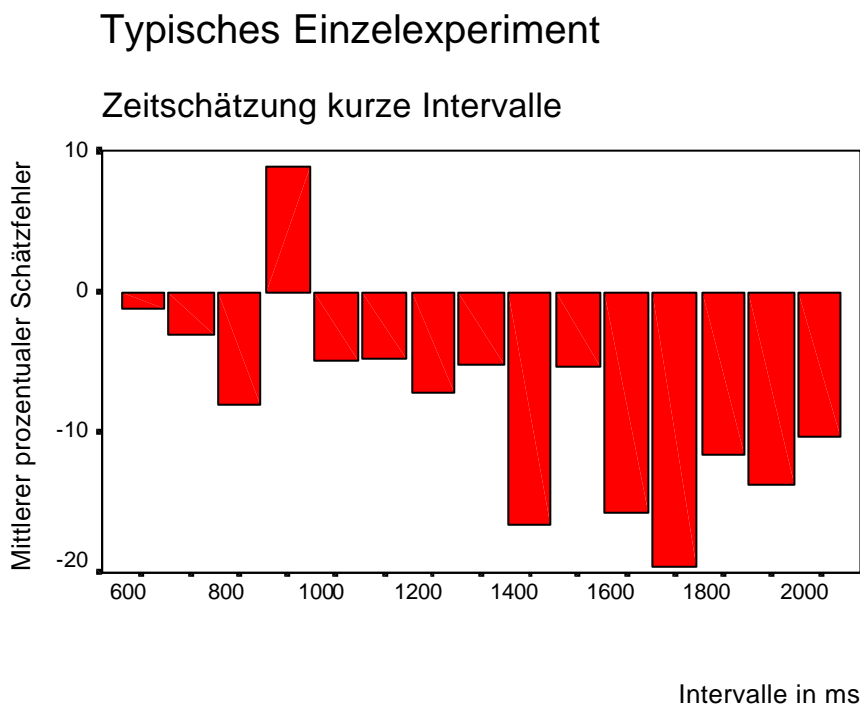


3. ERGEBNISSE

3.1. Typisches Einzelexperiment

Im folgenden wird ein typischer Einzelfall erläutert. Abb. 1 u. 2 zeigen jeweils auf der Abszisse die vorgegebenen Intervalle und auf der Ordinate die mittleren prozentualen Schätzfehler für die vorgegebenen Intervalle in ms. Abb. 1 zeigt die Ergebnisse beim Schätzen der kurzen Intervalle und Abb. 2 die der bei den langen Intervallen einer bestimmten Versuchsperson.

Abb1.

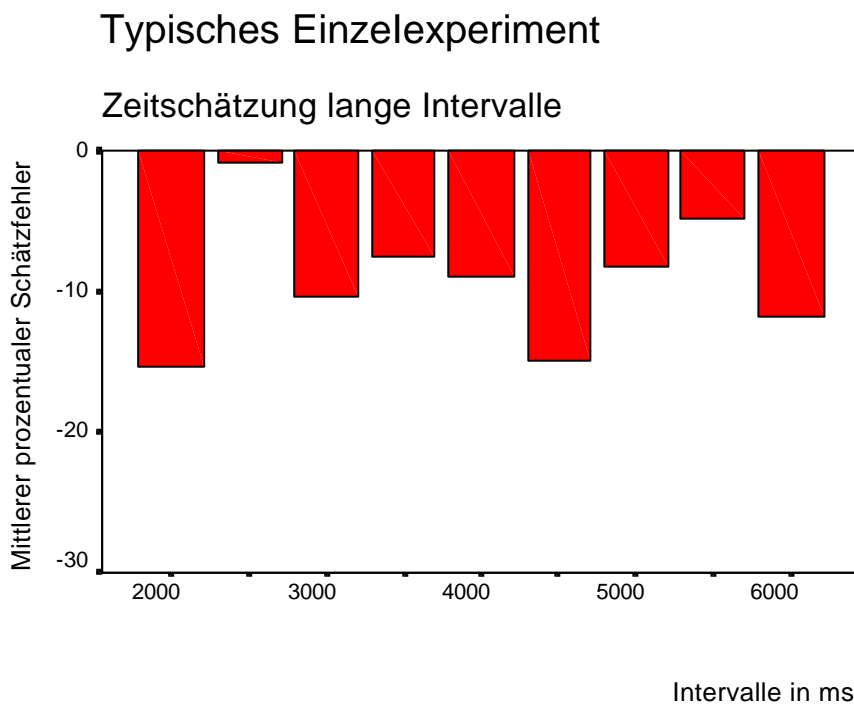


Wenn die Balken nach oben zeigen, also einen positiven Wert haben z.B. +10, bedeutet das, dass der Proband dieses Intervall um 10 % zu lang geschätzt (überschätzt) hat. Im entgegengesetzten Fall würde es heißen, dass der Proband das vorgegebene Intervall um 10% zu kurz geschätzt (unterschätzt) hat.

Im vorliegenden Beispiel zeigen die Balken bis auf einen Fall stets nach unten, d.h. der Proband tendiert in mehr als 90 % die Intervalle zu kurz zu schätzen. Bis etwa 1200 ms Intervalllänge liegt der Schätzfehler bei etwa -5%. Ab 1400 ms liegt der Schätzfehler bei -10% und darüber. Aus dieser Darstellung lassen sich der Schätzfehler, die Tendenz und das Schätzmuster der betreffenden Versuchsperson ablesen.

Ab etwa 1000 ms ist die Tendenz eindeutig, es wird zu kurz geschätzt, wenn auch in unterschiedlichem Maße. So gesehen, ist das Ergebnis inhomogen.

Abb. 2



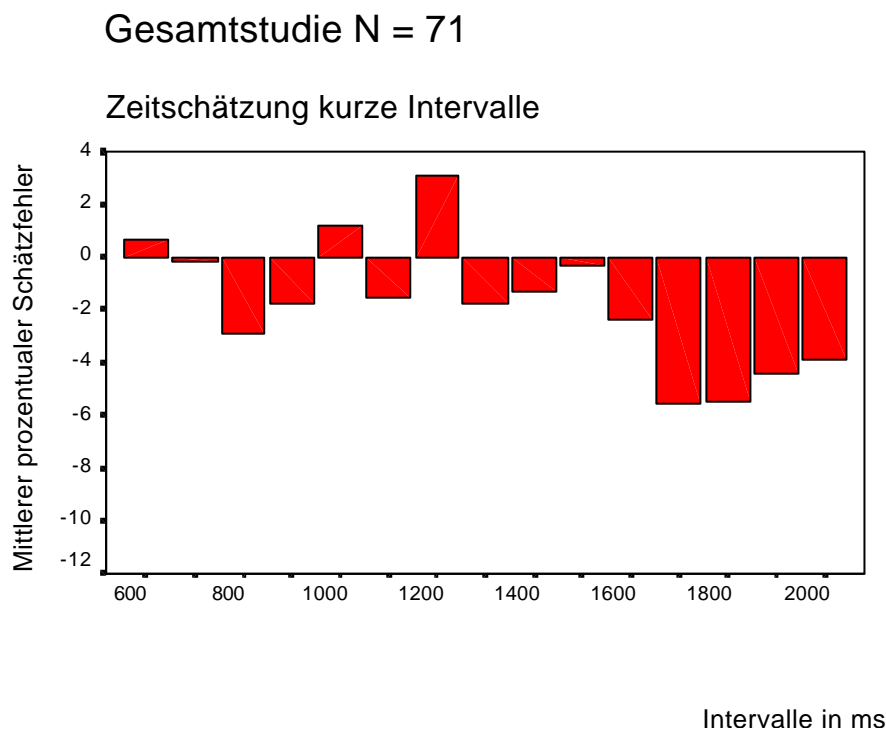
Bei den langen Intervallen wird durchweg zu kurz geschätzt, um -10% und 4 mal sogar darüber. Insgesamt schätzt der Proband relativ schlecht, d.h. die Schätzungen sind nicht sehr präzise, die Tendenz ist eindeutig und homogener als auf Abb. 1. Beachte, in vier Fällen übersteigt der Schätzfehler die 10 %-Marke.

3.2. Schätzmuster des gesamten Kollektives

Die Abbildungen 3 u. 4 zeigen ebenfalls auf der Abszisse die vorgegebenen Intervalle und auf der Ordinate die mittleren prozentualen Schätzfehler. Es handelt sich um die Mittelwerte für das gesamte Kollektiv (N = 71). Abb. 3 zeigt die kurzen Intervalle und Abb. 4 die langen Intervalle.

