TW 68442

Untersuchung zur psycho-physischen Belastung des Segelflugzeugführers während des Fluges

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

vorgelegt von: Carl-Hubertus Schönherr
aus Bonn-Bad Godesberg
1984

Universitätsbibliothek Kiel
Zentralbibliothek

TW 68442

Untersuchung zur psycho-physischen Belastung des Segelflugzeugführers während des Fluges

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

vorgelegt von: Carl-Hubertus Schönherr
aus Bonn-Bad Godesberg
1984

Universitätsbibliothek Kiel
Zentralbibliothek

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1.Gutachter: Prof.Dr.K.Kesseler
2.Gutachter: PD Dr. Menge

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Bonn,
Abteilung für Leistungsphysiologie: Prof. Dr. Kesseler

Druck: Hermann Langholz, Troisdorf

meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. EINFüHRUNG	7
1.1. Einleitung	7
1.2. Fragestellung	8
1.3. Segelflugtechnik	8
1.4. Bisherige Untersuchungen	10
2. METHODE	13
2.1. Allgemeine Versuchsbedingungen	13
2.2. Probandengut	14
2.3. Beschreibung des experimentellen Aufbaus	14
2.4. Spezielle Versuchsdurchführung	18
2.5. Physiologische Parameter und deren Auswertung	19
2.6. Statistische Berechnungen	23
3. ERGEBNISSE	24
3.1. Probandengut	24
3.2. Bodenmessung	26
3.3. In-flight Messungen	28
3.3.1. Geradeausflug	28
3.3.2. Kreisflug	30
3.3.3. Thermikflug	32
4. DISKUSSION	37
4.1. Diskussion der Methode	37
4.1.1. Probandengut	37
4.1.2. Meßverfahren	38
4.1.3. Versuchsbedingungen	40
4.2. psycho-physische Belastung des Segelflugzeugführers	42
4.2.1. Physische Belastung	42
4.2.1.1.Körperliche Arbeit	42
4.2.1.2.Physikalische Einflüsse	43
4.2.1.2.1. Temperatur	43
4.2.1.2.2. Beschleunigungskräfte	44
4.2.1.2.3. Luftdruckänderungen	45

4.2.2. Psychische Belastung 45
4.2.2.1. Emotionaler Streß 45
4.2.2.2. Mentaler Streß 46
4.3. Allgemeine Interpretation der Ergebnisse 47
4.4. Einfluß der Flugerfahrung 49
4.4.1. Geradeausflug 49
4.2.2. Kreisflug 52
4.2.3. Thermikflug 55
4.5. Einfluß der Flugpraxis 58
4.6. Präzision der gemessenen Parameter 60
4.7. Vergleich mit Literaturdaten 61
4.8. Flugmedizinische Anmerkungen 65
5. ZUSAMMENFASSUNG 67
6. LITERATURVERZEICHNIS 69
7. ANHANG 79
7.1. Auflistung der Meßgrößen der Versuchspersonen 79

1. EINLEITUNG:

1.1. Einführung:

Mit fast 45.ooo Piloten stellt der Segelflug heute in Deutschland, dem Ursprungsland dieser Sportart, den größten Teil des privaten Luftverkehrs (22).
Medizinische Untersuchungen über die Belastung des Piloten wurden bisher überwiegend bei Militär- und Verkehrsflugzeugführern durchgeführt (3,4,1o,11,14,2o,29,33,35,37,42, 45,46,55,63,66,72,77,80,81,83,85,86,90,93). Über die besonderen Belastungen des Segelflugzeugführers ist dagegen wenig bekannt. Untersuchungen auf diesem Gebiet (2,9,13,16, 17,18,100) wurden meist während des Platzrundenbetriebes durchgeführt, wobei die Untersucher ihr besonderes Augenmerk auf Start und Landung legten, die einheitlich als Streßmaxima des Fluges bezeichnet werden. Beim Platzrundenbetrieb dauert die Flugphase etwa 3 bis 5 Minuten. Der Pilot steht dabei noch unter dem Eindruck des gerade zurückliegenden Startes oder der unmittelbar bevorstehenden Landung. Die dabei gewonnenen Werte lassen deshalb nur bedingt Rückschlüsse auf die Belastung des Segelflugpiloten während der Flugphase zu. Außerdem wurde bei früheren Untersuchungen meistens als Parameter die Herzfrequenz herangezogen, die keine Differenzierung zwischen physischer und psychischer Belastung erlaubt.
Die vorliegende Arbeit soll deshalb anhand cardiopulmonaler Parameter die psycho-physische Belastung des Segelflugpiloten während unterschiedlicher Flugphasen in Abhängigkeit von der Flugerfahrung aufzeigen.

1.2. Fragestellung:

In der Literatur (2,9,13,16,17,18,51,61,73,74,75,84,100) wird bisher einheitlich die Meinung vertreten, daß beim Segelflug die psychische Streßkomponente überwiegt. Als besonders geeignet, psycho-physische Belastungen zu untersuchen, bezeichnet BARTENWERFER (6) die synchrone Aufzeichnung von Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme.
In Anlehnung an eine Arbeit von BEIER wurden für die vorliegende Arbeit folgende Parameter zur Belastungsmessung des Segelflugpiloten während des Fluges herangezogen:
- das exspiratorische Atemminutenvolumen ($\dot{V}E$),
- die in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz (Δ O2),
- die Atemfrequenz (Af),
- die Herzfrequenz (Hf).

Die Untersuchung soll folgende Fragen beantworten:
- die Quantität und die Qualität der psycho-physischen Belastung des Segelflugpiloten während des Fluges,
- die cardiopulmonalen Regulationsunterschiede während unterschiedlicher Flugphasen und
- die Abhängigkeit der cardiopulmonalen Regulation von der Flugerfahrung.

1.3. Segelflugtechnik:

Beim Motorflug wird mit Hilfe des Motors eine Kraft erzeugt, die es dem Flugzeug erlaubt, auf einer horizontalen Ebene zu fliegen. Beim Segelflug ist diese Kraft nicht vorhanden. Das Segelflugzeug bewegt sich deshalb in Bezug auf die umgebende Luft auf einer schräg abwärts geneigten Bahn und verliert ständig Höhe. Zum Höhengewinn ist der Pilot

gezwungen, meteorologische Gegebenheiten wie die Thermik auszunutzen:
Durch Sonneneinstrahlung erhitzt sich der Erdboden und von diesem aus die darüberliegende Luft. Die warme Luft steigt trotz des geringeren spezifischen Gewichtes gegenüber der nicht aufgewärmten Luft aufgrund der Adhäsion mit dem Erdboden nicht auf, sondern wird vom Wind langsam weggetrieben. Durch eine Unebenheit des Bodens (Impuls) wird die Adhäsion gebrochen, und die warme Luft kann ungehindert nach oben steigen, bis sie in Bezug auf die umgebende Luft isotherm ist. Da die Luft über dem erhitzten Erdboden weiter aufgewärmt und durch den Wind zum Ort des Impulses getrieben wird, entsteht dort ein Warmluftschlauch (siehe Abb.1).

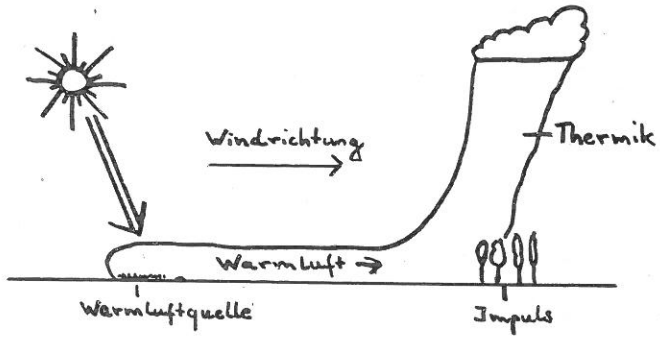


Abb.1: Entstehung der Thermik

Je nach den meteorologischen Gegebenheiten ändern sich die Breite der Thermikschläuche und die Geschwindigkeit der darin aufsteigenden Luft. Sobald die vertikale Luftgeschwindigkeit größer als das Eigensinken des Segelflugzeuges ist, kann der Pilot den Aufwind zum Höhengewinn nutzen. Er steuert das Flugzeug kreisend im Thermikschlauch und gewinnt so im schraubenartigen Flug Höhe. Die

dabei erreichte Höhe setzt der Pilot im geraden Gleitflug in Entfernungskilometer um (siehe Abb.2).

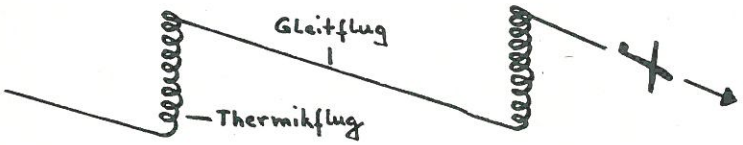


Abb.2: Technik des klassischen Segelfluges

Geradeaus- und Thermikflug sind deshalb die beiden klassischen Flugphasen des Segelfluges. Neben diesen wird in der vorliegenden Arbeit auch der Kreisflug untersucht. Dabei soll festgestellt werden, ob die für den Flugschüler ungewohnte Querlage einen Einfluß auf die Belastung des Piloten hat.

1.4. Bisherige Untersuchungen:

Seit der ersten Herzfrequenzanalyse während des Fluges bei Motorflugpiloten durch V.DIRINGSHOFEN im Jahre 1933 war Gegenstand früherer Untersuchungen meist die cardiale Belastung des Piloten, wobei die Herzfrequenz als Parameter herangezogen wurde. Über derartige Versuche bei Segelfliegern wird erstmals 1965 von ROSKAM, BECKHOVE und REINDELL und von EICHLER, LOBSIEN und POHLERT und 1966 im französischen Schrifttum von SCHALOW berichtet. Die Herzfrequenzanalyse wurde in der Folgezeit von verschiedenen Arbeitsgruppen angewandt, um unterschiedliche Flugsituationen zu untersuchen:

BEIER, BURCHARDT und CLASING, RUJBR und STEDTFELD konzentrierten sich auf das Herzfrequenzverhalten während des normalen Platzrundenbetriebes, während NEUBERT und MOLZ, NEUBERT und MÖCKL und NEUBERT und MOHR von den Piloten ein Kunstflugprogramm absolvieren ließen. Aufgrund der starken intra- und interindividuellen Schwankungen der Herzfrequenz und der damit verbundenen geringen Aussagekraft wurden von EICHLER et al. neben dieser synchron die Atemfrequenz aufgezeichnet. Sie stellten fest, daß die Atemfrequenz ein empfindlicherer Indikator für starke Konzentration im Fluge als die Herzfrequenz ist.
BEIER und CLASING, VOGLER, BURCHARDT und KLAUS berichten von durchschnittlichen Herzfrequenzen im Flug zwischen 116/min und 12o/min und ROSKAMM, BECKHOVE und REINDELL von Maximalwerten bis 163/min. Übereinstimmend nehmen diese Autoren bei erfahrenen Piloten ein geringeres Herzfrequenzniveau als bei Schülern an. STÜBEN fand dagegen im Flug durchschnittliche Herzfrequenzen von 106/min und keinen signifikanten Herzfrequenzunterschied zwischen Flugschülern und Fluglehrern. Seine impedanzcardiographischen Messungen sprechen für ein durch eine Erhöhung des Schlagvolumens hervorgerufenes höheres Herzminutenvolumen bei Fluglehrern, während die Schüler ihr Schlagvolumen im Flug gegenüber der Vorstartphase senken.
Spirometrische Meßmethoden wurden erstmals 1948 von COREY bei Motorfliegern im Flug und im Simulator eingesetzt. Seine und die Untersuchungen von MELTON, McKENZIE und KELLN zeigen, daß Simulatorversuche die Belastung des Piloten nicht vollständig reproduzieren können. In diesen und weiteren spirometrischen Versuchen mit Registrierung der Sauerstoffaufnahme (11,45,46,63,64,70) wurde immer die Douglassacktechnik benutzt.
Bei Segelflugpiloten wurden erstmals 1982 von BEIER spirometrische Meßmethoden eingesetzt. Von ihm wurde neben anderen Parametern kontinuierlich die exspiratorische Sauerstoffkonzentration registriert. Er und BAADER, der an dem-

selben Probandenkollektiv Hautwiderstandsmessungen vornahm, führten ihre Untersuchungen aber auch während des Platzrundenbetriebes durch.
Über die Belastung des Piloten während der verschiedenen Flugphasen, insbesondere während des Thermikfluges, ist bisher nichts bekannt. Die vorliegende Arbeit soll deshalb genaue Daten für die Belastung des Piloten während unterschiedlicher Flugphasen liefern.

2. METHODE:

2.1. Allgemeine Versuchsbedingungen:

Die Untersuchungen wurden von April bis August 1981 auf dem Flugplatz Bonn-Hangelar während des Flugbetriebes der Segelfluggruppe der Universität Bonn, Akaflieg Bonn, durchgeführt. Als Meßflugzeug stand das doppelsitzige Schulflugzeug, Typ Ka 2 b, dieser Gruppe zur Verfügung. Die Versuchspersonen (Vp) steuerten das Flugzeug vom vorderen Sitz aus. Aus Sicherheitsgründen und zur Bedienung des Aufzeichnungsgerätes flog auf dem hinteren Platz eine zweite Person, meist ein Fluglehrer, mit.
Das Meßprogramm war wie folgt aufgegliedert:

- Bodenmessung: Vp saßen angeschnallt in relativer Ruhe im Flugzeug, das abseits des allgemeinen Flugbetriebes stand.
- in-flight Messung:
  - a) Geradeausflug:
    Das Flugzeug sollte mit der Geschwindigkeit des besten Gleitens (80 km/h) im geraden Gleitflug gesteuert werden, Flugkorrekturen waren aus Flugsicherheitsgründen erlaubt.
  - b) Kreisflug:
    Das Flugzeug sollte im stationären Kreisflug mit einer Querneigung von ca. 30 Grad gesteuert, meteorologische Gegebenheiten sollten nicht beachtet werden, Flugkorrekturen waren aus Flugsicherheitsgründen erlaubt.
  - c) Thermikflug
    Im Aufwind sollte durch Kreisflug Höhe gewonnen werden. Die Querneigung des Flugzeuges wurde aufgrund der thermischen

Gegebenheiten vom Piloten selbst bestimmt. Korrekturen der Fluglage wurden deshalb ständig durchgeführt.

2.2. Probandengut:

Als Untersuchungskollektiv standen die Segelflieger der Akaflieg Bonn zur Verfügung. Als Vp wurden nur männliche Piloten herangezogen. Eine Selektion aufgrund körperlicher Eignung fand nicht statt. Die Vp besaßen alle die Flugtauglichkeit. Um den Einfluß der Flugerfahrung auf die psychophysische Belastung besser verifizieren zu können, wurden zwei verschiedene Gruppen von Segelfliegern untersucht:

- erfahrene Piloten: mit Überlandflug- und/oder Fluglehrererfahrung und mindestens 300 Flugstunden,
- Schüler: mit erfolgreich absolvierter A-Prüfung (Alleinflug) und noch nicht begonnener Überlandflugausbildung.

Innerhalb dieser beiden Gruppen wurden die Vp willkürlich ausgewählt.

2.3. Beschreibung des experimentellen Aufbaues:

Die Messung der pulmonalen Parameter wurde mit dem aus einem tragbaren und einem stationären Teil bestehenden Spirometersystem "Oxycon P" der Firma Mijnhardt, Niederlande (Vertrieb durch Fa. Hellige), vorgenommen.
Während die stationäre Einheit bei diesen Versuchen nur zum Eichen der Sauerstoffmeßzelle des portablen Teiles eingesetzt wurde, kam dieses etwa 2,5 kp schwere Gerät im Flugzeug hinter dem vorderen Sitz zum Einbau.

Die Vp atmeten ihre Exspirationsluft über eine Atemmaske (Fa. Dräger) und einen flexiblen Schlauch in den portablen Teil des Spirometersystems. Eine Gasuhr führte dort die Volumenmessung durch. Der Sauerstoffpartialdruck der zuvor mit Silicagel getrockneten Exspirationsluft wurde durch eine nach dem polarographischen System arbeitende Meßzelle bestimmt, die eine linear vom Sauerstoffpartialdruck abhängige Spannung bis zu 1 mV erzeugt.
Das EKG wurde über drei Brustwandelektroden in einer Ableitung analog V5 registriert.
Aus Platz- und Gewichtsgründen wurden das portable Spirometersystem und die EKG-Elektroden mit einem zu diesem Zweck entwickelten Modulator (Fa. Lennartz) verbunden. Dieser wandelt die elektrischen Signale der Meßwerte in Frequenzen um, die durch ein Cassettengerät (Fa.Sanyo) aufgezeichnet wurden (siehe Abb.3).

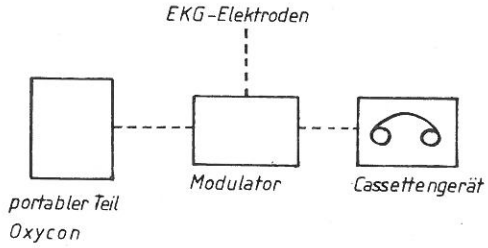


Abb. 3: Aufbau der Aufzeichnungseinheit

Nach Beendigung des Meßfluges erfolgte am Boden die Wiedergabe der auf Magnetcassettte gespeicherten Frequenzen. Über einen entsprechenden Demodulator (Fa.Lennartz) wurden diese wieder in Analogsignale umgewandelt, die dann von einem Mehrkanalschreiber (Fa.Brush) aufgezeichnet wurden (siehe Abb.4). Bandlaufschwankungen wurden durch den Demodulator

aufgrund einer vorher aufgezeichneten Pilotfrequenz ausgeglichen. Einen Ausschrieb des Mehrkanalschreibers zeigt Abb.5.

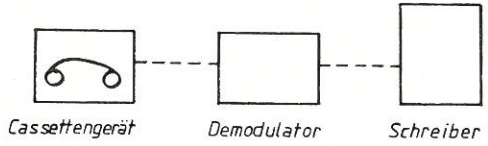


Abb.4: Aufbau der Wiedergabeeinheit

Die Flughöhe des Flugzeuges und damit der jeweilige Umgebungsluftdruck wurden durch einen geeichten Flugbarographen (Fa. Winter) registriert.

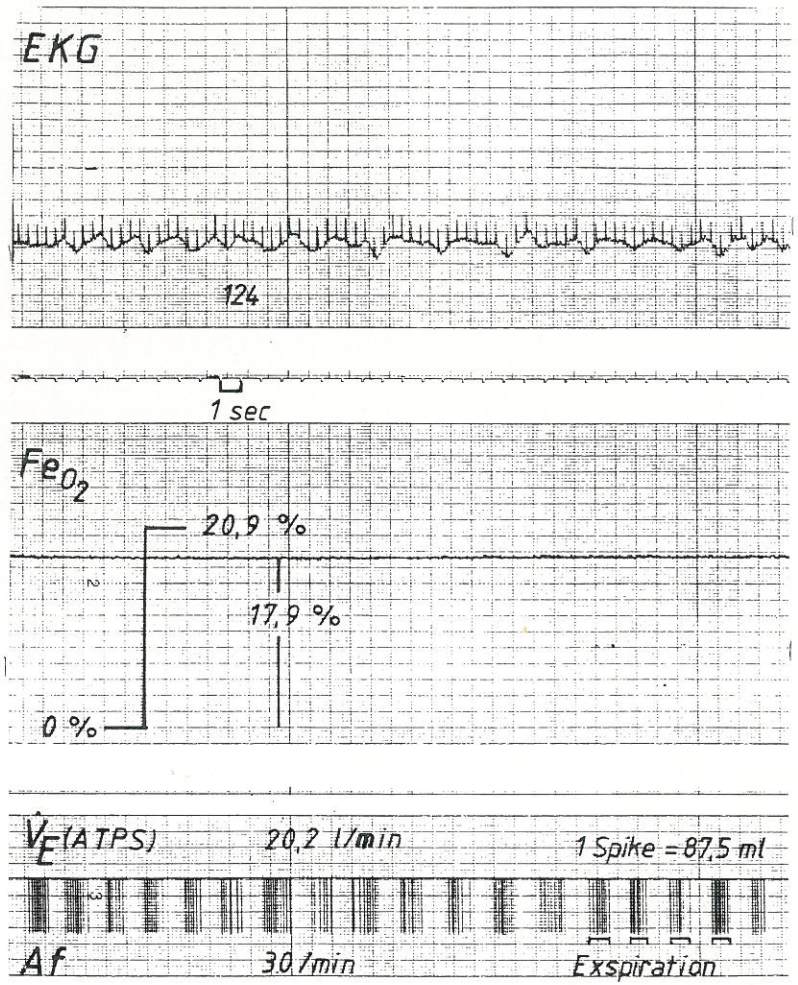


Abb.5: Ausschrieb des Mehrkanalschreibers

1.4. Spezielle Versuchsdurchführung:

Vor jedem Meßflug wurde die Sauerstoffmeßzelle des portablen Spirometerteiles mit Hilfe der stationären Einheit gemäß der Herstellerempfehlung mit Stickstoff (= 0% O2) und Umgebungsluft (= 2o,9% O2) geeicht. Nach Einbau des Gerätes in das Flugzeug konnten die Eichmarken der Sauerstoffmeßzelle nach dem gleichen Prinzip registriert werden. Diese Messung mußte nach jedem Flug wiederholt werden, um eventuelle Abweichungen der Eichmarken festzuhalten.
Nach Ankleben der EKG-Elektroden und Anpassen der Atemmaske setzten sich die Vp mit angelegtem Fallschirm in das abseits des allgemeinen Flugbetriebes stehende Flugzeug. Nach einer Ruhepause von mindestens 5 Minuten konnten die Bodenwerte der Vp aufgezeichnet werden. Erst danach wurde das Flugzeug zum Start geschoben.
Ein Schleppflugzeug zog das Meßflugzeug bis auf eine Höhe von maximal 3000ft MSL (850m über Grund). Der Flugzeugschlepp wurde in der Regel nicht von der Vp, sondern der zweiten Person durchgeführt. Nach dem Ausklinken des Schleppseiles erhielt die Vp den Auftrag, entweder den stationären Kreisflug oder den Geradeausflug durchzuführen. Die dabei verlorene Höhe sollte im Thermikflug wieder gewonnen werden, um die noch fehlende Flugphase anzuschließen. Jede der einzelnen Flugphasen wurde von den Vp mindestens 10 Minuten lang geflogen.
Aus meteorologischen Gründen liefen nicht alle Flüge so ab. Oft mußte eine Teil des Fluges nach einer Landung und erneutem Start durchgeführt werden.

2.5. Physiologische Parameter und deren Auswertung:

Vorversuche ergaben, daß nicht nur die Sauerstoffaufnahme, sondern auch alle anderen Meßwerte nach einer Zeit von maximal drei Minuten während der einzelnen Flugphasen ein "steady state" (40) erreichten. Diese Einstellzeit liegt im submaximalen Belastungsbereich bei körperlicher Arbeit unter zwei Minuten (15,51,78). Man kann davon ausgehen, daß nach dieser Zeit die gemessenen Werte für die entsprechende Flugphase repräsentativ und nicht durch zurückliegende Ereignisse beeinflußt sind. Es wurden deshalb nur die letzten fünf Minuten der jeweils zehn Minuten dauernden Flugphasen ausgewertet. Von diese fünf Minuten wurden für jede Halbminute folgende physiologischen Parameter gewonnen:

- Herzfrequenz:
  Aus dem EKG, das mit Hilfe der drei Brustwandelektroden gewonnenen wurde, konnte durch Auszählen von 3o R-Zacken die mittlere Herzfrequenz der jeweiligen Halbminute errechnet werden.
- Atemminutenvolumen:
  - $\dot{V}E$ (ATPS): Wie in Eichversuchen ermittelt, gibt die Gasuhr des portablen Geräteteiles pro 87,5ml Exspirationsluft einen elektrischen Impuls ab. Durch Auszählen der Impulse der jeweiligen Halbminute konnte das Atemminutenvolumen unter ATPS-Bedingungen ermittelt werden.
  - $\dot{V}E$ (BTPS): Mittels eines am portablen Geräteteil angebrachten Thermometers konnte die Temperatur der Exspirationsluft bestimmt und in die Wasserdampfspannung umgerechnet werden. Aus dem während des Fluges aufgezeichneten Barogramm wurde der

mittlere Luftdruck der jeweiligen Halbminute errechnet. Mit Hilfe von Tabellen des Geräteherstellers (106) erfolgte die Umrechnung auf BTPS-Bedingungen.

