Zum Zeitempfinden in großer Höhe

Experimenteller Beitrag zur Chronobiologie des Menschen:

Je höher der Mensch, desto schneller vergeht ihm die Zeit!

Walter Fett Berlin Aktualisiert im September 2011

Einleitung

Jeder weiß aus eigener Erfahrung, daß das Zeitempfinden, also die *subjektiv* empfundene Wahrnehmung des Tempos im (Er)Lebensablauf, stark differieren kann. Je nach Gemütslage und Laune, nach Ungeduld und Angst, nach Konzentration und Ablenkung, nach froher Erwartung oder quälender Schmerzempfindung vergeht die Zeit langsam oder schnell, bleibt stehen oder rast vorbei. In der Erinnerung war ein Zeitabschnitt - zu - kurz oder ewig lang. Das Zeitempfinden wechselt entsprechend in recht großen Spannen.

Vom subjektiven Zeitempfinden unabhängig differiert der menschliche Zeitgeber aber auch gemäß *objektiver* Kriterien, die durch die physiologische Abhängigkeit von äußeren - geophysikalisch gegebenen - Umständen bedingt sind. Bekannt sind etwa Ortsvariationen der Zählgeschwindigkeit als Folge von Veränderungen geophysikalischer Felder im Zusammenhang mit der geologischen Untergrundstruktur (elektromagnetische Störungen über Tiefenbruchsystemen): "Für die chronobiologischen Prolongationszonen werden Frequenz- und Phasenänderungen sowie Verminderungen der Feldstärke über vertikalen elektrischen Diskontinuitäten in der Erdkruste als Ursache angesehen." Unter dagegen *konstanten* Ortsverhältnissen variiert die Zählgeschwindigkeit deutlich mit gewissen Wetterverhältnissen! Bei Hochdruckeinfluß sind die Zählzeiten verlängert, unter Tiefdruckeinfluß dagegen verkürzt, die Zählgeschwindigkeit also erhöht. Die Gesamtdifferenz beträgt hierbei 3 bis 4 %; das entspricht einer empfundenen Tageslängenveränderung um etwa einer Dreiviertelstunde. Die Druckdifferenz entspricht etwa einer Höhendifferenz von einem Dreiviertelkilometer. Bezeichnenderweise lässt sich aber die Variation mittels Abschirmung (Faraday-Käfig) unmittelbar ausschalten, so daß man die Druckänderung wohl nicht als eigentliche Einflußgröße gelten lassen kann²!

Die im Folgenden dargelegten Ergebnisse beziehen sich auf die *vertikale* Ortsabhängigkeit, und zwar in großem Maßstab (ΔH ~ 4000 m, entsprechend ca. 40% Druckänderung). Als wesentliche Erkenntnis resultiert eine gravierende Verlangsamung der Zählgeschwindigkeit mit der Höhe. In 5 km Höhe werden 125% des Sollwertes geschätzt; d. h. ein 24h-Tag würde dort wie nur 18 Stunden lang dauernd empfunden. Dieser Tatbestand bedeutet psychisch eine bedeutende Erleichterung! Auf das Everest-Niveau extrapoliert hieße das dann, daß die Dauer der Mühen des ganzen Gipfeltages nur noch wie die eines halben Tages währenden wahrgenommen wird: ein wohl spürbarer und mental hilfreicher Entlastungseffekt! - Die zumindest vermeintliche, jedenfalls auffällige Verkürzung des Tages hat der Autor bei einer Trekkingtour im Himalaya, die ihn bis in die Höhe von 6200 m führte, deutlich empfunden. Dies war dann auch der Anlaß für die nachfolgende Studie, die aufgrund einer späteren Höhentour möglich und realisiert wurde.

Inhaltsverzeichnis:	Seite
 VORHABEN 1.1 Ausgangssituation 1.2 Anlaß 1.3 Frage 1.4 Aufgabe 1.5 Verfahren 1.6 Versuch 1.7 Versuchsbedingungen 1.8 Verlauf 	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
 AUSWERTUNG 1 Personelle Unterschiede 2 Gemeinsame Unterschiede 2 1 im örtlichen Versuchsverlauf 2 2 zwischen 3-sec- und 15-sec-Schätzung 3 Gemeinsame Höhenabhängigkeit 1 der 3-sec-Schätzung 2 der 15-sec-Schätzung 3 Gemeinsame 3-sec- und 15-sec-Schätzung 2 Einfluß der zurückliegenden Höhe 5 Zum funktionalen Zus.hang zw. Zeitschätzung u. Höhe 6 Zur Schätzungsgenauigkeit 6 Generelle Schätzungsgenauigkeit 6 Höhenabhängigkeit der Schätzungsgenauigkeit Nachbemerkung 	4 4 5 5 5 5 5 5 6 7 8 8 10 10 11
3. ERGEBNISSE	11

¹) s.a. Robert LAUTERBACH: Zur Variation der Zeitwahrnehmung des Menschen als Folge geophysikalischer Umwelteinflüsse. Kurzbericht i. d. Naturwiss. Rundschau Bd. 35 (1982), H. 4

²) Die Zeitschätzungsänderung im Zusammenhang mit der Luftdruck- und demgemäßen Höhenänderung entspricht zwar quantitativ der im folgenden im Himalaya ermittelten Relation, die sich auf große Höhenunterschiede bezieht, läuft jedoch unter entgegengesetztem Vorzeichen ab! Während letzterer in Übereinstimmung mit dem Sauerstoffpartialdruck der Lunge steht, muß beim Bezug auf die wetterbedingte Luftdruckänderung der auslösende Effekt ein grundsätzlich anderer sein.

Zum Zeitempfinden in großer Höhe

Experimenteller Beitrag zur Chronobiologie des Menschen

1. VORHABEN

1.1 Ausgangssituation:

Bei mehrfachen Aufenthalten in ziemlich großer Höhe (H > 5 km) erlebte der Autor persönlich - und war auch Zeuge, wie gewisse Abläufe physischer und psychischer Art u. a. anscheinend verlangsamt erfolgten (Aktionen und - insbesondere Reaktionen). Der Einfluß des höhenbedingten verminderten Sauerstoffpartialdruckes ist ja bekannt.