3.2.1. Kurze Intervalle

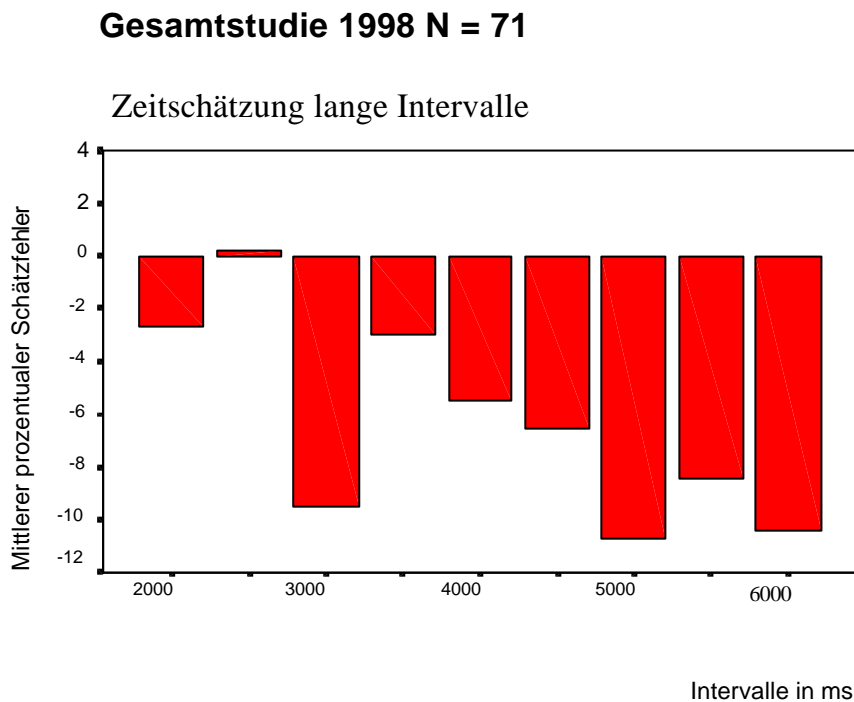
Abb.3



Die Abb. 3 zeigt, dass bei den kurzen Intervallen im Durchschnitt die Zeitschätzung relativ präzise ist. Bis etwa zu einer vorgegebenen Intervalllänge von 1400 ms schwanken die Schätzwerte +/- 2% um den vorgegebenen Wert. Eine solche Inhomogenität ist unvermeidbar und beeinträchtigt nicht die insgesamt hohe Präzision. Ab 1600 ms fallen die Schätzwerte durchweg um -4 bis -5% zu kurz aus, weisen also eine eindeutige Tendenz auf.

3.2.2. Lange Intervalle

Abb.4



Bei den langen Intervallen wird im allgemeinen zu kurz geschätzt. Die Präzision ist mäßig, die Tendenz eindeutig und das Bild eher inhomogen.

Insgesamt ist in den Abb. 1-4 sichtbar, dass ungefähr bis zu den 1300 ms Intervallen abwechselnd knapp über- oder unterschätzt wird, dann jedoch von den 1300 ms bis 6000 ms Intervallen relativ konstant unterschätzt wird, d.h. dass der prozentuale Schätzfehler negativ (z.B. -10 %) ist.

3.3. Physiologische Parameter des Kollektives

Es folgt die Beschreibung der physiologischen Parameter des Kollektivs.

3.3.1. Ruhewerte des Gesamtkollektives

Tab.1

Gesamtstudie 1998 (n = 71) Ruhewerte

| | Hf in Schläge/ min. | R-R Intervall in ms | Hf-Variabilität in ms | Af pro min. | Atemzug - intervall in ms | Af-Variabilität in ms | Ratio (Hf/Af) |
|--------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|----------------|
| Mittelwert | 71 | 862 | 60 | 15,5 | 4223 | 816 | 5,0 |
| N | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 |
| Standard - abweichung | 12 | 137 | 21 | 3,9 | 1520 | 466 | 1,8 |
| Median | 70 | 858 | 57 | 15,6 | 3833 | 709 | 4,6 |
| Minimum | 49 | 561 | 19 | 6,4 | 2563 | 224 | 2,7 |
| Maximum | 107 | 1215 | 122 | 23,4 | 9264 | 2802 | 10,7 |

Die Tab. 1 zeigt, dass die Mittelwerte alle im Normbereich liegen. Auf einen Atemzug fallen im Mittel 5 Herzschläge (Hf/Af = Ratio). Die Werte sind alle normalverteilt.

3.3.2. Werte während der kurzen Intervalle

Tab.2

Gesamtstudie 1998 (n = 71) physiologische Daten während der Zeitschätzung (kurze Intervalle)

| | Hf in Schläge/min. | R-R Intervall in ms | Hf-Variabilität in ms | Af pro min. | Atemzugintervall in ms | Af-Variabilität in ms | Ratio (Hf/Af) |
|----------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|---------------|
| Mittelwert | 72 | 858 | 41 | 19,5 | 3178 | 363 | 3,7 |
| N | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 |
| Standard -abweichung | 12 | 139 | 14 | 3,0 | 602 | 190 | ,89 |
| Median | 72 | 838 | 39 | 19,6 | 3084 | 322 | 3,6 |
| Minimum | 49 | 578 | 14 | 9,6 | 2131 | 155 | 2,0 |
| Maximum | 104 | 1234 | 81 | 28,2 | 6539 | 1157 | 7,7 |

| | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) |
|----------------------|-----------------------------------|--|
| Mittelwert | -1,7 | 7,6 |
| N | 71 | 71 |
| Standard -abweichung | 7,6 | 5,4 |
| Median | -,80 | 6,8 |
| Minimum | -37,5 | 1,7 |
| Maximum | 13,0 | 37,5 |

Bei den prozentualen Schätzfehlern (mit Vorzeichen) ergibt sich als Minimum $-37,5\%$, d.h. dieser Proband hat $37,5\%$ zu kurz geschätzt. Maximal wurde 13% zu lang geschätzt.

Bei den in Tabelle 2 unten angegebenen Zahlen handelt es sich bezüglich der Schätzfehler um Mittelwerte, wobei die Werte für alle kurzen Intervalle zusammengefasst wurden. Das heißt die Werte für $600\text{ ms} - 2000\text{ ms}$ wurden zu einem Mittelwert zusammengefasst.

Während der Zeitschätzung verringert sich die Herzfrequenzvariabilität gegenüber den Ruhewerten signifikant ($p < 0,005$) (Tab. 4), die Atemfrequenz nimmt um 4 Atemzüge pro Minute zu ($p < 0,005$), der prozentuale Schätzfehler fällt im Mittel mit $-1,7\%$ gering aus, während der totale Schätzfehler bei $7,6\%$ liegt. Die Medianwerte liegen nahe den Mittelwerten. Auch sind die Minima und Maxima der Herzfrequenz und der Atemfrequenz weit auseinander.

3.3.3. Werte während der langen Intervalle

Tab.3

Gesamtstudie 1998 (n = 71) physiologische Daten während der Zeitschätzung (lange Intervalle)

| | Hf in Schläge/min. | R-R Intervall in ms | Hf-Variabilität in ms | Af pro min. | Atemzugintervall in ms | Af-Variabilität in ms | Ratio (Hf/Af) |
|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|---------------|
| Mittelwert | 73 | 841 | 46 | 18,2 | 3440 | 486 | 4,1 |
| N | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 |
| Standard-abweichung | 12 | 131 | 20 | 3,2 | 721 | 221 | 1,1 |
| Median | 71 | 842 | 42 | 18,6 | 3239 | 447 | 4,0 |
| Minimum | 51 | 577 | 14 | 8,7 | 2146 | 207 | 2,3 |
| Maximum | 104 | 1183 | 120 | 28,0 | 6967 | 1621 | 8,2 |

| | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) |
|---------------------|-----------------------------------|--|
| Mittelwert | -6,2 | 11,4 |
| N | 71 | 71 |
| Standard-abweichung | 11,0 | 8,2 |
| Median | -4,1 | 9,4 |
| Minimum | -56,7 | 2,4 |
| Maximum | 17,0 | 56,7 |

Bei den langen Intervallen kommt es gegenüber den Ruhewerten (Tab. 1) zu einem signifikanten Anstieg der Herzfrequenz ($p < 0,005$) und der Atemfrequenz ($p < 0,005$). Jetzt liegt der prozentuale Schätzfehler bei $-6,2\%$, also es wurde durchweg zu kurz geschätzt. Die Balken zeigten alle nach unten. Auch der totale Schätzfehler ist hier im Vergleich zu den kurzen Intervallen mit $11,4\%$ relativ hoch. Die Ratio nimmt signifikant ab, weil es gegenüber der Herzfrequenz zu einer wesentlich stärkeren Aktivierung der Atmung kommt.

In Tabelle 4 wurden die Mittelwerte der physiologischen Parameter in den unterschiedlichen Versuchsphasen miteinander verglichen.

Tab.4

| | Hf in Schläge/min. | R-R Intervall in ms | Hf-Variabilität in ms | Af pro min. | Atemzug-Intervall in ms | Af-Variabilität in ms | Ratio (Hf/Af) |
|--------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|---------------|
| Ruhe vs Kurz | - | - | *** | *** | *** | *** | *** |
| Ruhe vs Lang | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Kurz vs Lang | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |

| | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) |
|--------------|-----------------------------------|--|
| Kurz vs Lang | *** | *** |

* $p < 0.05$

*** $p < 0.005$

** $p < 0.01$

Anhand des Beispiels (Tab. 4) sei nochmals gesagt, dass es sich bei dem totalen Schätzfehler um die prozentuale Abweichung der Schätzung vom vorgegebenen Wert (= 100%) handelt. Das Vorzeichen bleibt unbeachtet, -10% oder +10% sind 10% Schätzfehler. Beim prozentualen Schätzfehler werden bei der Gesamtbetrachtung die Vorzeichen gegeneinander aufgerechnet, deshalb liegt der totale Schätzfehler immer höher als der prozentuale Schätzfehler. Durch den prozentualen Schätzfehler lässt sich allerdings das Schätzmuster darstellen. Der Wert dieses Vorgehens ließ sich anhand der vorgelegten Ergebnisse belegen (Tab. 2, Tab. 3, vergleiche prozentualen und totalen Schätzfehler).

