ich mich ganz herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gilt:

Meinem Ehemann, meinen Eltern, sowie meiner Oma, die mit viel Geduld meine Stimmungen ertragen, und mir immer durch guten Zuspruch zur Seite gestanden haben.

Meinem Betreuer, Dr. Martin Czejka, der es mir ermöglicht hat, dieses ganz besondere Diplomarbeitsthema zu übernehmen und für seine freundliche Unterstützung.

Der Austrian Cockpit Association, sowie den Piloten und dem Kabinenpersonal, die sich als Probanden für meine Diplomarbeit zur Verfügung gestellt haben.



## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	7
1.1 ALLGEMEINER TEIL .....	7
1.2 MESSMETHODIK:.....	11
1.3 LIPIDPEROXIDATION .....	12
1.4 ANTIOXIDATIVE KAPAZITÄT: .....	12
1.5 BIOCHEMISCHE PROZESSE:.....	14
2. Rationale .....	16
2.1 Allgemeiner Teil:.....	16
2.2 Originalzitat : The Flight Crew Research Program at NIOSH <sup>6</sup> .....	17
2.3 Originalzitat: Cancer incidence in airline cabin crew <sup>7</sup> .....	18
2.4 Originalzitat: Dangers of Flying and the need for Glutathione <sup>8</sup> .....	19
3. Experimenteller Teil .....	22
3.1 Mittelstrecke Messungen:.....	22
3.2 Langstrecken Messungen.....	33
3.3 Vergleichsgruppe .....	40
3.4 Zusammenhang von oxidativem Stress und Zigaretten.....	42
3.5 Zusammenhang von oxidativem Stress und Alkohol .....	42
3.6 Zusammenhang von oxidativem Stress und Sport.....	43
4. Ergebnis Teil.....	44
4.1 Mittelstrecke Messungen .....	44
4.2 Langstrecken Messungen.....	48
4.3 Vergleich Mittelstrecke und Langstrecke .....	51

---

4.4. Vergleich Vergleichsgruppe versus Flugpersonal.....	54
4.5. Einfluss von Rauchen, Alkohol und Sport:.....	58
5. Ergebnisse und Diskussion: .....	60
6. Zusammenfassung.....	63
7. Referenzen.....	65
8. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	66
10. Tabellen.....	71

# **1. Einleitung**

## **1.1 ALLGEMEINER TEIL**

Aus dem täglichen Leben sind sicherlich jedem die natürlichen Abläufe wie etwa das Rosten von Eisenwaren oder die Verfärbung von Lebensmitteln bekannt. Bei diesen und ähnlichen chemischen Prozessen handelt es sich um Oxidationsprozesse durch freie Radikale.

Grundsätzlich muss der Begriff „Oxidativer Stress“ von dem umgangssprachlich allzu oft gebrauchten Terminus „Stress“ differenziert betrachtet werden.

Das Synonym „Stress“ steht heute als populärer Sammelbegriff für die Folgen von Überforderung, Belastung und Hektik. Unter Berücksichtigung der auslösenden Ursache kann man diesen Überbegriff noch weiter unterteilen. Etwa in „sensorischen Stress“: durch übermäßige Lärmbelastung und Reizüberflutung oder „mentalen Stress“: generiert durch wachsende berufliche Belastung und hohe Arbeitsintensität. Weiters erkennt man auch immer häufiger „psychischen Stress“: ausgelöst durch familiäre Schicksalsschläge, Konflikte in der Partnerschaft, soziale Vereinzelung, Mobbing oder Zukunftsängste.

Allerdings muss bei dieser streng kategorischen Einteilung berücksichtigt werden, dass eine Grenzziehung nicht zu scharf erfolgen darf. So gelangt man zur Erkenntnis, dass eine erhöhte psychische oder mentale Belastung ebenfalls zu einer vermehrten Bildung von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) führen kann.

Reaktive Sauerstoffspezies können einerseits durch äußere Faktoren (exogen) wie zum Beispiel ionisierende Strahlung, Zigarettenrauch, Umweltgifte oder sogar durch einige Medikamente (hormonelle Kontrazeptiva, Zytostatika) erzeugt, andererseits können sie

aber auch durch innere Faktoren (endogen) gebildet werden. Sie entstehen beispielsweise bei jedem Verbrennungsprozess in den Mitochondrien, unseren körpereigenen zellulären Energiekraftwerken. Freie Radikale sind durch den Besitz eines freien partnerlosen Elektrons extrem instabile Moleküle. Sie sind dadurch äußerst reaktionsbereit und ständig auf der Suche, das fehlende Elektron auf irgendeinem möglichen Weg zu ersetzen. Aus diesem Grund reagieren sie zum Beispiel mit benachbarten Molekülen, indem sie sich von diesem ein Elektron holen.

Zur gleichen Zeit übernehmen reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) aber auch eine Vielzahl von nützlichen, teilweise lebensnotwendigen Aufgaben. So bildet etwa unser Immunsystem bewusst ROS, um unseren Körper vor Bakterien und Viren zu schützen. Diesen Vorgang der Freisetzung von ROS, etwa durch neutrophile Granulozyten oder Makrophagen, bezeichnet man als respiratory burst.

Belasten wir unseren Körper jedoch zusätzlich, zum Beispiel durch exzessiven Zigarettenkonsum oder durch die Einnahme von bestimmten Medikamenten, kann es zu einer übermäßigen Bildung dieser reaktiven Sauerstoffspezies (ROS, aber auch reaktiver Stickstoffspezies- RNS) kommen.

Glücklicherweise besitzt jeder gesunde Organismus genügend körpereigene Abwehrmaßnahmen gegen diese freien Radikale, damit wäre zunächst eine übermäßige Belastung unbedenklich. Entsteht allerdings ein Ungleichgewicht, zwischen dem Ausmaß der Radikalbildung und den körpereigenen Abwehrmaßnahmen, kann unser Körper in eine gefährliche Schiefelage geraten und Oxidativer Stress entsteht.

Diese Dysbalance kann zu strukturellen Veränderungen körpereigener Moleküle führen, was den Verlust bestimmter Funktionen von Proteinen, Lipiden und DNA nach sich zieht. Somit erscheint es plausibel, dass oxidativer Stress mit der Entstehung zahlreicher chronischer Erkrankungen in Verbindung gebracht wird.

Freie Radikale spielen bei folgenden Erkrankungen eine zum Teil ursächliche und zum Teil fördernde Rolle:

- ✚ Katarakt
- ✚ COPD (chronisch obstruktive Lungenerkrankung)
- ✚ ARDS (acute respiratory distress syndrome)
- ✚ Artherosklerose
- ✚ KHK (Koronare Herzerkrankungen)
- ✚ Polyarthritits
- ✚ Diabetes mellitus
- ✚ Neurodermitits
- ✚ Parkinson
- ✚ Alzheimer
- ✚ Multiple Sklerose
- ✚ Tumorerkrankungen

Letztendlich muss jedoch festgehalten werden, dass die molekularen Mechanismen und die Rolle der ROS/RNS bei der Entstehung und Entwicklung chronischer Erkrankungen nicht endgültig geklärt sind. Ob die Bildung freier Radikale bei all diesen Erkrankungen eine wichtige Rolle in der Pathogenese spielt, oder ob sie lediglich eine Begleiterscheinung darstellt, ist im Einzelfall umstritten.<sup>1</sup>

Es verhält sich jedoch so, dass aufgrund der Sauerstoffradikale Zellen und Gewebe oft einem schädigenden Einfluss ausgesetzt sind. Sie können jederzeit durch Oxidation verändert werden.

Schäden, die durch Radikale ausgelöst werden können:

- ✚ Proteinstrukturen können zerstört werden
- ✚ Lipidperoxidation
- ✚ Schädigungen der DNA Strukturen
- ✚ Es gibt die Vermutung, dass ROS spezifische Enzyme aktivieren (z.B. ADP-Ribose- Polymerase). Dies erfolgt während der Reparaturarbeiten der DNA um Schäden auszubessern.
- ✚ Artherosklerose durch oxidiertes LDL

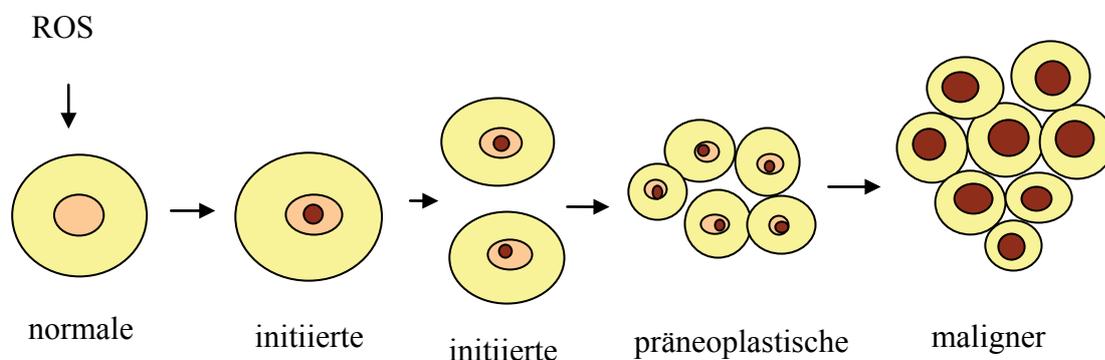


Abbildung 1: Schädigungen der Zellen durch ROS

Krebszellen können voll von freien Radikalen sein, dies ist durch wissenschaftliche Studien erwiesen. Die DNA von solchen Zellen sind somit oxidativen Stress ausgesetzt. Aufgrund von Untersuchungen liegt die Vermutung nahe, dass entartete Zellen selbst freie Radikale bilden. Die antioxidative Kapazität ist bei diesen Zellen nicht mehr in der Lage die vermehrt produzierten Radikale abzufangen.

Während einer Chemo- und Strahlentherapie kommt es zu einer Erhöhung des oxidativen Stresses. Dies wird bei einer Therapie mit Zytostatika ausgenutzt, da es hierbei auch zu einem Anstieg des Oxidativen Stresses kommt. Die Zellen beginnen

hierauf die Apoptose einzuleiten. Dies funktioniert jedoch nur im Anfangstadium einer Krebserkrankung, wenn der Krebs schon zu weit fortgeschritten ist, hat dies den gegenteiligen Effekt, die Zellen werden daran gehindert in den programmierten Zelltod zu gehen.<sup>2</sup>

## 1.2 MESSMETHODIK:

Die Messung reaktiver Sauerstoffspezies in Körpergewebe oder Flüssigkeiten gestaltet sich wegen ihrer meist sehr niedrigen Konzentration und ihrer kurzen Lebensdauer als äußerst schwierig.

Aus diesem Grund wird im Allgemeinen versucht Konzentrationen von Folgeprodukten des oxidativen Stresses zu identifizieren und zu analysieren.

Eine der am weitesten verbreiteten Schädigung durch freie Radikale stellt die sogenannte Lipidperoxidation dar. Bei dieser Reaktion kommt es zur Ausbildung von Hydroperoxiden (ROOH). Diese Stoffwechselprodukte wurden bei der verwendeten Messmethode (FORT Test, Free Oxygen Radicals Test, auf den später noch näher eingegangen wird) als Marker für das Ausmaß der oxidativen Stressbelastung herangezogen.

Bei allen Teilnehmern wurde sowohl der FORT als auch der FORD Test durchgeführt. Als Messgerät kam das FORM-plus der Firma Incomat zum Einsatz (auf das Messgerät und die beiden Tests wird später noch näher eingegangen).

Als kritische Grenze galten jeweils ein FORT Wert >350 (range 160-600) beziehungsweise ein FORD Wert <1 (range 0,25-2,0).<sup>1</sup>

### 1.3 LIPIDPEROXIDATION

Als Lipidperoxidation bezeichnet man eine Reihe charakteristischer Reaktionen von mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Bei solchen Reaktionen werden den Lipiden aus der Zellmembran durch freie Radikale Elektronen entzogen. Zurück bleibt ein Alkylradikal. Das Perhydroxylradikal, bei welchem es sich um ein protoniertes Superoxid handelt, ist in der Lage Wasserstoff zu abstrahieren. Das Perhydroxylradikal wird durch die Reaktion einer Fettsäure mit einem Radikal gebildet.

Diese Radikale sind sehr reaktiv und es kommt zur Bildung eines Peroxylradikals. Diese wiederum können einem weiteren Lipidmolekül Wasserstoffatome entziehen. Es kommt zu einer Art Kettenreaktion, in welcher mehrere Lipidmoleküle durch ein einziges Radikal verändert werden. Ebenso können Folgereaktionen auftreten, bei denen weitere Sauerstoffderivate von Lipiden gebildet werden.

Durch derartige Reaktionen können die Eigenschaften der Lipide verändert werden. Dies kann zu schwerwiegenden Problemen für die betreffende Zelle führen.

Als Beispiel kann man das oxidierte LDL anführen, welches ein Faktor bei der Entwicklung der Artherosklerose sein kann.<sup>3</sup>

### 1.4 ANTIOXIDATIVE KAPAZITÄT:

#### Definition:

Die antioxidative Kapazität ist eine individuelle Größe. Sie ist definiert als die Summe der endogen und exogen verfügbaren Abwehrmechanismen, welche die oxidative Balance sichern. Die Aktivität der endogenen antioxidativen Mechanismen kann sich begrenzt an Veränderungen des oxidativen Stresses anpassen. Die Aktivität des exogenen Systems hängt dagegen im Wesentlichen von der individuellen Aufnahme an exogen zugeführten Antioxidantien ab.

Als Antioxidantien werden Substanzen bezeichnet, die Moleküle vor der Oxidation schützen. Sie bewerkstelligen dies, indem sie Elektronen abgeben, oder Wasserstoffatome aufnehmen.<sup>4</sup>

Enzyme, die dem Körper zur Abwehr der freien Radikale zur Verfügung stehen:

- ✚ Superoxiddismutasen (SOD)
- ✚ Glutathion- Peroxidasen (GLP)
- ✚ Glutathion- Reduktasen oder Katalasen (GLR)

Zur Bestimmung der Kompensationsmechanismen (antioxidative Kapazität) wurde der sogenannte FORD Test (Free Oxygen Radicals Defence Test) angewandt. Bei dieser Untersuchung wird die gesamte antioxidative Kapazität abgeschätzt, indem die reduzierenden Eigenschaften im Blutplasma bestimmt werden.

#### ✚ **Primäre Antioxidantien:**

Durch primäre Antioxidantien wird die Bildung freier Radikale verhindert. Durch die Enzyme *Superoxiddismutase (SOD)*, die *Glutathionperoxidase (GSHP)*, sowie das Metallprotein *Ceruplasmin* wird die Bildung von Hydroxylradikalen unterbunden.

Zu den primären Antioxidantien zählen:

- ✚ Ceruloplasmin
- ✚ Metallothionon
- ✚ Albumin
- ✚ Transferrin
- ✚ Myoglobin

### **+ Sekundäre Antioxidantien:**

Zu den sekundären Antioxidantien zählen:

- + Vitamin E,C**
- + Carotinoide**
- + Flavonoide**
- + Glutathion**
- + Harnsäure**

Diese können freie Radikale stabilisieren, indem sie selbst zu stabilen Radikalen werden,

### **+ Tertiären Antioxidantien:**

Tertiäre Antioxidantien können Schäden reparieren.