- $\dot{V}E$ (STPD): Mit Hilfe der im Spirometersystem herrschenden Temperatur und des Umgebungsluftdruckes (s.oben) erfolgte die Umrechnung auf STPD-Bedingungen (106).

- Atemfrequenz:

Durch die Impulse der Gasuhr konnte der Zeitraum der Exspiration genau bestimmt werden (siehe Abb.5). Die Exspirationsphase stellte sich im Papierausschrieb als Impulsverdichtung dar. Durch Auszählen der Impulsverdichtungen der jeweiligen Halbminute wurde die Atemfrequenz errechnet.

- in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz (Δ O2):

Die Meßzelle des portablen Geräteteiles registriert den Sauerstoffpartialdruck der Exspirationsluft, der sich nach dem Dalton'schen Gesetz (Summe der Einzeldrücke eines Gasgemisches gleich dem Gesamtdruck) proportional zum Luftdruck ändert (34,97).

Bei Eichversuchen in der Unterdruckkammer der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Bonn-Bad Godesberg, wurde die lineare Abhängigkeit der Sauerstoffmeßzelle vom Gesamtluftdruck bis zu einer Höhe von 3000 ft festgestellt (siehe Abb.6). Gleichzeitig konnte belegt werden, daß die Sauerstoffmeßzelle auf Veränderungen des Gesamtluftdruckes mit einer Verzögerung von etwa sechs Sekunden reagiert. Wegen dieser schnellen Ansprechbarkeit auf Luftdruckänderungen war es möglich, die luftdruckbedingten Schwankungen des

Meßzellensignales zu eliminieren:

Für jede Halbminute wurde mit Hilfe des aufgezeichneten Barogramms der mittlere Sauerstoffpartialdruck der Inspirationsluft ermittelt. Der Sauerstoffpartialdruck der Exspirationsluft ergab sich aus dem Analogsignal der Meßzelle. Aus beiden Werten wurde die in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz in Prozent errechnet.

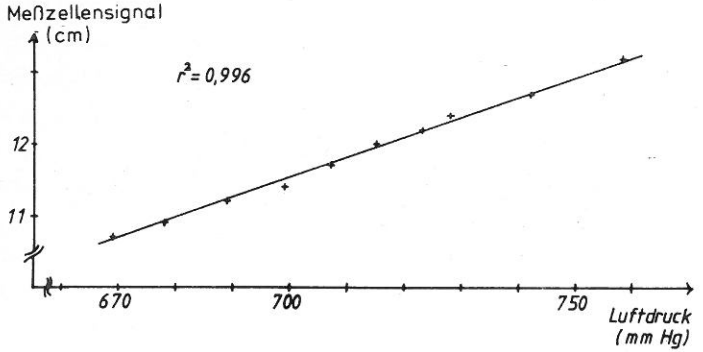


Abb.6: Eichversuch in der Unterdruckkammer: Abhängigkeit des Meßzellensignales vom Umgebungsluftdruck (Abszisse gibt den Ausschlag des Meßzellensignales auf dem Papierausschrieb in cm wieder)

- Sauerstoffaufnahme (VO2):

Die Sauerstoffaufnahme wird durch Multiplikation des inspiratorischen Atemminutenvolumens und der in-/exspiratorischen Sauerstoffdifferenz errechnet (31). Aus apparativen Gründen war eine Bestimmung des inspiratorischen Atemminutenvolumens nicht möglich, so daß zur Berechnung das exspiratorische Atemminutenvolumen herangezogen wurde (siehe Abschnitt 4.1.2.).

Bei den folgenden Parametern wurden zur Berechnung nicht die Halbminutenwerte, sondern die Mittelwerte aller zehn Halbminutenwerte herangezogen:

- kalorischer Umsatz:

  Im "steady state" ist die Kohlendioxydproduktion gleich der Kohlendioxydausscheidung und die Sauerstoffaufnahme gleich dem Sauerstoffverbrauch (75). Geht man von einem metabolischen RQ von 0,82 aus, so ergibt sich aus der Sauerstoffaufnahme nach LUSK der kalorische Umsatz, der hier durch einen Umrechnungsfaktor nach LIPPERT in kJ errechnet wird. Dieser Wert wurde zu der mit Hilfe der Näherungsformel nach DUBOIS und DUBOIS ermittelten Körperoberfläche der Vp in Beziehung gesetzt.

- Atemäquivalent (AÄ):

  Der Quotient aus dem Atemminutenvolumen und der Sauerstoffaufnahme gibt an, wieviel ccm Luft ventiliert werden muß, um 1 ccm Sauerstoff aufzunehmen (69). Er ist ein Maß für die Ökonomie der Atmung. ROSSIER und MEAN berechneten das Atemäquivalent aus dem Atemminutenvolumen in BTPS-Bedingungen und der Sauerstoffaufnahme in STPD-Bedingungen. Schon 1952 wies HERTZ aber darauf hin, daß dies nicht sinnvoll sei. Deshalb wird nach KESSELER (49) auch das Atemminutenvolumen in STPD-Bedingungen zur Berechnung herangezogen. Unter Ruhebedingungen sind beim Atemäquivalent altersabhängige Schwankungen zwischen 25 und 32 nachweisbar (HOLLMANN,BERG, WEYER, HECK (43) und HOLLMANN (44)). Bei Fahrradergometerarbeit mit einer körperlichen Belastung, wie sie beim Segelfliegen auftritt, liegt das Atemäquivalent bei Werten teilweise unter 20 (HOLLMANN et al.). Angaben über die Art der Berechnung werden in diesen beiden Arbeiten nicht mitgeteilt.

- Sauerstoffmehrpuls (SMP):

  Der Quotient aus der Sauerstoffaufnahmedifferenz zwischen in-flight und Bodenwert und der Herzfrequenzdifferenz zwischen in-flight und Bodenwert ergibt den Sauerstoffmehrpuls. Nach BARTENWERFER, KÖTTER und SICKEL liegen bei reiner körperlicher Arbeit die Werte bei durchschnittlich 22 ml/min pro Mehrpuls (ml/min p MP), während bei reiner psychischer Belastung Werte kleiner als 3 ml/min p MP gefunden werden.

2.6. Statistische Berechnung:

Aus den zehn Halbminutenwerten der einzelnen Parameter der Vp wurde für jede Meßphase der Mittelwert errechnet, der als Grundlage für die weiteren Berechnungen diente. Halbminuten- und Mittelwerte sind neben den anthropometrischen Daten der Vp im Anhang aufgelistet.

Für jede Gruppe wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Meßphasen errechnet. Obwohl die beiden untersuchten Gruppen nur ein Teil der Gesamtheit aller Segelflieger sind, werden auch die Werte des Gesamtkollektives angegeben.

Nach den Angaben von SACHS erfolgten die weiteren statistischen Berechnungen:

Die während der Flugphasen gemessenen Werte wurden jeweils für die Schüler- und Erfahrenengruppe anhand des t-Testes für verbundene Stichproben mit den Bodenwerten verglichen.

Zum Vergleich der Belastung von Schülern und Erfahrenen wurde die relative Steigerung der Parameter gegenüber dem Bodenwert errechnet (Bodenwert = 0%). Die statistische Berechnung des Vergleiches dieser Gruppen wurde mit Hilfe des t-Testes für unverbundene Stichproben durchgeführt.

3. ERGEBNISSE:

3.1. Probandengut:

Insgesamt wurden 21 Segelflieger im Alter von 16 bis 67 Jahren untersucht. Zehn Vp waren Schüler, elf Vp erfahrene Piloten, von denen sechs die Fluglehrerberechtigung besaßen. Aus meteorologischen Gründen konnten nur neun Schüler und zehn erfahrene Piloten den Thermikflug absolvieren. Das Durchschnittsalter der Erfahrenengruppe lag mit 42,7 Jahren über dem der Schüler von 3o,3 Jahren. Die Mittelwerte von Körpergröße und Körpergewicht unterschieden sich bei beiden Gruppen nur gering. Da beide Gruppen nach ihrer Flugerfahrung ausgewählt wurden, wich die durchschnittliche Flugstundenzahl der beiden Gruppen stark voneinander ab. Die geringste Flugstundenzahl wies ein Schüler mit 23 h auf, die größte Flugerfahrung hatte ein Fluglehrer mit 9000 h. Innerhalb der Gruppen waren bei der Flugerfahrung starke interindividuelle Unterschiede vorhanden, so daß hier gemäß der Empfehlung von SACHS der Median errechnet wurde, da dieser für Ausreisser nicht so empfindlich ist. Unter der Flugpraxis wird hier die durchschnittliche Flugstundenzahl als verantwortlicher Pilot im Monat vor Durchführung des Geradeausfluges angegeben, die bei beiden Gruppen nur um 30 Minuten differierte. Einen Überblick über die einzelnen Werte gibt Tab.1.

		Gesamt	Schüler	Erfahrene
Anzahl: (n)		21.	10.	11.
Alter: (Jahre)	x	36.8	3o.3	42.7
	x(min)	16.	16.	29.
	x(max)	67.	6o.	67.
Größe (cm):				
	x	178.0	179.3	177.0
Gewicht (kp):				
	x	75.0	74.1	76.4
Flugstunden (h):				
	Median	309.	44.	850.
Flugpraxis (h/Mon.):				
	x	4.18	4.35	4.05

Tab.1: Probandengut (x=Mittelwert)

3.2. Bodenmessung:

Bei den im Flugzeug sitzenden Vp wurden in relativer Ruhe folgende Werte gemessen (siehe auch Tab.1 und Abb.7 bis Abb.16):
Das Atemminutenvolumen (BTPS) lag im Durchschnitt bei allen Vp bei 9.9 l/min. Die Schüler zeigten mit 9.3 l/min ein geringeres Atemminutenvolumen als die Erfahrenen mit 10.5 l/min. Der niedrigste Wert wurden bei einem Erfahrenen mit 7.9 l/min und der Maximalwert auch bei einem Erfahrenen mit 13.4 l/min gemessen.
Die durchschnittliche Sauerstoffaufnahme (STPD) aller Piloten war 283 ml/min. Zwischen Schülern (279 ml/min) und Erfahrenen (285 ml/min) war fast kein Unterschied festzustellen. Der niedrigste gemessene Wert lag hier bei 217 ml/min (Schüler und Erfahrener), der höchste bei 370 ml/min (Erfahrener). Der aus der Sauerstoffaufnahme errechnete kalorische Umsatz aller Vp lag bei 2.98 kJ/min x m2.
Für die Atemfrequenz wurde für alle Vp ein durchschnittlicher Wert von 16.4/min ermittelt. Zwischen Schülern (16.2/min) und Erfahrenen (16.6/min) war auch hier fast kein Unterschied festzustellen. Der niedrigste gemessene Wert war 1o/min (Erfahrener), der höchste 28/min (Schüler).
Beim Atemäquivalent wurde für alle Vp ein Durchschnittswert von 30.0 gemessen, bei den Schülern von 27.4 und bei den Erfahrenen von 30.4. Das niedrigste Atemäquivalent wurde bei einer Vp mit 21.6 (Schüler), das höchste mit 37.1 (Erfahrener) errechnet.
Die Herzfrequenz lag im Mittel bei allen Vp bei 77.9/min. Der Wert der Schüler war mit 74.8/min etwas geringer als der der Erfahrenen mit 80.7/min. Die gemessenen Werte schwankten zwischen 59/min (Minimalwert) bei einem Schüler und 96/min (Maximalwert) bei einem Erfahrenen.
Ein statistischer Vergleich anhand des t-Testes für unverbundene Stichproben zeigte bei allen gemessenen Parametern keine signifikanten Unterschiede zwischen der Schüler- und

der Erfahrenengruppe.

	Gesamt	Schüler	Erfahrene
$\dot{V}E$(BTPS): (l/min)	9.9 ±1.8	9.3 ±1.6	10.5 ±1.7
Δ O2: (%)	3.5 ±0.5	3.7 ±0.6	3.3 ±0.4
$\dot{V}O2$(STPD): (ml/min)	283.0 ±40	279.0 ±27	285.0 ±50
Umsatz: (kJ/min x m2)	2.98 ±0.4	2.96 ±0.26	3.0 ±0.51
Atemäqivalent:	29.0 ±4.0	27.5 ±4.3	30.4 ±3.4
Atemfrequenz: (1/min)	16.4 ±4.0	16.2 ±4.6	16.6 ±3.6
Herzfrequenz: (1/min)	77.9 ±10.9	74.8 ±11.4	8o.7 ±10.1

Tab.2: Bodenwerte (Mittelwert und Standardabweichung)

3.3. In-flight Messungen:

3.3.1. Geradeausflug:

Während des Geradeausfluges wurden bei allen Vp Werte gemessen, die über denen der Bodenmessung lagen (Mittelwerte und Standardabweichung siehe Tab.3 und Abb.7 bis Abb.16):

Das Atemminutenvolumen (BTPS) lag im Mittel für alle Vp bei 13.3 l/min, für die Schüler bei 13.1 l/min und für die Erfahrenen bei 13.5 l/min. Der Minimalwert wurde mit 8.1 l/min (Erfahrener) und der Maximalwert mit 25.1 l/min (Schüler) gemessen.

Die Sauerstoffaufnahme lag im Durchschnitt für alle Vp bei 417 ml/min, für die Schülern bei 432 ml/min und für die Erfahrenen bei 403 ml/min. Der niedrigste gemessene Wert war 257 ml/min (Schüler), der höchste 639 ml/min (Erfahrener). Für alle Vp wurde ein durchschnittlicher kalorischer Umsatz von 4.45 kJ/min x m2 errechnet.

Das mittlere Atemäquivalent aller Vp wurde mit 24.5, für die Schüler mit 23.2 und für die Erfahrenen mit 25.7 errechnet. Der niedrigste Wert lag bei 17.2 (Schüler), der höchste bei 31.3 (Erfahrener).

Der mittlere Sauerstoffmehrpuls wurde bei allen Vp mit 16.7 ml/min p MP, bei den Schülern mit 12.4 ml/min p MP und bei den Erfahrenen mit 19.8 ml/min p MP errechnet. Der niedrigste ermittelte Wert lag bei 2.3 ml/min p MP (Schüler), der höchste bei 80.3 ml/min p MP (Erfahrener).

Die mittlere Atemfrequenz aller Piloten lag bei 21.8/min, für die Schüler wurde ein Wert von 23.3/min und für die Erfahrenen von 20.6/min errechnet. Der Minimalwert wurde bei einem Erfahrenen mit 12/min und der Maximalwert bei einem Schüler mit 38/min gemessen.

Die mittlere Herzfrequenz aller Vp war 91.5/min, zwischen den Schülern (91.8/min) und den Erfahrenen (91.2/min) war fast kein Unterschied festzustellen. Der niedrigste Wert war 62/min (Erfahrener), der höchste 126/min (Schüler).

	Gesamt	Schüler	Erfahrene
$\dot{V}E$(BTPS): (l/min)	13.3 ±2.8	13.1 ±3.8"	13.5 ±2.7"
Δ O2: (%)	4.2 ±0.7	4.4 ±0.8"	3.9 ±0.5"
$\dot{V}O2$(STPD): (ml/min)	417.0 ±75	432.0 ±74""	403.0 ±77""
Umsatz: (kJ/min x m2)	4.45 ±0.98	4.57 ±0.79""	4.34 ±1.16"
Atemäqivalent:	24.5 ±3.6	23.2 ±4.0""	25.7 ±2.6"
Sauerstoffmehrpuls: (ml/min p MP)	16.7 ±17.8	12.4 ±8.3	19.8 ±22.6
Atemfrequenz: (1/min)	21.8 ±5.2	23.2 ±5.5""	20.6 ±4.8"
Herzfrequenz: (1/min)	91.5 ±15.5	91.8 ±17.6"	91.2 ±14.1"

Tab.3: Geradeausflug (Mittelwert und Standardabweichung)
Signifikanz z.Bodenwert: $p \leq 0.001$ = "
$p \leq 0.0001$ = ""

3.2.2. Kreisflug:

Die durchschnittlichen Werte aller Parameter lagen nur gering über denen des Geradeausfluges (siehe Tab.4 und Abb.7 bis Abb.16):
Das Atemminutenvolumen aller Vp lag bei 14.2 l/min. Das der Schüler (14.7 l/min) war größer als das der Erfahrenen (13.7 l/min). Der niedrigste Wert wurde mit 8.8 l/min (Erfahrener) und der höchste mit 22.6 l/min (Schüler) gemessen.
Die mittlere Sauerstoffaufnahme aller Vp war 443 ml/min. Zwischen Schülern (467 ml/min) und Erfahrenen (420 ml/min) zeigte sich nur ein geringer Unterschied. Der Minimalwert wurde bei einem Erfahrenen mit 242 ml/min und der Maximalwert bei einem Schüler mit 851 ml/min gemessen.
Aus der Sauerstoffaufnahme wurde ein mittlerer kalorischer Umsatz für alle Vp von 4.67 kJ/min x m2 errechnet.
Beim Atemäquivalent wurde der Durchschnittswert aller Vp mit 25.2, der der Schüler mit 24.5 und der der Erfahrenen mit 25.9 ermittelt. Der Minimalwert wurde mit 17.7 bei einem Schüler und der Maximalwert mit 38.2 bei einem Erfahrenen errechnet.
Der mittlere Sauerstoffmehrpuls aller Vp lag bei 9.9 ml/min p MP, der der Schüler bei 10.9 ml/min p MP, der der Erfahrenen bei 9.0 ml/min p MP. Die Werte schwankten zwischen 2.0 ml/min p MP bei einem Erfahrenen und 19.5 ml/min p MP bei einem Schüler.
Die durchschnittliche Atemfrequenz aller Vp lag bei 22.7/min. Die der Schüler war mit 23.9/min geringer als die der Erfahrenen mit 21.7/min. Der niedrigste Wert wurden mit 12/min bei einem Erfahrenen und der höchste mit 38/min bei einem Schüler gemessen.
Bei der Herzfrequenz wurden im Durchschnitt für alle Piloten 94.3/min, für die Schüler 92.1/min und für die Erfahrenen 96.7/min gemessen. Der Minimalwert lag bei 67/min (Erfahrener), der Maximalwert bei 120/min (Erfahrener).

	Gesamt	Schüler	Erfahrene
$\dot{V}E$(BTPS): (l/min)	14.2 ±2.6	14.7 ±2.5""	13.7 ±2.8"
Δ O2: (%)	4.2 ±0.8	4.2 ±0.8"	4.1 ±0.9"
$\dot{V}O2$(STPD): (ml/min)	443.0 ±103	467.0 ±95""	420.0 ±109""
Umsatz: (kJ/min x m2)	4.67 ±1.05	4.93 ±0.94""	4.42 ±1.13""
Atemäquivalent:	25.2 ±5.4	24.5 ±4.1'	25.9 ±6.5'
Sauerstoffmehrpuls: (ml/min p MP)	9.9 ±4.8	10.9 ±4.8	9.0 ±4.8
Atemfrequenz: (1/min)	22.7 ±4.8	23.9 ±4.7""	21.7 ±5.0"
Herzfrequenz: (1/min)	94.3 ±13.1	92.1 ±12.3""	96.7 ± 14.1""

Tab.4: Kreisflug (Mittelwert und Standardabweichung)
Signifikanz z.Bodenwert: $p \leq 0.01$ = '
$p \leq 0.001$ = "
$p \leq 0.0001$ = ""

3.2.3. Thermikflug:

Bei allen Vp wurden während des Thermikfluges die höchsten Werte der Parameter gemessen (siehe Tab.5 und Abb.7 bis Abb.16):
Das Ateminutenvolumen (BTPS) aller Vp lag im Durchschnitt bei 16.7 l/min. Das Atemminutenvolumen der Schüler (16.1 l/min) war geringer als das der Erfahrenen (17.5 l/min). Der niedrigste Wert wurde mit 10.2 l/min bei einem Schüler und der höchster mit 25.2 l/min bei einem Erfahrenen gemessen.
Die mittlere Sauerstoffaufnahme (STPD) aller Vp wurde mit 550 ml/min errechnet. Der Unterschied zwischen den Schülern (539 ml/min) und den Erfahrenen (557 ml/min) war nur gering. Der niedrigste gemessene Wert lag bei 328 ml/min (Erfahrener) und der höchste bei 783 ml/min (Schüler). Der aus der Sauerstoffaufnahme errechnete kalorische Umsatz ergab für alle Piloten einen Wert von 5.79 kJ/min x m2.
Beim Atemäqivalent wurde der Durchschnittswert aller Vp mit 23.9 errechnet. Es lag damit unter dem des Kreisfluges. Für die Schüler wurden im Mittel 23.3, für die Erfahrenen 24.5, als Minimalwert 15.4 (Schüler) und als Maximalwert 30.1 (Schüler) errechnet.
Der mittlere Sauerstoffmehrpuls aller Vp lag bei 10.9 ml/min p MP, der der Schüler bei 10.8 ml/min p MP und der der Erfahrenen bei 11.1 ml/min p MP. Die Werte schwankten zwischen 3.3 ml/min p MP bei einem Schüler und 20.9 ml/min p MP auch bei einem Schüler.
Bei der Atemfrequenz wurden Durchschnittswerte für alle Vp von 25.4/min, für die Schüler von 25.6 und für die Erfahrenen von 25.2/min erechnet. Der niedrigste Wert wurde bei einem Schüler und bei einem Erfahrenen mit 14/min und der höchste bei einem Schüler mit 34.5/min gemessen.
Die durchschnittliche Herzfrequenz aller Vp lag bei 106.6/min, die der Schüler bei 103.2/min und die der Erfahrenen bei 109.4/min. Der niedrigste gemessene Wert war

71/min (Schüler), der höchste 140/min (Schüler).