Die hier vorgenommene Analyse bezieht sich sowohl auf den absoluten Fehler als auch auf das Schätzmuster – zu kurz – zu lang.

3.4. Trennung des Kollektives nach dem Schätzfehler

3.4.1. Kurze Intervalle

Im folgenden Schritt erfolgte die Trennung des Kollektivs in zwei Gruppen. Hierzu ermittelten wir den Median des totalen Schätzfehlers und teilten die Probanden, in diejenigen, deren totaler Schätzfehler größer, und in diejenigen, deren totalen Schätzfehler kleiner als der Median war, auf. Die Trennung des Kollektivs erfolgte separat für die kurzen und für die langen Intervalle.

Zunächst werden die kurzen Intervalle betrachtet. Der Median für den totalen Schätzfehler während der kurzen Intervalle lag bei 6.8 %. 35 Probanden lagen unterhalb des Medians (Gruppe 1) und 36 Probanden lagen oberhalb des Medians (Gruppe 2). Die Tabelle 5 zeigt die Mittelwerte der physiologischen Parameter in Ruhe der Gruppen 1 und 2. Die Probanden der Gruppe 1 während der kurzen Intervalle sind größtenteils deckungsgleich mit den Probanden der Gruppe 1 während der langen Intervalle.

Tab. 5

Mittelwerte der physiologischen Parameter in Ruhe der Gruppen 1 und 2

| Gruppe | | Hf in Ruhe in Schläge /min. | Af in Ruhe pro min. | Ratio in Ruhe (Hf/Af) | Af- Variabilität in Ruhe in ms | Hf- Variabilität in Ruhe in ms |
|-------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------------|
| 1 < 6,8% | Mittelwert | 70 | 14,1 | 5,4 | 942 | 62 |
| | N | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| | Standard - abweichung | 10 | 3,8 | 2,2 | 540 | 23 |
| 2 > 6,8% | Mittelwert | 73 | 16,8 | 4,5 | 694 | 58 |
| | N | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | Standard - abweichung | 13 | 3,5 | 1,3 | 346 | 19 |

| Gruppe | | totaler Schätzfehler in Prozent(Betrag) während der kurzen Intervalle | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der kurzen Intervalle |
|------------|--------------------------|---|---|
| 1 < 6,8 | Mittelwert | 4,5 | -0,4 |
| | N | 35 | 35 |
| | Standard - abweichung | 1,1 | 2,2 |
| 2 > 6,8 | Mittelwert | 10,7 | -3,1 |
| | N | 36 | 36 |
| | Standard - abweichung | 6,2 | 10,4 |

Bei der Betrachtung der Mittelwerte in Ruhe fällt auf, dass die Probanden in der Gruppe 1, also diejenigen, die mit ihren Schätzfehlern unterhalb des Medians lagen, eine um nahezu 3 Atemzüge niedrigere Ruheatemfrequenz haben, als die Probanden der Gruppe 2, d.h. dass Probanden mit höheren Schätzfehlern eine höhere Ruheatemfrequenz haben und umgekehrt. Der Unterschied der Mittelwerte ist signifikant für die Ruheatemfrequenz ($p < 0.004$), die Atemfrequenzvariabilität in Ruhe ($p < 0.025$), die Ratio (Hf/Af) in Ruhe ($p < 0.045$) und den totalen Schätzfehler während der kurzen Intervalle ($p < 0.000$). Bei kaum unterschiedlicher Herzfrequenz lag die Atemfrequenz bei Gruppe 2 höher, was die Ratio signifikant vermindert hat bei diesem Kollektiv der "Schnellatmer". Dies ist ein überraschendes Ergebnis und war nicht vorhersehbar. In physiologischer Hinsicht war also das Gesamtkollektiv ($N = 71$), wie zu vermuten, nicht einheitlich.

3.4.2. Lange Intervalle

Für die langen Intervalle gilt:

Der Median für den totalen Schätzfehler während der langen Intervalle liegt bei 9.5 %. 36 Probanden lagen unterhalb des Medians (Gruppe 1) und 35 Probanden lagen oberhalb des Medians (Gruppe 2). Die Tabelle 6 zeigt die Mittelwerte der physiologischen Parameter in Ruhe der Gruppen 1 und 2.

Tab. 6

Mittelwerte der physiologischen Parameter in Ruhe der Gruppen 1 und 2

| Gruppe | | Hf in Ruhe in Schläge/min. | Af in Ruhe pro min. | Ratio in Ruhe (Hf/Af) | Af- Variabilität in Ruhe in ms | Hf- Variabilität in Ruhe in ms |
|-------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|---|
| 1 < 9,5% | Mittelwert | 71 | 15 | 5,4 | 876 | 63 |
| | N | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | Standard- abweichung | 12 | 3,9 | 2,1 | 424 | 24 |
| 2 > 9,5% | Mittelwert | 71 | 16,4 | 4,6 | 755 | 57 |
| | N | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| | Standard- abweichung | 12 | 3,7 | 1,5 | 504 | 18 |

| Gruppe | | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der langen Intervalle | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der langen Intervalle |
|-------------|-------------------------|--|---|
| 1 < 9,5% | Mittelwert | 6,6 | -2,7 |
| | N | 36 | 36 |
| | Standard- abweichung | 1,9 | 3,5 |
| 2 > 9,5% | Mittelwert | 16,4 | -9,8 |
| | N | 35 | 35 |
| | Standard- abweichung | 9,2 | 14,6 |

Auch hier erkennt man bei der Betrachtung der Mittelwerte in Ruhe, dass die Probanden in der Gruppe 1, also diejenigen die mit ihren Schätzfehlern unterhalb des Medians ($<9,5\%$) lagen, eine niedrigere Ruheatemfrequenz haben, als die Probanden der Gruppe 2, d.h. dass Probanden mit höheren Schätzfehlern eine höhere Ruheatemfrequenz haben und umgekehrt. Signifikant unterschiedlich sind die Mittelwerte der Ruheatemfrequenz ($p < 0.05$), des totalen Schätzfehlers während der langen Intervalle ($p < 0.000$) und des prozentualen Schätzfehlers während der langen Intervalle ($p < 0.008$).

Die Probanden der Gruppe 2 hatten also eine eindeutige Tendenz zu kurz zu schätzen, vergleiche die Werte $-2,7$ gegen $-9,8\%$ Abweichung vom vorgegebenen Wert.

3.5. Musteranalyse

Für die verschiedenen Gruppen bei den kurzen und langen Intervallen ergeben sich verschiedenen Schätzmuster, wenn man den prozentualen Schätzfehler gegen die vorgegebenen Intervalle aufträgt (wie auch in denn Abb. 1-4). Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die Muster für die Gruppen 1 und 2 während der kurzen Intervalle und die Abbildungen 7 und 8 zeigen die Muster für die Gruppen 1 und 2 während der langen Intervalle. Wobei hier nochmals daran erinnert wird, dass die Gruppe 1 während der kurzen Intervalle nicht gleich der Gruppe 1 während der langen Intervalle ist (Zuordnungskriterien siehe oben), das gleiche gilt für die Gruppe 2.

3.5.1. Kurze Intervalle

Abb. 5

Gruppe 1: Probanden, deren totaler Schätzfehler unterhalb des Medians (6,8% während der kurzen Intervalle) lagen.