Dazu zählen:

- + Methionin**
- + Sulfoxid**
- + Reduktase<sup>5</sup>**

## **1.5 BIOCHEMISCHE PROZESSE:**

Für Menschen ist es eine Notwendigkeit des Lebens dem Körper durch Einatmen von Sauerstoff Energie zur Verfügung zu stellen. In den Mitochondrien, den Kraftwerken der Zellen, wird der eingeatmete Sauerstoff in energiereiche Phosphate umgewandelt.

Dies erfolgt durch biochemische Prozesse.

Bei diesen Prozessen werden auch reaktive Sauerstoffspezies (ROS) gebildet.

ROS können Zellen an verschiedenen Bereichen schädigen, sie sind somit für alle endogenen Zellen toxisch. ROS dringen ins Zellinnere ein, um dort Verbindungen

einzuweisen. Durch oxidative Prozesse kommt es zur funktionellen Beeinträchtigung von Biomolekülen.

Angriffspunkte können sein:

- ✚ Die Zellmembran
- ✚ Die Mitochondrien, die der Energieproduktion im Stoffwechsel dienen
- ✚ Der Zellkern

Der Organismus des Menschen hat gelernt durch verschiedene Schutzmechanismen, welche enzymatisch oder nicht enzymatisch sein können, ROS zu entgiften.<sup>6</sup>

## 2. Rationale



Abbildung 2:

<http://www.flugrevue.de/de/zivilluftfahrt/airlines-flugbetrieb/aua-uebernimmt-erste-boeing-767-mit-winglets-nach-umruestung.9155.htm>

### **Oxidativer Stress in Zusammenhang mit Flugreisen:**

#### 2.1 Allgemeiner Teil:

In dieser Diplomarbeit möchte ich näher auf die Belastung des Körpers durch Oxidativen Stress, das heißt, auf die Radikalbelastung bei Flugreisen eingehen. In Österreich sind noch keine Daten über die Radikalbelastung bei Flugreisen publiziert worden, weswegen im Internet nach Veröffentlichungen aus anderen Ländern, dieses Thema betreffend gesucht wurde. Im Zuge wurde man auf die Seite des National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) aufmerksam, die ein sogenanntes „Flight Crew Research Program“ gestartet haben, um die Belastungen, denen Flugpersonal ausgesetzt ist, zu prüfen.

Das vom Menschen verursachte Ozon, welches sich primär durch kräftige Sonneneinstrahlung bei einer photochemischen Reaktion bildet, die Reaktion erfolgt aus Vorläuferzellen (Stickoxiden, Kohlenwasserstoff), kann, da es nur zu einem geringen

Teil wasserlöslich ist, bis in die Peripherie der Lunge vordringen. In der Lungenperipherie kann es dann zu einer Radikalkettenreaktion kommen.<sup>5</sup>

## 2.2 Originalzitat : The Flight Crew Research Program at NIOSH<sup>6</sup>

### **“The Flight Crew Research Program at NIOSH**

Over 198,000 U.S. flight personnel work in commercial aircraft cabins with potential exposure to cosmic ionizing radiation, alterations of circadian rhythm from travel across time zones, cabin pollutants such as tobacco smoke and ozone, physical demands such as prolonged standing, and psychological demands such as job stress. Few studies have characterized air cabin exposures and health outcomes among U.S. flight crew. In partnership with the Federal Aviation Administration, the National Cancer Institute, the HHS Office of Women’s Health and the Department of Defence Women’s Health Research Program, NIOSH has established a program of research in this unique occupational group. Studies are underway to characterize exposures in the aircraft cabin environment and to examine a variety of health effects in flight attendants and pilots. Health effects under investigation include menstrual function, pregnancy outcome, infertility, cancer, respiratory symptoms, job stress, physical demands and overall mortality. These studies will help scientists to determine if flight crews’ working environments put them at risk of adverse health effects, and if so, what measures would be needed to reduce that risk.”

Wie man aus diesem Abstract erlesen kann, haben Piloten und Flugbegleiter aufgrund von Strahlung, Ozon, Zigarettenrauch, Jetlag, langem Stehen und Berufstress eine gewisse Prädisposition um zu erkranken, als Beispiel wäre Krebs zu nennen. Dies

könnte zurückzuführen sein, auf eine erhöhte Radikalbelastung gegenüber einer geringen antioxidativen Kapazität.

Quellen für die Bildung freier Radikale wären, wie aus dem Artikel ersichtlich vorhanden, wie z.B. Strahlung, Ozon, Stress, Zigarettenrauch.

Ich werde durch die Messung der freien Radikale, und bei erhöhten Werten, auch durch Messung der antioxidativen Kapazität feststellen können, ob eine Radikalbelastung vorliegt und es dadurch zu Erkrankungen kommen kann. Wie aus dem nächsten Artikel ersichtlich wird, wird der das Auftreten von Krebs in Zusammenhang mit Strahlung, unregelmäßige Arbeitszeiten und der Störung des Biorhythmus gebracht.

### 2.3 Originalzitat: Cancer incidence in airline cabin crew<sup>7</sup>

#### **Cancer incidence in airline cabin crew**

“Recent reports highlighting increased cancer incidence and mortality among airline pilots and cabin crew have raised concerns about potential exposure of these workers to known or suspected carcinogens, in particular cosmic ionising radiation. Higher radiation dose rates are found at higher altitudes and in the polar regions, and mean doses to flight crew have been increasing over time as longer flights at higher altitudes have become more frequent. Other possible hazards that may play a role in cancer risk for flight crew include irregular working hours and disturbances of circadian rhythm.”

Im Zuge der Recherchen ist man auf den Artikel einer Ärztin gestoßen, der einerseits die negative Wirkung von kosmischer Strahlung auf den Organismus aufzeigt, und andererseits die positive Wirkung von Glutathion darauf als wirksames Antioxidant und gleichzeitig danach trachtet ein Glutathion hältiges Produkt zu vermarkten. Der Artikel ist im Merchant Circle veröffentlicht.

Da der ganze Artikel zu lang wäre, um ihn in meine Einleitung einzufügen, jedoch auch kein Abstract vorhanden ist, wurde versucht ihn sinnvoll zu kürzen.

#### 2.4 Originalzitat: Dangers of Flying and the need for Glutathione<sup>8</sup>

##### **Dangers of Flying and the need for GLUTATHIONE**

“There are two basic types of radiation that originate in outer space outside our solar system. The cosmic radiation is radiation that is composed of subatomic particles and "rays" of energy such as gamma rays and X-rays. The second source of electromagnetic radiation is produced by “solar flares,” or bursts of energy from the sun.

Radiation damages the cells by interfering with protein-DNA recognition. Thus radiation disrupts the DNA-protein complex by affecting the binding ability of the protein.

The most protective agent found for high levels of free radicals is the antioxidant glutathione.

Airline Crews are at high risk. “Both the International Commission on Radiological Protection (ICRP), and the US Federal Aviation Administration (FAA) officially consider aircrews to be occupationally exposed to ionizing radiation.” Aircrew Exposure to Cosmic Radiation, AircrewHealth.com Pilots and crews are known to have greater exposure to cosmic radiation than those on earthbound occupations. Flight crews are considered to have hazardous jobs. Anyone flying has “higher than normal” exposure to cosmic radiation, but those crews and pilots who fly across continents, on long haul flights, fly at higher latitudes, or polar routes are getting even more exposure than normal flights. They are exposed to more radiation than Nuclear Power workers.

Passengers and crew are exposed to the radiation in the air, but crews fly again and again increasing their cumulative effect. Passengers who frequently fly also increase

their effects from the radiation exposure. Passengers on a given flight are exposed to the same radiation dose as the crew on that flight. But since aircrews fly again and again and again, for years, the free radical damage built up from continued radiation exposure is more serious. The pilots get an even greater dose than the cabin crew because there is more shielding in the cabin than in the cockpit.

**Cancer:** When cells are exposed to cosmic radiation, cumulatively it can contribute to cell damage that may lead to cancer. Cancer is not caused by just one thing, a person's genetic characteristics, diet, smoking history, exposure to carcinogenic chemicals or substances, and so on, are part of that equation. However, it is probably safe to say that radiation exposure may play some sort of contributory role. Potential health effects from cosmic radiation accumulation include leukemia and other cancers, and degenerative tissue effects like cataracts, heart disease, digestive diseases and respiratory diseases, according to the report in Science Daily.”

In diesem Artikel wird wieder ersichtlich, dass Flugpersonal schädlicher kosmischer Strahlung ausgesetzt ist, wie auch die Passagiere, da jedoch Piloten und Flugbegleiter, sowie Passagiere, die regelmäßig fliegen, berufsbedingt oft in der Luft sind, kann es bei ihnen zu einem kumulativen Effekt kommen. Auch wird erwähnt, dass es bei Langstreckenflügen, die höher geflogen werden, oder über Polarrouten sind, mehr der Strahlung ausgesetzt sind und haben daher wahrscheinlich eine höhere Radikalbelastung, als Piloten, die nur Kurz- oder Mittelstrecke fliegen. Weiters besagt der Artikel, dass Piloten einer höheren Dosis an Strahlung ausgesetzt sind, als Flugbegleiter und Passagiere, da im Cockpit die Abschirmung nicht so hoch ist. Auch die mögliche Entstehung von Krebs wird erwähnt, jedoch auch angemerkt, dass nicht

die Strahlung alleine, sondern mehrere Faktoren an der Krebsentstehung beteiligt sein können, Strahlung jedoch durchaus eine Rolle spielen kann.

Laut einer Anmerkung im Science Daily kann Strahlung aufgrund eines gesundheitsschädigenden Effektes auch Einfluss haben auf Krebs, Herzerkrankungen, Erkrankungen des Verdauungstraktes und des Atemapparates und Katarakte.

Als Probanden für meine Diplomarbeit haben sich Piloten zur Verfügung gestellt. Die Messung der freien Radikale sowie der antioxidativen Kapazität erfolgt sowohl vor, als auch nach dem Flug. Die Werte werden bei Mittel- und Langstreckenflügen ermittelt.

---

### **3. Experimenteller Teil**

#### 3.1 Mittelstrecke Messungen:

Die Mittelstrecke Messungen erfolgten im Büro der Austrian Cockpit Assosociation-Verband Österreichischer Verkehrspiloten. Das Büro der Austrian Cockpit Association befindet sich im Office Park 3, 1300 Flughafen Wien. Die Piloten im Alter zwischen 30 und 45 Jahren haben sich vor ihrem Flug im Büro eingefunden. Sie haben folgenden Fragebogen erhalten, mit der Bitte diesen auszufüllen:



### Fragebogen betreffs OS und AOK:

Code: \_\_\_\_\_

FORT Wert: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

FORD Wert: \_\_\_\_\_

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich
Alter:	Jahre
Gewicht:	kg
Größe:	cm

<b>1. Fragen zu den Lebensgewohnheiten:</b>	
• Sind Sie Raucher?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Wenn ja, wie viele Zigaretten (Zigarren, Pfeifen) rauchen Sie pro Tag?	_____ Stück
• Sind Sie dem „Passivrauchen“ > 3 x / Woche ausgesetzt?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Trinken Sie mind. 3 x pro Woche Alkohol?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Trinken Sie Rotwein > 3 x / Woche ?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Treiben Sie mind. 2-3 x pro Woche Ausdauersport?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

<b>2. Fragen zu äußeren Umwelteinflüssen:</b>	
• Arbeiten Sie täglich am Computer?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Verwenden Sie täglich ein Mobiltelefon?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

3. hatten / waren Sie in den vergangenen Wochen	
• Infektionskrankheit	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Röntgen	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Zahnarzt	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Impfung	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

4. Fragen zu Ernährung/ Vitalstoffzufuhr:	
• Sind Sie Vegetarier?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Essen Sie täglich Obst/ Gemüse/ Salat?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Trinken Sie täglich mind. 2x Frucht- und / oder Gemüsesäfte oder grünen Tee?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
• Wie oft nehmen Sie ein Vitamin- oder Mineralstoffpräparat ein?	<input type="checkbox"/> täglich <input type="checkbox"/> wöchentlich <input type="checkbox"/> gar nicht
• Nehmen Sie Antioxidantien ein? zB.: Vitamin C, E, $\beta$ -Carotin, Selen, Coenzym Q10	<input type="checkbox"/> täglich <input type="checkbox"/> wöchentlich <input type="checkbox"/> gar nicht

Der letzte Flug vor diesem Flug war vor \_\_\_\_ Tagen  
 Wie viele Flüge hatten Sie in der vergangenen Woche: \_\_\_\_

Persönliche Anmerkungen: \_\_\_\_\_

Um die nun folgende Blutabnahme zu vereinfachen wurden die Probanden gebeten, die Hand, welche für die Blutabnahme bestimmt war zu massieren, oder unter das warme Wasser zu halten (sofern die Hand nicht warm, d.h. gut durchblutet war). Dies sollte dazu dienen den Blutfluss anzuregen. Danach wurden die Einweghandschuhe angezogen und die Punktionsstelle mit Sterilium, einem Desinfektionsmittel, sterilisiert und gewartet, bis der Alkohol verdampft war, um eine Verdünnung des Blutes mit dem Desinfektionsmittel nach der Punktion zu vermeiden. Der desinfizierte Bereich wurde danach mittels einer Lanzette, wie man sie auch für Blutzuckermessungen verwendet, punktiert. Die Hand des Probanden wurde mit leichtem Druck gehalten, sodass das Blut besser aus der punktierten Stelle austreten konnte. Der erste Tropfen wurde mittels Mulltupfer entfernt, da dieser Gewebsflüssigkeit hätte enthalten können. Der Finger wurde nun unter sanftem Druck nach unten gehalten, bis ein weiterer Blutstropfen ausgetreten ist. Der Finger durfte nicht zu stark gedrückt werden, da sonst die Gefahr bestanden hätte, dass die Erythrozyten zerplatzt wären, was ein verfälschtes Ergebnis zur Folge gehabt hätte, d.h. auf den Finger durfte nur leichter Druck ausgeübt, aber nicht gequetscht werden .

Nun wurde eine 20 µl Kapillare mithilfe einer Kapillarenhalteklammer an den Blutstropfen gehalten um das Blut aufzusaugen. Die Kapillare mit dem Blut wurde daraufhin in eine bereits mit einem Puffer (pH 5,0), Konservierungsmitteln und Stabilisatoren vorgefertigte Mikrovette überführt. Durch schwenken der Mikrovette wurde das Blut aus der Kapillare mit dem Inhalt der Mikrovette durchmischt, bis eine gleichmäßige Farbgebung vorlag. Der vermischte Inhalt wurde daraufhin vorsichtig, um die Kapillare nicht mit dem restlichen Inhalt auszuleeren, aus der Mikrovette in eine fertig vorbereitete quadratische Messküvette (mit einem lyophilisierten Chromogen) überführt.