	Gesamt	Schüler	Erfahrene
$\dot{V}E$(BTPS): (l/min)	16.7 ± 2.8	16.1 ± 3.0""	17.5 ± 2.6""
Δ O2: (%)	4.3 ± 0.8	4.5 ± 1.1'	4.2 ± 0.5""
$\dot{V}$O2(STPD): (ml/min)	550.0 ± 94	539.0 ± 109""	557.0 ± 84""
Umsatz: (kJ/min x m2)	5.79 ± 1.02	5.74 ± 1.1""	5.83 ± 1.01""
Atemäquivalent:	23.9 ± 3.8	23.3 ± 4.9'	24.5 ± 24.5""
Sauerstoffmehrpuls: (ml/min p MP)	10.9 ± 4.7	10.8 ± 5.6	11.1 ± 4.2
Atemfrequenz: (1/min)	25.4 ± 4.7	25.6 ± 5.1""	25.2 ± 4.6""
Herzfrequenz: (1/min)	106.5 ± 16.8	103.2 ± 18.6""	109.4 ± 15.3""

Tab.5: Thermikflug (Mittelwert und Standardabweichung)
Signifikanz z.Bodenwert: $p \leq 0.01$ = '
$p \leq 0.001$ = "
$p \leq 0.0001$ = ""

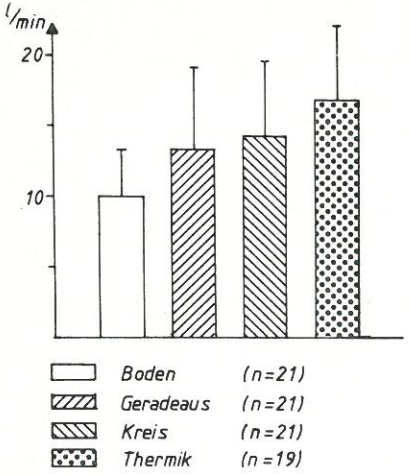


Abb.7: $\dot{V}E$(BTPS): gesamtes Probandengut

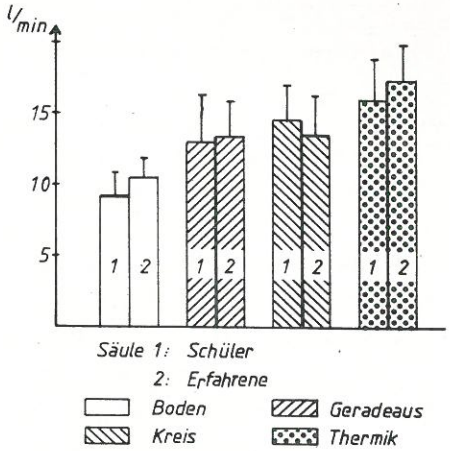


Abb.8: $\dot{V}E$(BTPS): in Abhängigkeit von der Flugerfahrung

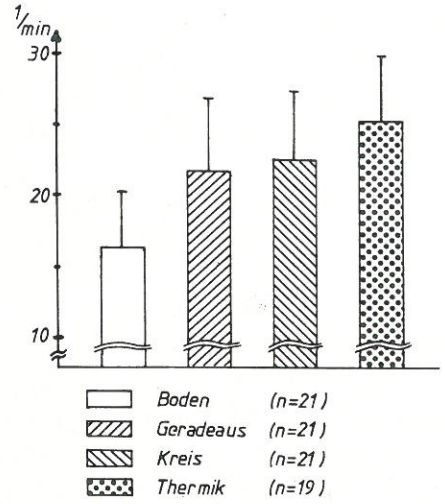


Abb.9: Atemfrequenz: gesamtes Probandengut

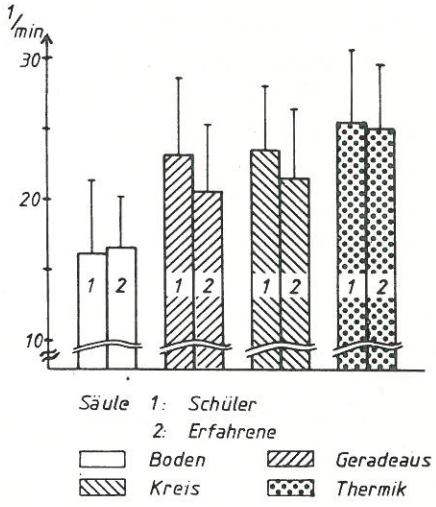


Abb.10: Atemfrequenz in Abhängigkeit von der Flugerfahrung

(In Abb.7-16 sind Mittelwert und Standardabweichung aufgezeichnet)

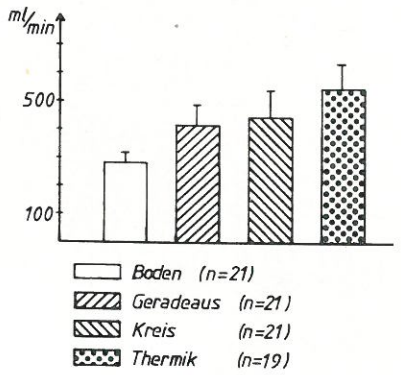


Abb.11: Sauerstoffaufnahme: gesamtes Probandengut

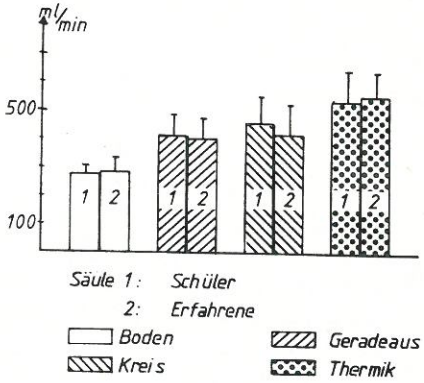


Abb.12: Sauerstoffaufnahme in Abhängigkeit von der Flugerfahrung

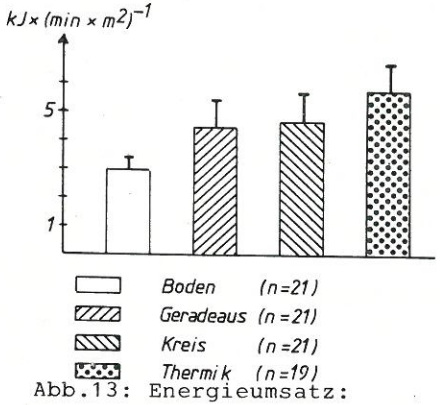


Abb.13: Energieumsatz: gesamtes Probandengut

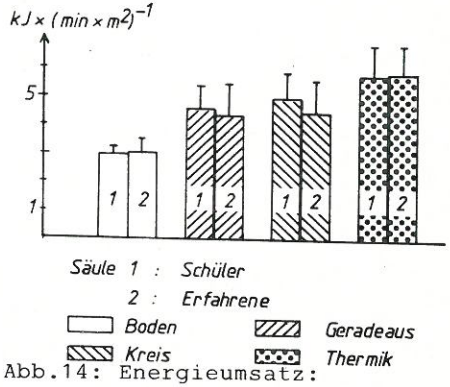


Abb.14: Energieumsatz: in Abhängigkeit von der Flugerfahrung

(In Abb.7-16 sind Mittelwert und Standardabweichung aufgezeichnet)

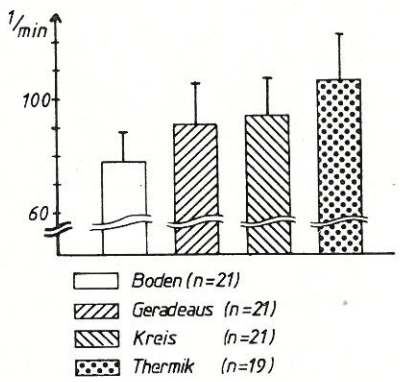


Abb.15: Herzfrequenz: gesamtes Probandengut

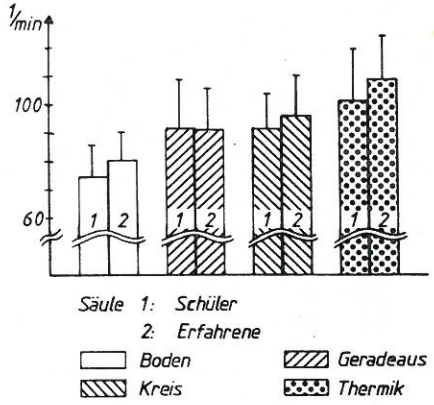


Abb.16: Herzfrequenz: in Abhängigkeit von der Flugerfaherung

(In Abb.7-16 sind Mittelwert und Standardabweichung aufgezeichnet)

4. DISKUSSION:

4.1. Diskussion der Methode:

4.1.1. Probandengut:

Um den Einfluß der Flugerfahrung auf die psycho-physische Belastung des Piloten besser verifizieren zu können, wurden die Vp innerhalb der Gruppen der Schüler und der erfahrenen Piloten willkürlich ausgesucht. Aufgrund der damit gegebenen Grenzen konnte nicht das gesamte Spektrum fliegerischer Erfahrung untersucht werden. Aus Standardisierungsgründen mußte von den Piloten gefordert werden, daß sie allein verantwortlich und ohne Eingreifen eines Fluglehrers das Flugprogramm durchführten, deshalb wurden nur Piloten ausgesucht, die ihren Alleinflug schon absolviert hatten. Bei Piloten, die nicht in der Lage sind, das Flugzeug allein zu fliegen, kommt es nach STüBEN in Vertrauen auf das Eingreifen des Fluglehrers zu einer geringeren psychischen Belastung. Dieser "Beifahrereffekt" konnte bei der vorliegenden Untersuchung vermieden werden.
Trotz der Einschränkungen bei der Auswahl der Vp ist die Altersstruktur des Probandengutes mit der aller segelfliegenden Mitglieder des Deutschen Aero Club vergleichbar (22). Ein geringer Alterseinfluß auf die hier gemessenen Parameter ist bekannt (91). Die Messungen von HOLLMANN, BERG, WEYER und HECK zeigen jedoch, daß bei dem der vorliegenden Untersuchung zugrundeliegendem submaximalen körperlichem Belastungsbereich Veränderungen des Atemminutenvolumens, der Sauerstoffaufnahme und der Herzfrequenz in Abhängigkeit vom Alter nicht signifikant feststellbar sind. über den Einfluß des Alters auf die Atemfrequenz bei submaximaler Belastung konnten in der Literatur keine genaueren Angaben gefunden werden. Die untersuchte Erfahrenengruppe war durchschnittlich 10 Jahre älter als die

Schülergruppe. Dies ließ sich jedoch nicht vermeiden, da Piloten in der Regel einige Jahre benötigen, bis sie eine entsprechende Flugerfahrung haben. Da die unterschiedlichen Ausgangswerte der einzelnen Vp nicht in den Vergleich der Belastung von Schülern und Erfahrenen während des Fluges einfließen sollten, wurden die prozentualen Steigerungswerte der einzelnen Parameter im Flug gegenüber dem Bodenwert errechnet.

4.1.2. Meßverfahren:

Über kontinuierliche Messungen von Atemminutenvolumen und in-/exspiratorischer Sauerstoffdifferenz im Flug liegen bisher fast keine Erfahrungen vor. Das methodische Verfahren wurde dem von BEIER angelehnt.
Bei dem portablen Geräteteil wird der exspiratorische Sauerstoffpartialdruck über eine kontinuierliche Absaugung eines geringen Teiles (250 ml/min) der im Gerät befindlichen Exspirationsluft gemessen. Aufgrund des Gerätevolumens (keine Angaben des Geräteherstellers) und des Totraumes von Atemmaske und Verbindungsschlauch (400 ml) gibt diese Messung keine Auskunft über die aktuelle Sauerstoffkonzentration der Exspirationsluft; statt dessen wird nur das im Gerät befindliche Gemisch von Exspirationsluft gemessen. Bei einem älteren Modell dieses Gerätes sind deshalb von EGER Anzeigeverzögerungen bei großen, plötzlichen Sauerstoffkonzentrationsänderungen bis zu sechs Minuten Dauer beschrieben worden. Bei der hier beschriebenen Untersuchung wurde jedoch ein Gerät neuerer Bauart mit erheblich kleinerem Gerätevolumen (geschätzte 1,5 l) verwendet. Bei eigenen Eichversuchen konnten die von EGER gemessenen Werte mit dem neuen Gerät nicht bestätigt werden. Zwar wurden bei einem Flow der Exspirationsluft von 3 l/min und sehr großen Änderungen der Sauerstoffkonzentration Anzeigeverzögerungen bis zu 1,5 min. festgestellt, aber diese

führten bei dem hier angewandten Verfahren nur dazu, daß Maxima und Minima im Verlauf der Konzentrationskurve nicht voll erfaßt werden konnten.
Die der Messung zugrundeliegende Versuchsdurchführung (Annahme einer Gewöhnung der Vp an die Flugsituation und damit verbundenes "steady state") ließ große, plötzliche Konzentrationsänderungen nicht erwarten. Außerdem sollten durchschnittliche Belastungswerte für die einzelnen Flugphasen ermittelt werden, so daß kurzzeitige Belastungsminima oder Belastungsmaxima nicht Gegenstand der Untersuchung waren. Auch waren die Exspirationsvolumina bei dieser Untersuchung heblich größer, so daß die Anzeige der Sauerstoffkonzentration für die vorliegenden Messungen hinreichend genau war.
Die Eichversuche in der Unterdruckkammer ließen erkennen, daß die Sauerstoffmeßzelle auf Veränderungen des Gesamtluftdruckes mit einer Verzögerung von max. 6 sec. reagiert. Dieser Wert entsprach auch den von der Internatinal Biophysics Corporation (107) und von KISSEN, DONALD und McGUIRE beschriebenen. Diese schnelle Anzeige von Gesamtluftdruckänderungen gestattete es, das Meßgerät bei wechselnden Druckbedingungen einzusetzen. Mit Hilfe der unter Abschnitt 2.5. beschriebenen Höhenkorrektur, deren geschätzter Fehler bei max. 3 bar/ 3o sec. liegt, konnten die Anzeigeänderungen der Meßzelle aufgrund des Umgebungsluftdruckes eliminiert werden.
Der Messung des Atemminutenvolumens liegt laut Herstellerangaben (106) eine Genauigkeit von 2 % zugrunde. Wegen der unterschiedlichen Temperaturen während des Fluges (siehe Abschnitt 4.2.1.2.) und der Trägheit der Temperaturanzeige, die einen geschätzten Fehler von ± 1 Grad aufweist, erhöhte sich bei der Messung der geschätzte Fehler der Atemminutenvolumenangabe auf max. 3 %.
Vom Hersteller (106) wird die Genauigkeit der Sauerstoffpartialdruckmessung mit 1 % angegeben.
Wie unter Abschnitt 2.5. erwähnt, wurde die Sauerstoffauf-

nahme nicht über die Bestimmung des inspiratorischen Atemminutenvolumens ermittelt. Bei einem RQ, der kleiner als 1 ist, wird weniger Kohlendioxyd ausgeatmet als Sauerstoff eingeatmet. Das Volumen der Exspirationsluft ist somit kleiner als das der Inspirationsluft (97). Durch Messung der Stickstoffkonzentration kann diese Differenz bestimmt werden. Dies war aus apparativen Gründen aber nicht möglich, so daß zur Bestimmung der Sauerstoffaufnahme nur das exspiratorische Atemminutenvolumen zur Verfügung stand. Aufgrund dieses methodischen Fehlers und des Fehlers der Atemminutenvolumenmessung und der Sauerstoffkonzentrationsbestimmung ergibt sich für die Sauerstoffaufnahme ein geschätzter Fehler von max.10 %.

4.1.3. Versuchsbedingungen:

Die Untersuchung wurde als Feldversuch durchgeführt. Da alle Meßflüge während des normalen Flugbetriebes stattfanden, waren situative Einflüße auf die Untersuchung nicht auszuschließen.
Im einzelnen konnten während der Meßflüge folgende Störgrößen beobachtet werden:
- die unterschiedliche Temperatur der Luft,
- die unterschiedlichen horizontalen und vertikalen Luftbewegungen (Wind und Thermik),
- die unterschiedlichen Flughöhen und die damit verbundenen Änderungen des Umgebungsluftdruckes,
- die circadiane Rhythmik der Parameter.

Die Temperatur der Luft lag am Startplatz während der Meßflüge bei 20 bis 27 Grad Celsius. Als bestes Steigen des Meßflugzeuges in der Thermik wurden 2.5 m/sec registriert. Insgesamt waren die meteorologischen Flugbedingungen als nicht schwer einzustufen.

Mit der unterschiedlichen Flughöhe ändert sich auch der Sauerstoffpartialdruck der Umgebungsluft. Durch Unterdruckkammerversuche läßt sich dieser Einfluß auf physiologische Meßgrößen ermitteln. Da KIRCHHOFF und MEYER-ERKELENZ bei einer Höhe bis zu 1000m (=3300ft) nur geringe Änderungen von Atemminutenvolumen, Atemfrequenz und Herzfrequenz festgestellt hatten, wurden alle Flüge in diesem Höhenbereich durchgeführt.
Der Einfluß der circadianen Rhythmik, wie ihn KROLL und WEVER beschrieben haben, wird zwar von den vorgenannten unterschiedlichen Versuchsbedingungen überlagert, sollte aber nicht unerwähnt bleiben.
Der Segelflug kann somit nicht die Standardbedingungen eines Versuches erfüllen. Um aber trotzdem eine möglichst hohe Präzision der Werte zu erreichen, waren bei der Untersuchung folgende Faktoren während der Durchführung der Meßflüge einheitlich:
- Es wurde immer dasselbe Flugzeug geflogen.
- Die Vp steuerten das Flugzeug vom vorderen Sitz aus.
- Es flog immer eine zweite Person mit.
- Jede Vp erhielt den eingangs beschriebenen Flugauftrag.
- Die Flughöhe betrug max. 3000ft.
- Die Meßflüge fanden in unmittelbarer Platznähe statt.
- Es wurde nur bei problemlosen Wetterlagen geflogen.
- Bei den jeweils zehn Minuten dauernden Flugphasen erfolgte die Messung nur während der letzten fünf Minuten, so daß sich die Vp schon an die entsprechende Flugphase gewöhnt hatten.

4.2. Psycho-physische Belastung des Segelflugzeugführers:

Im einzelnen ist der Segelflugpilot folgenden Streßkomponenten ausgesetzt (31,34,68,86):

4.2.1. Physische Belastung:

4.2.1.1. Körperliche Arbeit:

Körperliche Arbeit wird bei der Steuerung des Flugzeuges durch die Bewegung von Höhen- und Querruder am Steuerknüppel und durch die Bewegung des Seitenruders an den Fußpedalen geleistet. Beim reinen Geradeausflug ist der Grad der körperlichen Arbeit jedoch sehr gering, da ein richtig getrimmtes Segelflugzeug nach Loslassen aller Ruder einen normalen Geradeausflug durchführt. Der Pilot hat während dieser Flugphase nur geringe Ruderkorrekturen vorzunehmen. Beim Kreisflug müssen alle Ruder in einer für die Querlage optimalen Stellung gehalten werden. Der Pilot hat dabei eine statische Haltearbeit zu verrichten, die bei Ruderkorrekturen in eine dynamische Muskelbeanspruchung übergeht. Die Kräfte liegen nach eigenen Messungen bei dem benutzten Flugzeug während eines Kurvenfluges mit 30 Grad Querneigung im Bereich von 1.5 kp am Steuerknüppel und 5.5 kp an den Fußpedalen. Während des Thermikfluges wird das Flugzeug durch die Luftturbulenzen dauernd aus der optimalen Fluglage gebracht. Außerdem versucht der Pilot, durch Verlagerungen des Flugkreises (siehe Abschnitt 1.3.) in dem Gebiet der am besten steigenden Luft zu fliegen. Ruderbewegungen finden deshalb während des Thermikfluges sehr oft statt.

4.2.1.2. Physikalische Einflüsse:

4.2.1.2.1 Temperatur:

Wegen der geringen Isolierung des Pilotenraumes ist der Segelflieger den Temperaturschwankungen der Außenluft ausgesetzt. Bei Höhenflügen können deshalb im Cockpit Temperaturen bis zu -15 Grad Celsiuc auftreten.

Bei einer adiabatischen Abkühlung von 0.6 Grad pro 100 m Höhe (34,39) erechnet sich für die größte erreichte Flughöhe während der Meßflüge eine Temperaturdifferenz zum Boden von -5.1 Grad. Die durchschnittliche Flughöhe während der Meßflüge betrug ca. 600 m. Im Vergleich zur Bodenmessung war somit während der Meßflüge eine durchschnittliche Temperaturdifferenz von -3.6 Grad vorhanden.

Im Temperaturbereich von 20 bis 30 Grad Celsius wird bei sinkender Temperatur in der Literatur übereinstimmend ein Abfall der Herzfrequenz beschrieben, der nach BARTENWERFER et al. (7) und BROUHA bei einer Senkung von 1 Grad etwa 0.6 Schläge pro Minute beträgt. Die Steigerung der Herzfrequenz während der hier gemessenen Flugphasen kann deshalb nicht durch Temperaturschwankungen verursacht sein, sondern wäre bei nicht vorhandener Temperaturdifferenz noch gering größer.

Bei sinkender Umgebungstemperatur wird aufgrund des Muskelzitterns eine gering höhere Sauerstoffaufnahme beobachtet, die jedoch bei Temperaturdifferenzen bis zu vier Grad nicht nachweisbar ist (69).

Auch Veränderungen des Atemminutenvolumens und der Atemfrequenz sind nach MELLEROWICZ bei diesen geringen Temperaturschwankungen nicht nachweisbar.

Es kann deshalb angenommem werden, daß die bei der Untersuchung gemessenen Veränderungen physiologischer Parameter nicht durch Temperaturschwankungen hervorgerufen wurden.

4.2.1.2.2. Beschleunigungskräfte:

Aufgrund der Turbulenz der Luftbewegung ist das Flugzeug, und damit auch der Pilot, Beschleunigungen in allen drei Achsen ausgesetzt.

Während des Geradeausfluges waren diese Beschleunigungen aufgrund der herrschenden Versuchsbedingungen (z.T. ruhende Luft) fast nicht vorhanden. Während des Kreisfluges mit 30 Grad Querneigung ist der Pilot einem Lastvielfachen von 1.15 g ausgesetzt. Während des Überlandfluges treten nach KOLL beim Thermikfliegen kurzzeitige Lastvielfache von maximal 1.8 g auf.

Literaturangaben über den Einfluß von positiven Lastvielfachen auf die hier untersuchten Parameter liegen für diesen Beschleunigungsbereich nicht vor. Die Untersuchungen von GILLES (34), VOGE (101) und WOOD (106), deren Messungen erst bei 3 g und höher durchgeführt wurden, lassen jedoch vermuten, daß die in der vorliegenden Untersuchung gemessenen Steigerungen physiologischer Parameter kaum durch Veränderung des Lastvielfachen hervorgerufen sein können.

Besonders im Thermikflug treten aufgrund der dort herrschenden Luftturbulenzen Beschleunigungen in der horizontalen Ebene hinzu, die einen ständigen Reiz auf das Vestibularissystem ausüben. Bei besonders exponierten Piloten treten deshalb während des Fluges Kinetosen auf, die vorübergehend auch zur Fluguntauglichkeit führen können. Es kann angenommem werden, daß die Dunkelziffer dabei sehr hoch ist. Berichte über Untersuchungen zu diesem Problem bei Segelfliegern liegen in der Literatur noch nicht vor. Dies war aber auch nicht das Ziel der für die vorliegende Arbeit durchgeführten Messungen.

4.2.1.2.3. Luftdruckänderungen:

Der mit zunehmender Höhe abnehmende Luftdruck und die damit verbundene Reduzierung des Sauerstoffpartialdruckes führen nach GILLES zu einem Anstieg von Atemminutenvolumen, Atemfrequenz und Herzfrequenz. Die Untersuchung von KIRCHHOFF und MEYER-ERKELENZ hat jedoch gezeigt, daß bis zu einer Höhe von 900 m keine signifikanten Veränderungen feststellbar waren. Die Messungen für die vorliegende Arbeit wurden deshalb in diesem Höhenbereich durchgeführt.

Physikalische Einflüsse können somit nicht zu den bei der Untersuchung gemessenen Veränderungen der Parameter geführt haben.

4.2.2. Psychische Belastung:

Psychische Belastung führt über das Nebennieren-Hypophysen-System (94) zu einer signifikanten Erhöhung der Herzfrequenz und der Atemfrequenz (12,28,56,79). Auch können geringe Steigerungen der Sauerstoffaufnahme aufgrund des erhöhten Tonus der quergestreiften Muskulatur beobachtet werden (27,68).

Die psychische Belastung des Segelflugpiloten wird vorwiegend durch den emotionalen und den mentalen Streß hervorgerufen (9, 31,68,79,94,98):

4.2.2.1. Emotionaler Streß:

Die Handhabung der Ruder beim Flug muß innerhalb der durch die aerodynamischen Gesetze gegebenen Grenzen geschehen (9,39). Eine falsche Ruderbewegung bedeutet ein unmittelbares und mitunter lebensbedrohendes Unfallrisiko. Nach BEIER und ROTONDO liegt das Risikoerlebnis im Wissen um diese Gefährdung und ist bei allen Piloten im Unterbewußt-

sein mehr oder minder stark vorhanden.