1.2 Anlaß:

Trotz objektiv hinreichender Ruhezeiten erscheinen dieselben subjektiv derart verknappt, daß der Tag kürzer als gewohnt zu dauern scheint.

1.3 Frage:

Ist die Ursache im rascher verlaufenden Tag darin zu suchen, daß der innere Zeitgeber mit zunehmender Höhe langsamer geht?

1.4 Aufgabe:

Testung des persönlichen Zeitdauerempfindens mit Hilfe der Schätzung eines vorgegebenen Zeitintervalls.

1.5 Verfahren:

Der Proband gibt durch persönliche (eigenwillige) Äußerung die Dauer eines 3-Sekunden- bzw. eines 15-Sekunden-Intervalls kund. Der Versuchsleiter stoppt die Dauer zwischen Start- und Zieläußerung des Probanden ("Klick" und "Klack"), welche diese Dauer seinem Empfinden nach begrenzen.

1.6 Versuch:

An 8 Orten unterschiedlicher Höhe (von Ort zu Ort nahm die Höhe zu als auch ab!) wurde dieserart die 3-sec-Schätzung je Person zehnmal hintereinander getrennt mittels Stoppuhr gemessen und daraufhin eine 15-sec-Schätzung fünfmal hintereinander angeschlossen. Diese Messungen wurden mehr oder weniger regelmäßig an 6 Personen, zuweilen zusätzlich am Versuchsleiter selber, vorgenommen. Im Mittel wurden pro Ort an 4,75 Personen die 3.sec- und an 4,63 Personen die 15-sec-Schätzung vorgenommen. Pro Person liegen 5,43 Termine bei der 3-sec- und 5,00 Termine bei der 15-sec-Schätzung vor. Insgesamt wurden 555 Zeitspannen-Schätzungen gemessen. - Die Probanden wurden während des gesamten Unternehmens niemals über die gewonnenen Resultate informiert!

1.7 Versuchsbedingungen:

Die Messungen fanden etwa um die Mittagszeit statt (ca. 13 Uhr), meist während der Mittagsrast nach Einnahme der Mahlzeit, jedenfalls in hinreichend ausgeruhtem Zustand. So weit möglich, d.h. es die Umstände, die Mentalität und Langmut der Probanden und die knappen stressfreien Zeiten zuließen, wurde für ungestörte und ablenkungsfreie Bedingungen gesorgt. Bei sichtlicher Unruhe und Konzentrationsmangel des Probanden wurde der Versuch abgebrochen, was zu inkompletten Versuchsblocks führte. Man bedenke jedoch die versuchserschwerenden Umstände! - Der Versuch beschränkt sich ohnehin nur auf vorher aufgeklärte und dann hinreichend motivierte Personen (davon eine weiblich). Soweit nur möglich, sollte dafür eine Stressvariabilität keine entscheidende, d. h. systematische Rolle spielen. Etwaige systematische Ergebnisunterschiede sollten dann am ehesten mit den lokalen Umgebungsbedingungen korrelieren.

1.8 Verlauf:

Abb. 1a verdeutlicht den Höhen-Zeit-Verlauf der Fußwanderung (Umrundung der ANNAPURNA in Nepal-West, Okt.-Nov. 1986 in 21 Tagen; ca. 350 km). Höhenbereich von unter 1000m bis über 5000 m und wieder hinab auf 1000m, mit zwischenzeitlichen Auf- und Abstiegen von je rund 1000m. Wesentliche Unterschiede in den täglichen Marschzeiten (bis auf den Tag der höchsten Passüberschreitung von 5418m) gab es nicht (s. Abb. 1c). Es wurde stets im Freien gezeltet. Die Temperatur der Luft nahm erwartungsgemäß höhenproportional ab. Extreme Wetterumstellungen und Wetterbelastungen kamen nicht vor.

