

<b>Zeitschrift:</b>	Acta Tropica
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerisches Tropeninstitut (Basel)
<b>Band:</b>	13 (1956)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Zur Frage der Wirkung des Höhenklimas auf den Verlauf akuter Malaria
<b>Autor:</b>	Freyvogel, Thierry
<b>Kapitel:</b>	V: Die Höhenanpassung des erythrocytären Systems juveniler Hühner
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-310600">https://doi.org/10.5169/seals-310600</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Die Lufttemperatur in den Holzställen wie in der UDK betrug je nach dem Alter der Kücken zwischen 23° und 32° C, die relative Luftfeuchtigkeit in der UDK um 44%, in Basel unter Normalverhältnissen um 28% und auf dem JJ um 25% im Winter, bzw. um 15% im Sommer.

#### D. Bei der Bestimmung der Parasitendichte.

Um die eigenen Resultate mit denjenigen von HERBIG vergleichen zu können, wurde die Parasitendichte in der von ihr angewandten Weise bestimmt.

*Erythrocytäre Stadien:* Pro Tier wurden je nach Befallsstärke 500—10 000 Erythrocyten ausgezählt und die Anzahl der davon befallenen ermittelt. Die Parasitendichte wird auf 10 000 Erythrocyten bezogen. Wenn der Befall unter 10 liegt, wird er mit + angegeben.

*E-Stadien:* Beim Auszählen der E-Stadien wurden diese in drei Kategorien unterteilt von Schizonten mit 1—20, 20—40 und über 40 Kernen. Auf eine Unterscheidung in Makro- und Mikroschizonten wird entsprechend den Untersuchungen von HUFF (19) und den Befunden von HERBIG (17) verzichtet.

Für das *Hirn* wird die Zahl der Schizonten in den Kapillar-Endothelzellen für 14 mm Kapillarenlänge<sup>4</sup> angegeben (vgl. auch GEIGY und BRITSCHGI [12]). für *Leber* und *Milz* für eine Tupfenfläche von 30 mm<sup>2</sup>.

Da die individuellen Unterschiede im Le-Befall groß sein können und auch stark von der Qualität des Tupfpräparates abhängen, berücksichtigen wir noch gleicherweise den Befall der Mi, der, wie sich zeigt, parallel demjenigen der Le verläuft.

### V. Die Höhenanpassung des erythrocytären Systems juveniler Hühner.

Im Hinblick auf die Möglichkeit einer direkten Beeinflussung der Plasmodien durch veränderte Bedingungen im peripheren Blutkreislauf sei zunächst untersucht, ob sich die Veränderungen des erythrocytären Systems auf dem JJ und in der UDK entsprechen, und so, ob für die Infektionsversuche diesbezüglich mit gleichen Bedingungen gerechnet werden kann.

Aus Rücksicht auf das zarte Alter der Kücken schien es nicht ratsam, demselben Tier an nahe aufeinanderfolgenden Tagen Blut zu entnehmen. Die vorliegenden Kurven beruhen deshalb auf Durchschnittswerten. Die Anzahl der jeweils verwendeten Tiere ist aus Tab. 5 ersichtlich. Dabei bleiben die individuellen Unterschiede unberücksichtigt. Doch geht aus dem Vergleich zu entsprechenden Untersuchungen am Menschen hervor (siehe A. T. 13, p. 67), daß die Durchschnittswerte die Einzelwerte mit genügender Genauigkeit wiedergeben.

Da die Dauer unseres persönlichen Aufenthalts auf JJ beschränkt war, erwies es sich als notwendig, die Anpassung des erythrocytären Systems der Kücken auf JJ gleichzeitig an zwei verschiedenen

<sup>4</sup> Da HERBIG statt 20 mm irrtümlicherweise 14 mm Kapillarenlänge ausgezählt hatte, wurde zu Vergleichszwecken letztere Zahl beibehalten.