Dann wurde die Messküvette verschlossen und durch Schwenken das Lyophilisat gelöst. Die Küvette wurde danach in die Zentrifuge mit der geriffelten Seite nach oben (Seiten, an denen man die Küvette angreifen kann, um die spätere Messung nicht durch Fingerabdrücke zu verfälschen) in die Zentrifuge gesteckt. Auf die vis-a-vis Seite wurde eine Ausgleichsküvette gesteckt, damit die Zentrifuge nicht unwuchtig wird. Nach dem Zentrifugieren wurde die Küvette aus der Zentrifuge genommen und in das FORM Messgerät gesteckt. Der Barcode, der schon auf der Küvette angebracht war musste nach vorne zeigen. Nach dem korrekten Einsetzen hat das Gerät mit der Messung der freien Radikale im Blut begonnen. Die Reaktion beginnt wie folgt: die Hydroperoxide, welche im FORT- Test gebildet werden, reagieren mit einem gepufferten Chromogen und es erfolgt eine Farbbildung durch einen gefärbten Komplex. Der gefärbte Komplex wird fotometrisch bei einer Wellenlänge von 505nm erfasst. Der vom Gerät angezeigten FORT Wert, wurde auf dem Fragebogen vermerkt.

Sofern noch Zeit war wurde vor dem Flug auch gleich die antioxidative Kapazität bestimmt, wenn die Zeit zu knapp war, wurde der FORD Test erst nach der Rückkehr des Piloten durchgeführt. Der Test, um die antioxidative Kapazität im Blut zu bestimmen (FORD Test) wurde folgendermaßen durchgeführt: Um den Probanden nicht mehrfach mit der Lanzette punktieren zu müssen, wurde, sofern dies möglich war mit einer 50µl Kapillare entnommen. Wenn nicht genügend Blut für die Füllung der 50µl Kapillare aus der Fingerkuppe entnommen werden konnte, wurde ein weiterer Finger desinfiziert. Nach dem Abtrocknen des Alkohols wurde mit einer zuvor frisch eingesetzten Lanzette noch einmal in die Fingerkuppe punktiert. Danach wurde die Hand wieder vorsichtig gedrückt und nach unten gehalten. Der erste Tropfen wurde wieder abgewischt und danach die Kapillare an den entstehenden Blutstropfen gehalten, um die Kapillare zu füllen. Diese Kapillare wurde in eine Mikrovette überführt, in der

sich eine bereits vorgefertigte Lösung befand. Das Blut in der Kapillare wurde daraufhin mit der Lösung aus der Mikrovette durchmischt und die Mikrovette daraufhin in die Zentrifuge gesteckt, mit einer Ausgleichsmikrovette auf der vis-a-vis Seite. Während dem Zentrifugieren wurde die vorbereitete Lösung aus der für den Test benötigten zweiten Mikrovette in eine ebenfalls mit dem Test mitgelieferte Küvette überführt und 50µl eines mitgelieferten Reagenzes mit einer Pipette hinzugefügt und einige Sekunden geschwenkt, um das in der Küvette enthaltene Chromogen zu lösen. Die Küvette wurde anschließend in den Küvettenschacht des FORM Messgeräts gesetzt und darauf geachtet, dass der Barcode nach vorne zeigt, damit das Messgerät lesen kann, um welchen Test es sich handelt. Das Gerät beginnt mit einer 4minütigen Messung, in der es die Menge an freien Radikalen misst. Nach dem Zentrifugieren wurde die Mikrovette vorsichtig aus der Zentrifuge genommen, ohne sie zu schütteln. Nach der Messung wurde die Küvette aus dem FORM Gerät genommen und aus der Mikrovette von dem Überstand vorsichtig 100µl in die Küvette pipettiert. Die Küvette wurde danach vorsichtig geschwenkt und gleich wieder in den zuvor benutzten Küvettenschacht gesetzt. Die Zeit zwischen der Entnahme der Küvette aus dem FORM Messgerät und dem Wiedereinsetzen durfte nicht zu lang sein, da das Gerät sonst wieder auf Anfang geschaltet hätte und die weitere Messung somit nicht mehr durchgeführt werden konnte. In der zweiten Messung wurde ermittelt, wie viele der zuvor hergestellten und gemessenen Radikale nun durch Radikalfänger aus dem Blut abgefangen werden konnten.<sup>10</sup>

Nachdem der FORTnd/oder der FORD Test ermittelt wurden, haben sich die Piloten auf den benachbarten Flughafen begeben um ihre Flugzeuge zu besteigen. Die Flugzeit betrug insgesamt zwischen 3,10 und 6,45 Stunden.

Nach dem Flug sind die Piloten in das Büro der Austrian Cockpit Association zurückgekommen um einen weiteren FORD Test und den FORT Test durchzuführen, falls die Zeit vor dem Flug zu kurz war um beide Messungen durchzuführen. Die Verfahrensweise war die gleiche wie vor dem Flug.

Der FORT- Wert wurde sowohl vor als auch nach dem Flug ermittelt, um zu sehen, ob durch den Flug ein Anstieg an freien Radikalen im Blut zu beobachten war.

Details zum FORM- Messgerät:



Abbildung 3: FORM Messgerät  
[www.micromedical.de](http://www.micromedical.de)

FORM steht für **F**ree **O**xxygen **R**adicals **M**onitor, die erzeugende Firma dieser Geräte ist die Firmengruppe Incomat/MICRO- MEDICAL. Mithilfe dieses Gerätes ist eine wenig invasive Bestimmung innerhalb weniger Minuten möglich. Durch die FORM Diagnostik kann man Hydroperoxidspiegel (ROOH) im Blut ermitteln. bei Hydroperoxiden handelt es sich um eine Gruppe von reaktiven Sauerstoffmetaboliten.

Das Testprinzip beruht auf folgender Reaktion: Peroxide bilden in Gegenwart von Übergangsmetallen, die nicht an Proteine gebunden sind, hochaggressive Hydroxylradikale. Solch ein Übergangsmetall ist beispielsweise Eisen. Eisen, das an ein Protein gebunden ist, wird freigesetzt und dient bei dieser Reaktion als Katalysator. Das entstehende Reaktionsprodukt kann man mittels eines Farbstoffes sichtbar machen. Mit dem FORM Messgerät wird fotometrisch detektiert.

Die Menge an freien Radikalen wird in Wasserstoffperoxidäquivalenten angegeben. FORT steht für **F**ree **O**xxygen **R**adicals **T**est. 1 FORT entspricht einer 0,26mg/Liter H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Konzentration. Als normal werden Werte bis 310 FORT angesehen, ein Wert über 350 FORT stellt einen erhöhten Radikalwert im Blut dar. Wenn der FORT Wert unter 160 liegt, ist er nicht mehr aussagekräftig. Das FORM Gerät zeigt Werte bis 600 FORT an, dies stellt die Obergrenze dar.

FORD steht für **F**ree **O**xxygen **R**adicals **D**efence. Der FORD Test beruht auf folgendem Prinzip: ein Chromogen bildet in Anwesenheit eines sauren Puffers (pH 5,2) und eines Oxidationsmittels (dies kann beispielsweise Eisen sein) ein farbiges Radikal. Dieses farbiges Radikal kann man nun mit einem Photometer bei 505nm detektieren. Das Ergebnis des FORD Tests wird in TROLOX Äquivalenten angegeben (mmol/L).<sup>9,10</sup>

TROLOX ist ein wasserlösliches Derivat von  $\alpha$ -Tocopherol. TROLOX verhindert die oxidative Reaktion, es besitzt demzufolge eine antioxidative Kapazität.<sup>11</sup>

Tabelle 1: Statistische Auswertung der FORT Werte vor und nach dem Flug bei Mittelstreckenpiloten

	FORT vorher	FORT nachher
Number of values	14	14
Minimum	160	206
25% Percentile	194,5	231
Median	250,5	262,5
75% Percentile	294	311
Maximum	515	361
Mean	260,8	269,6
Std. Deviation	90,83	45,21
Std. Error	24,27	12,08
Lower 95% CI of mean	208,3	243,5
Upper 95% CI of mean	313,2	295,7
Sum	3651	3774

Die Tabelle zeigt die statistische Auswertung der FORT Werte vor dem Flug, sowie die FORT Werte nach dem Flug.

Der Mittelwert vor dem Flug beträgt 260,8 FORT. Nach dem Flug steigt der Mittelwert auf 269,6 FORT. Beide Mittelwerte liegen im Normbereich.

Das Konfidenzintervall umfasst einen Bereich von 208,3- 313,2 FORT vor dem Flug, sowie 243,5- 295,7 FORT. Auch bei den Konfidenzintervallen sieht man bei den Werten nach dem Flug eine Erhöhung.

Die Standardabweichung (statistische Kennzahl, welche angibt, wie weit Beobachtungswerte von dem Mittelwert abweichen) beträgt vor dem Flug 90,83 und liegt nach dem Flug bei 45,21, da die Werte nach dem Flug enger beieinander liegen.

Die Mittelwerte liegen vor dem Flug bei 250,5 FORT und nach dem Flug bei 262,5 FORT.

Tabelle 2: Statistische Auswertung (T-Test) der Werte von Mittelstreckenpiloten.

T-Test

Parameter	Value
Table Analyzed	Mittelstrecke2
Column A	FORT vorher
vs	vs
Column B	FORT nachher
Unpaired t test	
P value	0,7485
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
t, df	t=0.3240 df=26
How big is the difference?	
Mean ± SEM of column A	260.8 ± 24.27 N=14
Mean ± SEM of column B	269.6 ± 12.08 N=14
Difference between means	-8.786 ± 27.12
95% confidence interval	-64.54 to 46.96
R squared	0,004022
F test to compare variances	
F,DFn, Dfd	4.036, 13, 13
P value	0,0174
P value summary	*
Are variances significantly different?	Yes

Der T- Test dient dazu, herauszufinden, ob z.B. eine Behandlung wirksam ist, indem man zwei Mittelwerte miteinander vergleicht. Diese Mittelwerte stammen aus zwei

unabhängigen Stichproben. Der T- Test wird angewendet bei Tests mit geringen Stichprobenumfängen.

Der angegebene p-Wert gibt die Wahrscheinlichkeit an, das vorliegende Ergebnis der Teststatistik zu erhalten, unter der Annahme, dass z.B. kein Wirkungsunterschied zwischen den Untersuchungen vorliegt. Ist der p-Wert kleiner als das Signifikanzniveau  $\alpha$ , kann die Hypothese verworfen werden, d.h. man kann von einem signifikanten Unterschied zwischen den Probandengruppen sprechen. Wie aus Tabelle 3 zu entnehmen ist, ist der p-Wert nicht signifikant, d.h. es gibt in den Pilotengruppen keinen signifikanten Unterschied zwischen den getesteten Werten. Die in der Tabelle angegebenen Mittelwerte weichen nur geringfügig voneinander ab.<sup>12</sup>

Es handelt sich bei der statistischen Auswertung um einen 2-seitigen gepaarten T- Test. 2-seitig weist darauf hin, dass nicht bekannt ist, ob die Werte ansteigen oder sinken.

### 3.2 Langstrecken Messungen

Im Rahmen dieser Diplomarbeit hat sich die Möglichkeit ergeben mit der Flug Crew einer Austrian Airlines Maschine nach Narita (Japan) mitzufliegen und auch eine Cockpit- Permission, sowohl für den Hin-, als auch für den Rückflug wurde ausgestellt.



## COCKPIT-PERMISSION

FLT.NO.: OS 051 FROM: VIE TO: NRT DATE: 21/09/09  
FLT.NO.: OS 052 FROM: NRT TO: VIE DATE: 23/09/09  
FLT.NO.:        FROM:        TO:        DATE:       

NAME: PATTART / BMRS POSITION WITHIN AUSTRIAN GROUP OR  
OTHER COMPANY: OBSERVERFLIGHT

SIGNATURE CHIEFPILOT

[Signature]  
Austrian  
Österreichische Luftverkehrs AG  
A-1300 Wien Flughafen  
Flugbetriebsleitung

Abbildung 4: Cockpit Permission

Am 21. September wurde ein Transfer für die Fahrt auf den Flughafen für den Personentransfer, sowie für die Ausrüstung für die Messungen und dem Gepäck arrangiert. Am Flughafen gab es ein Treffen mit Christoph Mair von der Austrian Cockpit Association. Wir sind in ein dem Flughafen nahe gelegenes Gebäude gefahren, wo sich die Flug Crews vor und nach ihren Flügen aufhalten. Um dieses Gebäude jedoch betreten zu können wurde ein Besucherpas ausgehändigt.

Es wurde ein Raum zugewiesen, in dem die Utensilien für die Messung aufgebaut und bereit gelegt wurden. Nachdem der Crew des Langstreckenfluges, die sich bereit erklärt hatte, an den Messungen teilzunehmen, eine kurze Erklärung gegeben wurde, wurden alle darum ersucht den Fragebogen auszufüllen. Da die Zeit bis die Crew das Flugzeug

besteigen musste kurz war, war es nicht möglich bei allen auch gleich den FORD- Test durchzuführen, da dieser mehr Zeit in Anspruch nimmt, da zuerst die freien Radikale gebildet werden müssen. Daher wurde beim Großteil der Crew vor dem Abflug nur der FORT- Test durchgeführt. Die Abfolge der Messung erfolgte genau wie bei den Mittelstrecke-Messungen. Nachdem von allen, die sich bereit erklärt hatten, die Messung durchzuführen die FORT- Werte ermittelt worden waren, wurden die Sachen schnell zusammengepackt. Die Tasche mit dem FORM- Messgerät, der Zentrifuge und den restlichen Utensilien wurde der Crew mitgegeben, damit sie die Tasche verstauen konnten und diese Tasche nicht mit den restlichen großen Gepäckstücken im Laderaum des Flugzeugs verstaut wurde, da dies eine mögliche Schädigung der Geräte zur Folge hätte haben können. Der Besucherausweis wurde retourniert und anschließend erfolgte die Fahrt zum Flughafengebäude, wo eingecheckt und mit den restlichen Passagieren auf das besteigen des Flugzeugs gewartet wurde. Während das Boarding erfolgte wurde ein Sitzplatz zugewiesen.



Abbildung 5: Flugticket der Austrian Airlines nach Narita

Während des Starts, sowie der Landung wurde die großartige Möglichkeit angeboten im Cockpit zu sitzen und sowohl den Start als auch die Landung aus einer völlig neuen Perspektive zu sehen. Nach dem Start ist man wieder auf den zugewiesenen Platz zurückgekehrt, durfte aber auch während des Fluges ins Cockpit, wo Fragen bezüglich des Flugzeugs, der Route und dergleichen geduldig beantwortet wurden. Es war beeindruckend, mit welcher Routine und Ruhe die Herren im Cockpit ihren Aufgaben nachgingen, vor allem, wenn das Flugzeug vom Bodenpersonal kontaktiert wurde (es war kein Wort von dem zu verstehen, was gefragt wurde, vermutlich war die Anfrage in englischer Sprache gehalten, aber wie gesagt, es war nur Gebrabbel zu hören).