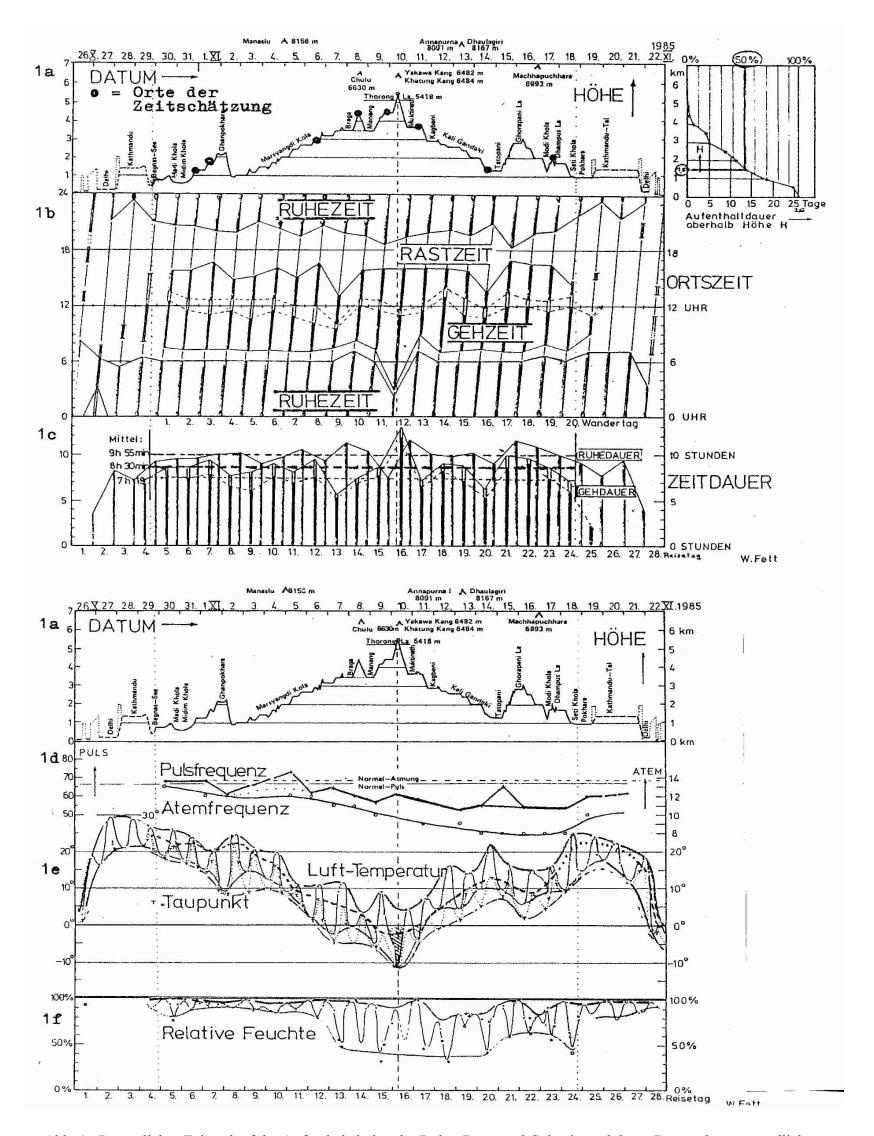


Abb. 1. Persönlicher Zeitverlauf der Aufenthaltshöhe, der Ruhe- Rast- und Gehzeit, und deren Dauer, der morgendlichen Puls- und Atemfrequenz, der Lufttemperatur, des Taupunktes und der relativen Feuchte.

2. AUSWERTUNG

2.1 Personelle Unterschiede:

Grundlage der weiteren Betrachtung sind die personellen und örtlichen Mittelwerte aus den je zehn 3-sec- und den je fünf 15-sec-Schätzungen.

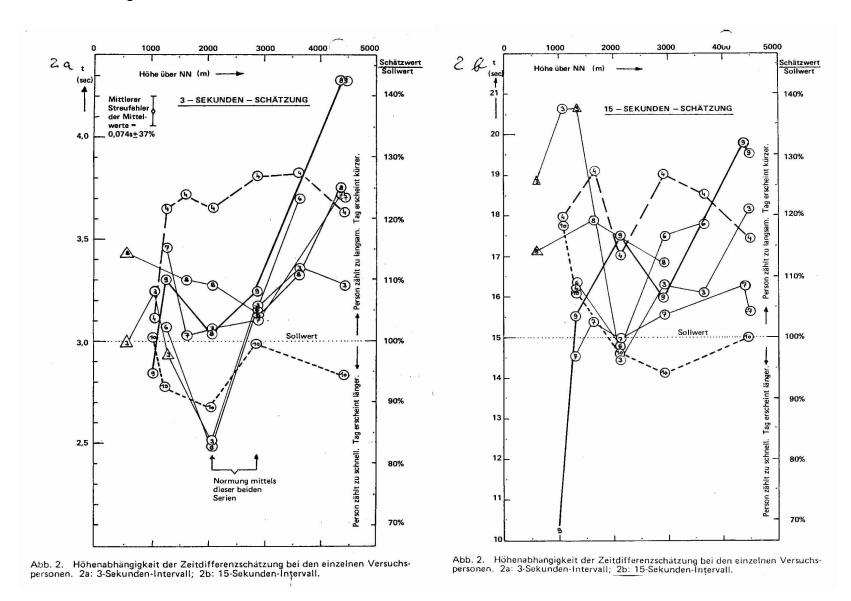


Abb. 2a (links) zeigt den personellen Gang der 3-sec-Schätzung mit der Höhe, Abb. 2b (rechts) den der 15-sec-Schätzung. Es wird die große personelle Differenziertheit augenscheinlich. Offenbar bestehen zwischen den Personen systematische Unterschiede. Wegen der Vollständigkeit ist also eine Normierung der Personenwerte vorzunehmen. Dazu dienten die Ortstermine vom 6. und 17.11.1986 in 2950m und in 2100m Höhe, da diese durch die meisten Versuchspersonen belegt sind.

Um aus dem Personenmittel dieser zwei Stationen, m_p , auf den gemeinsamen Mittelwert M zu kommen, sind die jeweiligen Personenwerte mit dem Normierungsfaktor $f = M/m_p$ zu multiplizieren:

P	т _р 3:	f ₃ =(M/mp) ₃	mp ₁₅ :	f ₁₅ =(M/mp) ₁₅	Extreme
3		1,083		1,040	
4		0,826		0,888	~ -11%
6		1,088		0,990	
7		0,997		1,049	
9		0,978		0,954	
10		1,086		1,110	~ +11%
(8)		(0,961)		(0,975)	
M ₃	= 3,080	0	$M_{15} =$	15,978	\sim M' ₃ = 3,195

Die personellen Normierungsfaktoren streuen relativ zum 6-Personen-Mittel um 9,5% bei der 3-sec-Schätzung und um 7,2% bei der 15-sec-Schätzung (im Mittel also um 8%). Die Extreme differieren um 32% (3-sec) bzw. um 25% (15-sec) und sind statistisch signifikant verschieden.

2.2 Gemeinsame Unterschiede

2.2.1 im örtlichen Versuchsverlauf:

Abb. 3 zeigt die gemeinsamen Unterschiede - aus allen Orten - im Verlaufe der zehn 3-sec- bzw. der fünf 15-sec-Schätzungen. Die Ergebnisse in der Zeitnahmefolge haben den Anschein, als ob sie zunächst zunehmen und erst ab der dritten 3-sec-Schätzung auf ein stabiles Niveau gelangen. (Die Unterschiede im einzelnen sind nicht ganz signifikant). Die Genauigkeit der Schätzung (Abb. 3 unten) ist zunächst recht gleich bleibend, nur die letzte (10.) Zeitschätzung ist signifikant ungenauer! Die entsprechende Betrachtung an der 15-sec-Schätzung weist keine bezeichnenden Unterschiede auf.

Den Resultaten ist jedenfalls nicht zu entnehmen, daß durch systematisches Ausscheiden bestimmter Schätzungen in der Zeitnahmefolge - und damit ja auch Reduzierung des verwendeten Materials - eine Ergebnisverbesserung erwartet werden könnte.