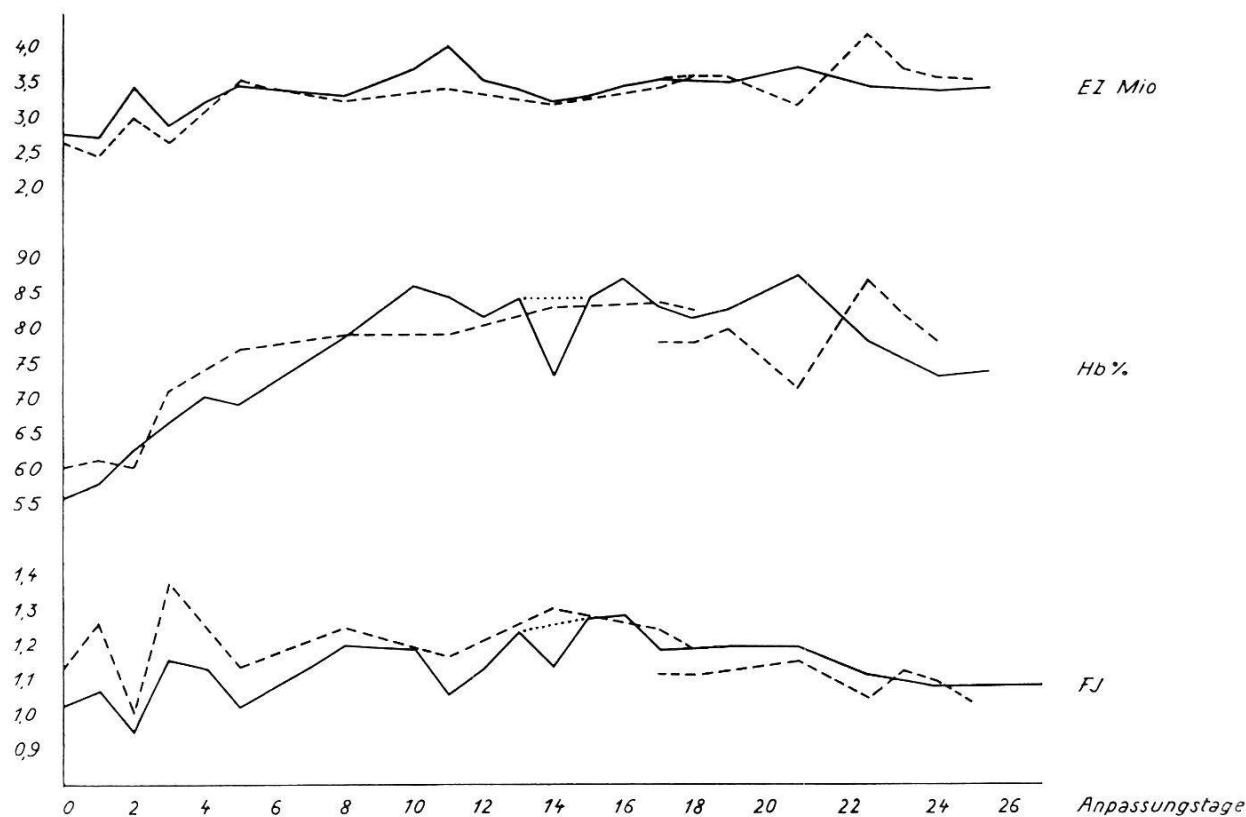


Abb. 4. Die Veränderungen von EZ, Hb und FI des juvenilen Huhns bei der Anpassung an den Luftdruck von 490 mm Hg auf JJ und in der UDK.

(— UDK; - - - JJ.)

Gruppen von Tieren zu untersuchen: Für die ersten 17 Anpassungstage dienten uns die Tiere der Serie S<sub>JB</sub>, die gleichzeitig mit uns auf JJ gelangten; für den 17. bis 26. Anpassungstag wurden die Tiere der Serie S<sub>JJ</sub>, bzw. diejenigen für die Blut-Sauerstoff-Bestimmungen verwendet, die bereits vor unserer Ankunft 16 Tage auf JJ verbracht hatten. Wenn auch die Mittelwerte des Hb-Gehaltes der beiden Gruppen nicht genau übereinstimmen (s. Abb. 4), so überlagern sich doch dessen Bereiche so weitgehend (s. Tab. 5), daß es berechtigt erscheint, beide Teilkurven ohne weiteres zusammenzufügen.

#### Vergleich JJ — UDK.

**EZ:** Die Erythrocyten-Kurven für JJ und UDK zeigen einen weitgehend übereinstimmenden Verlauf. Interessant ist der Abfall der Kurve am 1. Aufenthaltstag, gefolgt von einem sehr starken Anstieg am 2. Tag. Die kontinuierliche Vermehrungsperiode der Erythrocyten beginnt aber in beiden Fällen erst mit dem 4. Tag. Die Anpassung in bezug auf EZ kann am 11. Tag als vollzogen betrachtet werden, wobei die UDK-Tiere einen durchschnittlich höheren Wert erreichen als die Gebirgstiere. Das folgende Absinken und Wiederansteigen zum 19. Tag fällt bei beiden Kurven beinahe zusammen. Im Gegensatz zu den UDK-Tieren, die am 21. Tag ein

TABELLE 5.