Nach der Landung war die weitere Vorgehensweise eine ehemalige Stewardess zu begleiten, die in Japan Urlaub machte, da sie helfen sollte zügig durch das doch recht große Areal des Flughafens in Narita zu finden und den Platz anzuzeigen, an welchem der Rest der Crew wartete. Wir haben dann gemeinsam einen Bus bestiegen, der uns zu einem Hotel gebracht hat. Hr. Thomas Wieser war dann so freundlich und hat ein Zimmer in diesem Hotel organisiert, dessen Kosten dankenswerter Weise die Austrian Cockpit Association übernommen hat. Wir haben danach ein Zimmer zugewiesen bekommen, in dem eine weitere Messung stattfinden hätte sollen. Geplant war, dass vor dem Flug nach Japan, sowie nach der Ankunft in Japan bei jedem Probanden eine FORT Messung durchgeführt werden sollte, sowie vor dem Abflug von Tokio und nach der Ankunft in Wien. Doch Fortuna wollte es anders. Da alle müde waren wurde das Aufbauen zügig durchgeführt. Das erste Problem, das aufgetreten ist, war, dass der Adapter, der kurz vor dem Abflug nach Tokio noch erworben wurde nicht in die japanische Steckdose passte, wobei dies beim Kauf versichert wurde. Dieses Problem konnte noch gelöst werden, da Hr. Wieser freundlicherweise seinen Adapter zur Verfügung gestellt hat. Der Kapitän war als erstes an der Reihe. Zuerst wurden die

Gummihandschuhe angezogen, nachdem sowohl das FORM Gerät, als auch die Zentrifuge eingeschaltet und alle benötigten Reagenzien und Utensilien wie Kapillaren und Kapillarenhalter etc. bereit gelegt wurden. Der Finger, der mit der Lanzette punktiert werden sollte mit Sterilium desinfiziert und nach dem trocknen des Desinfektionsmittels, wurde der Finger punktiert. Der erste Blutstropfen wurde mit einem Mulltupfer abgewischt und danach mit der Kapillare Blut für den FORT- Test angesaugt. Die Kapillare wurde in eine Pufferlösung enthaltende Mikrovette überführt und dieses so lange geschwenkt, bis das ganze Blut aus der Kapillare mit der Pufferlösung vermischt war. Der Inhalt der Mikrovette wurde in eine Küvette überführt, vorsichtig, sodass die Kapillare nicht mitrutschte und die Küvette nach dem lösen des Chromophors in die Zentrifuge gesteckt, mit der Vergleichsküvette auf der vis-a-vis Seite. Dies war der letzte Schritt, da die Zentrifuge noch bevor sie auf ihre volle Umdrehungszahl gekommen war wieder „abgestorben“ ist, wie ein Automotor, der nicht starten möchte. Es wurde verschiedenes versucht, aber die Zentrifuge wollte einfach nicht richtig hochfahren. Daher mussten die Messungen in Tokio ausfallen, da es so aussah, als hätte die Zentrifuge während des Fluges trotz aller Vorsichtsmaßnahmen Schaden genommen.

Nach der missglückten Messung haben sich alle zur Ruhe begeben. Es gab einige Stunden später ein Treffen mit Hr. Wieser und einigen anderen Crewmitgliedern in der Lobby und wir sind mit dem Bus nach Narita, einem Vorort, ähnlich Schwechat, gefahren. Dort haben sich die Wege erst einmal getrennt. Zuerst wurde der Tempel von Narita und danach der Ort besichtigt. Um gemeinsam zu Abend zu essen, haben sich einige Crewmitglieder später wieder getroffen. Am nächsten Morgen wurden wir wieder mit dem Bus zum Hotel gebracht und nach dem Einchecken haben sich unsere Wege vorerst getrennt. Die Tasche mit den Messutensilien wurde der Crew überlassen,

sonst hätte sie eingecheckt werden müssen. Während Start und Landung gab es wieder die Möglichkeit im Cockpit zu sitzen, zudem wurde die Möglichkeit geboten den Rückflug in der ersten Klasse zu verbringen. In der ersten Klasse werden mehr Möglichkeiten geboten als bei Economy. Der Flug war leider nicht so entspannend, wie er hätte sein können, da seit dem Vorabend die Versuche fehlgeschlagen sind in Wien jemanden zu erreichen und zu bitten, dass man eine andere Zentrifuge auf den Flughafen bringt, um wenigstens noch eine Abschlussmessung machen zu können. Vom Flugzeug aus ist es uns dann geglückt jemanden zu erreichen und nach der Ankunft in Schwechat hat schon Hr. Mair mit einer nagelneuen Zentrifuge gewartet. Wir sind wieder in das Gebäude zurückgekehrt, in dem die ersten Messungen dieser Crew vorgenommen worden waren. Die Crew hat dort schon gewartet und es wurde eilig alles benötigte aufgebaut, da die Crew müde war und nach Hause wollte.

Es wurde nun bei allen, die vor dem Abflug einer Messung zugestimmt hatten ein weiterer FORT Wert ermittelt, sowie bei den meisten auch die FORD Messung durchgeführt. Der Ablauf der Messungen war der Gleiche, wie bei den Messungen der Piloten, welche Mittelstrecke flogen.

Bei dem nächsten Besuch auf der Universität Wien hat Prof. Czejka die „kaputte“ Zentrifuge ausprobiert, und sie hat einwandfrei funktioniert. Offensichtlich hat es ihr in Japan einfach nicht gefallen

Tabelle 3 : Statistische Auswertung von Langstreckendaten

	FORT vorher	FORT nachher
Gaussian distribution		
Best-fit values		
AREA	3508	3165
SD	2,933	2,767
MEAN	4,142	3,977
Std. Error		
AREA	11,75	11,24
SD	0,004925	0,004926
MEAN	0,009842	0,009844
95% Confidence Intervals		
AREA	3485 to 3531	3143 to 3188
SD	2.923 to 2.943	2.757 to 2.777
MEAN	4.123 to 4.162	3.957 to 3.996
Goodness of Fit		
Degrees of Freedom	98	98
R <sup>2</sup>	1	1
Absolute Sum of Squares	0,01912	0,0248
Sy.x	0,01397	0,01591
Data		
Number of X values	101	101
Number of Y replicates	1	1
Total number of values	101	101
Number of missing values	0	0

Die Gaußsche Normalverteilung gibt die Wahrscheinlichkeitsverteilung an. Dadurch kann man Abweichungen der Messwerte erkennen.<sup>12</sup>

In Tabelle 3 kann man aus den Daten entnehmen, dass die Werte nicht in größerem Maße voneinander abweichen.

### 3.3 Vergleichsgruppe

Da Piloten aufgrund ihres Berufes in guter körperlicher Verfassung sein müssen, ist es nicht weiter verwunderlich, dass bei ihnen sowohl die FORT, als auch die FORD Werte im Normbereich liegen.

Es wurden nun Vergleiche zwischen den Werten von Piloten und denen von einer beliebigen Gruppe von Männern zwischen 30 und 45 angestellt, um zu sehen, ob Abweichungen vorliegen.

Tabelle 4: Statistische Auswertung der Daten der Vergleichsgruppe

	FORT	FORD
Number of values	36	9
Minimum	160	0,62
25% Percentile	217	1,01
Median	270,5	1,15
75% Percentile	336,5	1,385
Maximum	436	1,67
Mean	274,4	1,181
Std. Deviation	73,06	0,3021
Std. Error	12,18	0,1007
Lower 95% CI of mean	249,7	0,9489
Upper 95% CI of mean	299,2	1,413
Sum	9880	10,63

In Tabelle 4 sind statistische Werte der FORT und FORD-Werte der Vergleichsgruppe angegeben. Der Mittelwert der FORT-Werte liegt bei 274,4 und damit absolut im Normbereich. Auch der Mittelwert der FORD-Werte liegt mit 1,1 im empfohlenen Bereich.

### 3.4 Zusammenhang von oxidativem Stress und Zigaretten

Hohe Emissionen an Stickoxiden und eine Ozonbelastung können auch als exogene Quellen von reaktiven Sauerstoffradikalen angesehen werden.

Besonders Raucher können einem verstärkten oxidativen Stress ausgesetzt sein. Durch die langfristige Inhalation von Zigarettenrauch oder auch ein vermehrter Kontakt mit Luftschadstoffen führt zu einer Aktivierung der alveolären Makrophagen. Diese wirken auf Parenchymzellen und Fibroblasten zytotoxisch.<sup>4</sup>

Es kommt durch das Rauchen zu einer erhöhten Neigung der Blutplättchen zum Verklumpen.

Wenn man die Inhaltsstoffe von Zigaretten näher betrachtet, erkennt man, dass viele davon Oxidantien sind und somit erklärt sich eine Erhöhung der Anzahl an freien Radikalen. Durch diese kann es zu einer beschleunigten Zellalterung (unter anderem auftretende Gesichtsfalten) und Krebs kommen.<sup>2</sup>

### 3.5 Zusammenhang von oxidativem Stress und Alkohol

Auch Alkohol hat einen Effekt auf die Entstehung der freien Radikale. Bei Untersuchungen an Tieren konnte man eine Erhöhung der Lipidperoxidation in der Leber feststellen.<sup>4</sup>

### 3.6 Zusammenhang von oxidativem Stress und Sport

Man kann verschiedene Sportgruppen unterscheiden:

- ✚ Ausdauersport
- ✚ Kampfsport
- ✚ Spielsport
- ✚ Kraftsport
- ✚ Schnellkraftsportarten

Der Körper muss je nach Belastung die nötige Energie bereit stellen. Unter hohen Belastungen, vor allem, wenn man bis zur Erschöpfung trainiert steigt die Bildung der freien Radikale. Ebenso kommt es zu einem Abbau der körpereigenen Antioxidantien.

Durch Studien konnte gezeigt werden, dass es durch das Verabreichen von Antioxidantien an Leistungssportler vor einem Training zu einer starken Erniedrigung von freien Radikalen kam.<sup>2</sup>

## 4. Ergebnis Teil

### 4.1 Mittelstrecke Messungen

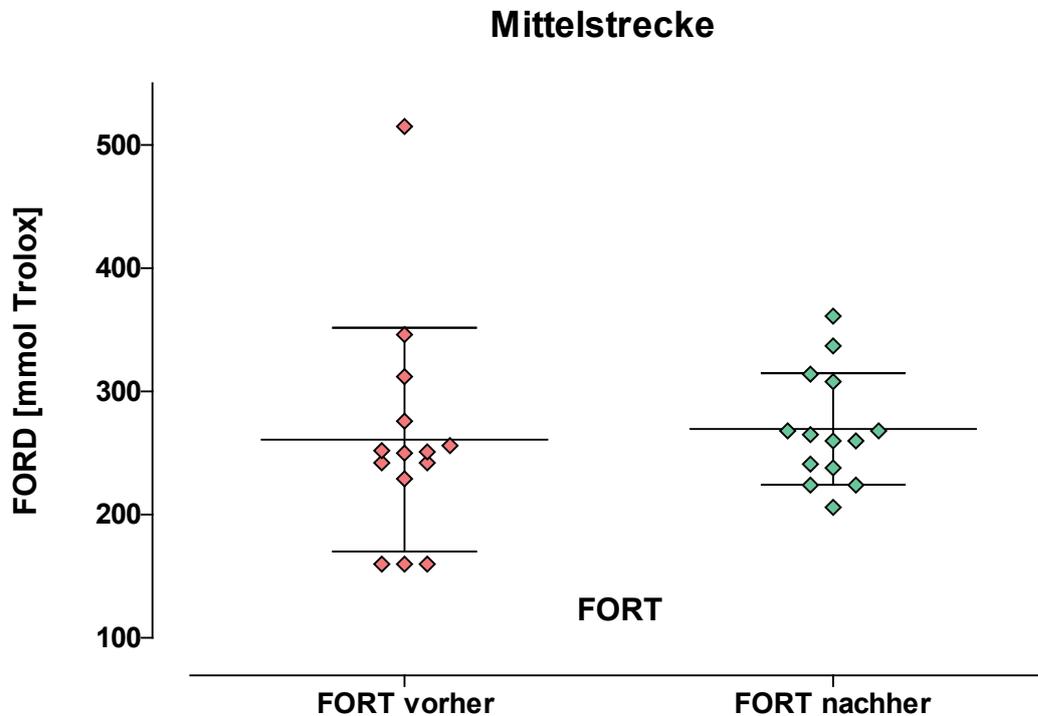


Abbildung 6: Radikalmessung (FORT-Test) bei Mittelstrecke-Piloten

Diese Abbildung stellt die Werte VOR den NACH einem Mittelstreckenflug gegenüber. Die Daten aller Piloten fanden sich im Normalbereich wieder. Nach dem Flug stieg der mittlere FORT Wert geringfügig an. Lediglich die Werte einer Testperson waren außerhalb des definierten Grenzbereichs anzutreffen.

Statistisch ist diese Beobachtung jedoch als nicht signifikant zu werten.

Wie aus der Graphik ersichtlich wird liegen die Radikalwerte sowohl vorher als auch nachher zum Großteil alle im Normbereich bis zu einem Wert von 350 FORT. Der Großteil der FORT Werte vor dem Flug sind erstaunlicherweise sogar relativ niedrig mit Werten um die 160 FORT. Auch die Messung des Radikalfänger- Wertes, in

FORD, gemessen hat sehr gute Werte ergeben. Die meisten haben einen FORD Wert von über 1,00 was eine sehr gute antioxidative Kapazität darstellt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass der Körper der Probanden die freien Radikale im Körper sehr gut abpuffern kann.

Die farblich markierten Werte sind jene FORT Werte, die vor oder nach dem Flug einen Wert über 300 FORT aufweisen, was auf einen leicht erhöhten Radikalwert im Blut hindeutet, wenn man sich nun jedoch die dazugehörigen FORD Werte (antioxidative Kapazität) näher ansieht, sieht man, dass die Werte alle über 1, manche sogar bis zu 1.4 FORD betragen. Der geringfügig erhöhte Wert wird also problemlos vom Körper abgepuffert.