4.2.2.2. Mentaler Streß:

Diese Streßkomponente wird nach GARTNER und MURPHY durch die besonderen Aufgaben der Flugführung hervorgerufen.
Die allgemeine fliegerische Ausbildung erstreckt sich vorwiegend auf die sichere Bedienung des Flugzeuges. Sobald der Schüler die Bedienung des Flugzeuges beherrscht, absolviert er seinen ersten Alleinflug. Die Steuerungshandgriffe werden mit zunehmender Flugerfahrung immer mehr reflexartig, unterhalb der Bewußtseinschwelle, durchgeführt. Sie bleiben als reflexartig ablaufenden Schaltungen (Engramme) aufgrund der ständigen Flugpraxis erhalten und dauernd verfügbar (42).
Segelfliegen setzt aber auch die Fähigkeit voraus, meteorologische Gegebenheiten zu erkennen und optimal zu nutzen (9). Diese Fähigkeit ergibt sich erst mit dem überlegten Einsatz theoretischer Kenntnisse und durch fliegerische Erfahrung.
Die Beobachtung des Flugzustandes, der Instrumente und des Luftraumes führt bei dem Piloten zu simultaner Mehrfachbeanspruchung der Aufmerksamkeit (98). Zusammen mit der dauernden Notwendigkeit von Entscheidungen aufgrund meteorologischer Gegebenheiten (9) ergeben sie eine ständige mentale Belastung des Segelflugpiloten.

4.3. Allgemeine Interpretation der Ergebnisse:

"Bei Muskelarbeit ist zur Deckung des Mehrbedarfs an Sauerstoff und zur Abgabe des verstärkt freiwerdenden Kohlendioxyds eine gesteigerte Atemtätigkeit erforderlich. Der Sauerstoffverbrauch stellt dabei eine annähernd lineare Funktion der Belastung dar, die von der Art der Arbeitsausführung bestimmt ist."(Kesseler,1970)

Bei psychischer Belastung werden zwar auch aufgrund des verstärkten Tonus der quergestreiften Muskulatur und des Eigenenergiebedarfs der gesteigerten Atmung Steigerungen des Sauerstoffverbrauches beobachtet (27). Wird aber gleichzeitig körperliche Arbeit geleistet, so ist die Steigerung des Sauerstoffverbrauches aufgrund psychischer Belastung so gering (7), daß sie gegenüber der Steigerung aufgrund körperlicher Arbeit zu vernachlässigen ist. Es kann deshalb angenommen werden, daß die bei der Untersuchung gemessenen Steigerungen der Sauerstoffaufnahme vorwiegend durch Muskelarbeit hervorgerufen wurden.
Im Geradeausflug lag die durchschnittliche Sauerstoffaufnahme bei 417 ml/min und im Thermikflug bei 550 ml/min. Damit stellt der Segelflug nach allgemeiner Einteilung (30, 96,102) eine sehr leichte körperliche Tätigkeit dar. Diese ist im Vergleich zu reiner Fahrradergometerarbeit im Sitzen geringer als 3 kpm/sec (3o Watt), bei der der Sauerstoffverbrauch je nach Meßmethode zwischen 600 ml/min und 850 ml/min (1,7,43,69) schwankt.
Bei einer Fahrradergometerarbeit von 3 kpm/sec werden Atemminutenvolumenwerte von 12 bis 17 l/min (20,43,69), Atemfrequenzen von 17 bis 20 pro Minute (1,97) und Herzfrequenzen von 85 bis 90 Schlägen pro Minute (6,43,69,97) gemessen. Bei einer Fahrradergometerbelastung mit einer Sauerstoffaufnahme von 550 ml/min ist nach ASMUSSEN mit einem Atemminutenvolumen von etwa 12.5 l/min und nach DAVIS von etwa 14.2 l/min zu rechnen. Während des Segelfluges erreicht das Atemminutenvolumen dagegen Durchschnittswerte von 13.3 l/min (Geradeausflug) bis 16.7 l/min (Thermikflug), die Atemfrequenz liegt sogar bei 22.7/min (Geradeausflug) bis 25,4/min (Thermikflug) und die Herzfrequenz bei 91.5/min (Geradeausflug) bis 106.5/min (Thermikflug).
Im Vergleich zur Fahrradergometerarbeit fällt beim Segelflug damit eine überproportional starke Erhöhung von Atemfrequenz und Herzfrequenz auf, und das Atemminutenvolumen

erreicht trotz geringerer Sauerstoffaufnahme im Segelflug die Werte der Fahrradergometerbelastung. Eine derartige Erhöhung von Atemfrequenz, Herzfrequenz und Atemminutenvolumen bei vergleichsweise geringer Sauerstoffaufnahme kann Ausdruck eines verstärkten Sympathikustonus sein (28,68), wie er bei psychischem Streß beobachtet wird (94). Auch die Berechnungen des Sauerstoffmehrpulses zeigen, daß neben der körperlichen Arbeit beim Segelfliegen eine erhebliche psychische Streßkomponente vorhanden sein muß. Die bisherige Auffassung (9,13,16,17,18,84), daß Segelfliegen eine Sportart mit erheblicher psychischer Streßkomponente sei, hat sich also durch die vorliegenden Ergebnisse bestätigt.

Es ist anzunehmen, daß bei Segelflugpiloten als Ausdruck des verstärkten Sympathikustonus, ähnlich wie bei Piloten anderen Flugzeugmuster (14,21,29,37,66), erhöhte Katecholaminwerte gefunden werden. Untersuchungen darüber sind durchgeführt, aber noch nicht veröffentlicht worden (32). Mit Hilfe solcher Messungen wäre es wahrscheinlich auch möglich festzustellen, ob bei dem psychischen Streß des Segelfiegens die emotionale oder die mentale Streßkomponente überwiegt, da KLIMMER, RUTENFRANZ und ROHMERT bei längerer emotionaler und nicht bei mentaler Beanspruchung eine Erhöhung der Adrenalinausscheidung gefunden haben.

4.4. Einfluß der Flugerfahrung:

Der Einfluß der Flugerfahrung läßt sich am besten verdeutlichen, wenn man die prozentuale Steigerung der Parameter betrachtet, die sich im Flug gegenüber der Messung am Boden ergeben hat. Damit werden unterschiedliche Ausgangswerte der Bodenmessung weitgehend ausgeglichen.

4.4.1. Geradeausflug:

Die einzelnen prozentualen Steigerungswerte sind der Tab.6 zu entnehmen (siehe auch Abb.17).

	Schüler	Erfahrene	Signifikanz
VE(BTPS):			
(%)	40.0 ± 16.8	29.3 ± 22.4	n.s.
$\dot{V}$ O2:			
(%)	19.3 ± 9.5	19.7 ± 11.7	n.s.
VO2:			
(%)	55.2 ± 25.2	42.1 ± 19.6	n.s.
Atemfrequenz:			
(%)	45.4 ± 22.9	24.6 ± 12.2	$p \leq 0.05$
Herzfrequenz:			
(%)	22.5 ± 12.2	12.7 ± 7.4	$p \leq 0.05$

Tab.6: Geradeausflug, Mittelwert und Standardabweichung der prozentualen Steigerungen gegenüber dem Bodenwert (=0%)

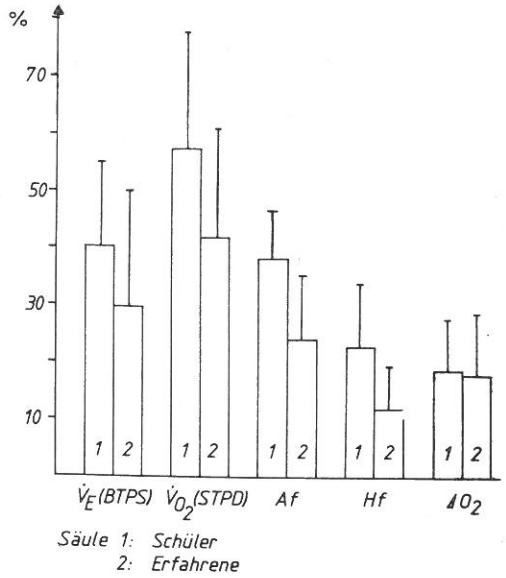


Abb.17: Prozentuale Steigerung der Parameter im Geradeausflug (Bodenwert = 0%), Mittelwert und Standardabweichung

Aus Tab.6 ist ersichtlich, daß die Schüler während des Geradeausfluges eine höhere Sauerstoffaufnahmesteigerung als die Erfahrenen haben. Auch die Werte für das Atemminutenvolumen, die Atemfrequenz und die Herzfrequenz weisen bei der Schülergruppe höhere Steigerungsraten auf (Abb.17). Aufgrund der starken interindividuellen Schwankungen, die durch die Störgrößen des Feldversuches (siehe Abschnitt 4.1.3) hervorgerufen sein können, ergeben sich jedoch nur für die Atemfrequenz und die Herzfrequenz Signifikanzen mit $p \leq 0.05$.

Die höheren Sauerstoffaufnahmesteigerungen lassen vermuten, daß die Schüler eine höhere körperliche Arbeit leisten. Nach Beobachtungen von Fluglehrern führen Flugschüler die

während des Fluges notwendigen Ruderkorrekturen auch oft überschießend aus, d.h., die von ihnen durchgeführten Ruderbewegungen gehen über das erforderliche Maß hinaus und müssen dann durch Gegenbewegungen korrigiert werden. Es wird damit vermehrt Muskelarbeit geleistet, die einen höheren Sauerstoffbedarf verursacht.

Bei beiden Gruppen ist die in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz fast gleich. Der erhöhte Sauerstoffbedarf der Schüler wird deshalb vermutlich über ein höheres Atemminutenvolumen abgedeckt.

Bei körperlicher Arbeit in diesem Belastungsbereich ist ein erhöhter Sauerstoffbedarf nicht nur mit einer Steigerung des Atemminutenvolumens, sondern auch mit einer verstärkten Sauerstoffausschöpfung der Inspirationsluft verbunden (HOLLMANN et al., MELLEROWICZ). Psychische Belastung dagegen führt über eine direkte Stimulation der Atmung zu erhöhten Atemminutenvolumenwerten (MURPHY und YOUNG) und Atemfrequenzwerten (MC KENZIE), wobei die in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz noch verringert werden kann. Gleichzeitig ist bei psychischer Belastung aufgrund des erhöhten Sympathikustonus eine Erhöhung der Herzfrequenz zu beobachten (7,12,28,56,67).

Für die Atemfrequenz und die Herzfrequenzwerte war bei den Schülern eine signifikant höhere Steigerung zu beobachten. Auch die Werte für das Atemminutenvolumen lagen bei der Schülergruppe über denen der Erfahrenengruppe. Schüler sind somit während des Geradeausfluges einer stärkeren psychischen Belastung als erfahrene Piloten ausgesetzt. Sie wird vor allem darauf zurückzuführen sein, daß die Schüler in ihrer Aufmerksamkeit stärker beansprucht sind. Bei ihnen ist die sichere Bedienung des Flugzeuges noch nicht so im Unterbewußtsein vertieft (siehe Abschnitt 4.3.). Sie sind deshalb gezwungen, Flugzustand und Instrumente verstärkt zu beobachten. Diese Aufmerksamkeitsbeanspruchung führt zu einer stärkeren mentalen und damit auch zu einer stärkeren psychischen Belastung. Eine höhere emotionale Stresskompo-

nente der Schüler, wie sie von BAADER angenommen wird, führt allerdings auch zu einer höheren psychische Belastung. Die Schüler, die für die vorliegende Arbeit untersucht wurden, hatten aber schon eine gewisse Flugerfahrung. Deshalb kann angenomen werden, daß die emotionale Streßkomponente bei ihnen nicht mehr so stark vorhanden war, daß sie die festgestellte Steigerung der gemessenen Parameter nachhaltig beeinflußt hat.

4.4.2. Kreisflug:

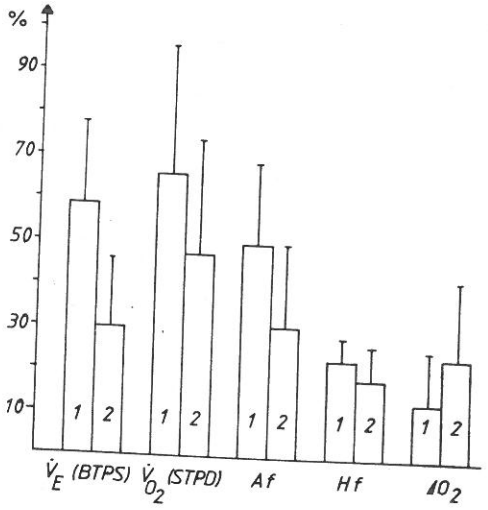
Die prozentualen Steigerungswerte der gemessenen Parameter sind der Tab.7 zu entnehmen (siehe auch Abb.18).
Auch während des Kreisfluges werden bei den Schülern größere Sauerstoffaufnahmesteigerungen beobachtet als bei den Erfahrenen. Im Vergleich zum Geradeausflug erhöht sich bei ihnen die Sauerstoffaufnahmesteigerung um 10 v.H., während sie bei den Erfahrenen nur um 5 v.H. zunimmt. Andererseits verringert sich trotz der höheren Sauerstoffaufnahmewerte die in-/ exspiratorische Sauerstoffdifferenzsteigerung bei den Schülern im Vergleich zum Geradeausflug um 5 v.H., bei den Erfahrenen um 4 v.H.. Das Atemminutenvolumen wird bei den Schülern gegenüber dem Geradeausflug um 20 v.H. auf 60 v.H. gesteigert, bei den Erfahrenen dagegen bleibt es bei etwa 30 v.H.. Die Atemfrequenz wird bei beiden Gruppen gegenüber dem Geradeausflug um 5 v.H. gesteigert. Die Schüler steigern ihre Herzfrequenz gegenüber dem Geradeausflug überraschenderweise fast nicht, die Erfahrenen dagegen um 6 v.H.
Aufgrund der starken interindivduellen Schwankungen der Werte ergeben sich nur für das Atemminutenvolumen und die Atemfrequenz signifikante Unterschiede.

	Schüler	Erfahrene	Signifikanz
$\dot{V}E$(BTPS) (%)	59.1 ± 18.1	30.4 ± 16.7	$p \leq 0.01$
$\Delta O2$ (%)	13.5 ± 13.7	22.3 ± 20.5	n.s.
$\dot{V}O2$ (%)	67.4 ± 29.2	47.0 ± 27.5	n.s.
Atemfrequenz (%)	50.4 ± 19.9	31.7 ± 18.9	$p \leq 0.05$
Herzfrequenz (%)	23.6 + 5.4	19.0 + 7.5	n.s.

Tab.7: Kreisflug, Mittelwert und Standardabweichung der prozentualen Steigerungswerte gegenüber dem Bodenwert (=0%)

Gegenüber dem Geradeausflug muß im Kreisflug von dem Piloten vermehrte körperliche Arbeit geleistet werden (siehe Abschnitt 4.2.1.1.). Der für diese Arbeit notwendige zusätzliche Sauerstoffbedarf wird von den Erfahrenen ausschließlich über eine verbesserte Ausschöpfung der Inspirationsluft gedeckt. Da auch die Steigerungen der Atemfrequenz und der Herzfrequenz nur sehr gering sind und durch die zusätzliche körperliche Arbeit erklärt werden können, kann angenommen werden, daß bei den Erfahrenen im Kreisflug keine stärkere psychische Belastung als im Geradeausflug vorhanden ist.
Im Gegensatz zu den Erfahrenen steigern die Schüler ihr Atemminutenvolumen überproportional, die in/exspiratorische Sauerstoffdifferenz sinkt gegenüber dem Geradeausflug ab. Es liegt bei ihnen eine Tendenz zur Hyperventilation vor,

wie sie bei starkem psychischem Stress beobachtet werden kann (MURPHY u. YOUNG). Für die Schüler scheinen deshalb die Querneigung des Flugzeuges und der ungewohnte Betrachtungswinkel des Horizontes zu einer erhöhten psychischen Belastung zu führen.
Soweit sich trotz der vermuteten höheren Streßkomponente der Schüler für die Herzfrequenz keine signifikanten Unterschiede bei beiden Gruppen feststellen lassen, kann dies nur auf die starken intra- und interindividuellen Schwankungen der Herzfrequenz zurückzuführen sein, wie sie schon von mehreren Autoren (26,42,55,60,82) beschrieben wurden. Die alleinige Messung der Herzfrequenz eignet sich deshalb nur bedingt zur Feststellung unterschiedlicher Belastungen des Piloten im Fluge.



Säule 1: Schüler
2: Erfahrene

Abb.18: Prozentuale Steigerung der Parameter im Kreisflug (Bodenwert = 0%), Mittelwert und Standardabweichung

4.2.3. Thermikflug:

Einen Überblick über die Steigerungsraten der Parameter im Thermikflug gibt Tab.8 (siehe auch Abb.19).

	Schüler	Erfahrene	Signifikanz
$\dot{V}E$(BTPS) (%)	74.0 ± 23.2	68.1 ± 26.1	n.s.
Δ O2 (%)	20.2 ± 18.8	24.5 ± 10.8	n.s.
$\dot{V}O2$ (%)	93.7 ± 42.8	95.9 ± 26.9	n.s.
Atemfrequenz (%)	63.0 ± 35.0	54.8 ± 30.9	n.s.
Herzfrequenz (%)	34.1 ± 13.8	32.8 ± 12.1	n.s.

Tab.8: Thermikflug: Mittelwert und Standardabweichung der prozentualen Steigerungsraten gegenüber dem Bodenwert (=0%)

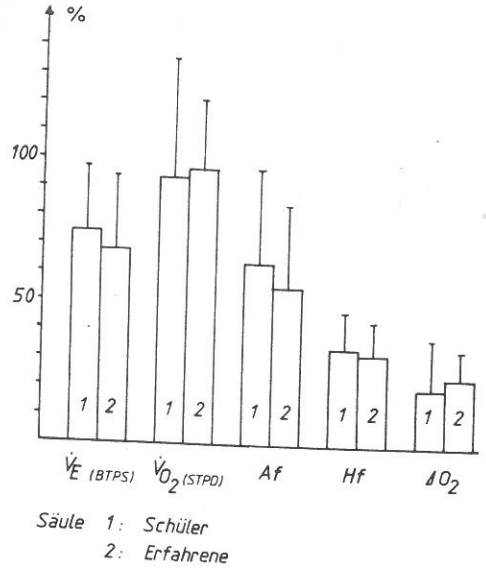


Abb.19: Prozentuale Steigerung der Parameter im Thermikflug (Bodenwert = 0%), Mittelwert und Standardabweichung

Überraschenderweise zeigte sich, daß während des Thermikfluges keine von der Flugerfahrung abhängigen Belastungsdifferenzen vorhanden waren.
Im Thermikflug gewinnt der Segelflieger die zum Weiterflug notwendige Höhe. Je besser sein Flugzeug steigt, desto schneller erreicht er sein Ziel. Er versucht deshalb, immer in dem Bereich des Thermikschlauches zu fliegen, im dem die Luft am besten aufsteigt. Fahrt und Lage des Flugzeuges ändern sich mit den in der Thermik auftretenden Luftturbulenzen ständig. Diese Änderungen des Flugzustandes können dem Piloten die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der aufsteigenden Luft anzeigen. Der Segelflieger lernt dies

aber erst mit zunehmender Erfahrung kennen.
Der Schüler achtet schon beim Geradeausflug und beim Kreisflug und erst recht beim Thermikflug bewußt auf den Flugzustand. Beim Thermikflug kann er aber noch nicht unterscheiden, welche Änderungen der Thermik Fahrt und Lage des Flugzeuges beeinflußt haben; für ihn unterscheiden sich Fahrtänderungen aufgrund besserer Steigwerte der Luft nicht von denen anderer Ursachen, zumal sich ein Reiz als solcher vom Hintergrund abheben muß, damit er verarbeitet werden kann (SEIFERT). Bei einem erfahrenen Piloten ist das dagegen anders. Beim Geradeausflug und beim Kreisflug steuert er das Flugzeug noch unterhalb der Bewußtseinsschwelle (siehe Abschnitt 4.2.2.2.). Dagegen achtet er während des Thermikfluges bewußt auf Fahrt und Lage des Flugzeuges. Für den Erfahrenen steigt somit beim Thermikflug die Zahl der zu verarbeitenden Signale gegenüber den anderen Flugphasen stärker an als bei den Schülern. Seine mentale Aktivität nimmt zu und erreicht das gleiche Niveau wie bei den Schülern. Wie die Werte der Sauerstoffaufnahme zeigen, leisten beide untersuchten Gruppen bei der Steuerung des Flugzeuges die gleiche Arbeit.
Die Ergebnisse zeigen, daß bei beiden Gruppen im Thermikflug physische und psychische Belastung gleich sind. Dies läßt aber auch vermuten, daß die emotionelle Streßkomponente bei den hier untersuchten Schülern nicht größer als bei den Erfahrenen ist. Die höhere psychische Belastung der Schüler während des Geradeausfluges und des Kreisfluges wird deshalb auch am ehesten durch einen stärkeren mentalen Streß hervorgerufen.

4.5. Einfluß der Flugpraxis:

Bei der Versuchsplanung wurde die Flugpraxis der einzelnen Vp nicht berücksichtigt. Auch retrospektiv läßt sich aufgrund der geringen interindividuellen Streuung keine eindeutige statistische Aussage über den Einfluß der Flugpraxis auf die Belastung des Piloten während des Fluges treffen. Anhand von Einzelbeispielen lassen sich jedoch Tendenzen aufzeigen:

Die 33 Jahre alte Vp Nr. 7 (siehe Anhang) hatte mit 960 Flugstunden eine Flugerfahrung, die mit der durchschnittlichen Flugerfahrung der erfahrenen Piloten vergleichbar ist. Mit 9 h 24' wies sie die größte Flugpraxis der erfahrenen Piloten auf. Während des von ihr durchgeführten Geradeausfluges lagen keine allgemein abweichenden Versuchsbedingungen vor. Im Vergleich zu der Erfahrenengruppe wurde bei ihr der Sauerstoffbedarf durch eine bessere Sauerstoffausnutzung der Inspirationsluft gedeckt. Das Atemminutenvolumen stieg dementsprechend gegenüber dem Bodenwert nur geringer und die in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz stärker an (siehe Abb.20). Das Atemäquivalent sank von 29.9 am Boden auf 21.4 ab.

Die 42 Jahre alte Vp Nr. 2 (siehe Anhang) hatte eine Flugerfahrung von 1200 Stunden. Da sie überwiegend als Fluglehrer tätig war, flog sie in den letzten Jahren fast nur auf dem hinteren Sitz eines Schulflugzeuges. Auch im Monat vor dem Meßflug hatte sie nur 2 h 15' Flugpraxis. Auch bei ihr lagen während des Geradeausfluges keine besonderen Versuchsbedingungen vor. Bei ihr stieg im Geradeausflug, trotz gleichem Sauerstoffaufnahmewert wie bei obiger Vp, die in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz gegenüber dem Bodenwert kaum an. Das Atemminutenvolumen wurde dagegen überproportional erhöht (siehe Abb.21). Das Atemäquivalent änderte sich mit 28.8 am Boden und 27.4 im Geradeausflug kaum.