2.2.2 zwischen 3-sec- und 15-sec-Schätzung:

Abb. 6 zeigt die Gegenüberstellung der am jeweils gleichen Ort je Person gewonnenen Mittelwerte der 3-sec- und der 15-sec-Schätzung. Das Regressionsgeradenpaar und die daraus gewonnene Funktionsgerade geben keinen Hinweis auf einen systematischen Unterschied zwischen den Schätzungen beider Intervalle. Die Funktionsgerade weicht nur unnennenswert von der das Verhältnis 1:5 beschreibenden Gerade ab (= 3s : 15s). Es wäre demnach erlaubt, die Schätzungen beider Intervalle zusammenzulegen, wenn die daraus resultierende Kollektivvergrößerung und die damit möglicherweise verbundene Steigerung der Resultatgenauigkeit dies wünschenswert sein ließen.

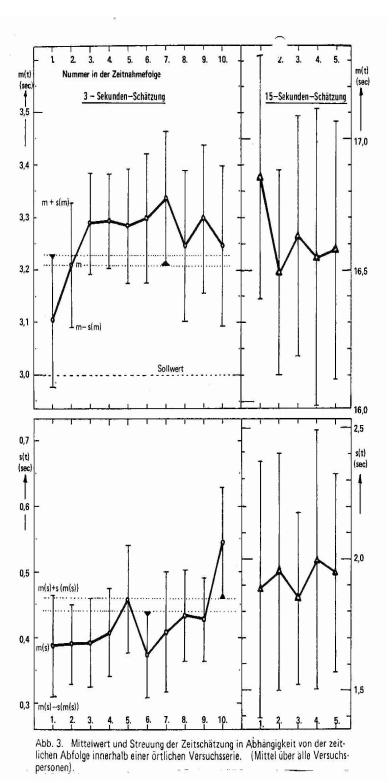
2.2.2 zwischen 3-sec- und 15-sec-Schätzung:

Abb. 6 zeigt die Gegenüberstellung der am jeweils gleichen Ort je Person gewonnenen Mittelwerte der 3-sec- und der 15-sec-Schätzung. Das Regressionsgeradenpaar und die daraus gewonnene Funktionsgerade geben keinen Hinweis auf einen systematischen Unterschied zwischen den Schätzungen beider Intervalle. Die Funktionsgerade weicht nur unnennenswert von der das Verhältnis 1:5 beschreibenden Gerade ab (= 3s : 15s). Es wäre demnach erlaubt, die Schätzungen beider Intervalle zusammenzulegen, wenn die daraus resultierende Kollektivvergrößerung und die damit möglicherweise verbundene Steigerung der Resultatgenauigkeit dies wünschenswert sein ließen.

2.3 Gemeinsame Höhenabhängigkeit

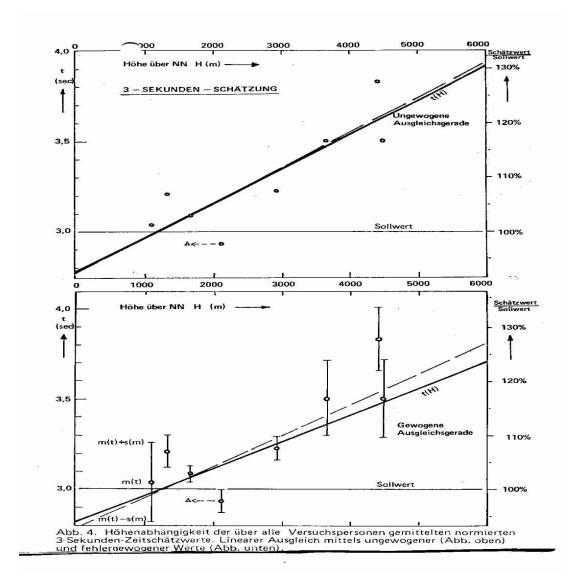
2.3.1 der 3-sec-Schätzung:

In Abb. 4 oben sind die 3-sec-Schätzwerte (Mittel über 10 Messungen je Ort und Person) in Abhängigkeit von der Höhe aufgetragen und linear ausgeglichen. Eine markante Zunahme mit der Höhe scheint offensichtlich. Allerdings streuen die Werte beträchtlich um die Ausgleichsgerade. Besonderes Augenmerk verdient der Messwert bei 2100m; im Gegensatz zu den übrigen Orten war der Aufenthalt in dieser Höhe nur ganz kurzzeitig (höchster Punkt einer Paßüberschreitung). Die mittlere Aufenthaltshöhe an diesem Tage betrug lediglich ca. 1600m. Jedoch auch mit dieser korrigierten Höhe ändert sich die Lage der Regressionsgeraden nicht wesentlich.



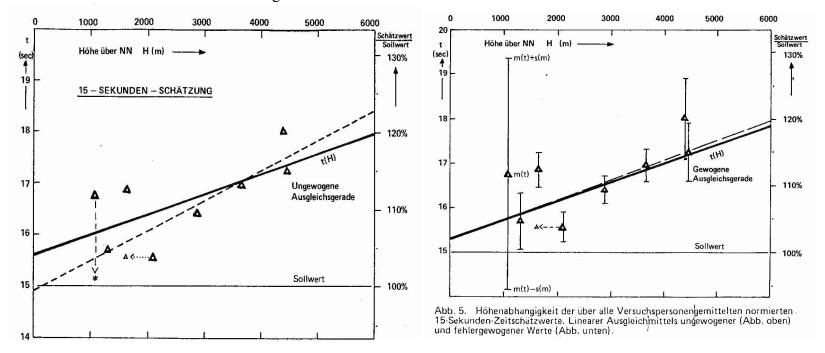
m(t) = Mittel der personennormierten Tageswerte je Person, über 6 Personen gemittelt

s(t) = Streuung der Tageswerte je Person, über 6 Personen gemittelt s(m) = Fehler des Mittelwertes der mittleren Streuung s(t)