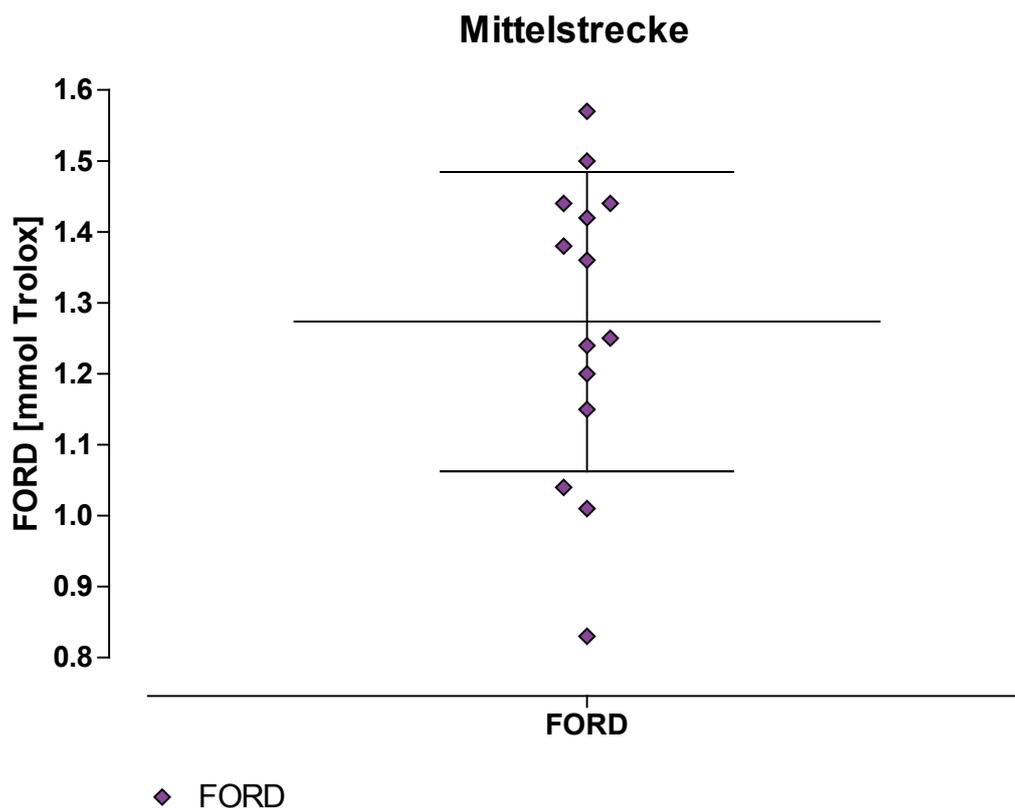


Abbildung 7: Antioxidative Kapazitäts Messung (FORD Test) bei Mittelstreckenpiloten

Aus der Graphik wird nun gut ersichtlich, dass die antioxidative Kapazität bei den Probanden sehr gut ist, kaum ein Wert liegt unter 1.0. Ein Wert steigt sogar fast bis 1.6 FORD.

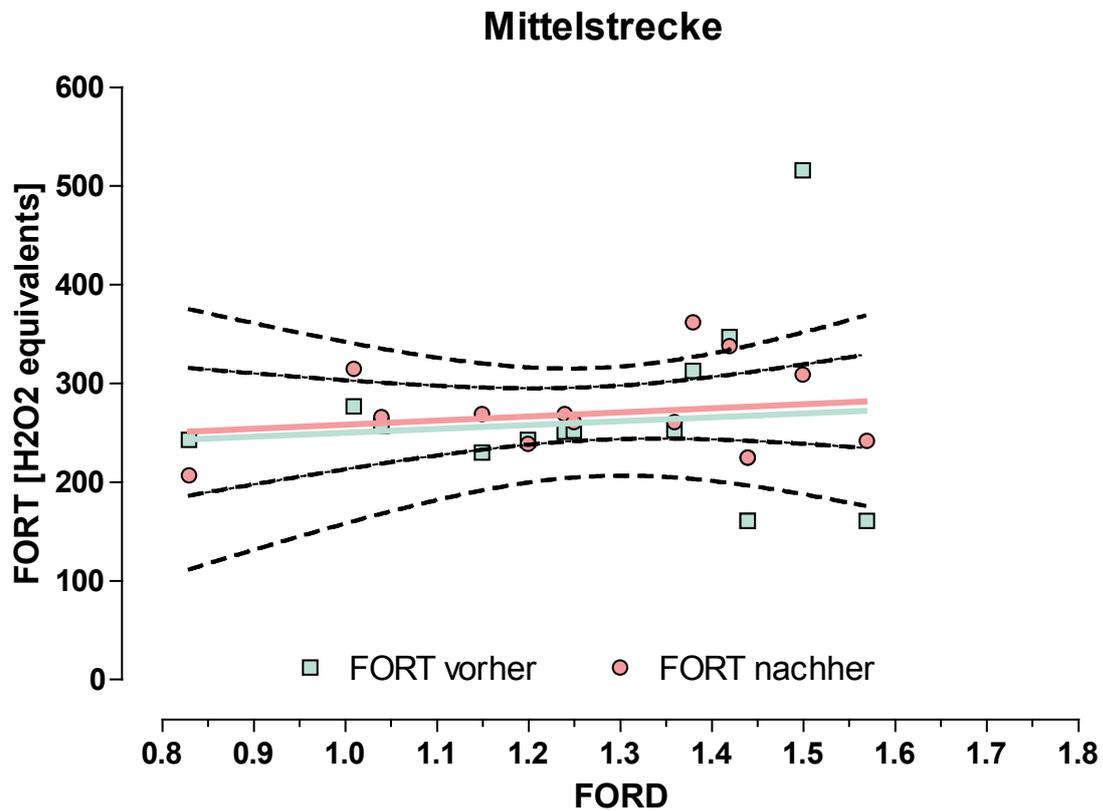


Abbildung 8: Korrelation der FORT- Werte (■) vor und nach (●) dem Flug und dem FORD Wert bei Mittelstreckenpiloten

Wie man der Abbildung entnehmen kann, liegen sowohl die FORT, als auch die FORD Werte zum größten Teil im Normbereich. Eine eventuell erhöhte Produktion an freien Radikalen sollte somit problemlos abgepuffert werden können.

## Langstrecke

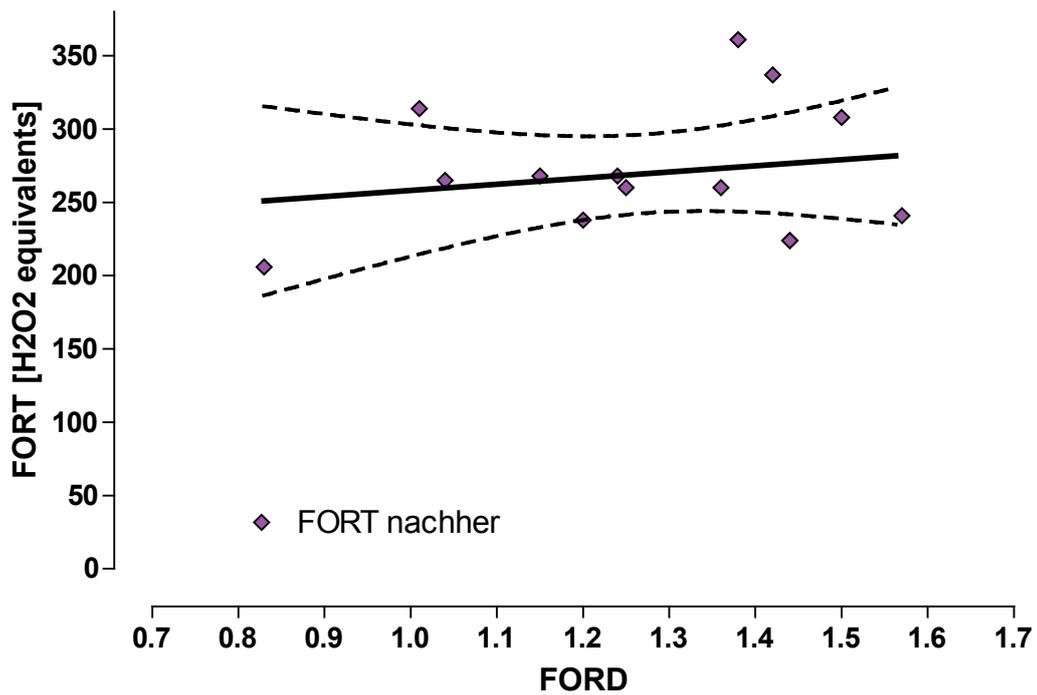


Abbildung 9: Korrelation von dem FORT-Wert nach dem Flug und dem FORD Wert bei Langstreckenpiloten.

Es wurde versucht mittels dieser Abbildung die Korrelation zwischen den freien Radikalen und der antioxidativen Kapazität graphisch darzustellen. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass die antioxidative Kapazität die freien Radikale gut abpuffert.

## 4.2 Langstrecken Messungen

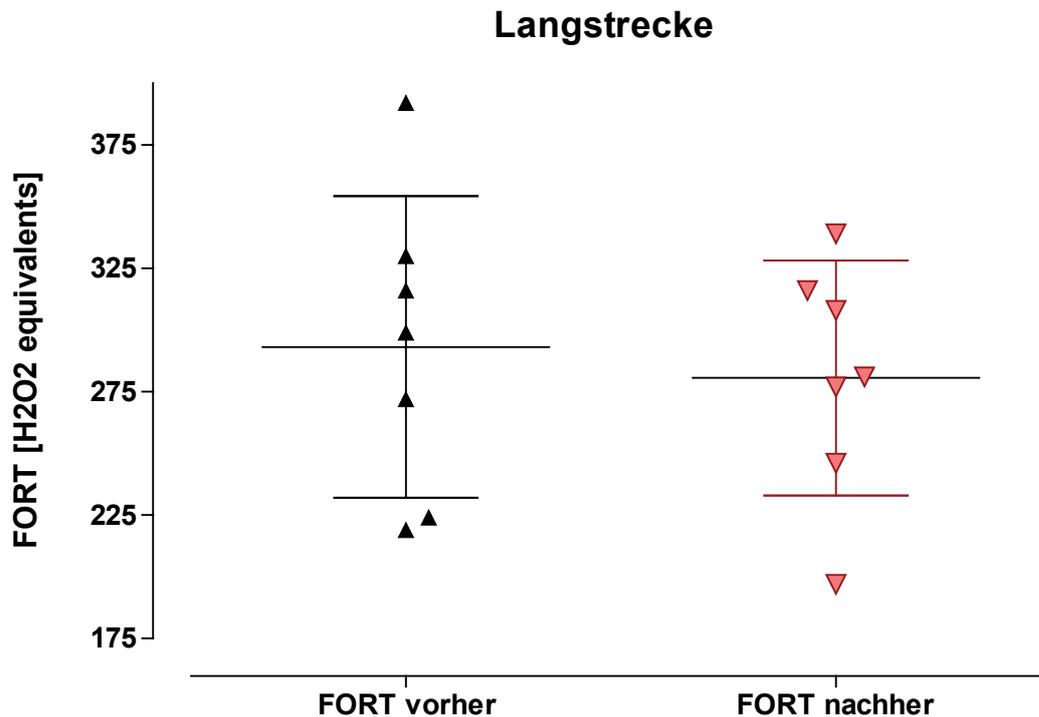


Abbildung 10: Radikalmessung (FORD Test) bei Langstreckenpiloten

Diese Abbildung stellt die erfassten Datenpunkte vor und nach einem Langstreckenflug gegenüber, mit einer 24h Pause zwischen Ankunft und Rückflug. Ursprünglich wäre geplant gewesen auch noch die Werte nach der ersten Landung, sowie vor dem Rückflug zu ermitteln, nur leider dürfte für die Zentrifuge trotz Adapter die Spannung, die in Japan anlag noch zu wenig gewesen sein. Daher war es leider nicht möglich die Blutbestandteile zu trennen und somit vor Ort Messungen vorzunehmen. Es konnten daher leider nur Werte vor dem Abflug nach Japan und der Rückkehr nach Wien ermittelt werden.

Wenn man sich die Werte näher betrachtet sieht man, dass sogar ein Wert in diesem Fall vor dem Flug höher liegt als nach dem Flug. Dieser Umstand ist nur dadurch zu erklären, dass jener Pilot mit erhöhtem Wert offensichtlich die Statistik verfälscht.

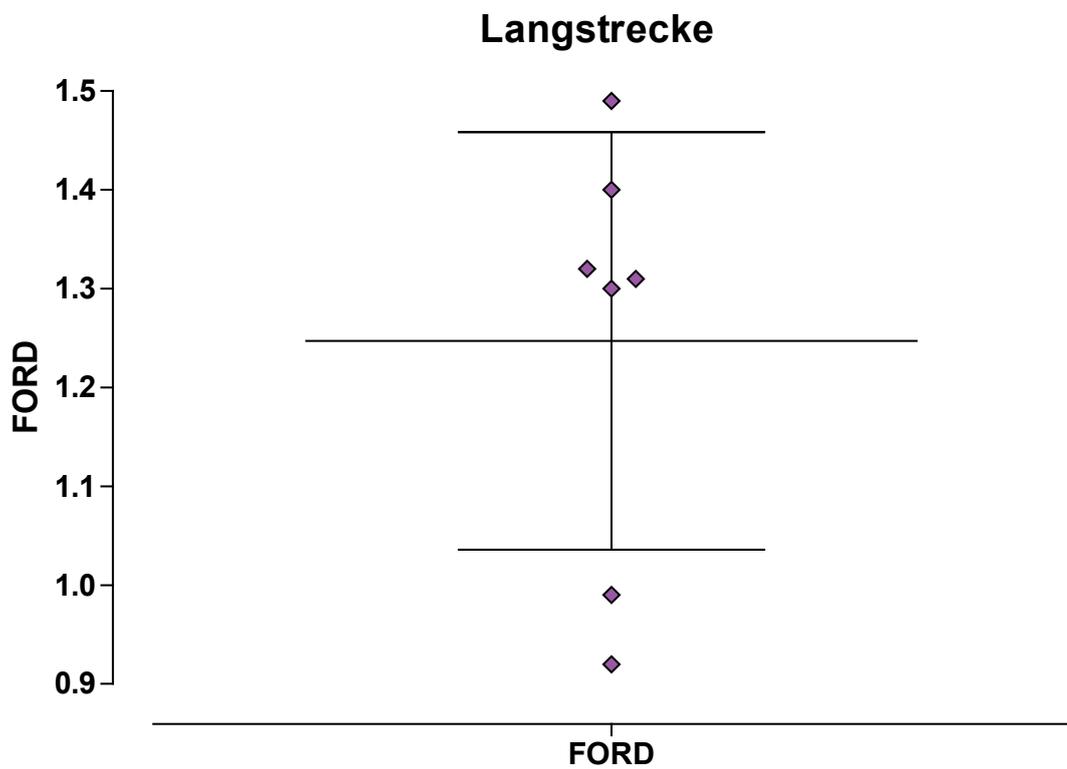


Abbildung 11: Messung der antioxidativen Kapazität (FORD Test) bei Langstreckenpiloten

Die Abbildung zeigt die antioxidative Kapazität der Probanden auf Langstreckenflügen. Wie aus der Abbildung ersichtlich wird, hat der Großteil der Piloten sehr gute Abfangmechanismen gegen freie Radikale.