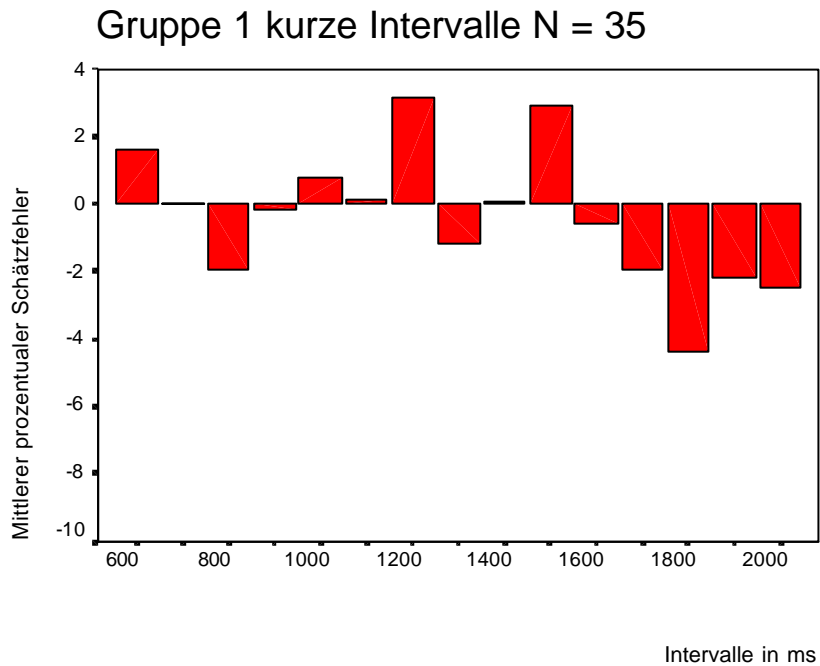
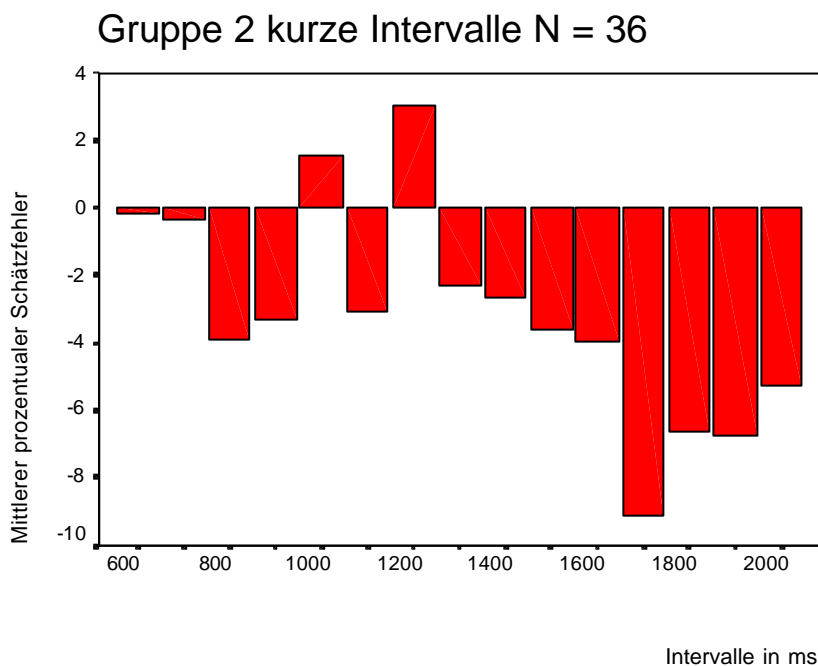


Abb.6

Gruppe 2: Probanden, deren totaler Schätzfehler oberhalb des Medians (6,8% während der kurzen Intervalle) lagen.



Der Vergleich zeigt, dass sich nicht nur die absolute Fehlerrate, sondern auch die Schätzmuster unterscheiden.

In Gruppe 1 wird bis 1500 ms zwar inhomogen entweder knapp zu kurz oder zu lang geschätzt. Danach wird nahezu konstant zu kurz wenn auch nur knapp geschätzt. Die Präzision ist demnach hoch.

In Gruppe 2 wird nur bis etwa 1200 ms entweder zu kurz oder zu lang geschätzt, danach konstant und erheblich zu kurz, alle Balken weisen deutlich nach unten. Die Tendenz wird deutlich. Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich wieder der Wert der Beurteilung des Schätzmusters. Zu lange oder zu kurz oder präzise geschätzt allein genügt nicht, um die Qualität des Schätzverhaltens zu beurteilen.

3.5.2. Lange Intervalle

Es folgen die Abbildungen der Gruppen 1 und 2 der langen Intervalle.

Abb.7

Gruppe 1: Probanden, deren totaler Schätzfehler unterhalb des Medians (9,5% während der langen Intervalle) lagen.

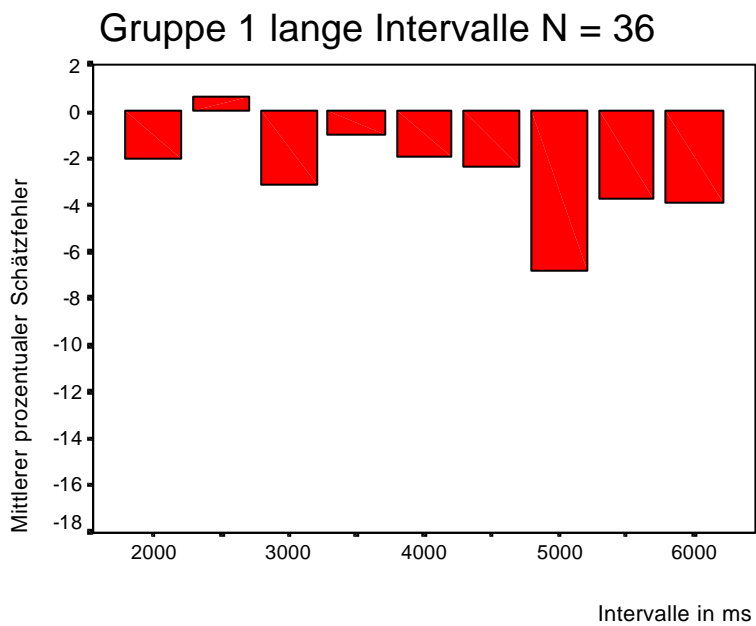
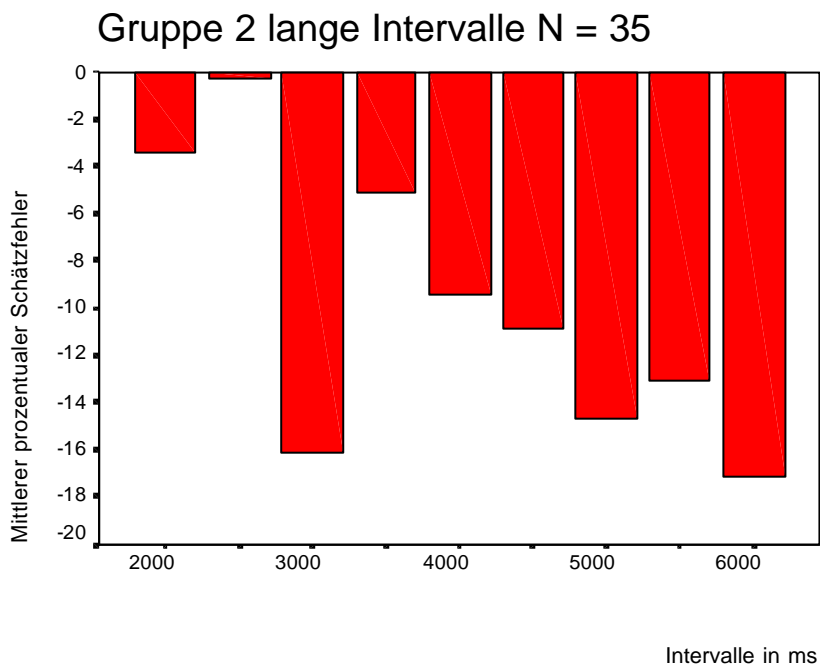


Abb.8

Gruppe 2: Probanden, deren totale Schätzfehler oberhalb des Medians (9,5% während der langen Intervalle) lagen.



In diesen Fällen sind die Schätzmuster ähnlich homogen, alle Balken zeigen nach unten, es wird durchweg zu kurz geschätzt. Allerdings ist das Ausmaß des Schätzfehlers bei beiden Gruppen unterschiedlich. In der Gruppe 2 liegt der Schätzfehler meist über 10%. In der Gruppe 1 wird relativ präzise geschätzt.

3.6. Trennung des Kollektives nach der Ruheatemfrequenz

Als nächstes folgt eine Unterteilung des Kollektives anhand der Ruheatemfrequenz. In diesem Fall braucht man die Gruppen nicht getrennt für die kurzen und langen Intervalle bilden, da hier die Unterteilung nach der Atemfrequenz während der Ruhephase also vor dem eigentlichen Versuchsbeginn erfolgt.

Auch hier nehmen wir wieder den Median der AF, der bei 15.6 liegt, als Grenze und bilden die Gruppen 1 und 2. Die Probanden der Gruppe 1 (35 Probanden) haben eine Ruheatemfrequenz die unterhalb des Medians liegt ($AF < 15.6$), die Probanden der Gruppe 2 (36 Probanden) haben eine Ruheatemfrequenz, die oberhalb des Medians liegt. Wie in der Tabelle 7 zu sehen ist, liegt der Mittelwert der Ruheatemfrequenz für die Gruppe 1 bei 12.3 und für die Gruppe 2 bei 18.5. Weiterhin sind in Tab. 7 die Schätzfehler während der kurzen und langen Intervalle dargestellt.

Bei der Gruppierung nach der Ruheatemfrequenz sind nahezu die gleichen Probanden in der Gruppe 1 wie bei der Gruppierung nach dem Schätzfehler. Hier wurde also überprüft, ob auch der Umkehrschluss, dass Individuen, die schnell atmen, auch eine hohe Fehlerrate haben und umgekehrt, zulässig ist.