Bei Betrachtung dieser Ergebnisse kann vermutet werden, daß

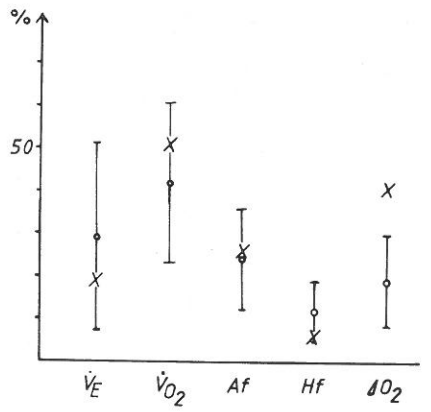


Abb.20: Steigerung der Parameter einer erfahrenen Vp mit großer Flugpraxis (X) im Vergleich zu den Werten der Erfahrenengruppe beim Geradeausflug (Mittelwert und Standardabweichung)

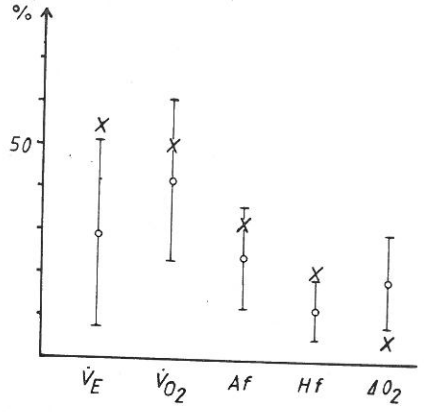


Abb.21: Steigerung der Parameter einer erfahrenen Vp mit geringer Flugpraxis (X) im Vergleich zu den Werten der Erfahrenengruppe beim Geradeausflug (Mittelwert und Standardabweichung)

auch die Flugpraxis einen Einfluß auf die Belastung des Segelflugpiloten während des Fluges hat. Bisherige Untersuchungen darüber liegen nicht vor.
Bei Piloten mit geringer Flugpraxis scheint, trotz hoher Flugerfahrung eine Tendenz zur Hyperventilation vorzuliegen. Ob bei diesen Piloten eine Hyperventilation vorhanden ist, kann jedoch erst durch weitere Untersuchungen mit Messung des Kohlendioxydpartialdruckes der Exspirationsluft oder des Blutes bestätigt werden. Da diese Ergebnisse aber auch nur zufällig entstanden sein könnten, sollte durch weitere Messungen der Einfluß der Flugpraxis auf die Belastung des Piloten untersucht werden.

4.6. Präzision der gemessenen Parameter:

Die Ergebnisse der Untersuchung haben gezeigt (siehe Abschnitt 4.3.), daß die gemessenen Parameter eine Aussage über Quantität und Qualität der psycho-physischen Belastung des Segelflugzeugführers zulassen. Die Messung der Sauerstoffaufnahme während des Fluges ist aber mit einem großen methodischen Aufwand verbunden. Bei körperlicher Arbeit sind Korrelationen zwischen der Sauerstoffaufnahme und anderen physiologischen Parametern bekannt (1,20,35).
Während dieser Untersuchung wurde zwischen den Mittelwerten der Sauerstoffaufnahme, des Atemminutenvolumens und der Herzfrequenz folgende Beziehung mit einem Korrelationskoeffizienten von r2 = 0.99 errechnet:

$$x = 20.59\ y + 13.26\ z - 141{,}62$$

mit $x = |VO2(STPD)|$,
$y = |VE(BTPS)|$ und
$z = |Hf|$

Zwischen den Mittelwerten der Sauerstoffaufnahme, der Atemfrequenz und der Herzfrequenz ergab sich folgende Korrelation (r2 = 0.98):

$$x = 3.55\ y + 17.82\ z - 289.29$$

mit $x = |VO2(STPD)|$,
$y = |Af|$ und
$z = |Hf|$

Diese beiden Gleichungen zeigen, daß unter den bei dieser Untersuchung herrschenden Versuchsbedingungen von anderen Parametern mit hinreichender Genauigkeit auf die Sauerstoffaufnahme geschlossen werden kann.
Die Messung der Herzfrequenz war mit starken intra- und interindividuellen Schwankungen verbunden (siehe Abschnitt 4.2.2.). Dagegen erwies sich die Atemfrequenz in der Untersuchung als empfindlichster Parameter zur Feststellung unterschiedlicher Belastung des Piloten (siehe Abschnitt 4.2.1. und 4.2.2). Da die Atemfrequenz mit Hilfe eines Atemthermistors (26) relativ einfach zu messen ist, sollten bei weiteren Untersuchungen über die Belastung des Segelflugzeugführers neben der Herzfrequenzmessung mindestens auch Atemfrequenzmessungen durchgeführt werden.

4.7. Vergleich mit Literaturdaten:

Die bei der Untersuchung gefundenen Herzfrequenzwerte mit durchschnittlich 106.5/min während des Thermikfluges entsprechen den von STüBEN gefundenen. Die etwas höheren Werte von BEIER und BURCHARDT sind dadurch erklärbar, daß die Piloten dort noch unter dem Eindruck des gerade zurückliegenden Startes oder der bevorstehenden Landung standen. Auch bei der Untersuchung für die hier vorliegenden Arbeit

wurden in den ersten zwei bis drei Minuten nach dem Start höhere Werte gefunden, die sich dann auf einem etwas niedrigeren Niveau einpendelten. Ähnlich wie bei Piloten anderer Flugzeugtypen (3,10,11,42,63,77, 81,82,83,87,90) sind bei Segelflugzeugführern die Herzfrequenzen bei Start und Landung mit 120/min bis 129/min (BEIER, CLASING et al.1971b, STüBEN) am höchsten.

Das Verhalten der Atemfrequenz ist dem der Herzfrequenz gleichgerichtet und weist Doppelgipfligkeit bei Start und Landung mit Werten bis zu 33/min (BEIER) und 21.8/min bis 25.4/min während des Fluges auf.

Auch das Atemminutenvolumen (BTPS) zeigt ein doppelgipfliges Verhaltensmuster. Bei Werten von 13.3 l/min bis 16.7 l/min während des Fluges steigt es bei Start und Landung auf 26 l/min an.

Die Sauerstoffaufnahme (STPD) liegt dagegen während des Thermikfluges mit 550 ml/min fast auf dem gleichen Niveau wie beim Start (560 ml/min nach BEIER). Während der Landung werden 610 ml/min (BEIER) gemessen.

Die Höhe der körperlichen Arbeit während des Thermikfluges ist somit mit der des Startes vergleichbar. Die Werte von Atemminutenvolumen, Atemfrequenz und Herzfrequenz zeigen jedoch, daß die psychische Belastung des Piloten bei Start und Landung größer als während des hier gemessenen Thermikfluges ist. Da die hier vorliegende Untersuchung bei günstigen Witterungsbedingungen und in Platznähe durchgeführt wurde, kann jedoch vermutet werden, daß bei anderen Wetterverhältnissen oder bei Überlandflügen die Belastung des Piloten während des Fluges die von Start und Landung übersteigt.

Messungen der Sauerstoffaufnahme und des daraus errechneten kalorischen Umsatzes während des Fluges wurden bisher durch mehrere Untersucher bei Piloten verschiedener Flugzeugtypen durchgeführt:

Die bei Piper-J3-Piloten durch COREY ermittelten Werte von

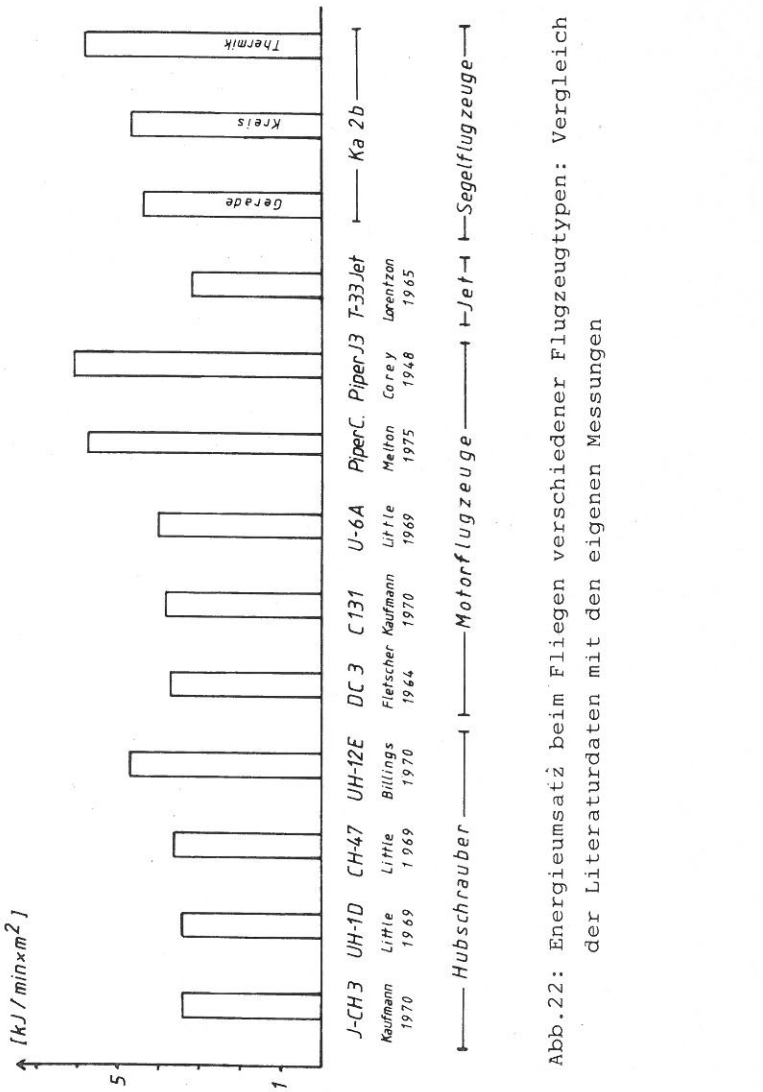


Abb.22: Energieumsatz beim Fliegen verschiedener Flugzeugtypen: Vergleich der Literaturdaten mit den eigenen Messungen

6.15 kJ/min x m2 liegen nur gering über den hier während des Thermikfluges gemessenen. Auch die durch MELTON, McKENZIE und KELLN bei PIPER-Cherokee-Piloten gefundenen Werte von 5.75 kJ/min x m2 sind mit denen des Segelfliegers beim Thermikfiegen vergleichbar. Wie Abb.22 zeigt, liegen alle anderen gemessenen Umsatzwerte von Piloten der unterschiedlichsten Flugzeugtypen bis zu 20 % unter denen des Segelflugzeugführers beim Thermikflug. Der Segellieger leistet somit während des Thermikfluges eine größere körperliche Arbeit als die meisten Piloten anderer Flugzeugtypen. Dies ist dadurch zu erklären, daß das Segelflugzeug aufgrund des geringeren Gewichtes den Turbulenzen der Luft stärker als andere Flugzeuge ausgesetzt ist, und der Segelflieger deshalb mehr Ruderbewegungen durchführen muß.
Die durchschnittliche Atemfrequenz von Jet-Piloten während des Fluges wird von ROMAN mit 20/min angegeben. EICHLER et al. berichten über Maximalwerte von 25/min bei Leichtflugzeugführern. Die durchschnittliche Atemfrequenz des Segelflugzeugführers während des Thermikfluges lag bei 25.4/min, der Maximalwert bei 37/min.
Kontinuierliche Messungen des Atemminutenvolumens bei Piloten von Leichtflugzeugen und von Hubschraubern wurden durch LITTELL, MURPHY und YOUNG und PETTYJOHN, McNEIL, AKERS und FABER durchgeführt. Sie berichten über durchschnittliche Atemminutenvolumina während des Fluges von 10 l/min bis 16.0 l/min, die jedoch meist unter 15 l/min liegen. Beim Segelflieger werden während des Thermikfliegens im Durchschnitt 16.7 l/min gemessen.
Die durchschnittliche Herzfrequenz der Piloten anderer Flugzeugtypen mit bis zu 96 Schlägen pro Minute während des normalen Fluges (LITTELL und JOY, MELTON, ROMAN, RUFFELL SMITH) ist mit der des Segelfliegers während des Geradeausfluges (91.5/min) und während des Kreisfluges (94.3/min) vergleichbar. Auch das Verhalten der Herzfrequenz des Segelfliegers während des Thermikfluges (106.5/min) zeigt, daß der Segelflieger während des Thermikfluges einer grösseren Belastung als die Piloten anderer Flugzeugtypen während ihrer normalen Flugphasen ausgesetzt ist.

4.8. Flugmedizinische Anmerkungen:

Obwohl Segelfliegen eine Sportart mit nur geringer körperlicher Arbeit darstellt, können aufgrund der erheblichen Streßkomponente starke Belastungen für den Piloten auftreten. Die in dieser Arbeit aufgezeigten Werte gelten nur bei günstigen Flugbedingungen. Sie zeigen somit die Minimalbelastung des Piloten während des Fluges auf.
Eine starke Zunahme der körperlichen Arbeit ist unter anderen Kautelen nicht zu erwarten. Bei anderen Witterungsbedingungen, Überlandflügen oder Außenlanderisiko können jedoch die physikalischen Einflüsse auf den Piloten und die psychische Belastung des Piloten stark zunehmen. Die während dieser Untersuchung aufgetretenen maximalen Herzfrequenzen von 140/min können somit leicht überschritten werden.
MEMMERT und WEINHOLTZ forderten in Unkenntnis der genauen Belastung des Segelflugpiloten eine Abschaffung der Flugtauglichkeitsuntersuchung, der sich Segelflieger alle zwei Jahre zu stellen haben. Nach LAUSCHNER, BAYER und SUCHNER sind jedoch 6 % aller Flugunfälle auf gesundheitliche Ursachen zurückzuführen. Die erhebliche psychische Streßkomponente des Fliegens hat schon zu in-flight Herzinfarkten geführt (8,36,98). Es ist deshalb nicht zu empfehlen, so wie in der Schweiz (103), auch in Deutschland die regelmäßige Flugtauglichkeitsuntersuchung abzuschaffen. Gerade bei Flugphasen mit hoher mentaler Belastung, wie dem Thermikflug, sind keine Unterschiede in der psycho-physischen Belastung des Piloten zu erkennen, die in Abhängigkeit zur Flugerfahrung stehen. Deshalb müssen auch bei hoch erfahrenen Piloten die medizinischen Auswahlkriterien ähnlich restriktiv wie bei Anfängern angewendet werden.

Nicht nur bei Schülern während des Kreisfluges, sondern auch bei Piloten mit geringer Flugpraxis konnten Tendenzen zur Hyperventilation festgestellt werden. Auf die Gefahren der Hyperventilation wurde schon in mehreren flugmedizinischen Publikationen hingewiesen (BEIER, GIBSON, HINSHAW und BOOTHBY, MURPHY und YOUNG,). Bei einer Hyperventilation mit einem Atemminutenvolumen von 26 l/min (4o l/min) sinkt die alveoläre Kohlendioxydspannung auf 19 mmHg (16 mmHg) ab. Dies hat eine erhebliche Reduzierung der cerebralen Durchblutung zur Folge. Bei Kohlendioxydspannungen von 15 mmHg ist diese nach KETY und SCHMIDT auf 33 % vermindert. Daraus ergibt sich eine unmittelbare Abnahme der Leistungsfähigkeit mit Verlägerung der Reaktionszeit (BALKE und LILLEHEI, STODDART).

Bei der Untersuchung wurde zwar bei keiner Vp eine Ventilation beobachtet, die diese Folgen haben könnte, aber die Ergebnisse und die von BEIER zeigen, daß auch im Segelflug Tendenzen zur Hyperventilation vorhanden sind. Bei Flugsituationen mit verstärkter Streßkomponente (z.B.: geringe Flughöhe ohne sichere Außenlandemöglichkeit) kann bei einigen Piloten eine Hyperventilation mit den oben genannten Folgen auftreten. Der Segelflieger sollte sich deshalb durch dauerndes Fliegen in Übung halten, um diesen Gefahren vorzubeugen.

5. ZUSAMMENFASSUNG:

An 21 männlichen Segelfliegern im Alter von 16 bis 67 Jahren sollte unter Berücksichtigung ihrer Flugerfahrung die psycho-physische Belastung während der Flugphasen Geradeaus-, Kreis- und Thermikflug untersucht werden. Während des Fluges wurden die Sauerstoffaufnahme, das Atemminutenvolumen, die Atemfrequenz und die Herzfrequenz aufgezeichnet und mit den Ausgangswerten der bei relativer Ruhe im Flugzeug sitzenden Versuchspersonen verglichen.

Die höchsten Werte aller Parameter wurden während des Thermikfluges gemessen. Während des Geradeausfluges lagen die Werte nur gering unter denen des Kreisfluges, beide Flugphasen führten aber zu einer deutlich geringeren Belastung als der Thermikflug.

Beim Geradeausflug und beim Kreisflug ließen die Flugschüler höhere Werte als die Piloten mit großer Flugerfahrung erkennen, während beim Thermikflug solche Differenzen nicht mehr zu erkennen waren. Statistisch zu sichern ($p < 0.05$) waren die Unterschiede im Geradeausflug für die Atemfrequenz und die Herzfrequenz und im Kreisflug für das Atemminutenvolumen und die Atemfrequenz.

Überraschenderweise waren somit bei Flugphasen mit großer mentaler Streßkomponente wie dem Thermikflug keine Unterschiede in der Belastung zwischen Schülern und Erfahrenen festzustellen.

Der Einfluß der Flugerfahrung wurde bei der Versuchsplanung nicht berücksichtigt. Wie Einzelbeispiele jedoch zeigen, könnte es möglich sein, daß Piloten mit ständiger Flugpraxis ein niedrigeres Atemminutenvolumen während des Fluges aufweisen.

Während die körperliche Belastung bei einem mittleren Sauerstoffverbrauch von 550 ml/min nur sehr gering ist, sind die beschleunigten Atem- und Herzfrequenzen während des Fluges am ehesten auf eine erhöhte psychische Anspannung zurückzuführen.

Der Segelflieger ist während des Thermikfluges einer größeren psycho-physischen Belastung ausgesetzt als Piloten anderer Flugzeugtypen während ihres normalen Fluges.
Die gemessenen Daten gelten nur für die erwähnten Flugbedingungen und bei günstigen Witterungsbedingungen. Unter veränderten Flugbedingungen können somit die Werte von Start und Landung überschritten werden.

6. LITERATURVERZEICHNIS:

1. ASMUSSEN,E: Muscular Exercise
   in: Handbook of Physiology, Section 3,Volume II
   American Phys.Society, Washington 1965,
   S.939-978
2. BAADER,P.:Psychophysische Untersuchung von Furcht und Angst beim Segelfliegen
   Dipl.Arbeit Psychol.Institut Uni.Tübingen
3. BALKE,B.,C.E.MELTON, C.BLAKE: Physiological Stress and Fatigue in Aerial Missions
   Aerospace Med. 37, 221-227 (1966)
4. BALKE,B.,J.WELLER, R.T.CLARK:In-flight Hyperventilation during Jet Pilot Training
   Aviat. Med. 28, 241-244 (1957)
5. BALKE,B.,J.P.LILLEHEI: Effect of Hyperventilation on Performance
   J.of Appl.Phys. 9, 371-375 (1956)
6. BARTENWERFER,H: Beiträge zum Problem der psychischen Beanspruchung, Teil I
   Forschungsbericht Land NRW, W.Deutescher Verlag Kln,Oppladen 1960
7. BARTENWERFER,H, L.KÖTTER, W.SICKEL: Beiträge zum Problem der psychischen Beanspruchung, Teil II
   Forschungsbericht Land NRW, W.Deutscher Verlag Kln,Oppladen, S.64-80
8. BÄSSLER,E.: Georg Eckle ist tot
   Aerokurier 26, 88 (1982)
9. BEIER,J.:Die psychphysische Belastung beim Fliegen
   Diss. Uni. Tübingen 1982
10. BILLINGS,C.E., R.GERKE, R.CHASE, J.EGGSPUEHLER: Stress and Strain in Student Helicopter Pilots
    Aerospace Med. 44, 1031-1035 (1973)
11. BILLINGS,C.E., R.BASAN, R.GERKE: Physiological Costs of Piloting Rotary Wing Aircraft
    Aerospace Med. 41, 256-258 (1970)

12. BROUHA,L.: Physiologie in Industrie
Oxford 1960, S. 58

13. BURCHARDT,W.: EKG-Speicheruntersuchung zur Frage der Herz-Kreislaufbelastung beim Segelfliegen
Diss. Uni. Münster 1969

14. BURTON,R.R., W.STORM, L.JOHNSON, D.LEVERETT: Stress Responses of Pilots Flying High-Performance Aircraft during Aerial Combat Maneuvers
Aviat. Space Environ.Med. 48, 301-307 (1977)

15. CASABEIRI,R., B.WHIPP, K.WASSERMANN, W.BEAVER, S.KOYAL: Ventilatory and Gas Exchange Dynamics in Responce to Sinusoidal Work
J.Appl.Phys.:Resprat.Envir.Exerc.Physiol. 42(2), 300-311 (1977)

16. CLASING,D.:Psychische Belastung beim Segelfliegen und Beta-Rezeptorenblockade
Sportarzt u. Sportmed. 25, 269-272 (1974)

17. CLASING,D.,G.VOGLER,W.BURCHARDT,E.J.KLAUS: Herzfrequenz und psychische Anspannung beim Segelfliegen
Med.Welt 22, 808-811 (1971)

18. CLASING,D., R.RUJBR, G.STEDTFELD: Das Verhalten der Herzfrequenz beim Segelflug nach Gabe eines Beta-Rezeptorenblockers
Sportarzt u. Sportmed. 22, 86-91 (1971)

19. COREY,E.: Pilot Metabolism and Respiratory Activity during Varied Flight Tasks
J.Appl.Physiol. 1, 35-44 (1948)

20. DAVIS,J.A., B.WHIPP, K.WASSERMANN: The Relation of Ventilation to Metabolic Rate During Moderate Exercise in Man
Eur.J.Appl.Physiol. 44, 97-108 (1980)

21. DEBIJADJI,R.,1.PEROVIC, V.VORAGIC: Evaluation of Sympatho-adrenals Activity in Pilots
Aerospace Med. 41, 677-679 (1970)

22. DEUTSCHER AERO CLUB: Luftsport-Statistik 1981

23. DIRINGSHOFEN,H.,B.DIRINGSHOFEN: Elektrocardoigraphie, Blutdruckschreibung und Pneumotachographie im Motorflug
Acta Aerophysiologica 6, 48-60 (1933)

24. DUBOIS,D., E.F.DUBOIS: A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known
Arch. int. Med. 17, 862-871 (1916)

25. EGER,K.-H.: Untersuchung zur Validität eines tragbaren Lungenfunktionsgerätes
Diss. Uni.Tübingen 1980

26. EICHLER,J.,J.LOBSIEN, S.POHLERT: Telemetrie der Herz- und Atemfrequenz von segel- und Motorpiloten
Mschr.Unfallheilk. 78, 283-289 (1975)

27. V.EIFF, .: Grundumsatz und Psyche
Springer Verlag, Berlin (1957)

28. ETTEMA,J.H., R.ZIELHUIS: Physiological Parameters of Mental Load
Ergonimics 14, 137-144 (1971)

29. V.EULER,U.S., U.LINDBERG: Effect of Flying on The Epinephrin Excretion in Air Force Personel
J.Appl.Physiol. 6, 551-555 (1954)

30. FLETSCHER,J.G.: Energy Costs
in: Webb,P.: Bioastronautic Data Book
NASA SP-3006, S.168-190 (1964)

31. GARTNER,W.B., M.MURPHY: Concepts of Workload
in: Survey of Methods to Assess Workload
AGARDograph Nr.246, 1-2 (1979)

32. GERECHT,K.: Veränderung biochemischer Parameter beim Streckensegelflug (vorl.Titel)
Diss.Uni.Bonn (in Vorbereitung)

33. GIBSON,T.M.: Hyperventilation in Aircrew: A Review
Aviat.Space Environ.Med. 50, 725-733 (1971)

34. GILLES,J.A.: Textbook of Aviation Physiology
Pergamon Press, Oxford (1965)

35. GOLDMANN,R.F.: Physical Fitness, Flight Requirements
Aerospace Med. 42, 635-641 (1971)

36. GRÄWE,H.: Nach dem Start mit der Seilwinde abgestürzt
Luftsport 17, 2 (1982)

37. HALE,B., O.HARTMANN, D.HARRIS, E.WILLIAMS, R.MIRINDA, J.HOSENFELD, B.SMITH: Physiologic Stress During 50-Hour Double-crew Missions in C-141 Aircraft
Aerospace Med. 43, 293-299 (1972)

38. HERTZ,C.W.: Verhandlungen der Gesllschaft für Innere Med. 62, 135 (1925)

39. HESSE,F.: Der Segelflugzeugführer
Verlag Hesse, Breidenbach (1978)

40. HILL,A.V.: Muscular Movement in Man
New York: Mc Graw-Hill (1927)

41. HINSHAW,H.C., W.BOOTHBY: The Hyperventilation Syndrome and its Importance in Aviation
J.Aviatipn Med. 14, 100-104 (1943)