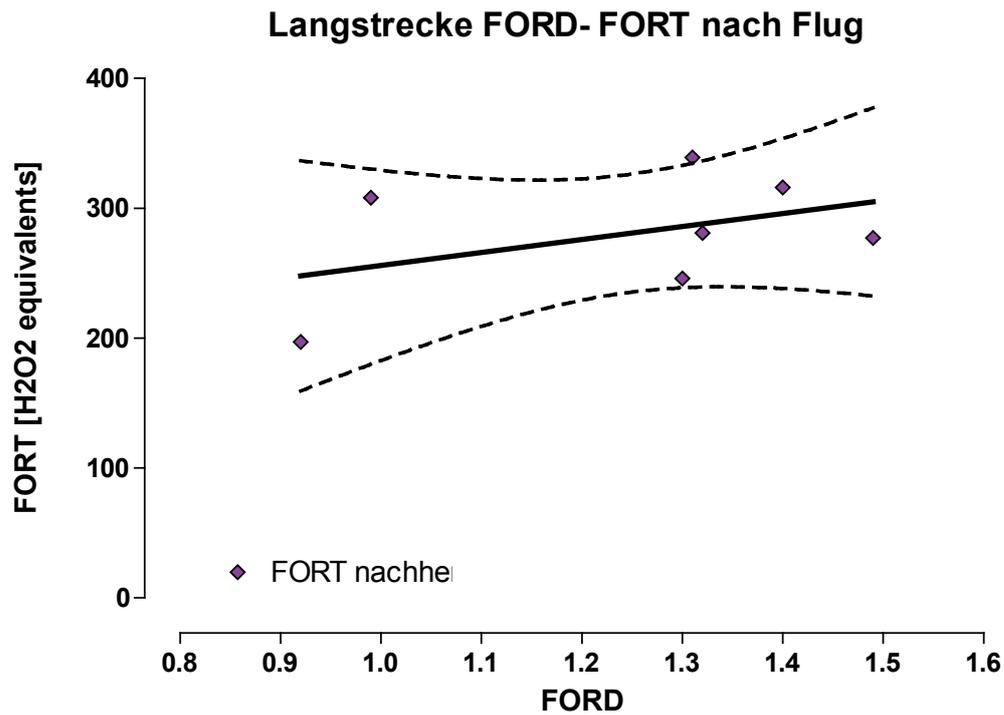


Abbildung 12: Korrelation von FORT Werten und FORD Werten von Langstreckenpiloten

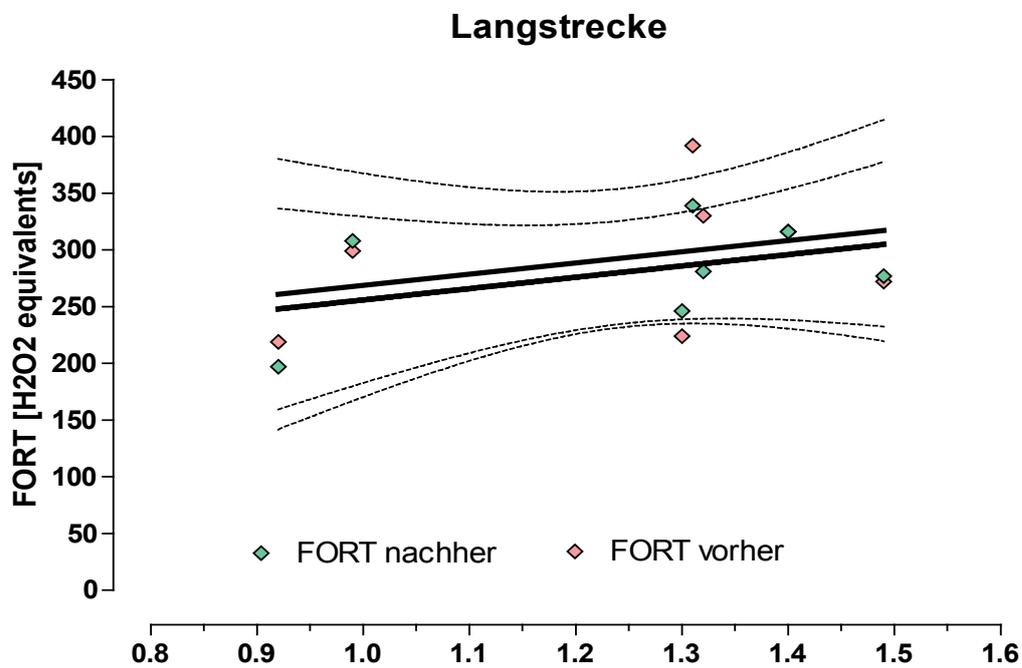


Abbildung 13: FORT Werte vor (  $\diamond$  )Langstreckenflug versus FORT Werte nach (  $\diamond$  ) dem Langstreckenflug.

### 4.3 Vergleich Mittelstrecke und Langstrecke

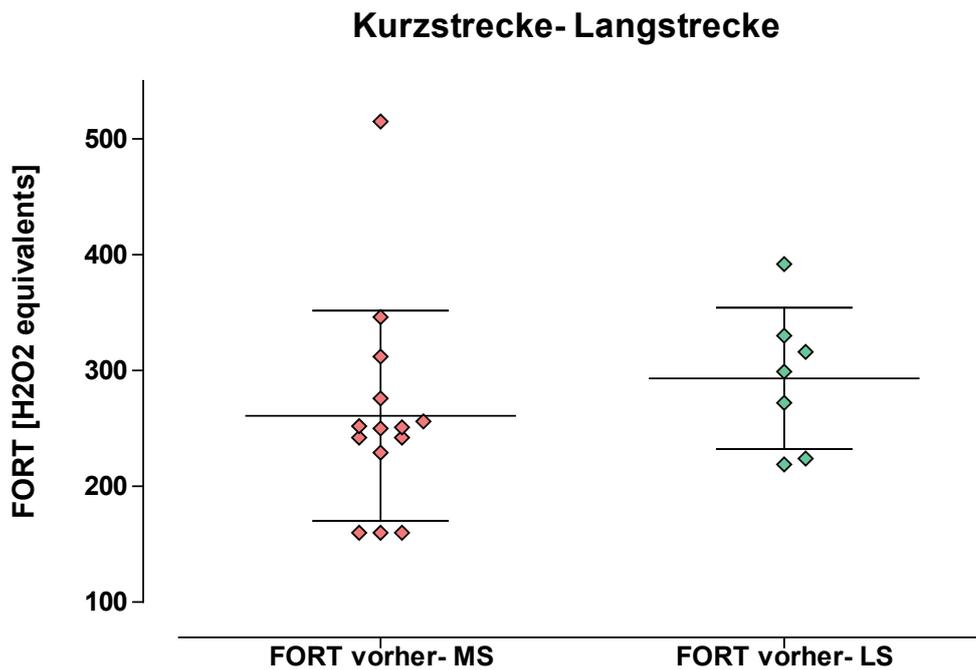


Abbildung 14: VOR Mittelstrecke versus VOR Langstrecke

Aus der Graphik wird ersichtlich, dass die Piloten der Langstrecke von Anfang an höhere FORT Werte haben, als die Piloten der Kurzstrecke. Eine Person lag mit einem FORT Wert von 400 über dem empfohlenen Grenzwert.

Somit konnte die ohnehin nicht signifikante Erhöhung der Radikalbelastung nach einem Kurzstreckenflug bei der Langstrecke nicht beobachtet werden.

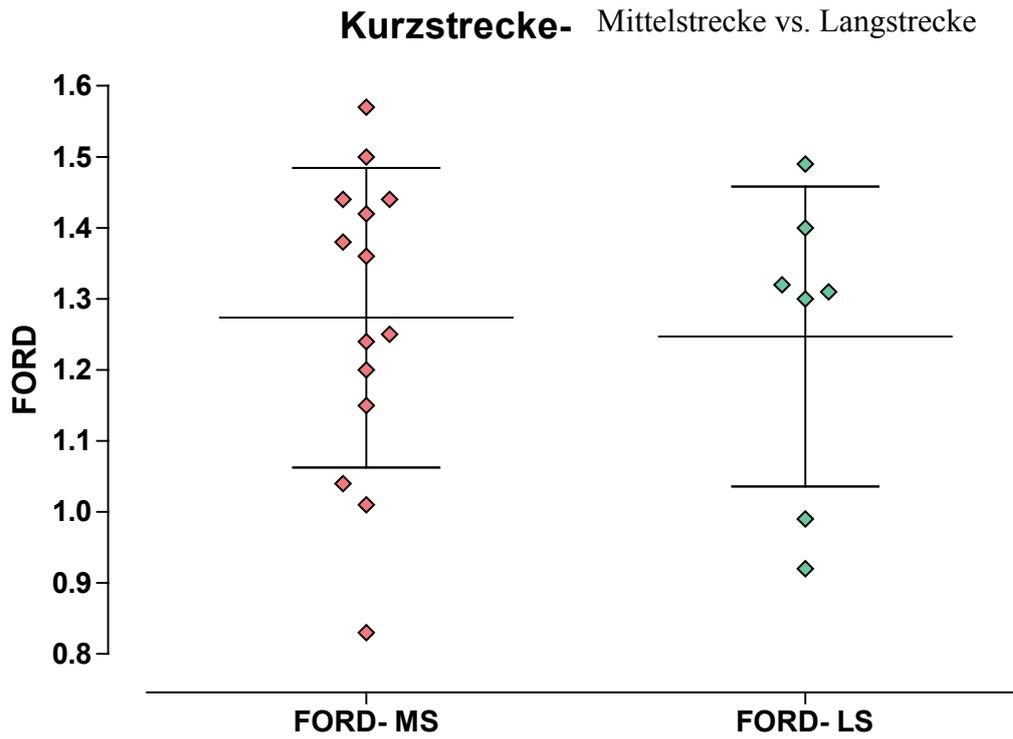


Abbildung 15: FORD Werte Kurzstrecke versus Langstrecke

Die FORD Werte sind sowohl bei den Piloten, welche Mittelstrecke fliegen, als auch bei jenen Piloten die Langstrecke fliegen ziemlich gleich verteilt.

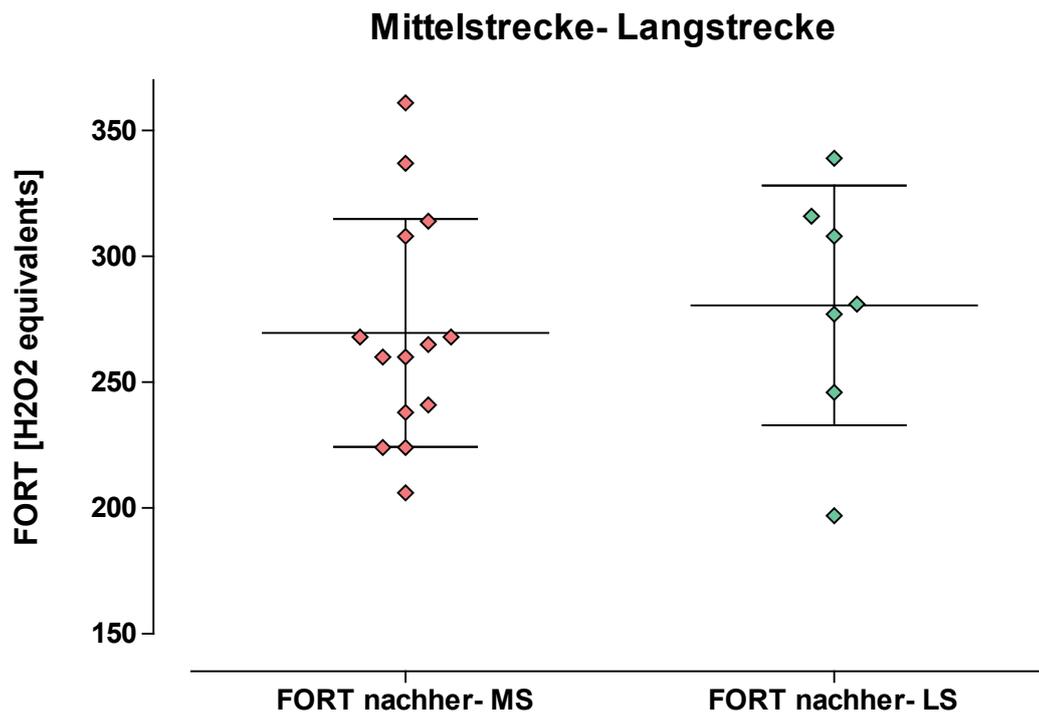


Abbildung 16: FORT Werte nach dem Flug Mittelstrecke versus Langstrecke

Auch bei der Gegenüberstellung der FORT Werte nach einem Flug konnten keine nennenswerten Abweichungen ermittelt werden.

#### 4.4. Vergleich Vergleichsgruppe versus Flugpersonal.

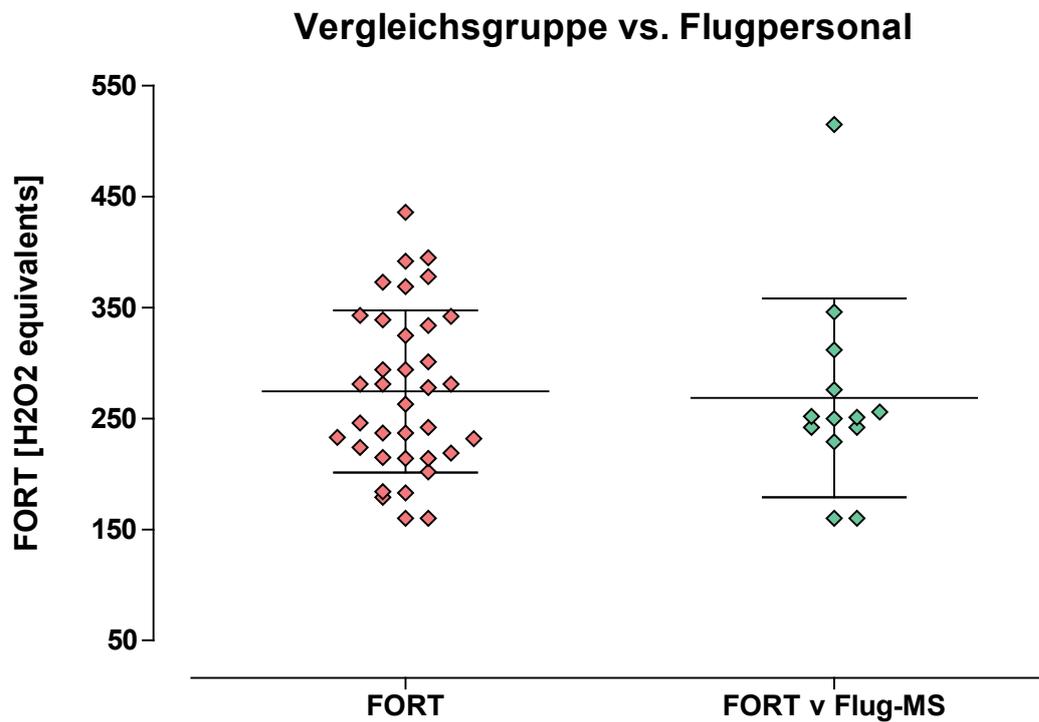


Abbildung 17: Vergleich der FORT Werte vor dem Mittelstreckenflug der Vergleichsgruppe versus Flugpersonal

In dieser Abbildung wurden die FORT Werte der Vergleichsgruppe mit den FORT Werten der Mittelstrecke Messungen vor einem Flug verglichen.

Man sieht deutlich, dass die Werte in der Vergleichsgruppe höher ansteigen, als in der Piloten Kohorte (bis auf einen Ausreißer).