Tab. 7

Mittelwerte der physiologischen Parameter in Ruhe der Gruppen 1 und 2

| Gruppe | | Hf in Ruhe in Schläge/min. | Af in Ruhe pro min. | Ratio in Ruhe (Hf/Af) | Af- Variabilität in Ruhe in ms | Hf- Variabilität in Ruhe in ms |
|-------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|---|
| 1 < 15,6 | Mittelwert | 71 | 12,3 | 6,1 | 1088 | 63 |
| | N | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| | Standard- abweichung | 10 | 2,8 | 1,9 | 501 | 24 |
| 2 > 15,6 | Mittelwert | 72 | 18,5 | 3,9 | 552 | 57 |
| | N | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | Standard- abweichung | 13 | 1,9 | ,87 | 211 | 18 |

| Gruppe | | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der kurzen Intervalle | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der kurzen Intervalle | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der langen Intervalle | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der langen Intervalle |
|-------------|-------------------------|--|--|--|--|
| 1 < 15,6 | Mittelwert | 1,0 | 6,0 | -3,2 | 10,1 |
| | N | 35 | 35 | 35 | 35 |
| | Standard- abweichung | 4,3 | 2,5 | 8,9 | 5,7 |
| 2 > 15,6 | Mittelwert | -4,4 | 9,2 | -9,1 | 12,7 |
| | N | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | Standard- abweichung | 9,1 | 6,9 | 12,1 | 9,9 |

Bei der Betrachtung der Mittelwerte fällt auf, dass beide Gruppen eine nahezu gleiche Herzfrequenz haben. Die Atemfrequenz ist in Gruppe 1 niedriger, dadurch kommt auch die unterschiedliche Ratio zustande. Der Schätzfehler und die Schätzmuster sind deutlich unterschiedlich.

Weiterhin fällt auf, dass die Probanden in der Gruppe 1, also diejenigen, die mit ihrer Ruheatemfrequenz unterhalb des Medians lagen, einen niedrigeren Schätzfehler haben als die Probanden der Gruppe 2, d.h. dass Probanden mit einer höheren Ruheatemfrequenz einen größeren Schätzfehler haben und umgekehrt. Weiterhin sieht man, dass die Probanden der Gruppe 2 während der kurzen und langen Intervalle im Gegensatz zur Gruppe 1 die Intervalle eher zu kurz schätzen. Der Unterschied der Mittelwerte ist signifikant für die Ruheatemfrequenz ($p < 0.000$), Atemfrequenzvariabilität in Ruhe ($p < 0.000$), Ratio (Hf/Af) in Ruhe ($p < 0.000$), während der kurzen Intervalle dem totalen Schätzfehler ($p < 0.012$) und dem prozentualen Schätzfehler ($p < 0.002$) und während der langen Intervalle dem prozentualen Schätzfehler ($p < 0.023$).

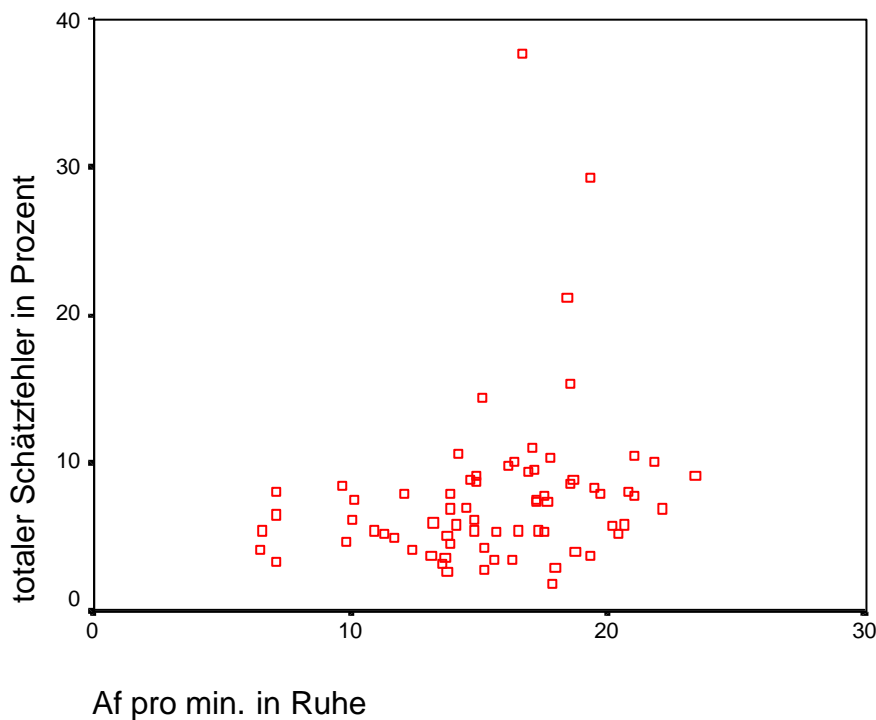
Die gleichen Untersuchungen wurden für die Herzfrequenz und die Herzfrequenzvariabilität, ohne dass sich dabei nennenswerte Ergebnisse zeigten, durchgeführt.

Dieses Beispiel beim Vergleich des prozentualen und totalen Schätzfehlers bei den langen Intervallen zeigt wie wichtig es ist, beide Schätzfehlerbetrachtungen zu berücksichtigen.

3.7. Korrelation des Schätzfehlers mit der Ruheatemfrequenz

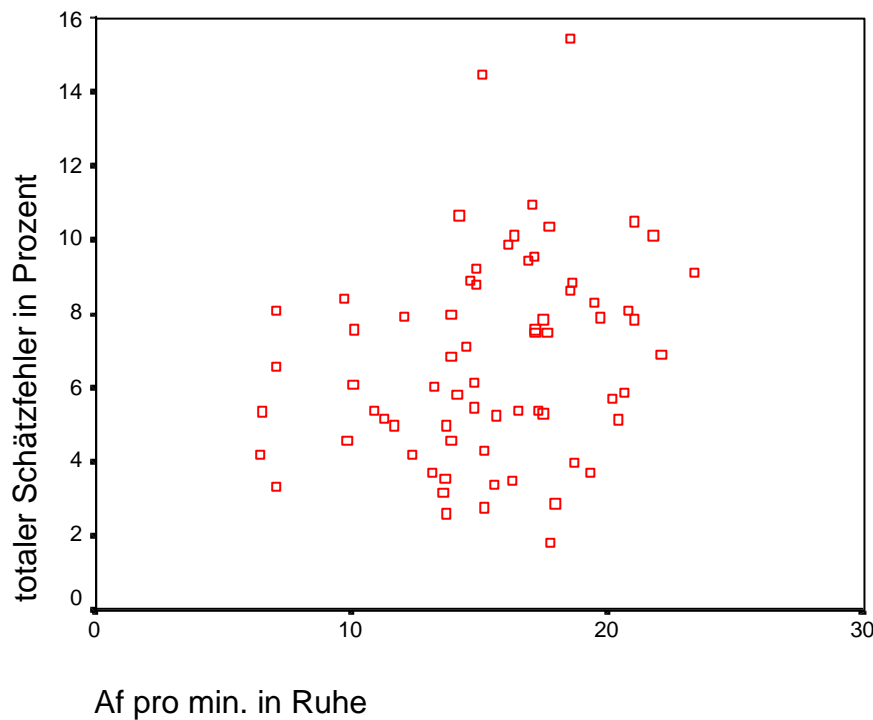
Als nächstes wurden für das gesamte Kollektiv ($n = 71$) die Ruheatemfrequenz einmal mit dem totalen Schätzfehler während der kurzen Intervalle und einmal mit dem totalen Schätzfehler während der langen Intervalle korreliert. Es fand sich eine Korrelation zwischen Ruheatemfrequenz und totalen Schätzfehler während der kurzen Intervalle ($r = 0.236$ und $p < 0.048$). Wenn man jedoch die Abb. 9, in der der totale Schätzfehler während der kurzen Intervalle gegen die Ruheatemfrequenz aufgetragen ist, betrachtet, fällt auf, dass drei Probanden extrem hohe totale Schätzfehler und eine hohe Ruheatemfrequenz haben, so dass man meinen könnte, dass die Korrelation nur durch diese drei Extreme zustande kommt.

Abb.9



Deshalb wurden im nächsten Schritt diese drei Probanden aus dem Kollektiv heraus genommen und die Korrelation wiederholt. Es fand sich wieder eine Korrelation zwischen der Ruheatemfrequenz und dem totalen Schätzfehler während der kurzen Intervalle mit $r = 0.267$ und $p < 0.028$. In Abbildung 10 sieht man den totalen Schätzfehler während der kurzen Intervalle, gegen die Ruheatemfrequenz aufgetragen ($N = 68$). Man sollte sich durch die unterschiedlichen Maßstäbe auf der Ordinate gegenüber Abb. 9 nicht täuschen lassen.

Abb. 10



Für den totalen Schätzfehler während der langen Intervalle fanden sich keine Korrelationen.

3.8. Iquique Höhenstudie

3.8.1. Vergleich mit dem Referenzkollektiv

21 der 29 Probanden aus dem Iquique Kollektiv (im folgenden als Höhenkollektiv bezeichnet) gingen nach dem Aufenthalt in Meereshöhe auf eine Höhe von 4500 m und nach einer Woche wieder auf Meereshöhe zurück. Bei diesen 21 Probanden wurden die Zeitschätzversuche zusätzlich in Höhe und nach der Rückkehr aus der Höhe durchgeführt. Das Referenzkollektiv mit 42 Probanden entsteht aus dem Gesamtkollektiv (n = 71) minus den 29 Probanden aus dem Iquique Kollektiv.

In Tabelle 10a werden die physiologischen Parameter in Ruhe, in Tabelle 10b die totalen und prozentualen Schätzfehler während der langen und kurzen Intervalle der 21 Iquique Probanden (Höhenkollektiv) mit denen des Referenzkollektives (n = 42) vergleichend angegeben. In Tabelle 11a und 11b sind die Ergebnisse der statistischen Untersuchungen dargestellt.