Die Anpassung des erythrocytären Systems juveniler Küken an den Luftdruck von 490 mm Hg auf JJ und in der UDK.

Tage auf JJ resp. in UDK	Jungfaujoch						UDK				
	SJB			SJ <sub>J</sub>			S <sub>UDK 3</sub>				
	Anzahl	Erythrocyten	Hämogl.	Anzahl	Erythrocyten	Hämogl.	Anzahl	Erythrocyten	Hämogl.		
1	3	2,35—2,51	59—62				4	2,49—2,93	50—62		
	* 2	2,43—2,55	50—60								
2	3	2,87—3,09	57—63				4	2,94—4,47	57—70		
	* 2	3,35—3,43	59—60								
3	3	2,33—2,89	68—75				4	2,67—3,05	62—80		
4							4	2,63—4,10	68—72		
5	3	3,27—3,86	72—82				4	3,10—3,87	65—71		
7							4	2,76—3,89	58—89		
8	3	3,09—3,38	72—83				4	3,10—3,58	72—83		
10							4	3,21—4,20	77—94		
11	3	3,02—4,02	66—91				4	3,74—4,37	79—88		
	* 8	3,05—3,84	75—88								
12							4	3,16—3,78	68—88		
	* 7	3,15—3,86	78—88								
13							4	3,06—3,88	76—100		
14	3	3,06—3,40	81—85				4	2,94—3,44	69—78		
15							3	2,91—3,55	74—93		
16							3	2,90—4,16	82—93		
17	9	3,02—3,79	72—92	10	2,96—4,37	68—89	10	3,20—3,87	70—91		
18				13	2,60—4,49	62—94	11	2,97—4,94	72—97		
				* 6	3,13—3,65	69—87					
19					8	3,08—4,00	74—84	6	2,90—3,98	72—95	
					* 7	3,44—4,23	76—85				
21						2	3,03—3,29	70—75	5	3,50—3,83	83—96
23						3	3,83—4,65	83—89	5	2,84—3,91	74—86
24						4	3,04—4,52	78—88			
25						5	3,29—4,16	72—82	5	2,84—3,86	60—87
26						2	3,64—3,88	71—73			
28								5	2,90—4,25	66—82	
Tage nach Rückkehr nach Basel											
3	3	3,03—5,42	70—86								
4	3	3,30—4,01	75—90								
6	5	2,68—3,33	62—74								
7	4	2,81—3,50	54—79								
Total der benutzten Tiere	15			31			14				

\* Stichproben Januar 1954.

zweites Maximum aufweisen, mit nachfolgendem Abfall bis zum 25./26. Tag, zeigen die JJ-Kücken am 21. Tag ein ausgesprochenes Tief, allerdings gefolgt vom Maximum am 23. Tag und Abfallen zum 26. Tag.

*Hb:* Die Übereinstimmung der beiden Kurven scheint etwas weniger überzeugend als im Falle der Erythrocyten-Vermehrung. Doch ist auch ihnen eine weitgehende Ähnlichkeit nicht abzusprechen. Im Gegensatz zu den JJ-Tieren, deren Hb am 2. Tag wieder den Ausgangswert erreicht hat, zeigen die UDK-Tiere von Anfang an deutliche Erhöhung, die mit Ausnahme des fünften Tages kontinuierlich bis zum 10. anhält. Die Hb-Kurve der JJ-Tiere verläuft am 3. Tag sehr steil, wird aber bald flacher und erreicht um den 14.—17. Tag — übereinstimmend mit den UDK-Tieren — einen ersten Höchstwert. Diese weisen aber zuvor, am 14. Tag, einen markanten Hb-Sturz auf, was jedoch darauf zurückzuführen sein dürfte, daß bei der Ermittlung des entsprechenden Durchschnittswertes zwei Tiere von vier berücksichtigt wurden, die tags darauf starben. Aus diesem Grunde glauben wir die Kurve im Sinne der Darstellung ausgleichen zu dürfen (punktierter Linie). Das Hb-Maximum wird anfangs 4. Woche erreicht; von den JJ-Tieren mit derselben Verspätung, wie sie bei der EZ zu beobachten ist.