42. HOFFMANN,H., W.SCHMüCKING, M.KOCH: Biotelemetrische Untersuchung des Herz-Kreislaufsystemes bei G-91-Jet-Piloten
Zbl.Für Verkehrsmed. 16, 129-165 (1970)

43. HOLLMANN,W., W.BERG,G.WEYER,H,HECK: Der Alterseinfluß auf spirometrische Meßgrößen im submaximalen Arbeitsbereich
Med.Welt 21, 1280-1288 (1970)

44. HOLLMANN,W.: Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers
Johann Ambrosius Verl., München (1963),S.15

45. KARPOVICH,P.V.,R.RONKIN: Oxygen Consumption for Men of Various Sizes In The Simulated Piloting of a Plane
Amer.j.Physiol. 146, 394-398 (1946)

46. KAUFMAN,W.C.,G.CALLIN, C.HARRIS: Energy Expenditure of Pilots Flying Cargo Aircraft
Aerospace Med. 41, 591-596 (1970)

47. KESSEL,R., E.LANG,P.DENKL: Streß und Elektrocardiogramm
Münchner Med.Wschr. 118, 1001-1006 (1976)

48. KESSELER,K.: Die Atemregulation bei körperlicher Arbeit
Hippokrates 41, 62-72 (1970)

49. KESSELER,K.: mündliche Mitteilungen (1983)

50. KETY,S.S., C.SCHMIDT: The Effects of active and passive Hyperventilation on Cerebral Blood Flow, Cerebral Oxygen Consumption, Cardiac Output, and Blood Pressure of Normal Young Men
J.of Clinical Invest. 25, 107-119 (1946)

51. KINDERMANN,W.:Die Wirkung verschiedener Sportarten auf das Herz-Kreislaufsystem und den Stoffwechsel
Therapiewoche 27, 9091-9105 (1977)

52. KIRCHHOFF,H.W., J.MEYER-ERKELENZ: Kreislauf und Atmung unter Hypoxiestress
Schriftenreihe Fuftfahrtmed. u.Grenzgebiete Heft 27 (1971)

53. KISSEN,A.T., P.DONALD, W.McGUIRE: New Approach for On-line, Continuous Determination of Oxygen Consumption in Human Subjects
Aerospace Med. 38, 686-689 (1967)

54. KLEIBER,M.: Respiratory Exchange and Metabolic Rate
in: Handbook of Physiology,Section 3,Volume II, Washington (1965), S.927-938

55. KLEIN,K.E., H.BRüNER, P.KUKLINSKI, S.RUFF, H.WEGEMANN: über die Auswertung von Untersuchungen am fliegenden Personal der DLH zur Frage der beruflichen Beanspruchung auf der europäischen Kurzstrecke
DFVLR-Veröffentlichung 355-74/2 (1974)

56. KLIMMER,F., J.RUTENFRANZ, W.ROHMERT: Untersuchung über physiologische und biochemische Induktoren zur Differenzierung zwischen mentaler und emotionaler Beanspruchung bei psychischer Leistung
Occupational Envir. Health 44, 149-163 (1979)

57. KOLL,W.:Untersuchung zur mentalen und Kreislaufbelastung des Segelflugzeugführers beim Streckensegelflug (vorl.Titel)
Diss. Uni.Bonn (in Vorbereitung)

58. KROLL,P.: Der Anteil der Erwartungsspannung an der fliegerischen Gesamtbelastung und ihre Abhängigkeit vom Tagesrhythmus gemessen an physiologischen Größen
Diss.Uni.Bonn (1972)

59. LAUSCHNER,E., K.BAYER, U.SUCHNER: Review of Severe Light Aircraft Accidents in the BRD during a 5 Years Period (1973-1977)
XXIX Int.Congress of Aviation and Space Med. Sept 7-11,1981

60. LEWIS,C.E., W.JONES, F.AUSTIN, J.ROMAN: Flight Research Programm: Medical Monitoring of Carrier Pilots
Aerospace Med. 38, 581-592 (1967)

61. LION,P.: Zur Physiologie und Pathologie des Stresses unter Berücksichtigung sportlicher Aspekte als Mittel der Stressbewältigung
Staatsexamensarbeit f. Lehramt, Bonn (1980)

62. LIPPERT,H.: SI-Einheiten in der Medizin: Einführung in das internationale Einheitensystem
Urban und Schwarzenberg, München (1976)

63. LITTELL,D.E., R.JOY: Energy Costs of Piloting Fixed Wing Aircraft
J.Appl.Physiol. 26, 282-285 (1969)

64. LORENTZEN,F.V.: Oxygen Comsumption during Flight at Moderate G
Aerospace Med. 36, 415-417 (1965)

65. LUSK,N.: in: Wissensch.Tab.Documenta Geigy, Basel (1971), S.534

66. MARCHBANKS,V.H., H.HALE, J.ELLIS: Stress Responses of Pilots Flying 6-Hour Overwater Missions
Aerospace Med. 34, 15-18 (1963)

67. MARPMANN,J.: Gedanken zur Fliegertauglichkeit
Aerokurier 26, 71-72 (1982)

68. McKENZIE,R.E.: Concepts of Stress
in: Survey of Methods to Assess Workload
AGARDograph No. 246, 7-9 (1979)

69. MELLEROWICZ,H.: Ergometrie
Urban u.Schwarzenberg, München (1979)

70. MELTON,C.E., J.McKENZIE, J.KELLN: Effect of a General Aviation Trainer on the Stress of Flight Training
Aviat. Space Envir.Med. 46, 1-5 (1975)

71. MEMMERT,D.: Fliegerärztliche Untersuchung für Segelflieger: Zu viel Perfektionismus
Aerokurier 26, 176 (1982)

72. MURPHY,T.M., W.Young: Hyperventilation in Aircraft Pilots
Aerospace Med. 39, 463-466 (1968)

73. NEUBERT,C.G., C.MOLZ: Konzeption einer sportwissenschaftlichen Felduntersuchung und Erfahrungen mit der Herzfrequenz-Aufnahme- und Analysetechnik
Elektomedia 5 (1975)

74. NEUBERT,C.G., K.MÖCKL: Einstellung und Reaktionen auf psycho-physische Belastungen beim Segelfliegen
Leistungssport Heft 5, 350-358 (1976)

75. NEUBERT,C.G., M.MOHR: Das Verhalten hämodynanischer Parameter beim Segelfliegen
Sportarzt u.Sportmed. 3, 49-60 (1976)

76. NOWACKI,P.: CO2-Bildung und respiratorischer Quotient bei ergometrischer Leistung
in: Mellerowicz: Ergometrie, München (1979), S.257 ff

77. OPMEER,C.H., J.KROLL: Towards an Objectiv Assessment of Cockpit Workload
Aerospace Med. 44, 527-532 (1973)

78. PEARCE,D.,T.MILHORN: Dynamic and steady-state Respiratory Responces to Bicycle Exercise
J.Appl.Physiol. 42, 959-967 (1977)

79. PERELLI,L.P.: Physiological Aspects of Workload /Fatigue/Stress
in: Survey of Methods to Assess Workload
AGARDograph Nr. 246, 13-16 (1976)

80. PETTYJOHN,F.S., R.McNEIL, L.AKERS, J.FABER:
Use of Inspiratory Minute Volumes in Evaluation of Rotary and Fixed Wing Pilot Workload
in: Methods to Assess Workload, AGARD Conference Proceedings No.216, A9-1-A9-3 (1977)

81. RAABE,H.: Biotelemetrische Untersuchung des Herz-Kreislaufsystemes bei Hubschrauber-Piloten zur Feststellung der unterschiedlichen fliegerischen Belastung
Diss. Uni.Bonn (1969)

82. ROMAN,J.A.: Cardiorespiratory Functioning In-Flight
Aerospace Med. 34, 322-337 (1963)

83. ROSCOE,A.H.: Heart Rate Monitoring of Pilots during Steep-Gradient Approches
Aviat.Space Envir.Med. 46, 1410-1413 (1975)

84. ROSKAMM,H., P.BECKHOVE, H.REINDELL: Die Herzfrequenz im Training und im Wettkampf des Hochleistungssportlers
Sportarzt u.Sportmed. 16, 439-453 (1965)

85. ROSSIER,P.A., H.MEAN:
Schweiz. Med. Wschr. S.327 (1943)

86. ROTONDO,G.: Some Considerations concerning Methods to Evaluate and Assess Workload in Aircraft Pilots
in: Survey of Methods to Assess Workload
AGARDograph No.246, 11-12 (1979)

87. RUFFELL SMITH,H.P.: Heart Rate of Pilots Flying Aircraft on scheduled Airline Routes
Aerospace Med. 38, 1117-1119 (1967)

88. SACHS,L.: Statistische Auswertungsmethoden, 3.Aufl.
Springer, Berlin (1972)

89. SCHALOW: Introduction a la recherche medicale en vol a voile, prise d'electrocardiogrammes a bord de planeur
Revue de med. aeronautique 5,33-37 (1966)

90. SCHANE,W.P.: Continuous ECG Recording of Helicopter Instructor Pilots
Clinical Aviat.Aerospace Med.,S.560-563 (1972)

91. SCHMIDT,R.F.,G.THEWS: Physiologie des Menschen,19.Aufl.
Springer, Berlin (1977)

92. SEIFERT,R.: Die Berücksichtigung des Menschen bei der Entwicklung technischer Probleme
Wehrtechn. Monatshefte 62, 320-329 (1965)

93. SEKIGUCHI,C.,O.Yamagachi, T.KITAJAMA, Y.UEDA:
Continuous ECG Monitoring on Civil Air Crews During Flight Operations
Aviat.Space Envir.Med. 48, 872-876 (1977)

94. SELYE,H.: Stress
Acta Inc.Med.Publishers, Montreal (1950)

95. SPELLS,K.E.: The Physics of the Atmosphere
in: Gilles: Textbook of Aviat.Physiol.,
Pergammon Press, Oxford (1965)

96. SPITZER, HETTINGER: Tafeln für den Kalorienumsatz bei körperlicher Arbeit
Sonderheft d. Refa-Nachrichten,5.Aufl.
Refa e.V., Darmstadt (1969)

97. STEGEMANN,J.:Leistungsphysiologie, 2.Auflage
Thieme, Heidelberg (1977), S.350ff

98. STEINIGER,K.: Psychologische Aspekte der Ausbildung von Piloten
Arbeit u.Leistung 24, 108-114 (1970)

99. STODDART,J.C.: Reaction Time during Voluntarily Controlled Alveolar Hyperventilation
Aerospace Med. 38, 171-173 (1967)

100. STÜBEN,U.: Über die Kreislaufbelastung bei Flugschülern und Fluglehrern während des Segelfliegens
Diss.Uni.Frankfurt (1979)

101. VOGE,W.: Comparison of Several G-Tolerance: Measuring Methods at Various Seat-back-eangles
Aviat.Space Envir.Med. 49, 377-383 (1978)

102. WEBB,P.: Work,Heat and Oxygen Cost
in: Parker,J.,V.West: Bioastronautic Data Book
NASA SP 3006-1973, S.847-879

103. WEINHOLTZ,F.: Fliegertauglichkeitsuntersuchung: Ein Relikt aus der Vergangenheit?
Aerokurier 25, 1459 (1981)

104. WEVER,R.: Die Tagesperiodik des Menschen: Grundlagen und Probleme
Betriebsärztliches 1, 1-33 (1980)

105. WOOD,E.H., A.C.NOLAN, D.DONALD, L.CRONIN: Influence of Acceleration on Pulmonary Physiology
Federation Proceedings 22, 1024-1034 (1963)

106. Gebr. Mjinhardt, Odijk, Holland, M.P.4016/0
Operating Manual for the use with the Mjinhardt Portable Oxycon System

107. International Biophysics Cooperation, Irvine (USA):
The IBC Modell 300, Compact Oxygen Analyser
Bulletin COA 271

7. ANHANG:

7.1. Auflistung der Meßgrößen der Versuchspersonen:

Bei den einzelnen Flugphasen ist neben den Halbminutenwerten (1-10) der Mittelwert (X) angegeben.

Vp Nr.1: (Erfahrener/Fluglehrer)
Alter: 67 Jahre — Flugerfahrung: 9000 h
Größe: 164 cm — Flugpraxis: 15 '
Gewicht: 67 kg — Körperoberfläche: 1,72 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	Δ O2	$\dot{V}O2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	16.5	17.8	13.9	4.1	566	26	92		
E	2	16.8	18.2	14.2	4.1	581	30	86		
R	3	16.7	18.0	14.1	3.9	523	28	85		
A	4	17.0	18.4	14.4	3.9	566	29	87		
D	5	16.7	18.0	14.2	3.9	558	29	86		
E	6	16.8	18.2	14.3	3.9	559	29	85		
A	7	16.5	17.8	14.1	3.9	550	28	85		
U	8	16.8	18.2	14.4	4.0	570	29	86		
S	9	16.7	18.0	14.4	4.0	570	28	86		
	10	15.8	17.1	13.7	4.0	545	28	85		
X		16.6	18.0	14.2	4.0	561.7	28.4	86.3	25.3	22.9
K	1	17.7	18.9	14.5	2.8	408	30	87		
R	2	17.3	18.6	14.2	2.8	395	29	90		
E	3	16.0	17.1	13.2	2.8	370	29	89		
I	4	17.0	18.2	14.1	2.9	406	27	87		
S	5	16.3	17.5	13.6	3.0	405	30	88		
F	6	15.3	16.4	12.8	2.8	353	29	88		
L	7	16.8	18.0	14.2	2.8	395	29	87		
U	8	14.8	15.9	12.5	2.8	354	28	87		
G	9	16.5	17.7	14.0	2.9	406	30	90		
	10	17.3	18.6	14.7	3.0	435	32	86		
X		16.5	17.7	13.8	2.84	392.6	29.3	87.9	35.2	7.0
T	1	18.3	19.6	15.4	4.1	628	31	93		
H	2	19.5	20.9	16.4	4.1	671	32	92		
E	3	17.0	18.2	14.3	4.1	579	30	92		
R	4	16.5	17.7	13.9	4.1	573	30	90		
M	5	17.8	19.1	14.9	4.1	606	32	98		
I	6	18.5	19.8	15.4	4.1	623	31	89		
K	7	18.5	19.8	15.3	4.1	624	30	94		
F	8	18.8	20.2	15.5	4.2	654	30	90		
L	9	18.0	19.3	14.8	4.2	621	30	90		
U	10	19.7	21.0	16.1	4.3	689	30	92		
	X	18.3	19.6	15.2	4.12	626.8	30.6	92	24.3	19.1
Bodenwerte:		10.4	11.1	9.2	3.3	303	21	75	30.4	

Umsatz (kJ/min x m2) : Boden: 3.56, Geradeaus.: 6.60
Kreis: 4.61, Thermik.: 7.37

Vp Nr.2 (Erfahrener/Fluglehrer)

Alter: 42 Jahre
Größe: 181 cm
Gewicht: 62 kg

Flugerfahrung: 1212 h
Flugpraxis: 2 h
Körperoberfläche: 1.79 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	ΔO_2	$\dot{V}O_2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	16.5	18.1	13.6	3.6	486	23	102		
E	2	16.0	17.6	13.2	3.7	487	19	101		
R	3	14.5	15.9	12.0	3.8	460	23	103		
A	4	15.8	17.4	13.1	3.7	485	24	102		
D	5	16.7	18.3	13.9	3.6	495	23	106		
E	6	15.2	16.6	12.7	3.6	455	24	101		
A	7	15.5	17.0	12.9	3.6	463	24	103		
U	8	15.5	17.0	12.9	3.6	470	22	101		
S	9	14.3	15.7	12.0	3.7	443	22	100		
	10	16.0	17.6	13.5	3.7	495	21	99		
	X	15.6	17.1	13.0	3.7	473.9	22.5	101.8	27.4	8.9
K	1	13.2	14.4	10.9	4.9	531	19	97		
R	2	14.0	15.4	11.6	4.9	569	22	99		
E	3	15.5	17.0	12.9	4.8	617	20	101		
I	4	13.3	14.6	11.1	4.7	516	22	100		
S	5	13.8	15.2	11.5	4.7	539	22	100		
F	6	14.0	15.4	11.7	4.7	544	21	101		
L	7	14.3	15.7	12.0	4.7	566	22	98		
U	8	14.5	15.9	12.2	4.8	582	20	99		
G	9	15.2	16.6	12.8	4.7	602	21	100		
	10	13.5	14.8	11.4	4.7	531	20	99		
	X	14.1	15.5	11.8	4.74	559.7	20.9	99.4	21.1	15.9
T	1	23.0	25.2	20	3.8	758	28	122		
H	2	22.2	24.3	19.3	3.8	728	28	117		
E	3	20.3	22.3	19.3	3.9	753	26	116		
R	4	21.7	23.8	18.8	3.9	729	27	114		
M	5	20.8	22.9	18.0	3.9	698	26	112		
I	6	18.0	19.8	15.6	3.9	608	23	109		
K	7	17.5	19.2	15.2	3.8	584	25	106		
F	8	19.0	20.8	16.5	3.8	625	26	108		
L	9	18.7	20.5	16.3	3.8	623	26	106		
U	10	16.7	18.3	14.6	3.8	560	24	102		
G	X	19.8	21.7	17.4	3.84	666.6	25.9	111.2	26.1	12.9
Bodenwerte:		10.0	11.0	9.1	3.47	315	17	84	28.8	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 3.54, Geradeaus.: 5.33
Kreis: 6.30, Thermik.: 7.50

Vp Nr.3 (Erfahrener/Fluglehrer/Motorflieger)

Alter: 40 Jahre
Größe: 176 cm
Gewicht: 73 kg

Flugerfahrung: 2500 h
Flugpraxis: 0 h
Körperoberfläche: 1.89 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	ΔO_2	$\dot{V}O_2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	9.8	10.6	8.0	4.0	318	17	88		
E	2	8.8	9.5	7.2	3.9	281	17	92		
R	3	10.5	11.3	8.6	4.0	345	18	89		
A	4	10.2	10.9	8.4	3.9	328	18	93		
D	5	10.8	11.6	9.0	3.7	332	20	97		
E	6	12.7	13.6	10.5	3.6	374	19	100		
A	7	10.3	11.1	8.6	3.9	338	19	98		
U	8	11.0	11.8	9.2	3.8	351	17	93		
S	9	8.3	9.0	7.0	3.7	257	12	87		
	10	8.2	8.8	6.9	3.7	258	18	98		
	X	10.1	10.8	8.3	3.82	318.0	17.5	93.5	26.2	14.9
K	1	12.0	12.9	9.5	3.6	341	18	106		
R	2	11.0	11.8	8.7	3.5	304	21	104		
E	3	11.8	12.7	9.4	3.4	319	21	106		
I	4	11.0	11.8	8.8	3.3	290	18	103		
S	5	11.0	11.8	8.8	3.4	294	19	107		
F	6	11.5	12.4	9.3	3.5	322	21	107		
L	7	11.6	12.5	9.5	3.4	320	21	107		
U	8	13.2	14.1	10.8	3.5	380	20	107		
G	9	11.7	12.5	9.6	3.4	329	20	102		
	10	11.7	12.5	9.2	3.5	325	21	104		
	X	11.7	12.5	9.4	3.45	322.4	20.0	105.3	29.1	5.5
T	1	11.3	12.2	9.5	4.0	376	20	99		
H	2	13.3	14.3	11.1	3.9	434	20	105		
E	3	13.2	14.1	10.9	4.0	434	21	107		
R	4	13.0	14.0	10.7	3.9	418	21	106		
M	5	13.5	14.5	11.1	4.0	447	22	102		
I	6	15.3	16.5	12.5	4.1	512	22	107		
K	7	12.7	13.6	10.3	4.1	418	21	103		
F	8	11.8	12.7	9.6	4.0	382	22	100		
L	9	12.3	13.2	10.0	3.9	393	21	98		
U	10	12.2	13.1	9.8	3.9	382	20	100		
G	X	12.9	13.8	10.6	3.98	419.6	21.0	102.7	25.2	12.7
Bodenwerte:		8.8	9.5	7.1	2.88	221	16	87	32.1	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 2.37, Geradeaus.: 3.41
Kreis: 3.45, Thermik.: 4.50

Vp Nr.4 (Erfahrener/Fluglehrer/Motorsegler):

Alter: 37 Jahre
Größe: 178 cm
Gewicht: 94 kg

Flugerfahrung: 850 h
Flugpraxis: 3 h 47'
Körperoberfläche: 2.11 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	$\Delta O2$	$\dot{V}O2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	12.2	13.4	9.9	3.9	383	25	106		
E	2	12.2	13.4	10.0	3.9	392	28	103		
R	3	11.7	12.8	9.6	4.0	380	26	106		
A	4	11.3	12.4	9.3	4.0	371	24	110		
D	5	12.2	13.4	10.1	3.9	393	25	106		
E	6	11.2	12.3	9.3	4.0	370	26	108		
A	7	12.5	13.7	10.4	3.9	409	28	112		
U	8	11.0	12.1	9.2	3.8	350	24	112		
S	9	13.3	14.6	11.2	3.9	437	28	109		
	10	11.2	12.3	9.5	4.0	375	24	107		
	X	11.88	13.04	9.85	3.92	25.8	25.8	107.9	25.5	3.6
K	1	9.2	10.0	7.5	4.1	310	24	108		
R	2	9.8	10.8	8.0	4.1	326	25	106		
E	3	10.0	11.0	8.1	4.1	329	26	104		
I	4	9.8	10.8	8.0	4.0	322	26	104		
S	5	10.0	11.0	8.1	4.1	332	24	104		
F	6	9.3	10.2	7.5	4.0	299	24	102		
L	7	10.5	11.5	8.5	4.0	338	25	104		
U	8	9.3	10.2	7.5	4.1	308	25	103		
G	9	10.2	11.2	8.3	4.1	340	25	102		
	10	10.5	11.5	8.5	4.0	343	26	105		
	X	9.86	10.82	8.0	4.06	324.7	25.0	104.2	24.7	9.6
T	1	16.0	17.6	13.1	4.1	532	30	114		
H	2	11.8	13.0	9.7	4.3	418	27	108		
E	3	12.3	13.5	10.1	4.4	445	30	108		
R	4	14.0	15.4	11.6	4.3	499	29	112		
M	5	15.7	17.2	13.0	4.1	536	30	113		
I	6	16.0	17.6	13.2	4.1	542	28	115		
K	7	13.7	15.0	11.3	4.1	458	30	113		
F	8	15.8	17.4	13.0	4.0	524	29	115		
L	9	14.7	16.1	12.1	3.8	462	26	109		
U	10	15.2	16.6	12.5	4.0	498	30	110		
G	X	14.52	15.94	11.96	4.12	491.4	28.9	111.7	24.4	15.6
Bodenwerte:										
		7.2	7.9	6.5	3.8	246	20	96	29.9	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 2.36 Gerade: 3.70
Kreis: 3.11 Thermik: 4.71

Vp Nr.5 (Erfahrener/Fluglehrer):