Tab.10a

| Gruppe | | Hf in Ruhe in Schläge/min. | Herzintervall in Ruhe in ms | Hf-Variabilität in Ruhe in ms | Af in Ruhe pro min. | Atemzugintervall in Ruhe in ms | Af-Variabilität in Ruhe in ms | Ratio (Hf/Af) in Ruhe |
|---------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Referenzkollektiv | Mittelwert | 73 | 835 | 61 | 14,5 | 4635 | 866 | 5,6 |
| | N | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| | Standardabweichung | 12 | 118 | 23 | 4,4 | 1823 | 539 | 2,1 |
| | Median | 73 | 823 | 55 | 14,3 | 4182 | 744 | 5,2 |
| Iquique - Kollektiv | Mittelwert | 67 | 917 | 66 | 16,8 | 3643 | 969 | 4,0 |
| | N | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Standardabweichung | 11 | 149 | 22 | 2,5 | 536 | 501 | ,80 |
| | Median | 66 | 909 | 64 | 16,7 | 3578 | 781 | 4,0 |

Tab.10b

| Gruppe | | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der kurzen Intervalle | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der kurzen Intervalle | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der langen Intervalle | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der langen Intervalle |
|------------------------|-------------------------|--|---|--|---|
| Referenz- Kollektiv | Mittelwert | -2,5 | 8,5 | -8,6 | 13,0 |
| | N | 42 | 42 | 42 | 42 |
| | Standard- abweichung | 8,8 | 6,6 | 12,3 | 9,8 |
| | Median | -1,0 | 6,9 | -5,3 | 9,7 |
| Iquique – Kollektiv | Mittelwert | -0,9 | 7,0 | -2,9 | 9,6 |
| | N | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Standard- abweichung | 6,1 | 3,0 | 8,0 | 4,5 |
| | Median | -,80 | 7,4 | -2,2 | 9,3 |

Tab.11a

| | Hf in Schläge/min. | Herzintervall in ms | Hf-Variabilität in ms | Af pro min. | Atemzugintervall in ms | Af-Variabilität in ms | Ratio (Hf/Af) |
|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|---------------|
| Referenz vs Iquique | * | * | - | ** | *** | - | *** |

* $p < 0.05$

*** $p < 0.005$

** $p < 0.01$

Tab.11b

| | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der kurzen Intervalle | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der kurzen Intervalle | | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der langen Intervalle | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der langen Intervalle |
|---------------------|---|--|--|---|--|
| Referenz vs Iquique | - | - | | - | - |

* $p < 0.05$

*** $p < 0.005$

** $p < 0.01$

In den Tabellen zeigt sich, dass sich das Iquique Kollektiv zwar in den physiologischen Parametern von dem Referenzkollektiv unterscheidet, nicht jedoch in seinem Schätzverhalten. Man hätte anhand der höheren Atemfrequenz deutlich höhere Schätzfehler bei dem Höhenkollektiv erwarten können. Das Gegenteil war eher wahrscheinlich (Tab.10b).

3.8.2. Vergleich der Schätzmuster mit dem Referenzkollektiv

In den Abb. 13 –16 werden auf der Abszisse die vorgegebenen Intervalle und auf der Ordinate die mittleren prozentualen Schätzfehler dargestellt. In den Abbildungen 13 und 14 werden jeweils die kurzen Intervalle und in den Abbildung 15 und 16 die langen Intervalle des Referenzkollektives mit denen des Höhenkollektives verglichen.

3.8.2.1. Kurze Intervalle

Abb.13

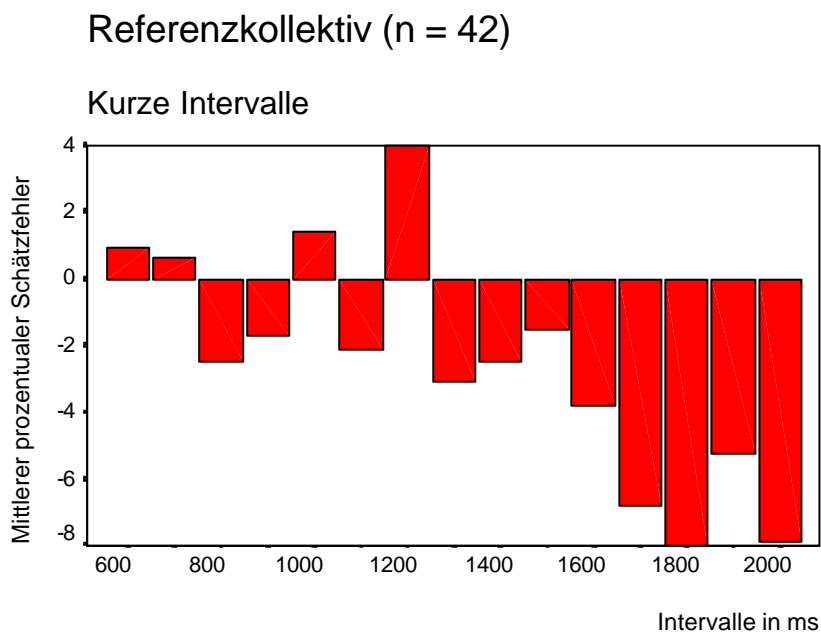
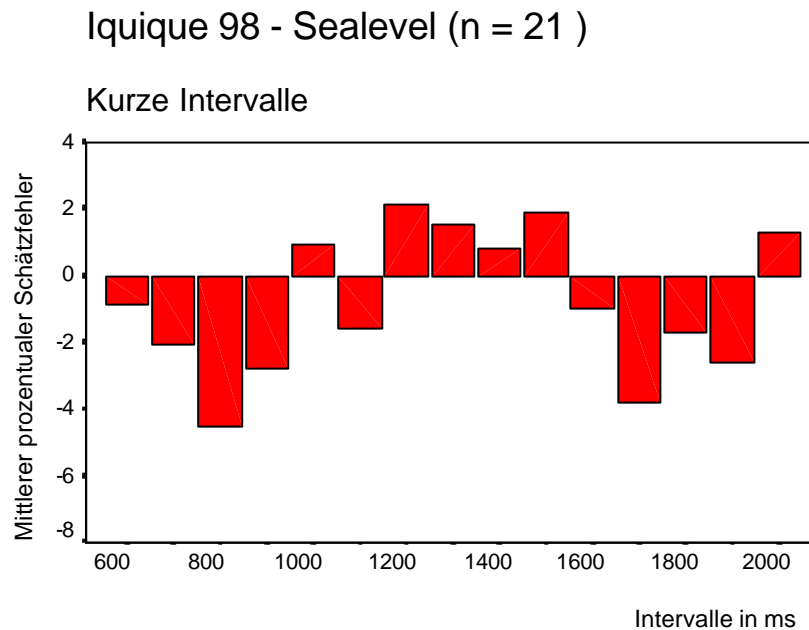


Abb.14



In den Abbildungen 13 und 14 (kurze Intervalle) sieht man, dass das Iquique – Kollektiv insgesamt offensichtlich genauer schätzt, d.h. dass die prozentualen Schätzfehler kleiner sind als die des Referenzkollektives. Allerdings ist das Schätzverhalten über dem gesamten Bereich 600 – 2000 ms inhomogen. Im Bereich von 1200 ms bis 2000 ms schätzt das Referenzkollektiv die Intervalle um 4% bis 8% zu kurz, die Iquique Probanden sind in diesem Bereich auch deutlich genauer. Es fällt jedoch auch auf, dass das Referenzkollektiv im Bereich von 700 ms bis 900 ms genauer als das Iquique – Kollektiv schätzt.

Weiterhin fällt die Ähnlichkeit der Abb. 13 zu Abb. 3 auf. Das Iquique Kollektive (Abb. 14) hat jedoch ein anderes Schätzmuster. Es wird hier bis 1200 ms zu kurz geschätzt, dann von 1200 ms bis 1600 ms zu lang geschätzt und dann wieder von 1600 ms bis 2000 ms zu kurz geschätzt. Es finden also im Gegensatz zum Referenzkollektiv mehr Richtungswechsel statt, was, wie bereits gesagt, zu einem relativ inhomogenen Bild führt.