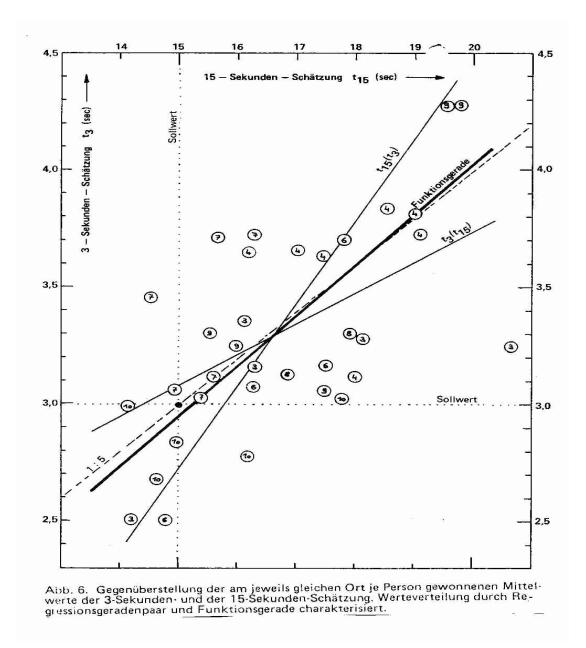
In der Abb. 4 unten sind die Mittelwerte mit dem Fehlerbereich des Mittelwertes versehen, wie er sich aus der Streuung zwischen den Personen je Ort ergibt [s(m)]. Dieser s(m)-Wert möge als Genauigkeitsangabe der Zeitschätzung angesehen werden, also von m(t).

Berücksichtigt man die Genauigkeit bei der Ausgleichsrechnung in der Weise, daß die m(t)-Werte jeweils mit dem Faktor 1/s2(m) gewichtet werden (also je größer die Varianz v = s2, desto kleiner das Gewicht), so resultiert die eingezeichnete gewogene Ausgleichsgerade t(H). Sie ist weniger steil als im ungewogenen Fall. Verwendet man nun hier den von 2100 m auf 1600 m Höhe korrigierten Messort, so ergibt sich eine bedeutsamere Aufsteilung als im ungewogenen Falle. In jedem Falle aber bleibt eine markante Zunahme der Zeitschätzung mit der Höhe!



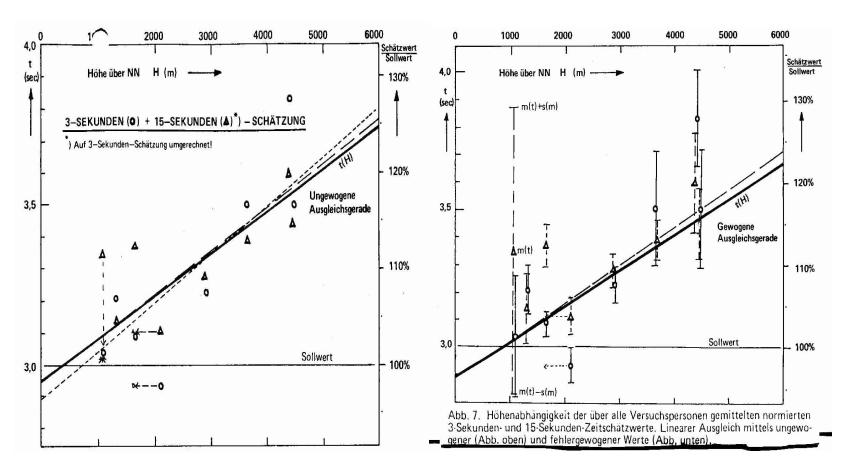
2.3.2 der 15-sec-Schätzung:

In Abb. 5 oben wie unten ist in analoger Weise zur 3-sec-Schätzung verfahren worden. Hier spielt die eventuell. nicht repräsentative Höhe von 2100 m keine solche Rolle. Dagegen wird der Mittelwert in 1090 m Höhe sehr von der Streuung zwischen den Personen verunsichert: Läßt man beispielsweise nur den Schätzwert der Person mit der höchsten Schätzdauer unberücksichtigt, so vermindert sich der Mittelwert an diesem Ort in einem Maße, das zu einer wesentlichen Aufsteilung der Regressionsgeraden führt (gestrichelter Verlauf!). Vertrauenswürdiger ist daher erst die fehlergewogene Ausgleichsgerade in der Abb. 5 unten. Das Resultat ist mit dem aus der 3-sec-Schätzung vergleichbar.



2.3.3 Gemeinsame 3-sec- und 15sec-Schätzung:

Da sich die Ergebnisse aus den 3-sec-Schätzungen und den 15-sec-Schätzungen nicht erkennbar systematisch unterscheiden (s. Abb. 6), ist eine zusammenfassende Auswertung gerechtfertigt. Das Ergebnis ist in Abb. 7 wiedergegeben. Eventuelle Korrekturen, die Werte in 2100m und 1090m Höhe betreffend, haben hier keine nennenswerte Auswirkung mehr und mögen daher nicht weiter betrachtet werden. - Die Ausprägung des Anstiegs der Ausgleichsgeraden ist im gewogenen Falle nicht ganz so groß wie im ungewogenen Falle. Dennoch bleibt zu konstatieren: Oberhalb 5000m Höhe überschreitet der Schätzwert den Sollwert um rund 20%, d.h. der 24-stündige Tag würde wie 20 Stunden lang dauernd empfunden! Der Nullpunkt der Geraden liegt bei 358, (ungewogener Fall) bzw. bei 818m (gewogener Fall), also etwas über der Heimathöhe der Untersuchungspersonen (vorwiegend in und bei Bayern).