Alter: 53 Jahre
Größe: 177 cm
Gewicht: 71 kg

Flugerfahrung: 309 h
Flugpraxis: 0 h
Körperoberfläche: 1.86 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	$\Delta O2$	$\dot{V}O2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	12.7	13.6	10.1	3.5	357	24	100		
E	2	14.5	15.6	11.6	3.6	416	20	99		
R	3	14.0	15.0	11.2	3.5	389	20	99		
A	4	11.8	12.7	9.5	3.4	318	18	99		
D	5	11.5	12.4	9.3	3.4	313	19	100		
E	6	11.0	11.8	8.9	3.5	313	18	97		
A	7	10.8	11.6	8.8	3.6	316	18	97		
A	8	8.8	9.5	7.2	3.5	254	18	99		
U	9	13.2	14.1	10.7	3.6	383	16	97		
S	10	15.3	16.5	13.6	3.7	462	16	99		
	X	12.36	13.28	9.99	3.52	352.1	18.7	98.6	28.4	7.0
K	1	16.0	17.2	12.5	3.1	390	26	108		
R	2	15.2	16.3	11.9	3.0	355	28	109		
E	3	15.7	16.8	12.4	3.0	366	24	111		
I	4	15.5	16.6	12.3	2.7	328	25	110		
S	5	14.7	15.7	11.7	2.7	310	23	111		
F	6	16.8	18.1	13.5	2.5	342	24	111		
L	7	14.5	15.6	11.7	2.3	271	24	112		
U	8	15.2	16.3	12.3	2.3	277	24	113		
G	9	16.0	17.2	13.2	2.3	298	24	120		
	10	15.8	17.2	13.1	2.5	328	23	120		
	X	15.54	16.7	12.46	2.62	326.5	24.5	112.5	38.2	2.0
T	1	17.5	18.7	14.5	3.4	495	28	124		
H	2	18.0	19.2	14.9	3.5	525	28	124		
E	3	17.8	19.1	14.7	3.7	540	30	122		
R	4	16.3	17.5	13.4	3.5	463	27	122		
M	5	18.7	19.9	15.3	3.4	526	27	122		
I	6	17.3	18.5	14.2	3.4	481	26	120		
K	7	15.7	16.7	12.8	3.5	451	28	118		
F	8	13.5	14.4	11.0	3.3	367	29	118		
L	9	18.0	19.2	14.7	3.3	488	30	120		
U	10	17.7	18.9	14.4	3.5	498	27	118		
G	X	17.05	18.21	13.99	3.46	483.4	28	120.8	29.0	6.3
Bodenwerte:										
		11.7	12.7	10.3	2.69	278	16	88	37.1	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 3.02 Geradeaus: 3.83
Kreis: 3.55 Thermik: 5.25

Vp Nr.6 (Erfahrener/Fluglehrer/Motorflieger):

Alter: 57 | Flugerfahrung: 2100 h
Größe: 177 cm | Flugpraxis: 0 h
Gewicht: 72 kg | Körperoberfläche: 1.82 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	ΔO_2	$\dot{V}O_2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	10.0	10.9	8.3	3.7	307	18	63		
E	2	10.8	11.8	8.9	3.6	318	20	67		
R	3	9.2	10.0	7.6	3.5	269	17	63		
A	4	9.7	10.5	8.1	3.5	286	18	62		
D	5	10.5	11.5	8.8	3.6	317	17	63		
E	6	10.3	11.3	8.7	3.6	312	18	63		
A	7	10.2	11.1	8.6	3.6	310	18	65		
U	8	10.0	10.9	8.5	3.5	299	18	65		
S	9	11.2	12.2	9.5	3.5	334	16	66		
	10	9.0	9.8	7.7	3.5	271	17	69		
	X	10.09	11.0	8.47	3.57	302	17.7	64.6	28.4	83.3
K	1	9.7	10.5	7.9	3.4	266	18	68		
R	2	8.8	9.6	7.2	3.4	242	18	68		
E	3	9.5	10.4	7.8	3.3	259	18	70		
I	4	10.0	10.9	8.2	3.3	271	19	72		
S	5	10.5	11.5	8.7	3.3	287	19	71		
F	6	10.0	10.9	8.3	3.3	276	16	71		
L	7	8.7	9.5	7.3	3.9	247	17	71		
U	8	10.8	11.8	9.1	3.4	310	17	69		
G	9	8.8	9.6	7.4	3.4	248	18	71		
	10	10.5	11.5	8.9	3.4	301	18	67		
	X	9.73	10.62	8.08	3.52	270.7	17.8	69.8	29.9	3.2
Bodenwerte:										
		9.3	10.1	8.3	3.1	252	15	64	32.9	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 2.72 Gerade: 3.26
Kreis: 2.92

Vp Nr.7 (Erfahrener):

Alter: 33 Jahre | Flugerfahrung: 959 h
Größe: 173 cm | Flugpraxis: 9 h 24'
Gewicht: 72 kg | Körperoberfläche: 1.85 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	ΔO_2	$\dot{V}O_2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	8.5	9.0	6.9	4.8	328	12	89		
E	2	10.8	11.5	8.7	4.8	415	14	92		
R	3	8.2	8.7	6.6	4.8	318	14	91		
A	4	8.7	9.2	7.1	4.8	341	12	93		
D	5	9.2	9.7	7.5	4.7	353	12	91		
E	6	7.7	8.1	6.3	4.7	294	12	89		
A	7	9.3	9.9	7.6	4.7	353	13	89		
U	8	8.3	8.8	6.8	4.6	313	11	88		
S	9	8.3	8.8	6.8	4.6	310	12	87		
	10	10.0	10.6	8.2	4.6	374	14	96		
	X	8.9	9.43	7.25	4.69	339.9	12.6	90.5	21.4	20.9
K	1	11.2	11.8	9.0	4.9	438	18	97		
R	2	10.2	10.8	8.3	4.9	403	16	94		
E	3	10.0	10.6	8.1	4.9	397	14	97		
I	4	9.7	10.3	7.9	4.9	385	14	95		
S	5	9.3	9.9	7.6	4.8	367	15	94		
F	6	8.3	8.8	6.8	4.8	326	14	94		
L	7	11.3	12.0	9.3	4.8	449	15	95		
U	8	11.7	12.4	9.6	4.9	466	18	95		
G	9	9.0	9.5	7.4	4.7	349	14	93		
	10	10.0	10.6	8.2	4.7	388	16	95		
	X	10.07	10.67	8.22	4.82	396.7	15.4	94.9	20.8	18.2
T	1	12.3	13.1	10.4	4.3	442	20	116		
H	2	13.0	13.8	10.9	4.3	470	23	113		
E	3	14.8	15.7	12.5	4.3	539	23	115		
R	4	15.3	16.3	12.9	4.3	553	23	118		
M	5	15.7	16.6	13.2	4.3	566	23	112		
I	6	15.0	15.9	12.6	4.3	541	22	116		
K	7	14.5	15.4	12.2	4.4	537	22	124		
F	8	13.7	14.5	11.5	4.4	511	20	117		
L	9	16.2	17.1	13.5	4.3	585	24	116		
U	10	17.3	18.4	14.4	4.2	611	24	116		
G	X	14.78	15.68	12.41	4.32	538.1	22.4	116.3	23.1	10.3
Bodenwerte:										
		7.5	7.9	6.5	3.3	217	10	85	29.9	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 2.38 Gerade: 3.73
Kreis: 4.35 Thermik: 5.90

Vp Nr. 8 (Erfahrener):

Alter: 38 Jahre
Größe: 178 cm
Gewicht: 77.5 kg

Flugerfahrung: 727 h 08'
Flugpraxis: 6 h 16'
Körperoberfläche: 1.94 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	ΔO_2	$\dot{V}O_2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	10.7	11.4	8.6	4.6	394	15	96		
E	2	11.5	12.3	9.3	4.7	433	16	95		
R	3	11.0	11.8	8.9	4.5	404	17	94		
A	4	14.3	15.3	11.6	4.6	529	15	91		
D	5	11.0	11.8	9.0	4.6	418	16	92		
E	6	11.5	12.3	9.4	4.7	443	16	92		
A	7	10.0	10.7	8.2	4.6	381	14	87		
U	8	10.7	11.4	8.8	4.7	413	15	92		
S	9	11.3	12.1	9.3	4.7	440	14	93		
	10	11.5	12.3	9.5	4.6	440	14	95		
	X	11.35	12.14	9.26	4.64	429.3	15.2	92.7	21.6	4.2
K	1	10.3	11.1	8.4	5.6	466	12	86		
R	2	10.0	10.7	8.2	5.6	457	13	89		
E	3	9.3	10.0	7.6	5.6	425	11	89		
I	4	10.8	11.6	8.9	5.6	498	14	90		
S	5	10.2	10.9	8.4	5.6	470	12	87		
F	6	10.0	10.7	8.2	5.6	460	15	90		
L	7	10.0	10.7	8.2	5.6	462	14	89		
U	8	10.3	11.1	8.5	5.7	485	12	87		
G	9	9.3	10.0	7.7	5.6	431	13	88		
	10	9.8	10.5	8.8	5.5	484	13	87		
	X	10.0	10.73	8.29	5.59	463.6	12.9	88.2	17.9	8.2
T	1	13.3	14.4	11.1	5.4	599	14	106		
H	2	15.0	16.2	12.5	5.4	675	17	100		
E	3	14.8	16.0	12.4	5.4	670	16	100		
R	4	14.8	16.0	12.4	5.4	672	16	104		
M	5	16.2	17.5	13.6	5.3	725	18	103		
I	6	12.3	13.3	10.4	5.2	545	15	105		
K	7	13.2	14.2	11.1	5.3	584	16	102		
F	8	15.2	16.4	12.8	5.2	659	17	103		
L	9	13.0	14.0	11.0	5.2	569	16	100		
U	10	13.2	14.2	11.2	5.2	579	17	108		
G	X	14.1	15.22	11.85	5.29	627.6	16.2	103.1	18.9	9.7
Bodenwerte:										
		9.6	10.3	9.1	3.9	355	12	75	25.6	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 3.70 Geradeaus: 4.47
Kreis: 4.83 Thermik: 6.53

Vp Nr. 9 (Erfahrener):

Alter: 33 Jahre
Größe: 186 cm
Gewicht: 84 kg

Flugerfahrung: 670 h
Flugpraxis: 7 h 32'
Körperoberfläche: 2.08 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	ΔO_2	$\dot{V}O_2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	10.5	11.3	8.5	4.3	363	20	64		
E	2	11.0	11.8	8.9	4.2	371	20	65		
R	3	10.5	11.3	8.5	4.1	344	22	66		
A	4	11.7	12.5	9.5	4.1	387	21	64		
D	5	12.5	13.4	10.2	4.1	420	19	66		
E	6	12.2	13.1	10.2	4.1	427	20	67		
A	7	13.0	14.0	10.7	4.5	485	20	70		
U	8	12.5	13.4	10.3	4.4	454	19	68		
S	9	11.5	12.4	9.5	4.3	407	19	67		
	10	12.0	12.9	9.9	4.4	430	20	69		
	X	11.74	12.61	9.59	4.26	408.8	20	66.6	23.5	39.9
K	1	11.8	12.6	9.4	4.4	411	20	79		
R	2	11.8	12.6	9.5	4.5	426	20	78		
R	3	12.3	13.1	9.9	4.4	436	20	81		
E	4	11.7	12.4	9.5	4.5	428	22	76		
I	5	12.3	13.1	10.1	4.3	429	22	78		
S	6	12.3	13.1	10.1	4.2	422	22	78		
F	7	12.3	13.1	10.2	4.3	436	22	78		
L	8	11.7	12.4	9.7	4.3	419	22	77		
U	9	12.2	12.9	10.1	4.4	443	24	75		
G	10	12.3	13.1	10.3	4.2	427	24	74		
	X	12.07	12.84	9.88	4.33	427.7	21.8	77.4	23.1	9.2
T	1	16.0	17.4	13.5	3.8	518	24	82		
H	2	14.5	15.8	12.2	3.8	462	24	78		
E	3	14.0	15.3	11.7	3.9	452	23	79		
R	4	13.5	14.7	11.2	3.9	441	21	77		
M	5	14.0	15.3	11.6	3.6	463	24	81		
I	6	13.8	15.1	11.4	4.1	465	22	81		
K	7	14.0	15.3	11.6	4.1	479	24	81		
F	8	15.2	16.5	12.6	4.1	520	24	83		
L	9	14.5	15.8	12.0	4.1	496	24	84		
U	10	14.5	15.8	12.0	4.1	537	24	84		
G	X	14.5	15.81	12.07	4.01	483.3	23.4	80.7	25.0	10.7
Bodenwerte:										
		9.7	10.2	8.4	3.64	305	16	64	30.9	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 2.97 Geradeaus: 3.98
Kreis: 4.16 Thermik: 4.90

Vp Nr. 10 (Erfahrener):

Alter: 29 Jahre
Größe: 177 cm
Gewicht: 70 kg

Flugerfahrung: 460 h
Flugpraxis: 8 h 09'
Körperoberfläche: 1.86 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS) (l / m i n)	$\dot{V}E$ (BTPS) (l / m i n)	$\dot{V}E$ (STPD) (l / m i n)	ΔO_2 (%)	$\dot{V}O_2$ (STPD) (ml/min)	Af (1/min)	Hf	AÄ	SMP (ml/
G	1	14.8	15.9	12.1	3.2	384	26	103		
E	2	14.3	15.4	11.7	3.2	370	25	101		
R	3	14.8	15.9	12.2	3.1	383	26	104		
A	4	15.5	16.6	12.8	3.2	404	26	104		
D	5	13.8	14.8	11.5	3.2	363	24	102		
E	6	15.7	16.8	13.1	3.3	431	22	101		
A	7	14.8	15.9	12.4	3.2	399	26	102		
U	8	15.0	16.1	12.6	3.3	418	26	107		
S	9	15.7	16.8	13.2	3.2	424	25	107		
	10	15.8	16.9	13.4	3.2	427	25	107		
	X	15.02	16.11	12.5	3.2	400.4	25.1	103.7	31.3	7.1
K	1	13.5	14.5	11.0	4.1	455	29	110		
R	2	15.5	16.6	12.7	4.3	540	28	110		
R	3	17.0	18.2	13.9	4.2	582	29	111		
E	4	16.8	18.0	13.8	4.2	585	30	115		
I	5	16.2	17.3	13.4	4.1	551	26	112		
S	6	16.0	17.1	13.2	4.1	535	28	113		
F	7	17.0	18.2	14.1	4.0	563	26	116		
L	8	15.3	16.4	12.7	4.0	505	26	114		
U	9	15.0	16.1	12.5	4.0	503	27	113		
G	10	15.0	16.1	12.6	4.1	519	26	112		
	X	15.73	16.85	12.99	4.11	533.8	27.5	112.6	24.2	9.8
T	1	20.5	21.7	16.9	3.5	598	31	128		
E	2	21.0	22.3	17.4	3.7	644	32	132		
R	3	21.0	22.3	17.4	3.7	644	31	133		
M	4	17.3	18.4	14.3	3.7	529	30	130		
I	5	19.5	20.7	16.1	3.9	621	30	132		
K	6	19.7	20.9	16.3	4.0	646	30	128		
F	7	18.2	19.3	15.1	4.0	598	28	129		
L	8	20.5	21.7	16.9	4.0	674	30	130		
U	9	20.5	21.7	16.9	4.0	671	32	132		
G	10	19.8	21.0	15.6	3.8	619	30	134		
	X	19.8	21.0	16.29	3.82	624.4	30.4	130.8	26.1	7.8
Bodenwerte:										
		10.7	11.5	9.5	2.97	282	17	87	33.7	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 3.08 Geradeaus: 4.37
Kreis: 5.82 Thermik: 6.81

Vp Nr. 11 (Erfahrener)

Alter: 42 Jahre
Größe: 182 cm
Gewicht: 100 kg

Flugerfahrung: 435 h
Flugpraxis: 7 h 45'
Körperoberfläche: 2.21 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS) (l / m i n)	$\dot{V}E$ (BTPS) (l / m i n)	$\dot{V}E$ (STPD) (l / m i n)	ΔO_2 (%)	$\dot{V}O_2$ (STPD) (ml/min)	Af (1/min)	Hf	AÄ	SMP (ml/
G	1	12.3	13.7	10.3	4.0	414	22	103		
E	2	13.3	14.8	11.2	4.1	459	21	95		
R	3	13.5	14.9	11.5	4.3	490	22	96		
A	4	13.5	14.9	11.5	4.4	503	23	100		
D	5	13.0	14.4	11.1	4.2	467	22	96		
E	6	12.7	14.0	10.8	4.2	448	23	93ß		
A	7	13.0	14.4	11.1	4.2	466	23	93		
U	8	14.5	16.1	12.4	4.1	512	25	99		
S	9	14.2	15.7	12.2	3.97	484	25	98		
	10	13.2	14.6	11.3	4.0	449	23	97		
	X	13.32	14.75	11.34	4.14	469	22.9	97.4	24.2	6.9
K	1	14.6	15.4	11.7	5.1	601	24	107		
R	2	13.8	15.3	11.6	5.0	580	24	107		
R	3	13.7	15.1	11.6	5.0	578	23	105		
E	4	14.0	15.4	11.9	5.0	593	22	107		
I	5	14.3	15.8	12.2	5.1	619	22	107		
S	6	14.0	15.4	12.0	5.1	615	22	108		
F	7	14.5	16.0	12.5	5.0	625	24	108		
L	8	13.8	15.3	11.9	5.1	603	23	107		
U	9	14.5	16.0	12.6	5.0	625	24	103		
G	10	14.7	16.2	12.8	5.0	635	23	109		
	X	14.19	15.59	12.08	5.03	607.4	23.1	106.8	19.9	10.0
T	1	15.0	16.1	12.4	4.4	548	23	125		
H	2	15.8	16.9	13.2	4.5	587	25	126		
E	3	15.8	16.9	13.2	4.4	585	24	124		
R	4	16.3	17.5	13.6	4.4	599	26	126		
M	5	17.8	19.1	14.9	4.4	654	23	128		
I	6	17.7	18.9	14.9	4.5	663	28	126		
K	7	17.0	18.2	14.3	4.4	631	24	125		
F	8	16.5	17.7	13.9	4.3	595	28	124		
L	9	16.2	17.3	13.7	4.5	610	25	121		
U	10	17.2	18.4	14.6	4.4	647	26	126		
G	X	16.53	17.7	13.87	4.41	611.9	25.2	125.1	22.7	5.8
Bodenwerte:										
		12.0	13.3	10.9	3.41	374	22	83	29.5	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 3.39 Geradeaus: 4.29
Kreis: 5.56 Thermik: 5.60

Vp Nr. 12 (Schüler)

Alter: 28 Jahre — Flugerfahrung: 58 h 07'
Größe: 178 cm — Flugpraxis: 9 h 38'
Gewicht: 77 kg — Körperoberfläche: 1.95 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	$\Delta O2$	$\dot{V}O2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	10.7	11.7	9.2	3.8	351	20	92		
E	2	10.0	11.0	8.6	3.7	318	22	95		
R	3	12.2	13.4	10.5	3.8	396	22	94		
A	4	11.8	13.0	10.2	3.8	380	19	96		
D	5	10.7	11.7	9.3	3.7	346	19	96		
E	6	10.7	11.7	9.3	3.8	351	21	96		
A	7	9.8	10.8	8.6	3.8	323	22	99		
U	8	9.0	9.9	7.9	3.7	292	20	94		
S	9	10.0	11.0	8.8	3.8	330	20	93		
	10	9.0	9.9	7.9	3.6	287	20	96		
	X	10.39	11.41	9.03	3.74	337.4	20.5	95	26.8	2.6
K	1	12.0	13.2	10.1	3.9	389	20	83		
R	2	13.5	14.9	11.4	3.8	438	21	86		
E	3	11.7	12.8	10.0	3.8	384	22	86		
I	4	13.3	14.7	11.4	3.8	434	20	94		
S	5	13.0	14.3	11.2	3.9	438	20	90		
F	6	16.0	17.6	13.8	3.9	533	21	90		
L	7	11.7	12.8	10.2	3.9	394	21	84		
U	8	12.3	13.6	10.7	3.6	380	22	84		
G	9	12.2	13.4	10.7	3.4	368	21	88		
	10	14.0	15.4	12.3	3.5	429	22	91		
	X	12.97	14.27	11.18	3.75	418.7	21.0	87.4	26.8	9.2
T	1	18.2	19.8	15.0	3.6	546	25	97		
H	2	14.3	15.6	11.8	3.7	434	25	97		
E	3	17.0	18.5	14.0	3.6	504	28	98		
R	4	16.2	17.6	13.3	3.6	482	24	97		
M	5	16.5	18.0	13.5	3.6	491	26	97		
I	6	14.3	15.6	11.7	3.7	433	26	93		
K	7	17.5	19.1	14.4	3.6	521	26	96		
F	8	15.0	16.4	12.3	3.6	445	26	95		
L	9	18.3	20.0	15.1	3.6	541	26	97		
U	10	19.8	21.6	16.3	3.5	577	28	97		
G	X	16.71	18.22	13.74	3.63	497.6	26.0	96.4	27.7	9.0
Bodenwerte:										
		9.2	10.0	8.2	3.36	277	14	72	29.6	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 2.88 Geradeaus: 3.51
Kreis: 4.35 Thermik: 5.18

Vp Nr. 13 (Schüler)

Alter: 16 Jahre — Flugerfahrung: 23 h
Größe: 185 cm — Flugpraxis: 4 h 45'
Gewicht: 71 kg — Körperoberfläche: 1.93 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	$\Delta O2$	$\dot{V}O2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	8.3	9.2	7.0	5.7	401	15	87		
E	2	9.5	10.5	8.0	5.63	450	17	93		
R	3	11.2	12.3	9.5	5.5	526	20	106		
A	4	9.2	10.1	7.8	5.3	412	16	94		
D	5	9.8	10.8	8.4	5.3	445	18	92		
E	6	11.3	12.5	9.7	5.3	516	17	104		
A	7	11.0	12.1	9.4	5.4	506	17	102		
U	8	9.7	10.6	8.4	5.4	456	17	90		
S	9	10.7	11.7	9.3	5.5	512	19	107		
	10	12.2	13.4	10.6	5.4	572	19	107		
	X	10.29	11.32	8.81	5.45	479.6	17.5	97.5	18.4	14.0
K	1	12.8	13.9	10.5	4.3	453	20	98		
R	2	12.0	13.0	9.9	4.5	442	19	97		
E	3	11.7	12.7	9.7	4.5	432	17	96		
I	4	11.7	12.7	9.7	4.5	438	20	97		
S	5	11.7	12.7	9.8	4.51	442	20	99		
F	6	11.3	12.3	9.5	4.4	421	18	97		
L	7	12.2	13.2	10.3	4.5	467	19	96		
U	8	11.2	12.1	9.5	4.4	421	18	96		
G	9	11.8	12.8	10.1	4.4	448	18	99		
	10	11.2	12.1	9.6	4.5	427	18	94		
	X	11.76	12.75	9.86	4.45	439	18.8	96.9	22.5	11.3
T	1	13.3	14.3	10.9	4.2	458	18	108		
H	2	13.7	14.6	11.2	4.1	459	19	108		
E	3	13.8	14.8	11.3	4.2	475	18	108		
R	4	13.2	14.1	10.8	4.3	459	18	110		
M	5	12.5	13.4	10.2	4.3	441	18	111		
I	6	12.0	12.8	9.8	4.4	431	16	108		
K	7	12.7	13.6	10.4	4.5	465	17	108		
F	8	12.5	13.4	10.2	4.5	456	18	105		
L	9	11.7	12.5	9.6	4.5	434	14	97		
U	10	9.5	10.2	7.8	4.6	355	15	105		
G	X	12.49	13.37	10.22	4.35	443.3	17.1	106.4	23.1	7.5
Bodenwerte:										
		7.3	8.1	6.6	4.66	305	13	88	21.6	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 3.20 Geradeaus: 4.61
Kreis: 4.61 Thermik: 5.03

Vp Nr. 14 (Schüler)