3.8.2.2. Lange Intervalle

Abb.15

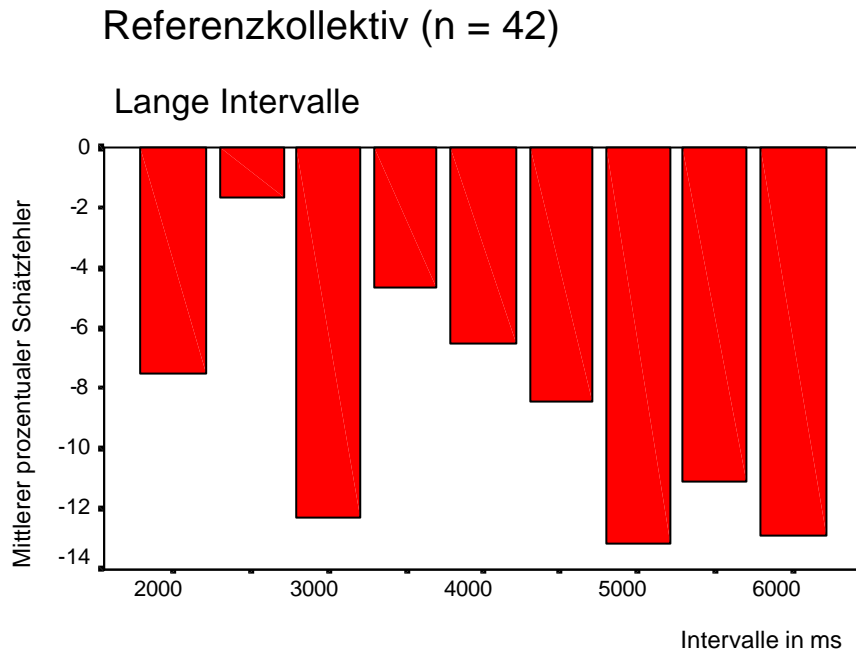
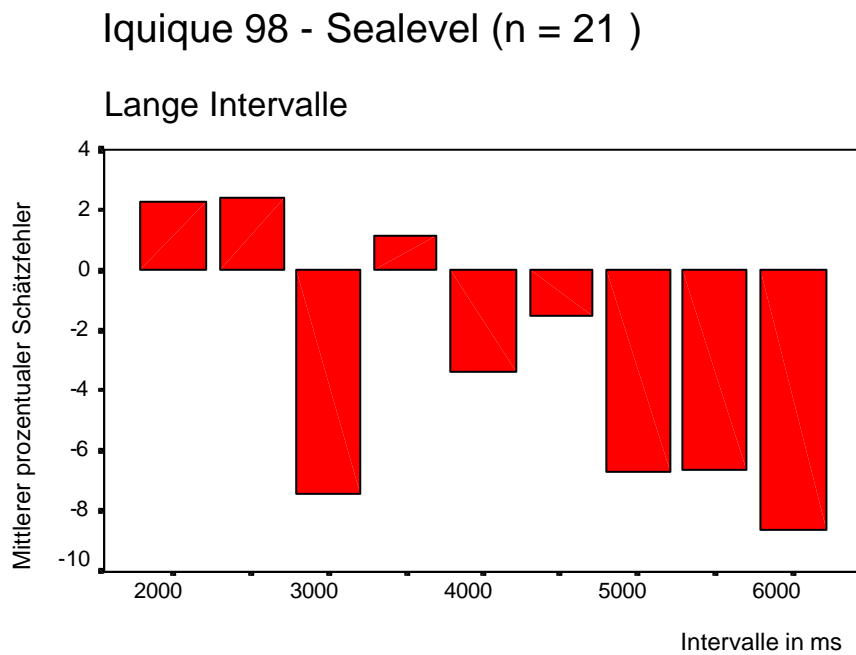


Abb.16



Auch während der langen Intervalle (Abbildungen 15 u. 16) schätzt das Iquique-Kollektiv offensichtlich genauer als das Referenzkollektiv, welches weiterhin, im Gegensatz zu den Iquique – Probanden, eine generelle Tendenz zum zu kurz schätzen zeigt (vergleich Abb. 4). Von dem Erscheinungsbild würde man signifikante Unterschiede vermuten, die jedoch nicht gesichert sind. Die Muster sind jedoch augenfällig unterschiedlich und täuschen statistische Unterschiede vor. Dennoch ist die Musterbetrachtung von erheblichem Wert.

3.8.3 Betrachtung des Höhenkollektives während der verschiedenen Phasen

3.8.3.1. Physiologische Parameter und Zeitschätzwerte

Nachdem wir nun das Höhenkollektiv mit dem Referenzkollektiv verglichen haben, wird nun das Höhenkollektiv während der verschiedenen Phasen (Meereshöhe – Höhe – Rückkehr auf Meereshöhe, im folgenden bezeichnet als Sealevel – Altitude – Recovery) verglichen.

Tabelle 12a zeigt die Mittelwerte der physiologischen Parameter in Ruhe und Tabelle 12b die totalen und prozentualen Schätzfehler während der kurzen und langen Intervalle in den verschiedenen Phasen.

In Tabelle 13a wurden die Mittelwerte der physiologischen Parameter in den verschiedenen Phasen und in Tabelle 13b sowohl der totale als auch der prozentuale Schätzfehler miteinander verglichen.

Tab. 12a

Mittelwerte der physiologischen Parameter in Ruhe

| Gruppe | | Hf in Ruhe in Schläge/min. | Herzintervall in Ruhe in ms | Hf-Variabilität in Ruhe in ms | Af in Ruhe pro min. | Atemzugintervall in Ruhe in ms | Af-Variabilität in Ruhe in ms | Ratio (Hf/Af) in Ruhe |
|----------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Sealevel | Mittelwert | 67 | 917 | 66 | 16,8 | 3643 | 969 | 4,0 |
| | N | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Standardabweichung | 11 | 149 | 22 | 2,5 | 536 | 501 | ,80 |
| | Median | 66 | 909 | 64 | 16,7 | 3578 | 781 | 4,0 |
| Altitude | Mittelwert | 80 | 779 | 52 | 17,1 | 3685 | 826 | 4,9 |
| | N | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Standardabweichung | 16 | 137 | 26 | 3,7 | 953 | 763 | 1,9 |
| | Median | 77 | 778 | 53 | 17,7 | 3379 | 569 | 4,0 |
| Recovery | Mittelwert | 76 | 802 | 54 | 17,2 | 3579 | 610 | 4,5 |
| | N | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Standardabweichung | 11 | 122 | 18 | 2,6 | 662 | 249 | 1,1 |
| | Median | 75 | 798 | 57 | 18,1 | 3313 | 517 | 4,4 |

Tab. 12b

| Gruppe | | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der kurzen Intervalle | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der kurzen Intervalle | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der langen Intervalle | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der langen Intervalle |
|----------|-------------------------|--|---|--|---|
| Sealevel | Mittelwert | -0,9 | 7,0 | -2,9 | 9,67 |
| | N | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Standard- abweichung | 6,1 | 3,0 | 8,0 | 4,5 |
| | Median | -,80 | 7,4 | -2,2 | 9,3 |
| Altitude | Mittelwert | 2,6 | 6,5 | 0,7 | 7,3 |
| | N | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Standard- abweichung | 3,9 | 2,5 | 5,8 | 2,9 |
| | Median | 2,8 | 6,7 | -0,7 | 7,0 |
| Recovery | Mittelwert | 2,2 | 6,6 | 0,8 | 9,5 |
| | N | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Standard- abweichung | 4,6 | 3,2 | 10,6 | 7,7 |
| | Median | 2,1 | 5,8 | -0,9 | 7,5 |

Darstellung der Signifikanzen zwischen den verschiedenen Phasen

Tab. 13a

| | Hf in Schläge/min. | Herzintervall in ms | Hf-Variabilität in ms | Af pro min. | Atemzugintervall in ms | Af-Variabilität in ms | Ratio (Hf/Af) |
|----------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|---------------|
| Sealevel vs Altitude | *** | *** | *** | - | - | - | * |
| Altitude vs Recovery | - | - | - | - | - | - | - |
| Sealevel vs Recovery | *** | *** | *** | - | - | *** | - |

* $p < 0.05$

*** $p < 0.005$

** $p < 0.01$

Tab. 13b

| | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der kurzen Intervalle | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der kurzen Intervalle | | prozent. Schätzfehler (mit Vorz.) während der langen Intervalle | totaler Schätzfehler in Prozent (Betrag) während der langen Intervalle |
|----------------------|---|--|--|---|--|
| Sealevel vs Altitude | *** | - | | ** | * |
| Altitude vs Recovery | - | - | | - | - |
| Sealevel vs Recovery | ** | - | | - | - |

* $p < 0.05$

*** $p < 0.005$

** $p < 0.01$

Bei der Betrachtung der Tabellen fällt auf, dass die Umstellung von Meereshöhe auf Höhe in 4500 m einen signifikanten Einfluss auf die physiologischen Parameter und den Schätzfehler hat. Die Umstellung von der Höhe wieder auf Meereshöhe zeigt zu diesem Zeitpunkt noch keine Unterschiede. Wenn man jedoch Meereshöhe mit Recovery vergleicht, zeigen sich wieder signifikante Unterschiede für die physiologischen Parameter und den Schätzfehler. Die Readaptation von der Höhe auf Meereshöhe war zu dem Zeitpunkt der Datenerhebung noch nicht abgeschlossen.

Bei der Betrachtung der Mittelwerte während der Ruhephase fällt auf, dass offensichtlich die Herzfrequenz mehr durch die Umweltveränderungen (wie es hier z.B. der Fall ist wenn die Probanden in die Höhe gehen) beeinträchtigt wird als die Atemfrequenz. Die Atemfrequenz lag bei dem Iquique-Kollektiv durchweg hoch. Im Vergleich zum Referenzkollektiv sind 14,5 gegen 16,8 zu vergleichen (Tab. 10a). Wenn man jedoch nun die Herzfrequenz und die Atemfrequenz während der Ruhe im Vergleich zum Versuch betrachtet, fällt auf, dass hier nicht die Herzfrequenz, sondern offensichtlich eher die Atemfrequenz beeinflusst wird. In Tabelle 14 wird dies noch einmal veranschaulicht.