2.4 Einfluß der zurückliegenden Höhe

Um zu prüfen, ob statt der Höhe zur Messzeit Hm eventuell eine zurückliegende Höhe für den zu untersuchenden Effekt maßgebender ist, wurden die Ausgleichsrechnungen auch mit folgenden Höhen durchgeführt:

 H_0 = Tagesstarthöhe (Höhe des letzten Nachtlagers)

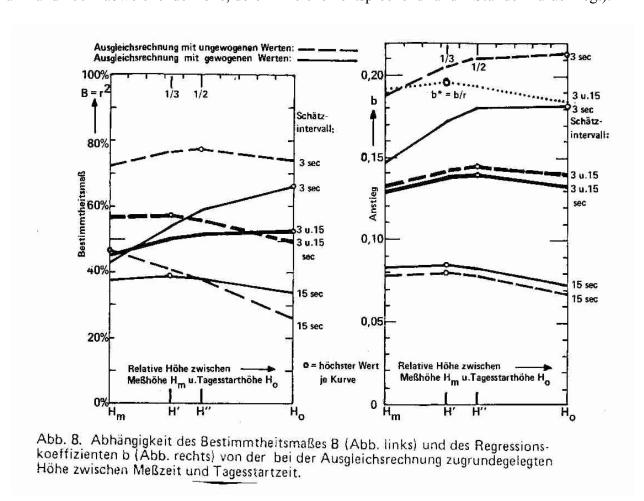
 $H'' = \frac{1}{2} H_0 + \frac{1}{2} H_m$ (mittlere Höhe zwischen Messhöhe und Tagesstarthöhe)

 $H' = 1/3 H_0 + 2/3 H_m$ (Höhe etwa auf 2/3 der bis zur Messhöhe seit Tagesstart überwundenen Höhendistanz)

Als Beurteilungskriterien sollen die Güte der Anpassung (Bestimmtheitsmaß $B = r^2$) und der Anstieg b der Regressionsgeraden t(h) gelten. Abb. 8 geben die Verläufe von B und b von der Repräsentationshöhe wieder.

Es zeigt sich eine leichte Häufung der Maxima für Höhen zwischen Start- und Messhöhe! Es scheint daher so, daß die Anpassung für eine etwas zurückliegende Höhe am besten und der Regressionsanstieg am größten zu sein. Das deutet auf ein mögliches Nachhinken des betrachteten Effektes! -

Für die weitere Betrachtung wird daher die Repräsentationshöhe H' zugrunde gelegt. (Das bedeutet im Mittel eine von der Messhöhe um rund 200m abweichende Höhe, deren Erreichen entsprechend rund 2 Stunden zurückliegt).



2.5 Zum funktionalen Zusammenhang zwischen Zeitschätzung und Höhe

Für die Berechnung der Regressionsgeraden t(H) und den Schluß der Zeitabhängigkeit von der Höhe wird letztere als fehlerfreie Variable angesehen. Wie oben gezeigt, ist jedoch damit zu rechnen, daß physiologisch gesehen nicht nur der Zeitpunkt der Messung, sondern auch die Umstände eines gewissen Zeitraumes davor und damit andere Aufenthaltshöhen auch eine Rolle spielen. Also ist auch die Messhöhe nur im Rahmen einer gewissen Streuung als repräsentativ anzusehen. Für die Ermittlung der den Zusammenhang zwischen Zeit und Höhe beschreibenden funktionalen Beziehung (zunächst als linear angenommen, d. h. der Funktionsgeraden) bedeutet das, daß diese zwischen dem Regressionsgeradenpaar liegt, also steiler verlaufen würde als die Regressionsgerade t(H).

Abb. 9 gibt das Ergebnis der Regressionsanalyse für die zusammenfassende Auswertung der 3-Sekunden- und der (auf e sec umgerechneten) 15-Sekunden-Scghätzungen wieder. Als repräsentative Höhe wurde die um ein Drittel der seit Tagesstart überwundenen Höhendifferenz reduzierte Messzeithöhe, also H', zugrunde gelegt. Die Strichlängen an den Messpunkten geben den Fehlerbereich des Mittelwertes aus den Personenschätzungen bzw. den Höhenbereich zwischen Tagesstart- und Messzeithöhe wieder. Das Regressionsgeradenpaar legt den äußersten Spielraum der Funktionsgeradenlage fest. Sie teilt den Winkel im Verhältnis der Fehlervarianzen beider Größen (t und H); bei gleicher relativer Varianz ist sie also die Winkelhalbierende. Der mittlere Fehler in der Zeitschätzung beträgt etwa 5%.

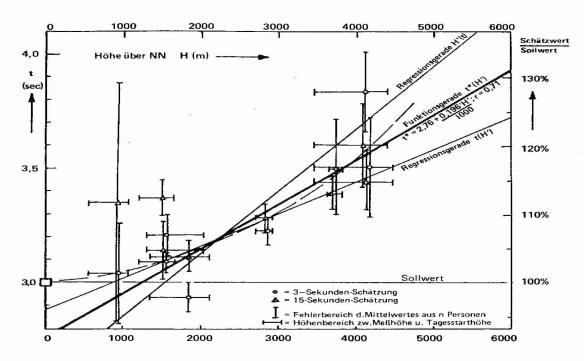


Abb. 9. Abhängigkeit der über alle Personen gemittelten normierten 3-Sekundenund 15-Sekunden-Zeitschätzwerte mit der Höhe H', d.h. der um ein Drittel seit Tagesstart überwundenen Höhendifferenz reduzierten Meßzeithöhe.

Nimmt man als Fehler für die Höhe ebenfalls 5% an, so bedeutet das bei einer mittleren Höhe von 2262 m ein Streuwert von 113 m; das sind 19% der bis zur Messzeit zurückgelegten Höhendifferenz. Diese Fehlerannahme scheint hinreichend plausibel und damit auch die Annahme eines vergleichbaren Fehlers bei Zeit und Höhe. So ist also die Winkelhalbierende zwischen den Regressionsgeraden die wahrscheinlichste Funktionsgerade. Ihr Anstieg b* errechnet sich aus b* = b/|r| zu 0,196, d.h. 6m5% t Anstieg je km. Der Sollwertdurchgang (3 sec) liegt dann bei 1225 m Höhe. In 5 km Höhe werden 125% des Sollwertes erreicht. Das bedeutet, der menschliche Zeitgeber hätte sich auf 80% (100/125) des Normaltempos reduziert! Dieses Resultat beschriebe nunmehr den maximal ableitbaren Effekt.

Über das Bestehen einer Linearität soll damit nichts ausgesagt werden. Die Werteverteilung scheint darauf hinzudeuten, daß die Kurve in niederer Höhe zunächst flacher und mit zunehmender Höhe dann steiler verläuft (siehe etwa gestrichelte Kurve in Abb. 10).