Alter: 24 Jahre
Größe: 187 cm
Gewicht: 75 kg

Flugerfahrung: 42 h 30'
Flugpraxis: 4 h 12'
Körperoberfläche: 1.99 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	$\Delta O2$	$\dot{V}O2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	10.7	11.6	8.9	4.5	438	22	117		
E	2	9.7	10.5	8.1	4.5	368	20	118		
R	3	10.5	11.5	8.8	4.5	399	20	113		
A	4	8.8	9.6	7.4	4.4	327	22	120		
D	5	8.5	9.3	7.2	4.5	323	20	126		
E	6	8.5	9.3	7.2	4.4	320	18	114		
A	7	8.8	9.6	7.5	4.5	337	19	118		
U	8	9.5	10.4	8.1	4.5	362	19	118		
S	9	9.8	10.7	8.4	4.5	375	22	118		
	10	11.3	12.4	9.7	4.5	432	22	125		
	X	9.61	10.49	8.13	4.48	367.9	20.4	118.7	22.2	2.3
K	1	14.0	15.9	11.5	4.9	566	22	109		
R	2	13.2	14.9	10.9	5.2	566	21	112		
E	3	13.5	15.2	11.2	5.2	581	23	107		
I	4	13.8	15.6	11.5	5.2	595	24	108		
S	5	12.8	14.5	10.8	4.9	534	20	106		
F	6	13.7	15.4	11.5	5.2	602	23	106		
L	7	13.5	15.2	11.5	5.0	573	21	107		
U	8	14.2	16.0	12.1	5.0	573	21	107		
G	9	13.8	15.6	11.8	5.0	600	22	111		
	10	12.98	14.5	11.0	5.1	558	22	116		
	X	13.53	15.28	11.38	5.07	578.8	22	109.8	9.8	12.0
T	1	16.3	17.5	13.4	6.6	886	29	140		
H	2	14.7	15.7	12.0	6.5	783	27	136		
E	3	14.2	15.2	11.6	6.4	442	27	136		
R	4	11.8	12.7	9.6	6.4	616	26	130		
M	5	13.3	14.3	10.8	6.5	699	28	130		
I	6	12.5	13.4	10.1	6.5	655	27	128		
K	7	10.8	11.6	8.7	6.5	569	23	120		
F	8	10.3	11.1	8.4	6.6	569	24	127		
L	9	11.8	12.7	9.6	6.6	636	26	123		
U	10	11.8	12.7	9.6	6.6	630	24	125		
G	X	12.75	13.69	10.38	6.52	676.7	26.1	129.5	15.4	8.4
Bodenwerte:										
		7.7	7.9	7.0	4.19	292	15	86	24.0	12.0

Umsatz (kj/min x m2): Boden: 2.98 Geradeaus: 3.75
Kreis: 5.87 Thermik: 6.89

Vp Nr. 15 (Schüler)

Alter: 34 Jahre
Größe: 169 cm
Gewicht: 60 kg

Flugerfahrung: 45 h 30'
Flugpraxis: 1 h 30'
Körperoberfläche: 1.68 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	$\Delta O2$	$\dot{V}O2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	12.2	13.3	10.0	4.7	470	24	97		
E	2	10.2	11.1	8.4	4.9	408	27	100		
R	3	14.2	15.4	11.7	4.8	564	22	101		
A	4	9.2	10.9	7.6	4.9	369	22	101		
D	5	12.7	13.8	10.5	4.8	506	24	96		
E	6	10.2	11.1	8.5	4.8	407	26	95		
A	7	12.7	13.8	10.6	4.7	497	26	96		
U	8	12.8	14.0	10.7	4.7	500	22	94		
S	9	8.2	8.9	6.9	4.6	317	24	96		
	10	9.2	10.0	7.8	4.6	360	28	96		
	X	11.16	12.23	9.27	4.74	439.8	24.5	96.7	21.2	7.6
K	1	12.3	13.4	10.1	4.9	497	23	90		
R	2	10.3	11.3	8.5	4.9	413	26	90		
E	3	12.2	13.3	10.1	4.8	487	24	92		
I	4	11.8	12.9	9.7	4.8	461	22	92		
S	5	10.5	11.5	8.7	4.7	411	26	88		
F	6	10.5	11.5	8.7	4.7	409	24	90		
L	7	11.3	12.4	9.4	4.6	431	22	88		
U	8	9.3	10.2	7.8	4.5	354	24	87		
G	9	11.5	12.5	8.6	4.6	445	22	90		
	10	10.1	11.5	8.6	4.6	401	24	88		
	X	10.99	12.01	9.133	4.71	430.8	23.7	89.5	21.2	9.9
T	1	13.8	15.2	11.6	4.7	543	20	99		
H	2	9.2	10.1	7.7	4.8	367	26	97		
E	3	13.5	14.9	11.2	4.8	533	24	102		
R	4	10.3	11.4	8.5	4.8	410	23	99		
M	5	13.8	15.2	11.4	4.7	540	20	103		
I	6	13.5	14.9	11.2	4.7	526	27	102		
K	7	13.0	14.3	10.7	4.7	503	24	99		
F	8	12.2	13.4	10.0	4.8	475	24	101		
L	9	12.3	13.6	10.1	4.8	483	24	102		
U	10	14.0	15.4	11.5	4.8	552	24	104		
G	X	12.56	13.84	10.39	4.75	493.2	23.6	100.8	21.1	5.1
Bodenwerte:										
		7.5	8.1	6.7	3.54	237	16	70	28.3	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 2,86 Geradeaus: 5.31
Kreis: 5.20 Thermik: 5.96

Vp Nr. 16 (Schüler)

Alter: 24 Jahre
Größe: 168 cm
Gewicht: 77 kg

Flugerfahrung: 23 h 32'
Flugpraxis: 7 h 13'
Körperoberfläche: 1.86 m2

		V̇E (ATPS) (l / m i n)	V̇E (BTPS) (l / m i n)	V̇E (STPD) (l / m i n)	ΔO2 (%)	V̇O2 (STPD) (ml/min)	Af (1/min)	Hf	AÄ	SMP (ml/
G	1	11.5	12.5	9.5	3.8	364	26	70		
E	2	11.3	12.4	9.4	3.9	365	25	68		
R	3	10.2	11.1	8.5	3.9	333	25	66		
A	4	9.0	9.8	7.5	3.9	289	26	63		
D	5	9.7	10.5	8.1	3.9	315	25	63		
E	6	10.3	11.3	8.7	4.0	345	24	65		
A	7	10.7	11.6	9.0	3.9	350	25	63		
U	8	10.8	11.8	9.2	3.9	363	25	63		
S	9	10.3	11.3	9.2	4.0	350	24	64		
	10	10.8	11.8	9.2	4.0	371	23	65		
	X	10.46	11.41	8.79	3.92	344.5	24.8	65.0	25.6	12.9
K	1	12.3	13.3	10.0	3.3	329	28	84		
R	2	12.8	13.9	10.4	3.3	345	28	81		
E	3	12.0	13.0	9.8	3.4	330	28	85		
I	4	12.5	13.5	10.2	3.4	349	28	85		
S	5	12.7	13.7	10.4	3.5	363	26	87		
F	6	10.0	10.8	8.2	3.4	282	28	76		
L	7	11.8	12.7	9.8	3.5	344	28	80		
U	8	11.2	12.1	9.3	3.5	328	25	79		
G	9	10.7	11.5	8.9	3.6	319	28	75		
	10	11.2	12.1	9.3	3.7	340	28	75		
	X	11.72	12.66	9.63	3.46	333.0	27.5	80.5	28.9	2.1
T	1	10.8	11.8	9.3	3.7	340	25	80		
H	2	11.8	12.9	10.1	3.5	355	26	77		
E	3	11.3	12.4	9.6	3.4	328	26	79		
R	4	11.5	12.5	9.8	3.5	344	29	81		
M	5	11.7	12.7	9.9	3.5	348	26	77		
I	6	10.8	11.8	9.1	3.7	335	27	76		
K	7	12.7	13.8	10.7	3.7	392	27	80		
F	8	11.7	12.7	9.8	3.7	364	26	79		
L	9	11.8	12.9	9.8	3.7	364	26	79		
U	10	11.0	12.0	9.1	3.8	345	26	77		
G	X	11.51	12.55	9.72	3.62	351.3	26.4	78.5	27.7	3.3
Bodenwerte:		9.2	9.8	8.2	3.57	293	18	61	28.0	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 3.19 Geradeaus: 3.75
Kreis: 3.62 Thermißk: 3.83

Vp Nr. 17 (Schüler)

Alter: 27 Jahre
Größe: 181 cm
Gewicht: 70 kg

Flugerfahrung: 24 h 43'
Flugpraxis: 2 h 45'
Körperoberfläche: 1,89 m2

		V̇E (ATPS) (l / m i n)	V̇E (BTPS) (l / m i n)	V̇E (STPD) (l / m i n)	ΔO2 (%)	V̇O2 (STPD) (ml/min)	Af (1/min)	Hf	AÄ	SMP (ml/
G	1	11.5	12.7	9.4	4.8	455	26	66		
E	2	10.2	11.2	8.4	4.8	401	28	67		
R	3	10.8	11.9	8.9	4.9	433	25	67		
A	4	11.3	12.5	9.4	4.8	450	24	67		
D	5	12.3	13.6	10.2	4.7	481	26	67		
E	6	11.3	12.5	9.4	4.7	444	25	69		
A	7	10.8	11.9	9.0	4.5	409	24	66		
U	8	10.7	11.9	9.0	4.5	409	24	66		
S	9	8.2	9.0	6.9	4.6	316	22	67		
	10	13.4	14.8	11.3	4.3	487	27	73		
	X	11.05	12.18	9.18	4.66	427.2	24.7	67.5	21.5	28.2
K	1	13.3	14.5	10.7	3.6	385	20	78		
R	2	11.0	12.0	8.8	3.6	317	20	76		
E	3	12.5	13.6	10.0	3.6	360	21	79		
I	4	10.0	10.9	8.0	3.7	298	23	75		
S	5	14.0	15.3	11.3	3.9	435	26	82		
F	6	11.7	12.7	9.4	4.0	374	22	76		
L	7	12.5	13.6	10.0	4.0	398	24	76		
U	8	12.8	14.0	10.3	4.0	410	28	74		
G	9	14.2	15.4	11.4	4.0	454	28	75		
	10	13.5	14.7	10.9	4.0	434	28	76		
	X	12.55	13.67	10.08	3.83	386.5	24	76.7	26.1	6.4
T	1	15.3	16.9	13.0	4.6	600	29	76		
H	2	13.0	14.3	11.1	4.7	517	30	79		
E	3	15.7	17.2	13.4	4.7	631	28	81		
R	4	14.2	15.6	12.1	4.7	572	29	79		
M	5	13.5	14.9	11.6	4.6	538	28	79		
I	6	15.0	16.5	12.8	4.8	608	29	76		
K	7	12.8	14.1	11.0	4.6	510	29	76		
F	8	14.7	16.1	12.6	4.6	580	32	76		
L	9	16.2	17.8	13.9	4.5	631	26	71		
U	10	12.5	13.8	10.8	4.6	495	28	72		
G	X	14.29	15.72	12.23	4.65	568.3	28.8	76.2	21.5	20.9
Bodenwerte:		7.7	8.4	6.9	3.94	272	12	62	25.4	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 2.91 Geardeaus: 4.56
Kreis: 4.13 Thermik: 6.07

Vp Nr. 18 (Schüler)

Alter: 23 Jahre
Größe: 187 cm
Gewicht: 68 kg

Flugerfahrung: 29 h 10 '
Flugpraxis: 2 h 47'
Körperoberfläche: 1.92 m2

		V̇E (ATPS) (l / m i n)	V̇E (BTPS) (l / m i n)	V̇E (STPD) (l / m i n)	⊿O2 (%)	V̇O2 (STPD) (ml/min)	Af (1/min)	Hf	AÄ	SMP (ml/
G	1	11.0	12.0	8.9	5.5	488	18	93		
E	2	10.0	10.9	8.1	5.7	459	15	91		
R	3	10.0	10.9	8.2	5.8	472	18	91		
A	4	10.0	10.9	8.2	5.9	482	16	90		
D	5	8.8	9.6	7.3	5.9	434	16	88		
E	6	11.2	12.2	9.3	5.9	551	18	94		
A	7	10.7	11.6	8.9	5.9	523	15	90		
U	8	9.2	10.0	7.7	5.9	454	14	86		
S	9	11.5	12.5	9.6	5.9	570	16	87		
	10	12.3	13.4	10.3	5.9	608	16	93		
	X	10.47	11.4	8.65	5.83	504.1	16.2	90.3	17.2	24.0
K	1	11.7	12.7	9.5	5.9	558	20	99		
R	2	13.8	15.1	11.2	5.8	650	19	99		
E	3	12.7	13.8	10.3	5.7	591	16	101		
I	4	12.8	14.0	10.4	5.8	599	18	98		
S	5	10.7	11.6	8.7	5.8	505	18	98		
F	6	12.3	13.4	10.1	5.8	582	17	95		
L	7	18.2	19.8	14.9	5.7	851	19	99		
U	8	16.3	17.8	13.4	5.6	748	18	103		
G	9	17.3	18.9	14.3	5.3	752	16	103		
	10	16.3	17.8	13.5	5.3	714	16	100		
	X	14.21	15.49	11.63	5.67	654.8	17.7	99.5	17.7	19.5
T	1	12.3	13.4	10.0	5.7	574	19	105		
H	2	14.3	15.6	11.6	5.5	640	20	107		
E	3	14.8	16.2	12.0	5.8	700	17	107		
R	4	17.5	19.1	14.1	5.9	826	19	107		
M	5	16.3	17.8	13.0	5.5	711	20	107		
I	6	15.5	16.9	12.3	5.3	647	20	105		
K	7	16.3	17.8	12.9	5.6	717	21	107		
F	8	15.8	17.3	12.5	5.6	701	21	105		
L	9	15.8	17.3	12.5	5.6	701	19	108		
U	10	16.5	18.0	13.0	5.6	701	19	108		
G	X	15.51	16.94	12.39	5.61	694.7	19.8	106.3	17.9	15.7
Bodenwerte:		8.1	8.8	7.3	4.29	313	13	82	23.9	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 3.31 Geradeaus: 5.33
Kreis: 6.92 Thermik: 7.34

Vp Nr. 19 (Schüler)

Alter: 60 Jahre
Größe: 175 cm
Gewicht: 81 kg

Flugerfahrung: 47 h 48'
Flugpraxis: 5 h 15'
Körperoberfläche: 1.96 m2

		V̇E (ATPS) (l / m i n)	V̇E (BTPS) (l / m i n)	V̇E (STPD) (l / m i n)	⊿O2 (%)	V̇O2 (STPD) (ml/min)	Af (1/min)	Hf	AÄ	SMP (ml/
G	1	21.8	23.1	17.3	3.2	550	38	115		
E	2	19.7	20.9	15.8	3.3	523	35	110		
R	3	23.7	25.1	19.1	3.6	687	37	116		
A	4	21.0	22.3	17.1	3.54	605	34	112		
D	5	23.0	24.4	18.7	3.4	639	36	114		
E	6	19.5	20.7	16.0	3.2	510	32	113		
A	7	21.5	22.8	17.7	3.5	612	38	114		
U	8	21	22.3	17.4	3.2	559	36	113		
S	9	20.8	22.1	17.2	3.2	556	38	114		
	10	16.0	17.0	13.3	3.1	417	38	116		
	X	20.8	22.7	16.96	3.33	566.0	36.2	113.7	30.0	10.6
K	1	21.2	22.4	16.6	3.5	588	34	106		
R	2	20.8	22.1	16.4	3.2	528	38	107		
E	3	21.3	22.6	16.8	3.3	549	36	106		
I	4	20.8	22.1	16.5	3.2	531	34	105		
S	5	18.2	19.3	14.4	3.2	461	32	105		
F	6	20.7	21.9	16.4	3.4	561	35	101		
L	7	18.0	19.1	14.4	3.3	480	32	102		
U	8	19.7	20.9	15.7	3.2	501	33	103		
G	9	18.5	19.6	14.8	3.2	480	33	101		
	10	18.0	19.1	14.5	3.3	477	33	102		
	X	19.72	20.91	15.65	3.29	515.5	34	103.8	30.4	14.2
T	1	17.8	19.1	14.8	3.4	500	34	103		
H	2	21.7	23.2	18.0	3.1	558	37	110		
E	3	20.4	21.8	17.0	3.1	532	35	108		
R	4	20.2	21.6	16.8	3.3	558	36	105		
M	5	20.0	21.4	16.7	3.1	522	34	107		
I	6	19.7	21.0	16.4	3.1	508	34	106		
K	7	19.0	20.3	15.8	3.4	534	33	104		
F	8	19.2	20.5	15.9	3.3	530	33	103		
L	9	21.0	22.5	17.4	3.3	576	36	103		
U	10	18.3	19.6	15.1	3.3	495	33	104		
G	X	19.73	21.1	16.39	3.25	531.3	34.5	105.3	30.1	13.9
Bodenwerte:		12.7	13.4	11.0	2.79	305	28	89	36.1	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 3.16 Geradeaus: 5.85
Kreis: 5.33 Thermik: 5.50

Vp Nr. 20 (Schüler)

Alter: 51 Jahre
Größe: 168 cm
Gewicht: 82 kg

Flugerfahrung: 70 h
Flugpraxis: 5 h 24'
Körperoberfläche: 1.91 m2

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	$\Delta O2$	$\dot{V}O2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	14.0	15.0	11.0	4.1	449	23	97		
E	2	12.0	12.8	9.5	4.0	376	24	97		
R	3	12.8	13.7	10.2	3.8	389	24	95		
A	4	15.5	16.6	12.3	3.7	453	26	99		
D	5	12.5	13.4	10.0	3.7	374	22	96		
E	6	13.2	14.1	10.5	3.8	395	24	98		
A	7	13.0	14.1	10.5	3.8	396	24	98		
U	8	12.5	13.4	10.0	3.9	386	22	96		
S	9	12.3	13.2	9.9	3.7	370	22	96		
	10	11.2	12.0	9.0	3.6	325	23	93		
	X	12.9	13.81	10.28	3.81	391.2	23.4	96.5	26.3	10.8
K	1	14.0	15.0	11.6	3.8	437	26	101		
R	2	14.3	15.3	11.8	3.8	448	26	102		
E	3	15.0	16.0	12.4	3.7	454	26	105		
I	4	13.8	14.8	11.5	3.7	426	25	104		
S	5	14.7	15.7	12.2	3.7	455	24	105		
F	6	13.0	13.9	10.8	3.6	387	26	102		
L	7	12.7	13.5	10.6	3.8	401	25	102		
U	8	14.2	15.1	11.8	3.7	430	26	102		
G	9	14.3	15.3	12.0	3.5	422	26	103		
	10	14.7	15.7	12.4	3.6	448	25	103		
	X	14.07	15.03	11.71	3.68	430.8	25.5	102.7	27.2	9.5
T	1	18.7	20.2	15.9	3.9	615	30	133		
H	2	17.8	19.3	15.2	3.9	588	28	130		
E	3	17.8	19.3	15.2	4.0	608	28	128		
R	4	16.5	17.8	14.0	4.1	577	27	126		
M	5	17.5	18.9	14.9	4.0	589	28	129		
I	6	18.5	20.0	15.7	3.8	594	30	128		
K	7	16.8	18.2	14.2	3.8	537	27	133		
F	8	17.7	19.1	15.0	3.9	590	29	129		
L	9	19.3	20.9	16.4	4.1	668	28	126		
U	10	17.5	18.9	14.8	4.1	599	28	129		
G	X	17.81	19.26	15.13	3.94	596.3	28.3	129.1	25.4	13.3
Bodenwerte:										
		8.6	9.2	7.4	3.17	235	17	82	31.5	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 2.49 Geradeaus: 4.15
Kreis: 4.57 Thermik: 6.32

Vp Nr. 21 (Schüler)

Alter: 16 Jahre
Größe: 193 cm
Gewicht: 80 kg

Flugerfahrung: 23 h 06'
Flugpraxis: 0 h 09'
Körperoberfläche:

		$\dot{V}E$ (ATPS)	$\dot{V}E$ (BTPS)	$\dot{V}E$ (STPD)	$\Delta O2$	$\dot{V}O2$ (STPD)	Af	Hf	AÄ	SMP
		(l / m i n)			(%)	(ml/min)	(1/min)			(ml/
G	1	13.5	14.3	10.6	4.5	475	24	84		
E	2	13.7	14.5	10.7	4.4	467	24	78		
R	3	14.0	14.8	11.0	4.4	482	24	73		
A	4	13.8	14.7	10.9	4.4	480	22	74		
D	5	13.8	14.7	10.9	4.4	483	24	76		
E	6	14.5	15.4	11.4	4.4	501	25	80		
A	7	12.8	13.6	10.1	4.3	435	22	78		
U	8	13.5	14.3	10.7	4.4	466	24	77		
S	9	12.5	13.3	9.9	4.4	434	24	76		
	10	12.5	13.3	10.0	4.5	448	25	77		
	X	13.46	14.29	10.62	4.4	466.9	23.8	77.3	22.8	10.8
K	1	14.2	15.0	11.5	4.3	499	26	74		
R	2	14.7	15.6	11.9	4.2	501	26	74		
E	3	14.3	15.2	11.7	4.1	479	25	72		
I	4	13.0	13.8	10.6	4.0	420	24	72		
S	5	13.0	13.8	10.7	4.2	448	23	73		
F	6	15.5	16.4	12.7	4.1	516	25	75		
L	7	15.5	16.4	12.7	4.1	516	25	75		
U	8	14.7	15.6	12.1	4.3	516	23	74		
G	9	13.0	13.8	10.7	4.3	458	23	74		
	10	16.45	17.5	13.6	4.1	559	26	77		
	X	14.44	15.31	11.82	4.16	491.1	24.6	74.3	24.0	14.5
Bodenwerte:										
		8.6	9.1	7.4	3.65	270	16	59	27.4	

Umsatz (kJ/min x m2): Boden: 2.62 Geradeaus: 4.52
Kreis: 4.76

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. K. Kesseler ganz herzlich für die Übernahme dieses Themas als Dissertation, die finanzielle Unterstützung und die wertvollen Hinweise danken.

Herrn Dr. Johannes Beier (städt. Krankenhaus Siegburg) möchte ich besonders danken, da er mir nicht nur die Anregung zur Bearbeitung dieses Themas gegeben, sondern mich auch bei deren Durchführung unterstützt hat.

Danken möchte ich auch Herrn Prof.Dr.med. Jeschke (Institut für Sportphysiologie und Sportmedizin der Universität Tübingen), da er das Meßgerät und die Aufzeichnungseinheit einem auswärtigem Institut leihweise zur Verfügung gestellt hat.

Die Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Institut für Flugmedizin, stellte ihre Unterdruckkammer für die Eichversuche und ihren Schreibcomputer zur Verfügung. Auch diesem Institut sei für seine Unterstützung gedankt.

Den Mitgliedern der Segelfluggruppe der Universität Bonn (Akaflieg Bonn) sei für die Überlassung des Segelflugzeuges als Meßflugzeug, für die Mitarbeit als Versuchspersonen und und die Unterstützung bei der Durchführung der Meßflüge ganz herzlich gedankt.

LEBENSLAUF

30.11.1955: geboren zu Bad Godesberg
Eltern: Dr.jur. Carl-Heinz Schönherr und Monika Schönherr, geb. Zenker;

1962 - 1966: Besuch der ev. Volksschule Bad Godesberg-Mehlem und der Grundschule Jahnschule, Bonn;

1966 - 1974: Besuch des Ernst-Moritz-Arndt-Gymn., Bonn, Abitur am 06.06.74;

1974 - 1976: Wehrdienst als Soldat auf Zeit in Mittenwald;

1976 - 1977: Studium der Rechtswissenschaft an der Universität Bonn;

April 1977: Wiedereintritt in die Bundeswehr als Sanitätsoffizier-Anwärter und Aufnahme des Studiums der Humanmedizin an der Universität Bonn;

April 1982
- Juni 1983: Praktisches Jahr an der Universitätsklinik Bonn,
- Neurologische Klinik:
  Dir.: Prof.Dr. F.Jerusalem;
- Klinik für Herz- und Gefäßchiirurgie:
  Dir.: Prof.Dr. P.G.Kirchhoff;
- Medizinische Poliklinik:
  Dir.: Prof.Dr. F.Krück;

Okt. 1983: drittes med. Staatsexamen;

ab Nov.1983: Sanitätsoffizier am Bundeswehrkrankenhaus Koblenz;

seit 1978: Mitglied der Segelfluggruppe der Universität Bonn.