*FI:* Entsprechend den Erythrocyten- und Hb-Kurven verlaufen auch die FI-Kurven weitgehend gleich. Die Senkung des FI der UDK-Tiere am 14. Tag darf aus dem oben Besprochenen außer acht gelassen werden. Wir finden, daß — abgesehen von den starken initialen Schwankungen — der Hb-Gehalt der einzelnen Erythrocyten um den 15. Tag sein Maximum erreicht, später aber langsam wieder gegen den Normalwert im Tal absinkt.

Der Schluß liegt auf der Hand, daß die Anpassung des erythrocytären Systems auf 3500 m ü. M. und im entsprechenden künstlichen UD gleich verläuft.

*Diskussion.* Mit unsren Ergebnissen über die Anpassung des Blutsystems des juvenilen Huhnes an das Höhenklima können wir die entsprechenden Angaben von SANDREUTER (24) bestätigen. Wir müssen dazu aber bemerken, daß wir durchschnittlich weniger hohe Werte erreichen, als sie von derselben Autorin (HERBIG [17]) angegeben werden. In Tab. 6 sind vergleichsweise die niedrigsten und die höchsten Einzelwerte verzeichnet, die vom 11. Anpassungstag an gefunden werden.

Eigene Kontrollen im Tal ergaben gleiche Resultate, wie sie in der vorliegenden Tabelle, Kol. links nach HERBIG zu finden sind, was die Möglichkeit ausschließt, daß die angewandten Methoden individuell allzu verschiedenartig gehandhabt worden wären.

TABELLE 6.

*Höchste und niedrigste Einzelwerte bei der Anpassung des erythrocytären Systems an den Luftdruck von 490 mm Hg.*

	Talwert nach HERBIG	Angepaßter Wert nach HERBIG (JJ)	Angepaßter Wert (JJ)	Angepaßter Wert (UDK)
EZ	2,5—3,80	3,075—4,4	3,01—4,49	2,90—4,37
Hb	50—76	70—97	69—92	69—100
FI	0,82—1,23	1,3—1,85	0,90—1,37	1,05—1,41

Die schwächere Erhöhung des FI läuft bei unseren JJ-Tieren parallel mit einer etwas unregelmäßigeren und geringeren Gewichtszunahme als bei den Taltieren (vgl. Tab. 11). Daß aber bei der Anpassung des Einzeltieres das Gewicht nicht eine ausschlaggebende Rolle spielt, geht ohne weiteres aus dem Vergleich einzelner Individuen hervor (Tab. 7).

TABELLE 7.

*Gewicht und Anpassung während des Aufenthaltes im UD.*

Tier Nr.	Alter Tage	Anp.- Tage	Gewicht g	EZ	Hb %	FI
452	19	11	73,5	3,02	80	1,32
456	19	11	71	3,16	66	1,04
457	22	14	73	3,40	81	1,19
462	22	14	73,5	3,06	82	1,34
430	28	18	80	3,81	79	1,04
432	28	18	53	3,03	80	1,32
439	27	17	71,5	3,40	80	1,18
440	28	18	43,5	3,45	81	1,17

Da SANDREUTER erst am 3. Aufenthaltstag auf JJ mit den Messungen begann, blieben da die initialen Veränderungen des erythrocytären Systems unbeachtet. Daß die EZ am 1. Tag sinkt, gleichzeitig aber der Hb-Gehalt steigt, wurde für den Menschen von VERZÁR und VÖGTLI (26) bereits nachgewiesen. Die Erklärung dafür ist die, daß zwei verschiedene Vorgänge sich überlagern:

- ein Abbau der für die Höhenluft ungeeigneten Erythrocyten mit wenig Hb, was indirekt zum Anreiz zur Neubildung von Hb-reicheren Erythrocyten wird;
- ein Aufbau und Ausschüttung Hb-reicherer Erythrocyten.

Dem Verlaufe unserer beiden Kurven nach ist zu schließen, daß wir es beim Huhn mit ähnlichen Vorgängen des Abbaus Hb-armen

und Wiederaufbaus Hb-reicherer Erythrocyten zu tun haben. Der starke Anstieg der EZ am 2. Tag mit gleichzeitiger Abnahme des Hb-Gehaltes im Falle der JJ-Tiere legt die Vermutung nahe, daß es sich dabei um die Ausschüttung von Blutdepots handelt, wie es ebenfalls von VERZÁR und VÖGTLI angenommen wird. Daß bei den UDK-Tieren keine Abnahme des Hb am 2. Tag zu bemerken ist, deutet darauf hin, daß die Produktion neuer Hb-reicherer Erythrocyten früher und intensiver einsetzte als bei den JJ-Tieren. Doch zeigt der Abfall des FI, daß auch hier Blutkörperchen mit relativ weniger Hb ausgeschüttet werden.