## Vergleichsgruppe vs. Flugpersonal

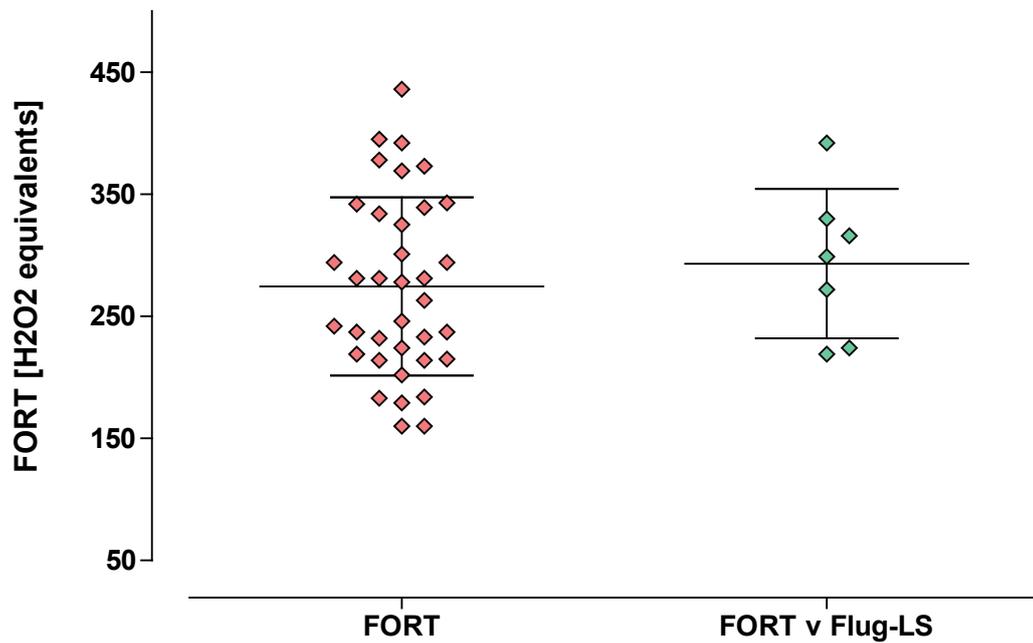


Abbildung 18: Vergleich der FORT Werte vor dem Langstreckenflug der Vergleichsgruppe versus Flugpersonal

In dieser Abbildung wurden die FORT Werte der Vergleichsgruppe mit den FORT-Werten vor einem Langstreckenflug verglichen. Auch hier ist ersichtlich, dass die Werte im Vergleich auch in einem höheren Bereich angesiedelt sind.

## Vergleichsgruppe vs. Flugpersonal

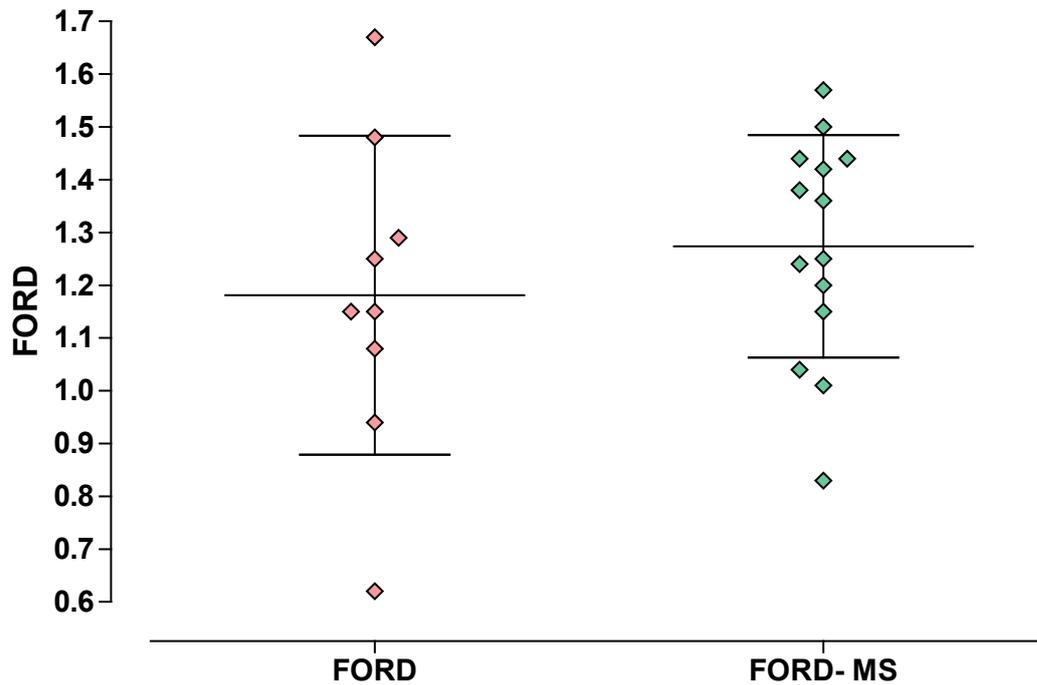


Abbildung 19: Vergleich der FORD Werte vor dem Mittelstreckenflug der Vergleichsgruppe versus Flugpersonal

Da bei der Vergleichsgruppe leider nicht so viele FORD Werte ermittelt werden konnten, ist die Anzahl an Messungen in der Vergleichsgruppe geringer. Man sieht jedoch, dass die Werte in den beiden Gruppen relativ ausgeglichen sind.

## Vergleichsgruppe vs. Flugpersonal

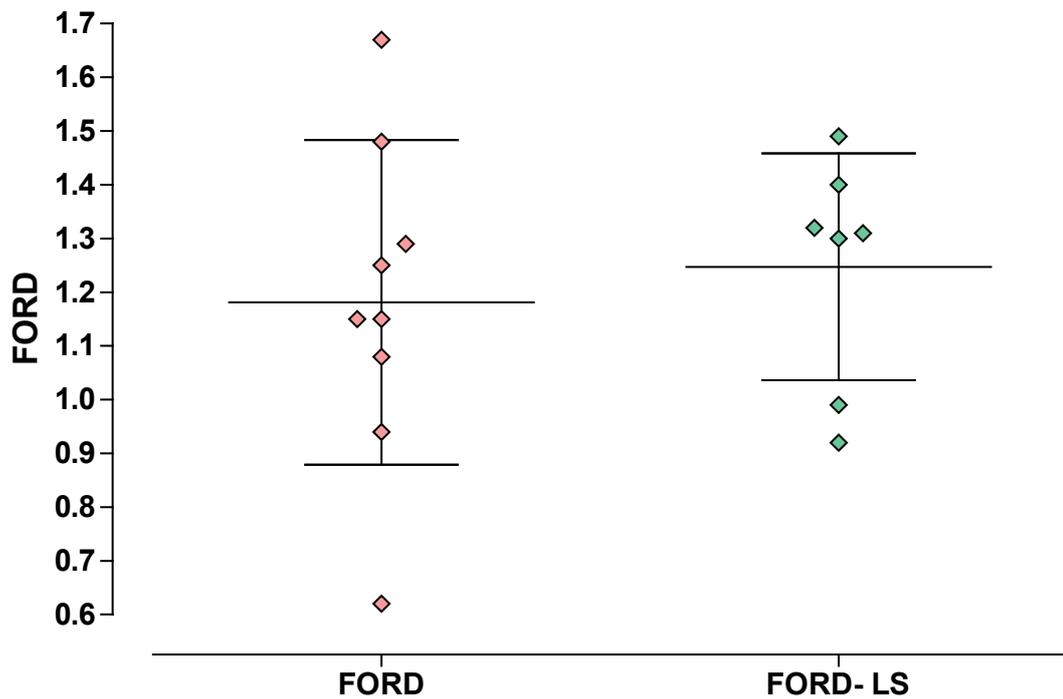


Abbildung 20: Vergleich der FORD Werte vor dem Langstreckenflug der Vergleichsgruppe versus Flugpersonal

In dieser Abbildung wurden die FORD-Werte der Vergleichsgruppe mit den FORD-Werten der Piloten, die Langstrecke geflogen sind, verglichen. Auch hier sieht man, dass die Werte relativ ausgeglichen sind.

4.5. Einfluss von Rauchen, Alkohol und Sport:

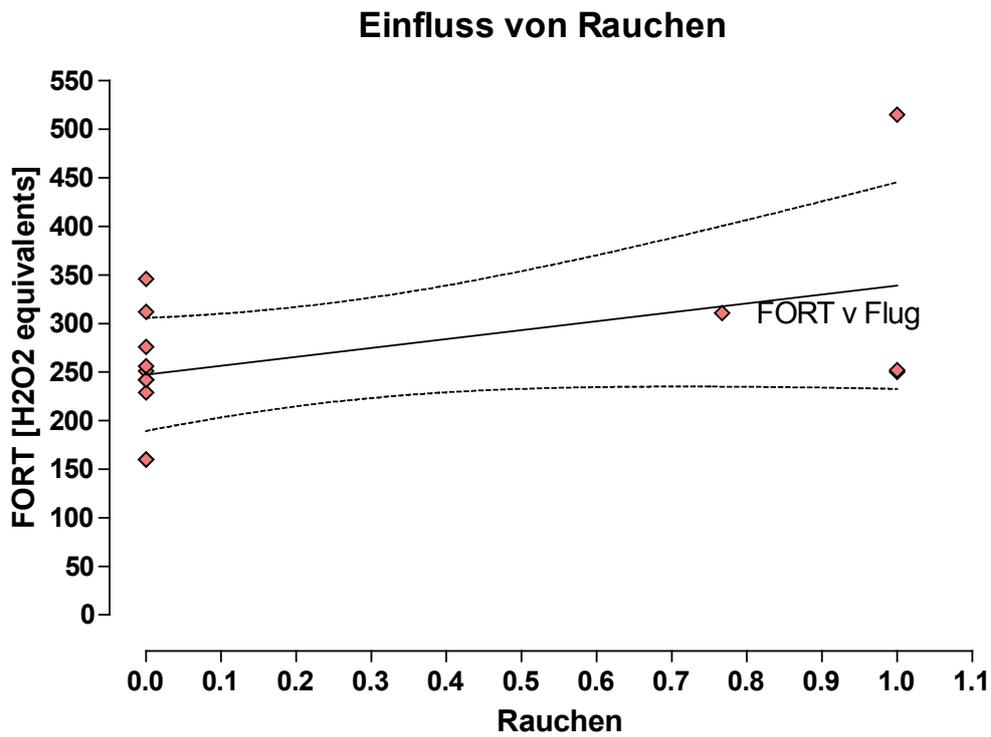


Abbildung 21: Einfluss von Zigaretten auf die Radikalbelastung

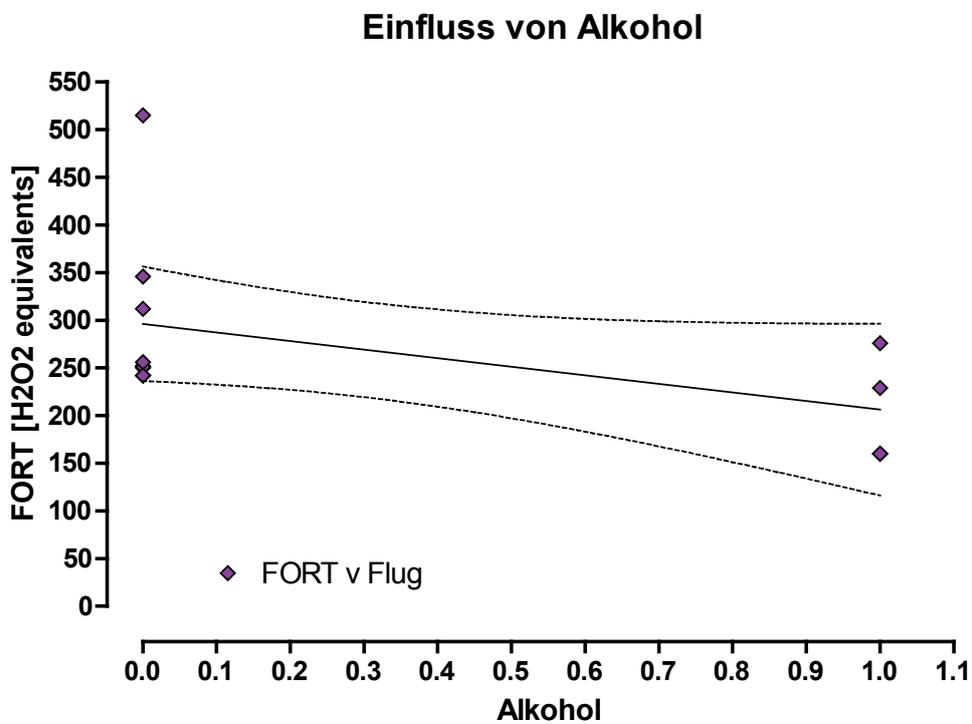


Abbildung 22: Einfluss von Alkohol auf die Radikalbelastung

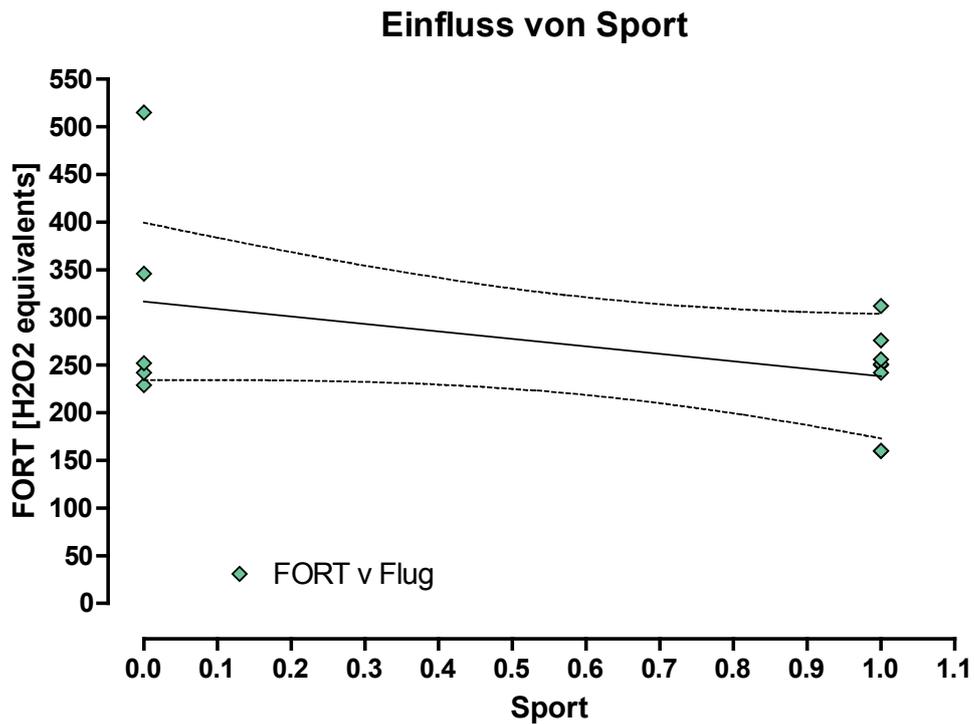


Abbildung 23: Einfluss von Sport auf die Radikalbelastung

In den vorangegangenen Abbildungen (Abb.21 bis Abb.23), wurde aufzuzeigen versucht, ob es einen Zusammenhang zwischen erhöhten bzw. erniedrigten Werten und Rauchen, Alkohol und Sport gibt.