Die Regressionsgeraden lauten

für t(H): t[sec] = 2,888 + 0,139 H'[km]

für H(t): t[sec] = 2,580 + 0,275 H'[km] - aus H' = -9,377 + 3,634 t

Korrelationskoeffizient r = 0.711; Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0.505$

Die Funktionsgerade lautet (mit $b^* = b/r$) t[sec] = 2,760 + 0,196 H'[km]

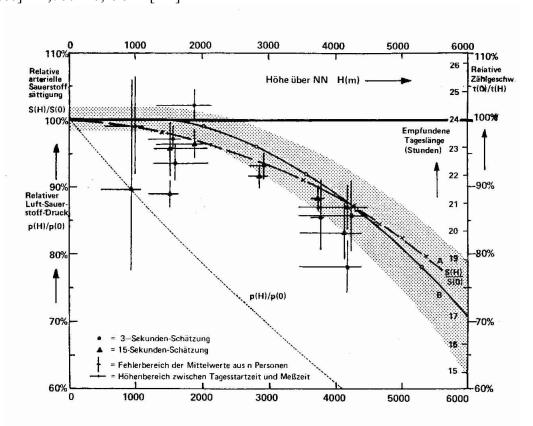
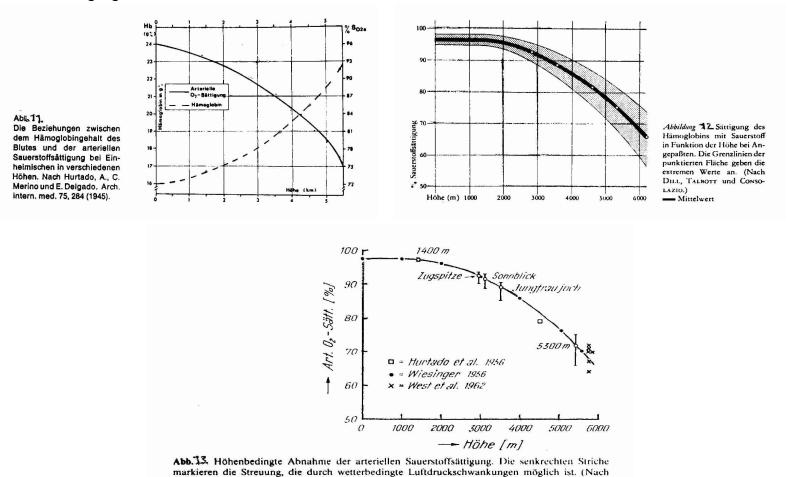


Abb. 10. Gegenüberstellung der Höhenabhängigkeit von relativer Zählgeschwindigkeit, relativer arterieller Sauerstoffsättigung des Blutes und relativem Sauerstoffdruck der Luft

In Abb. 10 sind die Werte aus Abb. 9 als die auf 3 sec normierten Kehrwerte aufgetragen, die damit die relative Zählgeschwindigkeit, also das "Taktgebertempo", darstellen. Im Gipfelbereich der Untersuchung (ca. 4300 m Höhe) führt die verzögerte Geschwindigkeit des inneren Zeitgebers zu einer empfundenen Tageslänge von nur noch 20 Stunden! Das ist bestimmt eine auch merk- und erlebbare Verkürzung des Tagesablaufs und bestätigte den persönlich erlebten Eindruck!

Der ebenfalls eingetragene Verlauf des Luftdruckes und damit auch des Sauerstoffpartialdruckes ändert sich wesentlich rapider mit der Höhe als die Zählgeschwindigkeit, Diese deckt sich weit eher mit der relativen Veränderung der arteriellen Sauerstoffsättigung im Blut, wie es ja auch eher zu erwarten war. Die Kurve A ist von HUTARDO et. al. [Abb. 42 aus Arch. int. med. 75, 284 (1945), Abb. 42], (siehe hier Abb. 11), die Kurve B ist von DILL et. al., Abb. 17 (siehe hier Abb. 12), für die auch der Schwankungsbereich angegeben ist. S. a. in Abb. 13 die Vergleichswerte nach JUNGMANN [in Balneologie und medizinische Klimatologie, Bd. 3, S. 57, Abb. 25 (Verlag Springer 1971)].- Wohlgemerkt gelten die Kurven für angepasste Personen! Der Abfall der Zählgeschwindigkeit mir der Höhe, bestimmt bei Nichtangepassten, ist offenbar etwas steiler als der der Sauerstoffsättigung



Es sei daran erinnert, daß atmosphärische Druckschwankungen (in den Alpen) in konstanter Höhe die arterielle Sauerstoffsättigung ebenfalls variieren lässt: in 3000 m Höhe um 6%, in 5000 m um 9% [JUNGMANN, 1971]! Wenn demgegenüber innerhalb des Untersuchungszeitraumes im Himalaja die Druckschwankungen auch minimal gewesen sein werden, muß doch wetterbedingt mit einer Zusatzschwankung (= Abweichung vom Idealverlauf der höhenabhängigen Sauerstoffsättigung) von ca. 2% gerechnet werden.

2.6 Zur Schätzungsgenauigkeit

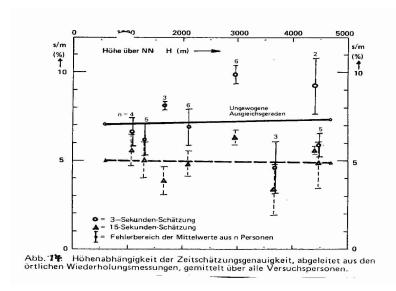
2.6.1 Generelle Schätzungsgenauigkeit

Fehler des Mittelwertes [sec]:	Fehler <u>innerhalb</u> einer Person (<i>Persönlichkeitsfehler</i>)	Fehler <u>zwischen</u> den Personen (<i>Gruppenfehler</i>)
3-Sekunden-Schätzung s(m): 15-Sekunden-Schätzung*) s(m) *) auf 3-sec-Schätzung umgered	*	0,134 sec 0,154 sec

Es differieren die Fehler zwischen beiden Intervallartenschätzungen nur unbedeutend. Wegen nur 1% Differenz bei dem internen Personenfehler (*Persönlichkeitsfehler*) können die Werte aus den beiden Schätzverfahren mit gleichem Gewicht zusammengefasst werden, - wie vorn auch geschehen!