Übereinstimmend mit HERBIG finden wir, daß die Anpassung des erythrocytären Systems junger Küken um den 14. Tag vollzogen ist, und mit SANDREUTER ein nachfolgendes schwaches Absinken der Werte und Wiederansteigen von EZ und Hb zum Maximum in der 4. Woche. Der Unterschied bei EZ und Hb zwischen JJ- und UDK-Tieren am 21. Tag läßt sich kaum anders als mit den angewandten Untersuchungsmethoden erklären.

Für das allmähliche Absinken der EZ, das stärkere Abfallen des Hb-Gehaltes und die Abnahme des FI gegen den Talwert in der vierten Anpassungswoche könnten verschiedene Umstände verantwortlich sein. Durch mündliche Mitteilung von EDW. FLÜCKIGER (Physiol. Inst. Basel) ist uns bekannt, daß bei Ratten, die in Luft-UD gehalten werden, der 6500 oder mehr Metern über Meer entspricht, EZ und Hb nach einer normal verlaufenden Adaptationsperiode absinken, was zum Tode des Versuchstieres führt. Es scheint, als ob von einer gewissen «kritischen Höhe» an das Vermögen, in vermehrtem Maße Erythrocyten und Hb zu bilden, verloren ginge. Ein eigener Versuch, bei den Küken in der UDK höhere FI-Werte zu erreichen, indem sie in 4000—4500 m ü. M. entsprechendem UD gehalten wurden, scheiterte daran, daß acht Versuchstiere (57%) zwischen dem 10. und 26. Anpassungstage starben. Von den Überlebenden zeigten nur drei Tiere höheren FI (1,48/1,44/1,28) und höheren Hb-Gehalt (90/95/102), als wir sie beim 3500 m ü. M. entsprechenden UD finden. Außerdem zeigte sich, daß auf JJ wie in der UDK (3500 m) immer mit dem Tod einzelner Tiere in der 2. bis 4. Aufenthaltswoche zu rechnen ist. Beides könnte so gedeutet werden, daß wir uns auf 3500 m für junge Küken bereits nahe der «kritischen Höhe» befinden; daß also das Absinken der Durchschnittswerte von EZ, Hb und FI auf das Unvermögen, weiterhin Blutkörperchen und Hb in erhöhtem Maße zu bilden, zurückzuführen wäre. In diesem Zusammenhang wurde der Versuch unternommen, achtäigige Küken in der UDK an den einer Höhe von 2200 m ü. M. entsprechenden Luftdruck zu adaptieren. Da es uns nur um das Absinken der Werte in der vierten

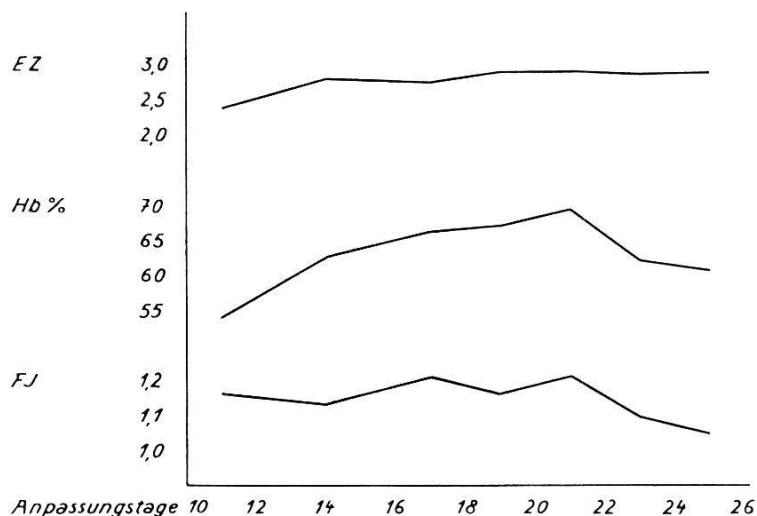


Abb. 5. Die Veränderungen von EZ, Hb und FI des juvenilen Huhns bei der Anpassung an den Luftdruck von 582 mm Hg in der UDK.

TABELLE 8.