Tab. 14

| | | Herzfrequenz in beats/min. | Herzintervall in ms | | | Atemfrequenz pro min | Atemintervall in ms |
|----------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|--|--|-------------------------|------------------------|
| Sealevel | Ruhe Werte | 67 | 917 | | | 17 | 3643 |
| | während der kurzen Intervalle | 68 | 906 | | | 20 | 3106 |
| | während der langen Intervalle | 69 | 891 | | | 19 | 3309 |
| Altitude | Ruhe Werte | 79 | 779 | | | 17 | 3684 |
| | während der kurzen Intervalle | 81 | 759 | | | 21 | 2916 |
| | während der langen Intervalle | 83 | 745 | | | 20 | 3011 |
| Recovery | Ruhe Werte | 76 | 802 | | | 17 | 3579 |
| | während der kurzen Intervalle | 76 | 813 | | | 19 | 3223 |
| | während der langen Intervalle | 78 | 791 | | | 19 | 3310 |

Die Mittelwerte wurden zur besseren Übersicht auf- bzw. abgerundet.

3.8.3.2. Schätzmuster

In den Abb. 17 –22 werden jeweils immer zuerst die kurzen und dann die langen Intervalle für die verschiedenen Phasen dargestellt. Auch hier werden auf der Abszisse die vorgegebenen Intervalle und auf der Ordinate die mittleren prozentualen Schätzfehler dargestellt.

3.8.3.2.1 Kurze Intervalle

Abb.17

Iquique 98 - Sealevel (n = 21)

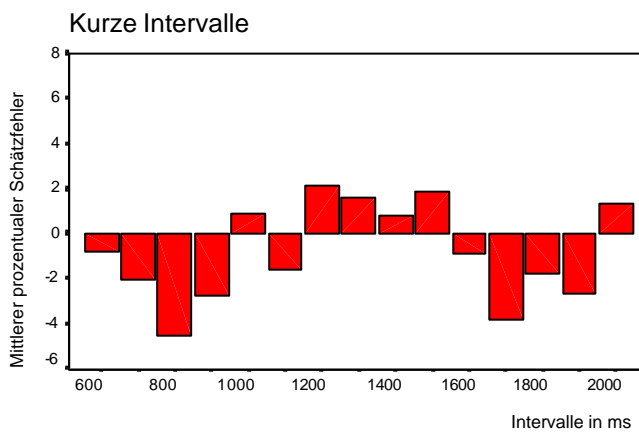


Abb.18

Iquique 98 - Altitude (n = 21)

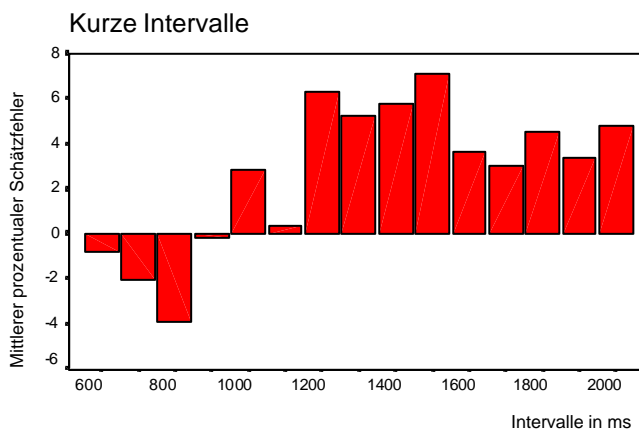
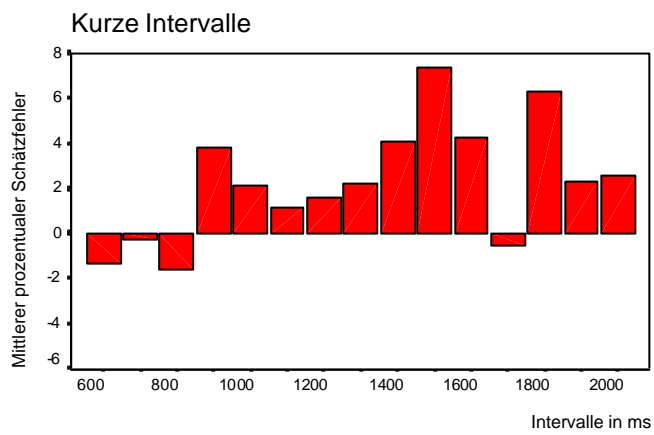


Abb. 19

Iquique 98 - Recovery (n = 21)



3.8.3.2.2 Lange Intervalle

Abb.20

Iquique 98 - Sealevel (n = 21)

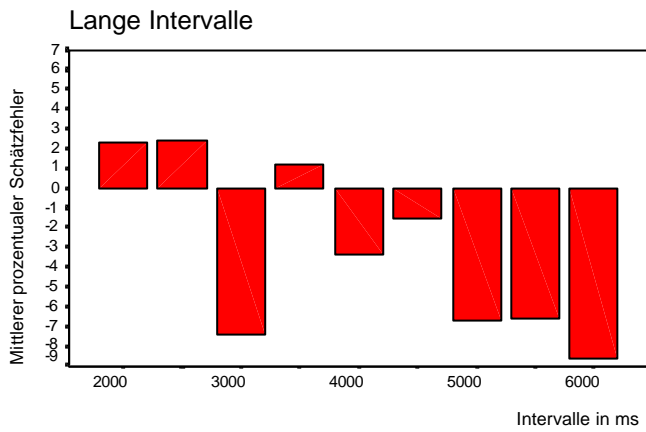


Abb.21

Iquique 98 - Altitude (n = 21)

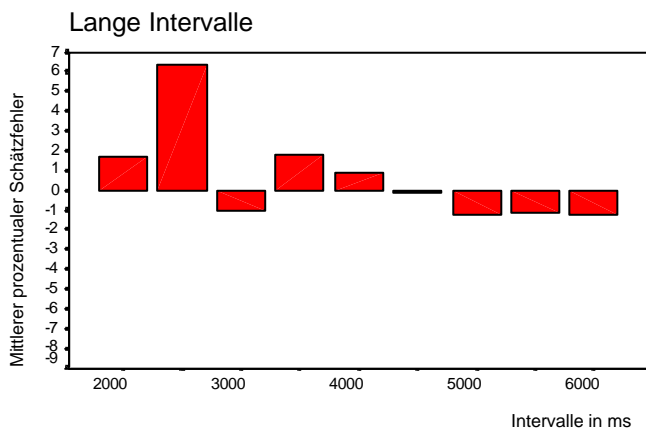
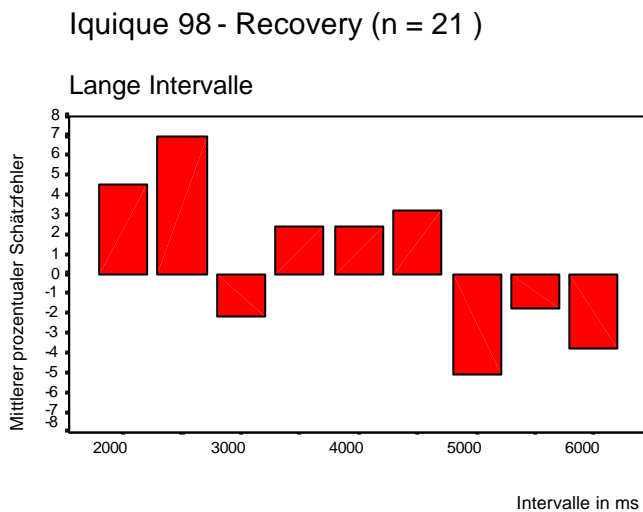


Abb.22



Während die Probanden in Meereshöhe die kurzen Intervalle relativ präzise schätzen, ist das Muster inhomogen, zudem fällt auf, dass sie in der Höhe vor allem in den Bereich von 1200 ms – 2000 ms die Intervalle zu lang schätzen. Diese Tendenz bleibt auch nach der Rückkehr auf Meereshöhe bestehen, jedoch mit dem Unterschied, dass sie hier im Bereich 700 ms und 800 ms die Intervalle präziser schätzen. Diese Tendenz ist auffällig und wurde sonst nicht gesehen.

Bei der Betrachtung der Schätzmuster während der langen Intervalle über die verschiedenen Phasen fällt auf, dass die Probanden in Meereshöhe dazu tendieren, die Intervalle vor allem im Bereich 3000 ms – 6000 ms zu kurz zu schätzen, was nicht überrascht, während sie dann jedoch in der Höhe in diesem Bereich beim Schätzen sehr präzise werden. In dem Bereich 2000 ms – 3000 ms ist ein starker Anstieg des prozentualen Schätzfehlers bei dem Intervall 2500 ms in der Höhe auffällig, welcher auch nach der Rückkehr auf Meereshöhe noch deutlich sichtbar bleibt. Ansonsten nimmt das Schätzmuster nach der Rückkehr auf Meereshöhe eine Mittelstellung zwischen den Schätzmustern in Meereshöhe und in der Höhe ein. Der Höhengenaufenthalt hat demnach Einfluss auf die Schätzgenauigkeit (Tab 12b, 13a) und auch auf das Schätzmuster (Abb. 17 –19, 20-22).