Die Werte lassen jedoch darauf schließen, dass es keinen signifikanten Zusammenhang gibt, dies kann jedoch auch daran liegen, dass die Kohorte relativ klein ist.

Ebenso wird es sich bei den Piloten, welche Sport betreiben um keine Spitzensportler handeln, da es vor allem bei starker sportlicher Belastung des Körpers zu einer erhöhten Produktion von freien Radikalen kommen kann.

## **5. Ergebnisse und Diskussion:**

Alle Testpersonen, d.h. sowohl Piloten der Mittelstrecke, als auch der Langstreckenflüge, befanden sich im Normbereich bezüglich der oxidativen Stressbelastung und antioxidativen Kapazität.

Weiters konnten während der Ausübung ihrer Tätigkeit nur geringfügige Erhöhungen der Radikalbelastung im peripheren Blut nachgewiesen werden. Keiner dieser Werte überschritt jedoch einen bedenklichen Grenzwert.

Obwohl bei dieser einmaligen Untersuchung keine erhöhten FORT Werte anzutreffen waren.

Da es leider keine wissenschaftlichen Publikationen zu diesem Thema gibt, wurde im Internet nach Berichten zu diesem Thema gesucht, wie bereits in der Einleitung erwähnt.

Wenn man nun Bezug nimmt auf die in der Einleitung erwähnten Berichte, in denen zu lesen ist, dass Piloten und Flugbegleiter aufgrund von Strahlung, Ozon, Zigarettenrauch, Jetlag, langem Stehen und Berufstress und einigem anderen eine gewisse Prädisposition haben um zu erkranken, so muss man sagen, dass bei den erfolgten Messungen der Radikalwerte der Piloten keine erhöhten FORT Werte gezeigt werden konnten, welche möglicherweise Einfluss auf eine Erkrankung haben.

Wenn man sich nun folgenden Absatz aus dem werbewirksamen Artikel über Glutathion näher betrachtet:

„Piloten und Flugbegleiter, sowie Passagiere, die regelmäßig fliegen, berufsbedingt oft in der Luft sind, kann es bei ihnen zu einem kumulativen Effekt kommen. Auch wird erwähnt, dass es bei Langstreckenflügen, die höher geflogen werden, oder über Polarrouten sind, mehr der Strahlung ausgesetzt sind und haben daher wahrscheinlich

eine höhere Radikalbelastung, als Piloten, die nur Kurz- oder Mittelstrecke fliegen. Weiters besagt der Artikel, dass Piloten einer höheren Dosis an Strahlung ausgesetzt sind, als Flugbegleiter und Passagiere, da im Cockpit die Abschirmung nicht so hoch ist“.

So muss man auch hier sagen, dass bei den Messungen eine solche Vermutung nicht belegt werden kann.

Es mag aufgrund der genannten Begebenheiten die Möglichkeit bestehen, dass Piloten einer höheren Radikalbelastung ausgesetzt sind, jedoch fehlen wissenschaftliche Daten, um diese These zu belegen. Auch bei den erfolgten Messungen konnte nur eine kleine Kohorte gemessen werden, sodass es möglich wäre zu aussagekräftigeren Ergebnissen zu gelangen, wenn man eine wissenschaftliche Studie mit einer größeren Kohorte durchführen würde.

Es sollten an dieser Stelle auch einige Empfehlungen bezüglich der „oxidativen Stress Prävention“ nicht fehlen.

Ein vernünftig ausbalancierter Lebensstil, beispielsweise durch ein moderates Ausdauertraining, eine Reduktion der Strahlenbelastung (Solarium) und reduziertem Alkohol- und Tabakkonsum, stellen mit Sicherheit eine der Hauptsäulen in der Vorsorge dar.

Weiters sollte auf eine ausreichende Zufuhr bestimmter Substanzen, zur Steigerung der antioxidativen Kapazität geachtet werden.

Zu den wichtigsten Vertretern hierzu zählen Vitamin C und E, Folsäure und B Vitamine, natürliche Carotinoide wie Lutein, Xanthin, Lycopin, Pflanzeninhaltsstoffe wie Bioflavonoide und Polyphenole, Mineralstoffe und Spurenelemente wie etwa Selen, Zink, Magnesium und Kalzium.

---

Von Vorteil wäre, diese Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente auf natürliche Weise zu sich zu nehmen. Eine ausgewogene Ernährung, reich an frischem Obst und Gemüse eignet sich hier bestens, da die genannten Stoffe ohne Gefahr der Überdosierung ausreichend resorbiert werden.

## **6. Zusammenfassung**

In dieser Diplomarbeit wurde untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen Flugreisen und erhöhten Radikalwerten gibt.

Zu diesem Zweck wurde Linienpiloten der Mittel- und Langstreckenflüge aus der Fingerkuppe Blut entnommen und der FORT und der FORD Wert bestimmt. Bei dem FORT Wert handelt es sich um einen Free Oxygen Radicals Test. Durch diesen Test wird die Menge an freien Radikalen im Blut bestimmt.

Durch den FORD-Test (Free Oxygen Radicals Defence) lässt sich die antioxidative Kapazität bestimmen. Dies ist deswegen relevant, da man nur von oxidativem Stress sprechen kann, wenn es eine Dysbalance zwischen der Anzahl an freien Radikalen und der antioxidativen Kapazität zugunsten der freien Radikale gibt.

Im Zuge der Auswertungen der Messungen konnte festgestellt werden, dass sowohl die FORT als auch die FORD Werte zum Großteil im Normbereich lagen. Die Messwerte haben jedoch aufgezeigt, dass die Werte bei Piloten der Langstrecke von Anfang an höher lagen, als bei Mittelstreckenpiloten.

Da es sich nur um eine kleine Kohorte gehandelt hat, welche untersucht wurde, sind weitere Auswertungen mit einem größeren Kollektiv sinnvoll um aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten.

## **Summary**

In this diploma thesis a connectivity between air travels and an increased amount of free radicals was analysed.

For these purposes blood samples from the fingerpad had been taken from pilotes flying short distance flights or long distance flights.

The FORT and FORD values had been analyzed. FORT stands for Free Oxygen Radicals Test. This test quantifies the amount of free oxygen radicals in a blood sample. FORD stands for Free Oxygen Radicals Defence. This test is used to detect the amount of antioxidative capacity in blood samples. This is relevant because to talk of oxidative stress there has to be a dysbalance between the amount of free radicals and the amount of the antioxidative capacity in favour of free radicals.

It was asserted, in the course of this analysis, that the values of the FORT and FORD tests were in the normal range.

The values had highlighted that those of the pilots flying long flights were already higher at the beginning than those of the pilots flying average flight routes.

Because the cohort which had been analyzed was small, it would make sense to start another investigation with a major collective to get significant outcomes.

## **7. Referenzen**

1. Czejka M., Farkouh A.; Theorie und Relevanz der Messung freier Radikale und der antioxidativen Kapazität; Freie Arzt;Wissenschaft & Forschung: 54-56,
2. Slavko I., Müller- Schubert A.; Oxidativer Stress Risikofaktor Nummer 1 für Ihre Gesundheit; 1.Auflage 2004; 123-125
3. Löffler G.; Basiswissen Biochemie mit Pathobiochemie; 2008;510-512
4. Biesalski HK; Dtsch Arztebl 1995; 92(18): A-1316
5. Siems W.; Oxidativer Stress und Pharmaka; Govi- Verlag Eschborn 2005;24-25
6. The Flight Crew Research Program at NIOSH  
<http://www.cdc.gov/niosh/topics/flightcrew/>
7. Whelan EA.; Cancer incidence in airline cabin crew; Occup Environ Med. 2003;60: 805-806
8. Allen C.; Dangers of Flying and the need for GLUTATHIONE; Advanced Learning and Development Institute
9. Wie funktioniert der FORT Test mit dem FORM Analysator; Micro Medical Instrumente GmbH- [www.micromedical.de](http://www.micromedical.de)
10. Anleitung FORD Test; Micro Medical Instrumente GmbH Stand Juli 2006
11. Arellano JB, Li H, González-Pérez S, Gutiérrez J, Melø TB, Vacha F, Naqvi KR; Trolox, a Water-Soluble Analogue of  $\alpha$ -Tocopherol, Photoprotects the Surface- Exposed Regions of the Photosystem II Reaction Center in Vitro. Is This Physiologically Relevant? Biochemistry. 2011 Sep 8.
12. Schuhmacher M., Schulgen G.; Methodik klinischer Studien; Springer Verlag; 3. Auflage 2008;56-57

## **8. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis**

Abbildung 1: Schädigungen der Zellen durch ROS

Abbildung 2: Flugzeug der Austrian Airlines Fluglinie

Abbildung 3: Bild eines FORM Messgerätes

Abbildung 4: Cockpit Permission

Abbildung 5: Flugticket der Austrian Airlines nach Narita

Abbildung 6: Radikalmessung (FORT- Test) bei Mittelstrecke Piloten

Abbildung 7: Antioxidative Kapazitäts Messung (FORD Test) bei Mittelstreckepiloten

Abbildung 8: Korrelation der FORT- Werte vor und nach dem Flug und dem FORD Wert bei Mittelstreckepiloten

Abbildung 9: Korrelation von dem FORT Wert nach dem Flug und dem FORD Wert bei Langstreckenpiloten.

Abbildung 10: Radikalmessung (FORD Test) bei Langstreckenpiloten

Abbildung 11: Messung der antioxidativen Kapazität (FORD Test) bei Langstreckenpiloten

Abbildung 12: Korrelation von FORT Werten und FORD Werten von Langstreckenpiloten

Abbildung 13: FORT Werte vor Langstreckenflug versus FORT Werte nach dem Langstreckenflug

Abbildung 14: VOR Mittelstrecke versus VOR Langstrecke

Abbildung 15: FORD Werte Kurzstrecke versus Langstrecke

Abbildung 16: FORT Werte nach dem Flug Mittelstrecke versus Langstrecke

Abbildung 17: Vergleich der FORT Werte vor dem Mittelstreckenflug der Vergleichsgruppe versus Flugpersonal

Abbildung 18: Vergleich der FORT Werte vor dem Langstreckenflug der Vergleichsgruppe versus Flugpersonal

Abbildung 19: Vergleich der FORD Werte vor dem Mittelstreckenflug der Vergleichsgruppe versus Flugpersonal

Abbildung 20: Vergleich der FORD Werte vor dem Langstreckenflug der Vergleichsgruppe versus Flugpersonal

Abbildung 21: Einfluss von Zigaretten auf die Radikalbelastung

Abbildung 22: Einfluss von Alkohol auf die Radikalbelastung

Abbildung 23: Einfluss von Sport auf die Radikalbelastung

---

Tabelle 1: Statistische Auswertung der FORT Werte vor und nach dem Flug bei Mittelstreckenpiloten

Tabelle 2: Statistische Auswertung (T-Test) der Werte von Mittelstreckenpiloten

Tabelle 3 : Statistische Auswertung von Langstreckendaten

Tabelle 4: Statistische Auswertung der Daten der Vergleichsgruppe

Tabelle 5: Werte zu den FORT Mittelstrecke Messungen

Tabelle 6: Wertetabelle für den Langstreckenflug

Tabelle 7: FORT- FORD Werte der Vergleichsgruppe

Tabelle 8: Tabelle der Mittelstreckenwerte- Korrelation mit Zigaretten

Tabelle 9: Tabelle der Mittelstreckenwerte- Korrelation mit Alkohol

Tabelle 10: Tabelle der Mittelstreckenwerte- Korrelation mit Sport

## 9. LEBENS LAUF



### Persönliche Daten:

Name: Barbara Gabriel  
Geburtstag: 28.04.1982  
Staatsbürgerschaft: Österreich  
Anschrift: Nottendorfergasse 18/1  
1030 Wien  
e-mail: [barbara.pattart@gmx.at](mailto:barbara.pattart@gmx.at)  
Familienstand: verheiratet

### Schulbildung:

1988-1992 Besuch der Volksschule Knöllgasse, 1100 Wien  
1992-2000 Besuch des BRG Pichelmayergasse, 1100 Wien  
Juni 2000 Maturaabschluss

### Studium:

Seit 1.10.2000 Studium der Pharmazie an der Universität Wien

### Praktische und berufliche Tätigkeiten:

1998-2000 Je ein einmonatiges Ferialpraktikum in einer Tierarztpraxis

2000-2003 Je ein dreiwöchiges Ferialpraktikum bei der  
Forstverwaltung der Stadt Wien, Revier  
Wienerberg

04.2001-07.2001 Johann-Strauß Apotheke

08.2003- 08.2009 Erdberg- Apotheke

02.2008- 04.2008 Betreuung der Literaturdatenbank bei AOP  
Orphan Pharmaceuticals AG

Seit 01.07.2009 Medical Information Specialist bei AOP Orphan  
Pharmaceuticals AG

**Sonstige Kenntnisse:**

Sprachkenntnisse: Englisch in Wort und Schrift

Sonstiges: EDV- Kenntnisse: MS- Office und Excel  
Kenntnisse im Umgang mit den  
Apothekenverlagsprogrammen Aposys und  
Sanodat

## 10. Tabellen

Tabelle 5: Werte zu den FORT Mittelstrecke Messungen

Fort vorher	Fort nachher	Ford
250	268	1,24
515	308	1,5
160	241	1,57
312	361	1,38
160	224	1,44
346	337	1,42
160	224	1,44
229	268	1,15
242	206	0,83
252	260	1,36
251	260	1,25
256	265	1,04
242	238	1,2
276	314	1,01

Tabelle 6: Wertetabelle für den Langstreckenflug

FORT vorher	FORT nachher	FORD
224	246	1,3
272	277	1,49
299	308	0,99
219	197	0,92
392	339	1,31
330	281	1,32
316	316	1,4

---

Tabelle 7: FORT FORD Werte der Vergleichsgruppe

FORT	FORD
378	1,67
339	
342	1,25
436	1,15
369	
392	
334	
373	
325	
214	
179	
160	0,62
184	1,08
278	
214	
301	
183	
263	
343	
281	
294	
294	
281	
160	
232	
237	
237	
219	1,48
202	
246	
224	
281	
215	
242	0,94
395	1,29
233	1,15

Tabelle 8: Tabelle der Mittelstreckenwerte- Korrelation mit Zigaretten

FORT vor Flug- MS	Rauchen
515	1
160	0
160	0
312	0
250	1
346	0
229	0
242	0
252	1
251	0
256	0
242	0
276	0

Tabelle 9: Tabelle der Mittelstreckenwerte- Korrelation mit Alkohol

FORT vor Flug- MS	Alkohol
515	0
160	1
160	1
312	0
250	0
346	0
229	1
242	0
252	0
251	0
256	0
242	0
276	1

Tabelle 10: Tabelle der Mittelstreckenwerte- Korrelation mit Sport

FORT v Flug	Sport
515	0
160	1
160	1
312	1
250	1
346	0
229	0
242	0
252	0
251	1
256	1
242	1
276	1