*Die Anpassung des erythrocytären Systems juveniler Kücken an den Luftdruck von 582 mm Hg in der UDK (Durchschnittswerte).*

Tage in UDK	Anzahl untersuchter Tiere	EZ Mio	Hb %	FI
11	3	2,36	54,1	1,16
14	3	2,78	62,7	1,13
17	3	2,74	66,0	1,21
19	3	2,89	67,0	1,16
21	3	2,87	69,0	1,21
23	3	2,84	62,0	1,10
25	4	2,87	60,5	1,05

Anpassungswoche ging, wurde mit den Messungen erst am 11. Tag des Aufenthaltes in der UDK begonnen. Die Resultate sind in Tab. 8 und Abb. 5 dargestellt.

Wiewohl EZ und Hb-Gehalt auffallend niedrig sind und die EZ nur ungewöhnliche Veränderungen erfährt, so zeigt doch der Verlauf der Hb-Kurve einen sehr klaren Anstieg bis zum 21. Tag mit einem eindeutigen Rückgang zum 23. und 25. Tag. EZ und Hb verhalten sich zueinander so, daß die Kurve des FI vom 17. Tag an mit den entsprechenden Kurven von JJ und UDK (3500 m) zur Deckung zu bringen ist.

Daß dieses Ergebnis nicht bloß von den Durchschnittswerten vorgetäuscht wird, beweist die Betrachtung der realen Einzelwerte. Anschließend sind einige besonders deutliche Beispiele aufeinanderfolgender FI-Werte einzelner Tiere gegeben, die mehrmals zu Messungen benutzt wurden:

Tier-Nr.	Anpassungstag						
	11	14	17	19	21	23	25
701	1,10				1,26		
703	1,06			1,19			1,04
707		1,06			1,15		
709		1,12				1,09	
711			1,09			0,96	
712			1,31	1,22			1,15

Es ergibt sich im einzelnen dasselbe Bild der Steigerung und des nachfolgenden Absinkens des FI wie bei den Durchschnittswerten.

Kein Tier starb im Verlaufe des Versuches. Wenn wir uns bei 3500 m für junge Kücken vielleicht nahe der «kritischen Höhe» befinden, so scheint der zuletzt besprochene Versuch mit genügender Deutlichkeit zu zeigen, daß nicht die allfällige Nachbarschaft der «kritischen Höhe» den Rückgang der Produktion von Erythrocyten und Hb zu verursachen braucht.

Vielmehr dürfte der Umstand zu berücksichtigen sein, daß der gesamte Anpassungsprozeß überlagert ist von den wachstumsbedingten Schwankungen im Blutsystem juveniler Kücken. Nach SANDREUTER (25) sinkt die EZ vom 20. bis gegen den 50. Alterstag konstant ab, der Hb-Gehalt vom 20. gegen den 30. Zudem ist bekannt, daß adulte Hühner bei der Anpassung an das Höhenklima eine geringere Steigerung von EZ und Hb aufweisen als juvenile (vgl. SANDREUTER [24]). Beides zeigt, daß wir in unseren Versuchen mit zunehmendem Alter der Kücken abnehmende Erythrocyten- und Hb-Werte zu erwarten haben, wie es nach Erreichen des Maximums in der vierten Woche tatsächlich in allen Fällen auftritt.

## VI. Die Sauerstoff-Sättigung des arteriellen Blutes juveniler Hühner in Basel (280 m) und auf dem Jungfraujoch (3457 m).

Indem wir ausgingen von der Hypothese, die höhenklimatisch bedingten Veränderungen des Blutsystems könnten direkt auf das *Plasmodium* wirken, fragten wir uns, ob die Sauerstoff-Sättigung des Hb in der Höhe geringer sei als im Tal und ob dadurch eine Beeinflussung des Parasiten zustande käme.

VERZÁR und VOGEL (27) zeigten, daß eine Verminderung der Sauerstoff-Sättigung beim Menschen bis 1880 m nicht zu bemerken ist. Sie schließen daraus, daß für die Heilwirkung mittlerer Höhenlagen nicht der verminderte Partialdruck des Sauerstoffs als ausschlaggebender Faktor in Frage komme. Bei einer Höhe von 3450 m finden sie ein Absinken der «O<sub>2</sub>-Sättigung» gegenüber der «O<sub>2</sub>-Kapazität». Dazu muß bemerkt werden, daß im Gegensatz zu den genannten Autoren, die ihre Messungen an Menschen ausführten, die soeben in der Höhe eingetroffen waren, im Hinblick auf unsere Malaria-Infektionsver-