Der Gruppenfehler ist etwa doppelt so groß wie der Persönlichkeitsfehler. Damit ist die Streuung zwischen den Personen die entscheidende. Und daher ist dieser Fehler für die Gewichtung bei der Ausgleichsrechnung auch - mit Recht - zugrunde gelegt worden!

Bei der Fehlerfortpflanzung erhöht sich der Fehler durch den Persönlichkeitsfehler nur um ca. 16% gegenüber dem Gruppenfehler. Der fortgepflanzte Fehler der Zeitschätzung beträgt im Mittel (aus 0,153 und 0,171 sec) 0,162 sec; das ist bei $t_M = 3,208$ sec ein Schätzfehler von 5,0%.



2.6.2 Höhenabhängigkeit der Schätzungsgenauigkeit:

Abb. 14 zeigt die relative Streuung je Ort innerhalb einer Serie je Person, aber gemittelt über alle jeweils teilnehmenden Personen (n). Dieser Ausdruck der gemeinsamen Schätzungsgenauigkeit weist keine erkennbare Abhängigkeit von der Höhe auf. Die 15-sec-Schätzung des Mittelwertes ist genauer als die 3-sec-Mittelschätzung; d.h. das lange Zeitintervallmittel ließ sich relativ genauer schätzen. - Anhand des Fehlerbereichs der Mittelwerte wird jedoch deutlich, daß von Ort zu Ort (aber höhen-UNabhängig) gesicherte Unterschiede in der Schätzungsgenauigkeit bestehe, und zwar bei beiden Intervallschätzungen in ähnlicher Weise. Das bedeutet, daß andere Umstände als die Höhe das Schätzungsvermögen wesentlich mitbeeinflusst haben!

2.7 Nachbemerkung

Die Untersuchung weist Zusammenhänge nach, weist jedoch damit nicht die Höhe auch als verursachende Größe aus. Grundsätzlich kann die Höhe auch nur als Parameter für die mit ihr parallel gehenden Kausalfaktoren gelten!

3. ERGEBNISSE

- 1. Die Zeitschätzung ist zwischen den Personen systematisch verschieden.
- 2. Bei den 10 aufeinander folgenden 3-sec-Schätzungen nehmen die Werte bis zur dritten Schätzung systematisch zu, ehe sie dann auf konstantem Niveau bleiben. Die Schätzungsgenauigkeit nimmt zum Ende hin gesichert ab. (Die 15-sec-Schätzung weist keine bezeichnenden Unterschiede auf).
- 3. Die Schätzungsgenauigkeit innerhalb einer Person ist nur halb so groß wie die zwischen den Personen. Der gemeinsame Fehler beträgt 5,0% und unterscheidet sich zwischen 3- und 15-sec-Schätzung nur unwesentlich.
- 4. Zwischen 3- und 15-sec-Schätzung gibt es keine systematischen Unterschiede. Sie können daher auch zusammengefasst ausgewertet werden.
- 5. Es ist keine Höhenabhängigkeit der Schätzgenauigkeit zu erkennen. Jedoch zeigen sich bei gleicher Höhe signifikante Unterschiede in der Schätzgenauigkeit zwischen verschiedenen Orten (bezogen auf die gesamte Gruppe). Also beeinflussen andere Umstände als die Höhe das allgemeine Schätzungsvermögen.
- 6. Die Zeitintervallschätzung nimmt mit der Höhe markant zu.
- 7. Die 3-sec-Schätzung nimmt etwas steiler zu als die 15-sec-Schätzung.
- 8. Die Streuung um die Ausgleichsgeraden ist bedeutend. Extreme Schätzwerte einzelner Personen prägen die Ergebnisse wesentlich mit. Darum bietet sich eine gewogene Ausgleichsrechnung an; die Werte werden mit der reziproken Fehlervarianz des Gruppenmittelwertes gewogen. Die Ausgleichsgeraden sind jetzt weniger steil, jedoch einheitlicher.
- 9. Die gemeinsame Auswertung von 3- und 15-sec-Schätzungen führt zu einer Ausgleichsgeraden mit 4,3% Anstieg je 1000 m und einem Korrelationskoeffizienten von r = 0,67. In 5 km Höhe liegt der Schätzwert bei 118% des Sollwertes von 3 Sekunden.
- 10. Es wurde zusätzlich ins Kalkül gezogen, daß auch die Höhe VOR der Zeit der Schätzung einen nachwirkenden Einfluß hat. Die beste Annäherung und den steilsten Anstieg ergab sich mit einer Höhe, die zwischen Tagesstartzeit und Messzeit lag. Mit einem Höhenwert auf Zweidrittel der Höhendistanz bis zur Messzeit ausgewertet (\sim 2 Stunden vor Messung) ergibt sich ein Anstieg von 4,6% je 1000 Höhenmetern mit einem r=0,71; also $B=r^2=0,50$; d.h. die Hälfte der Schätzvarianz lässt sich durch die Höhenabhängigkeit beschreiben! In 5 km Höhe werden 119% des Sollwertes von e sec erreicht.
- 11. Der funktionale Zusammenhang zwischen Zeitschätzung und Höhe lässt sich aus dem Regressionsgeradenpaar schätzen. Nimmt man die Vergleichbarkeit der Streufehler in Höhe und Zeit an (5%, d.h. ±113 m), so ist b* = b/r, und die Funktionsgerade die Winkelhalbierende zwischen den Regressionsgeraden. Der Anstieg beträgt dann 6,5% je 1000 m; in 5 km Höhe werden 125% des Sollwertes von 3 sec geschätzt. Dieser Wert entspricht der äußersten Schätzung! Ein Tag würde dort wie nur 18 Stunden lang empfunden!
- 12. Der Verlauf der reziproken Zeitschätzwerte gibt den der Zählgeschwindigkeit, das Taktgebertempo, wieder. Dieser zeigt eine bemerkenswerte Parallelität mit dem der relativen arteriellen Sauerstoffsättigung des Blutes!